

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سومین کنفرانس ملی  
تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

The Third National Conference on  
Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



# مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

شهریور ماه ۱۴۰۱



سومین کنفرانس ملی  
تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

The Third National Conference on  
Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



برگزار کنندگان

**دانشگاه محقق اردبیلی**

**انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران**

**شبکه آزمایشگاهی علمی ایران (شاعا)**

شورای عالی کنفرانس

رئیس همایش

**دکتر داود سیف زاده**

دبیر علمی همایش

**دکتر علی نعمت اله زاده**

دبیر اجرایی همایش

**مهندس محمد انوار**

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### باسمه تعالی

پژوهش، محور توسعه علمی، رشد، پیشرفت و رسیدن به مرزهای دانش و فناوری است. در سالی که مزین به عنوان دانش بنیان بوده و مسیر آینده کشور از راه علم و فناوری ترسیم شده است، دانشگاه محقق اردبیلی مفتخر است که «سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی» را با حمایت دفتر حمایت و پشتیبانی پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و با همکاری انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران برگزار نماید. مقدم مهمانان عزیز را در دیار دارالارشاد اردبیل گرمی داشته و حضور پژوهشگران، اساتید، دانشجویان و کارشناسان محترم پس از دوران پاندمی کرونا و دوران مجازی کنفرانس ها و همچنین حضور مدیران و نمایندگان محترم آزمایشگاه های مرکزی دانشگاه ها، پژوهشگاه ها و پارک های علم و فناوری سراسر کشور در نشست شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) در این دانشگاه که به نام دانشمند و عالم بزرگ، علامه محقق اردبیلی نام گذاری شده را مغتنم می شماریم و امید آن داریم که این حضور در شکوفایی، معرفی و ارائه توانمندی های دانشگاه، مثمر ثمر باشد. همچنین تعاملات فنی با شرکت های تخصصی تأمین کننده تجهیزات آزمایشگاهی که در نمایشگاه جانبی کنفرانس حضور یافته اند، باعث ارتقای توان فنی آزمایشگاه های مجموعه دانشگاهی و پژوهشی کشور خواهد شد.

اینجانب ضمن عرض خیرمقدم به تمامی شرکت کنندگان، مدعوین و مهمانان محترم کنفرانس، آرزوی اقامتی خوب در اردبیل و برنامه های مفید و پربار در دانشگاه محقق اردبیلی را دارم و امیدوارم خاطره حضور در این دانشگاه جزء به یادماندنی ترین خاطرات علمی عزیزان باشد. همچنین از حسن اعتماد و حمایت های بی دریغ جناب آقای دکتر یعقوب فتح الهی، مدیر کل محترم دفتر حمایت و پشتیبانی پژوهشی؛ جناب آقای دکتر محمدصادق علیائی، معاون محترم دفتر و رئیس شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) و جناب آقای دکتر احمد آقائی، رئیس محترم انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و کلیه اعضای محترم کمیته های علمی و اجرایی کنفرانس، همکاران توانمند و گرانقدرم در دانشگاه محقق اردبیلی و کلیه حامیان مالی و علمی و معنوی کنفرانس و شرکت های حاضر در نمایشگاه و حمایت کنندگان، تشکر و قدردانی می نمایم.

با آرزوی توفیقات روزافزون الهی

دکتر اسماعیل چمنی

رئیس دانشگاه محقق اردبیلی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### باسمه تعالی

میهمانان و شرکت کنندگان محترم

اینک که به لطف یزدان در آستانه برگزاری سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی، نمایشگاه تولید کنندگان و عرضه کنندگان تجهیزات آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) در دانشگاه محقق اردبیلی هستیم، حضور ارزشمند شما عزیزان را در دانشگاه محقق اردبیلی و شهر زیبای اردبیل ارج نهاده و ابراز امیدواری می نماید در سایه حضور پرشور و پرمهر شما اهداف از پیش تعیین شده رویدادهای علمی مذکور که شامل گردهمایی و همفکری مدیران و صاحب نظران عرصه تجهیزات و فناوری آزمایشگاهی به منظور استفاده هر چه بهتر و بیشتر از امکانات پژوهشی کشور ضمن شناسایی نقاط ضعف و ارائه راه کار برای برطرف کردن آنها، ارائه آخرین دستاوردهای علمی حاصل از پژوهش در زمینه تجهیزات و فناوری های نوین آزمایشگاهی، تعامل حضوری و مستقیم شرکت های فعال در عرصه تجهیزات آزمایشگاهی و مدیران ارشد شبکه آزمایشگاهی کشور به منظور شناسایی و تامین نیازهای تجهیزاتی دانشگاه ها و مراکز پژوهشی کشور و ... به صورت کامل تحقق پیدا نماید. همچنین وظیفه خود می دانم از حمایت های مادی و معنوی بی دریغ معاون محترم پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری جناب آقای دکتر پیمان صالحی، مدیر کل محترم دفتر حمایت و پشتیبانی امور پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری جناب آقای دکتر یعقوب فتح الهی ننه کران، معاون محترم دفتر حمایت و پشتیبانی امور پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و رییس شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) جناب آقای دکتر محمد صادق علیایی، مشارکت و راهنمایی های ارزنده اعضای محترم هیات مدیره انجمن ملی تحقیقات آزمایشگاهی ایران و نیز تلاش های ارزنده و شبانه روزی اعضای محترم تیم اجرایی کنفرانس تقدیر و تشکر نمایم. بی صبرانه در انتظار قدوم سبزان در دانشگاه محقق اردبیلی هستیم.

با تقدیم احترام

دکتر داود سیفزاده

رئیس کنفرانس



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



باسمه تعالی

آزمایشگاه‌ها در دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی کشور از اهمیت بسیار زیادی در پیشبرد اهداف آموزشی و پژوهشی و نیز کارآفرینی (در قالب واحدهای تحقیق و توسعه) برخوردار هستند. سرمایه‌های انسانی و تجهیزات و اقلام آزمایشگاهی در هر مجموعه آموزشی و پژوهشی جزء ارزشمندترین دارایی‌های آن محسوب می‌گردد. امروزه در هر آزمایشگاهی حتی با رویکرد آموزشی ممکن است صدها میلیون تومان سرمایه تجهیزاتی و لوازم وجود داشته باشد. کارشناسان آزمایشگاه‌ها جزء کارکنانی محسوب می‌شوند که فعالیت تخصصی انجام می‌دهند و در بسیاری از موارد، جابجایی چنین نیروهایی در مجموعه‌های دانشگاهی و علمی - پژوهشی امکان پذیر نمی‌باشد و به سرعت خلأ وجود آنها نمایان می‌گردد. با این وجود، به نظر می‌رسد، جایگاه آزمایشگاه‌ها در دانشگاه‌ها و مراکز علمی کشور از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست. برای نمونه، در حال حاضر در چارت سازمانی چنین مراکزی، ساختار اداری و متولی مشخصی در مورد آزمایشگاه‌های علمی و پژوهشی وجود ندارد. لزوم ایجاد مدیریتی تحت عنوان مدیریت امور آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های علمی ذیل معاونت پژوهشی در مراکز علمی بسیار ضروری می‌باشد تا تحت چنین مدیریتی، فعالیت‌های این حوزه مهم انسجام یابد. در نظر گرفتن اعتبارات سالیانه تجهیزات و تعمیرات و خرید اقلام مصرفی برای مدیریت‌های آزمایشگاهی در دانشگاه‌ها و مراکز علمی از اهمیت و ضرورت بسیار زیادی برخوردار است. خوشبختانه در ساختار وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ستادی تحت عنوان شبکه آزمایشگاه‌های علمی ایران (شاعا) ذیل دفتر حمایت و پشتیبانی امور پژوهش و فناوری وجود دارد که به طور اختصاصی آزمایشگاه‌های مرکزی (که جزء دستاوردهای بسیار ارزشمند وزارت عتف می‌باشد)، را مورد حمایت قرار می‌دهد. البته در مورد فعالیت‌های این ستاد نیز علی‌رغم سابقه نسبتاً زیاد در وزارت عتف نیز نقدهایی وجود دارد که بایستی به منظور اصلاح و بهبود آنها، راهکارهایی در نظر گرفته شود. موضوع سختی کار کارشناسان آزمایشگاه‌ها که در زیرمجموعه‌های وزارت عتف مغفول مانده است، یکی از مهم‌ترین مواردی است که با جدیت باید به آن پرداخته شود. فضای کار در آزمایشگاه‌ها به دلیل وجود انواع مخاطرات از جمله مخاطرات شیمیایی که جزء بارزترین آنها است، با سایر فضاهای اداری در دانشگاه‌ها و مراکز علمی بسیار متفاوت است. موارد ذکر شده تنها گوشه‌ای از مشکلات و مسائلی است که در حوزه آزمایشگاه‌ها با آنها روبرو هستیم. انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران که طرح ایجاد و تأسیس آن در سال ۱۳۹۵ نوشته شده و نهایتاً پس از دو سال پیگیری‌های مداوم در سال ۱۳۹۷ مجوز فعالیت به عنوان تنها انجمن علمی رسمی کشور در حوزه آزمایشگاه‌های علمی و پژوهشی زیر مجموعه وزارت عتف اخذ نمود. اولین انتخابات این انجمن که حوزه فعالیت بسیار گسترده‌ای دارد و فعالان آزمایشگاهی در تمامی رشته‌هایی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



که به نوعی با آزمایشگاه ها و کارگاه های علمی سر و کار دارند را مخاطب خود قرار داده است، در سی ام بهمن ماه سال ۱۳۹۷ برگزار شده و اولین هیأت مدیره این انجمن طی سه سال با مشارکت و حمایت اعضای انجمن، تلاش هایی در پیشبرد، ارتقاء و توسعه آزمایشگاه های علمی کشور انجام دادند که شایسته است از زحمات تمامی این عزیزان قدردانی شود. دومین دوره انتخابات اعضای هیأت مدیره این انجمن نیز در سی ام بهمن ماه سال ۱۴۰۰ انجام شد. امید است اعضای انتخاب شده در دوره سه ساله دوم بتوانند خدمات ارزشمندی در حوزه آزمایشگاه های علمی تقدیم جامعه بزرگ آزمایشگاهی کشور نمایند. بدون تردید این مهم بدون مشارکت فعال اعضاء میسر نخواهد بود. یکی از برنامه های مهم انجمن طی هر سال، برگزاری کنفرانس تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی است که تاکنون دو دوره آن (دوره اول به میزبانی دانشگاه شیراز به صورت مجازی و دوره دوم در دانشگاه شهید بهشتی به صورت مجازی) برگزار شده و خوشبختانه استقبال خوبی هم از آنها به عمل آمد. دوره سوم این کنفرانس که به میزبانی دانشگاه محقق اردبیلی برگزار می شود یک تفاوت اساسی با دو دوره قبلی دارد. خوشبختانه با کاهش مشکلات ناشی از شیوع بیماری کووید-۱۹ در کشور، برگزاری حضوری همایش ها و کنفرانس های علمی نیز در حال از سرگیری است. هدف از برگزاری این کنفرانس ها علاوه بر تبادل نظر در خصوص مسائل علمی حوزه آزمایشگاهی بین متخصصان، هم اندیشی در خصوص مشکلات آزمایشگاهی و ارائه راهکارهای مناسب برای حل آنها است. انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران به عنوان متولی اصلی برگزاری کنفرانس و نشست های تخصصی، زمینه هم اندیشی تمامی قشرهای فعال در حوزه آزمایشگاهی را در چنین محافلی فراهم خواهد نمود و پیگیری مسائل و مشکلات مطرح شده به منظور رفع آنها را جزء وظایف و برنامه های مهم خود می داند.

در پایان تشکر و قدردانی خود را از تمامی مسئولین و کارکنان ستاد شاعا وزارت عتف (بویژه جناب آقای دکتر یعقوب فتح الهی مدیر کل محترم دفتر حمایت و پشتیبانی و نیز جناب آقای دکتر محمد صادق علیایی معاون محترم دفتر و رئیس ستاد شاعا) و نیز مسئولین و دست اندرکاران دانشگاه محقق اردبیلی (بویژه جناب آقای دکتر داود سیف زاده معاون محترم پژوهش و فناوری دانشگاه، جناب آقای دکتر علی نعمت اله زاده دبیر محترم علمی و جناب آقای مهندس محمد انوار دبیر محترم اجرایی کنفرانس) از بابت مشارکت و حمایت از برگزاری چنین رویداد مهمی اعلام می دارم و از تمامی عزیزانی که با حضور ارزشمند خود موجب شکوفایی و رونق کنفرانس شدند، صمیمانه سپاسگزاری می کنم. از خداوند متعال توفیق روزافزون تمامی شما عزیزان را خواستارم.

دکتر احمدی آقایی

رئیس انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### باسمه تعالی

بی شک همگان در این امر متفق القول هستند که پژوهش با توسعه مرزهای دانش و گشودن افق های تازه، ضامن پیشرفت جامعه و یکی از شاخص های اصلی تعالی آن به شمار می رود. همچنین در حوزه علوم تجربی، نقش تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی در گسترش دانش و به سرانجام رسیدن تحقیقات کاربردی برکسی پوشیده نیست. سومین کنفرانس تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی در حالی برگزار می شود که فرصت بی نظیری را جهت هم اندیشی، هم افزایی و تبادل تجربیات بین دانشگاهیان و کارشناسان فنی تجهیزات فراهم می کند. این کنفرانس که با همکاری شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) و انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران در روزهای ۱۹ و ۲۰ شهریور سال ۱۴۰۱ در دانشگاه محقق اردبیلی برگزار می شود به معرفی روش های نوین سنجش های آزمایشگاهی و همچنین معرفی آخرین فناوری های حوزه تجهیزات پژوهشی خواهد پرداخت.

بنده ضمن تشکر و قدردانی از زحمات و همراهی تمامی همکاران عزیز در بخش های مختلف این کنفرانس، از تمامی مشارکت کنندگان و حامیان کنفرانس سپاس گذاری می نمایم. امید است در سایه عنایات خداوند متعال، میزبان شایسته ای برای شما سروان ارجمند در شهر اردبیل باشیم و با مشارکت فعال تمام ذی نفعان، ضمن تجربه مفید برای شرکت کنندگان، شاهد به ثمر نشستن نتایج مناسب این کنفرانس در سطح جامعه باشیم.

دکتر یوسف عباسپور گیلانده

دبیر کل کنفرانس و مدیر امور پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### باسمه تعالی

با عرض سلام و احترام

به یاری خداوند متعال دانشگاه محقق اردبیلی با مشارکت انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) به منظور اشتراک ایده ها و یافته های پژوهشی و عملی مرتبط با تحقیقات و فناوری های آزمایشگاهی و تبادل نظر اساتید، محققان، کارشناسان آزمایشگاه ها و کارگاه ها، تولید کنندگان و تأمین کنندگان تجهیزات پیشرفته آزمایشگاهی، مراکز و سازمان های تحقیقاتی؛ «سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی» را به همراه نشست سالانه شاعا برگزار کرد. امید است مقاله های علمی و تخصصی، سخنرانی های کلیدی، کارگاه ها و بینارهای آموزشی، نشست های فنی و تخصصی و نمایشگاه تجهیزات آزمایشگاهی و صنعتی کشور، با ایجاد فرصتی مناسب برای تبادل یافته ها و اطلاعات و آرایه دستاوردهای پژوهشی و علمی توانسته باشد همراه با معرفی انواع تجهیزات و روش های استفاده از آنها، راه حلی برای تامین معقول تجهیزات کارآمد و تعمیر و نگهداری آنها پیش رو گذاشته باشد. در خاتمه لازم می دانم از حسن اعتماد وزارت محترم علوم، تحقیقات و فناوری و انجمن تحقیقات آزمایشگاهی به دانشگاه محقق اردبیلی و اعضای آن و همچنین از زحمات و تلاش های افراد بسیار زیادی که با ارسال مقالات علمی سودمند بر غنای علمی این کنفرانس افزودند تشکر کنم. همچنین از حمایت های مادی و معنوی شرکت ها و زحمات بسیار زیاد همکاران در کمیته اجرایی که باعث برگزاری هرچه باشکوه تر و پربارتر این کنفرانس شدند کمال تشکر و قدردانی را به عمل آورم.

دکتر علی نعمت اله زاده

دبیر علمی کنفرانس و رئیس آزمایشگاه مرکزی دانشگاه محقق اردبیلی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### باسمه تعالی

برگزاری «سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی» در دانشگاه محقق اردبیلی در شهریورماه ۱۴۰۱ بصورت حضوری بعد از قریب به دو سال تعطیلی دانشگاهها و غیرحضوری شدن آموزش و همایش های علمی، فرصت بسیار مناسبی است برای گردهمایی پژوهشگران و اساتید و دانشجویان در رشته های تخصصی برای بحث و تبادل و نظر پیرامون تجارب، یافته ها و آخرین دستاوردهای علمی و فنی. دانشگاه محقق اردبیلی با توجه به بدنه نیرومند آزمایشگاهی اعم از اساتید و کارشناسان و همچنین تعدد آزمایشگاهها و کارگاه های تخصصی و داشتن آزمایشگاه مرکزی توانمند در زمینه تجهیزات و نیروی انسانی و علاقمند و فعال در زمینه ارتباطات علمی و تبادلات فنی و همچنین با وجود کمیته اجرایی همایشها که متشکل از تیمی توانمند، باتجربه و حرفه ای می باشد داوطلب برگزاری سومین دوره این گردهمایی مهم ملی شد. اعلام حمایت وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و بالاحص دفتر حمایت و پشتیبانی پژوهشی و همراهی و مشارکت انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران، و برنامه ریزی نشست سالانه مدیران شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) و حضور روسای محترم آزمایشگاه های مرکزی دانشگاهها و مراکز علمی و پژوهشی کشور در این رویداد فرصتی فراهم کرد تا ارتباطات علمی احیا شده و فرصتی برای طرح و بیان مسائل، چالشها، تجارب علمی و فنی بین اساتید، دانشجویان، پژوهشگران، مسئولان، مدیران، کارشناسان و تامین کنندگان و تولید کنندگان تجهیزات مرتبط فراهم شود. برنامه های جانبی متعدد دانشگاه محقق اردبیلی در کنار بخش مقالات علمی کنفرانس، نظیر کارگاه های آموزشی، نمایشگاه تخصصی تجهیزات آزمایشگاهی، ایجاد شبکه استانی آزمایشگاهی و تدوین بانک اطلاعات آزمایشگاه های استان اردبیل سعی بر غنا و تنوع بیشتر این کنفرانس و نشست برای مخاطبان متعدد مباحث آزمایشگاهی داشته است. تمام تلاش تیم اجرایی کنفرانس، برگزاری باکیفیت و با استانداردهای بالای علمی و فنی و اجرایی و رقم زدن خاطره ای اثرگذار و دل انگیز در حضور همزمان در شهر اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی و کنفرانس مزبور می باشد. ضمن آرزوی رضایتمندی بالای کلیه مدعوین، شرکت کنندگان و مهمانان بزرگوار از این کنفرانس و بهره مندی بالا از دستاوردهای کنفرانس، بر خود لازم می دانم از حسن اعتماد، همراهی و مشارکت دفتر حمایت و پشتیبانی پژوهشی وزارت عتف، جناب آقای دکتر یعقوب فتح الهی و جناب آقای دکتر محمدصادق علیائی و کارشناسان محترم دفتر، مشارکت انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران، جناب آقای دکتر احمد آقائی و اعضای محترم هیأت مدیره انجمن، ریاست محترم دانشگاه جناب آقای دکتر اسماعیل چمنی؛ معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه و رئیس کنفرانس جناب آقای دکتر داود سیف زاده؛ مدیر محترم پژوهشی دانشگاه و دبیر کل کنفرانسها جناب آقای دکتر یوسف عباس پور

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



گیلانده، رئیس محترم آزمایشگاه مرکزی دانشگاه و دبیر علمی کنفرانس جناب آقای دکتر علی نعمت‌اله‌زاده؛ مسئول محترم کمیته اجرایی کنفرانس جناب آقای مهندس مهران شیرخانقاه و همچنین تک تک اعضای محترم کمیته اجرایی همایش‌های دانشگاه محقق اردبیلی و واحدهای مربوطه اعم از: امور اداری، امور مالی و تدارکات، حراست، روابط عمومی، اسکان، حمل و نقل، تغذیه، تشریفات، خدمات و اعضای دبیرخانه کنفرانس و دانشجویان عزیز همکار تشکر و سپاسگزاری نمایم. تشکر ویژه از شرکت کنندگان محترم و مهمانان ارجمند و عرض خیر مقدم برای تک تک عزیزان دارم. همچنین صمیمانه از کلیه حامیان مالی و معنوی کنفرانس، دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها، ادارات و سازمان‌های دولتی و غیردولتی، آزمایشگاه‌ها، و شرکت‌های تخصصی حمایت کننده و حاضر در نمایشگاه جانبی تجهیزات که ما را در برگزاری هر چه بهتر کنفرانس یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم. تمام تلاش چندماهه تیم‌های علمی و اجرایی و پشتیبانی کنفرانس، بهره مندی حداکثری مخاطبان و علاقمندان از دستاوردهای این رویداد بزرگ علمی ملی می‌باشد. با آرزوی بهترین‌ها برای تک تک شما عزیزان و دیدار مجدد شما در دانشگاه محقق اردبیلی و خاطره خوب شما از این کنفرانس.

محمد انوار

دبیر اجرایی کنفرانس



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### فهرست مقالات

- ۱..... آنالیز و بررسی های داروها در نمونه های مو سر با دستگاه LC-MS/MS
- ۶..... نرم افزار مندلی (Mendely)
- ۹..... کاربرد تجهیزات و فناوری های مهندسی پزشکی هوش مصنوعی در بیماران مرگ مغزی
- ۱۹..... مدل سازی عملکرد ماژول غشاء هالوفایبر در فرآیند اسمز مستقیم با استفاده از روش سطح پاسخ
- ۲۷..... نقش هوش مصنوعی در طراحی دارو و ارتباط آن با آزمایشگاه
- ۳۲..... مدل سازی عددی حذف کربن فولاد مذاب از طریق کوره کربن زدایی اکسیژن تحت خلاء (VOD)
- ۵۶..... مروری بر حسگرهای بینالکترونیک و روش های تحلیل آن
- ۶۷..... اسپکتروسکوپی مادون قرمز و کاربرد آن در صنایع غذایی
- ۷۹..... کروماتوگرافی گازی و مایع و کاربرد آن در صنایع غذایی
- ۸۶..... کاربرد تصویربرداری فراطیفی در آنالیز غیرمخرب پارامترهای کیفی محصولات کشاورزی
- ۹۳..... ارزیابی غیرمخرب محصولات کشاورزی با استفاده از طیفسنجی فروسرخ نزدیک (NIR)
- ۱۰۵..... تجهیزات و روش های اندازه گیری سرعت و تنش برشی در جریان سیالات
- ۱۲۴..... سنتز نامتقارن دی هیدروپیریمیدینون ها و اندازه گیری فعالیت نوری با استفاده از دستگاه پلاریمتر
- ۱۲۹..... مروری بر منافذ ترشوندگی برای افزایش بازیابی روغن، جذب آلاینده و جداسازی روغن از آب
- ۱۴۵..... روش های آزمایشگاهی مشخصه یابی محیط های متخلخل
- ارزیابی عملکرد آزمایشگاه مجتمع صنعتی آرتاویل تایر با استفاده از کارت امتیازی متوازن و الزامات سیستم های مدیریت کیفیت جاری در سازمان
- ۱۷۹.....
- ۱۸۸..... تکنیک RT-PCR در تعیین کمی بیان ژنها و کاربرد نرم افزار LinRegPCR در آنالیز داده های RT-PCR
- اندازه گیری غیر مستقیم مقادیر ناچیز هیدرازین به روش تزریق در جریان پیوسته-اسپکتروفوتومتتری بر اساس کلر تولید شده در یک واکنشگاه بر خط الکتروشیمیایی
- ۱۹۲.....
- طراحی و ساخت یک واکنشگاه الکتروشیمیایی برای تولید برخط کلر فعال به منظور استفاده در روش تزریق در جریان پیوسته
- ۱۹۹.....
- تزریق در جریان پیوسته-اسپکتروفلوریمتری بر پایه یک واکنش فتوشیمیایی به منظور اندازه گیری آیهگزول
- ۲۰۵..... محاسبه درصد پخت نهایی و زمان بهینه پخت در ناحیه تاپ ترد تایر رادیال سواری به وسیله ی فرآیند سیم گذاری و مدلسازی آن توسط نرم افزار
- ۲۱۲.....



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



- ۲۱۹ ..... تاثیر ضخامت بلادر در میزان انتقال حرارت در پخت تایلر و مدل سازی آن توسط نرم افزار
- ۲۲۶ ..... جدپذیری فاز هندسی برای حالت همدوس درهم تنیده ی دو مده
- ۲۳۱ ..... طراحی مشدد تلسکوپ ی لیزر Nd:YAG
- الزام شبکه ای شدن تمامی آزمایشگاه های صنایع، کارگاه های تولیدی، مراکز تحقیقاتی و مجازی در جهت بهبود ارتباط صنعت و دانشگاه
- ۲۴۰ ..... مرور نظام مند آموزش علوم تجربی مبتنی بر آزمایشگاه
- ۲۴۸ ..... پلاسمای فرکانس رادیویی: یک فناوری جدید جهت تصفیه آب های آلوده
- ۲۵۶ ..... مقایسه روش های دستگاهی و ترکیبات مختلف جهت تعیین ساینز نانو ذرات طلا با روش سنتز سبز و بررسی خواص ضد سرطانی آن
- ۲۶۱ ..... سنسور نوری جهت تشخیص جهت و شدت نور ماوراء بنفش
- ۲۷۶ ..... روش های جداسازی الفین های سبک از پارافین
- ۲۸۰ ..... جداسازی غشایی بر اساس نیروی محرکه ی فشار
- ۲۸۷ ..... معرفی دستگاه تلسکوپ چندمنظوره نجومی (M.T.O 88730)
- ۲۹۵ ..... LH-586، تحولی نوین در آزمایشگاه
- ۳۰۸ ..... چگونگی واکاوی و تفسیر عکس های هوایی
- ۳۱۴ ..... تهیه  $Mo_2C/MnFe_2O_4$  بعنوان یک کاتالیزور موثر در اپوکسایش اولفین ها با استفاده از دستگاه کوره تحت گاز آرگن
- ۳۲۸ ..... بررسی وضعیت ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) در آزمایشگاه های دانشگاهی (مطالعه موردی: دانشگاه محقق اردبیلی)
- ۳۳۴ ..... برقراری نظام ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) در دانشگاه و آزمایشگاه ها
- ۳۴۱ ..... مدل سازی آزمایشگاه الکترونیک در نرم افزار PyroSim و تحلیل تأثیر شرایط مختلف سیستم اعلام و اطفاء حریق
- ۳۵۴ ..... محصولات تراریخته، کشت فراسرزمینی، ایمنی زیستی و چالش های اخلاقی و فرهنگی موجود
- ۳۶۳ ..... بررسی امکان استفاده از تایلر ضایعاتی به عنوان سنگدانه جایگزین در بتن
- ۳۷۵ ..... نقش آزمایشگاه در رویکردهای نوین آموزش علوم تجربی
- ۳۸۴ ..... بررسی علل خطاهای آزمایشگاهی در مراکز درمانی و تاثیر کنترل خطاها در بیماران
- ۳۹۳ ..... واکاوی مخاطرات موجود در آزمایشگاه مراکز سلامت به روش بازبینانه بین المللی
- ۴۰۶ ..... مدیریت خطا در آزمون های انواع توپ با استفاده از نرم افزار Minitab 21
- ۴۱۴ ..... اصالت مواد، محصولات، زنجیره تأمین جهانی با فناوریها و تجهیزات Hi-Tech آزمایشگاهی
- ۴۲۱ ..... استخراج مایع-مایع متوالی برای استخراج آلاینده های آلی پایدار از نمونه های آب
- ۴۲۷ ..... دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب برای استخراج ترکیبات فرار و نیمه فرار از بافت جامدات
- ۴۳۱ ..... متراکم سازی لایه نازک TEOS حاصل از سل - ژل بر روی آلومینیوم به کمک پلاسما
- ۴۳۶

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخه)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



- طراحی و ساخت یک واکنشگاه فتوشیمیایی برخط و به سازی بخش نمونه گیر یک اسپکتروفلوریمتر مدل LS2-B به منظور کارا تر کردن سامانه تزریق در جریان پیوسته ..... ۴۴۱
- معرفی دستگاه هیدروسیرکولاتور خنک کننده و کنترل مصرف آب مبردهای آزمایشگاهی ..... ۴۴۸
- راکتور پلاسمایی اصلاح کننده محلول آبی ..... ۴۵۸
- کاربرد میکروسکوپ رامان کنفوکال در شناسایی میکروپلاستیک ها ..... ۴۶۴
- معرفی سلول های مایع طراحی شده برای میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام ..... ۴۷۱
- ارزیابی خواص ساختاری و نوری نانومیله اکسید روی با استفاده از آنالیزهای دستگاهی XRD, SEM, BET و DRS ..... ۴۹۳
- فیلتر و فشرده سازی مجموعه داده های متابولومیکس کروماتوگرافی مایع- طیف سنجی جرمی با استفاده از روش ناحیه مورد علاقه (ROI) ..... ۴۹۹
- آزمایشگاه انرژی و محیط زیست معتمد سازمان حفاظت محیط زیست: دانشگاه محقق اردبیلی ..... ۵۰۷
- مطالعه و بررسی آلودگی صوتی صنایع کوچک با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست- مطالعه موردی: کارخانه شن و ماسه ..... ۵۱۶
- بررسی استفاده از دستگاه آنالیزور گازهای احتراق Seitron Chemist 606S برای اندازه گیری گازهای آلاینده از دودکش های واحدهای صنعتی به منظور بررسی استانداردهای زیست محیطی ..... ۵۲۳
- مروری بر دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا ..... ۵۳۱
- مروری بر روش های آزمایشگاهی مورد استفاده در بررسی چارچوب های آلی-فلزی ..... ۵۳۶
- ارزیابی رفتار خوردگی پوشش های نانوکامپوزیتی هوشمند سل-ژل با استفاده از تکنیک الکتروکودنوسانی روبشی (SVET) ..... ۵۴۲
- ایمنی، سلامت و مدیریت دفع پسماند در آزمایشگاه ..... ۵۵۲
- مروری بر کاربردها و روش های آنالیز عنصری ..... ۵۶۱
- مروری بر ویژگی ها و کاربردهای دستگاه طیف سنجی جذب اتمی ..... ۵۶۶
- بررسی عوامل تاثیرگذار بر کیفیت اندازه گیری میدان سرعت به روش سرعت سنجی تصویری ذرات (PIV) ..... ۵۷۲
- ارزیابی رفتار ابرخازنی با استفاده از تکنیک الکتروشیمیایی ..... ۵۸۹
- نقش پارامترهای فرایند خشک شدن پاششی در تهیه پودر از گیاهان دارویی ..... ۵۹۷
- دستگاه شبیه ساز خورشیدی و مشخصه یابی جریان- ولتاژ ابزارهای فتوولتاییک ..... ۶۰۷
- شناسایی فوتوکاتالیزورها جهت احیاء ترکیبات نیتروآروماتیک با استفاده از دستگاه TEM ..... ۶۱۱
- سنتز هتروسیکل های پنج عضوی با استفاده از امواج فراصوت ..... ۶۱۸
- روش کجلدال، روشی با سیرتحوّل کاربردی در زمینه اندازه گیری نیتروژن (ازت N) ..... ۶۲۵
- کاربرد دستگاه نانودراپ در تعیین کمیت و کیفیت DNA استخراج شده از خویشاوندان وحشی گندم ..... ۶۳۵
- بررسی انواع روش های چربی گیری با استفاده از دستگاه سوکسله ..... ۶۴۰

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخه)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- داده های سنجش از دور فضایی ابزاری برای شناسایی، برآورد و نقشه برداری ویژگی های خاکها ..... ۶۴۵
- طیف سنجی بازتابی مرئی- مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی ابزاری ارزان و سریع در اندازه گیری خصوصیات خاکها ..... ۶۵۷
- تأثیر قرق بر تنفس میکروبی تحریک شده خاک (مطالعه موردی: مرتع شغال دره، شهرستان نمین استان اردبیل) ..... ۶۶۵
- ذخیره سازی گاز در چارچوب های آلی-فلزی اصلاح شده ..... ۶۸۸
- سنتز هتروسپیکل های پنج عضوی با استفاده از امواج فراصوت ..... ۶۹۹
- روش کجلدال، روشی با سیر تحول کاربردی در زمینه اندازه گیری نیتروژن (ازت N) ..... ۷۰۷
- بهینه سازی کشت درون شیشه ای در انگور رقم اسکارلت ..... ۷۱۴
- کاربرد دستگاه نانودراپ در تعیین کمیت و کیفیت DNA استخراج شده از خویشاوندان وحشی گندم ..... ۷۲۵
- کاربرد میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) در پایش تغییرات میوه ها و سبزیجات طی عمر پس از برداشت ..... ۷۳۰
- بررسی انواع روش های چربی گیری با استفاده از دستگاه سوکسله ..... ۷۳۷
- طیف سنجی بازتابی مرئی- مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی ابزاری ارزان و سریع در اندازه گیری خصوصیات خاکها  
**Error! Bookmark not defined.** .....
- تأثیر قرق بر تنفس میکروبی تحریک شده خاک (مطالعه موردی: مرتع شغال دره، شهرستان نمین استان اردبیل) ..... ۷۴۱
- بررسی تفاوت بین دستگاه صفحه نیرو و دستگاه فوت اسکن ..... ۷۴۷
- بکارگیری نانوذرات به عنوان حامل داروهای شیمی درمانی و ارزیابی آپوپتوز سلولی توسط تکنیک فلوسایتومتری ..... ۷۵۹
- آزمایش های تراوش آلودگی (TCLP/SPLP) بر روی باطله های معدنی ..... ۷۶۶
- آزمون های تراوش آلودگی (SPLP و TCLP) ..... ۷۶۸
- کاربرد تکنیک GC-MS و NMR در تحقیقات مبتنی بر متابولومیکس و تشخیص پروفایل متابولومیکی بیماری ها ..... ۷۷۴
- بررسی تجهیزات آزمایشگاهی جهت استفاده در ساخت غشا و فناوری غشایی ..... ۷۷۸
- معرفی میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) ..... ۷۸۷
- معرفی و کاربرد آسیاب گلوله ای در واکنش های شیمیایی ..... ۷۹۴
- طراحی و ساخت اتاقک یونش محفظه باز برای اندازه گیری غلظت رادون هوا ..... ۸۰۱
- اندزگیری غلظت رادون هوا با استفاده از اتاقک یونش پالسی ..... ۸۰۵
- اعمال نانو ذره اکسید کبالت (III) بر روی پوشش Ni-P بر پایه پوشش LDH ..... ۸۰۹
- اعمال پوشش نانوکامپوزیتی Ni-B-MCM-41 به روش الکتروولس و بررسی خواص آن ..... ۸۱۷
- سنتز و مشخصه یابی نانوبلت های هیدروکسید لایه ای ..... ۸۲۵
- تجزیه و تحلیل تریبولوژی پوشش های پلیمری حاوی پلیدیمتیلسیلوکسان توسط آزمون پین روی دیسک ..... ۸۳۱
- طراحی و اجرای ستآپ الکتروکمیومینسانس جهت استفاده از کوانتوم دانتهای کربنی برای اندازه گیری داروها، نشانگرهای زیستی و سموم زیست محیطی ..... ۸۳۸
- بررسی نحوه تشکیل و اکتشاف کانسارها با استفاده از مطالعات میانبارهای سیال ..... ۸۴۷



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- ۸۵۳..... آنالیزهای مورد استفاده برای شناسایی نانوذرات متخلخل
- معرفی یک ستاپ اپتیکی اندازه گیری توزیع زمان اقامت (RTD) در اکسترودرهای گرانولی و ارائه پیشنهاد برای استفاده از آن در
- ۸۶۸..... ستون های مونولیتیک با هیدروژل های کاتالیستی
- ۸۹۱..... حفاظت از آلیاژ منیزیم با استفاده از پوشش تبدیلی زیرکونیوم
- کمپلکس bis(NHC)-Pd(II) جدید تثبیت شده بر روی SBA-15 مغناطیسی برای کربونیلدار کردن آریل هالیدها با استفاده از
- ۸۹۸..... فرمیک اسید
- کاتالیزور جدید بیس ۲- پیریدیل بنزایمیدازول- مس (I) تثبیت شده بر روی SBA-15 مغناطیسی برای آمیندار کردن آریل هالیدها
- با سدیم آزید
- ۹۱۶..... توسعه یک روش جدید سریع و حساس پایش خوردگی مبتنی بر تغییرات فرکانس رزونانس و مطالعه چند بازدارنده خوردگی بر
- روی فولاد نرم در محیط اسیدی
- ۹۲۳..... تجهیزات و روش های مطالعه آزمایشگاهی میکروپلاستیک ها
- ۹۳۳..... اصلاح مواد با عوامل جفت کننده سیلانی و روش های مشخصه یابی آن ها
- ۹۴۶..... مدل سازی تجمع گاز رادون در فضای داخلی و مقایسه آن با اندازه گیری های تجربی
- ۹۵۶..... ساخت کوره تحت نیتروژن جهت تولید کربن فعال در مقیاس آزمایشگاهی
- ۹۶۰..... سامانه استاتیکی اندازه گیری خواص تعادلی و سینتیکی جذب سطحی گازها
- ۹۷۹..... شناسایی ترکیبات شیمیایی با استفاده از روش طیفسنجی رامان
- ۹۸۶..... طراحی فرآیند پرداخت شیمیایی- مکانیکی ساچمه های سیلیکون نیتراید ( $Si_3N_4$ )
- ۹۹۹..... مطالعات آزمایشگاهی به منظور سنتز و مشخصه یابی نانوذرات چارچوب آلی فلزی  $UIO_{66}$
- ۱۰۰۶..... روش های دستگاهی مشخصه یابی زلهای آلی-فلزی
- ۱۰۱۸..... طراحی و شناسایی کاتالیزور پلی آمینواتیلاکریل آمید-مس (I) گرافت شده بر روی هسته-پوسته مگنتیت-سیلیکا جهت انجام واکنش
- N-آریل دار شدن آنیلین ها
- ۱۰۳۰..... طراحی و شناسایی کاتالیزور پلی (POPA)- پالادیم (II) گرافت شده بر روی SBA-15 جهت انجام واکنش هک
- ۱۰۴۰..... روش های آزمایشگاهی استخراج عصاره از بافتهای گیاهان دارویی
- ۱۰۵۱..... بررسی تجهیزات آزمایشگاهی جهت اندازه گیری میزان جذب آسفالتین از نفت خام با استفاده از فناوری نانو
- ۱۰۵۶..... بررسی روش آزمایشگاهی جداسازی آسفالتین از نفت خام با استفاده از حلال
- ۱۰۶۴..... معرفی طیفسنجی پراش اشعه X و کاربرد آن در مشخصه یابی آسفالتین
- ۱۰۶۹..... نگاهی به ساختار و نحوه کار با دستگاه TGA در بهینه سازی انرژی در صنایع نفت و گاز با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده
- ۱۰۷۷..... تعیین اندازه نانوذرات در روش پراکندگی نور دینامیکی پویا: مطالعه مروری
- ۱۰۸۹..... تجزیه و تحلیل تریبولوژی پوشش های پلیمری حاوی پلیدیمتیلسیلوکسان توسط آزمون پین روی دیسک
- ۱۱۱۴.....

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



- ۱۱۲۱..... کاربرد تلفن هوشمند و نرم افزار ImageJ در اندازه گیری زاویه تماس سطح غشا
- ۱۱۳۴..... مروری بر دستگاه الکتروروسی در تولید غشاهای مبتنی بر نانوالیافها
- ۱۱۴۰..... مروری بر دستگاه تصویربرداری اسپکتروسکوپی رامان - میکروسکوپ الکترونی روبشی
- ۱۱۴۸..... بررسی روش های دستگاهی تولید غشا به منظور استفاده در فرایندهای جداسازی
- ۱۱۵۸..... سنتز و مشخصه یابی اکسید گرافن با استفاده از پراش پرتو ایکس و طیف سنجی رامان
- ۱۱۶۳..... طراحی و ساخت راکتور تولید پلاسمای سرد غیر تعادلی در هوا
- ۱۱۶۷..... روش های بررسی عملکرد بازدارنده های رسوب آسفالتین در کنترل تشکیل رسوبات در میدان نفتی
- ۱۱۸۲..... بررسی کارآیی انواع کاتالیزورها در تبدیل کاتالیستی ۴-نیترو فنول به آمینو فنول
- طراحی و ساخت دستگاه پانچ برشی جهت بررسی خواص مکانیکی مواد و مطالعه همبستگی نتایج آزمون پانچ برشی با آزمون کشش بصورت تجربی و عددی
- ۱۱۹۴..... طراحی و شناسایی کاتالیزور پلی آمینواتیلاکریل آمید-مس(II) گرافت شده بر روی SBA-15 مغناطیسی جهت انجام واکنش O-آریل دار شدن فنول ها
- ۱۲۰۹..... مروری بر طیف سنجی فوتوالکترون پرتو X (XPS) و کاربردهای آن
- ۱۲۲۰..... تکنیک اشعه ایکس مبتنی بر سینکروترون (SR X-ray) در مشخصه یابی مواد
- ۱۲۳۲..... بررسی رفتار فوتوکاتالیزوری  $MnFe_2O_4/WS_2$  در فرایند احیای ترکیبات نیتروآروماتیک با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی
- ۱۲۳۹..... کروماتوگرافی ژل تراوایی دستگاهی برای اندازه گیری وزن مولکولی پلیمرها و توزیع آن
- ۱۲۴۴..... سنتز مشتقات جدید ۱-فنیل-۱-ترتروزول-۵-تیول با استفاده از واکنش مایکل تحت شرایط بدون حلال و جداسازی، تفکیک، تجزیه و تحلیل محصولات با استفاده از کروماتوگرافی ستونی
- ۱۲۵۱..... تثبیت گاز  $CO_2$  در استایرن اکساید با استفاده از چهارچوب فلز-آلی  $NH_2-MIL-101(Al)-MoO_2$  در یک اتوکلاو طراحی شده ساده
- ۱۲۶۷..... استفاده از تجهیزات اولتراسونیک برای سنتز نانومواد و کاتالیستها
- ۱۲۷۲..... استفاده از تجهیزات اولتراسونیک برای بهبود واکنش های شیمیایی
- ۱۲۸۰..... راکتورهای شیمیایی ناپیوسته
- ۱۲۸۹..... آنالیز و بررسی های داروها در نمونه های مو سر با دستگاه LC-MS/MS
- ۱۲۹۷..... روش طیف سنجی جرمی MALDI-TOF و کاربردهای آن
- ۱۳۰۲..... دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب برای استخراج ترکیبات فرار و نیمه فرار از بافت جامدات
- ۱۳۱۲..... میکروسکوپ الکترونی و کاربرد آن در زیست شناسی
- ۱۳۱۷..... میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) و کاربرد آن در بیماری صرع
- ۱۳۲۵.....



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



- ۱۳۳۱..... شناسایی فوتوکاتالیزورها جهت احیاء ترکیبات نیتروبنزن با استفاده از دستگاه TEM
- ۱۳۳۸..... تاثیر قدرت یونی بروی ثابت پروتونه شدن گالیک اسید به روش اسپکتروفوتومتری
- ۱۳۴۹..... بررسی نحوه ی عملکرد دستگاه جاروب-Z
- ۱۳۶۱..... انواع دستگاه ها، تجهیزات و آزمون های مورد استفاده برای آمیزه پلیمری در صنعت لاستیک
- ۱۳۷۴..... مطالعه اسپکتروفوتومتری جذب رنگ کنگورد توسط چارچوب فلزی-آلی MIL-100
- ۱۳۷۹..... تولید و مشخصه یابی پوشش آندایز سخت روی آلیاژ آلومینیوم ۷۰۷۵



## آنالیز و بررسی های داروها در نمونه های مو سر با دستگاه LC-MS/MS

رضا سلگی<sup>۱</sup>، مهران مومیوند<sup>۲،۳\*</sup>

۱- دانشگاه علوم پزشکی همدان، دانشکده داروسازی، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی

۲- سازمان پزشکی قانونی، مرکز پژوهش پزشکی قانونی، تهران، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی دبیری زیست شناسی دانشگاه فرهنگیان مرکز شهید بهشتی تهران،

mehranmommivand@gmail.com

۴- دبیر انجمن علمی زیست شناسی مرکز شهید بهشتی فرهنگیان

### چکیده

استفاده از نمونه موی سر در چندین ساله گذشته برای تشخیص های مرتبط با پزشکی قانونی بسیار مورد توجه بوده است که در این مقاله به بررسی اثر داروها و شناسای آنها با تکنیک های پیشرفته آنالیزی و کاربرد این موضوع در بالین خواهیم پرداخت. استفاده از نمونه موی سر در شناسایی داروها در چند سال اخیر در مباحث پزشکی و پزشکی قانونی جایگاه ویژه ای پیدا کرده است، دسترسی آسان و غیر تهاجمی به نمونه مو از یکسو و ماندگاری داروها به مدت طولانی در بافت موی سر از ویژگی های منحصر به فرد این نمونه می باشد. در تحقیقات اخیر تعداد مقالاتی که به بررسی نمونه های موی سر می پردازند افزایشی شده بطوریکه در یک مطالعه تعداد ۸۷ دارو از دسته های: روانگردان، ضد افسردگی و خوب آورها در موی افراد بیمار تحت درمان دارویی بانظارت روانپزشکان با استفاده از دستگاه طیفسنجی جرمی کروماتوگرافی مایع (LC-MS/MS) بررسی شد که همه داروها در موی سر افراد مورد مطالعه شناسایی و اندازه گیری شدند. آنالیز نتایج مطالعات نشان داد که استفاده از این روش در بالین هم می تواند مانند نمونه های اخذ شده در پزشکی قانونی کارآمد باشد. با توجه به اهمیت شناسایی داروها در مصارف مزمن جهت تمدید گواهینامه رانندگی، حضانت کودک، و سم شناسی قانونی و با توجه به مزایای ذکرشده، میتوان انتظار داشت بزودی در آزمایشگاهها از نمونه موی سر در تشخیص استفاده نمایند.

کلمات کلیدی: موی سر، روانگردان، داروهای ضد افسردگی، بنزودیازپین ها، LC-MS/MS

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

در سال های اخیر با توجه به مصرف داروهای روانگردان، درخواست ها برای تشخیص آنها در یک ماتریکس جایگزین به طور گسترده در حال افزایش است. آزمایشگاه های پزشکی قانونی به طور معمول کوکائین، تریاک، آمفتامین، مشتقات آمفتامین، حشیش را برای اهداف مختلف مانند تمديد گواهی نامه رانندگی، تست مواد مخدر محل کار، پیوند اعضا، حضانت کودک و طلاق شناسایی میکنند. [۱]

اندازه گیری بنزودیازپین ها در مو توسط روانپزشکان در مراکز ترک اعتیاد به منظور نظارت بر روند درمان معتادان مرتباً درخواست می شود تا از مصرف داروی تجویز شده در طول درمان اطمینان حاصل شود. متاسفانه بیماران تحت درمان در بخش روانپزشکی تمایل به مصرف داروهای تجویز شده نداشته و تمایل به فریب درمانگر دارند که با توجه به اینکه نمونه مو میتواند مصرف بعضی از داروها را تا شش ماه گذشته نشان دهد در این زمینه به روانپزشکان در روند ادامه درمان کمک میکند. [۲]

تا کنون روش های آنالیزی موجود قادر به شناسایی داروهای مختلف در بازه های زمانی طولانی نیستند در حالیکه در یک مطالعه بر روی نمونه موی سر همزمان تعداد ۸۷ دارو در دسته های مختلف داویی شامل: بنزودیازپین ها، خواب آورها، ضد افسردگی ها، و داروهای ضد روان پریشی بود در ایتالیا بررسی شد. گستردگی و تنوع داروهای مورد مطالعه در نمونه موی سر که به عنوان کتابخانه بدن معرفی شده است بسیار حایز اهمیت است. آنالیز نمونه های موی سر توسط LC MS / MS در مطالعه مذکور توانست شناسایی ۸۷ دارو را در مصارف مزمن نشان دهد. [۳،۴]

### ۱- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

از اولین تشخیص مصرف مرفین در نمونه مو تا کنون حدود دو دهه میگذرد، باتوجه به اینکه دستگاه های آنالیز پیشرفته در سال های اخیر پیشرفت شگرفی داشته اند که در این زمینه دانشمندان مانند Kidwell D , Cone F , Kintz P , توانستند با انتشار چندین مقاله در زمینه آنالیز نمونه مو و سم شناسی پزشکی قانونی کمک شایانی نمایند. [۵].

Arnold معتقد است که در مواقعی که تنها در صحنه جرم یک نمونه مو باقی مانده است بتواند با انجام آنالیزهای پیشرفته در شناسایی داروها، DNA و... به اندازه یک نمونه سرولوژیک ( خون، ادرار و...)، در اثبات و یا رد فرضیه ها موثر واقع شود [۶،۷]

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



از طرفی دیگر محققانی که دید نقادانه تری نسبت به موضوع آنالیز مو دارند معتقد هستند که تجربیات موفق به اندازه تجربیات ناموفق در پیشرفت این عرصه مهم بوده اند و متعقد هستند تا زمانی که علت این اختلاف روشن

نشده است نباید در استفاده از مو برای تشخیصات پزشکی قانونی ساده انگاری کرد [۸،۹]

۲- مدل سازی، بررسی و تجزیه تحلیل داده ها (یافته ها)

روش

در روش نمونه برداری از موی سر که غیر تهاجمی می باشد استخراج داروها از نمونه ها حدود 20 میلی گرم مو را کاملاً با قیچی ریزریز کرده سپس دو بار با حلال (دی کلرومتان، متانول) شسته شد و تا زمان خشک شدن زیر یک جریان نیتروژن قرار داده شد سپس درون 20 میکرولیتر لایزپام (I.S. 100 ng/ml) قرار داده شد در نهایت 700 میکرولیتر متانول به نمونه اضافه شد. پس از گذشت یک ساعت، 5 میکرولیتر از ماده حاصله را درون دستگاه LC-MS/MS قرار داده شد. [۱۰]

نتیجه گیری

این روش چند آنالیتی برای تعیین مقدار داروهای روانگردان در موی افرادی که دچار مصرف این داروها هستند توسط LC-MS/MS انجام شد که بر اساس دستورالعمل های بین المللی تایید شده است. [۱۱،۱۲]

۸۷ ماده از طریق استخراج شناسایی شدند که روش انجام آن بصورت تزریق مستقیم محلول متانولی با استفاده از شرایط کروماتوگرافی یکسان در چهار تزریق متوالی درون سیستم کروماتوگرافی مایع که مجهز به یک پمپ ایزوکراتیک ثانویه و یک شیر Valco بوده است، انجام پذیرفت. از زمان شروع کار تا دقیقه ۱۲ پمپ ایزوکراتیک ثانویه سبب میشود تا تعادل ستون حفظ شود، مجموع زمان انجام این عمل ۴۸ دقیقه خواهد بود. [۱۳]

در این روش کمترین حساسیت را گروه فنوتیازین ها داشتند که علت آن نیز عمدتاً حفظ بد کروماتوگرافی بوده است، با این حال تمام پارامترهای اعتبارسنجی در محدوده قابل قبول بودند. در لیست ترکیبات شناسایی شده همه LOD و LOQ شناسایی شده در جدول ۱ فهرست شده اند [۱۴،۱۵].

این روش با استفاده از کالیبراسیون ۵ نقطه ای تایید شد و تمامی موارد مجهول شناسایی و مطابق استانداردهای بین المللی تایید شد، این روش عمدتاً در کشور ایتالیا کاربرد دارد اما در سایر کشور های عضو اتحادیه اروپا در حال گسترش است [۱۶]



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



Analyte	LOD (pp/mg)	LOQ (pp/mg)	Analyte	LOD (pp/mg)	LOQ (pp/mg)
7-Amino-clonazepam	5.0	15.0	Hydroxyzine	10.5	35.0
7-Amino-flunitrazepam	0.1	0.3	Imipramine	0.2	0.7
6-Hydroxy-ethylflurazepam	5.0	15.0	Ketazolam	0.2	1.0
6-Hydroxy-triazolam	1.0	3.0	Levosulpiride	3.5	11.7
Alprazolam	0.2	1.0	Levosulpiride	12.6	42.0
Amisulpride	1.7	5.8	Lorazepam	5.0	15.0
Aristiglyline	1.4	4.6	Lorazepam	1.5	5.0
Asenapine	4.1	13.8	Meprobamate	1.8	6.0
Bromazepam	5.0	20.0	Meflazepam	1.0	3.0
Bromperidol	2.7	9.1	Mefloquine	4.9	16.3
Brotizolam	2.0	4.0	Mianserin	1.1	3.8
Bupropion	5.6	18.7	Midazolam	0.5	3.0
Carbamazepam	0.1	0.5	Mirtazapine	2.9	9.6
Chlordiazepoxide	0.5	2.0	Nitrazepam	3.0	10.0
Chlordiazepoxide	5.0	20.0	Noctriptyline	0.6	2.1
Chlorpromazine	0.6	2.1	Olanzapine	3.2	10.5
Citalopram	1.9	6.3	Oxazepam	1.5	5.0
Clobazam	1.0	3.0	Paliperidone	1.3	4.5
Clomipramine	0.6	2.2	Paroxetine	4.1	13.8
Clonazepam	1.0	3.0	Pericyazine	7.0	23.4
Clonazepam	2.7	8.9	Perphenazine	2.8	9.3
Clozapine	0.1	0.3	Phenelzine	11.7	39.0
Clozapine	1.8	6.1	Primidone	2.4	8.2
Demoxepam	3.0	10.0	Prizepam	0.5	3.0
Desalkylflurazepam	0.5	2.0	Prizepam	0.5	2.0
Desipramine	0.3	0.9	Propiomazine	0.4	1.3
Desmethylcitalopram	0.3	1.1	Proprylthiouracil	8.8	29.2
Desmethylclonazepam	5.1	17.0	Quetiapine	9.3	31.1
Desmethylidazepam	0.3	1.5	Reboxetine	1.4	4.5
Desmethylvenlafaxine	2.7	9.0	Risperidone	1.1	3.7
Diazepam	0.3	1.5	Scitaline	0.6	2.0
Dibenzepam	0.1	0.3	Sultopride	5.8	19.2
Dicyrazine	1.0	3.3	Tetrazepam	1.0	3.0
Dothiepin	0.4	1.4	Tiapropride	2.8	9.2
Droperidol	1.2	3.9	Tranlycypromine	1.6	5.4
Duloxetine	0.4	1.3	Trasolone	0.4	1.5
Etozolam	0.3	1.0	Trasolone	1.0	5.0
Etozolam	1.5	5.0	Triazepamine	0.4	1.4
Flunitrazepam	0.5	2.0	Venlafaxine	2.7	9.1
Fluoxetine	0.8	2.8	Vitalpride	6.7	22.2
Fluphenazine	9.9	32.9	Ziprasidone	2.6	8.6
Flurazepam	1.5	5.0	Zolpidem	0.1	0.3
Fluvoxamine	4.4	14.6	Zopiclone	13.0	43.4
Flupropidol	0.5	1.6			

### جدول ۱

#### ۵- روش شناسی تحقیق

در این مقاله بر اساس روش کمی با مروری بر چند مقاله اطلاعات جمع آوری شد ، طراحی این آزمایش توسط لیانگ منگ بود<sup>۱</sup> پیش نویس نمونه تصفیه شده و پیش نویس نمونه خطی توسط چن چن<sup>۲</sup> انجام شد و نیز جان ژانگ<sup>۳</sup> این روش را توسعه داد. البته هنوز نحوه جایگیری و ذخیره ترکیبات مختلف در مو ناشناخته است. [۱۷]

دانشمندان مطالعات زیادی در مورد اینکه با گذشت زمان بخشی از دارو در مو حذف شده یا مواد دیگری جایگزین آن شده است انجام داده اند اکثریت تحقیقات نشان میدهند که غلظت داروها در مو در زمان ۵ ماه تقریباً ۵۰ درصد کاهش پیدامیکنند مثلاً چندین مقاله میزان نیم عمر متوکسی متامفتامین را ۵ ماه و کدوئین را حدود ۲/۵ ماه گزارش کرده اند. [۱۸،۱۹]

- 1-Liang-min      2-Chen-chen  
3-Jon jank

منابع



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



[۱] فائقه مقدم (۱۳۸۷) مجله علمی پزشکی قانونی، ۱۷، ۱۰۶-۹۳.

[۲] Nielsen MK, Johansen SS, Linnet K (2014) Forensic Sci Int 234:16–21.

[۳] . Pragst F, Broecker S, Hastedt M, Herre S, Andresen-Streichert H, Sachs H, Tsokos M (2013) Ther Drug Monit 35:737–752

[۴] Stramesi C, Polla M, Vignali C, Zucchella A, Groppi A (2008) Forensic Sci Int 176:34–37

[۵] Favretto D, Stocchero G, Vogliardi S, Frison G, Trevisanuto D, Castagna F, Ferrara SD (2010) Ther Drug Monit 32:30–39

[۶] Bao Y-P, Liu Z-M, Li J-H, et al. (2015);110:11–19.

[۷] Morini L, Vignali C, Polla M, Sponta A, Groppi A (2012) Forensic Sci Int 218:53–6

[۸] Rust KY, Baumgartner MR, Meggiolaro N, Kraemer T (2012) Forensic Sci Int 215:64–72

[۹] Villain M, Concheiro M, Cirimele C, Kintz P (2005) J Chromatogr B Anal 825:72–78

[۱۰] Kim J, Lee S, In S, Choi H, Chung H (2011) J Chromatogr B Anal Technol Biomed Life Sci 879:876–878

[۱۱] Müller C, Vogt S, Goerke R, Kordon A, Weinmann W (2000) Forensic Sci Int 113:415–421

[۱۲] Lendoiro E, Quintela O, de Castro A, Cruz A, Lopez-Rivadulla M, Concheiro M (2012) Forensic Sci Int 217:207–215

[۱۳] Montesano C, Johansen SS, Klose Nielsen MK (2014) J Pharm Biomed Anal 87:295–306

[۱۴] Maurer HH (2007) Anal Bioanal Chem 387:1315–1325

[۱۵] Peters FT, Drummer OH, Musshoff F (2007) Forensic Sci Int 165: 216–224

[۱۶] Peters FT (2006) Applications of liquid chromatography-mass spec trometry in toxicology. Pharmaceutical Press, Lond

[۱۷] . Pichini S, Gottardi M, Marchei E, Svaizer F, Pellegrini M, Rotolo MC, Algar OG, Pacifici R (2013) Clin Chem Lab Med 28:1–8

[۱۸] Vignali C, Stramesi C, Morini L, Pozzi F, Collo G, Groppi A (2013) Drug Test Anal 5:208–212

[۱۹] Frison G, Favretto D, Vogliardi S, Terranova C, Ferrara SD (2008) Ther Drug Monit 30:467–473

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

### نرم افزار مندلی (Mendely)

میلاذ سلوکی<sup>۱</sup>، فریبا محمودی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- نویسنده مسئول) دانشیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. تلفن همراه:

[Faribamahmoudifm@gmail.com](mailto:Faribamahmoudifm@gmail.com) ۰۹۱۴۴۱۹۰۴۲۲، پست الکترونیکی:

چکیده:

امروزه با گسترش تحقیقات و افزایش مقالات چاپ شده توسط دانشجویان رشته های مختلف در حوزه های گوناگون، نگرانی هایی در باره ی مدیریت اسناد و رفرنس دهی صحیح در بین دانش پژوهان ایجاد شده است. برای رفع این نگرانی و مدیریت صحیح منابع، طراحی نرم افزارهایی که قابلیت ساخت کتابخانه هایی از مقالات و دسته بندی آن ها را دارند، برای نویسندگان و محققان بسیار مهم است. یکی از این نرم افزارها، نرم افزار مندلی می باشد که این کار را به خوبی انجام داده و مزایای بسیاری نسبت به سایر نرم افزارها دارد. بنابراین هدف از این مقاله بررسی ویژگی های نرم افزار مندلی است.

کلمات کلیدی: مندلی، رفرنس دهی، دسته بندی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مقدمه:

نرم افزار مندلی نرم افزاری است که می تواند با مدیریت شبکه های اجتماعی علمی به کاربران امکان پیدا کردن آخرین مقالات و تحقیقات علمی، همچنین مشارکت، اشتراک گذاری و سازماندهی آن با سایر افراد شبکه را ایجاد بکند. از این نرم افزار به راحتی و با سرعت، کار رفرنس دهی را انجام می دهند. این نرم افزار با ویندوز، مک و لینوکس سازگاری دارد. همچنین می توان گفت نرم افزار مندلی یک شبکه ی اجتماعی دانشگاهی و علمی می باشد که در جهت سازمان دهی اسناد، مشارکت با دانشگاهیان و پیدا کردن تحقیقات تازه مورد استفاده قرار می گیرد. در استخراج جزئیات از نسخه های دیجیتالی مقالات علمی به پایگاه داده ها می توان از این نرم افزار استفاده کرد. همچنین به راحتی می توان اسنادها و رفرنس ها را از پایگاه هایی نظیر Science Direct, Google scholar و... انتقال داد. دسترسی کامل در این نرم افزار با داشتن گزینه ی Install Web Important به اسنادها و خلاصه ی مقاله ها یا حتی یک مقاله کامل امکان پذیر است.

مزایای نرم افزار مندلی

از مزایای مهم نرم افزار مندلی رایگان بودن آن می باشد که با توجه به هزینه ی سایر برنامه ها سبب تمایز آن در بین رقبا شده است که در وب سایت رسمی نرم افزار مندلی، قابل دریافت است. فضای رایگانی که شرکت مندلی در اختیار کاربران قرار داده باعث همزمانی و همسان سازی بین دستگاه های متعدد پژوهشی شده است. از دیگر مزایای نرم افزار مندلی قابلیت همکاری با واژه پردازهای متنی مثل Latex است. به علاوه با توجه به سرعت ایجاد اسنادها، نرم افزار مندلی قابلیت نصب بر روی واژه پردازهایی مانند Word, Open Office را دارد که با سرعت بالایی این اسنادها را ایجاد می کند.

مزیت عمده ی نرم افزار مندلی همکاری و اشتراک گذاری پژوهش ها با کاربران دانشگاهی است. این شرکت با ایجاد شبکه ی اجتماعی از دانشگاهیان فرآیند تحقیق و پژوهش را به صورت مشارکتی انجام می دهد؛ همچنین با ایجاد گروه های خصوصی و عمومی باعث گسترش تحقیقات و آشنایی با حوزه های جدید و علوم نو می شود.

نرم افزار مندلی با استخراج ابر داده های جاسازی شده از فایل های PDF، استخراج DOIS (شناسه شی دیجیتالی) از فایل های PDF و استخراج Pubmed IdS و ArxivIDs از فایل های PDF باعث برتری خود در بین سایر رقبا مثل EndNote, RefWork و Pepers شده است.

مندلی در نوامبر ۲۰۰۷ در لندن تاسیس شد و نسخه آزمایشی آن در ماه اوت سال ۲۰۰۸ منتشر شد، این تیم متشکل از دانش آموزان و توسعه دهندگان و پژوهشگران منبع باز از انواع مؤسسات دانشگاهی است؛ اگر چه این نرم افزار به خودی خود منبع باز نیست.

نرم افزار مندلی با ارائه شبکه اجتماعی از کاربران پژوهشی و ایجاد همکاری گروهی بین همکاران دانشگاهی، بستری را برای گسترش فضای علمی و پژوهشی فراهم آورده که به سهولت و بازده در فرآیند پژوهش افزوده است. از



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



جمله امکاناتی که مندلی را قوی تر می کند می توان به مرجع دهی آسان، مطالعه فایل های pdf و یادداشت نویسی در آن ها، افزودن فایل های pdf و سازماندهی آن ها، به اشتراک گذاری مقالات و یادداشت ها، جستجوی مقالات و گروه های عمومی اشاره کرد.

### معایب مندلی:

گرچه مندلی مزایای بسیاری دارد اما این نرم افزار دارای مشکلاتی است که به آن اشاره خواهد شد؛ گرچه مندلی از بسیاری زبان های معتبر جهانی حمایت می کند اما همچنان جدید ترین نسخه ی آن نیز از زبان فارسی حمایت و ساپورت نمی کند. البته این به آن معنی نیست که این نرم افزار نمی تواند از اسناد فارسی مدیریت کند. منظور فارسی نشدن پوسته نرم افزار می باشد. اشکال دیگری که این نرم افزار دارد این است که اگر ویندوز سیستم عوض شده و دوباره نرم افزار مندلی نصب شود، برای بازگرداندن داده ها به مندلی دسکتاپ باید یکی یکی فایل های پی دی اف را از وب سایت نرم افزار مندلی دانلود کرده که باعث می شود حجم زیادی فایل جدید با اسم های جدید بر سیستم ذخیره شود که این مشکل باعث می شود نتوان فایل های دانلود شده به فایل های داخل سیستم لینک شود مگر آن که این کار دستی انجام شود که نیازمند زمان زیادی می باشد.

### نتیجه گیری:

در این مقاله سعی بر آن شد که نرم افزار مندلی را به عنوان یک نرم افزار مدیریت مراجع مناسب در جهت کارهای علمی معرفی شود.

آنچه که به آن اشاره شد بخش کوچکی از کاربردهای گسترده نرم افزار مندلی می باشد که با توجه به سردرگمی های ایجاد شده برای محققان و پژوهشگران در نوشتن مقالات و پایان نامه ها، می تواند برای مدیریت مراجع و استنادها راهگشا باشد.

### منابع:

<http://www.mendeley.com>

<https://maktabkhooneh.org/mag/mendeley-softwer>

<https://transnet.ir/blog/mendeley>

<https://science.ut.ac.ir/documents/87783575/94754034/mendeley-help-compressed.pdf>



## کاربرد تجهیزات و فناوری های مهندسی پزشکی هوش مصنوعی در بیماران مرگ مغزی

شادی بهنقی<sup>۱</sup>، سینا مهدوی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کاردانی فنی تجهیزات پزشکی اتاق عمل، دانشگاه جامع علمی و کاربردی مرکز ماشین سازی تبریز، تبریز، ایران

۲- مدرس دانشگاه جامع علمی و کاربردی مرکز ماشین سازی تبریز، تبریز، ایران

آدرس ایمیل: [Shadi.behnaghy@gmail.com](mailto:Shadi.behnaghy@gmail.com), [Mahdavi9099@yahoo.com](mailto:Mahdavi9099@yahoo.com)<sup>۲\*</sup>

### چکیده

با وجود پیشرفت های چشمگیر تجهیزات و تکنولوژی های پزشکی و مهندسی در زمینه های مختلف زندگی، اما بحث مرگ مغزی و نحوه ی درمان آن، همچنان در امر پزشکی و در بین متخصصین این حوزه، یکی از مهمترین چالش های اخیر تبدیل شده است. در علم پزشکی مرگ مغزی به از بین رفتن غیر قابل برگشت تمام فعالیت های مغز و ساقه مغز اطلاق می گردد، که متأسفانه سالانه تعداد زیادی از مصدومین به علت ضربه مغزی شدید فوت کرده و یا دچار کاهش هوشیاری و اغما می شوند. به طور معمول ضربه مغزی بر اثر تکان یا ضربه ناگهانی شدید به سر ایجاد می شود، آسیب های وارد شده بر سر ممکن است منجر به مشکلات عدیده ای برای افراد شود با اینکه اکثر عوارض ضربه مغزی به سرعت ظرف چند هفته برطرف می شود اما در صورت شدت بالای ضربه مغزی و تخریب بافتی ممکن است آسیب ها ماندگار شوند، این در صورتی است که شدت ضربه و آسیب بالا بوده و فرد دچار اغما می شود، در حالت کما فرد نمی تواند ارتباط برقرار کند. زمانی که فرد در حالت کما و به اصطلاح پزشکی دچار مرگ مغزی شده است خون رسانی به مغز متوقف می شود و در نتیجه اکسیژن رسانی به مغز انجام نمی گیرد در این صورت مغز تمام کارکرد خود را از دست می دهد و دچار تخریب غیر قابل برگشت می شود گرچه پس از مرگ مغزی اعضای دیگر از جمله قلب، کبد، کلیه ها و روده هنوز دارای عملکرد هستند اما به تدریج در طی چند روز آینده از کار خواهند افتاد و بیمار بدون اکسیژن مصنوعی و دستگاه های پیشرفته زنده نخواهد ماند. در این مقاله، روشی نوین با تکیه بر تجهیزات و فناوری های پزشکی مانند هوش مصنوعی، برای درمان مرگ مغزی و همچنین در جهت پیشگیری از تحلیل رفتن اندام های بدن مانند قلب، کبد، کلیه ها و... ارایه شده است. بدین صورت که، با استفاده از دستگاهی که بر روی بدن بیمار مرگ مغزی، نصب می شود می توان با تکیه بر القا هوش مصنوعی که عملکردی مشابه مغز انسان دارد کارهای مورد نظر پزشک را در جهت درمان بیمار انجام داد. شایان قابل ذکر هست که، هوش مصنوعی، الگوریتم های یادگیری، ارسال و دریافت فرمان، حل مسئله، استدلال

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



منطقی و... را دارا می باشد، که با در نظر گرفتن این پارامتر ها و براساس مشاهدات و داده های موجود، میتواند رفتار خود را مثل یک انسان سالم تنظیم نماید و سپس فرمان لازم را برای عملکرد طبیعی اندام ها به طور دقیق و بدون هیچ مشکلی صادر کند. ضمناً، دستگاه نصب شده، می تواند خطا های بوجود آمده را شناسایی کرده و از وقوع آنها نیز جلوگیری نماید و نهایتاً با ارائه داده های مناسب به پزشک در جهت درمان بیمار و پیشگیری از تحلیل رفتن اندام های بدن، کمک شایانی نماید که در متن مقاله به طور کامل توضیح داده شده است.

کلمات کلیدی: هوش مصنوعی، مرگ مغزی، تجهیزات پزشکی، ضربه مغزی، فناوری



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

مغز انسان یکی از پیچیده ترین خلقت های الهی است که همانند یک فرمانده ی با تجربه و آگاه به تمام مسائل پیرامونش با دریافت کنش های محیط بیرونی و درونی، دستور فرکانس های مناسب با آن را صادر می کند. در حقیقت مغز، فرمانده کل بدن و ارگانیسمی بسیار پیچیده است، تفکر، درک حس های دقیق، حرکات، تعادل، شنوایی، بینایی، هماهنگی بین بخش های مختلف بدن و غیره همه با سلامت مغز معنی پیدا می کنند [1, 2]. سر انسان، شایع ترین محل وارد آمدن صدمه بوده و ضربه به سر، شایع ترین علت بستری و شایع ترین علت مرگ و میر در بین مصدومین سوانح مختلف می باشد. آسیب مغزی در نتیجه برخورد ناگهانی و شدید سر با جسم سخت پدید می آید که می تواند به صورت خفیف، متوسط یا شدید باشد. از مهم ترین علائم هشدار ضربه به سر می توان به تصادفات رانندگی، سقوط از ارتفاع، درگیری جسمی، حوادث در حین کار، حوادث داخل منزل و حوادث حین ورزش، حالت تهوع و استفراغ، گیجی، سردرد، تاری دید، ازدست دادن تعادل، اختلال در خواب، مشکلات حافظه و... اشاره کرد. در صورت مشاهده هر کدام از این علائم سریعاً باید پیگیری شوند تا فرد دچار اغما و مرگ مغزی نشود. در پزشکی بیمار مرگ مغزی نمی بیند، نمی شنود، درد نمی کشد، نفس نمی کشد، به هیچ یک از تحریکات خارجی پاسخ نمی دهد و بدون استفاده از دستگاه تنفس مصنوعی، اکسیژن به او نخواهد رسید. هرگونه آسیب شدید به مغز می تواند منجر به تورم بافتی شود از آنجایی که مغز در یک فضای بسته (استخوان جمجمه) قرار دارد و جایی برای افزایش حجم وجود ندارد بر بخش های پایین مغز (ساقه مغز) فشار آورده، مانع جریان گردش خون به قسمت های بالایی می گردد و بیش از پیش مانع اکسیژن رسانی می شود. این فرایند ممکن است چند دقیقه یا چند روز طول بکشد، قلب به کمک دستگاه تنفس مصنوعی به فعالیت ادامه داده و به اعضای دیگر اکسیژن می رساند در حالیکه بافت مغز و ساقه مغز که وظیفه کنترل تنفس ضربان قلب را بر عهده دارند از این ماده حیاتی اکسیژن محروم می ماند و دچار مرگ می شود. قلب هم تا زمانی دارای اکسیژن رسانی باشد به ضربان خود ادامه می دهد، در بیمار مرگ مغزی دستگاه تنفس مصنوعی (ونتیلاتور) اکسیژن لازم را برای ضربان قلب فراهم خواهد کرد به محض جدا کردن دستگاه ها از بیمار قلب هم از کار می افتد. اکنون روشی برای اینکه بدن در حالت اغما و مرگ مغزی بدون تحلیل رفتن اندام ها همچنان به دور عادی فعالیت خود را انجام دهند استفاده از القای هوش مصنوعی می باشد که امروزه هوش مصنوعی به جای هوش انسانی در اکثر کارها از جمله پزشکی برای خطای کمتر و زمان کوتاه تر برای تشخیص و درمان بیماری ها و هزینه های درمان قابل استفاده می باشند [3, 4]. هوش مصنوعی که یکی از قدیمی ترین دستاوردهای دنیای فناوری محسوب می شود که امروزه نقش مهمی در زندگی کاربران جهان دارد، در یک نگاه این دستگاه ابزاری قدرتمند برای شبیه سازی توانایی های ذهن است و میتوان به کمک آن فرضیه



های استوار تر و دقیق تر در مورد این توانایی ها عرضه کرد. این سیستم می تواند کارهایی را انجام دهد که به زندگی و امنیت جان انسان بستگی دارد و می تواند از پس چنین کارهایی به راحتی بر بیاید [5-7]. در این مقاله بر اساس این اطلاعات با تکیه بر هوش مصنوعی و با دادن اطلاعات و فرایند یادگیری که به صورت خودکار دستگاه امکان یادگیری و پیشرفت دارد با نصب دستگاه بر روی بدن تمام اطلاعات را درک کرده و سپس دستورات لازم برای انجام فعالیت های هر اندام را بدهد تا در طول دوره درمان تمام اعضا در سلامت کامل باشند شکل ۱ تصویری از مغز انسان را نشان می دهد.



شکل ۱. تصویری از مغز انسان

#### بیان مسئله

حالت کما با مرگ مغزی بسیار متفاوت است، به گونه ای که فردی که به کما رفته، می تواند دوباره به زندگی عادی خود بازگردد؛ البته این وضعیت را باید متخصصان مغز و اعصاب تایید کنند، به گونه ای که اگر مغز هنوز زنده باشد، فرد دچار کما شده و احتمال برگشت آن حتی بعد از مدت طولانی و گذشت چندین سال هم وجود دارد. زیرا بیمار خودش به صورت طبیعی نفس می کشد و فقط مغز برای مدتی هوشیاری ندارد، اما عمق مغز زنده است. در مرگ مغزی، فرد به طور طبیعی نفس نمی کشد و تنفس خود را از طریق دستگاه انجام می دهد و با قطع کردن دستگاه او می میرد پس زنده ماندن نباتی فرد دچار مرگ مغزی، به دستگاه وابسته می باشد، زیرا تنفس وابسته به مغز می باشد و قلب با مغز تفاوت دارد. اگر مغز فردی بمیرد، قلب او هنوز فعالیت دارد، البته به شرطی که اکسیژن از طریق دستگاه به او برسد و در صورت قطع دستگاه فرد می میرد، اما باز هم با وجود دستگاه هم باز نمی توان مدت زیادی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



چنین افرادی را زنده نگه داشت که در این مقاله راهکاری برای این موضوع با استفاده از تکنولوژی هوش مصنوعی و تجهیزات پزشکی ارائه شده است [8, 9].

۱-۲ کما و علل بروز آن:

تمامی کما ها به دلیل آسیب به مغز ایجاد می شود، آسیب به مغز میتواند به دلیل افزایش فشار، خونریزی، فقدان اکسیژن یا مواد سمی باشد. این آسیب ها ممکن است موقت و قابل بازگشت یا ماندگار و مادام العمر باشد، بیش از نیمی از موارد کما ناشی از ضربه مغزی است و به طور معمول دلایل بروز کما موارد زیر هستند:

۱\_ آسیب مغزی آکسونی (ناشی از کمبود اکسیژن به دلیل ایست قلبی، انواع ضربه مغزی، غرق شدن، مسمومیت، آوردوز مواد)

۲\_ تورم مغز (بر اثر ضربه مغزی، مسمومیت، عدم تعادل الکترولیتی، کاهش اکسیژن، بهم ریختگی هورمونی)

۳\_ خونریزی مغزی به دلیل وجود تورم و فشار مغزی

۴\_ سکته مغزی

۵\_ قند خون (دیابت نوع یک)

۶\_ هایپوکسی (افت اکسیژن)

۷\_ عفونت مثل مننژیت

۸\_ مشکلات کبدی

۹\_ تشنج های صرعی شدید

درمان کما به طور معمول بستگی به علت بروز دارد در گام نخست مداوای بیماران لازم است معاینه کامل مغزی صورت گیرد تا علت بروز و آسیب های ناشی از ضربه مغزی بیمار به طور کامل شناسایی شود، می توان گفت که درمان کما فرآیندی پیچیده و نیازمند صبر و حمایت است، شکل ۲ تصویری از فرد در حالت کما را نشان می دهد [10, 11].



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲. فرد در حالت کما

۲-۲ عملکرد مغز با اندام های بدن (روده و معده):

در مغز انسان میلیاردها نورون وجود دارد، نورون ها سلول های سیستم عصبی هستند که فعالیت مجموعه آنها، چگونگی عملکرد

بخش های مختلف بدن را مدیریت میکند، جالب اینکه روده نیز میلیون ها سلول عصبی دارد که از طریق شبکه نورون ها با مغز در ارتباط هستند. عصب واگ یکی از بزرگترین اعصابی است که روده و مغز شما را به هم متصل می کند و سیگنال ها را در هر دو جهت ارسال می کند [12-14].

۲-۳ هوش مصنوعی:

خیلی از افراد هنوز هم با شنیدن واژه هوش مصنوعی به ربات فکر می کنند و تصور می کنند که منظور از هوش مصنوعی همان ربات های بی احساسی هستند که برای انجام راحت تر کارها طراحی شده اند و قرار است در آینده جای انسان ها را بگیرند اما واقعیت با آنچه که تصور می کنید تفاوت دارد. هوش مصنوعی در واقع تکنولوژی است که مانند انسان فکر میکند و منطقی فکر میکند و مانند انسان عمل میکند و منطقی عمل می کند [4-6]، شکل ۳ تصویری از تکنولوژی هوش مصنوعی را نشان می دهد.

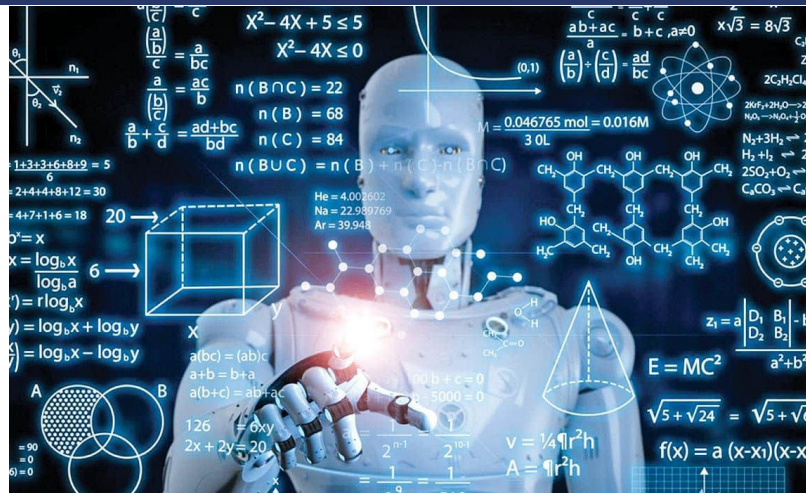
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳. تصویری از تکنولوژی هوش مصنوعی

### ۳- ایده پیشنهادی:

همان طور که قبلا هم گفته شد مغز انسان خیلی پیچیده است و همانند یک فرمانده تمام عملکرد های بدن را به طور دقیق سازمان دهی می کند و در صورت آسیب به مغز و عدم اکسیژن رسانی به بافت، مغز از کار می افتد و فرد به اصطلاح دچار مرگ مغزی می شود. به دلیل اینکه مرکز تنفس در ساقه مغز است با بروز مرگ مغزی بلافاصله تنفس قطع می شود ولی قلب که دارای یک باتری اتماتیک است می تواند حتی در صورت قطع سراز بدن یا بیرون آوردن قلب از بدن و گذاشتن آن در سرم فیزیولوژیک برای چند دقیقه و در صورت رساندن اکسیژن برای چند ساعت تا چند روز به تپش ادامه دهد. اگر در فاصله زمانی کوتاه پس از ایجاد حادثه ای که منجر به ضربه مغزی شده (چند دقیقه) بیمار به دستگاه تنفس مصنوعی وصل شود با ادامه ضربان قلب می توان خون رسانی اعضا و احشای بدن را برای مدت کوتاهی حفظ کرد پس از طی این دوره با رضایت خانواده به اهدای عضو ختم می شود و یا با قطع دستگاه ها فرد دچار مرگ شود [10-14]. در این مقاله برای حل مشکلات اشاره شده در مورد افراد مرگ مغزی و حالت کما روش جدیدی مبتنی بر فناوری سیستم هوش مصنوعی ارائه شده است. قابل ذکر است که، هوش مصنوعی می تواند تعداد زیادی از داده ها را اسکن کند و از آن به عنوان مبنایی برای تصمیم گیری سریع تر، برای هر وضعیت جدیدی بر اساس سابقه الگوها استفاده کند. همچنین، تکنولوژی های هوش مصنوعی می تواند با داده های نامعلوم قبلی سازگار شده و بدون نیاز به نوشتن کد جدید تصمیم گیری کنند. در هوش مصنوعی ادراک به معنی اسکن محیطی از طریق سنسورها، گردآوری اطلاعات، توجه به علائم و ... است که می تواند از رایانه ها و ماشین ها برای تقلید از توانایی های حل مسئله و تصمیم گیری ذهن انسان استفاده کند. در واقع می توان گفت که

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



این سیستم شگفت انگیز، نوعی شبیه سازی هوش انسانی برای کامپیوتر است. منظور ماشینی است که طوری برنامه نویسی شده تا مثل انسان فکر کرده و توانایی تقلید از رفتارهای انسان را داشته باشد. فناوری هایی مانند یادگیری ماشینی و پردازش زبان طبیعی همگی بخشی از چشم انداز هوش مصنوعی هستند. به طور کلی، سیستم های هوش مصنوعی با دریافت مقادیر زیادی از داده های آموزشی برچسب گذاری شده و این داده ها مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند. و برای ایجاد همبستگی و ساخت الگوها، و استفاده از این الگوها برای پیش بینی وضعیت های آینده به کار گرفته می شوند. به عنوان مثال، یک ربات چت که از نمونه های زیادی از چت های متنی استفاده می کند، تا بتواند یاد بگیرد که تبادلات واقعی با افراد ایجاد کند. یا یک ابزار تشخیص تصویر می تواند با مرور میلیون ها مثال و تصویر، نحوه شناسایی و توصیف اشیاء در تصاویر را یاد بگیرد و بیاموزد. حالا با تکیه بر فناوری سیستم هوش مصنوعی، میتوان بیمار مرگ مغزی را به مدت طولانی بدون استفاده از دستگاه های سنگین و پیشرفته که حمل آنها به هر جایی امکان پذیر نیست، تحت مراقبت قرار داد. در حالی که تمام اعضا بتوانند در وضعیت کما و ضربه مغزی فعالیت خود را انجام دهند. در این صورت پزشک متخصص فرصت کافی برای درمان بیمار دارد و همچنین اگر امیدی به بهبود بیمار مرگ مغزی نباشد می توان مدت طولانی تری بدن را در حالت نرمال با استفاده از هوش مصنوعی نگه داشت تا خانواده بیمار از نظر روانی آمادگی رو به رو شدن با این تصمیم بزرگ را داشته باشند در این مدت تمامی اعضا در سلامت کامل کار می کنند و قابل اهدا می باشند. اساس کار به این صورت است که با شبیه سازی شبکه های عصبی مغز انسان و دادن اطلاعات، ماشین به صورت خودکار شروع به پردازش اطلاعات با سرعتی چند برابر انسان می نماید در این صورت سیستم، بدون دخالت و کمک انسان و کاملا به طور اتوماتیک شروع به یادگیری کرده تا بتواند بر اساس مشاهدات و داده ها رفتار خود را تنظیم کند سپس شروع به صادر کردن فرمان برای فعالیت اعضای بدن طبق روال عادی می نماید. از آنجایی که اشتباهات بیمارستانی یکی از دلایل عمده مرگ و میر بیماران می باشد هوش مصنوعی می تواند این خطاها را تشخیص و از وقوع آن ها جلوگیری نماید چون در تفکیک داده ها فوق العاده دقیق عمل می کند و میتواند حتی روش درمان نوینی را به پزشک پیشنهاد دهد تا پزشک بتواند اقدامات لازم در جهت درمان را در کمترین زمان ممکن به انجام رساند.

نتیجه گیری:

در سراسر ایران تصادفات رانندگی است که سالانه افراد زیادی در اثر تصادفات رانندگی دچار ضربه مغزی میشوند و تعداد بسیاری از آنها به علت ضربه ها جان خود را از دست میدهند. آسیب مغزی نوعی آسیب است که در مغز موجود



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



زنده رخ میدهد، تمامی آسیب های سر جدی هستند و نیاز به ارزیابی مناسب دارند چون ممکن است به اختلال هوشیاری و مرگ منجر شوند. اگر فرد آسیب دیده دچار اغما سود و سطح هوشیاری پایین باشد پزشک متخصص سریعاً اقدامات لازم برای تشخیص نوع آسیب و میزان خطر را بررسی می کند تا مطمئن شود که فرد با چه مشکلاتی دست و پنجه نرم میکند سپس اقدامات لازم را انجام دهد. در اولین قدم پس از اغما سریعاً دستگاه ونتیلاتور به بیمار متصل میشود تا اکسیژن رسانی به قلب انجام گیرد و قلب خونرسانی به بافت و اندام هارا انجام دهد. حدوداً نیمی از بیماران ضربه مغزی به جراحی نیاز دارند گاهی به دلیل اینکه اندام ها پس از مدتی که از مغز فرمان نمی گیرند کم کم رو به تحلیل میروند و تایم کوتاهی میشود بیمار را به وسیله دستگاه ها زنده نگه داشت پزشک معالج فرصت کافی برای بررسی مشکل و درمان ندارد با استفاده از هوش مصنوعی که فرایند یادگیری با مشاهدات و داده ها آغاز میشود و سیستم از مثال و تجارب مستقیم و یا دستورالعمل ها استفاده می کند تا به یک الگوی مشخص برسد سپس بر اساس الگو شروع به تصمیم گیری و حل مسئله نماید و طبق مغز انسان عمل کرده دستورات لازم را برای فعالیت هر کدام از اندام های بدن صادر کند همچنین طبق الگوی یادگیری عمیق امکان خطا کاهش یافته و حتی روشی جهت درمان بیمار نیز ارائه می دهد.

منابع

[1] جعفری پور، فاطمه و جعفرزاده، معصومه و فروغی، سعید و نیک سرشت، محمدجواد، ۱۳۹۸، تعیین مرگ مغزی با استفاده از گایدلاین های موجود: یک مطالعه مرور سیستماتیک، پنجمین کنگره کشوری کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان

[2] همتی مقدم، احمدرضا و صمدی، هادی و کاتوزی، مریم، ۱۳۹۸، تاملاتی درباره مرگ مغزی بر اساس تغییرات شناختی

[3] محمودی چلچله، رمضان، ۱۳۹۵، هوش مصنوعی، دومین کنفرانس بین المللی مدیریت و فناوری اطلاعات و ارتباطات، تهران

[4] غلامی، محمدرضا و فرهنگ، ابوالقاسم و حسینی، مریم، ۱۳۹۵، هوش مصنوعی و کاربردهای آن در آموزش، سومین کنفرانس بین المللی روانشناسی، علوم تربیتی و سبک زندگی، مشهد

[5] رضایی کیایی، مازیار و مرادی، مهرگان، ۱۴۰۰، هوش مصنوعی (شبکه های عصبی. الگوریتم ژنتیک) و نقش آن در بازاریابی، نهمین کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در مدیریت، اقتصاد، حسابداری و بانکداری

[6] یثربی نائینی، سیداحسان و ماروسی، علی و مقربی، مائده و حسنی، صبا، ۱۳۹۴، مروری بر استفاده از هوش مصنوعی در علوم کاربردی، دومین کنفرانس بین المللی و سومین همایش ملی کاربرد فناوری های نوین در علوم مهندسی، مشهد

[7] ناصری پبدنی، علی، ۱۳۹۹، هوش مصنوعی در مهندسی کامپیوتر، کنفرانس بین المللی پژوهشهای نوین در مهندسی برق، کامپیوتر، مکانیک و مکترونیک در ایران و جهان اسلام، کرج

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- [8] یکتا، زینب و بابایی، سودابه و مرادی، لیلا و اسماعیلی، فاطمه، ۱۳۹۸، تصاویر نادر در یک بیمار کمایی، سومین کنگره ملی گزارشهای موردی بالینی، کرج
- [9] فریور، مریم، ۱۳۹۶، سیستم عصبی و چگونگی تولید سیگنال های مغزی
- [10] قنبری قلعه سری، مجتبی و ذبیحی، علی، ۱۴۰۰، چالشهای توانبخشی در بیماران کمایی: یک مطالعه ی مروری، اولین کنگره ملی مشاوره توانبخشی ایران، تهران
- [11] معتقد، مهیار، ۱۳۹۸، علائم و اثرات حسی - حرکتی پس از سکته مغزی و تاثیر آن بر توانبخشی، چهارمین همایش توانبخشی عصبی این سینا (سکته مغزی و ام اس)، همدان
- [12] نجاریان، مهیار و زراعت کار، سجاد، ۱۳۹۹، طراحی مدل یکپارچه و دادهمحور به منظور پیش آگاهی سکته مغزی بر مبنای الگوریتم های داده کاوی، هفدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، مشهد
- [13] علی قلی هادی، صفاهانی مریم، نشریه: علوم اعصاب شفای خاتم شماره: بهار ۱۳۹۴، دوره ۳، شماره ۲؛ صفحه ۶۹ تا صفحه ۷۶.
- [14] انصاری محسن، بیان لیلا، گرجی علی، نشریه: علوم اعصاب شفای خاتم، شماره: تابستان ۱۳۹۵، دوره ۴، شماره ۳؛ صفحه ۱۰۳ تا صفحه ۱۱۰.



## مدلسازی عملکرد ماژول غشاء هالوفایبر در فرآیند اسمز مستقیم با استفاده از روش

### سطح پاسخ

سمانه دشتی\*<sup>۱</sup>، امیر حیدری<sup>۲</sup>، احمد عربی شمس آبادی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی گرایش فرآیندهای جداسازی دانشگاه محقق اردبیلی،  
s.dashti.2010@gmail.com

۲- دانشیار مهندسی شیمی دانشگاه محقق اردبیلی

۳- محقق دانشگاه پینسلوانیا آمریکا

#### چکیده

کمبود آب همواره یکی از مشکلات مهم و قابل توجه است. در مطالعات اخیر پیوند ذاتی بین پایداری آب و انرژی برجسته است و بر نیاز به تولید آب تمیز به نحوی که استفاده از منابع با کیفیت بالا حداقل باشد، تاکید شده است. لذا فرآیندهای نمک زدایی آب دریا بر پایه غشاء یک راه حل کاربردی جهت تهیه آب شیرین است. نرم افزارهای شبیه سازی و مدلسازی همواره به عنوان یک ابزار برای جمع آوری داده، درک و پیش بینی عملکرد فرآیندها نویدهای زیادی را نشان داده اند و در صرفه جویی زمان و هزینه نقش به سزایی دارند. پژوهش حاضر، بررسی عملکرد غشاء هالوفایبر در فرآیند اسمز مستقیم توسط روش سطح پاسخ می باشد. از پارامترهای مؤثر در این فرآیند طول ماژول، غلظت محلول کشنده و ضخامت لایه پشتیبان مورد مطالعه قرار گرفت و نسبت شار نمک برگشتی به شار آب عبوری از غشا به عنوان خروجی فرآیند تعریف شد. نتایج، بیان کننده تطابق خوب و قابل قبول پیش بینی های مدل در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی دارد. کلمات کلیدی: اسمز مستقیم، مدلسازی، روش سطح پاسخ، غشاء، هالوفایبر.





آب اکسیر زندگی و یکی از مهمترین منابع با ارزش روی زمین است و متأسفانه بیش از یک میلیارد نفر به آب قابل شرب دسترسی نداشته و حدود سه میلیارد نفر حداقل یک ماه در سال با کمبود آب مواجه هستند و این در حالی است که بیش از ۹۷ درصد آب روی کره ی زمین را آب دریا تشکیل می دهد [1]. محدوده وسیعی از غشاهای برای تصفیه آب دریا و تولید آب شیرین از خوراک آب با شوری های متفاوت توسعه داده شده است [2-3]. در این میان فرآیند اسمز مستقیم، انتقال و جابه جایی حلال (آب) صرفاً در اثر اختلاف فشار اسمزی و بدون نیاز به هیچگونه فشار هیدرواستاتیک خارجی انجام می شود و امکان مصرف انرژی کمتر در مقایسه با اسمز معکوس را فراهم می سازد. سیستم های نمک زدایی اسمز مستقیم دارای طیف وسیعی از کاربردهای بالقوه در تولید و تصفیه آب هستند [11-3]. طراحی ماژول های جدید برای اسمز مستقیم نیازمند دانش وسیع و بسیط در مورد روابط، عملکرد و ویژگی های ماژول است. در حالیکه رویکردهای ادیسونی می توانند این روابط را ایجاد کنند، ماژول های زیادی بسازند و ویژگی های مختلف مثل طول ماژول را آزمایش کنند که می تواند یک تلاش پرهزینه باشد. در پاسخ به این چالش ها، روش سطح پاسخ<sup>۱</sup> به عنوان یک ابزار برای درک و فهم روابط عملکرد و ویژگی ها برای راهنمایی کردن توسعه ماژول پیشنهاد می شود. از آنجاییکه اسمز مستقیم یک غشاء تماسی کاربردی است در شکل هالوفایبر توانایی عرضی فواید برتر معینی نسبت به سایر اشکال ماژول دارد. غشاهای هالوفایبر در بسته بندی انبوه نسبت به ساختارهای صفحه ای تخت منافع قابل توجهی ارائه می دهند [12]. در ادامه پژوهش به بررسی سیستم سطح پاسخ جهت پیش بینی وضعیت پارامترها و نتایج تغییرات ارائه خواهد شد.

## ۲- روش تحقیق

به طور کلی در این پژوهش به بررسی دقیق تر مدل ایجاد شده در مقاله مرجع اصلی این پژوهش که توسط مک کوچون و همکارانش انجام شده است، به روش سطح پاسخ پرداخته شده است [12]. مشخصات این مدل با توجه به غشاء هالوفایبر آزمایشگاهی موجود در آزمایشگاه ایشان ایجاد شده و دارای مشخصات منحصر به فردی می باشد. به طور کلی توسعه ی مدل روش المان محدود مراحل تعریف هندسه دامنه، تنظیم معادلات حاکم انتقال تکانه (مومنوم) و انتقال جرم و تعریف شرایط مرزی، و شبکه بندی هندسه و تجزیه و تحلیل برای آن را طی کرده است. آن ها معادلات حاکم و شرایط مرزی برای حوزه ها و مرزهای مختلف سیستم متقارن محوری تعریف تعریف نموده و بستر آزمایش را در نرم افزار کامسول یک شبکه کنترل شده توسط کاربر شبیه سازی نمودند.

<sup>1</sup> Response Surface Methodology



دقت مدل در برابر داده های تجربی به دست آمده از آزمایش های شار اسمزی بر اساس دو مجموعه از متغیرهای مستقل قابل تنظیم، تأیید شد. آقای مک کوچون و همکارانش ابتدا، یک ماژول اسمز مستقیم هالوفایبر در مقیاس آزمایشی و با طول ۰,۵ متر به عنوان لایه انتخابی روی سطح لومن شبیه سازی کردند و بر اساس کار قبلی ایشان آزمایش کردند [13]. با تأیید صحت مدل کامسول این پژوهش، بستر کار برای ایجاد مدل سطح پاسخ فراهم می شود. از مدل کامسول به منظور داده کاوی از ماژول غشاء هالوفایبر در فرآیند اسمز مستقیم استفاده شده و با استفاده از این داده ها مدل سطح پاسخ ایجاد و صحت سنجی شده اند.

خواص ذاتی غشاء به دو نوع ویژگی های لایه انتخابی و ویژگی های لایه پشتیبان تقسیم می شوند. تراوایی آب خالص در لایه انتخابی (A)، تراوایی نمک (B) و پارامتر ساختاری لایه پشتیبان (S) از آزمایش اسمز مستقیم مشخص شده است. ضخامت دیواره غشاء هالوفایبر (t)، از اندازه گیری های فیزیکی در پنج محل مختلف برای هر نمونه غشاء با استفاده از یک میکرومتر دیجیتال ضد خنک کننده بدست آمده است. تخلخل توده پشتیبان هالوفایبر ( $\varepsilon$ ) با استفاده از اندازه گیری های وزنی در دمای اتاق تعیین شده است [13]. انحنای منافذ لایه پشتیبان ( $\tau$ ) از پارامتر ساختاری (s) در آزمایشات اسمز مستقیم بدست آمده اند:

$$S = \frac{t \tau}{\varepsilon} \quad (1)$$

تراوایی آب خالص لایه ی پشتیبان ( $K$ )، با آزمایشات اولترافیلتراسیون غشای هالوفایبر پشتیبان تعیین شده است [13]. علاوه بر خواص غشاء و ماژول، متغیرهای پارامتر عملیاتی نیز به عنوان مشخصه گنجانده شده اند. به طور مشخص، سرعت جریان ورودی و خروجی لوله / پوسته ( $v_{shell} v_{lumen}$  هر دو بر حسب متر بر ثانیه) غلظت ورودی محلول خوراک ( $C_{feed}$ ) و محلول کشنده ( $C_{draw}$ ) (هر دو بر حسب  $\text{mol/m}^3$ )، فشار ورودی و خروجی پوسته و لوله ( $p_{lumen, in/outlet}$   $p_{shell, in/outlet}$  هر دو بر حسب پاسکال) در محدوده خواص محلول و خواص غشاء که قبلا مورد بحث قرار گرفت، متفاوت بودند. در این پژوهش سه پارامتر طول ماژول، غلظت محلول کشنده و ضخامت لایه پشتیبان به عنوان متغیر و پارامتر نسبت شار نمک برگشتی (Js) به شار آب عبوری (Jw) به عنوان خروجی (Js/ Jw) در نظر گرفته شده اند. جدول آزمایشات و خروجی های آنها حاصل از مدل المان محدود ذکر شده، با استفاده از نرم افزار کامسول دریافت شد. دلیل انتخاب این پارامتر به عنوان خروجی پاسخ، بررسی کیفیت عملکرد غشاء با هدف کاهش مقدار آن می باشد.



با آماده شدن جدول آزمایشات، می توان روش سطح پاسخ را عملی کرد. برای این کار نوع آنالیز را رگرسیون خطی بدون تابع تبدیل و نوع پردازش را درجه دو انتخاب می کنیم. با توجه به این که در سیستم عملاً خروجی وجود دارد، بنابراین ۱ روش سطح پاسخ مستقل برای این سیستم تعریف می گردد که شامل روش سطح پاسخ برای پاسخ نسبت شار نمک برگشتی به شار آب عبوری می باشد.

۳- مدل سطح پاسخ برای نسبت شار نمک برگشتی بر شار آب عبوری از غشاء

آنالیز واریانس آنووا درجه دو برای این پاسخ به شکل جدول ۱ حاصل شده است. مقدار پارامتر F کل مدل عدد ۳۷۴/۴۵ را نشان می دهد که مقدار قابل توجه و مناسبی می باشد. تنها ۰/۰۱ در صد احتمال دارد که مقدار F به این بزرگی به دلیل نویز ایجاد شود. مقادیر پارامتر P کمتر از ۰/۰۵ نشان می دهد که شرایط مدل قابل توجه و مناسب است. در این مورد A، B، C، AB، A<sup>2</sup>، B<sup>2</sup> اصطلاحاً برای مدل سازی از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. مقادیر بیشتر از ۰/۱ که شامل AC و C<sup>2</sup> می شود، نشان می دهد که دارای شرایط معنی داری برای مدل نیستند. با توجه به کاهش ارزش AC و C<sup>2</sup> از این دو پارامتر صرف نظر کرده و ادامه می دهیم. داده های آماری برای نتیجه مدل سازی طبق جدول ۲ ارائه شده است.

مقدار رگرسیون (R<sup>2</sup>) خروجی حاصل از آزمودن مدل عدد ۰/۹۹۸۵ را نشان می دهد که عدد بسیار خوبی می باشد. R<sup>2</sup> پیش بینی شده (۰/۹۹۳۱) با R<sup>2</sup> تعدیل شده (۰/۹۹۶۹) تفاوتشان کمتر از ۰/۲ می باشد و این یعنی مطابقت معقولی دارند.

نسبت خروجی از این سیستم مقدار ۷۷/۱۹۶۶ را نشان می دهد و این کافی بودن سیگنال را می رساند.

در نهایت رابطه حاصل از تحلیل سیستم برای نسبت شار آب عبوری به شار نمک برگشتی به شکل رابطه ۲ حاصل می شود.

$$Js/Jw = 0.338711 + 0.0215729A + -4.65826e-05B + 1.26722e-06C + 9.8101e-06A \times B + 5.1095e-09B \times C + -0.0207388A^2 + 7.87145e-09B^2 \quad (2)$$

که با جایگزاری پارامترهای واقعی، رابطه مدل به صورت رابطه ۳ حاصل می شود.

$$Js/Jw = 0.338711 + 0.0215729L + -4.65826e-05c + 1.26722e-06t + 9.8101e-06L \times c + 5.1095e-09c \times t + -0.0207388L^2 + 7.87145e-09c^2 \quad (3)$$

با دادن مقادیر موجود به ورودی های سیستم و مقایسه خروجی سیستم با مقدار واقعی خروجی نمودار شکل ۱ حاصل می شود.

<sup>2</sup> Quadratic



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



جدول ۱. آنالیز واریانس درجه دو برای پاسخ نسبت شار نمک برگشتی بر شار آب عبوری

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	0.0029	9	0.0003	374.45	< 0.0001	significant
A-L	0.0003	1	0.0003	328.7	< 0.0001	
B-c	0.0025	1	0.0025	2880.16	< 0.0001	
C-t	0	1	0	27.32	0.0034	
AB	0.0001	1	0.0001	61.85	0.0005	
AC	1.94E-07	1	1.94E-07	0.2265	0.6542	
BC	4.70E-06	1	4.70E-06	5.48	0.0663	
A <sup>2</sup>	0	1	0	19.34	0.007	
B <sup>2</sup>	0.0001	1	0.0001	58.79	0.0006	
C <sup>2</sup>	1.02E-11	1	1.02E-11	0	0.9974	
<b>Residual</b>	4.29E-06	5	8.58E-07			
<b>Cor Total</b>	0.0029	14				

جدول ۲. خلاصه داده های آماری نتایج تحلیل سطح پاسخ

<b>Std. Dev.</b>	0.0008	<b>R<sup>2</sup></b>	0.9985
<b>Mean</b>	0.3074	<b>Adjusted R<sup>2</sup></b>	0.9969
<b>C.V. %</b>	0.2604	<b>Predicted R<sup>2</sup></b>	0.9931
		<b>Adeq Precision</b>	77.1966

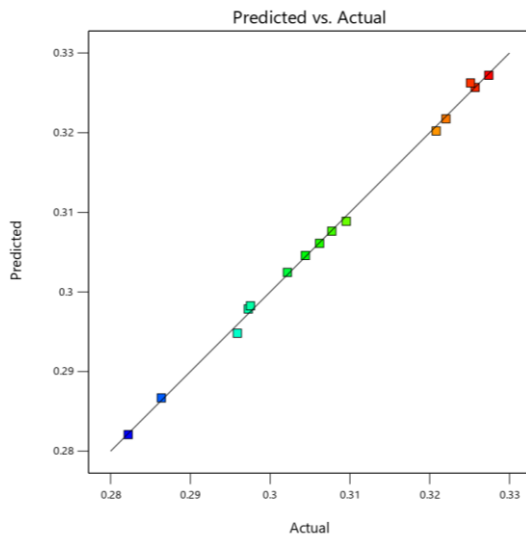
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

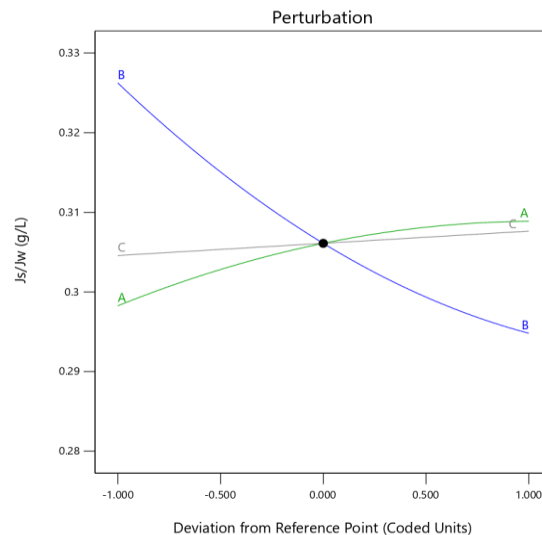
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



a)



b)

شکل ۱. a) نمودار مقایسه خروجی و هدف سیستم Js/Jw (b) نمودار انحراف سیستم Js/Jw

این نمودار نشان می دهد که اکثر مقادیر پیش بینی شده تا حدود زیادی به مقادیر واقعی نزدیک هستند. در ادامه رویه ۳ بعدی حاصل از تحلیل برای نسبت شار نمک برگشتی به شار آب عبوری به ازای تغییر پارامترهای طول ماژول، ضخامت لایه پشتیبان و غلظت محلول کشنده در شکل ۲ نشان داده شده است.

#### ۴- نتیجه گیری

نتایج پیش بینی های مدل، ضمن حمایت از فرضیه های تاثیرات این متغیرها که به طور گسترده در مقالات و مطالعات اسمز مستقیم تا این مقطع مورد بحث قرار گرفته است، بینش های جدیدی را در سطح ماژول نشان می دهد تا دیدگاهی جامع از نحوه تعامل و هم بخشی متغیرها در کارایی کلی ارایه دهد. همینطور نشان داده شد که این مدل ابزار ارزشمندی برای پیش بینی عملکرد فرآیند اسمز مستقیم در طیف وسیعی از شرایط می باشد. در حالی که مدل می تواند عملکرد شار اسمزی عنصر غشاء را محاسبه و تجزیه و تحلیل کند، یک سری پارامترهای غشاء و ماژول برای ورودی و ایجاد سطح پاسخ مورد نیاز است. لازم به ذکر است که پارامترهای موجود در این مدل را برای موارد و حالات مختلف می توان تغییر داد، که با ارایه ی پیش بینی های عملکرد مختلف می تواند در راستای راهنمایی و هدایت محققین جهت پیشرفت در زمینه طراحی منطقی غشاء و ماژول مفید واقع شود.

# سومین کنفرانس ملی تجهيزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

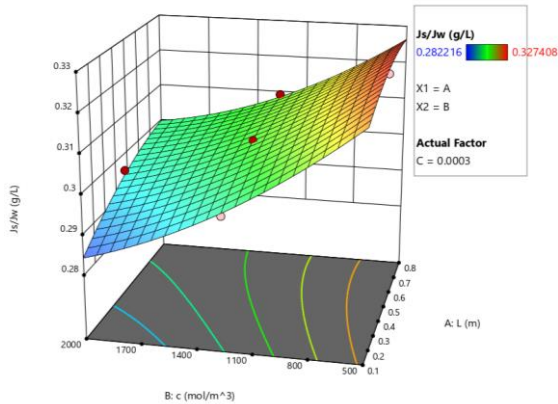
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

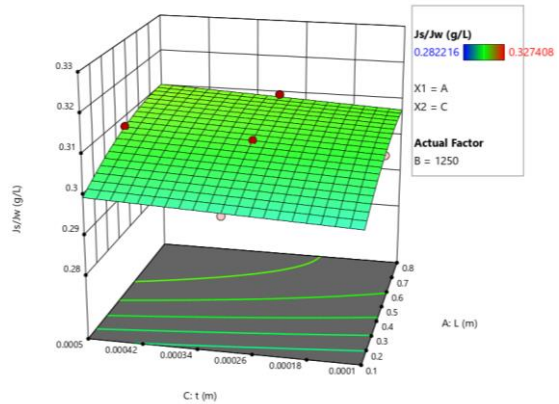
www.LabUMA2022.ir



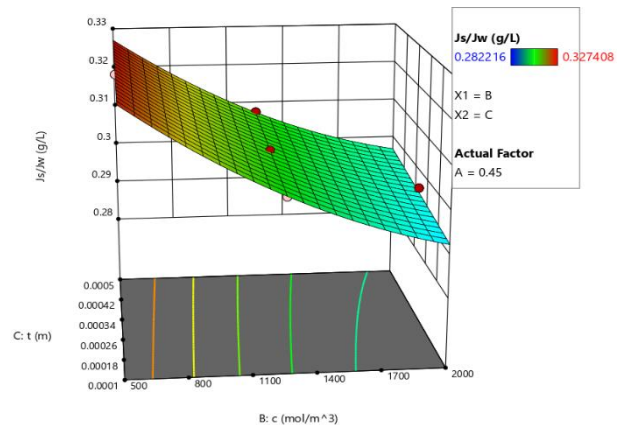
3D Surface



3D Surface



3D Surface



شکل ۲. رویه ی سه بعدی تحلیل سیستم Js/Jw

### ۵- منابع

- [1] A. R and R. N, "Research Trends in Water Scarcity: A World Perspective," *Library Philosophy and Practice (e-journal)*, 2021.
- [2] A. Samer, H. Altaf, M. J. Minier, D. Raul and J. Arnold, "Application of Membrane Distillation for desalting brines from thermal desalination plants," *Desalination*, vol. 314, pp. 101-108, 2013.





- [3] A. Altaee, G. Zaragozab and H. R. v. Tonningen, "Comparison between Forward Osmosis-Reverse Osmosis and Reverse Osmosis processes for seawater desalination," *Desalination*, vol. 336, pp. 50-57, 2014.
- [4] N. Khanzada, S. Khan and P. Davies, "Performance evaluation of reverse osmosis (RO) pre-treatment technologies for in-land brackish water treatment," *Desalination*, vol. 406, pp. 44-50, 2017.
- [5] K. Park, H. Heo, D. Kim and D. Yang, "Feasibility study of a forward osmosis/ crystallization/reverse osmosis hybrid process with high-temperature operation: modeling, experiments," *Journal of Membrane Science*, vol. 555, pp. 206-219, 2018.
- [6] N. Rastogi, A. Cassano and A. Basile, "Water treatment by reverse and forward osmosis, Advances in Membrane Technologies for Water Treatment: Materials, Processes and Applications," *Elsevier Ltd*, 2015.
- [7] R. Semiat, "Energy Issues in Desalination Processes," *Environmental Science & Technology*, vol. 42, p. 8193-8201, 2008.
- [8] L. Hoover, W. Phillip, A. Tiraferri, N. Yip and M. Elimelech, "Forward with osmosis: Emerging applications for greater sustainability," *Environmental Science & Technology*, vol. 45, p. 9824-9830, 2011.
- [9] R. McGinnis and M. Elimelech, "Global Challenges in Energy and Water Supply: The Promise of Engineered Osmosis," *Environmental Science & Technology*, vol. 42, p. 8625-8629, 2008.
- [10] A. Deshmukh, N. Y. Yip, S. Lin and M. Elimelech, "Article as: Akshay Deshmukh, Ngai Yin Yip, Shihong Lin, Menachem Elimelech, Desalination by forward osmosis: Identifying performance limiting Parameters through module-scale modeling," *Journal of Membrane Science*, 2015.
- [11] M. JR, M. RL and E. M, "Desalination by ammonia-carbon dioxide forward osmosis: Influence of draw and feed solution concentrations on process performance," *Journal of Membrane Science*, vol. 278, pp. 114-123, 2006.
- [12] J. Ren, M. R. Chowdhury, L. Xia, C. Ma, G. M. Bollas and J. R. McCutcheon, "A computational fluid dynamics model to predict performance of hollow fiber membrane modules in forward osmosis," *Journal of Membrane Science*, 2020.
- [13] J. Ren and J. McCutcheon, "Making Thin Film Composite Hollow Fiber Forward Osmosis Membranes at the Module Scale Using Commercial Ultrafiltration Membranes," *Industrial & Engineering Chemistry Research*, p. 56, 2017
- [14] L. Chekli, S. Phuntsho, J. Kim, J. Kim, J. Choi, J.-S. Choi, S. Kim, J. Kim, S. Hong and J. Sohn, "A comprehensive review of hybrid forward osmosis systems: performance, applications and future prospects," *Journal of Membrane Science*, vol. 497, pp. 430-449, 2016.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## نقش هوش مصنوعی در طراحی دارو و ارتباط آن با آزمایشگاه

امیر محمد استوار<sup>۱</sup>، اسداله اسدی<sup>۲</sup>، آرش عبدالملکی<sup>۳\*</sup>

۱. گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲. گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳. گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

Email: amirmohammad.ostovar.abarghooe@gmail.com

Email: asad.asady@gmail.com

Email: abdolmalekiarash1364@gmail.com

### چکیده:

علم پزشکی دچار تغییر و تحولات گسترده ای شده است. بطوریکه می توان گفت با معرفی هوش مصنوعی در این زمینه نتایج و آنالیزهای آزمایشگاهی با دقت بالایی انجام می پذیرد. شبیه سازی ارتباطات مولکولی و پیش بینی آنها در داخل بدن و شناسایی عوارض انواع داروها از مزایای استفاده از هوش مصنوعی در فرآیند طراحی دارو می باشد. از جدیدترین ابزارهای طراحی و شبیه سازی می توان به Alpha Fold و Deep Docking اشاره کرد. بنابراین فناوری شبیه سازی در کنار تجهیزات جدید آزمایشگاهی که به صورت خودکار با استفاده از هوش مصنوعی کار می کند، منجر به ظهور پدیده هایی مانند پزشکی شخصی شده است.

کلمات کلیدی: هوش مصنوعی، دارو، شبیه سازی.



مقدمه:

در حال حاضر، علم پزشکی نیز مانند سایر علوم با ورود و حضور تکنولوژی دچار تغییر و تحولات گسترده ای شده است. با معرفی هوش مصنوعی در این زمینه، نتایج و آنالیزهای آزمایشگاهی با دقت قابل توجهی انجام می شود [۱]. در گذشته فرآیند طراحی و کشف داروهای جدید بسیار زمان بر بود و دلیل اصلی آن آزمایش های بالینی طولانی مدت و تعداد زیاد کاندید دارویی بود. با استفاده از فناوری هوش مصنوعی، مدت زمان این فرآیند به میزان قابل توجهی کاهش یافته است. در ادامه به بررسی این روش ها در طراحی دارو می پردازیم [۲]. ویژگی های دارویی در فرآیند شبیه سازی:

مولکول های کاندید بالینی برای داروها باید الزامات مختلفی را برآورده کنند. بنابراین این دارو باید قدرت مناسب برای هدف بیولوژیکی داشته باشد، نسبتاً در برابر اهداف نامطلوب انتخابی باشد و دارای ویژگی های فیزیکوشیمیایی قابل قبول (جذب، توزیع، متابولیسم، دفع و خواص سمیت) باشد. دسترسی به مجموعه داده های بیشتر، نیاز به استفاده از هوش مصنوعی دارد. این دسترسی باعث آنالیز دقیق مولکول ها با راندمان بالا خواهد شد که منجر به جمع آوری مجموعه داده های بیشتر در تجارت داروسازی و استفاده از ویژگی های مختلف آن ها در طول بهینه سازی شیمیایی شود [۲].

شبیه سازی ارتباطات مولکولی و پیش بینی آنها در داخل بدن و شناسایی عوارض انواع داروها از مزایای استفاده از هوش مصنوعی در فرآیند طراحی دارو می باشد. با انجام یک شبیه سازی صحیح و تجزیه و تحلیل دقیق داده ها، بخش زیادی از کاندیدهای دارویی ما حذف خواهند شد. این فرآیند باعث می شود مولکول هایی که در این بخش مشکل داشتند، قبل از ورود به آزمون های بالینی، شناسایی و حذف شوند و در زمان و هزینه های آزمایشگاهی صرفه جویی شود. از جدیدترین ابزارهای طراحی و شبیه سازی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

ابزارهای طراحی و شبیه سازی:

### Alpha Fold<sup>1</sup>

Alpha Fold با استفاده از توپولوژی های شبکه عصبی پیشرفته و تکنیک های آموزشی مبتنی بر محدودیت های تکاملی، فیزیکی و هندسی ساختارهای پروتئینی، دقت پیش بینی ساختار را به طور قابل توجهی افزایش می دهد و

<sup>1</sup> Alpha Fold





نمایانگر این است که که چگونه می توان از یک معماری جدید برای جاسازی مشترک ترازهای چند توالی (MSA) و ویژگی های زوجی، یک نمایش خروجی جدید استفاده کرد [3].

شبکه Alpha Fold با استفاده از توالی اسید آمینه اصلی و توالی های هم تراز همولوگ ها به عنوان ورودی، مختصات سه بعدی تمام اتم های سنگین را برای یک پروتئین خاص پیش بینی می کند.

روشی که برای ایجاد Alpha Fold استفاده می شود، ترکیب روش های فیزیکی و بیوانفورماتیک می باشد که از روش های القایی فیزیکی و هندسی برای ایجاد مؤلفه هایی استفاده می نماید که از داده های PDB (بانک اطلاعات پروتئین) کمترین میزان اتکا به ویژگی های ایجاد شده ی دستی باشد (به عنوان مثال، Alpha Fold پیوندهای هیدروژنی را به طور مؤثر بدون تابع امتیاز پیوند هیدروژنی ایجاد می کند). در نتیجه، شبکه ای ایجاد می شود که می تواند پیچیدگی و تنوع داده های ساختاری را مدیریت کند و در عین حال به طور مؤثرتری از مقدار کمی داده در PDB استفاده نماید [3]. به خصوص در موقعیت های دشوار مانند هومومرهای در هم تنیده یا پروتئین هایی که فقط در حضور یک گروه هم نامشخص تا می خورند، Alpha Fold قادر به مدیریت کمبود محیط فیزیکی و ساخت مدل های دقیق است. از آنجایی که PDB کل محدوده شرایطی را که ساختارها در آن حل شده اند را پوشش می دهد، توانایی تطبیق شرایط ساختاری نامشخص برای یادگیری ساختارهای PDB بسیار مهم است. ساختار پروتئینی که Alpha Fold برای ایجاد آن اختصاص داده شده است، ساختاری است که به احتمال زیاد در یک ساختار PDB گنجانده شده است. به عنوان مثال، در شرایطی که یک استوکيومتری، لیگاند یا یون خاص تنها از طریق توالی قابل پیش بینی است، Alpha Fold احتمالاً ساختاری ایجاد می کند که از محدودیت های آن می کاهد [3].

#### Deep Docking<sup>۴</sup>

غربالگری پایین، تنها یکی از مشکلات متعددی است که فرآیند پرهزینه و وقت گیر کشف دارو با آن مواجه است. سرعت چنین غربالگری ممکن است با استفاده از تکنیک های کشف دارو به کمک رایانه (CADD) که می تواند hit rates (نرخ برخورد) را نیز به طور چشمگیری افزایش دهد، تسریع یابد. همچنین کتابخانه های مجازی متشکل از میلیون ها ساختار مولکولی اغلب با استفاده از اتصال مولکولی در برابر طیف وسیعی از اهداف دارویی با ساختارهای سه بعدی شناخته شده پردازش می شوند [5].

به طور کلی تکنیک های غربالگری مجازی (VS) از پیشرفت های اخیر در سنتز خودکار سود زیادی دارند، اما آنها همچنان موانع کاملاً جدیدی را به همراه دارند. به عنوان مثال، کتابخانه محبوب زینک تا ۱۰۰۰ برابر افزایش یافته است و

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



از ۷۰۰۰۰۰ ورودی در سال ۲۰۰۵ به بیش از ۱,۳ میلیارد مولکول در سال ۲۰۱۹ رسیده است. غربالگری کتابخانه های بزرگ در حال حاضر فاقد تخصص در مقیاس جهانی و مزایای اتصال آنها است و مجموعه های کوچک تر هنوز مورد بحث است و به نظر می رسد که تعداد کمی از انتشارات اخیر از گسترش VS از کتابخانه های مجازی شیمیایی فوق العاده بزرگ پشتیبانی کنند. یک مطالعه پیشگامانه که اخیراً توسط لیو و همکاران منتشر شده است حاکی بر گزارش اتصال ۱۷۰ میلیون ساختار مولکولی می باشد که نشان می دهد VS چنین پایگاه های اطلاعاتی، کشف بازدارنده های بسیار قوی و همچنین کلاس های شیمیایی جدیدی را امکان پذیر می سازد [۵].

با توجه به وضعیت برنامه های اتصال و قدرت محاسباتی در اختیار کارشناسان CADD، منطقی است که فرض کنیم فضای شیمیایی کنونی هنوز عمدتاً برای کشف دارو مبتنی بر ساختار غیر قابل دسترس است و کمپین های اتصال اخیر به ندرت به ۰,۱ میلیارد مولکول می رسد. یکی از راهبردهای رایج برای رفع این نابرابری، استفاده از پارامترهای فیزیکی شیمیایی از پیش محاسبه شده و معیارهای مشابه دارو، مانند وزن مولکولی، حجم، سطح قطبی، تعداد یا پیوندهای قابل چرخش، تعداد دهندگان و پذیرندگان پیوند هیدروژنی است. علیرغم این واقعیت که این روش می تواند با موفقیت یک پایگاه داده بسیار بزرگ را به زیرمجموعه های قابل مدیریت تبدیل کند، بسیاری از مواد شیمیایی مفید و همچنین شیمی تایپ های منحصر به فرد ممکن است از بین بروند [۵]. افزایش تعداد ورودی های پایگاه داده ای که ممکن است مستقیماً در برابر یک هدف مورد علاقه آزمایش شوند بسیار مهم است تا از مواد شیمیایی موجود بهره مند شوند. همچنین قابل ذکر است که ممکن است یک رویکرد اتصال معمولی به طور چشمگیری نتایج نامطلوب را نادیده بگیرد برای مثال یک campaign معمولی اتصال شامل اجرای کل الگوریتم اتصال و انتخاب گروه بسیار کوچکی از مولکول ها (تصاویر مجازی) است که برای تجزیه و تحلیل بیشتر به خوبی متصل می شوند اما اکثریت داده های اتصال، هم مطلوب و هم به ویژه نامطلوب، به هیچ شکلی مورد استفاده قرار نمی گیرند، حتی اگر یک ورودی بسیار مناسب، سازمان یافته و غنی از محتوا برای الگوریتم های یادگیری باشند [۵].

نتیجه گیری:

تمامی شبیه سازی ها با استفاده از الگوریتم های هوش مصنوعی انجام می شود که از دقت و کارایی بالایی برخوردار است و پس از شبیه سازی و دریافت نتایج مورد نظر مراحل بالینی می شود. اگر چه ابزارها و سرورهای دیگری نیز در مطالعه ی این زمینه وجود دارد اما سعی نمودیم که مطالعه ما از جدیدترین و بهترین ابزارهای موجود باشد. بنابراین فناوری شبیه سازی در کنار تجهیزات جدید آزمایشگاهی که به صورت خودکار با استفاده از هوش مصنوعی کار می

<sup>3-</sup> campaign

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



کند، منجر به ظهور پدیده هایی مانند پزشکی شخصی شده که به سرعت در حال گسترش است. امید است با گسترش این فناوری نوین شاهد روش های جدید درمانی در آینده ای نزدیک باشیم.

منابع:

1. Naugler, C. and D.L. Church, Automation and artificial intelligence in the clinical laboratory. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 2019. 56(2): p. 98-110.
2. Hessler, G. and K.-H. Baringhaus, Artificial Intelligence in Drug Design. *Molecules*, 2018. 23(10): p. 2520.
3. Jumper, J., et al., Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*, 2021. 596(7873): p. 583-589.
4. Gentile, F., et al., Deep Docking: A Deep Learning Platform for Augmentation of Structure Based Drug Discovery. *ACS Central Science*, 2020. 6(6): p. 939-949.





## مدل سازی عددی حذف کربن فولاد مذاب از طریق کوره کربن زدایی اکسیژن تحت خلاء (VOD)

میلاذ زیدی<sup>۱</sup>، مهدی اسکندر زاده اصل<sup>۲</sup> علی کلاکی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، milad.zeidi2121@gmail.com

۲- استادیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۳- رئیس دپارتمان بازرسی فنی، شرکت مهندسی و توسعه نفت، تهران

### چکیده

فولادهای کم کربن و مقاوم به خوردگی یکی از مهم ترین انواع فولاد در دنیا می باشند که جهت استفاده در محیط هایی که نیاز به جوشکاری بوده و همچنین در معرض خوردگی بالا می باشند به مانند چاه های نفت گاز بسیار کاربرد دارد. به وسیله یکی از روش های فولاد سازی ثانویه به نام VOD می توان این نوع از فولادها را به کمک سیستم خلاء و همچنین تزریق اکسیژن به درون فولاد مذاب تولید و همچنین درصد پایین کربن فولاد نهایی با کم ترین میزان اتلاف کروم را فراهم کرد. هدف از این پژوهش، بررسی تغییرات دمایی و میزان غلظت کربن در طی دمش گاز اکسیژن به پاتیل حاوی فولاد مذاب به وسیله فرایند VOD توسط نرم افزار Ansys Fluent می باشد. یافته های شبیه سازی دینامیکی نشان داد که تغییرات دمایی با دو برابر شدن میزان گاز اکسیژن ورودی به درون پاتیل حاوی فولاد مذاب حدود ۹/۳ درصد افزایش پیدا کرده و همچنین میزان تغییرات غلظت کربن با دو برابر شدن گاز اکسیژن ورودی ۶/۲ درصد دچار تغییر می شود. نتایج پژوهش نشان داد که در بخش شبیه سازی دینامیکی میزان تغییرات دمایی و میزان غلظت کربن نتایج عملی و تئوری اشاره شده در مقالات را تایید می کند.

کلمات کلیدی: کوره کربن زدایی در خلاء- غلظت مولی کربن - Ansys Fluent - تغییرات دمایی



## مقدمه

فولادهای کم کربن یک نوع از رایج ترین انواع فولادها در دنیا می باشند که مقدار کربن موجود در این نوع فولادها حدود ۰/۰۳ تا ۰/۰۵ درصد می باشد که این مقدار کربن باعث بهبود خواص هایی به مانند شکل پذیری بهتر و خوردگی کم تر در این نوع فولادها می شود [1]. فرآیند گاز زدایی در خلاء یکی از روش های متالورژی ثانویه در دنیا برای ساخت فولاد می باشد که با کاهش محتوای کربن، هیدروژن، نیتروژن و سولفور برای تولید این نوع از فولاد استفاده می شود. در این فرآیند گاز اکسیژن از طریق لانس به فولاد مذاب دمیده شده و اکسیژن با فولاد مذاب ترکیب می شود که در این هنگام واکنش اکسیژن با کربن باعث تولید مونوکسید کربن شده که در نتیجه آن حذف پیوسته کربن اتفاق می افتد. در این فرآیند طبق اصل Le Chatlier's حذف بیشتر کربن تا تشکیل مونوکسید کربن و تا زمانی که مقدار کربن به سطح مشخصی برسد ادامه پیدا خواهد کرد [2]. کوره کربن زدایی اکسیژن در خلاء<sup>۶</sup> (VOD) نوعی کوره بر پایه اکسیژن می باشد که در واقع عمل دمیدن اکسیژن به پاتیل حاوی فولاد مذاب را در شرایط خلاء انجام می دهد، این شرایط خلاء را می توان توسط دو نوع مکانیزم تامین کرد، که اولین مکانیزم استفاده از اجکتورهای بخار (Steam Ejector) می باشد ولی این اجکتورها دارای معایبی همچون مصرف انرژی - آب زیاد و همچنین هزینه نگهداری بالا می باشند، ولی در سال های اخیر برای ایجاد شرایط خلاء از پمپ های مکانیکی خشک<sup>۷</sup> استفاده می شود که معایب اجکتورهای بخار را ندارند. فرآیند VOD بین سال های ۱۹۶۲-۱۹۶۷ در کشور آلمان توسعه پیدا کرد [3]. کوره کربن زدایی اکسیژن در خلاء شامل ۳ مرحله اصلی می باشد که به شرح زیر است:

### ۱- دمیدن اکسیژن:

اولین اقدام در این فرآیند تزریق گاز ارگون به درون مخزن و رساندن فشار به حدود ۱۰۰ میلی بار می باشد، در گام بعدی لانس اکسیژن به موقعیت خود هدایت شده و دمش گاز اکسیژن به سطح عاری از سرباره<sup>۸</sup> آغاز می شود. سرعت دمیدن اکسیژن متغیر بوده و بین ۰/۲۵-۰/۷ Nm<sup>3</sup>/t می باشد، همچنین در این هنگام میزان فاصله لانس / مقدار گازهای خروجی و میزان حذف ارگون کنترل می شود، هدف اصلی از دمیدن گاز اکسیژن در این مرحله کم کردن مقدار کربن

<sup>6</sup> Low carbon steel

<sup>7</sup> Secondary Metallurgy

<sup>8</sup> Vacuum Oxygen Decarburization

<sup>9</sup> Dry mechanical pump

<sup>1</sup> Slag

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



موجود در فولاد مذاب می باشد، البته دیگر مواد به مانند سیلیسیم / منگنز و کروم نیز تا حدی اکسید شده و به سرباره منتقل می شوند [4].

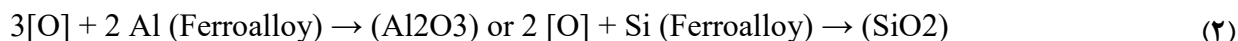
۲- گاز زدایی در خلاء:

در این بخش با کم شدن فشار موجود در مخزن و همچنین به دلیل وجود گاز مونوکسید کربن فرآیند کاهش کربن در فولاد مذاب آغاز می شود که آن را در واکنش (۱) مشاهده می کنید [4].

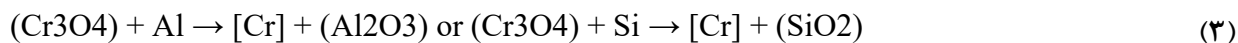


۳- کاهش:

در بخش سوم و پس از صورت گرفتن مراحل قبلی مقدار گاز اکسیژن موجود در مخزن بسیار بالا رفته و باید کاهش یابد، به همین منظور با افزودن الیاژهایی به مانند سیلیسیوم- منگنز و الومینیوم میزان اکسیژن بسیار کم می شود که واکنش آن را در قسمت (۲) مشاهده می کنید [4].

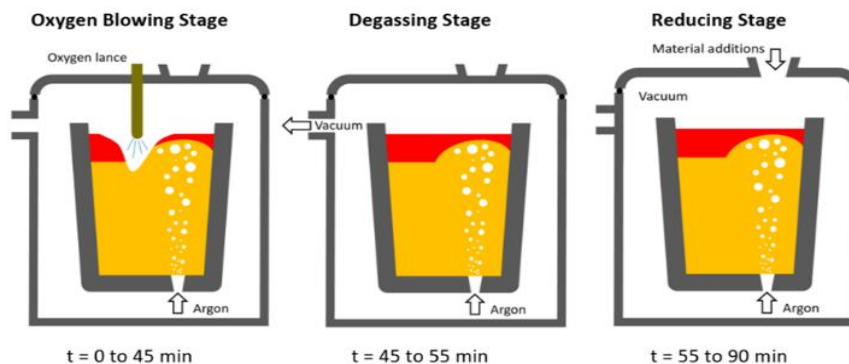


همچنین واکنش هایی به مانند واکنش (۲) باعث کاهش اکسیژن کل سیستم شده که می توان کروم از دست رفته را به کمک واکنش هایی به مانند واکنش (۳) دوباره بازیابی کرد [4].



در شکل ۱ سه مرحله اصلی فرآیند VOD را مشاهده می کنید.





شکل ۱. شماتیک مراحل اصلی فرآیند VOD [4]

در این پژوهش به شبیه سازی تغییرات دمایی و میزان غلظت کربن در زمان دمش گاز اکسیژن به وسیله فرآیند (Vod) توسط مدل های ریاضی و ترمودینامیکی پرداخته ایم، این کار توسط نرم افزار Ansys fluent انجام گرفته و نتایج تحلیل تغییرات دمایی و میزان غلظت کربن در زمان دمش گاز اکسیژن به وسیله Vacuum Oxygen Decarburization به صورت کانتور و نمودار برای هر کدام از تغییرات گزارش شده و با نتایج مقالات در این حوزه مقایسه شده است

#### ۴- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

##### ۲-۱ حذف کربن فولاد مذاب در پاتیل خلاء VOD

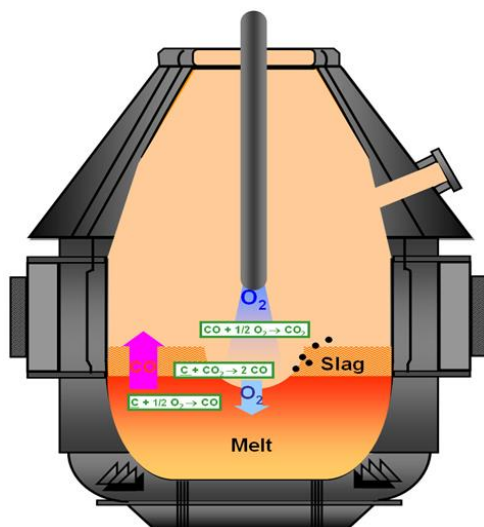
اصلی ترین هدف در فرآیند VOD حذف کردن کربن تا جای ممکن بدون اکسید شدن کروم موجود در فولاد مذاب می باشد. این کار به وسیله دمیدن اکسیژن به فولاد مذاب صورت می گیرد، به طور معمول نرخ دمیدن اکسیژن بین ۳۰۰ تا ۸۰۰ مترمکعب بر ساعت و همچنین فشار خلاء ۱۸۰-۲۵۰ میلی بار می باشد. مقدار کربن اولیه موجود در فولاد مذاب قبل از انجام فرآیند VOD در پاتیل های مختلف تفاوت داشته ولی به طور کلی بین ۰/۱۶ تا ۱/۲۹ درصد وزنی متغیر می باشد، از موارد مهم در این فرآیند نحوه محاسبه میزان اکسیژن مورد نیاز برای کربن زدایی بوده که این کار بستگی به نوع ترکیب شیمیایی و دمای فولاد مذاب قبل از انجام فرآیند دارد، دمای فولاد مذاب ارسالی جهت انجام کربن زدایی در خلاء به طور معمول  $1800 \pm 25$  کلوین می باشد. فرمول محاسبه ی دبی اکسیژن مورد نیاز جهت انجام این فرآیند طبق رابطه (۴) قابل انجام است [5].



$$Q[O_2]=2.75+15.1\times\%C+12.9\times\%Si+8\times\%Al$$

(۴)

بر طبق این فرآیند برای تولید فولاد ضد زنگ بعد از فراهم شدن فولاد مذاب که از قبل در فرآیند LF<sup>۱</sup> آماده شده به پاتیل خلاء وارد می شود که در این مرحله لانس اکسیژن در فاصله حدود ۱۱۰۰ میلی متری از فولاد مذاب قرار می گیرد، در ادامه با دمیدن تمام اکسیژن موجود از طریق لانس به فولاد مذاب کار به اتمام رسیده و در پایان به وسیله دستگاهی به نام Pat Meter میزان گاز مونوکسید کربن خروجی از پاتیل خلاء را محاسبه کرده و به محض افت میزان مونوکسید کربن که در واقع خود نشانگر ادامه نیافتن سوختن کربن است محفظه خلاء را برداشته و برای انجام دیگر فرآیندها به مانند اضافه کردن آلیاژهای به خصوص مراحل بعدی ادامه پیدا خواهد کرد، همچنین مقدار سوختن کربن در کوره خلاء به عوامل متعددی به مانند میزان کربن اولیه - دمای فولاد مذاب ارسالی و مقدار اکسیژن دمیده شده نیز بستگی دارد [5].



شکل ۲. شماتیک دمیدن اکسیژن به پاتیل حاوی ماده مذاب [6]

## ۲-۲ پیشینه تحقیقاتی

امروزه در صنایع فولاد سازی فرآیند کربن زدایی در خلاء که در واقع بخشی از فرآیندهای متالورژی ثانویه نیز می باشد وظیفه تولید فولادهای کم کربن با کم ترین اتلاف کروم را بر عهده دارد [7]. یکی از کارهایی که جهت بهینه

<sup>1</sup> Ladle Furnace



سازی سیستم ها و بازده این نوع فرآیندها توسط دانشمندان صورت می پذیرد ارائه مدل های ریاضی و دینامیکی بوده که در واقع سعی بر بهبود این گونه فرآیندها و همچنین امکان سنجی طرح ها برای پیشرفت این نوع از سیستم ها می باشد. در سال های اخیر دانشمندان مدلهایی را ارائه کرده اند که نتایج موجود در شرایط واقعی را تایید و همچنین مدلهایی را برای کاربردهای صنعتی فراهم کرده است.

دینگ و همکاران [8] با ارائه یک مدل دینامیکی برای فرآیند کربن زدایی در خلاء که به وسیله آن رویکردی جدید برای توزیع اکسیژن در واکنش بین گاز و فلز ارائه کرده اند. این کار را بر پایه انرژی های آزاد واکنش انجام داده اند که امکان محاسبه ی تغییر ترکیب فلز - سربراره و گاز را در طول مدت فرآیند کربن زدایی در خلاء فراهم می کند، در نهایت متوجه شده اند که ترکیب نهایی فلز با داده های تولید صنعتی مطابقت دارد.

زو و همکاران [9] یک مدل سینتیکی برای کربن زدایی و نیتروژن زدایی فرآیند کربن زدایی در خلاء را ارائه کردند و با توجه به این مدل توانستند سهم هر ناحیه از واکنش را در میزان کربن زدایی و نیتروژن زدایی در مراحل متفاوت فرآیند کربن زدایی در خلاء مشخص کنند. در آخر نتایج مدل ارائه شده مطابقت خوبی با اطلاعات آزمایشگاهی داشت. ذوهان و همکاران [10] یک مدل توسط نرم افزار Ms Excel طراحی کردند که در آن تمام مراحل کربن زدایی در خلاء اعم از اکسیداسیون سیلیکون / آلومینیوم، کربن زدایی با دمیدن اکسیژن، کربن زدایی با اکسیژن خلاء، محاسبه مخلوط احیا و همچنین تهویه سازی سربراره برای گوگرد زدایی<sup>1</sup> در نظر گرفته شده بود و با مقایسه نتایج مدل طراحی شده با داده های حاصل از صنعت متوجه شدند که این مدل را می توان به عنوان برنامه مستقل برای شبیه سازی عملیات VOD و همچنین مدل آفلاین برای هدایت اپراتور در حین اجرای نیروگاه استفاده کرد.

#### ۵- روش شناسی تحقیق

یکی از موضوعاتی که مهندسين در مسائل به ان برخورد می کنند مسائلی هستند که در آن چندین فاز مختلف از ماده با یکدیگر برخورد می کنند، برای حل این گونه از مسائل روش های متفاوت تجربی - حل عددی - آزمایشگاهی و تحلیلی در نظر گرفته می شود [11].

به طور مشخص برای حل های عددی و تحلیلی یکی از مهم ترین موضوعات مشخص کردن سطح مشترک بین دو فاز موجود در فرآیند می باشد، از این رو جریان های چند فازی را می توان به ۴ دسته اصلی تقسیم کرد که به ترتیب شامل ۱- جریان های گاز - مایع یا مایع - مایع ۲- جریان گاز - جامد ۳- جریان مایع - جامد ۴- جریان های سه فازی

<sup>1</sup> Desulphurisation





می باشند [12]. در این پژوهش نوع جریان به صورت گاز - مایع بوده که در واقع فاز گازی را اکسیژن و فاز مایع را فولاد مذاب تشکیل می دهد.

### ۳-۱ دیدگاه اویلری - اویلری

در دیدگاه اویلری - اویلری، فازهای مختلف به صورت روابط ریاضی تحت عنوان محیطهای متوالی که در هم نفوذ کرده اند در نظر گرفته می شود. به دلیل این که حجم فازهای مختلف نمی تواند به وسیله دیگر فازها اشغال شود، مفهوم کسر حجمی فازی در معادلات دخیل می شود، کسر حجمی فازها به عنوان تابع هایی متوالی از فضا و مکان توصیف شده که کلیه آنها برابر یک می باشد. معادلات بقا با هدف به دست آوردن مجموعه معادلات موجود که دارای قالب یکسان برای تمام فازها هستند، استفاده می شوند. این معادلات به وسیله روابط کمکی که از فرمول های تجربی به دست آمده اند و یا در حالت جریان های دانه ای با به کارگیری تئوری سینتیک، کامل می شوند [13].

### ۳-۲ روش کسر حجمی سیال<sup>۱۴</sup>

مدل VOF یا کسر حجمی سیال در مواردی که شبیه سازی جریان های دو فازی در طی فرآیند با یکدیگر ترکیب نمی شوند به طور معمول عملی است، همچنین دلیل استفاده از آن به طور مشخص شبیه سازی سطح اشتراک دو سیال می باشد، به عبارتی دیگر زمانی که هدف شبیه سازی مطالعه بر روی سطح اشتراک دو سیال باشد، مدل کسر حجمی سیال بسیار موثرتر از دیگر روش ها خواهد بود، اما زمانی که در شبیه سازی سیال های موجود با هم ترکیب شوند این روش موثر واقع نخواهد شد. یکی از نکاتی که در شبیه سازی به وسیله فرآیند VOF مورد توجه است، استفاده نکردن از دو فاز گازی در این مدل می باشد [14].

### ۳-۳ مراحل تحلیل مدل در انسیس فلونت

در سال های اخیر استفاده از روش های دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) در تحلیل های مختلف علمی و مهندسی به امری عادی تبدیل شده است، که می توان با استفاده از نتایج به دست آمده از این تحلیل ها و مقایسه آنها با دیگر روش های موجود اعم از آزمایشگاهی - تجربی و .. به درک بهتری از پدیده های مورد نظر دست پیدا کرد. نرم افزارهای

<sup>1</sup> Molten steel 3

<sup>1</sup> Volume Of Fluid 4

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مختلف و متفاوتی برای تحلیل های CFD وجود دارد که یکی از معتبرترین و پرکاربردترین آنها نرم افزار جامع Ansys Fluent می باشد که می توان تحلیل های مهندسی از قبیل انتقال حرارت، سیالات و حتی انتقال جرم را به وسیله آن شبیه سازی کرد. در این مقاله از نرم افزار Ansys Fluent R12.0.20 استفاده شده است. در این قسمت به تحلیل تزریق گاز اکسیژن به پاتیل حاوی فولاد مذاب و همچنین به معرفی بخش های مورد استفاده در نرم افزار و تنظیمات مورد استفاده در حین تحلیل اشاره شده است.

### ۳-۳-۱ طراحی هندسه

برای طراحی کردن ساختار کوره در این تحلیل از قسمت ایجاد هندسه نرم افزار انسیس ورک بنچ R12.0.20 بخش دیزاین مدولر استفاده شده است. این تحلیل به صورت دو بعدی مدل شده و ابعاد و اندازه های مورد استفاده در این بخش همگی از مقالات معتبر جمع اوری شده اند، در ادامه ابعاد و اندازه هایی از قبیل ارتفاع لانس اکسیژن - ارتفاع کوره - قطر کف کوره و همچنین ارتفاع فولاد مذاب را در جدول ۱ مشاهده می کنید.

جدول ۱. مقادیر پارامترهای هندسی [15]

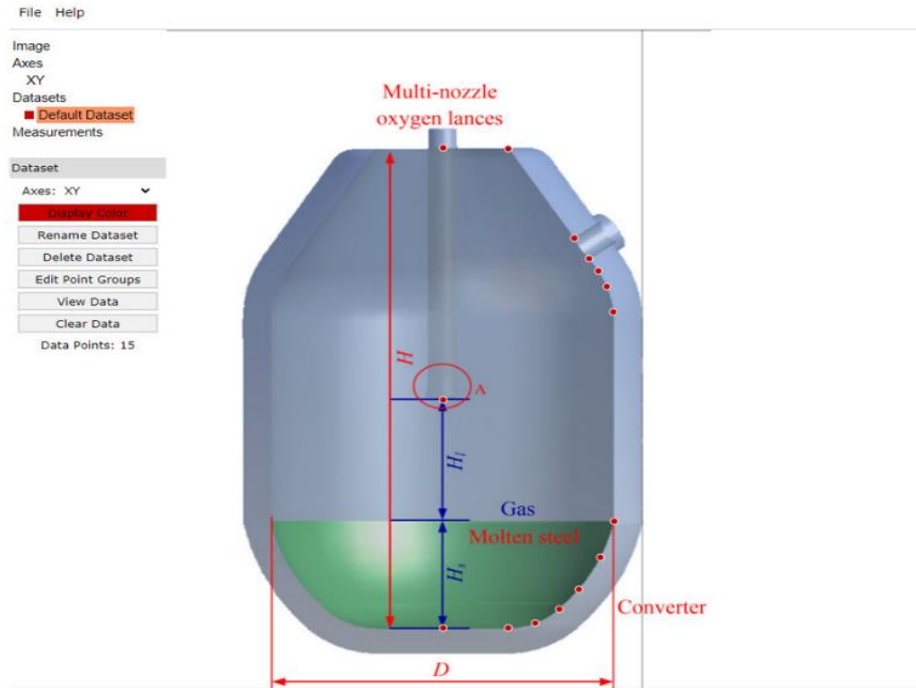
پارامترهای هندسی	مقدار	واحد
ارتفاع لانس اکسیژن	۱۱۰۰-۲۱۰۰	Mm
قطر کف کوره	۵۰۰۰	Mm
ارتفاع کوره	۸۰۰۰	Mm
ارتفاع ماده مذاب	۲۰۰۰	Mm

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

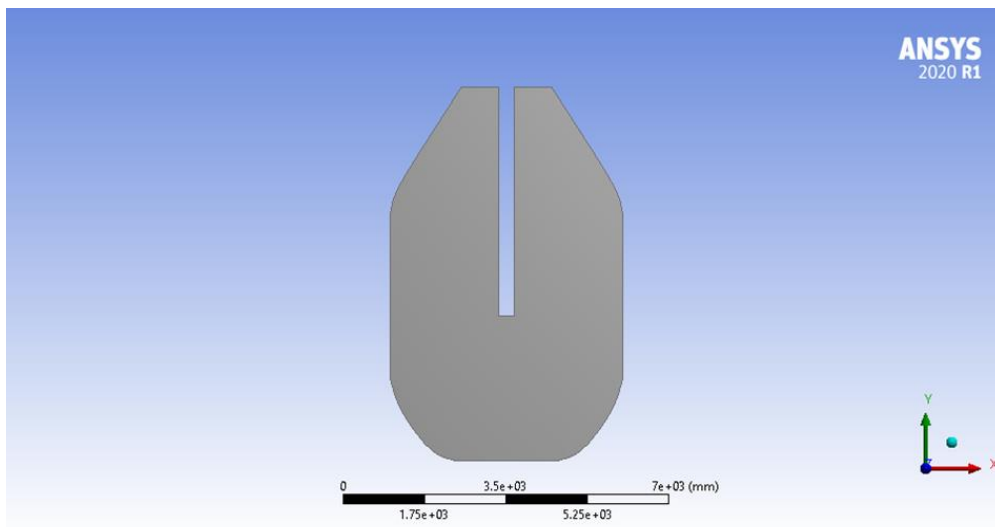
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳. شماتیک ابعاد کوره طراحی شده [15]



شکل ۴. مدل هندسی طراحی شده در دیزاین مدولر



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۳-۲-۳ مش زنی

با توجه به ایجاد هندسه دو بعدی در قسمت قبل، مرحله مهم که در این قسمت به آن می پردازیم مش زدن هندسه ایجاد شده می باشد، بدین منظور از نرم افزار انسیس مشینگ R1۲۰۲۰ استفاده شده است، در هنگام مش زنی باید به این نکته توجه کرد که به وسیله یک مش یکنواخت به بهینه ترین حالت ممکن برای هندسه رسیده تا بتوان در پایان تحلیل به همگرایی قابل قبول و نتایج دقیق تری دست پیدا کنیم. معیاری های متفاوتی برای فهمیدن یک مش ایده آل وجود دارد که چند مورد از آن ها را در جدول زیر با توجه به مش زنی هندسه خود در نرم افزار انسیس مشینگ مشاهده می کنید.

جدول ۲. معیارهای کیفیت شبکه

واحد	مقدار	پارامترهای مش زنی
Max=۱ Min=۰/۱۵	۰/۶۳۳۳۶	کیفیت متعامد <sup>۱۵</sup>
Max=۰/۸۵ Min=۰	۰/۶۲۳۳۹	کجی شبکه <sup>۱۶</sup>

جدول ۳. مشخصات مش زنی

واحد	مقدار	پارامترهای هندسی
-	CFD	فیزیک مسئله
-	فلوئنت	نوع حلگر
M	2/2e^-002	سایز المان
-	۷۰۷۵۲	تعداد نود
-	۷۰۰۶۵	تعداد المان

<sup>1</sup> Orthogonal quality 5

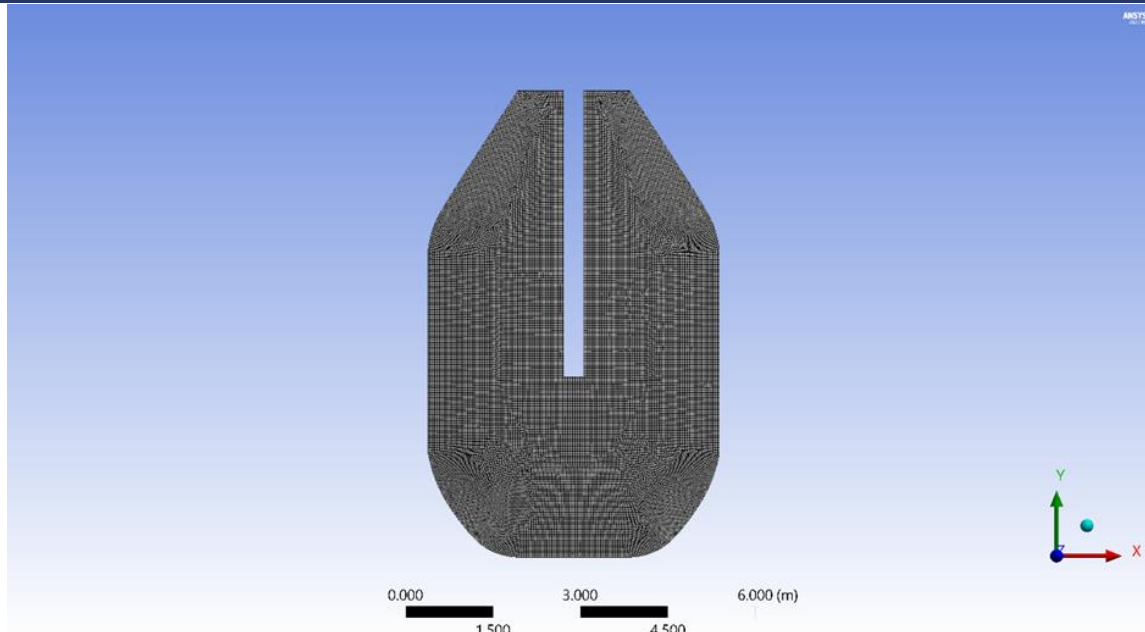
<sup>1</sup> skewness 6

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۵. مدل هندسی مش زده شده

### ۳-۳-۳ تنظیمات مدل

در این بخش به دلیل این که مسئله مورد تحلیل دارای دو فاز اصلی (اکسیژن - فولاد مذاب) می باشد، به صورت مولتی فاز تحلیل گردیده است. در نرم افزار فلوئنت برای تحلیل های مولتی فاز اویلری-اویلری سه روش مخلوط<sup>۱۷</sup> کسر حجمی سیال و اولرین<sup>۱۸</sup> وجود دارد [11]، که در این پروژه از روش کسر حجمی سیال استفاده شده است، این تحلیل را می توان به وسیله روش اویلری هم انجام داد ولی به دلیل هزینه محاسباتی و همچنین زمان تحلیل بالا از این روش صرف نظر شده است، در ادامه به تغییرات اعمال شده در قسمت مولتی فاز این تحلیل در نرم افزار پرداخته شده است.

### ۳-۳-۴ مولتی فاز

در این بخش اولین اقدام فعال کردن گزینه کسر حجمی سیال (VOF) می باشد، همچنین در ادامه دو گزینه level set و implicit Body force را فعال می کنیم. روش تنظیم سطح به طور گسترده در تحلیل های مولتی فاز مورد استفاده

<sup>1</sup> Mixture 7

<sup>1</sup> Eulerian 8



قرار می گیرد و دلیل استفاده از آن این است که می توان مشکل ردیابی دینامیکی را در فازهای متحرک به خوبی حل کرد، همچنین به دلیل وجود نیروی های حجمی موجود در فرآیند و بهبود وضعیت همگرایی در تحلیل گزینه implicit Body force را فعال کرده ایم، سایر قسمت های این بخش به صورت پیش فرض نرم افزار باقی مانده است.

#### ۳-۳-۵ انتخاب مواد

در این بخش به انتخاب و ایجاد مواد مورد استفاده در تحلیل خود پرداخته ایم، همانطور که قبلا بیان کردیم در این پروژه دو فاز اکسیژن و فولاد مذاب وجود دارد که اکسیژن به صورت پیش فرض در کتابخانه نرم افزار فلونت موجود می باشد، ولی فولاد مذاب در این کتابخانه موجود نبوده که به صورت دستی اعداد و ارقام مورد نیاز برای نرم افزار تعریف شده است، اطلاعات مورد نیاز جهت تعیین فولاد مذاب و اکسیژن از مقاله ای تحت عنوان ( طرح بهینه شده برای تسریع واکنش سرباره و امولسیون سرباره-فلز-گاز در یک کوره اکسیژن پایه) گرفته شده است [15]. در ادامه توجه شما را به جدول (۴) جلب می کنم.

جدول ۴. خواص مواد استفاده شده در نرم افزار فلونت [15]

واحد	فولاد مایع	اکسیژن	خواص فیزیکی
Kg/m <sup>3</sup>	۷۲۰۰	تراکم پذیر	چگالی
K	۱۹۰۰	۳۰۰	دما
Pa.S	۶/۵×۱۰ <sup>-۳</sup>	۱/۹×۱۰ <sup>-۵</sup>	لزجت دینامیکی
W/(m.K)	۱۵/۰۰۰	۰/۰۲۵	هدایت حرارتی
-	۶۷۰	۹۱۹	ظرفیت گرمایی ویژه

۳-۳-۶ شرایط مرزی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



در این بخش به ایجاد شرایط مرزی در این تحلیل پرداخته شده است. به طور کلی این تحلیل دارای سه شرط اصلی از قبیل ورودی - خروجی و دیواره ها می باشد که اطلاعات مورد استفاده در این بخش طبق جدول ۵ می باشد. نکته مهم در این تحلیل استفاده از دو فشار متفاوت برای بررسی دقیق تر شرایط دمایی و میزان غلظت کربن می باشد که در واقع به وسیله ان تاثیر فشار دمش گاز اکسیژن بر دو مولفه گفته شده را مورد بررسی قرار می دهد، در ادامه توجه شما را به جدول ۵ شرایط مرزی جلب می کنم.

جدول ۵. شرایط مرزی

واحد	جنبه	پارامترها
Mpa	فشار ورودی (۱/۸-۰/۹)	ورودی
Mpa	فشار خروجی (۰/۲-۰/۱)	خروجی
-	بدون لغزش دیوار	دیواره
Pa	$1/01 \times 10^5$	فشار مرجع
-	اکسیژن - فولاد مذاب	ناحیه

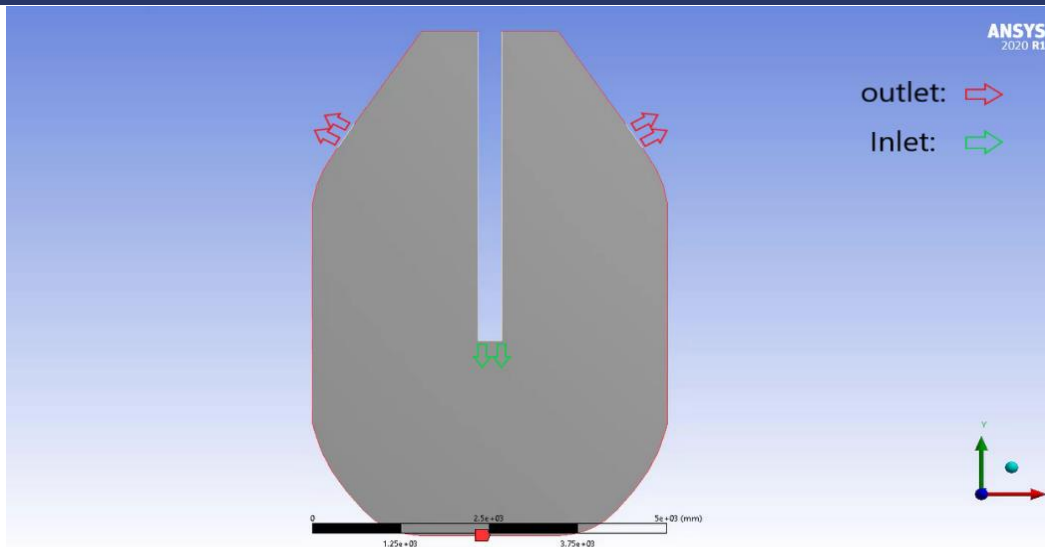
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۶. شماتیک شرایط مرزی

۳-۳-۷ محاسبات

در این بخش اقدام به اجرای شبیه سازی می شود، اما قبل از اجرای فرمان شبیه سازی سه پارامتر اساسی که تاثیر به سزایی در همگرایی حل دارند را باید تنظیم کرد، این سه مورد اعم از ۱- تعداد گام زمانی ۲- اندازه گام زمانی ۳- تعداد تکرار گام زمانی می باشد که در جدول ۶ مقادیر آن را مشاهده می کنید.

جدول ۶. مشخصات تنظیمات بخش محاسبات

واحد	جنبه	پارامترها
-	۳۰۰۰	تعداد گام زمانی
S	$10^{-5}$	اندازه گام زمانی
-	۴۰	تعداد تکرار گام زمانی

۳-۳-۸ انتقال گونه (غلظت کربن)



در این بخش به تنظیمات صورت گرفته در نرم افزار جهت تحلیل میزان غلظت کربن در فولاد مذاب پرداخته شده است. تقریباً تمامی تنظیمات صورت گرفته در قسمت های قبلی در این بخش هم صادق می باشند ولی به دلیل این که واکنش کربن با اکسیژن همراه با انتقال جرم بوده نیاز به فعال کردن بخش انتقال گونه ها می باشد. در این تحلیل واکنش کربن با اکسیژن، به طور پیش فرض در نرم افزار فلوننت تعریف نشده است اما نرم افزار برای حل این مشکل استفاده از کدهای UDF را پیشنهاد کرده است، که در نتیجه در این پژوهش برای واکنش کربن با اکسیژن برنامه نویسی صورت گرفته است.

### ۳-۳-۹ مدل اتلاف گردابه

در طی واکنش شیمیایی احتراق، سوخت موجود در واکنش به شدت محترق شده و نرخ واکنش از طریق اختلاط اشفته بررسی می شود. به همین منظور در نرم افزار فلوننت یک روش واکنش شیمی - اشفتگی بر پایه تحقیقات علمی صورت گرفته توسط مگنسن و جرتجر ابداع و توسعه پیدا کرده که به روش اتلاف گردابه معروف است. در این روش ارزش خالص تولید گونه شیمیایی  $i$  ام ناشی از واکنش،  $r$  به وسیله روابط (۵) - (۶) بیان می شود [16].

$$R_{i,r} = V_{i,r}' M_{w,i} A p \frac{\varepsilon}{K} \min_{\mathcal{R}} \left( \frac{Y_{\mathcal{R}}}{V_{\mathcal{R},r}' M_{w,r}} \right) \quad (5)$$

$$R_{i,r} = V_{i,r}' M_{w,i} A B p \frac{\varepsilon}{K} \frac{\sum Y_p}{\sum_j^N v_{i,r}'' M_{w,i}} \quad (6)$$

$Y_p$ : کسر جرمی هر گونه واکنش شیمیایی محصول  $P$

$Y_R$ : کسر جرمی واکنشگر خاص  $R$

$A$ : ثابت تجربی

$B$ : ثابت تجربی

ذکر این نکته حائز اهمیت است که در این تحلیل از مدل ترکیبی نرخ محدود - اتلاف گردابه استفاده شده است، دلیل استفاده از این مدل این است که در فرآیندهایی که در آن شعله ها از نوع پیش اختلاط می باشند واکنش دهنده ها در بدو ورود به محدوده محاسباتی می سوزند که برای حل این مشکل از مدل نرخ محدود - اتلاف گردابه استفاده می شود [16].





۱۰-۳-۳ کد تعریف شده توسط کاربر (UDF)

در نرم افزار فلوننت به طور پیش فرض می توان بسیاری از شرایط مرزی و موارد را شبیه سازی کرد که جوابگوی طیف وسیعی از مسائل می باشند، ولی در زمانی که سطح مسائل پیشرفته و پیچیده تر می شود کاربر با مشکلاتی روبرو می شود، از این رو نرم افزار فلوننت برای این گونه از موارد شرایطی را پیش بینی کرده که به وسیله آن می توان موارد جدید را برای نرم افزار تعریف نمود. کد نویسی توسط کاربر روش پیشنهادی برای این گونه از مسائل می باشد، با توجه به این روش به وسیله نوشتن کد به زبان C می توان موارد خواسته شده را به صورت دینامیکی ایجاد کرد، این کدهای نوشته شده در یک فایل از نوع text ذخیره شده و وارد نرم افزار فلوننت می شوند [17].

در نتیجه برای این که معادله شیمیایی واکنش کربن با اکسیژن را برای نرم افزار بیان کنیم نیازمند نوشتن یک کد با پلتفرم C می باشیم. مقادیر این واکنش شیمیایی و ضرایب آن از مقاله بیوز و همکارانش تحت عنوان (ترتیب، پارامترهای آرنیوس و مکانیسم واکنش بین اکسیژن گازی و کربن جامد) جمع آوری شده است [18]، همچنین لازم به ذکر است که کد نوشته شده در این تحلیل بر پایه معادله آرنیوس می باشد.

$$K = Ae^{\frac{-E_a}{RT}}$$

(۷)

K: ثابت سرعت

A: فاکتور فرکانس

e: فاکتور ریاضی

$E_a$ : انرژی فعال سازی

R: ثابت جهانی گازها

T: دما بر حسب کلوین

در ادامه توجه شما را به مقادیر استفاده شده در فرمول آرنیوس جلب می کنم.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

جدول ۷. مقادیر معادله آرنیوس

واحد	جنبه	پارامترها
1/s	$1/1 \times 10^4$	فاکتور فرکانس
J/mol	$179 \times 10^3$	انرژی فعال سازی
J/mol-K	8/31434	ثابت جهانی گازها

```

File Edit Selection View Go Run Terminal Help Reaction.c - Visual Studio Code
Restricted Mode is intended for safe code browsing. Trust this window to enable all features. Manage Learn More

C Reaction.c x
D: > Basic Oxygen Furnace_files > dp0 > FLU-2 > Fluent > C Reaction.c
1 /*Heterogeneous net reaction c<s> +o2 --> co*/
2 #include "udf.h"
3
4 /*Defining constant values*/
5
6 #define R 8.31434 /*Universal gas constant J/mol-K*/
7 #define Pre 1.1e+4 /*Pre-exponential factor, 1/s*/
8 #define EA 179e+3 /*Activation energy, J/mol*/
9
10
11 /*Defining position of phases [primary phase 0,secondary phase 1,] and species [species 0,species
12
13 #define gas_index 0 /* index(index) of the gas phase */
14 #define gas_o2_index 0 /* index of o2 in the gas phase */
15 #define liquid_index 1 /* liquid phase index */
16 #define liquid_molten_index 0 /* index of the molten steel in the liquid phase */
17 #define liquid_char_index 1 /* c index in the liquid phase */
18
19 /*Laminar Arrhenius equation for c */
20
21 DEFINE_HET_RXN_RATE(reaction_rate,c,t,r,mw,yi,rr,rr_t)
22 {
23
24 /*phase assignment: primary phase gas [0] and secondary phase molten steel and c [1]*/
25
26 Thread **pt = THREAD_SUB_THREADS(t);
27 Thread *prim_t = pt[0]; /*Thread for the primary phase o2-co*/
28 Thread *sec_t = pt[1]; /*Thread for secondary phase molten-c*/
29
30 /*calling values that are needed*/
31

```

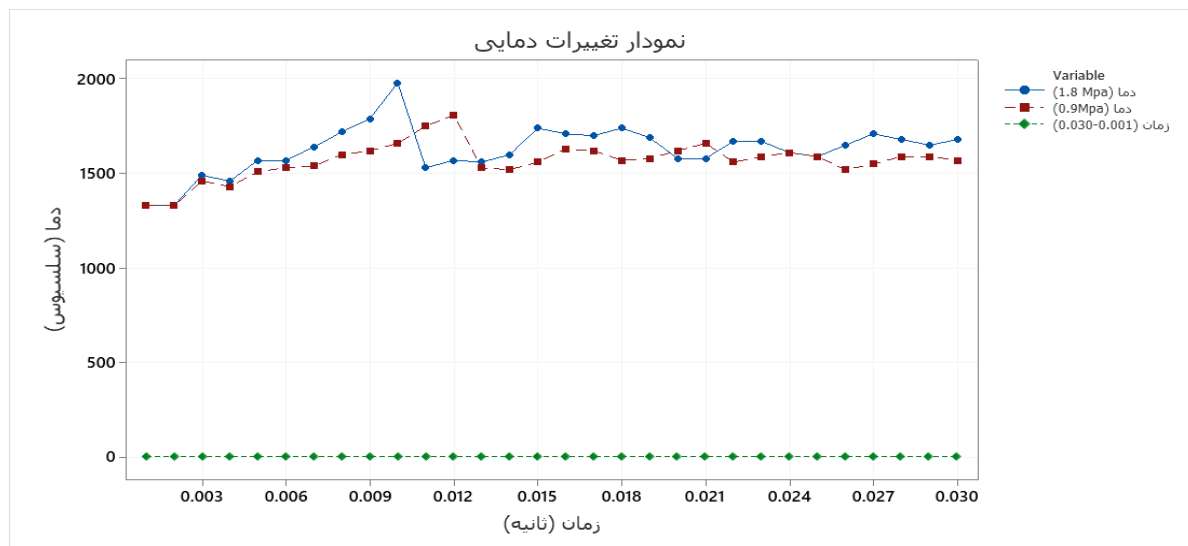
شکل ۷. نمونه کد نوشته شده واکنش کربن با اکسیژن

### ۴ تجزیه تحلیل نتایج



#### ۴-۱ تغییرات دمایی در کوره کربن زدایی در خلاء

در این پژوهش به وسیله شبیه سازی دینامیکی به بررسی تغییرات دمایی حاصل از مرحله دمش گاز اکسیژن به پاتیل حاوی فولاد مذاب پرداخته شد. این کار به دلیل اهمیت تاثیر تغییرات دمایی بر جداره کوره و همچنین دمای فولاد مذاب برای مراحل بعدی فولاد سازی در این کوره می باشد، در این تحلیل تاثیر فشار گاز اکسیژن در دو فشار مختلف که به ترتیب ۰/۹ و ۱/۸ مگا پاسکال می باشد صورت گرفت. در ادامه توجه شما را به شکل ۸ به دست آمده از تحلیل تغییرات دمایی در زمان تزریق گاز اکسیژن به فولاد مذاب جلب می کنیم.



شکل ۸. نمودار تغییرات دمایی

با توجه به نمودار بدست آمده متوجه خواهیم شد که بیشینه دمایی در فشار ۰/۹ مگا پاسکال تا دمای ۱۸۱۰ درجه سلسیوس بالا می رود، که در ادامه با کاهش دما تا حدود ۱۶۰۰ درجه سلسیوس به یک شرایط پایدار دمایی می رسد و در پایان با دمای حدود ۱۵۷۰ درجه سلسیوس کار خود را به پایان می رساند. در تحلیل با فشار ۱/۸ مگا پاسکال بیشینه دمایی به دست آمده تا ۱۹۸۰ درجه سلسیوس بالا رفته و در پایان با دمای ۱۶۸۰ درجه سلسیوس تحلیل به اتمام می رسد. در ادامه توجه شما را به کانتورهای به دست آمده از تحلیل تغییرات دمایی در شکل ۹ جلب می کنم.

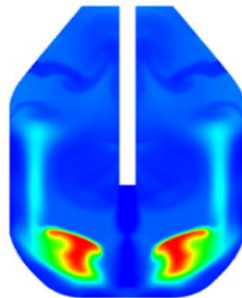
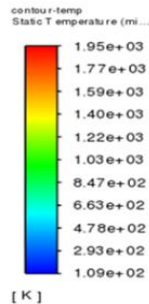


## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۹. کانتور تغییرات دمایی

#### ۲-۴ تغییرات میزان غلظت کربن در کوره کربن زدایی در خلاء

در این بخش شبیه سازی دینامیکی بررسی میزان غلظت کربن در زمان دمش گاز اکسیژن به پاتیل حاوی فولاد مذاب پرداخته شده است. می توان گفت که اصلی ترین مرحله در کوره کربن زدایی در خلاء بررسی تاثیر گاز اکسیژن بر میزان عنصر کربن می باشد. در این بخش به مانند قسمت قبل تحلیل در دو فشار  $0/9$  و  $1/8$  مگا پاسکال مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه توجه شما را به نمودار به دست آمده از تحلیل تغییرات میزان غلظت کربن در زمان تزریق گاز اکسیژن به فولاد مذاب جلب می کنم.

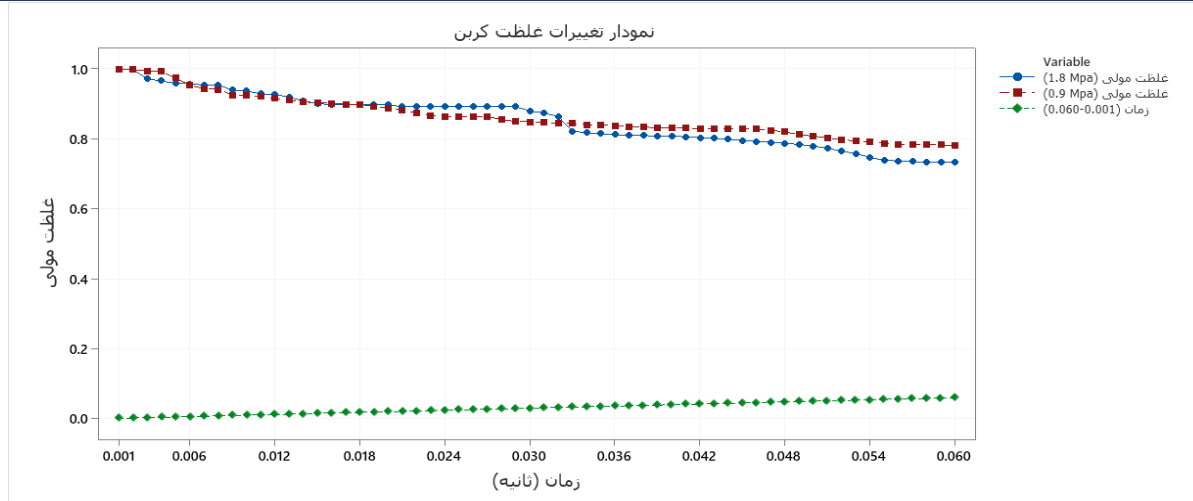
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱۰. نمودار تغییرات میزان غلظت کربن

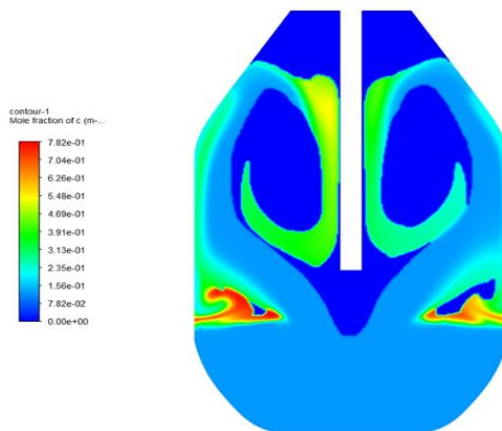
با توجه به نمودار بدست دست آمده از تحلیل دینامیکی میزان غلظت کربن متوجه خواهیم شد که در فشار ۰/۹ مگا پاسکال مقدار کربن اولیه از بدو شروع تزریق اکسیژن به پاتیل حاوی فولاد مذاب روند کاهشی خود را آغاز کرده و همانطور که مشخص است از مقدار اولیه ۰/۹۹۹ به مقدار ۰/۷۸۳ در پایان استپ زمانی می رسد، در ادامه و تحلیل در فشار ۱/۸ مگا پاسکال میزان غلظت کربن از مقدار ۰/۹۹۹ به مقدار ۰/۷۳۳ در پایان استپ زمانی می رسد، این نکته حائز اهمیت است که با افزایش و دو برابر کردن گاز ورودی اکسیژن غلظت کربن در همان بازه زمانی کاهشی تر شده و حدود ۶/۲ درصد کاهش می یابد که طبق مقالات و نتایج عملی افزایش میزان گاز ورودی اکسیژن اکسیداسیون کربن را افزایش می دهد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

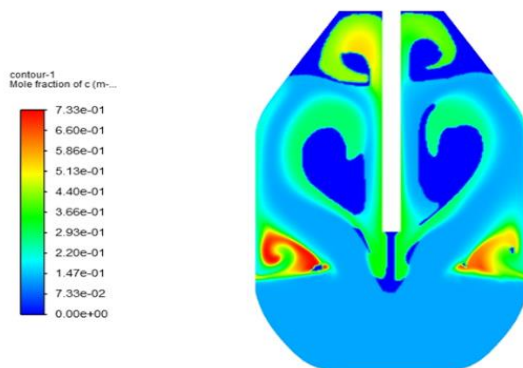
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱۱. کانتور میزان غلظت کربن در ۰/۹ مگا پاسکال



شکل ۱۲. کانتور میزان غلظت کربن در ۱/۸ مگا پاسکال

### ۵ نتیجه گیری

در این مقاله که تحت عنوان بررسی مدل سازی عددی حذف کربن فولاد مذاب از طریق کوره کربن زدایی اکسیژن تحت خلاء (VOD) صورت گرفت، به تحلیل دمیدن اکسیژن به فولاد مذاب در کوره کربن زدایی در خلاء به وسیله نرم افزار Ansys fluent پرداخته شد، همچنین هدف از این تحلیل بررسی میزان تغییرات دمایی و میزان غلظت کربن در زمان دمیدن گاز اکسیژن بود که نتایج به دست آمده از این قسمت به صورت زیر می باشد:





۱- به وسیله تحلیل عددی تغییرات دمایی در زمان دمش گاز اکسیژن به فولاد مذاب در فشار ۰/۹ مگا پاسکال در بالا ترین میزان خود به دمای ۱۸۱۰ سلسیوس و در پایان تحلیل به دمای ۱۵۷۰ درجه سلسیوس رسید. همچنین در فشار ۱/۸ مگا پاسکال دما در بالا ترین سطح خود به ۱۹۸۰ درجه سلسیوس و در پایان تحلیل به ۱۶۸۰ درجه سلسیوس رسید.

۲- با بدست آمدن نتایج در بخش تغییرات دمایی و مقایسه ان با شرایط واقعی نشان داده شد که با دو برابر شدن فشار دمش گاز اکسیژن دمای کوره نیز افزایش پیدا می کند به طوری که درصد تغییرات دمایی در این بخش ۹/۳ درصد افزایش پیدا می کند، با توجه به نتایج آنالیز های واقعی و مقالات معتبر که در آن ها به صراحت اشاره شده است که با افزایش گاز ورودی اکسیژن دما افزایش پیدا کرده را تایید می کند.

۳- در بخش تحلیل عددی که به درصد تغییرات میزان غلظت کربن پرداخته شده است، روند کاهشی غلظت کربن از بدو شروع تزریق اکسیژن آغاز می گردد. در فشار ۰/۹ مگا پاسکال غلظت مولی کربن از میزان ۰/۹۹۹ به ۰/۷۸۲ می رسد و همچنین در فشار ۱/۸ مگا پاسکال غلظت مولی کربن از ۰/۹۹۹ به ۰/۷۳۳ می رسد.

۴- نتایج بدست آمده در قسمت میزان غلظت کربن فولاد مذاب نشان داد که با دو برابر کردن فشار گاز اکسیژن ورودی غلظت مولی کربن کاهشی تر شده و در واقع درصد تغییرات این عمل ۶/۲ درصد می باشد، طبق اضمهار نظر های شرایط واقعی و همچنین مقالات معتبر افزایش میزان گاز ورودی اکسیژن اکسیداسیون کربن را افزایش داده و همچنین می توان به منظور تایید نتایج از نمودار الینگهام - ریچاردسون نیز استفاده کرد.

#### ۶ منابع

[۱] فولاد کم کربن بررسی چگالی و کاربرد (۹/۱۰/۱۳۹۸). <http://www.fooladiranian.com> / دانستنی های - آهن / ۴۱۱۵ / فولاد - کم - کربن - C / ۷ - بررسی - چگالی - و - کاربرد.

[2] wikipedia, 2022. Le Chatelier's principle, [https://en.wikipedia.org/wiki/Le\\_Chatelier's\\_principle](https://en.wikipedia.org/wiki/Le_Chatelier's_principle).

[3] Total materia, 2007. Production of Stainless Steel, <https://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=CheckArticle&site=kts&NM=215>





## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



[15] Yin, Z., Lu, J., Li, L., Wang, T., Wang, R., Fan, X., Lin, H., Huang, Y. and Tan, D., 2020. Optimized scheme for accelerating the slagging reaction and slag-metal-gas emulsification in a basic oxygen furnace. *Applied Sciences*, 10(15), p.5101.

[16] کلیچ، م. ۱۳۹۸. مبانی تئوری شبیه سازی جریانهای همراه با واکنش شیمیایی با استفاده از روشهای انتقال گونه های شیمیایی (Specie Transport) در CFD. <https://cf-d-mrk.ir/wp-content/uploads/2019/10/species-transport-02.pdf>

[17] cfdgroup. ۱۴۰۰. آموزش کد نویسی udf در فلوئنت - برنامه نویسی یو دی اف در انسیس فلوئنت - Ansys Fluent. <https://cfdgroup.co/product/learning-udf-fluent-ansys>

[18] Bews, I.M., Hayhurst, A.N., Richardson, S.M. and Taylor, S.G., 2001. The order, Arrhenius parameters, and mechanism of the reaction between gaseous oxygen and solid carbon. *Combustion and Flame*, 124(1-2), pp.231-245.





## مروری بر حسگرهای بینایی الکترونیک و روش های تحلیل آن

فردین ایاری سامله\*<sup>۱</sup>، فرانہ خدامرادی\*<sup>۲</sup>، علی نعمت‌اله‌زاده<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری گروه مکانیک بیوسیستم- دانشگاه محقق (f.Ayari@uma.ac.ir)

۲- دانشجوی دکتری گروه مکانیک بیوسیستم- دانشگاه بوعلی سینا همدان

(f.khodamoradi2017@gmail.com)

۳- استاد گروه آموزشی مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی.

### چکیده

بینایی الکترونیکی مجموعه‌ای از حسگرهای گازی یا شیمیایی هستند که می‌تواند بینایی انسان را شبیه سازی می‌کند. بینایی الکترونیک یا e-nose در بهبود ارزیابی ویژگی‌های کیفیت غذا در مقایسه با روش‌های تشخیص سنتی، نوید و کاربرد زیادی از خود نشان داده است. در این بررسی انواع حسگرهای مختلف در ساختن بینایی الکترونیک خلاصه می‌کند. اصول کار، کاربردها و محدودیت‌های حسگرهای بکار گرفته شده توسط بینایی الکترونیکی معرفی و مقایسه شدند. الگوریتم‌های تشخیص الگوی پرکاربرد، از جمله شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، تجزیه و تحلیل مولفه اصلی (PCA) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) معرفی و مقایسه شدند. به طور کلی، الگوریتم‌های تشخیص الگوی e-nose ترکیبی از ابزارهای تحلیلی بسیار قدرتمند هستند که نسبتاً کم هزینه، سریع و دقیق می‌باشد. بینایی الکترونیکی برای اندازه گیری های درون خطی و اندازه گیری های آفلاین مناسب هستند که برای نظارت بر فرآوری مواد غذایی و تشخیص کیفیت محصول نهایی بسیار مفید هستند. کاربرد برای استفاده از e-nose باید آماده سازی نمونه، نمونه برداری و پردازش داده‌ها را به شدت کنترل کند که بتواند بهترین نتیجه را ارائه دهد.

کلمات کلیدی: بینایی الکترونیک، حسگرها، شبکه عصبی، تحلیل مولفه اصلی، ماشین بردار پشتیبان



## مقدمه

بینی الکترونیکی حسگرهای گازی یا مجموعه ای از حسگرهای شیمیایی است که شبیه بینی انسان است. آرایه های حسگر گاز به عنوان "دماغ الکترونیکی" (e-nose) تعریف می شوند [۱]. به طور معمول، سنجش سریع را می توان توسط آرایه های حسگر به دست آورد، که قیمت یک حسگر نسبتاً پایین تر از تجهیزات تحلیلی استاندارد، مانند کروماتوگرافی گازی - طیف سنجی جرمی (GC-MS)، تحلیلگر پراکندگی لیزری و مایع با کارایی بالا و همچنین کروماتوگرافی است. آرایه های حسگر کاربردهای گسترده ای در تعیین ویژگی های مرتبط با کیفیت مواد غذایی، مانند ویژگی های حسی، خواص میکروبیولوژیکی و کیفیت پردازش دارند [۲]. این برنامه ها با کمک آرایه های حسگر همراه با رویکردهای تشخیص الگوی داده های مربوطه و الگوریتم های طبقه بندی به دست می آیند.

توجه بسیاری از پژوهشگران بر روی کاربردهای بینی الکترونیکی در تعیین کیفیت غذا متمرکز شده است. در مقالات مروری و تحقیقاتی قبلی، اصول کار بینی الکترونیکی و کاربرد آن ها در تعیین کیفیت غذاها معرفی شد [۳]. با این حال، اطلاعات دقیق در مورد هر یک از سنسورهای رایج و اصول کار آن مورد بحث قرار نگرفت. اصول کار الگوریتم های تشخیص الگو به کار گرفته شده توسط بینی الکترونیکی در بسیاری از مطالعات قبلی ذکر شده است [۴].

## بینی الکترونیکی:

در زندگی روزمره، بینی انسان یک ابزار تحلیلی مفید برای ارزیابی کیفیت مواد غذایی قبل از مصرف و شناسایی گازهای بالقوه خطرناک در محیط است. در بسیاری از صنایع، کیفیت نوشیدنی ها، مواد غذایی، عطر، لوازم آرایشی و محصولات شیمیایی فرار توسط پنل های حسی قابل دسترسی است که گروهی از افراد آموزش دیده یا آموزش ندیده هستند که پرسش نام های ارزیابی را بر اساس بوی محصولات پر می کنند. گزارش شده است که بینی انسان حدود ۴۰۰ گیرنده رایحه دارد و می تواند حداقل یک تریلیون بو را تشخیص دهد [۵].

اگرچه بینی انسان می تواند بو را ارزیابی کند، اما قضاوت افراد ممکن است با هم متفاوت باشد و همچنین از بینی انسان نمی تواند برای حس کردن گازهای سمی استفاده کرد. علاوه بر این، بینی انسان دارای محدودیت هایی برای تشخیص گازهای مختلف است. این محدودیت ها مانع از این می شود که بینی انسان برای تفاوت ها و طبقه بندی های مربوط به بو مورد استفاده قرار گیرد. دماغه بینی الکترونیک (e-nose) یک آرایه حسگر گازی است که پاسخ اثر انگشت

1 - Electronic Nose

2 - Gas Chromatography /Mass Spectrometry

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

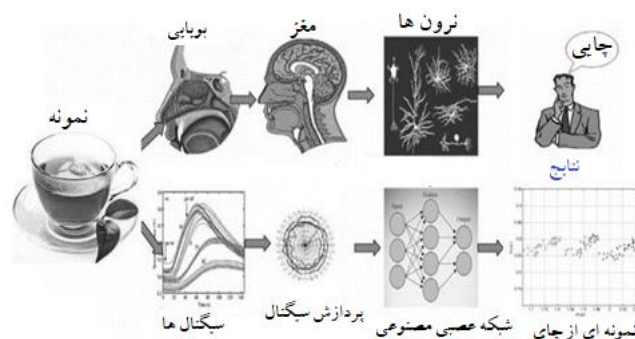
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



را به مواد فرار خاص می دهد، که سپس می تواند توسط الگوریتم های تشخیص الگو، مانند شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، برای ایجاد تفاوت و طبقه بندی استفاده شود [۶]. تفاوت بین الکترونیک از بویایی انسان را نشان می دهد (شکل ۱).



شکل ۱: تفاوت بین الکترونیک از بویایی انسان

به طور معمول، مولکول های فرار بو با مواد حسگرگازی واکنش می دهند و باعث تغییرات در خواص الکتریکی حسگر می شوند. سپس این تغییرات توسط الگوریتم های تشخیص الگو برای انجام تفاوت یا طبقه بندی شناسایی و استفاده می شوند. در مقایسه با تجهیزات تجزیه و تحلیل گاز سنتی از جمله GC-MS<sup>2</sup>، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا و طیف سنجی فروسرخ تبدیل فوریه، بین الکترونیک یک رویکرد نسبتاً ارزان و زمان بر است. در مقایسه با پانل های حسی، بین الکترونیک کمتر تعصب دارند و اندازه گیری های منسجم تری را بین دستگاه ها ارائه می دهند [۷]. بنابراین، بین الکترونیک کاربردهای گسترده ای در نظارت بر فرآیندهای مربوط به بو دارند، از جمله تخمیر دانه کاکائو/چای [۹] و [۸]. برشته کردن دانه کاکائو/قهوه [۱۱ و ۱۰]. از بین الکترونیک نیز می توان برای تعیین کیفیت مربوط به بوی غذا استفاده کرد، مانند انواع سرکه [۱۲]، تازگی گوشت [۱۳]، فساد گوشت [۱۴]، کیفیت روغن حیوانی [۱۵] اشاره کرد.

حسگرهای بین الکترونیک:

<sup>1</sup> - Artificial Neural Networks

<sup>2</sup> Gas chromatography-mass spectrometry





بسته به مواد، حسگرهای گاز را می توان به انواع مختلفی از جمله پلیمرهای رسانا (CP)<sup>3</sup>، نیمه هادی اکسید فلزی (MOS)<sup>4</sup>، میکروبالانس کریستال کوارتز (QCM)<sup>5</sup> و حسگرهای موج صوتی سطحی (SAW)<sup>6</sup> طبقه بندی کرد. اندازه گیری رسانایی معمولاً با اندازه گیری ولتاژ خروجی سنسور به دست می آید و الگوی ولتاژ خروجی را با پارامترهایی مانند پیک ولتاژ، زمان پاسخ و زمان بازیابی مشخص می کند [۱۶].

### حسگرهای نیمه هادی اکسید فلزی MOS

یکی از متداول ترین حسگرهای مورد استفاده در سامانه ماشین بوبایی، حسگرهای نیمه هادی اکسید فلزی (MOS) هستند این حسگرها از حساسیت و پایداری شیمیایی بالایی برخوردار بوده و کم هزینه می باشند و قادرند یک کمیت شیمیایی را به یک سیگنال الکتریکی تبدیل کنند. رایج ترین مواد حسگر MOS اکسیدهای فلزی یا نیمه رسانا از جمله دی اکسید قلع، اکسید روی، اکسید آهن، دی اکسید تیتانیوم، اکسید نیکل، اکسید کبالت هستند [۱۷] آستانه تشخیص حسگرهای تجاری MOS بر اساس مشخصات ارائه شده توسط برخی از تولیدکنندگان بزرگ حسگر MOS، از جمله فیگارو و نموتو، بین ۱ پی پی ام تا ۱۰۰۰ پی پی ام متغیر است. نقطه ضعف اصلی آرایه حسگر MOS این است که دستگاهها باید در دمای بین ۱۵۰ تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد کار کنند. که برای این کار باید دستگاه به مدت زمان طولانی قبل از داده برداری روشن باشد که دمای حسگرها به این درجه برسد. بنابراین، مقدار قابل توجهی انرژی مصرف می کنند و قبل از اینکه آماده اندازه گیری شوند، به زمان نسبتاً طولانی برای گرم شدن نیاز دارند [۱۸].

### پلیمرهای هادی حسگرها CP

کامپوزیت های CP که به آن پلیمر رسانای ذاتی، نیز گفته می شود. از ذرات رسانایی مانند پلی پیرول، پلی آنیلین و پلی تیوفن که در یک ماتریس پلیمری عایق پراکنده شده اند، تشکیل شده است. طبق یک مطالعه قبلی، سنسورهای گاز CP ممکن است دومین حسگر گاز پرکاربرد پس از سنسورهای MOS باشند. هنگامی که این نوع حسگر در معرض بخارات شیمیایی قرار می گیرند، واکنش های بین حسگرها و بخارات شیمیایی باعث ایجاد واکنش در CP ها و الکترون های آن یا از آنالیت ها شده و باعث تغییر در هدایت می شود. CP ها حساسیت خوبی دارند آستانه کاری آنها ۱۰ ppm است.

3 - Conducting polymers  
4 - Metal oxide semiconductor  
5 - Quartz crystal microbalance  
6 - Surface acoustic wave



سنسورهای گاز CP می توانند بدون حرارت اضافی کار کنند. بنابراین، آنها نسبت به سنسورهای گاز اکسید فلزی مصرف انرژی بسیار کمتری را نشان می دهند. علاوه بر آن، پلیمرهای رسانا به آسانی از طریق فرآیندهای شیمیایی یا الکتروشیمیایی سنتز می شوند. ساختار زنجیره های مولکولی CP را می توان با کوپلیمریزاسیون یا مشتقات ساختاری اصلاح کرد. علاوه بر این، CPها دارای خواص مکانیکی خوبی هستند که باعث دوام بیشتر و حمل آسان تر آنها می شود. نقطه ضعف اصلی آرایه های حسگر CP این است که حساس به رطوبت هستند و همچنین مشابه حسگرهای MOS، به دمای عملیاتی بالایی برای اطمینان از واکنش شیمیایی بین مواد حسگر و گازهای هدف نیاز دارند. بنابراین لازم است بین هر اندازه گیری میزان رطوبت کنترل شود. فشار بخار همچنین می تواند بر پاسخ حسگر تأثیر بگذارد، که نیاز به قرار دادن نمونه در یک محفظه زمانی که محیط کنترل می شود، مانند محفظه واکنش یک دماغه بینی الکترونیک است [۱۹]. [بسیاری از ترکیبات فرار مشتق شده از مواد غذایی از جمله آلدئید، استات ها و الکل ها (مثلاً بوتانول) از گلابی، آمونیاک ناشی از فساد مواد غذایی [۲۰]. الکل های حاصل از نوشیدنی ها [۲۱] و ترکیبات آلی فرار الکلی مرتبط با گوشت گاو فاسد [۲۲] را می توان توسط این نوع از حسگرها استفاده کرد.

#### سنسورهای موج صوتی:

حسگرهای موج صوتی معمولاً از یک بستر پیزوالکتریک مانند کریستال کوارتز، لیتیوم نیوبیت و دو مبدل بین دیجیتالی (یک ورودی و یک خروجی) تشکیل شده است. تغییر فشار ناشی از ولتاژ در بستر پیزوالکتریک، امواج صوتی تولید می کند. با واکنش بین آنالیت سازگار و ماده حسگر، جرم غشای حساس به گاز حسگر تغییر می کند و باعث تغییر در سرعت و تضعیف SAW می شود. اثر تغییر جرم، بر روی SAW همراه با عوامل دیگر از جمله تغییر عوامل مکانیکی به عنوان مثال ویسکوزیته و کشسانی، عوامل الکتریکی به عنوان مثال، رسانایی و گذردهی، و محیطی عوامل (مانند دما و رطوبت) در روند این نوع حسگرها تأثیر می گذارند. دو نوع حسگر گاز موج صوتی وجود دارد، حسگر مبدل های موج صوتی حجیم (BAW) و حسگر مبدل های موج صوتی سطحی (SAW) موج صوتی که در سطح بستر منتشر می شود SAW نامیده می شود در حالی که موجی که از طریق بستر منتشر می شود<sup>2</sup> BAW نامیده می شود [۲۳].

حسگرهای گاز SAW برای تشخیص سریع عوامل بیماری زا و فساد مواد غذایی استفاده می شود. مواد فرار روغن زیتون، روغن نباتی و روغن نارگیل، از جمله اسیدهای آلی (به عنوان مثال، اسید استیک، اسید پروپانویک، اسید

<sup>2</sup> - bulk acoustic wave transducers



پنتانویک، و اسید هگزانوئیک)، اتیل استات و هگزانال با استفاده از جفت سنسور گاز SAW با میکرواستخراج فاز جامد اندازه گیری شدند [۲۴].

حسگرهای گاز BAW نیز کاربردهای وسیعی در تعیین میزان فرار مواد غذایی دارند. سنسورهای QCM برای تشخیص عطر چای (به عنوان مثال، لینالول، ژرانیول، اکسید لینالول، متیل سالیسیلات و ترانس-۲-هگزانال) از فرآیند تخمیر چای سیاه استفاده شد [۲۵]. این حسگر همچنین برای تعیین تازگی میوه های به و کیوی چینی مورد استفاده قرار گرفت [۲۶].

### SVM

SVM یکی دیگر از فناوری های طبقه بندی و تشخیص الگوی پر کاربرد است که بر اساس تئوری یادگیری آماری است. کاربردهای آن در مطالعات قبلی، از جمله شناسایی چهره، طبقه بندی شیمیایی، طبقه بندی متن، بیوانفورماتیک، داده کاوی گزارش شده است [۲۷]. رویکرد SVM با استفاده از یک تابع هسته، نقاط داده اصلی را از فضای ورودی آن ها در یک فضای ویژگی ابعاد بالاتر قرار می دهد. توابع کرنل معمولاً شامل خطی، غیرخطی، چند جمله ای، هسته گاوسی، تابع پایه شعاعی و سیگموئید هستند [۲۸].

از SVM بر اساس سیگنال های e-nose برای طبقه بندی مواد غذایی استفاده شد. پاستوریزاسیون میکروویو فرآوری شده با آب توت فرنگی، بلانچینگ با بخار، پاستوریزاسیون کوتاه مدت در دمای بالا، منجمد-ذوب شده و تازه فشرده شده توسط SVM طبقه بندی شد [۲۹]. در یک مطالعه دیگر، افزودنی های غذایی، از جمله اسید بنزوئیک و کیتوزان توسط e-nose با استفاده از طبقه بندی SVM شناسایی شدند [۳۰]، رسیده بودن موز [۳۱]، اطلاعات بویایی ماء الشعیر [۳۲]، تنوع و منشأ جغرافیایی سیب [۳۳]، و تشخیص سیب کپک زده [۳۴]. گزارش شده است که می توان از بینی-الکترونیکی طریق روش SVM تعیین کرد.

### شبکه عصبی ANN:

ANN یک طبقه بندی کننده قدرتمند مبتنی بر یادگیری ماشینی است که دارای قابلیت غیرخطی است. انواع مختلفی از شبکه عصبی مصنوعی مانند پرسپترون چند لایه، کوانتیزاسیون برداری یادگیری و شبکه های کوهونن، برای طبقه بندی داده های بینی الکترونیکی به کار گرفته شده اند. یک طبقه بندی کننده ANN از لایه های نورونی مصنوعی





تشکیل شده است و برای انجام یک طبقه بندی با تنظیم وزن و اتصالات بین نورون ها آموزش دیده است. ساختار الگوی نورون، فرآیند یادگیری و عملکرد فعال سازی نورون ها، عملکرد یک ANN را تعیین می کند [۳۱]. در مطالعات قبلی روی بینی الکترونیکی، و روش تحلیل ANN آموزش داده شده با خطاهای پس انتشار اغلب برای تعیین کیفیت ماء الشعیر [۳۵]، رسیدگی برنج [۳۶]، انواع پنیر فرانسوی [۳۷] استفاده می شد. ANN، همراه با PCA، برای تعیین تازگی گوشت مرغ [۳۸] مورد استفاده قرار گرفته است.

#### درخت تصمیم و RF:

درخت تصمیم یک طبقه بندی کننده ساختار درختی دارد که از لایه هایی دارای گره های داخلی و خارجی تشکیل شده است که توسط شاخه ها به هم متصل شده اند. هر گره داخلی دارای یک تابع تصمیم گیری انتخاب شده است که تعیین می کند به کدام گره منتقل شود [۳۹]. گره های خارجی خروجی مربوط به یک بردار ورودی را نشان می دهند. الگوریتم ID3 Quinlan پرکاربردترین الگوریتم آموزشی برای درخت تصمیم است. در مرحله اول یک ویژگی N را به عنوان اولین گره انتخاب می کند. بیشترین بهره اطلاعاتی را دارد که نشان می دهد این ویژگی چقدر داده ها را طبقه بندی می کند. در مرحله بعد، برای هر N یک گره جدید ایجاد می کند. پس از آن، نمونه های آموزشی را به برگ گره مناسب مرتب می کند. اگر تمام نمونه های آموزشی با موفقیت طبقه بندی شدند، تکرار خاتمه می یابد. در غیر این صورت، تکرار تا زمانی که سایر معیارهای خاتمه برآورده شود، ادامه می یابد. RF مجموعه ای از چندین درخت تصمیم آموزش دیده است، و زمانی که یک نمونه قرار است طبقه بندی شود، هر درخت تصمیم به کلاس نمونه رای می دهد سپس نمونه بر اساس اکثریت آرا اختصاص داده می شود [۴۰].

#### انتخاب الگوریتم های طبقه بندی کننده:

انتخاب یک طبقه بندی کننده عمدتاً به نوع مجموعه داده (پیوسته، طبقه بندی یا باینری)، تعداد ویژگی های هر مجموعه داده، تعداد مجموعه داده، و یادگیری نظارت شده یا بدون نظارت بستگی دارد. برای اکثر موارد، طبقه بندی کننده های یادگیری ماشینی تحت نظارت به کار گرفته شدند. آموزش بدون نظارت معمولاً برای کشف کلاس های ناشناخته اما مفید طراحی شده است. در بسیاری از موارد، از رویکردهای ترکیبی مانند PCA همراه با ANN استفاده می شود، زیرا تعداد ویژگی ها نسبتاً زیاد است [۴۱].



محدودیت‌ها و روندهای آینده بین‌الکترونیکی در تعیین کیفیت مواد غذایی:

آماده سازی نمونه و نمونه برداری از مراحل خطای اندازه‌گیری بین‌الکترونیکی است. سنسورهای گاز به دما، رطوبت، فشار، سرعت گاز و غلظت بخار بسیار حساس هستند. تهیه نمونه از حسگر e-nose نیز بسیار چالش برانگیز است زیرا مقدار مواد فرار آزاد شده از غذاها به عوامل زیادی مانند دما، فشار و رطوبت بستگی دارد. تکرارپذیری و دقت بالای اندازه‌گیری بین‌الکترونیکی مستلزم کنترل دقیق محیط آماده‌سازی نمونه و نمونه‌برداری است [۴۲].

#### نتیجه‌گیری

بنابراین، استفاده از بین‌الکترونیکی تعداد زیادی حجم نمونه برای هر نوع نمونه اغلب برای آموزش و اعتبارسنجی مورد نیاز است. در برخی موارد، حجم نمونه باید بیشتر باشد. برخی از انواع حسگرهای گاز، مانند سنسورهای MOS، برای رسیدن به حالت تعادل قبل از اندازه‌گیری، نیاز به پیش گرم شدن دارند که زمان بر و با صرف انرژی همراه است. همچنین، نیازهای انرژی بالا نیز قابلیت حمل بین‌الکترونیکی را محدود می‌کند. برخلاف بین‌الکترونیکی انسان که در آن صداها گیرنده وجود دارد، مخزن اصلی یک بین‌الکترونیکی معمولاً از تعدادی حسگر (معمولاً کمتر از ۲۰) ساخته می‌شود. زمانی که، توانایی انسان برای تشخیص عطرهای مختلف مختل می‌شود بین‌الکترونیک به راحتی می‌تواند این کار را انجام دهد. تکنیک‌هایی مانند ANN و PCA که برای پردازش داده‌های بین‌الکترونیکی استفاده می‌شوند، برای طبقه‌بندی توسعه داده شدند. تفاوت در انتخاب آرایه حسگر، آماده‌سازی نمونه‌گیری، رویکرد نمونه‌گیری، الگوریتم تشخیص الگو، و مجموعه داده‌های آموزشی منجر به آثار منتشر شده غیرقابل مقایسه شد.

برای توسعه بین‌الکترونیکی در آینده، به حداقل رساندن روش‌های جایجایی نمونه و کاهش تأثیرات محیط نمونه برداری است. این امر مستلزم توسعه مواد برای تهیه حسگر جدید است که نسبت به تغییرات محیطی حساس نیستند و در عین حال دارای مشخصات بالایی برای برخی مواد فرار هستند e-nose. همچنین از سنسورهای گاز نانو استفاده می‌کند به طوری که تعداد حسگرهای گازی که توسط e-nose استفاده می‌شود به تعداد گیرنده‌های در بین‌الکترونیکی انسان نزدیک می‌شود. این قابلیت e-nose را برای تمایز عطرهای مختلف افزایش می‌دهد. یکی دیگر از گرایش‌های e-nose استفاده از داده‌های بزرگ و هوش مصنوعی است. به عنوان مثال، توسعه یک کتابخانه آنلاین مشترک که در آن داده‌های به‌دست آمده از کاربران سراسر جهان با استفاده از e-noses استاندارد شده می‌تواند توسط سایر کاربران برای آموزش بین‌الکترونیکی آن‌ها استفاده شود. به طور خلاصه، بین‌الکترونیکی کاربردهای جهانی‌تر، اندازه کوچک‌تر، کاربرپسندتر و غیرقابل تغییر برای اندازه‌گیری محیط خواهند داشت.



## منابع

- [1] Orlandi, G., Calvini, R., Foca, G., Pigani, L., Vasile Simone, G. Ulrici, A. (2019). *Talanta* 195, 181–189.
- [2] Matindoust, S., Baghaei-Nejad, M., Abadi, M.H.S., Zou, Z., Zheng, L.R. (2016). *Sens. Rev.* 36 (2), 169–183
- [3] Ali, M.M., Hashim, N., Abd Aziz, S., Lasekan, O. (2020). *Trends Food Sci. Technol.* 99, 1–10.
- [4] Zhang, H., Chang, M., Wang, J., Ye, S. (2008). *Sensors Actuators B Chem.* 134 (1), 332–338.
- [5] Bushdid, C., Magnasco, M.O., Vosshall, L.B., Keller, A. (2014). *Science* 343 (6177), 1370–1372.
- [6] Juzhong, T and Jie. (2020). *Artificial Intelligence in Agriculture* 4 (2020) 104–115.
- [7] Pavlou, A. K., Magan, N., Sharp, D., Brown, J., Barr, H., Turner, A. P. F. (2000). *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 15, 2000, pp. 333-342.
- [8] Tan, J., Kerr, W.L. (2017). *J. Food Eng.* 193, 68–75.
- [9] Yang, X., Liu, Y., Mu, L., Wang, W., Zhan, Q., Luo, M., Tian, H., Lv, C., Li, J. (2018). *J. Food Process. Preserv.*
- [10] Tan, J., Kerr, W.L. (2019). *Lwt* 104, 1–7.
- [11] Dong, W., Hu, R., Long, Y., Li, H., Zhang, Y., Zhu, K., Chu, Z. (2019). *electronic tongue, and HS-SPME-GC-MS. Food Chem.*
- [12] Wu, X.H., Zhu, J., Wu, B., Huang, D.P., Sun, J., Dai, C.X. (2020). *J. Food Sci. Technol.* 57 (4), 1310–1319.
- [13] Chen, J., Gu, J., Zhang, R., Mao, Y., Tian, S. (2019). *Sensors (Switzerland)*
- [14] Kodogiannis, V.S. (2017). *Food Bioprocess Technol.*
- [15] Ayari, A., Mirzaee- Ghaleh, E., Rabbani, H & Heidarbeigi, K. (2018). *International Journal of Food Properties*, 21:1, 1670-1679
- [16] Wilson, A.D. (2012). *Proc. Technol.* 1, 453–463.
- [17] Burgués, J., Marco, S. (2018). *Sensors (Switzerland)*.
- [18] Nazemi, H., Joseph, A., Park, J., Emadi, A. (2019). *Advanced micro-and nano-gas sensor technology: a review. Sensors (Switzerland)* 19 (6).





- [۱۹] Megha, R., Ali, F.A., Ravikiran, Y.T., Ramana, C.H.V.V., Kiran Kumar, A.B.V., Mishra, D.K., Vijayakumari, S.C., Kim, D. (2018). *Inorg. Chem. Commun.*
- [۲۰] Marina, A.M., Man, Y.B.C., Amin, I. (2010). *JAOCS J. Am. Oil Chem. Soc.* 87 (3), 263–270
- [۲۱] Péres, L.O., Li, R.W.C., Yamauchi, E.Y., Lippi, R., Gruber, J. (2012). *Food Chem.* 130 (4), 1105–1107.
- [۲۲] Khot, L.R., Panigrahi, S., Lin, D. (2011). *Sensors Actuators B Chem.* 153 (1), 1–10.
- [۲۳] Go, D.B., Atashbar, M.Z., Ramshani, Z., Chang, H.C. (2017). *Anal. Methods*
- [۲۴] Marina, A.M., Man, Y.B.C., Amin, I. (2010). *JAOCS J. Am. Oil Chem. Soc.* 87 (3), 263–270.
- [۲۵] Sharma, P., Ghosh, A., Tudu, B., Sabhapondit, S., Baruah, B.D., Tamuly, P., Bhattacharyya, N., Bandyopadhyay, R. (2015). *Sensors Actuators B Chem.* 219, 146–157.
- [۲۶] Zheng, L., Gao, Y., Zhang, J., Li, J., Yu, Y., Hui, G. (2016). *Int. J. Food Prop.*
- [۲۷] Chauhan, V.K., Dahiya, K., Sharma, A. (2019). *Artif. Intell. Rev.*
- [۲۸] Papadopoulou, O.S., Panagou, E.Z., Mohareb, F.R., Nychas, G.J.E. (2013). *Food Res. Int.* 50 (1), 241–249.
- [۲۹] Qiu, S., Wang, J. (2017). *Food Chem.* 230, 208–214.
- [۳۰] Qiu, S., Wang, J., Gao, L. (2014). *J. Agric. Food Chem.* 62 (27), 6426–6434.
- [۳۱] Sanaeifar, A., Mohtasebi, S.S., Ghasemi-Varnamkhasti, M., Ahmadi, H., Lozano, J. (2014). *Czech J. Food Sci.* 32 (6), 538–548.
- [۳۲] Shi, Y., Gong, F., Wang, M., Liu, J., Wu, Y., Men, H. (2019). *J. Food Eng.*
- [۳۳] Wu, Hao, Yue, T., Yuan, Y. (2018). *Food Anal. Methods* 11 (2), 522–532.
- [۳۴] Jia, W., Liang, G., Tian, H., Sun, J., Wan, C. (2019). *Sensors (Switzerland)* 19 (7).
- [۳۵] Gonzalez Viejo, C., Fuentes, S., Godbole, A., Widdicombe, B., Unnithan, R.R. (2020). *Sensors Actuators B Chem.* 308.
- [۳۶] Rahimzadeh, H., Sadeghi, M., Ghasemi-Varnamkhasti, M., Mireei, S.A., Tohidi, M. (2019). *J. Food Eng.* 245, 1–10.
- [۳۷] Ghasemi-Varnamkhasti, M., Mohammad-Razdari, A., Yoosefian, S.H., Izadi, Z., Siadat, M. (2019). *Lwt* 111, 85–98.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- [۳۸] Timsorn, K., Wongchoosuk, C., Wattuya, P., Promdaen, S., Sittichat, S. (2014). 2014 11th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, ECTI-CON 2014
- [۳۹] Cho, J.H., Kurup, P.U. (2011). Sensors Actuators B Chem. 160 (1), 542–548.
- [۴۰] Schroeder, V., Evans, E.D., Wu, Y.C.M., Voll, C.C.A., McDonald, B.R., Savagatrup, S., Swager, T.M. (2019). ACS Sensors 4 (8), 2101–2108.
- [۴۱] Kotsiantis, S.B. (2007). Informatica (Ljubljana) 31 (3), 249–268.
- [۴۲] Kiselev, I., Sysoev, V., Kaikov, I., Koroncz, I., Tegin, R.A.A., Smanalieva, J., Sommer, M., Ilicali, C., Hauptmannl, M. (2018). Sensors (Switzerland) 18 (2)



## اسپکتروسکوپی مادون قرمز و کاربرد آن در صنایع غذایی

رقيه اشرفی یورقانلو<sup>۱\*</sup>، مهلا پیروزی فرد<sup>۲</sup>، هاله همتی<sup>۳</sup>

۱- استادیار، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

r.ashrafi1@yahoo.com

۲- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

۳- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

### چکیده

با توجه به نیاز روز افزون به منابع غذایی و صرفه اقتصادی محصولات تولیدی، عده ای از تولیدکنندگان مبادرت به افزودن ترکیباتی ناخالص یا غیرمجاز در ترکیب محصولات تولیدی می کنند که با عنوان تقلبات مواد غذایی شناخته شده و از طریق روش های مختلف قابل شناسایی می باشند. گاهی اوقات نیز به دلیل اعمال فرایندهای پیچیده در طی فراوری یا تغییرات پس از پخت در مواد غذایی، شناسایی منشاء محصولات غذایی با روش های متداول امکان پذیر و قابل اعتماد نیست. طی سال های اخیر با استفاده از خصوصیات شیمیایی، مولکولی و ژنتیکی و روش های مختلف همچون PCR، ELISA، MASS و FTIR منشاء محصولات غذایی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. در صنعت غذایی روش طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوری به روشی بسیار مناسب، مقرون به صرفه با عملکرد بالا و غیر مخرب در مواد غذایی به لحاظ ظاهری و شیمیایی است. در روش FTIR با استفاده از خصوصیات شیمیایی ماده غذایی و با کمک گروه های عاملی تشکیل دهنده آن، نمونه مورد بررسی شناسایی می گردد. مقاله پیش رو مروری اجمالی بر فرایند اسپکتروسکوپی مادون قرمز و کاربردهای این فناوری به عنوان روشی جهت شناسایی ترکیبات مختلف در صنعت غذایی می باشد. کلمات کلیدی: اسپکتروسکوپی، مادون قرمز، مواد غذایی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

در طی دو دهه گذشته، علاقه به تحقیق و بررسی برای استفاده از روش های اسپکتروسکوپی مولکولی شامل UV-vis، فلورسنس، Vibrational spectroscopy (شامل Infrared و Raman) و Nuclear magnetic resonance (NMR) در بین جوامع در حال افزایش است. اسپکتروسکوپی مولکولی یک طیف وسیعی از علم است که به واکنش بین امواج الکترومغناطیس در مناطق خاص با نمونه ها در سطح مولکولی می پردازد [۱]. اسپکتروسکوپی ماوراء بنفش و visible واکنش بین EMR با نمونه را در در مناطق ۲۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر محاسبه می کند در حالیکه اسپکتروسکوپی مادون قرمز (IR) منطقه ای بین ۸۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر را مورد مطالعه قرار می دهد [۲]. طیف سنجی مادون قرمز تکنیکی است که در آن از مادون قرمز برای آنالیز اجزای تشکیل دهنده نمونه استفاده می شود و اجازه شناسایی کیفی اجزای نمونه را می دهد. طیف مادون قرمز با یک فرکانس مشخص به نمونه تابانده می شود هنگامی که پیوندهای اتم های تشکیل دهنده ماده مرتعش می شوند، فرکانس ارتعاشات به شکل منحنی های جذب که به طیف فروسرخ نمونه تبدیل می شوند، ثبت می شود. این طیف دقیقاً نشان دهنده اثر انگشت و شناسنامه نمونه مورد نظر است زیرا با توجه به تفاوت در ترکیب اتم ها از یک ترکیب به ترکیب دیگر، هیچ دو ماده ای وجود ندارند که کاملاً مطابق هم باشند [۳]. فناوری اسپکتروسکوپی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR)، یک تکنیک ریاضی است که برای بدست آوردن قسمت اوج هر فرکانس منفرد به کار می رود. تبدیل فوریه توسط یک کامپیوتر برای آنالیز طیف مورد استفاده انجام می شود [۴]. آنالیز طیف فروسرخ مواد، درباره مولکول های موجود در نمونه و پیوند آن ها به ما اطلاعاتی می دهد؛ دلیل اصلی کاربرد طیف سنجی فروسرخ همین اطلاعات است. به دستگاهی که طیف جذبی را در یک ترکیب اندازه می گیرد، طیف سنج فروسرخ می گویند. تمامی ترکیباتی که دارای پیوند کووالانسی باشند، (آلی یا غیر آلی) فرکانس هایی از ناحیه الکترومغناطیس طیف فروسرخ را جذب می کنند. همانند دیگر انواع جذب انرژی، مولکول ها زمانیکه طیف فروسرخ را جذب می کنند، به تراز انرژی بالاتر برانگیخته می شوند. فرآیند جذب فروسرخ همانند دیگر فرآیندهای جذب، یک فرآیند کوانتیزه است. یک مولکول فرکانس های (انرژی) خاصی از طیف فروسرخ را جذب می کند. جذب فروسرخ سبب تغییر رنج انرژی مولکول بین ۴۰ kg/mol تا ۸۰ می شود. در فرآیند جذب فرکانس های فروسرخ که برابر با فرکانس طبیعی مولکول می باشند، جذب می شوند و انرژی جذب شده سبب افزایش دامنه ارتعاشی پیوند در مولکول می شود. همه پیوندها قادر به جذب فروسرخ



نیستند، حتی اگر فرکانس آن با فرکانس طبیعی پیوند برابر باشد. فقط پیوندهایی که دارای ممان دوقطبی متغیر با زمان هستند، قادر به جذب فرسرخ می باشند [۵].

### طیفسنجی مادون قرمز

ناحیه مادون قرمز طیف مغناطیسی، دارای طول موجی بلندتر از طول موج نور مرئی و کوتاه تر از طول موج مایکروویو است. طیفسنجی مادون قرمز امروزه به یکی از روش های دقیق و متداول برای شناسایی مواد تبدیل شده است. با استفاده از تبدیل فوریه در طیفسنجی مادون قرمز که منجر به بهبود عملکرد این تجهیزات در مقایسه با دستگاه طیفسنج مادون قرمز معمولی گردیده و مزایای فراوانی به همراه داشته است. ویژگی دستگاه FTIR نسبت به IR آن است که تمامی طول موج های ناحیه طیفی مورد نظر در یک زمان به نمونه تابیده شده در حالیکه در روش های پاشنده معمولی IR، تنها بخش کوچکی از طول موج ها در یک زمان به نمونه می رسد. بنابراین سرعت و قدرت تفکیک FTIR از IR به مراتب بهتر است. طیف مادون قرمز را برای جامدات (به شکل قرص، پودر یا فیلم) مایعات (به شکل رقیق شده در حلال های آلی) و گازها می توان تهیه کرد [۶]. میزان حساسیت در FTIR به چند دلیل افزایش یافته است. یکی اینکه دکتورهای مورد استفاده حساس تر هستند و دیگر اینکه توان نوری بالاتر است. این دستگاه ها بطور داخلی کالیبره می شوند و نیاز به کالیبراسیون توسط کاربر ندارند [۵].

### طیفسنجی مادون قرمز در صنعت غذایی

در سالیان اخیر استفاده از روش های طیفسنجی در ناحیه مادون قرمز به عنوان روشی سریع، غیرمخرب و دقیق به منظور تشخیص خصوصیات کیفی مواد غذایی گسترش یافته و در بخش های مختلف صنعت مواد غذایی به کار گرفته شده است [۷]. در میان روش های مختلف طیفسنجی، روش مادون قرمز نزدیک (NIR) به دلیل ارتباط بسیار زیاد بین امواج الکترومغناطیسی در این ناحیه و مولکول های مواد غذایی، از دیگر روش ها بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است [۸]. استفاده از محدوده طیفی در بازه ۸۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر به منظور دریافت اطلاعات جذبی ترکیبات موجود در ساختار ماده غذایی، با همراهی روش های شیمیسنجی مانند روش حداقل مربعات جزئی، NIR را به یکی از سیستم های محبوب در آنالیز ترکیبات مواد غذایی تبدیل کرده است. پژوهش های اخیر انجام شده بر روی ساختار مولکولی پروتئین ها و کربوهیدرات ها با استفاده از روش طیفسنجی فوریه انتقال مادون قرمز نشان دادند که غلات و واریته های درون غلات در ساختار مولکولی پروتئین و کربوهیدرات نیز اختلاف دارند [۹]. ساختار مولکولی پروتئین می تواند ارزش تغذیه ای



پروتئینها (به طور مثال حلالیت پروتئینها و جذب ان از روده کوچک) و دسترسی آنزیمهای گوارشی به پروتئین را تحت تأثیر قرار دهد. روشهای آنالیز تقریبی شیمیایی به علت تخریب ساختار مولکولی در اثر استفاده از مواد شیمیایی قادر به تعیین ساختار مولکولی نمیباشند و این روش بر اساس جذب تابش و بررسی جهشهای ارتعاشی مولکولها و یونهای چند اتمی صورت میگیرد. لذا طیفسنجی فوریه انتقال مادون قرمز به عنوان روشی سریع، پرقدرت و توسعه یافته می تواند برای شناسایی مولکولها و به خصوص گروه عاملی مولکولها مورد استفاده قرار گیرد [۱۰].

### ۱-۳. تقلبات مواد غذایی

از روشهای نوین جهت تعیین تقلبات در مواد غذایی می توان به روشهای اسپکتروسکوپی (اشعه ماوراءبنفش، مادون قرمز، مادون قرمز نزدیک، رامان و فلورسانس) و روشهای رزونانس هسته ای (NMR)، طیفسنجی جرمی (IRMS)، (SNIF-NMR)، تکنیکهای کروماتوگرافی (GC, HPLC) و الکتروفورز، روشهای مبتنی بر DNA، روشهای آنزیمی و متابولیک اشاره کرد. تقلبات معمولاً با افزودن مواد ارزان قیمت و فاقد کیفیت به مواد غذایی می باشد در حالیکه در برخی موارد با افزودن عمدی مواد خطرناک صورت میگیرد. امروزه مواد غذایی بی شماری مورد تقلب قرار می گیرند مانند پودر فلفل که اغلب با پودر آجر مخلوط می شود، تفاله خشک چای به همراه رنگ و نیز برگهای چای به صورت مکرر با چای مخلوط می شوند، اضافه کردن پوره کدو و سیب زمینی پخته و نشاسته به رب گوجه فرنگی، افزودن رنگهای مصنوعی به زعفران و غیره به عنوان تقلب محسوب می شوند [۱۱]. گاهی اوقات تقلب در مواد غذایی به صورت غیر عمدی در فرایندهای فراوری، مانند تولید اکریل آمید یا چربیهای ترانس انجام می شود. روش طیفسنجی مادون قرمز تبدیل فوریه جهت شناسایی تغییرات در ترکیبات مواد غذایی و آشکارسازی افزودن مواد تقلبی به فرآوردهها صورت میگیرد. منبع اصلی چربیهای ترانس در محصولات غذایی در روغنهای نباتی جامد می باشد، با این حال مقدار بسیار کم چربی ترانس در لبنیات و فرآوردههای گوشتی به طور طبیعی موجود می باشد. روش طیفسنجی مادون قرمز تبدیل فوریه یکی از کاربردی ترین روشها برای شناسایی میزان چربی ترانس موجود در مواد غذایی می باشد [۱۲]. مواد غذایی تقلبی در صورتیکه به طور منظم استفاده شوند موجب بروز برخی از علائم و بیماریها از جمله سردرد، استفراغ، آلرژی، آسم، عقب ماندگی ذهنی، انواع سرطان، اختلالات معده و روده و غیره می شود. برای مثال رنگهای صنعتی که به منظور روشن تر کردن رنگ حبوبات، پودر زردچوبه و گوشت شیرین مورد استفاده قرار می گیرند، سبب بروز سرطان می شوند. همچنین برخی افراد ممکن است اختلالات روده را پس از استفاده منظم از پودر شکر و دیگر مواد غذایی که با شستشوی سود مورد تقلب قرار می گیرند را تجربه کنند. رنگهای مصنوعی مورد استفاده در مواد غذایی مختلف مضر



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



هستند و می توانند باعث خارش، کهیر، آسم و غیره شوند. مصرف طولانی مدت ساخارین و سیکلامات به عنوان شیرین کننده های مصنوعی می توانند منجر به ایجاد سرطان مثانه گردد. اجزای نیتریت و نیترات به عنوان نگهدارنده در گوشت بسته بندی شده ممکن است سبب بروز مشکلات معده و سرطان دستگاه گوارش شود. استفاده از مونوگلوتامات سدیم به عنوان تقویت کننده عطر و طعم در مواد غذایی می تواند منجر به ایجاد سردرد شدید، تهوع و گاهی اوقات تنگی قفسه سینه و احساس سوزش و آسم شود [۱۳].

طیفسنجی مادون قرمز نزدیک فوری (Fourier Transform Near Infrared Spectroscopy) به طور فوق العاده موثر جهت شناسایی تقلب آب میوه ها، شربت و پوره ها نیز گزارش گردیده است. این موارد با کنسانتره های آب میوه های ارزان، شربت چغندر قند، شربت ذرت و نیشکر جهت سودآوری بیشتر مورد تقلب قرار می گیرند. محققین کاربرد FTNIR را با تجزیه و تحلیل تفکیک فاکتوریل جهت تقلب در آب پرتغال با آب گریپ فروت، پالپ پرتغال و ترکیب اسید/شکر مصنوعی مستند نمودند. Khan و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی های خود نشان دادند که تقلب در آب تمشک و یا توت فرنگی با آب سیب می تواند در مقادیر کمتر از ۱۰ درصد توسط مدل های حداقل مربعات مادون قرمز نزدیک (PLS-NIR) ملاحظه گردد. مقدار قند در آب میوه ناهمگن می تواند توسط عبور طیفسنجی مادون قرمز نزدیک با دقت بالا تعیین گردد. به هر حال با توجه به اطلاعات بدست آمده در نمونه های آب میوه می تواند بهبود داده شود. به علاوه انسداد آب در بدنه در محاسبات NIR توسط حذف سریع حلال و تخمین کنسانتره خشک با به کارگیری طیفسنجی بازتاب منتشر شده کاهش می یابد. همچنین طیفسنجی مادون قرمز میانی فوری جهت تصدیق اجزا و منابع داخلی آب میوه به کار گرفته می شود. به عنوان مثال این روش در جداسازی محتوای آب انار واقعی از گونه تقلبی آن موثر واقع شده است. محققان با استفاده از این روش وارپته های تولید شده آب میوه های سیب، انگور، کرانبری، مخلوط شربت آلو و بلوبری را بررسی و شناسایی نمودند. مزیت این روش نسبت به روش های قدیمی در این است که تجزیه و تحلیل میزان ایزوتوپ کربن یا کروماتوگرافی که جهت تایید آب میوه به کار گرفته می شود به دلیل استفاده از حلال های مضر، صرف زمان بالا، عدم دوام کافی جهت کنترل کیفیت و نیز مشکل ارزیابی تنها یک ویژگی در زمان معین، کاربردی نمی باشد [۱۲].

تشخیص تقلبات مربوط به مواد غذایی حلال توسط روش های آنالیزی پیشرفته علاوه بر وقت گیر بودن نیازمند هزینه زیادی است. در زمینه استفاده از روش های مادون قرمز نزدیک در تشخیص مواد غذایی حلال، طی سالیان گذشته مطالعات موثری انجام شده است. Zhang و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی امکان تشخیص ژلاتین صنعتی از خوراکی توسط روش های NIR پرداختند. ژلاتین خوراکی از پوست تازه یا استخوان حیواناتی مانند گاو، خوک و یا ماهی گرفته می شود در حالیکه ژلاتین صنعتی از ضایعات کارخانجات چرم سازی تهیه شده و حاوی مقدار قابل توجهی از فلزات سنگین

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



می باشد که به شدت می تواند برای سلامت انسان خطر ساز باشد. این محققان در پژوهش خود از طیفسنجی مادون قرمز نزدیک به همراه روش های شناسایی الگوی نظارتی<sup>۹</sup> (SPR) با هدف امکان سنجی این تشخیص استفاده نمودند و نتایج نشان داد که روش های مادون قرمز نزدیک با دقت بالایی در حدود ۹۷٪ توان تفکیک ژلاتین صنعتی و خوراکی را از یکدیگر دارد [۱۴]. طیفسنجی مادون قرمز نزدیک به طور گسترده ای برای تعیین و تشخیص الکل در نوشیدنی های مختلف نیز به کار گرفته شده است. طول موج هایی که مسئول برانگیختگی باندهای ترکیبات الکلی هستند، در رنج های مختلفی گزارش شده اند. برای مثال برخی محققین طول موج ۱۷۰۰ نانومتر که مسئول نخستین اورتون باند C-H است را گزارش کردند برخی دیگر طول موج ۱۴۵۰ نانومتر را به عنوان نخستین اورتون O-H و ۹۶۰ نانومتر را مسئول سومین اورتون C-H گزارش نموده اند [۱۵]. در مطالعه ای که توسط Murray و Cozzolino (۲۰۰۴) بر روی انواع خصوصیات گوشت های مختلف اعم از گوشت گاو، خوک، گوساله و مرغ توسط طیفسنجی در ناحیه مرئی و مادون قرمز نزدیک مورد بررسی قرار گرفت، تعداد حدود ۲۵۰ گوشت مختلف در نواحی طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک (طول موج ۴۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر) بررسی شد و از دو روش آنالیز چندگانه PCA و PLS به منظور دریافت اطلاعات استفاده گردید. مدل بدست آمده توانایی تفکیک انواع گوشت های مختلف را با دقت حدود ۸۰ درصد دارا بود [۱۶].

### ۲-۳. ترکیبات شیمیایی

طیفسنجی NIR در زمینه میوه و سبزیجات برای تشخیص SSC (محتوای جامد محلول)، اسیدیت، شاخص بلوغ، شیرینی با استفاده از PH استفاده می شود. در مطالعه ای به طیفسنجی اندازه گیری اسیدیت میوه مخصوص چینی با استفاده از NIR پرداخته شده است. بازتاب های طیفی از میوه ها در محدوده ۱۰۷۵-۳۲۵ اندازه گیری شد. لگاریتم بازتابی متقابل (جذب  $\log R/1$ ) مجموعه داده ها به منظور ساخت بهترین مدل پیش بینی برای مشخصه با استفاده از چند پیش پردازش طیفی و روش های چند بعدی کالیبراسیون مانند رگرسیون حداقل مربعات جزئی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این مطالعه یک مدل پیش بینی عملکرد عالی برای پیش بینی اسیدیت ( $r = 0.963$ )، خطای استاندارد پیش بینی (SEP) ۰/۲۱ با بایس ۰/۱۳۸ نشان داد. تکنیک NIR دقت بسیار خوبی برای تعیین اسیدیت دارد. این فناوری NIR غیرمخرب، سریع و دقیق در صنایع غذایی استفاده می شود که برای سلامت انسان مفید است [۱۷]. به عنوان مثال، یک سیستم هشدار اولیه که بر مبنای ورودی های طیفی است، به کاهش اجباری استفاده از آفت کش ها منجر خواهد شد. کشاورزان فقط باید زمانی از آفت کش ها استفاده کنند که ناهنجاری هایی در الگوی رشد طبیعی گیاهان شناسایی

<sup>2</sup> Supervised pattern recognition

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخه)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



می شود. بنابراین، کاربرد مهمی برای شناسایی و مدیریت استرس زیستی در باغ های سیب دارد. در حال حاضر، باقیمانده های شیمیایی مضر در غذاها نگرانی بزرگ محققان، مصرف کنندگان، صنایع و سیاست گذاران شده است. این مواد شیمیایی که بیشتر در مواد غذایی-کشاورزی یافت می شود عبارتند از: علف کش ها، قارچ کش ها، سموم دفع آفات و حشره کش ها. همچنین داروهای دام پزشکی و میکروتوکسین ها نیز از باقیمانده های مضر هستند زیرا آن ها نیز مواد شیمیایی را در غذاها به جا می گذارند. تمام این مواد شیمیایی دارای حداکثر حد مجاز (MRL) هستند که فراتر از آن مقدار، کشنده است. بسیاری از مطالعات نشان داده اند که این بقایای شیمیایی عواقب مختلفی مانند سرطان، موتاژنیک، همچنین اثرات ژنوتیک و غدد درون ریز را بر مصرف کنندگان اعمال کند [18].

### ۳-۳. میکروبیولوژیکی

استفاده از باکتری های اسیدلاکتیک در مواد غذایی روزانه در حال افزایش است، به طوری که تقاضا برای مصرف مواد غذایی به خصوص مواد لبنی حاوی باکتری های مفید به طرز چشم گیری در دنیا افزایش پیدا کرده است. از این رو، جستجوی گونه های جدیدی از باکتری های مفید اسیدلاکتیک از منابع مختلف برای بهره برداری از آن ها در تغذیه انسان بسیار حائز اهمیت است. شیر و مواد لبنی از جمله منابع سرشار از این قبیل باکتری ها هستند. در حال حاضر برای شناسایی و طبقه بندی باکتری ها، از روش های مرسوم مبتنی بر آزمون های بیوشیمیایی یا سرولوژیکی و روش های مولکولی مبتنی بر انگشت نگاری DNA و RNA استفاده می شود. شناسایی باکتری ها به کمک روش های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی به دلیل سادگی و هزینه کم، کاربرد فراوانی در علوم صنایع غذایی و پزشکی دارند. سرعت پایین و دقت کم، از جمله معایب این روش ها می باشد. از طرف دیگر، اگرچه شناسایی باکتری ها به کمک روش های مبتنی بر انگشت نگاری DNA از دقت بالایی برخوردارند، ولی به هزینه و وقت زیادی نیاز دارند. از این رو، به روش های دقیق، سریع و با توان عملیاتی بالایی نیاز است تا بتوان تعداد زیادی از باکتری ها را در کوتاه ترین زمان ممکن شناسایی و غربال نمود. طیفسنجی مولکولی یکی از این قبیل روش ها است که به عنوان یک روش شناسایی در سال ۱۹۵۰ معرفی شد [19]. استفاده از طیفسنجی ارتعاشی در آن زمان به دلیل محدودیت عملی و نبود سیستم آماری یکپارچه آنالیز داده ها غیر عملی بود. با ظهور تکنیک طیفسنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR)، Naumann و همکاران (۱۹۹۱) روش FTIR را برای تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی سلول های باکتریایی، شناسایی، تمایز و رده بندی باکتری ها به کار بردند [20]. پس از آن از طیفسنجی FTIR با موفقیت برای ردیابی، شناسایی و رده بندی باکتری های متعلق به گونه های متفاوتی از پاتوژن ها به ویژه پاتوژن های مواد غذایی نظیر لیستریا، اشرشیاکلی، سالمونلا، باسیلوس، یرسینیا و استافیلوکوکوس استفاده شد [21]. Amiali و همکاران (۲۰۰۸) توانایی FTIR را برای شناسایی طبقه بندی باکتری های اسیدلاکتیک و



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخه)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخه)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



تمایز گونه های بسیار نزدیک اثبات نمودند [۲۲]. همچنین محققان توانسته اند توانایی این روش را در شناسایی و تمایز گونه های مختلف لاکتوکوکوس در پنیر نشان دهند و گونه های لاکتوکوکوس را از گونه های بیماری زای *Listeria* و *Staphylococcus* در انواعی از پنیر به خوبی تشخیص دهند [۲۳].

در حال حاضر بیش از ۱۰۰۰۰ گونه قارچ شناسایی شده است که خوشبختانه بیشتر آن ها برای انسان سودمند است و در تولید نان، پنیر، آنتی بیوتیک ها و غیره کاربرد دارند. حدود ۵۰ گونه از این قارچ ها برای انسان و دام و طیور مضر هستند و اگر بر روی یک ماده غذایی رشد کنند، تحت شرایط خاص تولید سم می نمایند. سموم تولید شده توسط قارچ ها با نام مایکوتوکسین شناخته می شوند و در واقع مایکوتوکسین ها محصولات متابولیکی ثانویه قارچ ها هستند، این بدان معنی است که مایکوتوکسین ها نقش خاصی در متابولیسم طبیعی و رشد قارچ ندارد و به طور معمول توسط قارچ های در حال رشد تولید می شوند. این مواد معمولاً از مولکول های متفاوتی با ساختارهای شامل یک حلقه هتروسیکلیک با وزن مولکولی کمتر از ۵۰۰ دالتون تا گروه هایی از حلقه های نامتجانس با وزن مولکولی بیش از ۵۰۰ دالتون تشکیل می شوند. مدت زمان طولانی است که بشر دانسته است برخی از گونه های قارچ های بزرگ پس از مصرف می توانند به عنوان یک خطر برای سلامتی انسان مطرح باشند، اما حتی تا زمان های طولانی چنین تلقی می شد که وقوع کپک زدگی بر روی غذا فقط یک مشکل زیبا شناختی است و خطری برای سلامتی محسوب نمی شود [۲۴]. ثابت شده است که متابولیت های سمی قارچ ها یا مایکوتوکسین ها مسئول بسیاری از بیماری های غیرواگیر در جوامع انسانی و دامی به ویژه در دوران اخیر بوده است. از جمله اثرات زیان آور مایکوتوکسین ها می توان به مسمومیت های حاد و مزمن اولیه (مسمومیت حاد با آفلاتوکسین سبب مرگ و مسمومیت مزمن سبب سرطان و نقص سیستم ایمنی می شود)، بیماری های ثانویه، سمیت سیستم عصبی، سمیت سلولی، سرکوب سیستم ایمنی، تاثیر بروی دستگاه تولید مثل، مهار بیوسنتز DNA (ایجاد آثار موتاژنیک و یا تراژنوتیک) و RNA در سلول های پستانداران، مهار فرآیند پروتئین سازی در نتیجه ایجاد حساسیت پوست و نکروز، نفروز کلیوی، ناقص الخلقه زایی، سمیت ژن ها، جهش زایی و سرطان زایی، تداخل در پروسه خون سازی و غیره اشاره نمود. اصلی ترین اثر مزمن بسیاری از مایکوتوکسین ها ایجاد سرطان به ویژه در کبد است. همچنین سموم قارچی قادرند آسیب پذیری فرد را در برابر بیماری های میکروبی، سوء تغذیه و حتی سموم دیگر افزایش دهند. از اثرات بیولوژیکی مایکوتوکسین ها می توان به خواص ضد توموری، اثرات حشره کشی و خواص ضد باکتریایی آنها اشاره نمود. آفلاتوکسین ها و اکراتوکسین A جزء مهمترین مایکوتوکسین های قارچ خانواده اسپرژیلوس ها می باشند. آفلاتوکسین ها از نظر قدرت سرطان زایی قوی تر از سایر مایکوتوکسین ها هستند. براساس مطالعات در طبیعت چهار نوع آفلاتوکسین اصلی شامل B1 (مهم ترین ماده سرطان زای طبیعی و بیشترین سم تولیدی توسط گونه های مولد سم) B2، G1 و G2 و

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



دو نوع محصولات متابولیکی به نام های M1 و M2 وجود دارند که می توانند خوراکی های دام و انسان مانند ذرت، خوشه ذرت، گندم، سویا، کنجاله پنبه دانه، بادام زمینی، آجیل ها و خشکبار را آلوده سازند. آفاتوکسین های M1 و M2 برای اولین بار از شیر دام هایی که با خوراک آلوده تغذیه شده بودند، جدا شدند. این سموم دارای ساختمان مولکولی مشابهی بوده و یک گروه از ترکیبات اکسیژن دار هتروسیکلیک را تشکیل می دهند (در صورت کپک زدگی خوراک دام و تولید آفاتوکسین B1 در آن، مشتق هیدروکسی آن یعنی آفاتوکسین M1 در شیر مشاهده می شود که همانند آفاتوکسین B1 اثرات سرطان زایی دارد). آفاتوکسین ها بر اساس فلئورسنس آن ها در برابر نور اشعه ماوراء بنفش آبی یا سبز و حرکت آن ها در کروماتوگرافی لایه نازک قابل تفکیک هستند. آفاتوکسین های G2 و B2 مشتقاتی از G1 و B1 و آفاتوکسین های M1 و M2 به ترتیب از آفاتوکسین های B1 و B2 حاصل می گردند. یکی از خواص سموم قارچی، خاصیت تجمعی آن ها می باشد، در نتیجه فردی که در طولانی مدت میزان کمی از سم را دریافت می کند، پس از مدتی به عوارض تجمعی آن دچار می شود. در بحث سرطان زایی نیز بیشترین خطر آفاتوکسین ها متوجه سلول های کبدی است. اکراتوکسین A یک ماده محلول در چربی است که در بافت های چربی تجمع می یابد و یک نفروتوکسین بالقوه شناخته می شود، اولین بار در آفریقای جنوبی از اسپرژیلوس اکراسئوس جداسازی گردید، اما این ترکیب غالباً به عنوان یک ماده آلوده کننده غلاتی نظیر جو آلوده به قارچ پنی سیلیوم و روکوسوم در کشورهای معتدله نظیر کشورهای اروپای شمالی مورد مطالعه قرار گرفته است. یک بیماری ضعیف کننده در انسان که به نام نفروپاتی اندمیک بالکان ممکن است با حضور مقادیر کم مایکوتوکسین های نفروتوکسیک نظیر اکراتوکسین A در رژیم غذایی افرادی که از محصولات غذایی آلوده به قارچ به مدت طولانی استفاده می نمایند مرتبط شناخته شده است. حضور اکراتوکسین A در مواد غذایی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری نظیر ذرت، دانه های قهوه، کاکائو و لوبیای سویا معمولاً در نتیجه آلودگی آن ها توسط گونه های اسپرژیلوس می باشند. Sirisomboon و همکاران (۲۰۱۳) از طیفسنجی مادون قرمز نزدیک، با طول موج بین ۹۵۰ تا ۱۶۵۰ نانومتر، برای تعیین درصد آلودگی قارچی موجود در نمونه های برنج استفاده نمودند. طیف ۱۰۶ نمونه برنج، با روش بازتاب، از جمله ۹۰ نمونه آلوده طبیعی، و ۱۶ نمونه آلوده مصنوعی به دست آمد. مدل های کالیبراسیون برای کل آلودگی قارچی با استفاده از طیف جذبی اصلی و طیف پردازش شده با رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR) تهیه شد. مدل آماری توسعه یافته از طیف های پردازش نشده بیشترین دقت را در پیش بینی، با ضریب همبستگی ۰/۶۶۸ و خطای استاندارد پیش بینی ۲۸/۸۷۴٪ و خطای ۱/۱٪ ارائه داد. برای آلودگی به قارچ اسپرژیلوس، دقیق ترین مدل پیش بینی آماری با استفاده از طیف (NIR حداکثر نرمال شدن) تهیه شد. بنابراین، نتیجه آن ها نشان داد که تکنیک NIR می تواند برای تشخیص آلودگی قارچی اسپرژیلوس های مولد آفاتوکسین در برنج استفاده شود [۲۵].



از طیفسنجی مادون قرمز از نوع ATR برای تعیین اکراتوکسین در کشمش استفاده شده است. نمونه‌هایی با سطح آلودگی زیاد به اکراتوکسین (۱۰، ۲۰، ۴۰ میکروگرم بر کیلوگرم) و نمونه‌های غیر آلوده با استفاده از مدل PCA به درستی تشخیص داده شدند. از مدل PLS برای سنجش کمی نمونه‌های آلوده جمع آوری شده از شیلی مورد استفاده قرار گرفت و همبستگی بالایی را نشان داد. با استفاده از این روش، نمونه‌هایی با سطح اکراتوکسین بالا (۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم) می‌توانند از نمونه‌هایی با سطح اکراتوکسین پایین (۱۰ میکروگرم بر کیلوگرم) متمایز شوند، روش مذکور یک روش غربالگری مناسب برای اکراتوکسین در کشمش معرفی شده است [۲۶].

پاتولین توسط چند گونه از پنی سیلیوم و اسپرژیلوس به ویژه پنی سیلیوم اکسپانسون تولید می‌گردد. اولین بار در سال ۱۹۴۲ به عنوان یک آنتی بیوتیک بالقوه مناسب با طیف ضد میکروبی وسیع توصیف گردید. در موارد مربوط به انسان، حضور پنی سیلیوم اکسپانسون بر روی سیب و افزایش مصرف آب سیب تازه به عنوان آشامیدنی موجب بروز نگرانی می‌شود. اثبات حضور پاتولین در آب میوه شاخص مناسبی جهت نشان دادن استفاده از میوه با کیفیت بسیار نامناسب در تهیه آب میوه می‌باشد. تمام روش‌های فعلی مورد استفاده برای تعیین کمیت پاتولین بسیار وقت‌گیر بوده و نیاز به پرسنل ماهر دارد. در این تحقیق، یک روش فلورسانس بر اساس استفاده از روبشگرهای فلورسانس نزدیک به مادون قرمز NIR به کار برده شد. استفاده از این فلوئوروفورها همراه با آنتی‌بادی‌های ضد پاتولین، تشخیص پاتولین را به طور مستقیم در آب سیب و بدون هیچ گونه پیش آماده سازی قبلی امکان‌پذیر نمود. حد تشخیص روش ۰/۰۶ میکروگرم بر لیتر است، مقداری که پایین‌تر از حداکثر حد باقی‌مانده پاتولین است که در ۵۰ میکروگرم بر لیتر از آیین نامه اتحادیه اروپا ثابت شده است [۲۷].

#### نتیجه گیری

FTIR یکی از مهم‌ترین و بهترین تکنیک‌ها جهت تشخیص تقلبات عمدی و غیر عمدی غذایی می‌باشد که روشی بسیار کارآمد، غیرمخرب، قابل اعتماد در ایمنی و کیفیت مواد غذایی، مقرون به صرفه در زمان و توان عملیاتی بالا در فرایندهای صنعتی است که به وسیله آن طیف وسیعی از نمونه‌ها در کمترین زمان ممکن می‌توانند مورد بررسی قرار گیرند. این روش یکی از موفق‌ترین روش‌ها در شناسایی ترکیبات مضر در ترکیبات غذایی می‌باشد. روش طیفسنجی مادون قرمز فوریه می‌تواند برای شناسایی مولکول‌ها و به خصوص گروه عاملی مولکول‌ها استفاده شود. همچنین این روش می‌تواند جایگزین مناسبی برای آزمون‌های بیوشیمیایی تخمیر قندها در شناسایی باکتری‌ها در سطح گونه و همچنین شناسایی محصولات آلوده به سموم تولیدی توسط میکروارگانیسم‌ها باشد.

منابع





- [1] Alexander G. Shard, Robert C. Schofield and Caterina Minelli, Ultraviolet-visible absorption spectrophotometry (2020), Characterization of Nanoparticles.
- [2] Skoog, D.A., F.J. Holler, and S.R. Crouch, Principles of instrumental analysis (2017), Cengage learning.
- [3] Hamadah NurLubis, Noor FaizahMohd-Naim, Nur NazurahAlizul and Minhaz UddinAhmed (2016), *Trends in Food Science & Technology*, 58, 55-68.
- [4] Peter R. Griffiths, James A. De Haseth, James D. Winefordner (2007), John Wiley & Sons.
- [5] هادی سرافراز، محمدرضا عباسی، قاسم الهیاری زاده (۱۳۹۴) بیست و دومین کنفرانس هسته ای ایران، ۸-۱.
- [6] Ellis, D.I., Brewster, V.I., Dunn, W.B., Allwood, J.W., Golovanov, A.P., and Goodacre, R., The Royal Society of Chemistry (2012), 41.
- [7] Aenugu, H. P. R., Kumar, D. S., Srisudharson, N. P., Ghosh, S., and Banji, D (2011), *International Journal of ChemTech Research*, 3(2), 825-836.
- [8] Huang, H., Yu, H., Xu, H., and Ying, Y (2008), *Journal of food engineering*, 87(3), 303-313
- [9] Liu, N., and P. Yu (2010), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 6264- 6269.
- [10] Marinkovic, N. S., R. Huang., P. Bromberg., M. Sullivan., J. Toomey., L. M. Miller., E. Sperber., S. Moshe., K. W. Jones., E. Chouparova., S. Lappi., S. Franzen., and M. R. Chance (2002), *The Journal of Synchrotron Radiation*, 9, 189-197
- [11] Lakshmi, V, LABS ,R.V, Andhra Pradesh,G (2012), *International journal science inventions today*, 1(2), 113-116.
- [12] Khan. U, Afzaal. M, Arshad.MS and Imran, M (2015), *Food & Industrial Microbiology*, 1(1), 1-7.
- [13] Srivastava, S (2015), *Journal of Biological Sciences and Medicine*, 1 (1), 65-71.
- [14] Zhang, H., Sun, H., Wang, L., Wang, S., Zhang, W., and Hu, J (2018), *Journal of Spectroscopy*, 2018, 1-9.
- [15] Wang, X., Bao, Y., Liu, G., Li, G., and Lin, L (2012), *Procedia engineering*, 29, 2285-2290.
- [16] Cozzolino, D., and Murray, I (2004), *LWT-Food Science and Technology*, 37(4), 447-452.
- [17] Rohinee M. Misal and Ratnadeep R. Deshmukh (2016), *International Journal of Computer Applications*, 141(7), 18-20.
- [18] Toldrá, F. and M. Reig (2006), *Trends in Food Science & Technology*, 17(9), 482-489.
- [19] Levine, S., Stevenson, H. J., Chambers, L. A. and Kenner, B. A (1953), *Journal of bacteriology*, 65, 10.
- [20] Naumann, D., Helm, D. and Labischinski, H (1991), *Nature*, 351, 81-82.
- [21] Andrea Elisabeth Kuhm, Daniel Suter, Richard Felleisen, Jörg Rau (2009), *Applied and Environmental Microbiology*, 75(18), 5809-5813.
- [22] Amiali, N., Mulvey, M., Berger-Bächli, B., Sedman, J., Simor, A. and Ismail, A (2008), *Journal of antimicrobial chemotherapy*, 61, 95-102.
- [23] Lamprell, H., Mazerolles, G., Kodjo, A., Chamba, J., Noel, Y. and Beuvier, E (2006), *International journal of food microbiology*, 108, 125-129.
- [24] Karami-Osboo, R. and Mirabolfathy, M (2016), *Journal of food hygiene*, 6, 43-53.
- [25] Dachoupakan Sirisomboon, C. , Putthang, R. , and Sirisomboon, P (2013), *Food Control*, 33, 207-214.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

دانشگاه محقق اردبیلی شهر ریورم ۱۴۰۲هـ

انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و آزمایشگاه مرکزی دانشگاه محقق اردبیلی  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- [26] Galvis-Sánchez, A. , Barros, A. , and Delgadillo, I (2007), *Food Additives and Contaminants*, 24, 1299–1305.
- [27] Pennacchio, A. , Varriale, A. , Esposito, M. G. , Staiano, M. , and D’Auria, S (2015), *Analytical Biochemistry*, 481, 55–59.



## کروماتوگرافی گازی و مایع و کاربرد آن در صنایع غذایی

رقيه اشرفی یورقانلو<sup>۱\*</sup>، ، هاله همتی<sup>۲</sup> مهلا پیروزی فرد<sup>۳</sup>

۱- استادیار، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

r.ashrafi1@yahoo.com

۲- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

۳- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

### چکیده

اکثر مواد غذایی موجود در بازار حاوی انواع مختلف مواد افزودنی هستند که در بین آنها مواد نگهدارنده نقش مهمی دارد. نگهدارنده ها که اکثراً موادی شیمیایی هستند، به طور گسترده در مواد غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی برای جلوگیری از فساد و کاهش فعالیت میکروارگانیسم ها جهت ماندگاری بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. مقدار مواد افزودنی نگهدارنده در کیفیت فرآورده ها اهمیت بسیاری دارد و امروزه نگرانی هایی در مورد برخی از مواد نگهدارنده وجود دارد. مصرف بیش از حد این مواد نیز می تواند خطراتی جدی برای سلامت انسان مانند افزایش خطر ابتلا به سرطان، بیش فعالی در کودکان، کاهش سلامت قلب و ... داشته باشد نگهدارنده های مواد غذایی شامل گروهی از ترکیبات مولکولی مختلف آلی و معدنی با گروه های عاملی متفاوت و مایل به تشکیل فرم یونی می باشند. اکثر غذاهای فرآوری شده حاوی نگهدارنده هایی نظیر سربیک اسید، بنزوات ها، دی اکسید گوگرد، سولفیت ها و یون های نیتریت هستند که قادر به واکنش هایی با مواد غذایی می باشند. این واکنش ها ممکن است منجر به تشکیل محصولات سمی و کاهش میزان غلظت نگهدارنده موجود در مواد غذایی شود. از این رو اندازه گیری آنها در مواد غذایی اهمیت بسیار زیادی دارد و روش های آنالیتیکال مورد استفاده برای تعیین آنها عمدتاً اسپکتروفتومتری UV ، کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا HPLC و کروماتوگرافی گازی GC می باشد.

کلمات کلیدی: کروماتوگرافی، مواد غذایی، مواد نگهدارنده



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

دانشگاه محقق اردبیلی شهر ریزورم - سال ۱۴۰۱

انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و آزمایشگاه مرکزی دانشگاه محقق اردبیلی  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



### مقدمه

کروماتوگرافی گازی Gas Chromatography یکی از روش های جداسازی است که برای آنالیز مواد در حالت گازی مورد استفاده قرار می گیرد. در روش کروماتوگراف گازی نمونه در یک حلال حل شده و به منظور جداسازی بین دو فاز ساکن و متحرک توزیع می شود. فاز متحرک یک گاز شیمیایی بی اثر است که برای حمل مولکول های آنالیت در ستون گرم شده، به کار می رود و در این روش بر خلاف انواع دیگر کروماتوگرافی، فاز متحرک با آنالیت هیچ واکنشی ندارد. فاز ساکن یا یک جاذب جامد به نام کروماتوگرافی گاز- جامد (GSC) و یا یک مایع روی یک اتکاء بی اثر به نام کروماتوگرافی گاز- مایع (GLC) می باشد. در این میان کروماتوگرافی گاز- مایع کاربرد وسیع تری در زمینه های مختلف دارد و روش رایجی برای جداسازی ترکیبات آلی است. از کروماتوگرافی گازی در زمینه های مختلف داروسازی، لوازم آرایشی، مواد غذایی و حتی مواد سمی زیست محیطی استفاده می شود. از آنجا که در روش GC مواد باید در حالت فرار باشند، تنفس انسان، خون، بزاق و سایر ترشحات حاوی مقادیر زیادی از ترکیبات آلی فرار می توانند به راحتی با استفاده از دستگاه جی سی مورد آنالیز قرار گیرند. دانستن مقدار ترکیبات در یک نمونه معین، مزایای زیادی در بررسی اثرات آنها در سلامت انسان و محیط زیست دارد. مواد افزودنی نگهدارنده از ترکیباتی هستند که میزان آنها باید در مواد غذایی کنترل شود و دستگاه کروماتوگرافی گازی این امکان را فراهم می کند [1]. سالهای زیادی است که از دستگاههای چند آشکارسازی در کروماتوگرافی گازی استفاده میشود. با وجودی که طیفسنج جرمی هنوز در مورد نمونه های پیچیده محبوبترین آشکارساز کروماتوگرافی گازی است، ولی یک دستگاه چند آشکارسازی میتواند تمام اطلاعات مورد نیاز برای اهداف تأیید را فراهم کند. در این مقاله انواع مختلفی از تنظیمات کروماتوگرافی گازی چند آشکارسازی و دستگاه های مدرن موجود در بازار تشریح می شود. متداولترین دستگاه شامل آشکارسازهای موازی به همراه یک شکافدهنده خروجی (پس از محل تزریق یا پس از ستون) است آنالیز کروماتوگرافی گازی به طور معمول نیاز به تأیید نتایج بهدست آمده، به ویژه هنگام آنالیز نمونه های پیچیده، محیطزیست، مواد غذایی، دارویی و غیره ( دارد. در چنین مواردی امکان خطاهای کیفی و کمی به دلیل همشویی تداخل ماتریس، جابهجا شدن زمان بازداری و غیره وجود دارد. روشهای مختلفی برای غلبه بر این مشکلات و تأیید نتایج توسعه یافتهاند. در روشهای سنتی برای تأیید نتایج کروماتوگرافی گازی ۷ همواره از آنالیزهای تکمیلی با استفاده از ستونی با قطبیت متفاوت استفاده می شود [2]. اولین مقاله ای که در آن دستگاه آشکارساز دوگانه گزارش شده بود در سال ۱۹۵۹ توسط گولکه منتشر شد که از آشکارسازهای طیفسنجی جرمی ۱۰ و آشکارساز هدایت گرمایی ۱۱ استفاده کرده بود کروماتوگرافی مایع سریع پروتئین نوعی از کروماتوگرافی مایع با فشار متوسط است که برای خالصسازی پروتئینها با تفکیک پذیری و تکرارپذیری بالا ایجاد شده است. ویژگی متمایز این روش، فاز ساکن آن است که از دانه های با قطر کم (رزینهای کمی که با آگارز، کراس لینک شدهاند) تشکیل شده و درون یک ستون استوانه های شیشه ای یا پلاستیکی با حجم بالا قرار گرفته است. در دستگاه FPLC طیف گستردهای از بافرهای آبی (فاز متحرک) و فازهای ساکن بکار گرفته میشوند تا انواع روشهای معمول

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

دانشگاه محقق اردبیلی | شهریور ماه ۱۴۰۲

انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و آزمایشگاه مرکزی دانشگاه محقق اردبیلی  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



کروماتوگرافی (تبادل یونی، اندازه طردی، جذبی و برهمکنش آگریزی) اجرا شوند. با این حال، تبادل آنیونی و اندازه طردی، روشهایی هستند که بیشترین استفاده را دارند [3].

### کروماتوگرافی مایع

تجزیه، تخلیص و شناسایی پروتئینها، که هرکدام از آنها وظیفه خاصی در بدن موجودات زنده بر عهده دارند، در پیشرفت علوم زیستی، فناوری زیستی، پزشکی و صنعت دارو اهمیت خیلی زیادی پیدا کرده است. برای تخلیص پروتئینها ابتدا باید غشای سلول را تخریب و سپس محتویات داخل سلول را استخراج نمود. برای جداسازی پروتئینهای موجود در محتویات داخل سلول از دیگر اجزا، معمولاً از روش رسوبدهی با نمک آمونیوم سولفات، فیلتراسیون و سانتریفیوژ استفاده میشود. برای خالصسازی پروتئین مورد نظر و جداسازی آن از مخلوط پروتئینی به دست آمده

میتوان روشهای متعددی از جمله الکتروفورز دو بعدی و یا انواع روشهای کروماتوگرافی (مانند کروماتوگرافی تبادل یونی، کروماتوگرافی اندازه طردی، کروماتوگرافی جذبی و کروماتوگرافی برهمکنش آگریزی) را استفاده نمود. [4] کروماتوگرافی مایع سریع پروتئین، نوعی از کروماتوگرافی مایع است که بیشتر برای آنالیز و یا خالصسازی مخلوط پروتئینها استفاده میشود. همانند دیگر اشکال کروماتوگرافی، این جداسازی نیز براساس برهمکنش متفاوت اجزای مخلوط با دو فاز ساکن و متحرک صورت میگیرد. در FPLC فاز متحرک یک محلول آبی یا بافر است. شدت جریان بافر با استفاده از یک پمپ کنترل به طور معمول ثابت نگه داشته میشود، در حالی که ترکیب بافر میتواند با ترکیب مایعات در نسبتهای مختلف از دو یا چند مخزن خارجی متفاوت باشد. روش FPLC، جداسازی پروتئین را در زمان بسیار کوتاه تر نسبت به دیگر روش ها امکان پذیر می سازد و با توجه به اینکه در صنعت، برای تخلیص پروتئین در مقیاس انبوه، عامل زمان بسیار اهمیت دارد، اخیراً این روش به شکل خیلی گسترده مورد استفاده قرار میگیرد. این روش قادر است نمونه هایی با ابعاد چند میلیگرم (با ستون هایی با حجم ۵ میلی لیتر یا کمتر) تا نمونه های صنعتی با ابعاد کیلوگرمی (با ستون هایی با حجم چندین لیتر) را به راحتی آنالیز کند. روش FPLC علاوه بر پروتئین ها برای تخلیص دیگر مولکول های زیستی مانند لیپوپروتئین ها، RNA و DNA نیز کاربرد دارد [5]

### کاربردهای FPLC

پرکاربردترین استفاده FPLC در اندازهگیری و خالصسازی پروتئینهاست. به عنوان مثال، کروماتوگرافی مایع سریع پروتئین که در آن از رزینهای آنیونی استفاده شده است، تجزیه سریع و تکرارپذیری از پروتئینهای پالسم در مایع ادرار و مایع نخاعی مغزی را فراهم میکند. این جداسازی برای نمونه های ادرار ۱ ساعت و برای مایع نخاعی مغزی ۴۵ دقیقه طول میکشد. به این ترتیب ۲۱ پروتئین پالسم شناسایی و اندازهگیری شده اند [6]. یکی دیگر از کاربردهای FPLC، اندازه گیری لیپوپروتئین هاست. گونه های گلیسروفسفولیپید و اسفنگولیپید و متابولیت های فعال زیستی آن، تنظیم کننده های مهمی از لیپوپروتئینها و عملکرد سلولی

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخا)

به همراه فرا دانشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاه

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

دانشگاه محقق اردبیلی شهر ریور ماه ۱۴۰۲

انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و آزمایشگاه مرکزی دانشگاه محقق اردبیلی  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

هستند. در مثال دیگری لیپوپروتئینهای خون انسان، LDL، VLDL و HDL با تزریق ۵۰ میکرولیتر سرم از ۲۱ اهداکننده سالم ناشتا به دستگاه کروماتوگرافی مایع سریع پروتئین ها، جدا شدند. سپس پروتئینهای فسفاتیدیل کولین، لیزوفسفاتیدیل کولین ۲۰، اسپینگومیلین ۲۱، سرامید ۲۲، فسفاتیدیل اتانولامین ۲۴ کلسترول و کلسترول استر با استفاده از طیف سنج جرمی مجهز به یونیزاسیون الکترواسپری آنالیز شدند. این روش به محقق این امکان را می دهد که با یک آزمایش خون ساده تغییرات پروفایل لیپیدها و لیپوپروتئینها در بیمار را ردیابی کند. [7]. FPLC با روش اندازه پردی، جایگزین مناسبی برای جداسازی سریع RNA بجای روش معمول الکتروفورز روی ژل آکریل آمید ۲۶ است. از آنجایی که در ستونهای اندازه پردی، الیگونوکلوئوتیدهای RNA، متفاوت از پروتئینهای کروی عمل میکنند، این امکان فراهم میشود تا با استفاده از ۲ ستون مختلف (ستون سوپردکس و ستون سوپردکس ۲۰۰) الیگونوکلوئوتیدهای RNA با طول های متفاوتی را اندازه گیری و جداسازی کرد. چنین روشی قادر است RNA های منومر را نیز از مولتیمر آن جدا کند [3].

#### الزامات FPLC

زنجیره پروتئین ها از واحدهای اسیدهای آمینه تشکیل شده است. این زنجیره به صورت یک ساختار سه بعدی پیچ خورده بوده که کلید عملکرد و فعالیت هر پروتئین است. بنابراین، حفظ این ساختار پروتئین در طول فرآیند خالص سازی بسیار مهم است. عوامل خارجی مانند دما، فشار بالا، pH شدید یا حلال ها می توانند ساختار پروتئین را مختل کنند، لذا در FPLC باید از این عوامل اجتناب شود. دمای کار برای پروتئین ها معمول ۴ درجه سانتیگراد است. به همین دلیل است که دستگاه FPLC بیشتر در داخل یک اتاق سرد قرار میگیرد که نه تنها دمای پایین تامین میشود بلکه رطوبت نیز کاهش می یابد. بنابر این، تمامی اجزای یک دستگاه FPLC باید مخصوص چنین شرایطی طراحی شوند. علاوه بر این، اجزای دستگاه FPLC با یک چالش اضافی دیگر به نام محلول های بافر نمکی مواجه میشوند که به عنوان فاز متحرک مورد استفاده قرار میگیرند. در FPLC، به طور معمول pH ایزواسمتیک و غلظت نمک شبیه به محیط سلولی انتخاب میشوند. دستگاه های کروماتوگرافی عموماً از فواید ضد زنگ ساخته میشوند. از یک طرف، نمک موجود در بافرها میتواند منجر به خوردگی فلز شود و از سوی دیگر، یونهای فلزی موجود در فولاد ضد زنگ میتوانند با پروتئین تداخل داشته و ساختار آن را مختل سازند. بنابراین، در دستگاههای FPLC مهم است که بجای استفاده از فولاد ضد زنگ، از مواد زیست سازگار مانند پلی اتر اتر کتون، سرامیک و یا تیتانیوم استفاده شود [8].

#### خالص سازی پروتئین با FPLC



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



خالص سازی پروتئین به مجموع های از فرآیندها گفته می شود که در آن یک یا تعداد اندکی از پروتئین ها از یک ترکیب پیچیده (که ممکن است سلول، بافت یا موجود زنده کامل باشد) خالص میشود. در فرآیند خالص سازی قسمت پروتئینی و غیرپروتئینی از یکدیگر جدا میشوند. بیشترین چالش مربوط به زمانی است که هدف، جداسازی پروتئین مورد به نظر از دیگر پروتئین ها باشد. مراحل خالص سازی معمول اندازه، ویژگی های فیزیکی شیمیایی، تمایل اتصالی و فعالیت زیستی پروتئین مورد نظر بستگی دارد. ترکیبی از چندین روش کروماتوگرافی میتواند برای خالص سازی یک مولکول هدف مورد استفاده قرار گیرد. هدف از خالص سازی پروتئینها با FPLC، تهیه مقادیری از مولکول هدف با خلوص کافی و در حالت فعال زیست شناختی به منظور استفاده بیشتر از آن است. کیفیت محصول نهایی بسته به نوع و مقدار مواد اولیه، کارایی جداسازی و گزینش پذیری رزین مورد استفاده، متفاوت است. هیچ روش کروماتوگرافی ماده فعال ۱۰۰ درصد را تولید نمی کند و تولید کلی به تعداد مراحل خالص سازی بستگی دارد که با بهینه سازی هر مرحله برای هدف مورد نظر و کاهش تعداد مراحل، به بیشترین بازده خواهد رسید. ترکیبی از چندین روش کروماتوگرافی میتواند برای خالص سازی یک مولکول هدف مورد استفاده قرار گیرد. هدف از خالص سازی پروتئینها با FPLC، تهیه مقادیری از مولکول هدف با خلوص کافی و در حالت فعال زیست شناختی به منظور استفاده بیشتر از آن است. کیفیت محصول نهایی بسته به نوع و مقدار مواد اولیه، کارایی جداسازی و گزینش پذیری رزین مورد استفاده، متفاوت است. هیچ روش کروماتوگرافی ماده فعال ۱۰۰ درصد را تولید نمیکند و تولید کلی به تعداد مراحل خالص سازی بستگی دارد که با بهینه سازی هر مرحله برای هدف مورد نظر و کاهش تعداد مراحل، به بیشترین بازده خواهد رسید [9]

دستگاه گاز کروماتوگراف

در یکی دیگر از تنظیمات بکار رفته در دستگاه های چند آشکارسازی، از هر دو کانال موجود برای یک گاز کروماتوگراف استفاده میکند. در این دستگاه، دو خط GC کاملاً مجزا و موازی به کار گرفته شده است، یعنی دو محفظه تزریق، دو ستون متفاوت (ولی در یک آون) و دو آشکارساز (یکسان یا متفاوت). تزریق ها با استفاده از سامانه تزریق خودکار بلافاصله پشت سر هم انجام می شود. چنین دستگاهی شکاف دهنده ندارد ولی فاصله زمان بین دو تزریق باید در آنالیز کروماتوگرام ها لحاظ شود [10] کاربردهای متنوعی از این نوع دستگاه در منابع وجود دارد. به عنوان مثال، یانگ و همکارانش (۲۰۱۲) از یک دستگاه دوکاناله با دو آشکارساز PFPD با دو حالت مختلف S و P برای آنالیز ۴۹ آفتکش اورگانوفسفره در ماهی، تخم مرغ و نیز موکبل و همکارانش شیر استفاده کردند. [11]

آنالیز کیفی و کمی در دستگاه های چند آشکارسازی

پردازش کروماتوگرام ها هنگامی که زمان بازداری بدست آمده از آشکارسازهای مختلف (در دستگاههای چند آشکارسازی) یکسان باشد، بسیار ساده تر است. در مورد آشکارسازهایی که در فشار یکسان کار می کنند، به طور معمول زمان های بازداری یکسانی در کروماتوگرام ها حاصل می شود. مشکل اصلی زمانی رخ می دهد که آشکارسازها در فشارهای متفاوتی کار کنند. برای این منظور، رابطه ای مختلفی استفاده میشوند تا مقاومت جریان مناسبی را در هر

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



دو شاخه خطوط آشکارساز، برای دستیابی به زمان بازداری مشابه ایجاد کنند. در مورد آنالیز نتایج حاصل از دستگاه های دارای دو ستون، دو زمان بازداری مختلف برای هر آنالیت به دست می آید که برای هدف شناسایی استفاده می شود. به دلیل پایداری بیشتر «زمانهای بازداری نسبی ۴۰» بیشتر به جای زمان بازداری، از این عامل استفاده می شود. گاهی اوقات نیز اندیس بازداری به منظور شناسایی استفاده می شود. در مورد سامانه موازی دارای ستون های دوگانه، شاخص های ستون اول و ستون تأیید، هر دو به دست می آیند. برای اهداف تأیید، تطابق شاخص های بازداری و یا همبستگی بین مساحت یا ارتفاع پیک ها نیز میتوانند مورد استفاده قرار گیرند [12]

نتیجه گیری:

کروماتوگرافی مایع سریع پروتئین FPLC نوعی از کروماتوگرافی مایع است که بیشتر برای آنالیز و یا خالص سازی مخلوط پروتئینها، لیپوپروتئینها، RNA و DNA استفاده میشود. در این روش شدت جریان فاز متحرک همواره ثابت نگه داشته میشود، در حالی که ترکیب آن در طول شویش تغییر میکند. اجزای یک FPLC آزمایشگاهی معمولی مشابه با یک HPLC است با این تفاوت که نوع ستون های بکار رفته و فشار دستگاه در FPLC از HPLC متفاوت است. از آنجایی که عوامل خارجی مانند دما، فشار بالا، pH شدید یا حلال ها می توانند ساختار مولکول های زیستی که هدف این دستگاه هستند را مختل کنند، لذا در FPLC باید از این عوامل اجتناب شود.

منابع

- [1] K. Parnell, T. Anderson, Dual-column GC Tackles POPs, Lab. Equip. 2 (2015) 93–104.
- [2] Method 8081B: Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography, part of Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods, US EPA, 2007.
- [3] L. Peres-Blanco, K.K. Stenerson, M.D. Buchanan, Dual-Column GC Analysis of Organochlorine Pesticides on SLB-5ms and SLB-35ms, Report. - Chromatogr. Appl. Newsl.62 (2016) 20–22
- [4] Wiesner P., Leidl K., Boettcher A., Schmitz G., Liebisch G., Lipid profiling of FPLC-separated lipoprotein fractions by electrospray ionization tandem mass spectrometry, Journal of Lipid Research, 50(3): 574-585 (2009).
- [5] Kim I., McKenna S.A., Puglisi E.V., Puglisi J.D., Rapid purification of RNAs using fast performance liquid chromatography (FPLC), Rna, 13(2): 289-294 (2007).
- [6] Cooper E.H., Turner R., Johns E.A., Lindblom H., Britton V.J., Applications of fast protein liquid chromatography TM in the separation of plasma proteins in urine and cerebrospinal fluid, Clinical Chemistry, 29(9): 1635-1640 (1983).
- [7] de Rooij F.W.M., Hamer C.M., Wilson J.H.P., Purification of porphobilinogen deaminase from human erythrocytes by fast protein liquid chromatography, Clinica Chimica Acta, 162(1): 61-68 (1987).
- [8] Runde S., FPLC versus Analytical HPLC: Two Methods, One Origin, Many Differences, The Column, 12(15): 12-16 (2016).
- [9] Bornhorst J.A., Falke J.J., Purification of Proteins Using Polyhistidine Affinity Tags, Methods in enzymology, 326: 245-254 (2000).
- [10] R. Okiro, M. Wohleb, Semivolatile analysis utilizing columns of differing polarity, retention indices, and dual PDHID detectors, LC-GC North Am. 21 (2003) 33

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

- [11] B. Aebi, W. Bernhard, Gas chromatography with dual mass spectrometric and nitrogen – phosphorus specific detection : a new and powerful tool for forensic analyses, *Forensic Sci. Int.* 102 (1999) 91–101.
- [12] Y. Liu, C.Q. Hu, Preliminary identification and quantification of residual solvents in pharmaceuticals using the parallel dual-column system, *J. Chromatogr. A.* 1175 (2007) 259–266.





## کاربرد تصویربرداری فراطیفی در آنالیز غیرمخرب پارامترهای کیفی محصولات کشاورزی

اسما کیسالائی<sup>۱\*</sup>، میثم لطیفی عموقین<sup>۲</sup>، وحید نیساری فام<sup>۳\*</sup>

۱- دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی، (A.kisalaei@gmail.com)

۲- دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی، (vahidnf318@gmail.com)

### چکیده

در حال حاضر اغلب از روش های مخرب به منظور اندازه گیری پارامترهای کیفی محصولات کشاورزی استفاده می شود. این روش ها اغلب پیچیده، زمانبر و پرهزینه هستند. در سال های اخیر مطالعه در مورد یافتن راه حلی برای حل معایب روش های مخرب چالشی اساسی برای محققان شده است. روش های غیرمخرب می تواند برای تشخیص سریع پارامترهای کیفی محصولات کشاورزی به صورت تک تک مفید باشد. این فناوری های غیر تخریبی بسیار مطلوب و نسبت به روش های تخریبی سریع تر و اقتصادی تر هستند. طی دهه های اخیر تحقیقات گسترده ای روی کاربرد این روش ها در کیفیت سنجی میوه ها و سبزیجات صورت گرفته است در بین این روش ها، تصویربرداری فراطیفی به عنوان یک روش غیرمخرب، سریع و دوستدار محیط زیست به منظور سنجش خواص محصولات کشاورزی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در این پژوهش به بررسی تعدادی از تحقیقات که در زمینه ارزیابی غیرمخرب محصولات کشاورزی با استفاده از تصویربرداری فراطیفی صورت گرفته می پردازیم.

کلمات کلیدی: تصویربرداری فراطیفی، آنالیز غیرمخرب، محصولات کشاورزی



## ۱- مقدمه

کیفیت محصولات کشاورزی از نظر علاقه مصرف کننده و تعیین میزان پذیرش بازار از اهمیت بالایی برخوردار است بنابراین، به طور مستقیم بر عملیات ذخیره سازی و پردازش پس از برداشت تاثیر می گذارد. اندازه گیری کیفیت میوه، سبزیجات و محصولات غذایی مرکز توجه صنایع غذایی است. اندازه گیری های غیرمخرب پارامترهای کیفیت در بسیاری از محصولات کشاورزی انجام شده و در تخمین فاکتورهای کیفیت درگیر سریع و دقیق است [۱].

طی دهه های اخیر تحقیقات گسترده ای روی کاربرد روش های مخرب و غیرمخرب در کیفیت سنجی میوه ها انجام شده است ولی بیشتر روش های پیشنهادی تاکنون نتوانسته اند تمام اطلاعات مورد نیاز تعیین کیفیت و رسیدگی میوه را فراهم کند.

یکی از روش های نوین در بازرسی کیفی محصولات کشاورزی روش تصویربرداری فراطیفی فروسرخ می باشد. در تصویربرداری چندطیفی، اطلاعات یک توزیع مکانی (mxn) مورد نظر می باشد که کاربرد آن به چند طول موج محدود می باشد. به عنوان مثال، تنها سه مجموعه طول موج، قرمز، سبز و آبی در تصاویر RGB ثبت می شود. اما در تصویربرداری فراطیفی اطلاعات مکانی در ده ها طول موج، (ناحیه فروسرخ نزدیک که به دو منطقه طول موج بلند و طول موج کوتاه تقسیم می شود) به طور پیوسته در ناحیه فروسرخ دریافت و ثبت می شود. تصاویر فراطیفی نیز همانند تصاویر چند طیفی با سه مشخصه توصیف می شوند که دو مشخصه اول ابعاد مکانی و بعد سوم مربوط به طول موج های دریافت شده می باشد. داده های مربوط به تصاویر سه بعدی فراطیفی، فرامکعب نامیده می شوند. روش های تحلیلی همراه با پردازش تصویر به منظور کاهش ابعاد فرامکعب ها، انتخاب طول موج های مفید، استخراج ویژگی ها، و توسعه مدل های واسنجی و طبقه بندی استفاده می شود [۲].

در دهه گذشته، تصویربرداری فراطیفی به سرعت و به طور گسترده ای در حال تحول بوده و به عنوان یک ابزار علمی جدید در ارزیابی غیرمخرب کیفیت میوه ها و سبزیجات مورد استفاده قرار می گیرد. تکنیک تصویربرداری فراطیفی ترکیبی از تصویربرداری و طیف سنجی در یک سیستم بوده که میتواند مجموعه ای از تصاویر تک رنگ را تقریباً از صدها هزار طول موج بدست آورد. بسیاری از تحقیقات منتشر شده در زمینه تصاویر مکانی و یا پردازش و آنالیز تصاویر طیفی استفاده از تکنیک تصویربرداری فراطیفی در زمینه ارزیابی کیفیت میوه ها و سبزیجات را پیشنهاد داده اند [۳].

یک تصویر طیفی، مجموعه ای از تصاویر می باشد که هر کدام در یک نوار باریک طیفی متفاوتی قرار دارند. تصاویر فراطیفی اطلاعاتی با جزئیات بیشتر در مقایسه با تصویربرداری معمولی که فقط سه نوار طیفی مختلف در رنگ های اولیه بصری (قرمز، سبز و آبی) به دست می آورد، را فراهم می کند. بنابراین، تصویربرداری فراطیفی قابلیت و توانایی وسیعی



برای دسته بندی اشیا در تصویر بر اساس ویژگی های طیفی شان فراهم می کند. افزون بر این، تصویربرداری فراطیفی می تواند اندازه گیری های طیفی در تمام سطح محصول را نیز فراهم کند، در حالی که طیف سنج های مرسوم تنها اندازه گیری نقطه ای را انجام می دهند [۴].

در حال حاضر اغلب از روش های مخرب به منظور اندازه گیری این پارامترها استفاده می شود که مشکل، زمانبر و پرهزینه هستند. روش های غیرمخرب در اندازه گیری خواص کیفی میوه می تواند برای تعیین سریع کیفیت و رسیدگی تعداد بیشتری میوه به صورت تک تک مفید باشد. تاکنون پژوهش های مختلفی در رابطه با ارزیابی غیرمخرب محصولات کشاورزی و غذایی صورت گرفته است ما در بررسی قصد داریم که به بررسی تعدادی از این پژوهش ها بپردازیم.

## ۲- ارزیابی غیرمخرب محصولات کشاورزی به روش طیفسنجی نزدیک فروسرخ (NIR)

### ارزیابی غیرمخرب پارامترهای کیفی سیب

حسن زاده و همکاران [۳] جهت ارزیابی پارامترهای کیفی دو رقم سیب از روش تصویربرداری فراطیفی استفاده کردند در این پژوهش از تصویربرداری فراطیفی به منظور ارزیابی غیرمخرب پارامترهای کیفی دو سیب قرمز (رد دلشیز) و زرد (گلدن دلشیز) از جمله PH، مواد جامد حل شدنی (SSC)، اسید قابل تیتر (TA) و فنل کل (TP) استفاده شد. به منظور پیش بینی ویژگی های کیفی سیب ها، از روش حداقل مربعات جزئی (PLS) با پیش پردازش های مختلف استفاده شد. مدل های تدوین شده با استفاده از پارامترهای ریشه میانگین مربعات خطای اعتبار سنجی RMSECV ضریب همبستگی Rcv و نسبت انحراف معیار (SDR) ارزیابی شدند. نتایج بدست آمده نشان داد که در سیب قرمز برای PH، SSC، TA و TP بهترین روش پیش بینی به ترتیب پیش پردازش MSC SNV SNV و Normalize به ترتیب با مقادیر پیش بینی ۰/۹۹۱۹، ۰/۹۹۳۹، ۰/۹۹۰۹، ۰/۹۸۹۹ بود، در سیب زرد نیز برای PH، SSC، TA و TP به ترتیب پیش پردازش های مشتق اول، (Smoothing و مشتق دوم)، Normalize و (Normalize, SNV) به عنوان بهترین مدل پیش بینی به ترتیب با مقادیر ۰/۹۹۸۹، ۰/۹۹۸۹، ۰/۹۹۹۹ و ۰/۹۹۸۹ انتخاب شدند. نتایج مربوط به شبکه عصبی مصنوعی نیز نشان داد که در تصویربرداری فراطیفی بهترین حالت شبکه LM feed-forward با ۶ تکرار،  $R = ۰/۹۳$  و  $Performance = ۰/۰۰۵$  و  $RMSE = ۰/۰۳$  در ۳۲۵ ورودی، ۵ خروجی و ۲ لایه پنهان بود. نتایج به دست آمده نشان داد که تصویربرداری فراطیفی دارای قابلیت های متفاوت پیش بینی برای ویژگی های کیفی مورد بررسی در این پژوهش با دقت های بالا می باشد.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱- نمایی از دستگاه فراطیفی و نحوه تصویربرداری

گل محمدی و همکاران [۵] جهت بررسی اثر طول دوره انبارداری سرد بر میزان pH سیب رقم ردلیشز از تصویر برداری فراطیفی استفاده کردند در این تحقیق اثر طول دوره انبارداری سرد بر میزان pH سیب رقم ردلیشز به مدت ۶۰ روز بررسی شد. تصویربرداری فراطیفی بازتابی در محدوده طول موج های ۴۰۰-۱۱۰۰ nm انجام و میزان pH در نمونه ها نیز به صورت مخرب اندازه گیری شد. پس از حذف نویزها با تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA)، برای بهبود طیف، پیش پردازش های اولیه مختلف اعمال و اثرات آنها مورد بررسی قرار گرفت. مدل مناسب با استفاده از روش حداقل مربعات جزئی (PLS) تعیین گردید. طول موج های مهم براساس ضریب رگرسیون بهترین مدل و شامل نقاط دارای مقادیر بالای قدرمطلق ضریب رگرسیون انتخاب و یا استفاده از روش های مختلف مدل سازی شد. براساس آنالیز PLS بهترین نتایج با پیش پردازش هموارسازی ساویتزکی-گولای با خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) ۰/۰۲ و ۰/۰۱۸ و ضریب تعیین ( $R^2$ ) هر دو برابر با ۰/۹۸۰ به ترتیب برای داده های کالیبراسیون و اعتبار سنجی حاصل شد. بر اساس ضریب رگرسیون بهترین مدل، ۹ طول موج به عنوان بهترین طول موج ها تعیین شد. در مدل سازی با استفاده از طول موج های موثر، شبکه عصبی مصنوعی بهترین نتیجه را داشت. در نتیجه به نظر می رسد که روش غیرمخرب تصویربرداری فراطیفی قادر به تخمین pH سیب در دوره انبارداری با دقت بالا است.

ارزیابی محتوی جامد محلول و شاخص سفتی و رسیدگی *Malus micromalus Makino*

گیانگ گائو و همکاران [۶] جهت ارزیابی محتوی جامد محلول و شاخص سفتی و رسیدگی میوه *Malus micromalus Makino* (از جنس سیب) از تصویربرداری فراطیفی نزدیک مادون قرمز استفاده کردند در این پژوهش

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مدل های رگرسیون و طبقه بندی با استفاده از تصویربرداری فراطیفی مادون قرمز نزدیک (NIR-HSI) همراه با شیمی سنجی برای بهبود کارایی تشخیص غیرمخرب مورد بررسی قرار گرفتند. الگوریتم پیش بینی های متوالی (SPA)، قورباغه تصادفی فاصله ای، و نمونه برداری مجدد وزنی تطبیقی رقابتی برای استخراج طول موج های موثر حساس به تغییرات محتوای جامد محلول (SSC) و اطلاعات شاخص سفتی (FI) مورد استفاده قرار گرفتند. دو نوع مدل ارزیابی براساس طیف کامل و طول موج های مؤثر، یعنی رگرسیون حداقل مربعات جزئی و ماشین یادگیری شدید، برای پیش بینی SSC و FI ایجاد شدند. علاوه بر این، مدل های طبقه بندی براساس ماشین بردار پشتیبان بهبود یافته توسط بهینه ساز گرگ خاکستری (GWO-SVM) و تجزیه و تحلیل تفکیک حداقل مربعات جزئی برای افتراق مرحله بلوغ ساخته شدند. مدل های SPA-ELM و SPA-GWO-SVM به عملکرد رضایت بخشی دست یافتند. نتایج نشان می دهد که NIR-HSI برای ارزیابی کیفیت Malus micromalus Makino امکان پذیر است.

#### ارزیابی کیفیت میوه های خشک با تصویربرداری فراطیفی

سرانته و همکاران [۷] جهت ارزیابی کیفیت فندق از روش فراطیفی استفاده کردند نمونه های حاصل از انتخاب دقیق فندق با کیفیت خوب و متاثر از انواع مختلف عیوب، مربوط به اقدامات آسیب های مختلف (به عنوان مثال طبیعی و/یا مصنوعی)، شناسایی و مورد استفاده قرار گرفته اند. به منظور ساخت مدل PCA، ۱۰ گروه متشکل از ۱۰ فندق، که هر کدام شامل ۵ مغز با کیفیت خوب و ۵ مغز با کیفیت رد شده، انتخاب شده و طیف آنها در VIS-NIR و در میدان NIR به دست آمده است. در ادامه، برای نشان دادن نتایج رویکرد پیشنهادی، تصویر هدف (TI) نماینده یک گروه انتخاب شد. بنابراین تمام نتایج و کرت ها به این زیرمجموعه نمونه ارجاع می شوند، حتی اگر تمام آزمایش ها روی جمعیت فندق بزرگ تری انجام شده باشد. PCA یک ابزار شیمی سنجی برای ساخت مدل های خطی چند متغیره از مجموعه داده های پیچیده است. مدل های خطی چند متغیره PCA با استفاده از بردارهای پایه متعامد (بردارهای ویژه)، که معمولاً "مولفه های اصلی" نامیده می شوند، توسعه می یابند.

تجزیه و تحلیل طیف ها نشان می دهد که فندق های با کیفیت خوب با مقادیر بازتاب بالاتر در محدوده VISNIR (۱۰۰۰-۴۰۰ نانومتر)، در مقایسه با فندق هایی که دچار اشکال شده و یا تحت تأثیر پوسیدگی قرار گرفته اند و به عنوان رد شده طبقه بندی می شوند، مشخص می شوند.

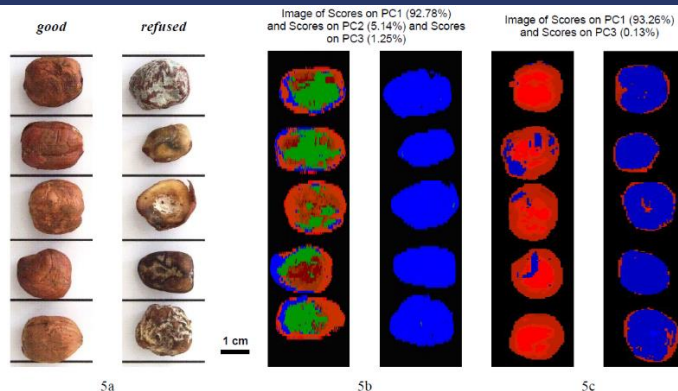
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۲- مجموعه نمونه مرجع فندق. a5: منبع تصویر. (5b) تصویر در طول موج (۴۰۰-۱۰۰۰ نانومتر) و (5c) تصویر در طول موج (۱۰۰۰-۱۷۰۰ نانومتر)

خیرعلی پور و همکاران [۸] جهت تشخیص آلودگی قارچی مغز پسته از پردازش تصاویر فراطیفی استفاده کردند. تحقیق از این روش برای طبقه بندی مغز پسته سالم و آلوده به قارچ اسپرژیلوس فلاووس، جدایه (KK1)، استفاده شد. سامانه تصویربرداری شامل یک دوربین، یک لنز ۲۵ میلی متری، دو فیلتر طول موج متغیر، منبع نوری، رایانه، کارت تصویرگیر و نرم افزار اکتساب ابرمکعب بود. هشت طبقه مختلف شامل پسته سالم و پسته آلوده در هفت مرحله از رشد قارچ، یعنی آلودگی یک روزه تا هفت روزه، مورد تحقیق قرار گرفت. برای هر طبقه حدود ۴۸ نمونه در نظر گرفته شد. هر فرامکعب شامل ۷۵ لایه تصویر، از ۹۶۰ تا ۱۷۰۰mm با فواصل ۱۰mm، بود. پس از پیش پردازش تصاویر در نرم افزار متلب، از روش تحلیل مولفه های اصلی برای به دست آوردن طول موج های موثر جهت طبقه بندی طبقه های مختلف پسته استفاده شد که سه طول موج یعنی، ۱۰۹۰، ۱۲۸۰ و ۱۷۰۰ nm انتخاب گردیدند. پس از استخراج ویژگی های مختلف در سه طول موج انتخابی، داده های بدست آمده با استفاده از روش های شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و اعتبارسنجی K-بخشی (KFCV) طبقه بندی گردیدند که دقت آنها در تشخیص پسته سالم آلوده بدون در نظر گرفتن مرحله آلودگی به ترتیب ۹۶/۸۰ و ۹۸/۵۵٪ بود. در نهایت نتیجه گرفته شد که روش تصویربرداری فراطیفی و روش های طبقه بندی مورد استفاده دارای توانایی بالایی در طبقه بندی پسته سالم و آلوده به قارچ در مراحل یک، دو، سه و بیشتر از سه روز می باشد که می توان از این روش جهت تشخیص سم آفلاتوکسین در پسته مورد استفاده قرار گیرند.

۳- نتیجه گیری





طی دهه های اخیر تحقیقات گسترده ای روی کاربرد روش های مخرب و غیرمخرب در کیفیت سنجی میوه ها انجام شده است ولی بیشتر روش های پیشنهادی تاکنون نتوانسته اند تمام اطلاعات مورد نیاز تعیین کیفیت و رسیدگی میوه را فراهم کنند. در دهه گذشته، تصویربرداری فراطیفی به سرعت و به طور گسترده ای در حال تحول بوده و به عنوان یک ابزار علمی جدید در ارزیابی غیرمخرب کیفیت میوه ها و سبزیجات مورد استفاده قرار میگیرد. و طبق تحقیقات انجام گرفته در زمینه ارزیابی غیرمخرب محصولات کشاورزی به وسیله تصویربرداری فراطیفی، کارایی این روش به اثبات رسیده است.

#### ۴- منابع:

- [1]. Abasi, S., et al., Dedicated non-destructive devices for food quality measurement: A review. Trends in food science & technology, 2018. 78: p. 197-205.
- [2]. Singh, C. B. (2009). Detection of insect and fungal damage and incidence of sprouting in stored wheat using near-infrared hyperspectral and digital color imaging.
- [3]. Hasanzadeh, B., Abbaspour-Gilandeh, Y., Soltani-Nazarloo, A., Hernández-Hernández, M., Gallardo-Bernal, I., & Hernández-Hernández, J. L. (2022). Non-Destructive Detection of Fruit Quality Parameters Using Hyperspectral Imaging, Multiple Regression Analysis and Artificial Intelligence. Horticulturae, 8(7), 598.
- [4]. ElMasry, G., Kamruzzaman, M., Sun, D. W., & Allen, P. (2012). Principles and applications of hyperspectral imaging in quality evaluation of agro-food products: a review. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 52(11), 999-1023.
- [5]. گلمحمدی، عبدالله، طهماسبی، محمد، رضوی، مهسا سادات. (۲۰۲۲). تصویربرداری فراطیفی فروسرخ نزدیک به منظور تخمین غیر مخرب pH سیب رددلیشز در دوره نگهداری فناوری های جدید در صنعت غذا, 2 (9), 99-111.
- [6]. Gao, Q., Wang, P., Niu, T., He, D., Wang, M., Yang, H., & Zhao, X. (2022). Soluble solid content and firmness index assessment and maturity discrimination of Malus micromalus Makino based on near-infrared hyperspectral imaging. Food Chemistry, 370, 131013
- [7]. Serranti, S., Gargiulo, A., & Bonifazi, G. (2012, May). Dried fruits quality assessment by hyperspectral imaging. In Sensing for Agriculture and Food Quality and Safety IV (Vol. 8369, pp. 210-220). SPIE.
- [8]. خیرعلی پور، کامران و احمدی، حجت و رجبی پور، علی و رفیعی، شاهین، ۱۳۹۲، تشخیص آلودگی قارچی در مغز پسته بر اساس پردازش تصاویر فراطیفی، هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون ایران، مشهد، <https://civilica.com/doc/284447>



## ارزیابی غیرمخرب محصولات کشاورزی با استفاده از طیفسنجی فروسرخ نزدیک (NIR)

میثم لطیفی عموقین<sup>۱\*</sup>، اسما کیسالائی<sup>۲</sup>، وحید نیساری فام<sup>۳\*</sup>، محمد طهماسبی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی، (meisamlatifi75@gmail.com)

۲- دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی، (vahidnf318@gmail.com)

۴- دانش آموخته ی دکتری مکانیک بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی

### چکیده

ارزیابی کیفیت و درجه بندی میوه ها و سبزی ها یکی از فعالیت های پس از برداشت است که با توجه به رشد تقاضا برای محصولات سالم و با کیفیت بهتر، مورد توجه زیادی قرار گرفته است. در دهه های اخیر روش های مختلفی برای ارزیابی میوه ها و سبزی ها به صورت غیرمخرب کاربرد پیدا کرده است که یکی از این روش ها ارزیابی محصولات کشاورزی به روش طیفسنجی فروسرخ نزدیک (NIR) می باشد طیفسنجی فروسرخ نزدیک (NIR) یک تکنیک مناسب برای تجزیه و تحلیل کمی و کیفی در پزشکی، کشاورزی، شیمی و سایر علوم است. این تکنیک، ارزان تر از روش های معمولی و سازگار با محیط زیست، معمولاً می تواند بدون نیاز به آماده سازی نمونه استفاده شود. در این بررسی تعدادی از پژوهش ها که در زمینه ارزیابی غیرمخرب محصولات کشاورزی با استفاده از طیفسنجی (NIR) انجام گرفته اند بررسی شده است. کلمات کلیدی: طیفسنجی فروسرخ نزدیک (NIR)، آزمون غیرمخرب، اسپکترومتر



## مقدمه

میوه ها، سبزیجات و سایر محصولات غذایی مهمترین منبع ویتامین ها، مواد معدنی و آنتی اکسیدان ها هستند و نقش اساسی در رژیم غذایی انسان دارند [۱] تشخیص پارامترهای کیفی محصولات کشاورزی به روش مخرب نیازمند هزینه و وقت زیادی است و اگر لازم باشد خصوصیات کیفی مورد ارزیابی قرار گیرد باید محصول مورد نظر تخریب گردد. همچنین در مواردی که لازم باشد همه محصول به صورت تک به تک مورد ارزیابی قرار گیرند روش مخرب به دلیل هجومی بودن آن امکان پذیر نبوده و لازم است در بررسی کیفیت درونی و بیرونی محصول روش های غیرمخرب و سریع مورد استفاده قرار گیرد. در روش غیرمخرب بدون هیچ گونه تغییر در محصول، پارامترهای کیفی شناسایی و امکان درجه بندی آنها بر اساس کیفیت امکان پذیر می باشد. در سال های اخیر، به کارگیری روش های غیرمخرب در ارزیابی کیفیت محصولات زراعی، مورد توجه بیش تر پژوهشگران قرار گرفته است و حجم پژوهش های انجام یافته در این زمینه افزایش چشمگیری داشته است. در دو دهه ی گذشته، به کارگیری روش های غیرمخرب مانند ماشین بینایی، روش های اپتیکی چون طیفسنجی فروسرخ نزدیک، طیفسنجی رامان و طیفسنجی رزونانس مغناطیسی هسته، انتشار صوت، روش فراصوت و غیره، کاربرد زیادی در ارزیابی کیفیت محصولات کشاورزی پیدا کرده اند که هر یک برای اندازه گیری پارامتر کیفی خاصی به کار گرفته شده است [۲]. طیفسنجی فروسرخ نزدیک (NIR) یک تکنیک مناسب برای تجزیه و تحلیل کمی و کیفی در پزشکی، کشاورزی، شیمی و سایر علوم است. این تکنیک، ارزان تر از روش های معمولی و سازگار با محیط زیست، معمولاً می تواند بدون نیاز به آماده سازی نمونه استفاده شود [۳].

طیفسنجی نوری یک فناوری آزمون غیرمخرب اپتیکی و پر کاربرد در حوزه کشاورزیست که بر پایه اندازه گیری - های بازتاب یا عبور نور و تحلیل و تفسیر طیف های جذبی و نشری به مطالعه تجربی برهمکنش نور و ماده می پردازد. این فناوری توانایی نمایش جزئیات ترکیبی مواد و اندازه گیری ترکیبات شیمیایی مواد بیولوژیک را به صورت سریع و غیرمخرب دارد. از تلفیق این فناوری با تصویربرداری، یا به عبارتی با تصویربرداری طیفی می توان به طور همزمان اطلاعات شیمیایی و ویژگی های ظاهری نمونه مورد بررسی را به ترتیب از آنالیزهای طیفی و مکانی تصاویر دریافت کرد [۴].

استفاده از روش طیفسنجی فروسرخ نزدیک در بسیاری از زمینه ها از جمله در پزشکی، کشاورزی، نساجی، تولید لوازم آرایش و بهداشتی، و داروسازی کاملاً شناخته شده و رو به افزایش است. استفاده از این روش غیرمخرب همراه با تکنیک های شیمیسنجی (روش های پیشرفته آماری در طیفسنجی که با آن داده های مزاحم حذف و داده های اصلی حفظ می شوند) منجر به ایجاد ابزاری موثر در تعیین ویژگی هایی متنوع در بسیاری از زمینه ها گردیده است که از مزایای



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



آن نسبت به سایر روش های غیرمخرب می توان به سرعت، دقت، هزینه کم، اندازه گیری چندین صفت در یک بار آزمایش، و بی نیاز از آماده سازی خاص اشاره کرد [۵]. با پیشرفت های اخیر در NIRS و روش های شیمی سنجی و ساخت اسپکترومترهای قابل حمل، این امکان فراهم آمده است تا بتوان با تعیین شاخص های رسیدگی محصول در مراحل مختلف در مزرعه به صورت غیرمخرب و در تعداد زیاد نمونه، زمان برداشت به موقع محصول را بهتر پیش بینی کرد. سرعت و دقت این روش در تعیین شاخص های کیفی انواع سبزی و میوه در تعداد نمونه زیاد باعث گردیده تا در بسیاری از سیستم های درجه بندی و کنترل کیفیت میوه و سبزی از این روش استفاده شود [۶].

با توجه به موارد گفته شده ما در این مقاله قصد داریم تعدادی از تحقیقات انجام شده در زمینه ارزیابی غیرمخرب محصولات کشاورزی با استفاده از طیف سنجی را مورد بررسی قرار دهیم.

### ۲- ارزیابی غیرمخرب محصولات کشاورزی به روش طیف سنجی فروسرخ نزدیک (NIR)

#### سنجش غیرمخرب محصولات غده ای

طی پژوهشی آقای سعیدی و همکاران [۷] برای ارزیابی قند موجود در چغندر قند از ترکیب روش های طیف سنجی و شیمی سنجی استفاده کردند در این پژوهش، توانایی روش طیف سنجی بازتابی NIR به منظور سنجش غیرمخرب میزان قند موجود در ریشه های چغندر قند بررسی شد. در این راستا، طیف گیری از ۱۲۰ نمونه چغندر قند در مد اندازه گیری تقابلی و در محدوده ی طیفی ۲۵۰۰-۳۵۰۰nm انجام شد. در این پژوهش از دستگاه طیف سنج (ASD, Inc. USA) ساخت کشور آمریکا استفاده شد. این اسپکترومتر بسیار کوچک، سبک، قابل حمل، دارای تکفام ساز نوع پاشنده و شامل سه آشکارساز در دامنه های ۳۵۱ دارای ۵۱۲ عنصر از نوع آرایه ی سیلیکونی - طول موج ۱۸۳۰-۱۰۰۰ از نوع InGaAs و ۲۵۰۰-۱۸۳۰ نانومتر از نوع InGaAs با درجه ی حساسیت متفاوتی نسبت به تغییرات دما و رطوبت است که محدوده ی طیفی ۲۵۰۰-۳۵۰۰nm را به خوبی پوشش می دهد. سرعت برداشت هر منحنی طیفی ۰,۱ ثانیه می باشد. این اسپکترومتر دارای اندازه تفکیک طیفی ۳<sup>۴</sup>، ۱۰ و ۱۰ نانومتر به ترتیب در ۷۰۰، ۱۴۰۰ و ۲۱۰۰ نانومتر می باشد. در این اسپکترومتر از منبع نور هالوژن-تنگستن مدل High Intensity Contact Probe A122300 (ASD, Inc USA) دارای توان خروجی ۵/۶ وات و ولتاژ DC ۱۸-۱۲ ولت استفاده شده است. یک کاوشگر فیبر نوری تک شاخه مدل Ceram Optic ۱۰۶۶۲۲ شامل ۵۷ فیبر نوری موازی که به صورت تصادفی توزیع شده اند، در اندازه گیری های مد تقابلی مورد استفاده قرار گرفته است؛ به طوری که ۱۹ فیبر نوری با قطر ۱۰۰µm، مناسب برای محدوده ی طیفی ۳۵۰-۱۰۵۰ nm و ۳۸ فیبر نوری با قطر ۲۰۰µm، مناسب برای محدوده ی طیفی ۱۰۰۰-۲۵۰۰ می باشد.



داده های طیفی حاصل از اسپکترومتر، افزون بر اطلاعات نمونه شامل اطلاعات ناخواسته و نویز هستند. به همین دلیل، برای دستیابی به مدل های واسنجی دقیق، نیاز به پیش پردازش داده های طیفی پیش از تدوین مدل های رگرسیون است. در این راستا، مدل های واسنجی چندمتغیره حداقل مربعات جزئی (PLS) بر پایه ی اندازه گیری های مرجع و اطلاعات طیف های پیش پردازش شده با ترکیب روش های مختلف هموارسازی، نرمال سازی و افزایش قدرت تفکیک طیفی برای سنجش میزان قند تدوین شدند. نتایج پیش گویی میزان قند (SC) نمونه های چغندر قند با پوست، با مدل PLS بر پایه ترکیب SG+D2 بهترین تشخیص را دارا بود؛ به گونه ای که پیش پردازش SG+D ( $R_c^2 = 0.973$ ),  $RMSEP = 0.265$ ,  $R_p^2 = 0.997$ ,  $RMSEC = 0.306$ ) با دقت عالی ( $SDR = 6.660$ ) توانست مقدار SC را پیش گویی نماید. در شکل زیر نمایی از دستگاه و نحوه طیف سنجی را مشاهده می کنید.



شکل ۱: دستگاه طیف سنج نوری و نحوه چیدمان دستگاه

باقرپور و همکاران [۸] جهت تشخیص رطوبت و درجه بریکس هویج از روش طیف سنجی استفاده کردند اندازه گیری رطوبت و میزان قند موجود در ریشه های هویج دو فاکتور مهم در تشخیص کیفیت درونی و تا حدودی ظاهری آن می باشند و با اندازه گیری این دو پارامتر می توان این محصول را بخوبی درج بندی کرد. هر چند برای تغییرات زیاد در رطوبت محصول هویج امکان تشخیص و جداسازی آن با روش های دیگر همچون پردازش تصویر و یا به صورت دستی امکان پذیر است ولی برای تغییرات کوچک در رطوبت و یا جداسازی بر اساس شیرینی، روش طیف سنجی میتواند گزینه مناسب تری باشد. در این مطالعه ۱۰۰ نمونه هویج به صورت تصادفی انتخاب و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری، مدلی برای تخمین رطوبت و شاخص بریکس ریشه ها تدوین گردید جمع آوری طیف از نمونه ها به روش بازتابشی و با استفاده از دستگاه اسپکترومتر NIR (مدل EPP2000NIR) انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که با بکارگیری

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



روش NIR در محدوده طول موج ۱۶۰۰ - ۹۰۰ نانومتر به دلیل وجود پیوندهای C-H و H-O می توان میزان رطوبت و مواد جامد محلول را به راحتی اندازه گیری کرد. برای پردازش طیف، از میان پیش پردازش های MSC مشتق اول و دوم، پیش پردازش MSC نتایج بهتری را نسبت به بقیه پیش پردازش ها نشان داد و به عنوان انتخاب اول در نظر گرفته شد. مقایسه بین نتایج مدل با استفاده از شاخص RMSEP و ضریب تعیین  $R^2$  انجام گرفت. با بکار گیری مدل PLS و پیش پردازش MSC، مقدار RMSEP به ترتیب ۱/۱۳ و ۱/۰۷ و ضریب همبستگی نیز به ترتیب ۰/۹۲ و ۰/۹۶ برای تشخیص میزان رطوبت و مواد جامد محلول بدست آمد. همچنین با مقایسه شاخص SDR که نسبت به دو شاخص قبلی، پارامتر مناسب تری برای مقایسه مدل ها است، دوباره مدل PLS در پیش پردازش MSC بیشترین مقدار را نشان می دهد. نتایج پژوهش بیانگر این است که روش طیفسنجی فروسرخ نزدیک قابلیت خوبی برای اندازه گیری رطوبت و مواد جامد محلول هویج داشته و مدل خطی PLS نیز برای این کار مناسب می باشد.

### تخمین رسیدگی تعدادی از میوه با استفاده از طیفسنجی

تخمین بلوغ برای برداشت میوه در زمان صحیح بسیار مهم است که به نوبه خود منجر به کیفیت خوب و ماندگاری طولانی تر میوه می شود. محققان چندین شاخص بلوغ میوه از جمله ویژگی های زمانی، فیزیکی و بیوشیمیایی (مخرب) را در سال های گذشته بررسی کرده اند. در سال های اخیر، تکنیک های سریع غیرمخرب مختلف همراه با الگوریتم های شیمیسنجی مختلف برای تخمین بلوغ میوه در زمان برداشت توسعه یافته اند. در میان تکنیک های غیرمخرب، طیفسنجی نزدیک مادون قرمز (NIR) نتایج امیدوارکننده ای را برای تخمین بلوغ برداشت میوه نشان داده است. در این بخش به بررسی کارهای گسترده انجام شده بر روی تخمین رسیدگی میوه های مختلف مانند سیب، انبه، انگور، هلو، گلابی و خربزه با استفاده از طیفسنجی های مختلف NIR در سال های اخیر می پردازیم.

در سیب، SSC یکی از مهم ترین شاخص های کیفیت است و با بلوغ، زمان برداشت و طعم مرتبط است [۹]. پیش بینی SSC با استفاده از تکنیک های سریع و غیرمخرب مانند طیفسنجی NIR برای تامین سیب های با کیفیت بهتر برای برآورده کردن نیازهای مصرف کننده مهم است. برخی از مطالعات طیفسنجی [۱۰] نشان می دهند که طول موج های نزدیک مادون قرمز قابل مشاهده برای بافت های بدون کبودی بازتاب بالاتری نسبت به بافت های تازه کبود شده دارند. این مشاهدات اساسی توسط Bilanski و همکاران توسعه داده شده است. [۱۱] و پن و همکاران. [۱۲] برای تمایز بین بافت سیب پوست کنده نشده و کبود شده با طبقه بندی طول موج های خاص. یک رابطه توسط Moons و همکاران ایجاد





شده است. [۱۳] بین پارامترهای کیفی میوه مانند pH، محتوای قند و اسیدیته، و طیف NIR [۱۴] با استفاده از نتایج خوش حالی نشان می دهد که اندازه گیری کیفیت داخلی سیب با توسعه یک تکنیک غیرمخرب امکان پذیر است. در میوه انبه، مقدار ماده خشک (DM) با درجه کربوهیدرات موجود در میوه (والش و همکاران) مطابقت دارد. [۱۵]. این یک معیار مهم برای بلوغ میوه در نظر گرفته می شود. DM را می توان به طور مخرب محاسبه کرد، اما اخیراً محققان روش های طیفسنجی و ابزارهای دستی قابل حملی را توسعه داده اند که دقیقاً DM میوه را در حالی که هنوز روی درخت است تخمین می زند [۱۶، ۱۷]. بسیاری از مطالعات قبلی امکان استفاده از طیفسنجی مادون قرمز نزدیک (NIR) را برای تخمین DM در میوه انبه، در حالت انتقال، همانطور که توسط برخی از دانشمندان [۱۸] برای تخمین SSC و DM پیشنهاد شده است، نشان داده اند.

معیارهای بلوغ برای بازاریابی انگور تنها به سه پارامتر کلیدی بستگی دارد: SSC، pH و TA. در حالی که SSC و TA شاخص های کیفیت ارزشمندی هستند، عوامل دیگری نیز وجود دارند که تأثیر قوی بر قضاوت حسی دارند [۱۹]. تجزیه و تحلیل حسی برای ارزیابی انگورها از نظر مقبولیت بازار مناسب است. در میان تکنیک های غیرمخرب، طیفسنجی NIR یکی از پیشرفته ترین روش ها برای ارزیابی رسیدگی انگورها است. طیفسنجی NIR در حالت عبور توسط [۲۰] برای پیش بینی SSC در محدوده ۷۰۰-۱۰۶۰ نانومتر استفاده شده است و نتایج عالی را نشان می دهد.

با استفاده از تکنیک های طیفسنجی NIR، ارزیابی SSC ممکن است برای میوه هایی با اندازه بزرگ و پوست ضخیم مانند هندوانه و خربزه سخت تر از میوه های با اندازه کوچک و پوست نازک باشد [۲۱]. توزیع سطح SSC در هر میوه غیریکنواخت شناخته شده است. لانگ [۲۲] گزارش داد که در موقعیت کاسه گل در خربزه، SSC بالاتر از موقعیت ساقه بود در حالی که SSC در بافت خارجی کمتر از غلاف داخلی میوه بود. طیف بازتاب NIR، بر اساس انواع میوه و شدت نور، می تواند به عمق حدود ۴ تا ۲۰ میلی متر به داخل میوه نفوذ کند، که می تواند برای ارزیابی SSC با توجه به میوه هایی که پوست نازک و اندازه کوچکی دارند، به دلیل طیف مناسب کافی باشد. اطلاعات را می توان به دست آورد [۲۳]. با این حال خربزه هایی مانند رقم حامی دارای پوست ضخیم هستند اما در خربزه کامل ضخامت پوست از انتهای ساقه تا کاسه گل یکنواخت نیست. در نتیجه، وقتی ناحیه ای با ضخیم ترین لایه برداری برای دریافت اطلاعات طیفی انتخاب می شود، اطلاعات طیفی نمی تواند به طور موثر به دست آید. در این مورد، یک موقعیت قابل قبول و نماینده برای جمع آوری و ارزیابی طیف SSC مورد نیاز است. برای هندوانه، سه مدل پیش بینی SSC توسط Jie و همکاران توسعه داده شده است. [۲۴]، بر اساس سه موقعیت مختلف: کاسه گل، ساقه و قسمت استوایی میوه، و متعاقباً مشخص شد که مدل مبتنی بر کاسه بهترین پیش بینی نتیجه را داشت ( $R^2 = 0.823$  و  $RMSEP = 0.652$ ). در تعیین مقدار SSC، تیان و همکاران.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



[۲۵] از میانگین طیف های عبور Vis-NIR کاسه گل، ساقه و استوای خربزه های «هتاو» و «بایی» استفاده کرد. در این آزمایش ها داده های طیفی از موقعیت های کاسه گل، ساقه و استوا به دست آمد. با این وجود، SSC به دست آمده از موقعیت های محلی را می توان به عنوان SSC کل خربزه نشان داد. در حالی که در مطالعات قبلی ذکر نشده بود که کدام موقعیت برای تشخیص SSC کل خربزه بهتر است. SSC عمدتاً به عنوان شاخص رسیدگی برای تخمین کیفیت خربزه استفاده شده است. محققان همچنین سعی کرده اند رسیدگی خربزه را با استفاده از سفتی به عنوان پارامتر رسیدگی تخمین بزنند. پیش پردازش های مختلفی از جمله نرمال سازی، صاف کردن، MSC، SNV، فیلترکردن و تکنیک های مشتق اول و دوم (Savitzky-Golay (SG) گزارش شده است. تکنیک های رگرسیون و طبقه بندی شامل PLS، MLR، MPLS عمدتاً برای توسعه مدل استفاده می شوند. مقادیر  $R^2$  آینده امیدوارکننده طیفسنجی NIR را برای تخمین کیفیت غیرمخرب میوه های پوست غلیظ مانند خربزه نشان می دهد.

در کیوی، جدای از تولید DM، TA و اتیلن، SSC و سفتی دو ویژگی اصلی کیفیت هستند که به عنوان شاخص کیفیت خوردن استفاده می شوند. نتایج نشان داد که طیف NIR همبستگی خوبی با SSC ( $R^2 = 0.91$ ) و  $RMSEP = 1.01$ ) نسبت به سفتی ( $R^2 = 0.81$  و  $RMSEP = 11.64$ ) دارد. [۲۶] طیف عبور NIR را در محدوده ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر برای پیش بینی TA در میوه های کیوی اعمال کرد. مدل پیش بینی مبتنی بر PLS نتایج امیدوارکننده ای را با  $R^2 = 0.94$  و  $RMSEP = 0.076$  نشان داد. در مقابل، [۲۷] SSC، استحکام و TA را با نتایج عالی با استفاده از محدوده طیفی گسترده بین ۴۰۰ و ۲۵۰۰ نانومتر، به ترتیب ( $R^2 = 0.99$  و  $SEP = 0.49$ )، ( $R^2 = 0.94$  و  $SEP = 3.32$ )، و ( $R^2 = 0.95$  و  $SEP = 0.28$ ) پیش بینی کرد. و توانایی پیش بینی بلندمدت DM توسط [۲۸] بررسی شده است. آنها DM و داده های طیفی کیوی رسیده و نارس را جمع آوری کردند. یک مدل حداقل مربع جزئی (SIPLS) با فاصله هم افزایی ( $R^2 = 0.90$ ) و  $RMSEP = 0.53$ ) بر اساس طیف کیوی نارس و DM میوه رسیده ساخته شد. برای تخمین DM کیوی، [۲۹] از طیف های NIR در حالت تعامل با محدوده طیفی بین ۸۰۰ و ۱۰۰۰ نانومتر استفاده کرد. هموارسازی S-G و نرمال سازی ناحیه بر روی داده های طیفی به عنوان تکنیک های پیش پردازش اعمال شد. مدل پیش بینی DM مبتنی بر PLS که با استفاده از داده های میوه رسیده ساخته شده است، نتایج بهتری ( $R^2 = 0.97$  و  $RMSEP = 0.29$ ) را نسبت به آن مدل نشان می دهد که با استفاده از داده های میوه نارس ( $R^2 = 0.97$  و  $RMSEP = 0.39$ ) [۳] گونه های مختلف کیوی را طبقه بندی کرد. تاریخ های مختلف برداشت، با اعمال طیف های FT-NIR در حالت بازتاب، محدوده طیفی بین ۱۱۳۰ تا ۲۲۲۰ نانومتر بود، مدل سازی مستقل نرم قیاس کلاس (SIMCA) با دقت طبقه بندی ۹۲٫۳ درصد با استفاده از سه طول موج مشخصه (CW) در ۱۱۹۰، ۱۴۵۰ و ۱۹۴۰ نانومتر اعمال شد. بر اساس این مطالعات، مدل های مبتنی بر PLS که با داده های طیف تعاملی ساخته شده اند،

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



دقت پیش بینی بهتری نسبت به مدل هایی که با استفاده از داده های طیفی انعکاس و گذرا ساخته شده اند، دارند. طیف های NIR در محدوده ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر، نتایج خوبی نشان داد، با این حال، رنج طیفی کامل NIR را می توان برای دستیابی به نتایج بهتر مورد استفاده قرار داد.

طعم هلو عمدتاً به SSC، DM و اسیدیته آن، همراه با سفتی آن بستگی دارد که در طول زمان به طور قابل توجهی تغییر می کند. با استفاده از طیف سنجی NIR، این ویژگی های کیفی برای ارزیابی بلوغ و کیفیت هلو مورد بررسی قرار گرفته اند. [۳۱] از محدوده طول موج طیفی بین ۳۲۵ و ۱۰۷۵ نانومتر در حالت بازتاب استفاده کرد و از تحلیل متغیر پنهان (LVA) و تجزیه و تحلیل مؤلفه های مستقل (ICA) استفاده کرد. SSC و اسیدیته توسط PLS و مدل های پیش بینی ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات (LSSVM) مورد ارزیابی قرار گرفت PLS. توسط LSSVM با نتایج بهینه (RMSEP = 0.42 و R2 = 0.95) و (RMSEP = 0.047 و R2 = 0.96) به ترتیب برای SSC و اسیدیته عملکرد بهتری داشت.

برای شناسایی تنوع چهار رقم هلو، مانند "Hongmi"، "Shahong"، "Laishanmi" و "Beijing 8"، طیف سنجی NIR توسط [۳۲] در محدوده طول موج ۸۳۳ تا ۲۵۰۰ نانومتر، طیف بازتابی پراکنده NIR استفاده شده است. جمع آوری شدند. الگوریتم پیش بینی های متوالی (SPA)، حذف متغیر غیر اطلاعاتی بر اساس حداقل مربعات جزئی (UVE-PLS) و تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) به ترتیب برای استخراج ۱۰ و ۱۰۶۷ طول موج مشخصه (CWs) و هشت رایانه شخصی از طیف کامل استفاده شده است. ماشین یادگیری افراطی (ELM) و LSSVM برای ایجاد مدل های شناسایی تنوع مورد استفاده قرار گرفته اند. هر دو مدل مبتنی بر PCA در حالی که تنها مدل LSSVM مبتنی بر UVE-PLS نتایج عالی را با دقت ۱۰۰٪ ارائه می دهد. این مطالعات نشان می دهد که NIRS می تواند روی هلو برای ارزیابی ویژگی های کیفیت و بلوغ اعمال شود.

در گلابی، یکی از شاخص های کیفیت داخلی میوه SSC است که بر شرایط نگهداری، ماندگاری، ترجیح مصرف کننده و قیمت واحد تأثیر می گذارد. [۳۳] که ارزیابی غیرمخرب SSC، pH و سفتی در ارقام مختلف گلابی را بررسی کرده است. با تکنیک های مختلف پیش پردازش، PLS و LSSVM برای مدل های کالیبراسیون پیاده سازی شده اند. این مطالعه نشان داد که در مقایسه با مناطق طول موج Vis و NIR، Vis-NIR نتایج بهینه را برای مدل های LSSVM و PLS نشان می دهد. هر سه مدل PLS برای SSC، pH و استحکام نسبت به مدل های LSSVM بهتر عمل کرده اند. بهترین نتایج عملکرد پیش بینی توسط LSSVM برای SSC، pH و سفتی (RMSEP = 0.25 و R2 = 0.92)، (RMSEP = 0.88 و R2 = 0.058) و (RMSEP = 0.62 و R2 = 0.89) به دست آمد. [۳۴] NIRS را با استفاده از روش تعامل در منطقه



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



با طول موج کوتاه (۸۵۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر)، برای تخمین SSC به کار برد. مدل رگرسیون مبتنی بر PLS پس از اعمال روش هموارسازی SG مرتبه دوم بر روی طیف جذب ایجاد شد. این مطالعه نتایج امیدوار کننده ای را با خطای استاندارد پایین عملکرد 0.40 (SEP) درجه بریکس ارائه کرد. بر اساس این مطالعات، LSSVM از مدل های پیش بینی مبتنی بر PLS بهتر عمل کرد. بنابراین مدل های غیر خطی می توانند جایگزین بهتری برای اندازه گیری کیفیت داخلی میوه باشند. مدل یادگیری ماشینی برای تخمین بلوغ میوه برای یک واریته ممکن است مستقیماً برای گونه های دیگر همان میوه قابل اجرا نباشد و نیاز به تنظیم تخمین گر یا تخمین گر جدید با نمونه های بیشتری از آن رقم داشته باشد. ما مشاهده کردیم که مدل های پیش بینی ساخته شده با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLS) نتایج امیدوار کننده ای را برای سیب، انبه، انگور، خربزه و کیوی نشان می دهند. مدل های غیرخطی مانند ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات (LSSVM) نیز نتایج امیدوار کننده ای را برای میوه هایی مانند گلابی و هلو ارائه می دهند.

### آنالیز غیرمخرب روغن های خوراکی

بین چن و همکاران [۳۵] طی پژوهشی جهت تمایز چهار نوع روغن خوراکی سویا، روغن نخل، روغن کنجد و روغن بادام زمینی از روش طیفسنجی 2D-NIR استفاده کردند به دلیل شباهت اسیدهای چرب تشکیل دهنده روغن های گیاهی مختلف و همپوشانی جدی طیف های NIR آنها، این های NIR نمی توانند برای تمایز بین انواع مختلف روغن های گیاهی (روغن سویا، روغن بادام زمینی، روغن نخل و روغن کنجد) استفاده شوند.

مطالعه حاضر در افزایش وضوح طیفی و ساده سازی طیف های پیچیده با پیک های همپوشانی متعدد از طریق استفاده از تکنیک تحلیل همبستگی دوبعدی تعمیم یافته در تحلیل طیفی موفق بوده است. با استفاده از طیف های توان خودکار، اطلاعات پیک خودکار بسیار واضح تری در محدوده ۸۷۵۰-۴۵۰۰  $\text{cm}^{-1}$  به دست آمد.

در مطالعه تمایز چهار نوع روغن نباتی، محدوده ۴۸۰۰-۴۵۰۰  $\text{cm}^{-1}$  به عنوان منطقه کلیدی پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات اوج خودکار در محدوده کامل انتخاب شد. چهار نوع روغن نباتی از طریق بررسی تفاوت ها در اطلاعات پیک مرتبط مانند تعداد پیک و مکان اوج در طیف های همزمان 2D-NIR در ناحیه کلیدی، با موفقیت متمایز شدند. مقایسه روغن های بادام زمینی تولیدکنندگان مختلف بر اساس طیف های آنها در محدوده ۴۵۰۰ تا ۸۷۵۰  $\text{cm}^{-1}$ ، به ویژه در مناطق ۵۵۰۰ تا ۶۱۰۰  $\text{cm}^{-1}$  و ۴۵۰۰ تا ۴۸۰۰  $\text{cm}^{-1}$ ، نشان داد که تفاوت بین روغن های تولیدکنندگان مختلف متصل به یک هلدینگ بسیار کم است و اینکه سازندگان وابسته به هلدینگ های مختلف تفاوت های بزرگتری داشتند. این ممکن است به دلیل فناوری های مختلف تولید مورد استفاده توسط هلدینگ های مختلف باشد. تفکیک روغن نباتی به این روش



مستلزم محاسبه کمتر و تفاوت های واضح تر بین طیف ها است. علاوه بر این، این رویکرد همچنین می تواند برای تمایز سایر محصولات طبیعی پیچیده استفاده شود بنابراین، طیفسنجی 2D-NIR می تواند به عنوان روشی مؤثر برای تشخیص انواع روغن های گیاهی مورد استفاده قرار گیرد.

### ۳- نتیجه گیری

برای اندازه گیری ویژگی های کیفی میوه ها و سبزی ها از روش های مخرب و غیرمخرب متعددی استفاده می شود روش های مخرب عمدتاً هزینه بر و وقت گیر هستند استفاده از روش های غیرمخرب همچون طیفسنجی نزدیک مادون قرمز یک روش بسیار مناسب برای بررسی کیفیت داخلی میوه ها و محصولات کشاورزی بوده و علاوه بر سرعت زیاد در تشخیص می توان از آن به طور مداوم در خط تولید استفاده کرد.

### ۴- منابع:

- [1]. Rizzolo, M. Vanoli, L. Spinelli, A. Torricelli, Sensory characteristics, quality and optical properties measured by time-resolved reflectance spectroscopy in stored apples, *Postharvest Biology and Technology*, 58 (2010) 1-12.
- [2]. Butz, P., C. Hofmann, and B. Tauscher. (2005). Recent developments in noninvasive techniques for fresh fruit and vegetable internal quality analysis. *Journal of Food Science*. 70 (9), 131-141.
- [3]. Jamshidi, B.; Mohajerani, E.; Jamshidi, J.; Minaei, S.; Sharifi, A. Non-destructive detection of pesticide residues in cucumber using visible/near-infrared spectroscopy. *Food Addit. Contam. Part A* 2015, 32, 857-863.
- [4]. جمشیدی، ب. (۱۳۹۷) شناسایی سریع محصول آلوده به سم آفت کش با روش های نوین فناوری آزمون غیرمخرب. دوره ۲، شماره ۲. صفحات ۶۵-۵۸.
- [5]. Teye, E., Huang, X. and Afoakwa, N. 2013. Review on the potential use of near infrared spectroscopy (NIRS) for the measurement of chemical residues in food. *Am. J. Food Sci. Technol.* 1(1): 1-8.
- [6]. Nicolai, B. M., Defraeye, T., Ketelaere, B. D., Herremans, E., Hertog, M. L., Saeys, W., Torricelli, A., Vandendriessche, T. and Verboven, P. 2014. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality. *Food Sci. Tech.* 5, 285- 312.
- [7]. آقای سعیدی، مینایی، جمشیدی & عبداللهیان نوقایی. (۲۰۱۸). سنجش غیرمخرب عیار چغندر قند با بهره گیری از ترکیب طیفسنجی فروسرخ نزدیک (NIR) با روش های شیمی سنجی. *مهندسی بیوسیستم ایران*. 49(1), 9-18.
- [8]. باقرپور، محمدی منور & حسنا. (۲۰۱۷). تشخیص رطوبت و درجه بریکس هویج با استفاده از طیفسنجی فروسرخ نزدیک. *مهندسی بیوسیستم ایران*. 48(1), 1-7.
- [9]. S. Fan, B. Zhang, J. Li, C. Liu, W. Huang, X. Tian, Prediction of soluble solids content of apple using the combination of spectra and textural features of hyperspectral reflectance imaging data, *Postharvest Biol. Technol.* 121 (2016) 51-61, <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.07.007>.
- [10]. Brown, G. K., Segerlind, L. J., & Summitt, R. (1974). Near-infrared reflectance of bruised apples. *Transactions of the ASAE*, 17(1), 17-0019.



- [11]. Bilanski, W. K., Pen, C. L., & Fuzzen, D. R. (1984). Apple bruise detection using optical reflectance parameters. *Canadian agricultural engineering*.
- [12]. C.L. Pen, W.K. Bilanski, D.R. Fuzzen, Classification analysis of good and bruised peeled apple tissue using optical reflectance, *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. (1985), <https://doi.org/10.13031/2013.32251>.
- [13]. Moons, E., Dardenne, P., Dubois, A., & Sindic, M. (1997, February). Nondestructive visible and NIR spectroscopy for the determination of internal quality in apple. In *Proceedings from the Sensors for Non-destructive Testing International Conference and Tour* (pp. 18-21).
- [14]. Lammertyn, J., Nicolai, B., Ooms, K., De Smedt, V., & De Baerdemaeker, J. (1998). Non-destructive measurement of acidity, soluble solids, and firmness of Jonagold apples using NIR-spectroscopy. *Transactions of the ASAE*, 41(4), 1089.
- [15]. K.B. Walsh, P.P. Subedi, In-field monitoring of mango fruit dry matter for maturity estimation, *Acta Hort.* (2016), <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1119.38>.
- [16]. Sánchez, M. T., De la Haba, M. J., & Perez-Marin, D. (2013). Internal and external quality assessment of mandarins on-tree and at harvest using a portable NIR spectrophotometer. *Computers and electronics in agriculture*, 92, 66-74.
- [17]. Subedi, P. P., Walsh, K. B., & Owens, G. (2007). Prediction of mango eating quality at harvest using short-wave near infrared spectrometry. *Postharvest Biology and Technology*, 43(3), 326-334.
- [18]. Greensill, C. V., & Walsh, K. B. (2000). A remote acceptance probe and illumination configuration for spectral assessment of internal attributes of intact fruit. *Measurement Science and Technology*, 11(12), 1674.
- [19]. Jayasena, V., & Cameron, I. (2008). ° Brix/acid ratio as a predictor of consumer acceptability of Crimson Seedless table grapes. *Journal of food Quality*, 31(6), 736-750.
- [20]. Fernández-Novales, J., López, M. I., Sánchez, M. T., García-Mesa, J. A., & González-Caballero, V. (2009). Assessment of quality parameters in grapes during ripening using a miniature fiber-optic near-infrared spectrometer. *International journal of food sciences and nutrition*, 60(sup7), 265-277.
- [21]. Ito, H., Morimoto, S., Yamauchi, R., Ippoushi, K., Azuma, K., & Higashio, H. (2001, September). Potential of near infrared spectroscopy for non-destructive estimation of soluble solids in watermelons. In *II International Symposium on Cucurbits 588* (pp. 353-356).
- [22]. Long, R. L., & Walsh, K. B. (2006). Limitations to the measurement of intact melon total soluble solids using near infrared spectroscopy. *Australian journal of agricultural research*, 57(4), 403-410.
- [23]. Flores, K., Sanchez, M. T., Perez-Marin, D. C., Lopez, M. D., Guerrero, J. E., & Garrido-Varo, A. (2008). Prediction of total soluble solid content in intact and cut melons and watermelons using near infrared spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 16(2), 91-98.
- [24]. Jie, D., Xie, L., Fu, X., Rao, X., & Ying, Y. (2013). Variable selection for partial least squares analysis of soluble solids content in watermelon using near-infrared diffuse transmission technique. *Journal of Food Engineering*, 118(4), 387-392.
- [25]. Tian, H., Wang, C., Zhang, H., Yu, Z., & Li, J. (2012). Measurement of soluble solids content in melon by transmittance spectroscopy. *Sensor Letters*, 10(1-2), 570-573.
- [26]. Moghimi, A., Aghkhani, M. H., Sazgarnia, A., & Sarmad, M. (2010). Vis/NIR spectroscopy and chemometrics for the prediction of soluble solids content and acidity (pH) of kiwifruit. *Biosystems engineering*, 106(3), 295-302.
- [27]. Lee, J. S., Kim, S. C., Seong, K. C., Kim, C. H., Um, Y. C., & Lee, S. K. (2012). Quality prediction of kiwifruit based on near infrared spectroscopy. *Horticultural Science & Technology*, 30(6), 709-717.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- [28]. Tang, M., Cai, J., & Lu, H. (2010). Long-term prediction of Zhonghua kiwifruit dry matter by near infrared spectroscopy. *Scienceasia*, 36(3), 210-215.
- [29]. McGlone, V. A., & Kawano, S. (1998). Firmness, dry-matter and soluble-solids assessment of postharvest kiwifruit by NIR spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 13(2), 131-141.
- [30]. Tavakolian, M. S., Silaghi, F. A., Fabbri, A., Molari, G., Giunchi, A., & Guarnieri, A. (2013). Differentiation of post harvest date fruit varieties non-destructively using FT-NIR spectroscopy. *International journal of food science & technology*, 48(6), 1282-1288.
- [31]. Yongni, S., Yidan, B., & He, Y. (2011). Visible/Near-Infrared Spectra for Linear and Nonlinear Calibrations: A Case to Predict Soluble Solids Contents and pH Value in Peach. *Food and Bioprocess Technology*, 4(8), 1376-1383.
- [32]. Guo, W., Gu, J., Liu, D., & Shang, L. (2016). Peach variety identification using near-infrared diffuse reflectance spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 297-303.
- [33]. Li, J., Huang, W., Zhao, C., & Zhang, B. (2013). A comparative study for the quantitative determination of soluble solids content, pH and firmness of pears by Vis/NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 116(2), 324-332.
- [34]. Jannok, P., Kamitani, Y., Hironaka, K., Shibayama, M., & Kawano, S. (2017). Development of a near infrared calibration model with temperature compensation using common temperature-difference spectra for determining the Brix value of intact fruits. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 25(1), 26-35.
- [35]. Chen, B., Tian, P., Lu, D. L., Zhou, Z. Q., & Shao, M. L. (2012). Feasibility study of discriminating edible vegetable oils by 2D-NIR. *Analytical Methods*, 4(12), 4310-4315.



## تجهیزات و روش های اندازه گیری سرعت و تنش برشی در جریان سیالات

مهسا میرزایی<sup>۱</sup>، مهدی ابراهیمی<sup>۲</sup>، نگین محمودی بابلان<sup>۳</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشجوی کارشناسی دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی سهند

۴- هیئت علمی دانشگاه محقق اردبیلی. nematollahzadeha@uma.ac.

### چکیده

از مهم ترین موارد در صنعت، بهداشت، تجارت نفت و گاز و ... اندازه گیری سرعت جریان سیالات (مایعات و گازها) می باشد. برای محاسبه و اندازه گیری دبی سیالات از دبی سنج های مختلف با کارکرد متنوع استفاده می شود که با ویژگی های خاص و منحصر به فرد طراحی شده اند. در این مقاله به بررسی انواع فلومترها و نحوه عملکرد آنها در زمینه های مختلف، روش های متنوع اندازه گیری شده تنش برشی و گزارش های صورت گرفته در خصوص این اندازه گیری ها، با توجه به کانال ها و هندسه های مختلف پرداخته شد.

کلمات کلیدی: اندازه گیری تنش برشی، اندازه گیری سرعت سیال، فلومتر، دبی سنج.



## مقدمه

### ۱- انواع فلومتر، روش اندازه گیری و نحوه کارکردشان

فلومتر که دبی سنج یا جریان سنج نیز گفته می شود در اندازه گیری سرعت جریان و حجم سیال عبوری در واحد زمان، کاربرد بسیاری دارد. محل نصب فلومتر در سیستم های لوله کشی و انتقال سیالات است که به طور معمول در آزمایشگاه ها، پالایشگاه ها و تجهیزات نظامی قابل استفاده هستند.

#### ۱-۱- نوع انسداد (دیفرانسیل فشار یا ناحیه متغیر)

فلومتر، در صنعت برای محاسبه و اندازه گیری دبی حجمی سیالات استفاده می شود. جریان نوع فشار دیفرانسیل با وارد کردن یک انقباض در جریان میزان جریان را اندازه گیری می کند [۱].

اختلاف فشار ناشی از انقباض با سرعت جریان، از طریق رابطه برنولی در ارتباط است. اگر یک انقباض در لوله ای که جریانی از سیال را حمل می کند قرار دهیم، سرعت افزایش یافته و در نهایت انرژی جنبشی در ناحیه ی انقباض افزایش پیدا می کند. از تعادل انرژی که توسط قضیه ی برنولی ارائه شده است باید یک کاهش متناظر با آن در فشار استاتیک موجود باشد.

نرخ تخلیه از انقباض را می توان با دانستن کاهش فشار، چگالی سیال، مساحت موجود برای جریان در انقباض و CD ضریب تخلیه محاسبه کرد [۲، ۳].

ضریب دبی، نسبت دبی واقعی به دبی تئوری است و برای انقباض جریان و اثرات اصطحاککی در نظر گرفته می شود. ونتوریمتر ینگ جریان سنج معمولی از نوع فشار تفاضلی است که در صنعت مورد استفاده قرار می گیرد. فلومتر ونتوری، از لوله ی ونتوری، یک انتقال دهنده ی فشار دیفرانسیل و یکسری شیر تشکیل شده است. از این وسیله برای اندازه گیری جریان لوله های تحت فشار استفاده می شود. علت از دست دادن فشار در خطوط لوله به دلیل موانع موجود در این نوع دبی سنج ها است. افت فشار دائمی به شکل انسداد به نسبت قطر و خواص سیال بستگی دارد. فشار دیفرانسیل در کمترین افت فشار، مطلوب ترین موقعیت برای یک فلومتر در حالت ایده آل است. ونتوریمتر، لوله پیتوت و اریفیس متر در صنعت کاربرد گسترده ای دارند. پیتوت استاتیک اگر لوله ها و کانال ها برای اندازه گیری سرعت موضعی مورد استفاده قرار می گیرند. ونتوریمتر و اریفیس متر اغلب برای محاسبه جریان در کانال ها کاربرد راحتی دارند. برای جریان های

<sup>3</sup> Venturimeter 0

<sup>3</sup> Pitot-Static 1





گازی و مایع با حجم نسبتاً زیاد از ونتوریمتر استفاده می شود زیرا افت فشار کمی را نمایش می دهد. نهایتاً در لوله های کوچکتر، اریفیس متر انتخاب مناسب تری است. قابل ذکر است به هنگام استفاده از هر یک از وسایل و تجهیزات اندازه گیری، در ابتدا باید کالیبره شوند [۴].

#### ۲-۱- فلومتر استنباطی (نوع توربین)

فلومتر توربین به دلیل صرفه جویی در نصب آن، پایداری و مقاومت بالا، بازخوانی مستقیم حجم، محدوده اندازه گیری گسترده و هزینه هایی نکه داری پایین برای مدتی مورد استفاده قرار گرفته است. این دبی سنج ها به طور معمول حجم، جرم یا سرعت را اندازه گیری نمی کند بلکه جریان را با استنباط مقدار آن از سایر عوامل اندازه گیری شده اندازه گیری می کنند. همین علت منجر شده است که در برخی از منابع، جریان سنج استنباطی را به عنوان جریان سنج غیر مستقیم تعریف می کنند که حجم جریان گاز را با شمارش دوره های روتور اندازه گیری می کند. از فلومترهای دبی سنج استنباطی می توان به نازل جریان، پیتوت، لوله دال، روزنه و ونتوری اشاره کرد. تاریخچه این دبی سنج ها از زمانی آغاز شد که اولین دبی سنج توسط راینهارد وولتمن در سال ۱۷۹۰ اختراع شد. بیشتر محققان در آن زمان روی تجزیه و تحلیل دبی سنج توربین در جریان های ثابت و بدون تغییر متمرکز شدند. از این توربین ها می توان برای اندازه گیری نرخ های مختلف جریان، فشارهای عملیاتی تا ۱۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع، محدوده دمایی ۴۵۰-۱۰۰۰ درجه فارنهایت استفاده کرد. این فلومترها در بیان اول از چرخش روتور استفاده می کنند که روتور با عبور سیال از آن می چرخد و نیروی جریان سیال منجر به چرخش روتور می شود. بنابراین، روتور به طور کلی متناسب با سرعت جریان می چرخد.

از این دبی سنج ها می توان در اندازه گیری کنتور جریان آب و گاز در منازل شخصی، هتل ها، مجتمع های آپارتمانی و ... استفاده کرد. برای اندازه گیری روغن در بالادست و پایین دست پالایشگاه ها یا مایع فرآیند در مواد دارویی و شیمیایی نیز مورد استفاده قرار می گیرد [۴].

#### ۳-۱- فلومتر الکترو مغناطیسی<sup>۳۲</sup>

این فلومترها از قانون فارادی استفاده می کنند و در اصل القای الکترومغناطیسی برای اندازه گیری جریان فرآیند صورت می گیرد. این فلومتر از دو قسمت تشکیل شده است: یک آشکارساز که از طریق آن سیال مورد اندازه گیری جاری می شود و سیگنال های سطح پایین متناسب با نرخ جریان در آن بدست می آید. قسمت دیگر، مبدلی است که جریان تحریک را به آشکارساز می دهد و سیگنال های آشکارساز را تقویت می کند و نهایتاً سیگنال ها را به سیگنال ارتباطی پردازش تبدیل می کند [۵].

<sup>3</sup> Electromagnetic Flowmeter<sup>2</sup>



فلومترهای الکترومغناطیسی بر اساس یک الکتروموتور نیرویی، در رسانایی القا می شود که به شکلی حرکت می کند تا خطوط نیروی موجود را قطع کرده و در یک میدان مغناطیسی اگر سیمی در جهتی عمود بر محور خود و خطوط نیرو در حال حرکت باشند، اختلاف پتانسیل در قسمت انتهایی سیم را بدست آورد [۶].

#### ۴-۱- فلومتر جابه جایی مثبت

یکی دیگر از انواع فلومترهایی است که حجم ثابتی از سیال را جمع می کند و سپس تعداد دفعات پر شدن حجم را برای اندازه گیری جریان می شمارد. به طور کلی دبی سنج ها را به دو گروه جابه جایی استنباطی و مثبت تقسیم می شوند که در تحقیقاتی نیز طبقه بندی آن ها به صورت دیگر انجام شده است مانند :

۱- مطابق پیشنهاد فوریو<sup>۳</sup> جریان سنج را به ۳ گروه استنتاج، فشار تفاضلی و جابه جایی مثبت تقسیم می کنند.

۲- طبق پیشنهاد ریچارد طبقه بندی دبی سنج ها به صورت حجمی، جرمی و اندازه گیری تفاضل فشار می باشد.

این نوع فلومترها در حقیقت کنتور هستند. گاز ورودی به عنوان خوراک را به یکسری از حجم های مجزای شناخته شده جدا می کند و نهایتاً تعداد حجم های موجود را جمع می کند، به طور مستقیم حجم سیالی را که از لوله عبور می کند را اندازه گیری می کند.

از فلومترهای جابجایی مثبت می توان چرخ دنده، مارپیچ، جریان سنج کانال باز، فلومتر دیافراگمی، سر ریز و پیستون دوار را نام برد [۴].

#### ۵-۱- فلومتر جرمی کوریولیس<sup>۴</sup>

در این جریان سنج ها یک حرکت زاویه ای به یک لوله منتقل می شود. مایع این حرکت زاویه ای می تواند یک چرخش ثابت با یک ارتعاش هارمونیک باشد. این حرکت اضافی که به سیال جاری منتقل می شود باعث می شود که ذرات سیال به آن برسند و تحت شتاب کوریولیس قرار می گیرند. نهایتاً نیروهای متناسب با محصول سیال چگالی و سرعت از طریق محیط سیال عمل می کنند و روی مجرا فشار ایجاد کرده و دیوارها، یک اثر قابل اندازه گیری ایجاد می کنند.

اغلب ابزارهای اندازه گیری صرفاً جریان جرمی را محاسبه می کنند، درحالی که این دبی سنج ها به طور مستقیم جرم واقعی را اندازه گیری می کند. دقت بالا، تکرار پذیری و کوریولیس فلومترهای جرمی از دلایل رشد و پیشرفت آن ها هستند. اکثر فلومترهای جرمی کوریولیس موجود در بازار از آهنربا و یک سیم پیچ به عنوان مکانیزم محرک برای حفظ

<sup>3</sup> Furio 3

<sup>4</sup> Coriolis flowmeter 4

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



نوسان لوله های اندازه گیری استفاده می کنند که دامنه نوسان نیز می توان کم باشد. برای مراقبت از سیستم های اندازه گیری در مواجهه با هرگونه اغتشاش خارجی،

سیستم با استفاده از دو لوله که در فاز مقابل نوسان می کنند یا با استفاده از یک سیستم متعادل در مورد فلومترهای تک لوله ای به تعادل می رسند. در واقع یک محفظه حامل سفت و سخت، جریان سنج جرمی کوریولیس، را از تأثیرات محیطی جدا می کند [۷].

در یک فلومتر جرمی کوریولیس وجود یک سیستم متعادل کننده قوی از نیازهای مهم آن محسوب می شود. در این فلومترها دامنه نوسان ممکن است تنها چند ده میکرومتر باشد بنابراین اندازه گیری باید صرفاً به اختلالات و مشکلات کوچک بسیار حساسیت نشان دهد. رایج ترین ماده برای اندازه گیری لوله ها فولاد ضد زنگ است. فلومترها به صورت تجاری با آلایژ، زیرکونیم و تانتالیوم به عنوان مواد لوله در دسترس هستند. فلومترهای جرمی در بسیاری از کاربردهای جریان گاز مورد استفاده قرار می گیرد و در واقع جریان های حجمی را اندازه گیری نمی کند و به علت چگالی پایین گاز این فلومترها اغلب در نزدیکی انتهای پایینی محدوده پذیری آن استفاده می شود. عملکرد دبی سنج های کوریولیس با دبی جرمی بیشتر افزایش می یابد. با وجود چنین شرایطی یک میزان بالایی برای سرعت جریان موجود است که در حدود نصف عدد ماخ گاز است. برای بهبود بخشیدن چرخش این فلومترها می توان با افزایش فشار خطی گاز این فرآیند را انجام داد. بنابراین می بایست یک کوریولیس در قسمتی با فشار بالا نصب شود.

اولین خروجی از یک فلومتر کوریولیس جریان جرمی است با این اوصاف اکثر طرح های الکترونیکی توانایی خروج دما، چگالی و جریان حجمی را ندارند. با توجه به اینکه دقت فلومترهای جرمی کوریولیس در طول دهه های اخیر بسیار بهبود یافته است اما اثراتی نیز بر عملکرد آن ها موثر بوده است. این اثرات با طراحی لوله یا نصب ویژه به حداقل می رسد. از عوامل موثر می توان به درجه حرارت، افت فشار، جلوه های نمایه جریان، لرزش و ... اشاره کرد.

این دبی سنج ها در اغلب مناطق صنعتی، در نفت، پتروشیمی، مواد غذایی و ... کاربرد دارد. با توجه به تطبیق پذیری فلومترهای جرمی کوریولیس از آن ها برای کنترل فرآیند، موجودی، پرکردن ظرف، انتقال نگهداری و موارد دیگر استفاده می شود. کاربرد گسترده این فلومترها به علت ساخت فشرده آن ها و بدون هیچگونه محدودیت لوله کشی در بالادست و یا پایین دست می باشد [۸].





## ۶-۱- فلومتر گردابی ۲۵

فلومترهای گردابی در تجارت اندازه گیری جریان نقش ویژه ای دارند، از دهه های گذشته بیشترین کاربرد آن ها در زمینه صنعت بوده است و در طیف گسترده ای از نرخ جریان برای اندازه گیری جامدات، مایعات و گازها استفاده می شوند. از کاربرد این فلومترها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

در افزایش بازیابی نفت، فلومترهایی با سیستم گردابی برای اندازه گیری کربن دی اکسید ( $CO_2$ ) استفاده می شوند. برای اندازه گیری آب با میزان خلوص بالا برای pH اسیدهایی که دارای میزان خوردگی بالا همچون آهن کلرید، اسید کلردیک و هیدروکسید سدیم، مورد استفاده قرار می گیرند. در صنایع نیمه هادی نیز این فلومترها به طور دقیق کارایی دارند. مکانیسم فلومترهای گردابی بدین صورت است که مبتنی بر اصل سقوط گردابه ها، که در پشت بدنه بلوف قرار گرفته در جریان عمل می کنند. لئوناردو داوینچی در قرن پانزدهم گرداب های موجود در پشت بدنه استوانه ای را ترسیم کرد.

رابطه ای نیز در سال ۱۸۷۸ توسط استرومال که مطابق مشاهدات خود برای فرکانس ریزش (سقوط) گرداب بدست آورده بود، منتشر شد.

رابطه مذکور به صورت عدد بی بعد به صورت زیر نشان داده شد.

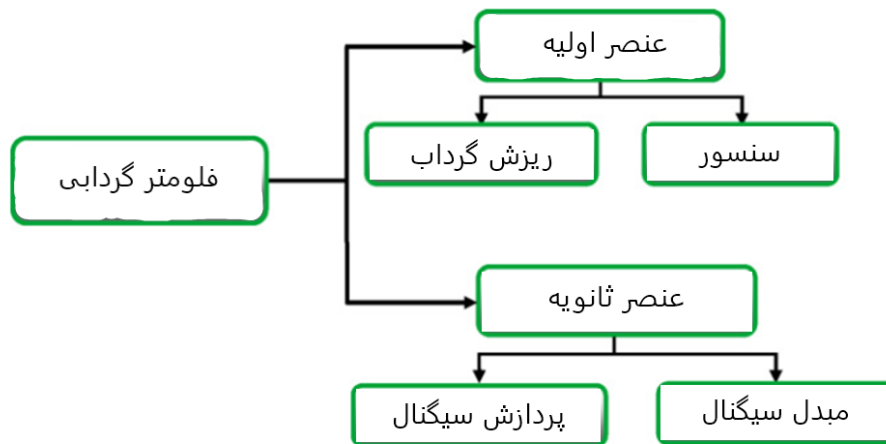
$$S_t = \frac{fd}{Um} \quad (1)$$

روشکو اولین شخصی بود که طراحی یک جریان سنج را براساس عدد بی بعد استرومال مطابق قطر سیلندر را پیشنهاد کرد.

طریقه کار کلی جریان سنج گردابی شامل تشخیص و شناسایی قدرت و فرکانس گرداب توسط یک سنسور مناسب است. سیگنال شناسایی شده در ناحیه جلویی الکترونیک برای اندازه گیری محتوای فرکانس و انرژی گرداب ها تجزیه و تحلیل می شود. مبدل سیگنال، این سیگنال مورد نظر را به برخی از خروجی های آنالوگ استاندارد تبدیل می کند. خروجی آنالوگ می تواند به صورت محلی نمایش داده شود و یا می تواند به وسیله ی هر نوع پروتکلی همچون Modbus, Filedbus و ... برای تجزیه و بررسی بیشتر منتقل شود. فلومتر گردابی از دو قسمت تشکیل شده است که عبارت است از عنصر اولیه و عنصر ثانویه.



در شکل ۱ نمایی از انواع فلومتر های گردابی دیده می شود :



شکل ۱: انواع فلومتر های گردابی [۹].

در طراحی فلومترهای گردابی، کاربرد صنعتی در انتخاب یک فلومتر برای کارکرد خاص نسبتاً محافظه کار است. اگر تصمیم و تشخیص به درستی انجام نشود ممکن است منجر به از دست دادن خروجی، ناکار آمدی فرآیند و نهایتاً تعطیلی آن شود. فلومتر مطلوب باید ویژگی هایی را دارا باشد مانند: محدوده دمایی عملیاتی گسترده، عدم حساسیت به چرخش، ویسکوزیته سیال، کاهش فشار غیر قابل جبران، ایمنی در برابر ارتعاش و غیره. در واقع محدوده اعداد رینولدز برای فلومترهای گردابی با بدنه بلوف لبه تیز حدود ۱:۱۰۰ است.

با توجه به موارد ذکر شده به هنگام عمل قدرت و توانایی گرداب در نرخ های جریان کم ضعیف شده و تشخیص گردابها توسط سنسورهای غیر فعال سخت می شود.

اصل کار فلومتر گردابی بر مبنای ریزش گردابه روی مانعی است که در سیال جاری قرار گرفته باشد. مطابق بررسی های صورت گرفته و مطالعه پیشگام ون کارمان در ارتباط با پایداری خیابان های گردابی از نظریه پتانسیل با فرض یک سیال غیر لزج استخراج شد. شکل گیری خیابان های گردابی بجا ریزش گرداب از ویسکوزیته در سیال واقعی سرچشمه می گیرد. به علت وجود ویسکوزیته روی بدنه بلوف لایه ای مرزی رشد کرده و در دو سمت آن جدا می شود. در واقع در



هر دو طرف بدنه بلوف گرداب ها به صورت متناوب ایجاد می شوند که اغلب به شکل یک استوانه است که بر جهت جریان نیز عمود می باشد [۱۰].

فلومترهای گردابی برای اندازه گیری و محاسبات مرتبط با جریانات بخاری از قبیل صنایع فرآیندی، گرمایش ساختمان، نیروگاه ها و... استفاده می شوند [۹، ۱۱].

## ۲- روش های اندازه گیری تنش برشی

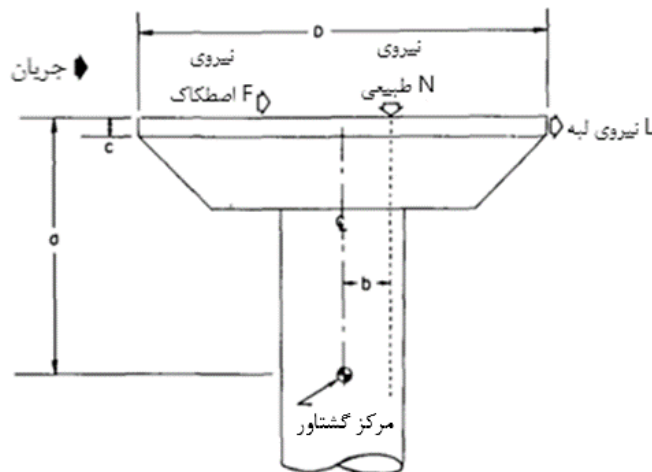
در مباحث مرتبط با مکانیک سیالات اندازه گیری و محاسبه میزان تنش برشی حایز اهمیت است. به طور کل روش های مستقیم و غیرمستقیم برای انجام این محاسبات موجود می باشد. برای اندازه گیری مستقیم تنش برشی می توان از سنسورهای المانی شناور استفاده کرد اما با استفاده از ابزار و وسایل غیر مستقیم نیز می توان تنش برشی را اندازه گیری و بررسی کرد.

در صورتیکه جریان های پیچیده ای همچون جریان چند بعدی داشته باشیم ابزار غیرمستقیم همچون لوله پرستون کاربرد محدودی خواهند داشت. تنش برشی در علوم مهندسی به مفهوم نیروی مماس وارد بر سطح مواد است که از نیروهای خارجی ورودی، تغییر شکل متداوم و یا گرمای ناهموار ناشی می شود [۱۲].

## ۱- روش مستقیم

تنها ابزاری که به طور مستقیم با استفاده از آن می توان تنش برشی (به طور مثال اصطحکاک پوست) را اندازه گیری کرد عنصر شناور است. به طور نمونه، یک تعادل عنصر شناوری که در اندازه بزرگ حاوی ابزار دقیق لازم برای ارزیابی و بررسی سیستماتیک است، در لایه های مرزی روی دیواره جانبی یک تونل باد با مقدار صوت بالا مورد بررسی قرار گرفت. در واقع سه نیروی آیرودینامیکی یعنی نیروی اصطحکاک، نیروی لبه و نیروی عادی می توانند در خروجی تعادل موثر باشند. به علت اهمیت این موضوع در مباحث مکانیک سیالات ضروری است که نتایج تعادل تا حد ممکن بدون خطا و اشتباه باشد [۱۳]. در شکل ۲ که نمایی از عنصر حسگر برای اندازه گیری تعادل می باشد، با جمع کردن گشتاورها معادله ای یافت می شود که رابطه بین نیروهایی که در خروجی این تعادل نقش دارند را به شکل یک ضریب نشان می دهد، ضریب مورد نظر می تواند به خروجی کل تعادل کمک کند:





شکل ۲: نیروهای آیرودینامیک روی عنصر شناور [۱۳].

$$C_T = C_F + \left(1 + \frac{c}{2a}\right) C_L + \frac{b}{a} C_N \quad (2)$$

#### ۱-۱- بررسی نیروهای موجود روی عنصر شناور

نیروی لبه: در شرایط ایده آل بدون جریان از شکاف بین عنصر شناور و سطح آزمایش اطراف، فشارهای موجود در اطراف لبه المنت ثابت است و نیروی خالصی روی لبه آن ایجاد نمی شود. نیروی لبه می تواند تابعی از اندازه شکاف اطراف عنصر و برآمدگی در بالا یا پایین آزمایش اطراف باشد.

نیروی طبیعی: اگر روی سطح و قسمت پایینی عنصر شناور، فشار ثابت باشد نیروی خالصی در جهت عادی ایجاد نمی شود. اگر توزیع فشار نیروی خالصی به وجود بیاورد که در قسمت مرکزی عنصر عمل می کند، نیروی مورد نظر بر خروجی تعادل موثر نخواهد بود. برای اندازه گیری تعادل از عناصر شناور قابل تعویض با قطرهای مختلف استفاده می شود. لوله پرستون عنصر ساختگی است که در نمایش تخمینی از تغییرات تنش در محدوده برآمدگی با نصب آن روی سطح عنصر مورد استفاده قرار می گیرد. نوک این لوله در مرکز عنصر قرار می گیرد و پایه روی یک فشار ساکن نصب می شود که برای ثبت فشار پیتوت عمل می کند.

با توجه به مطالعاتی که در زمینه اندازه گیری تنش برشی، که مربوط به دیواره های جانبی یک تونل باد ما فوق صوت در داده های تعادل اصطحکاک پوستی و اندازه گیری های صورت گرفته بود، به مواردی در ارتباط با نحوه اندازه گیری دست یافتیم. اندازه گیری های مستقل از سه نیرویی که در خروجی تعادل موثر هستند در برآمدگی و اندازه های متنوع شکاف بررسی شدند و یکسری نتایج در پی آن حاصل شد:

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۱- در طراحی تعادل برای به حداقل رساندن خطاها باید بررسی و تلاش بیشتری صورت گیرد.

۲- تراز عنصر منجر به خطای کمتری می شود.

۳- وجود یکسری مشکل مربوط به نسبت بین حساسیت المان برای اندازه گیری نیروی وارده و اندازه سنسور است.

۴- گرادیان فشار منجر به ایجاد گشتاور و خطا در اندازه گیری مرتبط با تنش برشی می شود. بنابراین دقیق ترین

کارایی این وسیله برای جریان هایی با گرادیان فشار صفر است [۱۳].

۲- روش غیر مستقیم

در این روش برای شرایط جریان فرضیاتی اعمال می شود. از جمله این روش ها می توان به لوله پرستون، لوله

استنتون، سیم داغ و روش گرادیان سرعت نزدیک دیوار اشاره کرد. از روش های غیرمستقیم مذکور، روش لوله

پرستون متداول ترین روش اندازه گیری تنش برشی می باشد.

۲-۱- روش مقاومت در برابر جریان

در مطالعات مربوط به رودخانه برای محاسبه میدان انتقال، رسوب گذاری و تغییر کانال تنش برشی و سرعت برشی

از متغیر

های اساسی و مهم آن محسوب می شوند [۱۴].

لازم به ذکر است که تخمین و بررسی دقیق این متغیرها مخصوصاً در میدان جریان پیچیده بسیار سخت می باشد.

در اینگونه بررسی ها، اندازه گیری مستقیم تنش برشی بسیار سخت بوده و اغلب مورد عمل قرار نمی گیرند به همین

سبب از روش های غیر مستقیم استفاده می کنند.

رایج ترین روش در مطالعات فرآیند رودخانه، تنش برشی متوسط به صورت زیر می باشد [۱۴]:

$$\tau_0 = \rho gRS \quad (3)$$

$\tau_0$ : تنش برشی در رودخانه،  $\rho$ : جرم واحد حجم آب،  $g$ : شتاب ثقل،  $R$ : شعاع هیدرولیکی،  $S$ : شیب خط انرژی

روش مذکور برای شرایط محلی و مقیاس کوچک که تغییراتی در تنش برشی در آن موجود است، مناسب نیست

[۱۴].



این روش توانایی اندازه گیری توزیع تنش بر شی را نیز ندارد. برای محاسبه و اندازه گیری تنش بر شی بستر محلی نیز می توان از رابطه لگاریتمی بین سرعت برشی و تغییر سرعت با ارتفاع (SCHLICHTING 1987) که به شکل زیر می باشد استفاده کرد:

$$\frac{u}{u_*} = \frac{1}{k} \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \quad (4)$$

$u$  سرعت است،  $u_*$  سرعت برشی است،  $z$  ارتفاع بالای تخت و  $z_0$  مشخصه است [۱۵].

## ۲-۲- روش لوله پرستون

از روش های اندازه گیری غیر مستقیم تنش بر شی استفاده از لوله پرستون است. پرستون برای اولین بار روش و بررسی خود را با استفاده از یک لوله پیتوت که روی سطح قرار داد و برش دیوار را به این صورت بدست آورد. برای این لوله معادلات کالیبراسیون زیادی پیشنهاد شده است اما جامع ترین کار در ارتباط با کاربردها و محدودیت های پرستون، کالیبراسیون پاتل است [۱۶].

در روش لوله پرستون، در مطالعات آشفتگی، بر حسب پارامترهای بی بعد مشخص کننده فشار پرستون و تنش برشی به عنوان:

$$X^* = \log_{10} \left[ \frac{\Delta P d^2}{4 \rho v^2} \right] \quad (5)$$

$$Y^* = \log_{10} \left[ \frac{\tau_0 d^2}{4 \rho v^2} \right] \quad (6)$$

معادله زیر قابل استفاده برای  $0.0 < Y^* < 1.5$

$$Y^* = 0.5X^* + 0.037 \quad (7)$$

معادله زیر قابل استفاده برای  $1.5 < Y^* < 3.5$

$$Y^* = 0.8287 - 0.1381X^* + 0.1437X^2 - 0.0060X^3 \quad (8)$$

معادله زیر قابل استفاده برای  $3.5 < Y^* < 5.3$

$$X^* = Y^* + 2 \log_{10}(1.95Y^* + 4.10) \quad (9)$$

در آن  $P$ ، فشار پرستون است (تفاوت بین فشار پیتو و استاتیک)،  $T$ ، تنش برشی دیوار،  $dp$  قطر خارجی لوله چگالی سیال است و  $Y$  ویسکوزیته سیال است [۱۷].





یک نمودار کالیبراسیون ساده و دقیق از قرائت لوله های پرستون با موارد مختلف ساخت می شود. قطر، (تفاوت بین پیتوت و استاتیک فشارها) در مقابل سرعت اصطکاک،  $u_*$  که از افت فشار استاتیک دیوار خطی اندازه گیری می شود جریان هوای متلاطم را از طریق یک لوله دایره ای شکل ایجاد می کند، که در آن  $R$  شعاع لوله و  $dp/dx$  میزان فشار است [۱۸].

### ۲-۳- بررسی گزارشات علمی در خصوص تنش برشی در مجاری روباز

در ارتباط با تنش برشی در مقاطع مستطیلی و مرکب تحقیقاتی صورت گرفته است. یانگ و لیم در سال ۲۰۰۵ توزیع تنش برشی مرزی در کانال هایی با هندسه مقطعی دلخواه را بررسی کردند، با توجه به اینکه در حال حاضر به روش های عددی نیاز دارد. به کار گیری الگوریتم های دینامیکی سیالات محاسباتی کاملاً سه بعدی برای حل الگوهای تنش برشی مرزی نزدیک کرانه امروزه مورد استفاده قرار گرفته است. لیگلی در سال ۱۹۳۲ برای اولین بار از روش ایزووب پرتو برای تعیین توزیع تنش برشی در کانال های طبیعی از میدان سرعت اندازه گیری شده استفاده و بررسی کرد. در کانال های باز ترکیب دوزنقه ای محاسبه هیدرولیک جریان یکنواخت ثابت مورد مطالعه قرار گرفته است. در رودخانه طبیعی شکل رایج مقاطع مرکب دو یا سه مرحله ای است. در کانال های اصلی سرعت متوسط مقطعی بسیار کوچکتر از قبل اینکه سطح آب از ارتفاع کرانه معمولی فراتر رود است.

استفنسون و کوپولوس [۱۹]، ورملیتون و همکاران [۲۰]، تومیناگا و نزو، پرینوس و همکاران [۲۱] تحقیقاتی در زمینه توزیع تنش برشی مرزی و سرعت، تنش برشی ظاهری، ویژگی های آشفته و تبادل تکانه در کانال های مرکب انجام دادند [۲۰]. پاترا و همکارانش، توزیع سرعت جانبی کانال های پر پیچ و خم را مطالعه کردند. در این مطالعه، کانال های مرکب را به دلیل دستیابی ظرفیت دقیق آنها به چندین بخش فرعی از نقطه تغییر هندسی توسط خطوط عمودی یا مورب تقسیم کردند [۲۲].

لیو و دانگ، سرعت متوسط کانال مرکب را با جریان یکنواخت ثابت با استفاده از قضیه مونتوم حرکت محاسبه کردند [۲۳].

### ۲-۴- روش نایت و پاتل

برای جریان های مجرای مستطیلی صاف، اندازه گیری و محاسباتی از توزیع تنش برشی مرزی صورت گرفت. نایت و پاتل در سال ۱۹۸۵ در یک سطح صاف با طول ۹/۲۵ متر انجام دادند. تغییر ارتفاع کانال از ۴۰ تا ۱۶۵ میلی متر و تغییر



عرض مجرا از ۱۶۵ تا ۴۰۰ میلی متر بود. با استفاده از لوله پر ستون تنش بر شی را اندازه گیری کردند و معادلات زیر را برای تعیین تنش برشی متوسط بستر و دیوار بدست آوردند [۲۴].

$$\frac{\bar{\tau}_w}{\rho ghS} = 0.01 \frac{b}{h} \exp \left[ -3.253 \log \left( \frac{2b}{h} + 3 \right) + 6.189 \right] \quad (10)$$

$$\frac{\bar{\tau}_b}{\rho ghS} = 1 - 0.01 \frac{b}{h} \exp \left[ -3.253 \log \left( \frac{2b}{h} + 3 \right) + 6.189 \right] \quad (11)$$

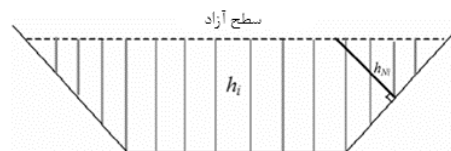
۲-۵- بررسی روش معمولی عمق عمودی<sup>۳۷</sup>

در روش موجود تنش برشی موضعی را بر روی یک نقطه محیطی خیس شده  $i$  متناسب با آب محلی فرض می کنیم. عمق  $h_i$  به شکل ۳ نشان داده شده است:

$$\tau_i = \rho gh_i j \quad (12)$$

که در آن  $\rho$  چگالی آب،  $g$  شتاب گرانشی زمین،  $j$  شیب انرژی است.

لاندگرن و جانسون (۱۹۶۴) دریافتند که عمق عمودی برای محاسبه مرز سازگار نیست [۲۵].



شکل ۳: تصویر شماتیکی از VDM و NDM [۲۶].

۲-۶- روش عمود بر هم ادغام شده<sup>۳۸</sup>

خداشناس و پکوپر [۲۷]، هندسه ای را مطرح کردند که روشی برای محاسبه تنش برشی موضعی در مقطع نامنظم است. مفهوم جدا سازی شعاع هیدرولیکی که یک مقطع محدود به دیوارهایی با سه ناحیه فرعی است و به دیواره های جانبی و بستر منطبق می شوند از روش منطقه عادی بر روش انیشتن در (۱۹۴۲) سرچشمه می گیرد [۲۷]. ناحیه خیس شده با استفاده از خطوط نرمال تا مناطق کوچک زیرین تقسیم می شود. محیط مورد نظر به شکل ۴ نشان داده شده است:

<sup>3</sup> Vertical Depth Method (VDM)

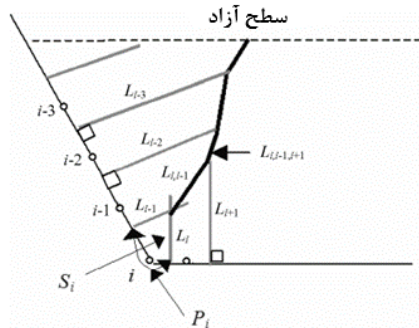
<sup>3</sup> Merged perpendicular method (M P M)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



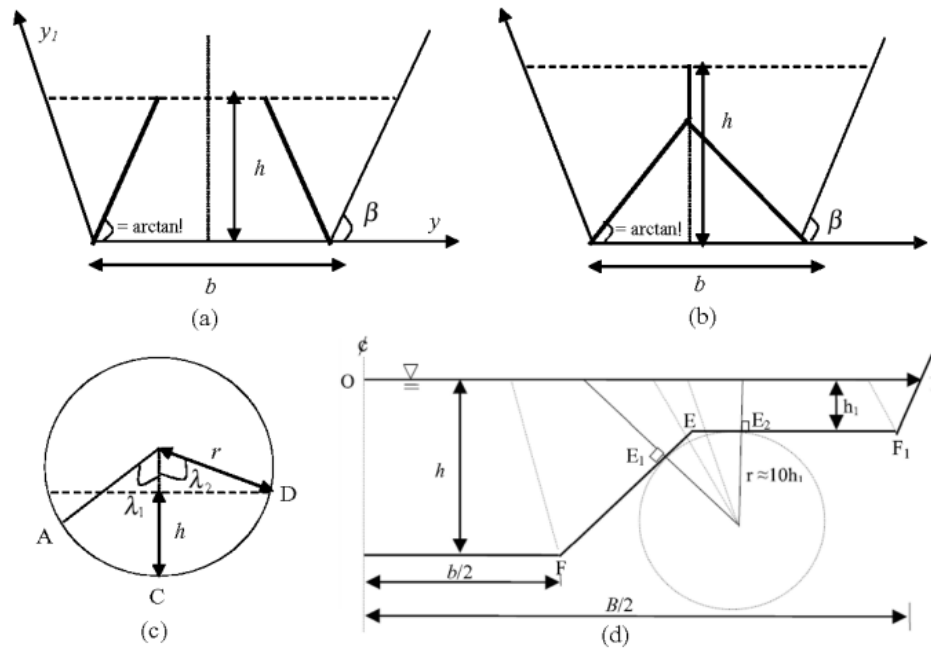
شکل ۴: تصویر شماتیکی از سطوح تعیین شده توسط MPM [۲۸].

### ۲-۷- روش یانگ و لیم (Y L M)

یانگ و لیم در سالهای (۲۰۰۵، ۱۹۹۷، ۲۰۰۲) یک مطالعه را انجام دادند که روش آنها به طور کامل شبیه MPM برای محاسبه توزیع تنش برشی در کانالهای منشوری با زبری مرزی غیر یکنواخت است [۲۹-۳۱]. در واقع آنها فاصله نسبی با تعریف نسبت کوتاه ترین فاصله هندسی به ظرفیت اتلاف انرژی مرز تو سعه دادند. برای مرزهای صاف و بدون پستی و بلندی، طول مشخصه ظرفیت اتلاف انرژی مرز را با استفاده از مقیاس طول ویسکوز طبقه بندی می کند.

اشکال ۵ مقاطع شماتیکی هستند که YLM روی آنها اعمال می شود:





شکل ۵: الف) کانال پهن کم عمق دوزنقه ای. ب) کانال باریک عمیق دوزنقه ای. ج) مجرای دایره ای. د) کانال مرکب [۲۷].

۲-۸ - روش گو و جولین (G J M)

در این روش، متوسط تنش برشی بستر و دیواره جانبی را در کانال های باز مستطیلی شکل صاف را در سال (۲۰۰۵) بررسی و تعیین شد [۳۲]. در واقع، پس از حل معادلات پیوستگی و تکانه، میانگین برش بستر و دیواره کناری تعیین شد. با استفاده از بررسی و نگارش منسجم تنش ها بعد از صرف نظر کردن از جریان ثانویه و با فرض اینکه ویسکوزیته گردابی ثابت باشد معادله زیر را تعریف کردند [۳۲]:

$$\frac{\bar{\tau}_{(b)}}{\rho gh} = \frac{4}{\pi^2} \frac{b}{h} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{t^{2n-1} - 1}{(2n-1)^2} \quad \text{با } t = e^{-\frac{\pi h}{b}} \quad (13)$$

سپس با افزودن دو عدد تجربی، ضرایب تصحیح برای اثرات جریان های ثانویه، ویسکوزیته گردابی میانگین تنش

برشی بستر را به شکل معادله زیر تعریف کردند:

$$\frac{\bar{\tau}_{(b)}}{\rho gh} = \frac{4}{\pi} \text{Arctg} \left[ \exp \left( \frac{-\pi h}{b} \right) \right] + \frac{\pi h}{4 b} \exp \left( \frac{-h}{b} \right) \quad (14)$$

اندازه گیری تنش برشی متوسط:

$$\frac{\bar{\tau}_{(w)}}{\rho gh} = \frac{b}{2h} \left( 1 - \frac{\bar{\tau}_{(b)}}{\rho gh} \right) \quad (15)$$



## ۹-۲- روش رامانا پراساد و راسل منسون (PMM)

رامانا پراساد و راسل منسون (۲۰۰۲) برای محاسبه درصد نیروی برشی عبارت و تعریفی به صورت  $\%SF_w$  ارائه دادند. مطابق بررسی و تعریف های صورت گرفته با استفاده از دیواره جانبی در کانال های منشوری با مقاطع دوزنقه ای شکل و زبری مرزی همگن حمل می شود. درصد نیروی برشی بر اساس نسبت عرض به عمق به صورت زیر بیان می شود [۳۳]:

$$\%SF_w = \frac{100 \bar{\tau}_{(w)}}{\bar{\tau}_{(w)} + \bar{\tau}_{(b)} \left( \frac{P_{(b)}}{P_{(w)}} \right)} = \begin{cases} 25 \left( 4 - \frac{b}{h} \right) & \frac{b}{h} \leq 2 \\ \frac{100}{\frac{b}{h}} & \frac{b}{h} \geq 2 \end{cases} \quad (15)$$

$P_{(w)}$  و  $P_{(b)}$  محیط بستر و دیواره های جانبی خیس شده هستند، با دانستن  $\%SF_w$  می توان  $\bar{\tau}_{(b)}$  و را بدست آورد.  $\bar{\tau}_{(w)}$  از طریق معادلات زیر یافت می شود:

$$\frac{\bar{\tau}_{(b)}}{\rho g R_n J} = (1 - 0.01 \%SF_w) \left( 1 + \frac{P_{(w)}}{P_{(b)}} \right) \quad (16)$$

$$\frac{\bar{\tau}_{(w)}}{\rho g R_n J} = 0.01 \%SF_w \left( 1 + \frac{P_{(w)}}{P_{(b)}} \right) \quad (18)$$

## ۱۰-۲- اندازه گیری و محاسبات مربوط به جریان متلاطم در مجرای مثلثی متساوی الضلاع

جریان هایی که به صورت آشفته هستند در مجراهای مستقیم غیر دایره ای حالت مارپیچی دارند. علت ایجاد حرکت های مارپیچی جریان های ثانویه می باشد که در صفحات عادی به سمت سطح عمل می کنند. ویلسون، آزاد و تروپ (۱۹۷۱)، لاندرو و بینگ [۳۴]، مطالعاتی در ارتباط با مجاری مستطیلی انجام دادند. نیکورادسه (۱۹۳۰) اولین شخصی بود که جریان های آشفته در مجاری مثلثی را بررسی کرد. مطابق نظریات او خطوط میانگین سرعت محوری ثابت (ایزوول) متمایل به برآمدگی هستند [۳۵]. کرمس و ایکرت (۱۹۶۲) اندازه گیری هایی را به طور میانگین محوری ارائه دادند. در مجاری مثلثی متساوی الضلاع، تقارن این شرایط را ایجاد می کند تا مقطع جریان به شش سبب جریان اولیه تقسیم شود. با توجه به سیستم های چرخشی، جرم و یا تکانه ای در مرزها منتقل نمی شود.



معادلات رینولدز برای حفاظت برای جریان های آشفته به صورت زیر تعریف شده است:

جهت x،

$$\rho \left( \bar{V} \frac{\partial \bar{U}}{\partial y} + \bar{W} \frac{\partial \bar{U}}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 \bar{U}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{U}}{\partial z^2} \right) - \rho \left( \frac{\partial \bar{u}\bar{v}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{u}\bar{w}}{\partial z} \right) \quad (19)$$

جهت y،

$$\rho \left( \bar{V} \frac{\partial \bar{V}}{\partial y} + \bar{W} \frac{\partial \bar{V}}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left( \frac{\partial^2 \bar{V}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{V}}{\partial z^2} \right) - \rho \left( \frac{\partial \bar{v}^2}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}\bar{w}}{\partial z} \right) \quad (20)$$

جهت z،

$$\rho \left( \bar{V} \frac{\partial \bar{W}}{\partial y} + \bar{W} \frac{\partial \bar{W}}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left( \frac{\partial^2 \bar{W}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{W}}{\partial z^2} \right) - \rho \left( \frac{\partial \bar{v}\bar{w}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}^2}{\partial z} \right) \quad (21)$$

در معادلات بالا  $u, v, w$  مولفه های سرعت نو سان در جهت های  $x, y, z$  هستند.  $P$  میانگین فشار استاتیک،  $\rho$  و  $\mu$  چگالی سیال و دینامیک می باشد [۳۵].

### ۳- نتیجه گیری

برای اندازه گیری و محاسبه دبی سیالات از فلومترهایی که کارکردهای مختلفی در زمینه های گسترده دارند استفاده می شود. اندازه گیری تنش برشی با روش های مختلف که توسط محققان ارائه شده بود، مورد بررسی قرار گرفت. محاسبه و مقایسه ی توزیع تنش برشی مرزی، تنش برشی بستر و دیوار در جریان های روباز، هندسه و مقاطع مرکب را ارزیابی و انجام شد. اندازه گیری تنش برشی با تکنیک های مختلف و استفاده از تجهیزاتی که به صورت مستقیم و یا با وسایل غیر مستقیم صورت گرفته را که در مطالعات پیشین بررسی و اندازه گیری شده بود مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین محاسبات هیدرولیکی جریان های یکنواخت بررسی شد.

### ۴- منابع

1. Nithin, T., N. Jain, and A. Hiriyannaiah. *Optimization of venturi flow meter model for the angle of divergence with minimal pressure drop by computational fluid dynamics method*. in *International Conference on Challenges and Opportunities in Mechanical Engineering, Industrial Engineering and Management Studies*. 2012.
2. Christodoulou, G.C., *Apparent shear stress in smooth compound channels*. *Water resources management*, 1992. **6**(3): p. 235-247.
3. Thompson, C., et al., *An evaluation of bed shear stress under turbid flows*. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 2006. **111**(C4).
4. Husni, N.L., H. Basri, and I. Yani. *Challenges in turbine flow metering system: An overview*. in *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. IOP Publishing.





5. Kolin, A., *An electromagnetic flowmeter. Principle of the method and its application to bloodflow measurements*. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 1936. **35**(1): p. 53-56.
6. Series, F.I.D., *Electromagnetic Flowmeter*. Polyvinyl chloride, 2016. **10**: p. 120.
7. Sultan, G. and J. Hemp, *Modelling of the Coriolis mass flowmeter*. Journal of Sound and Vibration, 1989. **132**(3): p. 473-489.
8. Anklin, M., W. Drahm, and A. Rieder, *Coriolis mass flowmeters: Overview of the current state of the art and latest research*. Flow Measurement and Instrumentation, 2006. **17**(6): p. 317-323.
9. Venugopal, A., A. Agrawal, and S. Prabhu, *Review on vortex flowmeter—Designer perspective*. Sensors and Actuators A: Physical, 2011. **170**(1-2): p. 8-23.
10. Von Karman, T., *Über den Mechanismus des Widerstandes, den ein bewegter Körper in einer Flüssigkeit erfährt*. Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse, 1911. **1911**: p. 509-517.
11. Pankanin, G.L., *The vortex flowmeter: various methods of investigating phenomena*. Measurement science and technology, 2005. **16**(3): p. R1.
12. Guo, J., *A simple method for measuring shear stress on rough boundaries*. MEMBERSHIP APPLICATION FORM, 2001. **39**(4): p. 445.
13. Allen, J., *Experimental study of error sources in skin-friction balance measurements*. 1977.
14. De Cacqueray, N., D.M. Hargreaves, and H.P. Morvan, *A computational study of shear stress in smooth rectangular channels*. Journal of Hydraulic Research, 2009. **47**(1): p. 50-57.
15. Biron, P.M., et al., *Comparing different methods of bed shear stress estimates in simple and complex flow fields*. Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group, 2004. **29**(11): p. 1403-1415.
16. Bertelrud, A., *Total head/static measurements of skin friction and surface pressure*. AIAA Journal, 1977. **15**(3): p. 436-438.
17. Head, M. and I. Rechenberg, *The Preston tube as a means of measuring skin friction*. Journal of Fluid Mechanics, 1962. **14**(1): p. 1-17.
18. Patel, V., *Calibration of the Preston tube and limitations on its use in pressure gradients*. Journal of Fluid Mechanics, 1965. **23**(1): p. 185-208.
19. Stephenson, D. and P. Kolovopoulos, *Effects of momentum transfer in compound channels*. Journal of hydraulic engineering, 1990. **116**(12): p. 1512-1522.
20. Wormleaton, P.R., J. Allen, and P. Hadjipanios, *Discharge assessment in compound channel flow*. Journal of the Hydraulics Division, 1982. **108**(9): p. 975-994.
21. Prinos, P., R. Townsend, and S. Tavoularis, *Structure of turbulence in compound channel flows*. Journal of Hydraulic Engineering, 1985. **111**(9): p. 1246-1261.
22. Patra, K.C., S.K. Kar, and A.K. Bhattacharya, *Flow and velocity distribution in meandering compound channels*. Journal of Hydraulic Engineering, 2004. **130**(5): p. 398-411.



23. Liu, P.Q. and J.R. Dong, *Compound channel cross-section of the hydraulic calculation of uniform flow (in Chinese)*. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute 1995. **12**(3): p. 61-66
24. Knight, D.W. and H.S. Patel, *Boundary shear in smooth rectangular ducts*. Journal of Hydraulic Engineering, 1985. **111**(1): p. 29-47.
25. Lundgren, H. and I.G. Jonsson, *Shear and velocity distribution in shallow channels*. Journal of the Hydraulics Division, 1964. **90**(1): p. 1-21.
26. Khazaei, A., R. Radfar, and A. Toloie Eshlaghy, *Estimation of Drilling Mud Weight for Iranian Wells Using Deep Learning Techniques*. Iranian Journal of Oil and Gas Science and Technology, 2021.
27. Khodashenas, S.R., K.E.K. Abderrezzak, and A. Paquier, *Boundary shear stress in open channel flow: A comparison among six methods*. Journal of Hydraulic Research, 2008. **46**(5): p. 598-609.
28. El Kadi Abderrezzak, K., A. Paquier, and B. Gay, *One-dimensional numerical modelling of dam-break waves over movable beds: application to experimental and field cases*. Environmental Fluid Mechanics, 2008. **8**(2): p. 169-198.
29. Yang, S.-Q. and S.-Y. Lim, *Mechanism of energy transportation and turbulent flow in a 3D channel*. Journal of Hydraulic Engineering, 1997. **123**(8): p. 684-692.
30. Yang, S.-Q. and S.-Y. Lim, *A geometrical method for computing the distribution of boundary shear stress across irregular straight open channels: by SR KHODASHENAS and A. PAQUIER*, Journal of Hydraulic Research, Volume 37, 1999, No. 3, pp. 381-388. 2002.
31. Yang, S.-Q. and S.-Y. Lim, *Boundary shear stress distributions in trapezoidal channels*. Journal of Hydraulic Research, 2005. **43**(1): p. 98-102.
32. Guo, J. and P.Y. Julien, *Shear stress in smooth rectangular open-channel flows*. Civil Engineering Faculty Publications, 2005: p. 1.
33. Ramana Prasad, B.V. and J. Russell Manson, *Discussion of a geometrical method for computing the distribution of boundary shear stress across irregular straight open channels*. Journal of Hydraulic Research, 2002. **40**(4): p. 537-539.
34. Launder, B. and W. Ying, *Prediction of flow and heat transfer in ducts of square cross-section*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, 1973. **187**(1): p. 455-461.
35. Aly, A., A. Trupp, and A. Gerrard, *Measurements and prediction of fully developed turbulent flow in an equilateral triangular duct*. Journal of Fluid Mechanics, 1978. **85**(1): p. 57-83.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



سننز نامتقارن دی هیدروپیریمیدینون ها و اندازه گیری فعالیت نوری با استفاده از دستگاه پلاریمتر

اشکان ناصری<sup>۱\*</sup>، غلامحسن ایمانزاده<sup>۲</sup>، محمدرضا زمانلو<sup>۳</sup>

۱- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه محقق اردبیلی، ۵۶۱۹۹-۱۱۳۶۷، اردبیل، ایران

E-mail: ashkan.na75@gmail.com

۲،۳- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه محقق اردبیلی، ۵۶۱۹۹-۱۱۳۶۷، اردبیل، ایران

### چکیده

این گزارش استفاده از پلیمرهای کایرال را به عنوان محیط واکنش برای القای کایرالیته در واکنش انانتیوگزین توصیف می کند. محصول در این واکنش دی هیدروپیریمیدینون فعال نوری است. فعالیت نوری را با دستگاهی به نام پلاریمتر اندازه گیری می کنند. سننز نامتقارن دی هیدروپیریمیدینون ها محصول فعال نوری ایجاد شد و برای اندازه گیری فعالیت نوری از دستگاه پلاریمتر استفاده شد.

کلمات کلیدی: پلاریمتر، دی هیدروپیریمیدینون، نامتقارن





## مقدمه

سنتز دی هیدروپیریمیدینون ها (DHPMs) با استفاده از واکنش بیجینلی، یک واکنش تراکم سه جزئی بین، یک اوره یا یک تیواوره، یک آلدئید و اتیل استواسات که برای اولین بار توسط شیمیدان ایتالیایی پیتر بیجینلی در سال ۱۸۹۰ توصیف شد [۱]. در زمان های اخیر، مشتقات دی هیدروپیریمیدینون به دلیل فعالیت بالای خود به عنوان عوامل ضد فشار خون، ضد ویروسی، ضد تومور و ضد التهاب توجه قابل توجهی را به خود جلب کرده اند. فعالیت فارماکولوژیک دی هیدروپیریمیدینون های مختلف به پیکربندی مطلق در C(4 بستگی دارد. به همین دلیل، کنترل استریوشیمی جانشین در C(4 اهمیت اساسی دارد [۲]. بسیاری از استراتژی های کاتالیزوری برای سنتز نامتقارن واکنش بیجینلی پیشنهاد شده اند. برخی از نمونه ها عبارتند از: کاتالیزور های آلی، لیگاندهای کایرال و منبع فلزات واسطه، پلیمرهای کایرال و بسیاری از سیستم های کاتالیزوری دیگر [۳]. تاریخ سنتز نامتقارن را می توان با امیل فیشر (۱۸۵۲-۱۹۱۹) آغاز کرد. کار او اساس شیمی کربوهیدرات شد، مطالعات خود را در مورد سنتز قندها آغاز کرد که در سال ۱۸۹۰ به سنتز کل گلوکز منجر شد [۴]. در سال ۱۸۱۵، فیزیکدان فرانسوی، ژان باپتیست بیوت کشف کرد که برخی از مواد کریستالی مانند کوارتز، هنگامی که در مسیر نور پلاریزه شده قرار می گیرند، باعث چرخش صفحه نور می شوند. فعالیت نوری میزان توانایی یک ماده در چرخش نور قطبیده مسطح می باشد. اگر جسم شفاف بتواند سطح نوسان بردار میدان الکتریکی را به اندازه زاویه (آلفا) بچرخاند، می گویند جسم توانایی چرخش نور را داشته یا از نظر نوری فعال است. فعالیت نوری را با دستگاهی به نام پلاریمتر اندازه گیری می کنند [۵]. پلاریمتری که برای اندازه گیری تعداد درجات چرخش نور پلاریزه شده سطحی هنگام عبور از یک ماده فعال نوری استفاده می شود. بخش های اصلی یک قطب سنج ساده را نشان می دهد که شامل یک منبع نور، دو منشور پلاریزه کننده، یک سلول نمونه قرار گرفته بین دو قطبشگر، یک چشمی و یک نقاله برای اندازه گیری چرخش زاویه ای نور پلاریزه شده ناشی از نمونه است. زاویه  $\alpha$  تابعی از غلظت ترکیب فعال نوری در محلول، طول سلول نمونه، دمای محلول و تا حدی حلال است. به منظور مقایسه فعالیت نوری مواد مختلف، لازم است همه این پارامترها استاندارد شوند. این استانداردسازی با تعیین چرخش خاص،  $[\alpha]$  انجام می شود که با معادله تعریف می شود:

$$[\alpha] = \frac{\text{چرخش مشاهده شده (درجه } \alpha \text{)}}{\text{طول مسیر } l(\text{dm}) \times \text{غلظت } C\left(\frac{\text{g}}{\text{ml}}\right)} \quad (1)$$

که در آن  $\alpha$  = چرخش مشاهده شده مخلوط،  $l$  = طول سلول بر حسب دسی متر،  $C$  = غلظت بر حسب گرم بر

میلی لیتر [۶].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

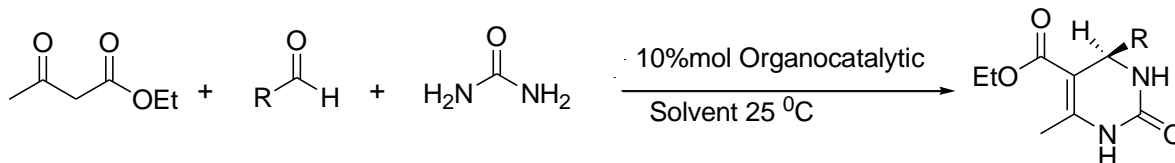
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۶- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

در تهیه دی هیدروپیریمیدینون ها با روش بیجینیلی به طور معمولی منجر به تولید مخلوط راسمیک می شود که می شود با استفاده از روش هایی جداسازی را می شود انجام داد برای جلوگیری از تولید مخلوط راسمیک محققان مختلفی در چندسال اخیر از روش های متفاوتی برای تهیه دی هیدروپیریمیدینون های نامتقارن استفاده کرده اند. در یک آزمایش در سال ۲۰۰۳ توسط آقای عمرموز و همکارانش درخصوص سنتز انانتیوگزین از طریق واکنش بیجینیلی درمجاورت لیگاند های کایرال انجام شد و با استفاده از دستگاه پلاریمتر چرخش ویژه و در صد انانتیومر اضافی حساب شد [۲]. پژوهش دیگری در سال ۲۰۰۶ توسط لی زئوگونگ و همکاران انجام شد که برای اولین بار واکنش بیجینیلی کاتالیست آلی را کشف کردند، از اسید فسفریک کایرال به عنوان کاتالیست استفاده کردند. واکنش با بازده بالا با انانتیوگزین عالی تا ۹۷٪ انانتیومر اضافی فراهم کردند [۷].



### ۷- روش شناسی تحقیق

در این تحقیق، پلیمر پرشاخه لیزین کایرال سنتز شد، پلیمر با اتیل استواسنات ترکیب شد. مخلوطی از آلدهید با اوره یا تیوریا به آن اضافه شد. پس از اتمام واکنش و جداسازی محصولات، بلورهای سفید رنگ تشکیل شد. محصولات در دی کلرومتان حل شده و چرخش نوری از آنها گرفته شد. همه موارد دارای درصد انانتیوگزین بالایی داشتند. پس از بازیافت پلیمر، فعالیت نوری ثابت باقی ماند و از آن برای سنتز مشتقات دی هیدروپیریمیدینون استفاده شد.

### ۸- بررسی و تجزیه تحلیل داده ها

داده های طیفی ثابت کرد که دی هیدروپیریمیدینون سنتز شده است. اندازه گیری چرخش نوری نشان داد که پلیمر کایرال ایجاد شده است و واکنش در طول پلیمریزاسیون از مسیر راسمیزه شدن پیش نرفته است، مقادیر به دست آمده نشان داد که محصولات انانتیومر سنتز شدند و همه ی موارد دارای درصد بالایی از انانتیومر اضافی و بازده بالا هستند. پس از بازیافت پلیمر کایرال، فعالیت نوری ثابت ماند و برای سنتز مشتقات دی هیدروپیریمیدینون به مدت پنج بار بدون کاهش کارایی استفاده شد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

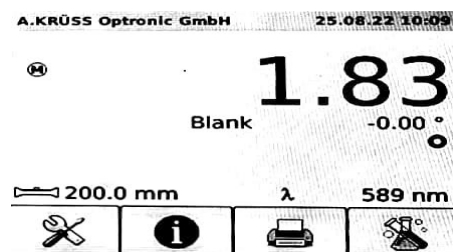
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

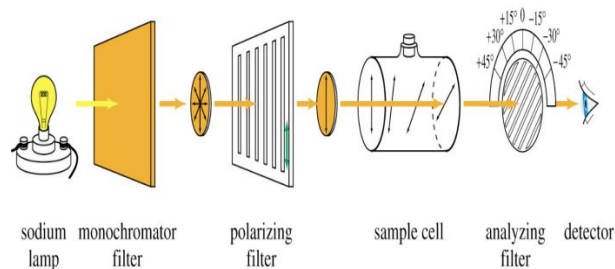
www.LabUMA2022.ir



۹- شکل ها، جدول



شکل ۱. تصویر داده دستگاه پلاریمتر



شکل ۳. تصویر روش کار دستگاه پلاریمتر



شکل ۲. تصویر دستگاه پلاریمتر

جدول ۱. داده های دستگاه و محاسبه انانتیومر اضافی

ee%	$[\alpha]$ خالص	$[\alpha]$ مخلوط	$\alpha$	محصول
۱۰۰	۲۰/۵	۲۰/۵	۸/۲	مونومر لیزین
۹۶	-۳۰	-۲۸	-۱۱/۲	پلیمر لیزین
۹۸	۴۵	۴/۲	۱/۸۳	دی هیدروپیریمیدینون

منابع



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- [۱] Y. Wang, H. Yang, J. Yu, Z. Miao, and R. Chen, 2009, *Advanced Synthesis and Catalysis*, 351, 3057–3062
- [۲] O. Muñoz-Muñoz and E. Juaristi, 2003, *Arkivoc*, 2003, 16–26
- [۳] L. Z. Gong, X. H. Chen, and X. Y. Xu, 2007, *Chemistry - A European Journal*, 13, 8920–8926
- [۴] Kagan, H.B., (1996), *Asymmetric Synthesis*, 230, 1-23
- [۵] Gal, J., 2008, *The Pharmacological, Biological, and Chemical Consequences of Molecular Asymmetry*, 20, 5-19.
- [۶] Bernard, P. and Mendez, J.D., 2020, *Journal of Chemical Education*, 97, 4, 1162–1166
- [۷] X. H. Chen, X. Y. Xu, H. Liu, L. F. Cun, and L. Z. Gong, 2006, *J. Am. Chem. So*, 128, 14802–14803.



## مروری بر منافذ ترشوندگی برای افزایش بازیابی روغن، جذب آلاینده و جداسازی روغن از آب

فردین ایاری سامله\*<sup>۱</sup>، فرانہ خدامرادی، علی نعمت اله زاده<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم- دانشگاه محقق اردبیلی، (f.Ayari@uma.ac.ir)

۲- دانشجوی دکتری گروه مکانیک بیوسیستم- دانشگاه بوعلی سینا همدان

۳- استاد گروه آموزشی مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی

### چکیده

ترشوندگی، یکی از ویژگی اساسی برای سطح متخلخل است، در زمینه های افزایش بازیابی روغن، جذب آلاینده های آلی و جداسازی روغن از آب، جایگاه محوری را به خود اختصاص می دهد. در این بررسی، ترشوندگی و کاربردهای مربوطه به صورت اصولی از نظر آب دوستی، آب گریزی و فوق ترشوندگی توضیح داده می شوند. بطور کلی ترشوندگی با چهار روش اندازه گیری می شود که به صورت روش زاویه تماس و روش نسبی طبقه بندی می شوند. عوامل موثر (دما، نوع و بار لایه ماتریس، نوع ساختمان) همچنین روش های تغییر ترشوندگی (معدنی، آلی و حرارتی و ...) بررسی می شوند. نقش مختلف تغییر ترشوندگی در افزایش بازیابی روغن، جذب آلاینده های آلی و جداسازی روغن از آب بیان شده است. در میان این کاربردها، ابتدا، تغییر آب دوستی نقش کلیدی در بازیابی فرآیند تولید روغن دارد. سپس، شرایط آب گریزی سطح، جذب آلاینده های آلی را موثرتر می کند. در نهایت خاصیت فوق ترشوندگی زمینه، جداسازی موثر روغن از آب را تضمین می کند. همچنین در این بررسی اهمیت، چالش ها و چشم انداز آینده تغییر ترشوندگی را شناسایی می کند و در نتیجه، راهنمایی ضروری برای انتخاب و طراحی تغییر ترشوندگی را ارائه می دهد و از توسعه بیشتر کاربرد منافذ ترشوندگی حمایت می کند.

کلمات کلیدی: افزایش بازیابی روغن، آلاینده آلی، جذب، جداسازی روغن و آب



## مقدمه

ترشوندگی، یکی از مهم ترین ویژگی های سطح متخلخل است که بر خواص و کاربرد مواد به ویژه کاربرد آن در زمینه های زیست محیطی، جداسازی آب از روغن، افزایش بازیابی روغن، جداسازی کربن دی اکسید ذخیره در زمین و همچنین هیدروژن واقع در زیر زمین، تاثیر می گذارد [۱-۲]. ترشوندگی از نظر مفهومی توسط زاویه تماس ایجاد شده میان سیالات و یک سطح جامد مسطح و یا زاویه تماسی که بین سطح مشترک سیالات و یک لوله موئین تشکیل می شود بیان می گردد. چندین روش اندازه گیری برای تعیین بیشتر و بررسی ویژگی ترشوندگی سطح ماده توسعه داده شده است [۳]. به طور کلی، دو نوع ترشوندگی، آب دوستی و آب گریزی، با شاخص ترشوندگی و با زاویه تماس دسته بندی می شود. علاوه بر این، زمانی که زاویه تماس کوچکتر از ۱۰ درجه باشد، سطح فوق آب دوست و اگر بزرگتر از ۱۵۰ درجه باشد آب گریز تر طبقه بندی می شود [۴-۵]. برای گسترش کاربرد عملی و قابلیت بالقوه مواد متخلخل، تغییر ترشوندگی مورد توجه محققان قرار گرفته است و روش های اصلاح نه تنها از نظر نوع و ویژگی های بستر، بلکه از نظر اصلاح کننده و شرایط اصلاح شده آن مانند دما نیز مورد بررسی قرار گرفته اند. بنابراین، اصلاحات معدنی، آلی و حرارتی به ترتیب برای تنظیم ترشوندگی توسط یون های معدنی، سورفکتانت و افزایش دما مورد استفاده قرار می گیرند [۶، ۷]. هنگامی که سورفکتانت ها بر روی سطح باردار نشده رسوب می کنند، فاز آب گریز با فعل و انفعالات بر روی سطح تشکیل می شود که منجر به آب دوستی بیشتر می شود [۹، ۱۰]. علاوه بر این، ترشوندگی نیز با افزایش دما تغییر می کند. سطح فوق آب دوست اغلب با روش های پوشش دهی و ریسندگی ساخته می شود [۱۱]. بر اساس روش های تغییر، تغییرات ترشوندگی مختلفی مانند تغییر آب دوست و تغییر آب گریز می تواند اجرا شود که به ترتیب در تولید روغن و تصفیه فاضلاب نقش های مختلفی را ایفا می کنند.

تغییر آب دوستی سطح، که می تواند توسط یون های غیر آلی و برخی از سورفکتانت ها با گروه های سر آب دوستی تشخیص داده شود، برای افزایش بازیابی روغن اهمیت دارد [۱۲، ۱۳]. پس از تولید روغن اولیه و ثانویه، روغن باقیمانده یک سطح آب گریز روی سنگ تشکیل می دهد که مانع از استخراج روغن می شود، بنابراین، تغییر ترشوندگی که باعث افزایش جدایی روغن باقی مانده از سطح مخزن می شود، ممکن است به عنوان مکانیسم اصلی در فرآیند بازیابی روغن عمل کند [۱۲، ۱۳]. چندین فن آوری جابجایی روغن، مانند آب دوستی با شوری کم، آب دوستی سورفکتانت، رسوب مولکولی تصویربرداری از آب دوستی و آب دوستی با سیال نانو ذره که ترشوندگی را با تزریق مایعات جابه جایی به آب دوست تر تغییر می دهند، پیشنهاد شده است که برای افزایش بازیابی موثر هستند [۱۴-۱۵]. پورسوئی و همکارانش [۱۶] مکانیزم جاری شدن آب با شوری کم در سنگ های کربنات خیس از نفت را مورد مطالعه قرار داده اند که نشان





می دهد افزایش رطوبت آب موجب افزایش تولید نفت می شود. دلجوئی و همکارانش [۱۷] یک سورفکتانت سبز جدید را برای EOR<sup>۲۹</sup> سنتز کرده اند که قابلیت های بهتری از تغییر ترشوندگی و بازیابی روغن را نشان می دهد. تنها رسوب مولکولی یک لایه، جاری شدن سیل را پیشنهاد کرده است، که تک لایه روی مخزن را برای تغییر ترشوندگی و در نتیجه افزایش بازیابی تشکیل می دهد [۱۸].

دینگ و همکاران [۱۹] تغییر ترشوندگی و کاهش کشش سطحی را بررسی کرده اند که ممکن است به عنوان مکانیسم های اصلی نانو ذرات برای بهبود بازیابی عمل کند. به منظور شکستن موانعی که توسعه EOR را محدود می کند، مکانیسم های فناوری های سیلابی باید روشن شوند، که در آن تغییر ترشوندگی جایگاهی ضروری را می گیرد. با توجه به اینکه ماهیت ساختار آب گریز و پایداری شیمیایی آلاینده آلی، سطح آب گریز ماده تصفیه با نیاز فوری مواجه است. خاک های رس جدید با سطوح آب گریز، که توسط سورفکتانت عملکردی تزیین شده اند، به عنوان جاذب های محیطی کم هزینه، سبز مورد بهره برداری قرار می گیرند [۲۰]. عبدالغفار و همکاران [۲۱] و پنگ و همکاران [۲۲] به بررسی جذب رنگ بر روی خاک رس پرداخته اند که نشان می دهد اصلاح به عنوان عامل کلیدی جذب آلودگی آلی عمل می کند. عیسی و همکارانش [۲۳] نوعی خاک رس را سنتز کرده اند که ظرفیت جذب عالی برای بیس فنول را نشان می دهد. وانگ و همکاران [۲۴] به طور نسبی بنتونیت اصلاح شده با سورفکتانت جبینی و مونومر را مورد مطالعه قرار داده اند و راندمان حذف خاک رس ها با آب گریزی اصلاح کننده ها افزایش می یابد. از طریق واکنش تبادل یونی و یا برهمکنش الکترواستاتیکی بین اصلاح کننده و سطح ماده، سورفکتانت به خاک رس وارد می شود که منجر به سطح جاذب آب گریز تر می شود که شرایط جذب مطلوبی را فراهم می کند [۲۵، ۲۶]، و جذب آلاینده را آسان می کند. از روش تعاملات بین گروه عملکردی اصلاح کننده و آلودگی هدف استفاده شد [۲۷-۲۸].

علاوه بر این، سطح با خاصیت آب دوستی خاص اغلب به جداسازی روغن از آب اختصاص داده می شود. سطوح فوق آبدوست و یا فوق آب گریز با الهام از سطح موجودات با ویژگی های جمع آوری آب، خود تمیز شونده و همچنین ضد رسوب برای بازیابی روغن معلق یا امولسیون شده از آب ساخته شده اند که ممکن است محیط اطراف، موجودات و انسان ها را تهدید کند. [۲۹-۳۰]. بشکار و همکاران [۳۱] یک فیلتر پارچه ای آب گریز یا سوپرو لوفیلیک برای جداسازی روغن از آب ساخته اند که کارایی جداسازی عالی را از خود نشان می دهد. لانگ و همکاران [۳۲] و ژائو و همکاران [۳۳] مجموعه ای از غشاهای متخلخل فوق آبدوست را تولید کرده اند که به عنوان موثر جداسازی روغن از آب با بازده



بیش از ۹۹ درصد استفاده می شوند [۳۴]. مکانیسمها و کاربردهای تغییر ترشوندگی در جداسازی روغن از آب برای ارائه بیشتر ارزش دارد، که اهمیت راهنما را برای توسعه آینده آن فراهم می کند.

تغییر ترشوندگی برای EOR و تصفیه پساب آلی مهم است که در آن مکانیسمهای عملکردی مختلفی را نشان می دهد. این بررسی کلی بر تشریح ترشوندگی و کاربردهای آن از نقاط آبدوست، آبگریز و فوق ترشوندگی تمرکز دارد و اولاً روش های اندازه گیری، عوامل مؤثر بر روش های تغییر ترشوندگی مواد متخلخل را تکرار می کند، ثانیاً مکانیسم های اساسی آنها را تعمیم می دهد. سپس موقعیت و تنظیم رفتارهای خیس کنندگی مختلف که در کاربردهای مربوطه وجود دارد را آشکار می سازد. در نهایت، اهمیت مکانیسمها و چالش های تغییر ترشوندگی برای کاربردهای آنها نیز توضیح داده شده است، که پایه و اساس گسترش بیشتر کاربرد تغییر ترشوندگی در EOR و تصفیه فاضلاب را تشکیل می دهد.

## ۲. روش های اندازه گیری ترشوندگی

به منظور شناخت بیشتر آب دوستی سطح، اکثر روش های اندازه گیری توسعه داده شده اند [۳۵ - ۳۸]. با توجه به نوع داده های به دست آمده، روش های اندازه گیری را می توان به دو دسته روش زاویه تماس و روش نسبتی تقسیم کرد. به طور کلی، زاویه تماس ترشوندگی سطح را به طور مستقیم نشان می دهد، در حالی که نسبی ترکیب آب و روغن به طور مستقیم و عینی، تفاوت بین ترشوندگی با فرآیند محاسبه شده را نشان می دهد. روشهای مختلف آزمایشگاهی برای اندازه گیری کیفی و کمی ترشوندگی وجود دارد که میتوان به روش های مختلف کمی روش زاویه تماس سنگ و سیال، روش آموت، روش USBM و روش های کیفی شامل روش شاخص مقاومت و روش منحنی نفوذپذیری نسبی اشاره کرد. در این مطالعه چهار روش: روش قطره چسبیده، روش آموت-هاروی، روش سانتریفیوژی (USBM) و روش افزایش موینگی واشبورن که به طور معمول در آزمایشگاه مورد استفاده قرار می گیرند، مورد بررسی قرار گرفته اند. شاخص های آنها برای هر حالت آب دوستی در جدول ۱ نشان داده شده است

جدول ۱. انواع ترشوندگی و شاخص های چهار روش اندازه گیری را نشان می دهد.

روش	روش قطره	روش آموت - هاروی	روش USBM	روش افزایش	روش موینگی
روش چسبیده				روش واشبورن	

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



زاویه تماس آب شاخص آموت - هاروی شاخص USBM مقدار LHR

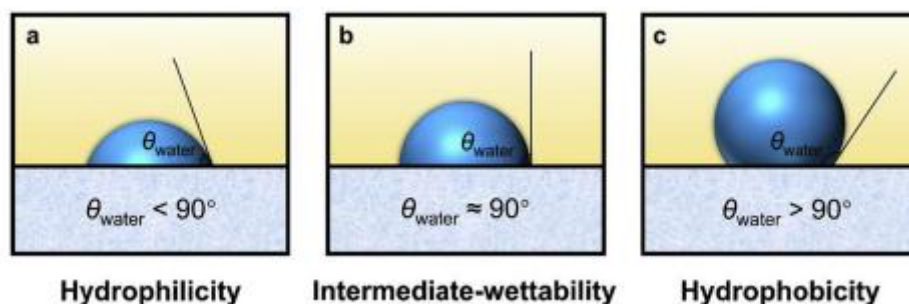
(I<sub>USBM</sub>)

(I<sub>AH</sub>)

آب دوست	< 90	0.3 ~ 1	> 0	< 1
خنثی	90	-0.3 ~ 0.3	0	1
روغن دوست	> 90	-1 ~ 0.3	< 0	> 1

### ۲.۱. روش زاویه تماس

روش قطره چسبیده، یکی از روش های اندازه گیری زاویه تماس برای تعیین ترشوندگی است که می تواند مستقیماً زاویه رابط های جامد- مایع و بخار تشکیل شده توسط یک قطره روی سطح جامد را منعکس کند [۳۵،۳۶]. با توجه به معادله یانگ، خیس شدن (آب-دوست، خنثی و روغن دوست) را می توان تقریباً بر اساس زاویه تماس آب طبقه بندی کرد [۳]. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، خیس شدن یا آب دوستی زمانی تشخیص داده می شود که زاویه تماس کمتر از ۹۰ درجه باشد، و روغن دوست یا آبگریزی به عنوان زاویه تماس بیشتر از ۹۰ درجه در نظر گرفته می شود. حالت متوسط - مرطوب یا خنثی را می توان با زاویه تماس حدود ۹۰ درجه در نظر گرفت [۳،۳۹-۴۰]. در واقع هرچه زاویه تماس به صفر نزدیک تر باشد ترشوندگی بیشتر است. هرچه زاویه تماس به ۱۸۰ نزدیک تر باشد آبگریزی افزایش می یابد.



شکل ۱. نمایش گرافیک قطره آب در زوایای تماس آب با هوا در شرایط مختلف طبقه بندی شده است.





روش قطره چسبیده به دلیل عملکرد آسان و نتیجه ساده آن یکی از متداول ترین روش ها است و برای اندازه گیری سطح ایده آل، تخت و صاف مناسب تر است، اما ذره یا سطح زبر، ناهمگن و حتی متخلخل است که کاربرد این روش را محدود می کند [۳، ۳۷، ۴۱]. در مقایسه با سطح صاف، زاویه تماس بر روی بستر زبر ممکن است در امتداد خط تماس از یک نقطه به نقطه دیگر تغییر کند، که منجر به تفاوت زاویه تماس بین دو سطح می شود [۳۷، ۴۱]. به منظور اطمینان از دقت اندازه گیری ترشوندگی، روش های پیش تصفیه نمونه پیشنهاد شده است: (۱) سایش و یا صیقل دادن سطح زبر تا صاف. (۲) برای نمونه پودری، می توان آن را به شکل قرص با فشار بالا (حدود ۷۰ تا ۷۰۰ مگاپاسکال) فشرده کرد؛ (۳) قرار دادن یا چسبیدن یک لایه پودر بر روی بستر [۳۵، ۳۷]. به طور کلی، اگرچه روش زاویه تماس ساده است، اما به جای ذرات، برای سطح ایده آل کاربرد بیشتری دارد.

## ۲.۲ روش نسبی

روش آموت - هاروی، روش USBM و روش افزایش موینگی واشبورن، نسبت ترشوندگی را با نسبت میزان ترشوندگی فاز آب و روغن نشان می دهد که در آن روش آموت - هاروی و روش USBM اغلب برای ارزیابی ترشوندگی روغن استفاده می شوند [۴۲] و روش افزایش موینگی واشبورن برای ماتریس ریز اعمال می شود [۳۵].

## ۲.۲.۱ روش آموت - هاروی و روش USBM

روش آموت - هاروی از چهار بخش فرآیندهای اندازه گیری تشکیل شده است: دو نرخ آشام خود به خودی و دو اندازه گیری جابجایی موثر [۳۸، ۴۳، ۴۴]. پس از تیمار غوطه ور و جابجا شده روغن و آب، مقادیر آشام روغن جذب ( $S_{oi}$ )، اشباع روغن کل ( $S_{ot}$ )، آشام آب جذب ( $S_{wi}$ ) و اشباع کل آب ( $S_{wt}$ ) ماده معدنی به دست می آید، بنابراین، شاخص آموت هاروی ( $I_{AH}$ ) را می توان با معادله ۱ محاسبه کرد [۳۸، ۴۴].

$$I_{AH} = (S_{wi}/S_{wt}) - (S_{oi}/S_{ot}) \quad (1)$$

روش USBM همانند روش آموت هاروی، در مواد معدنی برای جابجایی نفت با آب استفاده می شود. دو فرآیند جابجایی توسط منحنی های فشار موینگی ثبت می شوند، روش USBM با شاخص ( $I_{USBM}$ ) را می توان از  $\log(A_o/A_w)$  به دست آورد، که در آن  $A_w$  و  $A_o$  به ترتیب مناطقی از منحنی های فشار روغن و آب هستند [۳۸، ۴۴]. هر دوی این دو روش به خوبی توسعه یافته اند، اما کاربرد آن ها با عملیات خسته کننده دشوار است [۳۶].

## ۲.۲.۲ روش افزایش موینگی واشبورن

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



با در نظر گرفتن ناهمگونی سطح معدنی، روش افزایش موینگی واشبورن برای اندازه گیری ترشوندگی نسبت به روش قطره چسبیده، روش آموت-هاروی و روش USBM کاربرد بیشتری دارد [۳۷]. با توجه به افزایش مایع مرطوب کننده در بستر پودر طبقه بندی شده از طریق فشار موینگی هنگامی که مایع در تماس با کف لوله موینگی قرار می گیرد، ترشوندگی ذره را می توان به دست آورد و زاویه تماس با معادله واشبورن تعیین می شود [۳۷، ۴۵]. به منظور حذف دشواری تعیین عاملی که با بزرگی، شکل و اندازه ذرات متفاوت است، نسبت آب دوست و روغن دوست (LHR) به طور مفهومی توسط چانگ و یانگ و همکاران پیشنهاد شده است [۴۵، ۴۶]. که نه تنها به مقدار آب دوستی فاز آب و روغن روی ذرات، بلکه به ویسکوزیته، چگالی و کشش سطحی دو مایع نیز بستگی دارد. تفاوت بین میل ترکیبی آب و روغن نسبت به سطح ذرات یکسان را می توان با مقدار LHR بیان کرد، هر چه بیشتر باشد، آب گریزی سطح بیشتر است. با این حال، تحقیقات مربوط به این روش اندازه گیری به ندرت انجام می شود و کاربردهای روش افزایش موینگی واشبورن با مقدار LHR همکاری می کند که هنوز بیشتر مورد بررسی قرار نگرفته است.

### ۳. تاثیر عوامل موثر بر تغییر ترشوندگی

#### ۳.۱ اثر بستر

#### ۳.۱.۱ طبقه بندی رسانه

با توجه به این که اجزا و ساختار درونی کاملا از یکدیگر متفاوت هستند، انواع مختلف رسانه ویژگی های مختلف و ترشوندگی متفاوتی را از خود نشان می دهند.

به عنوان مثال، تفاوت ترشوندگی ذاتی سطح گرافن معمولا به عنوان آب گریزی به نظر می رسد [۴۷]. در حالی که تغییر مواد معدنی سنگ و رس با کانی شناسی سنگ تغییر می کند [۴۸، ۴۹]. به طور کلی در مقالات گزارش شده است که بیشتر مخازن ماسه سنگی آب دوستی هستند اما کربنات ها آب گریزی هستند [۳۹، ۵۰]. آلتوایی و همکارانش نشان داده اند که ترشوندگی ماسه سنگ کوره به سمت آب دوستی بهبود یافته است، در حالی که ماسه سنگ پس از همین عملیات به سمت آب دوستی متوسط تبدیل می شود [۵۱]. علاوه بر این، محتوای آلی بستر نیز بر ترشوندگی تاثیر می گذارد. به عنوان مثال سنگ حاوی روغن، در مقایسه با سنگ بکر، سطح آن به روغن دوستی بیشتری تبدیل می شود که با جذب یا پیر شدن اجزای قطبی (مانند رزین، آسفالتین، اسید آلی و غیره) از روغن ایجاد می شود [۵۵].

علاوه بر شیمی بستر، ساختار، مانند هیدروکسی در معرض مواد معدنی، سطح را آب دوست تر می کند. زبری منافذ بستر نیز بر ترشوندگی تاثیر دارد [۵۲]. همانطور که کاسیو و ونزل اشاره کردند، ترشوندگی بستر بر این اساس با افزایش



زبری سطح افزایش می یابد [۵۳، ۵۴]. تخلخل به طور مستقیم بر زبری سطح بستر تاثیر می گذارد که منجر به تغییر ترشوندگی می شود و تایید می کند که زبری منافذ سطح یا بستر بر ترشوندگی سطح تاثیر می گذارد.

۳،۲ اثر حالت ترشوندگی

۳،۲،۱. طبقه بندی اصلاح کننده ها

اصلاح کننده برای انتقال ترشوندگی سطح ضروری است. با توجه به اینکه تفاوت گونه های اصلاح کننده ها که در بستر قرار می گیرند، آب دوستی سطح مواد معدنی کاملا متفاوت است [۳۸]. از نظر شیمیایی اصلاح کننده را می توان به دو دسته تقسیم کرد: یکی اصلاح کننده های معدنی شامل یون های معدنی و اکسیدهای فلزی. دیگری اصلاح کننده های آلی است که از سورفکتانت تشکیل شده است. همانطور که توسط یون های معدنی اصلاح می شود، سطح ممکن است به دلیل دفع جزء قطبی آبدوست تر شود [۷۵]، در حالی که سطح پس از درهم آمیزی سورفکتانت آب گریز می شود که در نتیجه زنجیره دنباله آبریز است که یک دامنه آبریز بین لایه ها تشکیل می دهد [۵۶، ۵۷].

علاوه بر این، گونه های سورفکتانت نیز بر تغییر ترشوندگی ماتریس تاثیر می گذارند. هو و همکارانش [۵۸، ۵۹] تغییر ترشوندگی ماسه سنگ - نفت را توسط سورفکتانت های کاتیونی، آنیونی و غیر یونی (CATB, POE(1) and TX-100) مورد مطالعه قرار داده اند و نتایج نشان داد که سورفکتانت کاتیونی واجد بی نفت را افزایش می دهد و ترشوندگی را با تشکیل جفت یونی تغییر می دهد، که منجر به سطح آب - رطوبت بیشتر می شود. نتایج مشابهی توسط جارراحیان و همکاران [۱۲] گزارش شده است. در سیستم کربنات ها نفت مرطوب، به ترتیب سورفکتانت کاتیونی (CTAB) و سورفکتانت غیر یونی (TritonX-100) قابلیت خیس شدن را به آب دوستی قوی و آب دوستی ضعیف تبدیل می کنند، در حالی که سورفکتانت آنیونی (SDS) تاثیر کمتری بر تغییر ترشوندگی دارد.

۳،۳ اثر دما

دما به عنوان یک عامل محیطی خارجی برای کاربردها و همچنین ویژگی های سطح، از جمله تغییر ترشوندگی، پیچیده اما مهم است. همانطور که منابع گزارش کرده اند، از یک سو زاویه تماس با دما تغییر کرده است که ناشی از تغییر نیروهای بین مولکولی ناشی از چگالی سیال و پتانسیل واندروالز می باشد [۶۰]. مروا و همکارانش [۶۱] نشان داده اند که آب بین لایه ای کانی رس در طول فرآیند حرارت دهی از دست می رود و بار لایه رس با افزایش دما به تدریج کاهش می یابد. نتایج مشابهی نیز توسط دینگ و همکارانش گزارش شده است [۶۲]. سوی دیگر، دما نیز از سه منظر زیر بر ترشوندگی تاثیر دارد: الف) مقدار آب بین لایه ای. ب) بار لایه ای کانی رسی که بر ترشوندگی تاثیر می گذارد. ج) تغییر ترشوندگی ناشی از شیمیایی ایجاد شده است [۶۱، ۶۳-۶۴]. مروا و همکاران [۶۱] نشان داده اند که آب بین لایه ای کانی رسی در طی فرآیند





گرمایش از بین می رود و بار لایه خاک رس با بار منفی به تدریج با افزایش دما کاهش می یابد. نتایج مشابهی نیز توسط دینگ و همکاران گزارش شده است [۶۲].

از دیدگاه دیگر، دمای بالاتر نیز مهاجرت ذرات را تسهیل می کند که منجر به تغییر ترشوندگی می شود. استنس و همکارانش [۶۴] نشان داده اند که نرخ جذب سطحی سورفکتانت بر روی کربنات در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد دو برابر نرخ جذب سطحی در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد است، که نشان می دهد فرایندهای اصلاح اصلاح کننده نسبت به رس معدنی تقریباً در معرض دما قرار دارند. علاوه بر این، همانطور که محمد و همکارانش [۳۹] اشاره کردند، مشخص شد که آب داغ به آسانی به درون کربنات خیس از روغن جذب می شود و سطح را به آب دوست تبدیل می کند.

#### ۴. فرایندهای تغییر ترشوندگی

براساس عوامل ذکر شده در بخش قبل، چندین روش اصلاح وجود دارد که می تواند برای تغییر ترشوندگی ماتریس های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. اصلاح غیر آلی اغلب برای تغییر سطح خیس مخزن روغن از طریق نمک در اثر یون های غیر آلی به کار می رود و اصلاح آلی ویژگی مرطوب شدن سطح را از طریق برهم کنش بین بستر و سورفکتانت تغییر می دهد [۶۵-۶۶]. اصلاح گرمایی با افزایش دما به تغییر ترشوندگی دست می یابد [۶۷]. اصلاح ترکیبی دو یا چند اصلاح گر و یا روش اصلاح شده را برای ایجاد سطح ترکیب می کند، که کاربرد اصلاح غیر آلی را گسترش می دهد. علاوه بر این، برخی روش های دیگر، پوشش دهی و چرخش الکترواستاتیکی و ... در ترشوندگی سطح اصلاح شده معرفی شده اند و تغییر فوق خیس را درک کرده اند [۶۸].

#### ۵. ترشوندگی در افزایش بازیابی روغن و تصفیه فاضلاب آلی

الزامات سخت تر ترشوندگی سطح ممکن است توسعه و کاربرد فناوری را در بسیاری از زمینه ها محدود کند، بنابراین، تغییر ترشوندگی در شکستن چالش ها از اهمیت حیاتی برخوردار است. آب دوستی و ترشوندگی سطح سنگ برای افزایش بازیابی نفت (EOR) با توجه به مکانیزم تغییر ترشوندگی مفید است [۶۹]؛ لیوفوبی بودن ماده به تصفیه و جذب سطحی آن به سمت آلایند در پساب کمک می کند [۷۰]، و سطح فوق خیس شونده کلید جداسازی روغن و آب است [۴۶، ۷۱].

#### ۵.۱- چالش ها

اگرچه فناوری های متعددی برای بازیابی روغن توسعه یافته است و برخی از آن ها بهره وری جابجایی روغن را با تغییر ترشوندگی نشان می دهند، اما هنوز برخی مسائل وجود دارند که باید برای توسعه بیشتر در نظر گرفته شوند. اول،

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مقرون به صرفه بودن که یکی از با ارزش ترین شاخص ها در EOR است، که تقاضا می کند عامل سیل نه تنها ارزان و به راحتی به دست آید، بلکه کارآمد نیز باشد. سیلاب با شوری کم، سیلاب با سورفکتانت و سیلاب با فیلم برداری MD در بازده و مزایای اقتصادی در حال جذب هستند، گونه های عوامل سیل زا هنوز هم بسیار یکنواخت هستند که از توسعه آن ها جلوگیری کرده و کاربرد آن ها را تعمیم می دهند.

دوم، حفاظت از محیط زیست یک مشکل پیچیده در طول استخراج روغن است و عوامل سیلابزنی سبز بیشتری باید وارد تولید روغن شوند. در نهایت، کاربرد و امکان سنجی فن آوری های جاری شدن سیل به سمت انواع مختلف مخازن، مهم ترین مسائل در بازیابی نفت هستند که برای کشف و توضیح بیشتر ارزشمند هستند. در نتیجه، برخی از عوامل جاری شدن سیل جدید، مانند سورفکتانت و همچنین عوامل فیلم برداری از سیلاب MD، باید به شدت برای بهره برداری و اعمال برای جابجایی نفت مورد استفاده قرار گیرند و کارایی و کارایی آن ها در مخازن مختلف نیز باید مورد بررسی و تایید قرار گیرد.

### ۵،۲ ترشوندگی در جذب آلاینده های آلی

جذب سطحی به عنوان یک روش ساده و عملی به طور گسترده توسط محققان برای تصفیه آلودگی در بدنه آب مورد توجه قرار گرفته است [۷۲،۷۳]. با توجه به آگریز بودن آلاینده آلی و مقرون به صرفه بودن جاذب، جاذب های مبتنی بر ارگانو رس با سطح دفع آب و هزینه کم مورد توجه مطالعات ضد آلودگی قرار گرفته اند [۷۴]. در این بخش، اثرات برهمکنش آگریز بر مکانیسم ها و رفتارهای جذبی خاک رس به طور خلاصه بیان شده است، جاذب های دیگر از حوصله این بررسی خارج هستند.

### ۵ - ۳: ترشوندگی در جداسازی روغن از آب

اخیرا استفاده از مواد فوق آگریز یا آبدوست که با استفاده از سطح فوق آگریز که در پاک سازی آب، جمع آوری آب، خود تمیز کاری و ضد رسوب مواد طبیعی و سطح موجودات نقش حیاتی ایفا می کند، بر تصفیه پساب نفتی متمرکز شده است [ ۷۵،۷۶،۷۷]. انواع مختلفی از مواد با ترشوندگی ویژه، فوق آگریزی یا فوق آب دوستی، برای جداسازی مخلوط غیرقابل جذب روغن/ آب یا امولسیون روغن/ آب و گسترش دامنه کاربرد آن ها در محیط متنوع مورد بهره برداری قرار گرفته اند [۷۸].

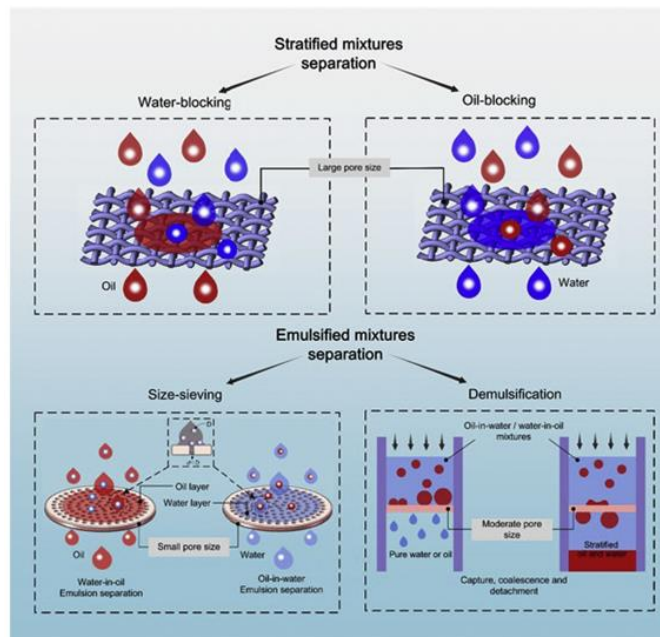
### ۵،۳،۱ مکانیسم های جداسازی

با توجه به شرایط متنوع فاضلاب آلوده به روغن، مکانیسم های مختلفی برای جداسازی مخلوط های آب و روغن به مواد معرفی می شوند (شکل ۸). برای مخلوط آب از روغن، مواد متخلخل دارای خواص ترشوندگی ویژه ای هستند که



برای فرآیند جداسازی طراحی و ساخته شده اند که در آن مکانیزم های انسداد آب و انسداد روغن از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند [۷۹،۸۰]. در طول فرآیند جداسازی روغن از مخلوط، سطح آبگریز یا فوق آبگریز برای جلوگیری از عبور آب از محیط جدا کننده به کار گرفته می شود، در مقابل، سطح آبدوست و حتی فوق آبدوست برای دور نگه داشتن روغن از آب مناسب است [۷۵،۷۶،۸۱].

در مورد تفکیک مخلوط روغن و آب امولسیون شده، اندازه و امولسیون سازی به عنوان مکانیسم های محوری برای تصفیه عمل می کنند. با بهره گیری از تفاوت بین اندازه مولکول روغن و آب، مواد فوق آبگریز و فوق آبگریز با منافذ کوچک به ترتیب برای جداسازی روغن و آب ساخته و به کار گرفته می شوند که اثر الک را ایفا می کنند [۸۲].



شکل ۸. مکانیزم جداسازی آب / روغن مواد ویژه خیس شدگی. [۷۶]

۵،۳،۲. جداسازی مخلوط روغن و آب طبقه بندی شده

به دلیل اختلاف تراکم و حلالیت پایین آب، نفت ریخته شده و مواد شیمیایی آلی نشت کرده روی سطح آب شناور است که سلامت حیوانات و انسان ها را تهدید می کند [۷۱،۸۱،۸۴]. جذب و تصفیه به عنوان دو روش موثر و سازگار با محیط زیست برای تصفیه آب حاوی روغن در نظر گرفته می شوند، اما اغلب به دلیل شرایط سخت محدود می شود، که نیاز به قابلیت ترشدن خاص و دوام شیمیایی عالی برای جداسازی مواد دارد [۸۵]. بنابراین، اسفنج های فوق خیس، پارچه و همچنین شبکه ها و غیره با کارایی بالا مورد مطالعه قرار گرفته اند.





به منظور محدود کردن استفاده از جاذب اسفنجی مانند، اسفنج گرافن با خاصیت آبگریزی، پایداری فوق العاده و قابلیت بازیافت برای جداسازی روغن از آب ساخته شده است [۸۵]. با توجه به چگالی کم و ساختار اسفنج و ترشوندگی گرافن، اسفنج پوشش یافته با گرافن دارای ساختار متخلخل بزرگ و سطح آبگریز است و می تواند بر روی آب شناور شود و نفت را به طور انتخابی از سطح آب جذب کند، علاوه بر این، می تواند به عنوان ماده فیلتر شده ای عمل کند که ممکن است فاز آب را مسدود و حفظ کند، که بازده جداسازی به بیش از ۹۷٪ می رسد.

با توجه به اینکه ممکن است قابلیت تر شدن تنها توسط محیط پیچیده فاضلاب مهار شود، مواد با قابلیت تر شدن قابل تنظیم برای برآورده کردن شرایط مختلف و جداسازی موثرتر اهمیت دارند. پارچه پنبه پوشیده شده با مخلوط نانوذرات سیلیکا و  $2\text{TiO}$  تغییر یافته با اسید دکانوئیک دارای فوق آبگریزی اما فوق آب دوستی زیر آب است. در حالی که به آبدوستی اما فوق آب دوستی زیر آب در زمانی که pH برابر با ۷ است، که به ترتیب دو عملکرد جداسازی مختلف را نشان می دهد، مسدود کردن آب و مسدود کردن نفت [۸۳]. هر دو حالت خیس شدن پارچه پنبه ای پوشش داده شده، برای جداسازی بسیار موثر هستند. علاوه بر این، انواع مختلفی از شبکه ها که با خواص خیس شونده ویژه تزئین شده اند، در جداسازی آب و روغن معرفی شده اند.

#### ۶. نتیجه گیری

قابلیت تر شدن، یکی از مهم ترین ویژگی های سطحی جامد، بر خواص، عملکرد و کاربردهای مواد تاثیر می گذارد. این مقاله به بررسی ترشوندگی و تغییر آن می پردازد. چشم انداز درک، اندازه گیری، عوامل موثر، روش های اصلاح شده و کاربرد آن ها در EOR، جذب آلاینده های آلی و جداسازی آب و روغن.

(۱) با توجه به شاخص ترشوندگی (زاویه تماس و ...)، ترشوندگی می تواند به صورت سیستماتیک به آب دوستی، آب دوستی خنثی و آب گریزی تقسیم شود. هنگامی که زاویه تماس کوچک تر از ۱۰ درجه یا بزرگ تر از ۱۵۰ درجه باشد، می توان آن را به عنوان فوق ترشوندگی در نظر گرفت. چهار روش اندازه گیری مورد بحث قرار گرفته به دو دسته تقسیم می شوند. روش قطره چسبیده به عنوان روش زاویه تماس مرسوم، حالت تر شدن را به طور مستقیم نشان می دهد اما موضوع ناهمگنی سطح است، در حالی که روش های دیگر، که به روش نسبی تعلق دارند، ترشوندگی نسبی را منعکس می کنند و برای اندازه گیری عملی ذرات مناسب تر هستند.

(۲) نوع و بار لایه ماتریس، دسته و ساختار اصلاح کننده، و همچنین دما، بر ترشوندگی سطح تاثیر دارند. به طور کلی، هر چه بار لایه بیشتر باشد، احتمال انتقال ترشوندگی بیشتر می شود، تغییر ترشوندگی قوی تر اتفاق می افتد؛ هر چه



اصلاح کننده ها آبریز تر باشند، ترشوندگی نفت در تبدیل های سطحی بیشتر خواهد بود. ترشوندگی نیز با افزایش دما به دلیل تغییرات کشش سطحی و اختلاف چگالی بین فازها تغییر می کند.

۳) با توجه به این که رابطه بین ترشوندگی و خواص مواد وجود دارد، تغییر ترشوندگی در کاربردها وارد شده است. با توجه به EOR، تغییر ترشوندگی به عنوان یکی از مهم ترین مکانیسم ها در طول فرآیند جاری شدن سیل عمل می کند و آب دوست مخزن برای هدایت تولید نفت درخواست می شود. برای تصفیه فاضلاب آلی، آبریزی ماده با اصلاح سورفکتانت انجام می شود، و فضای داخلی و مکانیزم برای جذب آلاینده های آلی از آب را فراهم می کند، و سطح فوق تر ماده برای جداسازی روغن و آب ضروری است.

#### منابع

- [۱] Kirdponpattara S, Phisalaphong M, Newby BZ. 2013. *J Colloid Interface Sci.* 397:169–76.
- [۲] Lazghab M, Saleh K, Pezron I, Guigon P, Komunjer L. 2005. *Powder Technol.* 157:79–91.
- [۳] Yong J, Chen F, Yang Q, Farooq U, Hou X. 2015. *J Mater Chem A.* 3:10703–9.
- [۴] Pan B, Yin X, Iglauer S. 2020. *Adv Colloid Interf Sci.* 285:102266.
- [۵] Kobina Sam E, Kobina Sam D, Lv X, Liu B, Xiao X, Gong S, . 2019. *Chem Eng J*373: 531–46.
- [۶] Afekare DA, Radonjic M. 2017. *Energy Fuel.* 31:13043–62.
- [۷] Wang Y, Xu H, Yu W, Bai B, Song X, Zhang J . 2011. *Pet Sci* 8:463–76.
- [۸] De Oliveira T, Boussafir M, Fougère L, Destandau E, Sugahara Y, Guégan R. 2020. *Chemosphere.* 259: 127480.
- [۹] Mekhzoum MEM, Raji M, Rodrigue D, Qaiss AEK, Bouhfid R. 2020. *Appl Clay Sci.* 185:105417.
- [۱۰] Shi H, He Y, Pan Y, Di H, Zeng G, Zhang L. 2016. *J Membr Sci.* 2016;506:60–70.
- [۱۱] Jarrahan K, Seiedi O, Sheykhani M, Sefti MV, Ayatollahi S. 2020. *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp.* 410:1–10.
- [۱۲] Sagala F, Hethnawi A, Nassar NN. 2020. *Ind Eng Chem Res.* 59:16225–39.
- [۱۳] Almeida Da Costa A, Trivedi J, Soares J, Rocha P, Costa G, Embiruçu M. 2020. *Fuel.* 273:117694.



- [۱۴] Mahmoudi S, Jafari A, Javadian S. 2019. *Pet Sci*.16:1387–402.
- [۱۵] Purswani P, Karpyn ZT. 2019. *Fuel*. 235:406–15.
- [۱۶] Deljooei M, Zargar G, Nooripoor V, Takassi MA, Esfandiarian A. 2021. *J Mol Liq*. 323:115037.
- [۱۷] Gao ML, Gu Z, Luo ZX. 2019. *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp*.572:182–96.
- [۱۸] Ding H, Zhang N, Zhang Y, Wei M, Bai B.2019.*Ind Eng Chem Res*.58:12438–50.
- [۱۹] Alshameri A, He H, Zhu J, Xi Y, Zhu R, Ma L,. 2018. *Appl Clay Sci*.159:83–93.
- [۲۰] Abdel Ghafar HH, Radwan EK, El-Wakeel ST. 2020. *ACS Omega*. 5:6834–45.
- [۲۱] Peng S, Mao T, Zheng C, Wu X, Wei Y, Zeng Z,. 2019. *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp*. 578:123602
- [۲۲] Issaoui O, Amor HB, Ismail M, Pirault-Roy L, Jeday MR. 2020. *Clay Clay Miner*.68: 361–72.
- [۲۳] Wang C, Jiang X, Zhou L, Xia G, Chen Z, Duan M,. 2013. *Chem Eng J*.219:469–77.
- [۲۴] Nguemtchouin MGM, Ngassoum MB, Kamga R, Deabate S, Lagerge S, Gastaldi E. 2015. *Appl Clay Sci*. 104:110
- [۲۵] Parvizi Ghaleh S, Khodapanah E, Tabatabaei-Nezhad SA. 2020. *J Mol Liq*.306:112942.
- [۲۶] Shen T, Gao ML, Zang WL, Ding F, Wang J. 2018.*Chem Eng J*. 331:211–20.
- [۲۷] Xue GH, Gao ML, Gu Z, Luo ZX, Hu ZC. 2013. *Chem Eng J*. 218:223–31.
- [۲۸] Wang H, Huang X, Li B, Gao J. 2018. *J Mater Sci*. 53: 10111–21.
- [۲۹] Li S, Huang J, Chen Z, Chen G, Lai Y. 2017. *J Mater Chem A*. 5:31–55.
- [۳۰] Beshkar F, Salavati-Niasari M, Amiri O. 2020. *Cellulose*. 27:9559–75.
- [۳۱] Long Q, Chen J, Wang Z, Zhang Z, Qi G, Liu Z.2021. *Sep Purif Technol*. 254:117517
- [۳۲] . Zhao Y, Yang X, Yan L, Bai Y, Li S, Sorokin P,. 2021. *J Membr Sci*.618:118525.
- [۳۳] Tang H, Hao L, Chen J, Wang F, Zhang H, Guo Y. 2018. *Energy Fuel*. 32:3627–36.
- [۳۴] Alghunaim A, Kirdponpattara S, Newby BZ. 2016. *Powder Technol*. 287:201–15.
- [۳۵] Song X, Qin Y, Ma H, Waters KE, Wang Z, Li G. 2019. *Energy Fuel*. 33:1998–2007.
- [۳۶] Chau TT. 2009. *Miner Eng* .22:213–9.
- [۳۷] Deng X, Kamal MS, Patil S, Hussain SMS, Zhou X. 2019. *Energy Fuel*. 34:31–54.





- [۳۸] Mohammed M, Babadagli T. Wettability alteration: 2015. *Adv Colloid Interf Sci.* 220:54–77.
- [۳۹] Iglauer S, Pentland CH, Busch A. 2015. *Water Resour Res.* 51:729–74.
- [۴۰] Susana L, Campaci F, Santomaso AC. 2012. *Powder Technol.* 226:68–77.
- [۴۱] Taqvi ST, Almansoori A, Bassioni G. 2015. *Energy Fuel.* 30:1927–32.
- [۴۲] Amott E. 1985. Observations relating to the wettability of porous rock. *Trans AIME.* 216:156–62.
- [۴۳] Dominguez A, Pérez-Aguilar H, Rojas F, Kornhauser I. 2001. *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp.* 187:415–24.
- [۴۴] Chang Q, Wei BG, He YD. 2009. *Chem Eng J.* 150:323–7.
- [۴۶] An S, Joshi BN, Lee J, Lee MW, Kim YI, Kim M., 2017. *Catal Today.* 295:14–25.
- [۴۷] Chen Y, Xie Q, Sari A, Brady PV, Saeedi A. 2018. *Fuel.* 215:171–7.
- [۴۸] Cai J, Li C, Song K, Zou S, Yang Z, Shen Y., 2020. *Fuel.* 269:117087.
- [۴۹] Chilingar GV, Yen TF. 1983. *Energy Sources.* 7:67–75.
- [۵۰] Alotaibi MB, Nasralla RA, Nasr-El-Din HA. 2011. *SPE Reserv Eval Eng.* 14:713–25.
- [۵۱] Graue A, Viksund BG, Eilertsen T, Moe R. 1999. *J Pet Sci Eng.* 24:85–97.
- [۵۲] Cassie ABD. 1948. Contact angles. *Discuss Faraday Soc.* 3:11–6.
- [۵۳] Cassie ABD. Contact angles. 1948. *Discuss Faraday Soc.* 3:11–6.
- [۵۴] Wenzel RN. 1936. Resistance of solid surfaces to wetting by water. *In Eng. Chem.* 28:988–94.
- [۵۵] Iglauer S, Pentland CH, Busch A. 2015. *Water Resour Res.* 51:729–74.
- [۵۶] Yang Q, Gao ML, Zang WL. 2017. *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp.* 520: 805–16.
- [۵۷] Hou B, Wang Y, Huang Y. 2015. *Appl Surf Sci.* 330:56–64.
- [۵۸] Hou B, Wang Y, Cao X, Zhang J, Song X, Ding M, 2016. *J Surfactant Deterg.* 19:315–24.
- [۵۹] Hou B, Jia R, Fu M, Huang Y, Wang Y. 2019. *Energy Fuel.* 33: 4062–
- [۶۰] Marwa EMM, Meharg AA, Rice CM. 2009. *Appl Clay Sci.* 43:376–82.
- [۶۱] Ding F, Gao ML, Wang J, Shen T, Zang WL. 2018. *J Ind Eng Chem.* 57: 304–12.
- [۶۲] Standnes DC, Austad T. 2000. *J Pet Sci Eng.* 28: 123–43.



- [۶۳] Luo ZX, Gao ML, Gu Z, Ye YG. 2014. *Energy Fuel*. 28:6163–71.
- [۶۴] Hamouda AA, Valderhaug OM. 2014. *Energy Fuel*. 28:898–908.
- [۶۵] RezaeiDoust A, Puntervold T, Strand S, Austad T. 2009. *Energy Fuel*. 23:4479–85.
- [۶۶] Roshan H, Al-Yaseri AZ, Sarmadivaleh M, Iglauer S. 2016. *J Colloid Interface Sci*.475:104–11.
- [۶۷] Dang Z, Liu L, Li Y, Xiang Y, Guo G .2016. *ACS Appl Mater Interfaces*.8:31281–8.
- [۶۸]Zhang P, Tweheyo MT, Austad T. 2007. *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp*. 301:199–208.
- [۶۹] Tweheyo MT, Holt T, Torsæter O. 1999. *J Pet Sci Eng*. 24:179–88.
- [۷۰] Haounati R, Ouachtak H, El Haouti R, Akhouairi S, Largo F, Akbal F,. 2021 *Sep Purif Technol*.255:117335
- [۷۱] Ranganath AS, Ganesh VA, Sopiha K, Sahay R, Baji A. 2017. *RSC Adv*.7:19982–9.
- [۷۲] Zhou A, Chen W, Liao L, Xie P, Zhang TC, Wu X,. 2019. *Sci Total Environ*. 671:377–87.
- [۷۳] Shen T, Gao ML. 2019. *Chem Eng J*.375:121910.
- [۷۴] Liu YN, Gao ML, Gu Z, Luo ZX, Ye YG, Lu LF. 2014. *J Hazard Mater*.267:71–80.
- [۷۵] Tweheyo MT, Holt T, Torsæter O. 1999 *J Pet Sci Eng*.;24:179–88.
- [۷۶] Wang F, Lei S, Ou J, Li C, Li W. 2019 *Ind Eng Chem Res*.58:1924–31.
- [۷۷] Gupta RK, Dunderdale GJ, England MW, Hozumi A. 2017. *J Mater Chem A*.5:16025–58.
- [۷۸] Li Y, Shang X, Zhang B. 2018. *Ind Eng Chem Res*.57:17409–16.
- [۷۹] Song B. 2016. *Mar Pollut Bull*.113:211–5.
- [۸۰] Phanthong P, Reubroycharoen P, Kongparakul S, Samart C, Wang Z, Hao X, 2018 *.Carbohydr Polym*.;190:184–9.
- [۸۱] Bai X, Zhao Z, Yang H, Li J. 2019. *Sep Purif Technol*.;221:294–302.
- [۸۲] Doshi B, Sillanpää M, Kalliola S. 2018. *Water Res*.;135:262–77.
- [۸۳] Xu Z, Zhao Y, Wang H, Zhou H, Qin C, Wang X, 2016. *ACS Appl Mater Interfaces*.8:5661–7.
- [۸۴] Li J, Chen Y, Gao J, Zuo Z, Li Y, Liu H, , 2019. *ACS Appl Mater Interfaces*.;11:2591–8.
- [۸۵] Xu Z, Zhao Y, Wang H, Zhou H, Qin C, Wang X, . 2016 . *ACS Appl Mater Interfaces*.8:5661–7.



## روش های آزمایشگاهی مشخصه یابی محیط های متخلخل

امیر منصوری الام<sup>۱</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۲\*</sup> و بهرام فتحي آچاچلوئی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری مهندسی بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲ و ۳- اساتید دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (nematollahzadeha@uma.ac.ir)

### چکیده

انتخاب یک تکنیک مناسب جهت تخمین دقیق تر محیط متخلخل بسته مستلزم شناخت روش های تخلخل سنجی است مشخصه یابی با توجه به ویژگی های نمونه خاص مانند ماهیت ماده تثبیت شده یا تثبیت نشده، اندازه، شکل، ایزوتروپی و مقاومت مکانیکی، دما، pH، همچنین محدوده اندازه حفرات تعیین می شود در این تحقیق تکنیک های مشخصه سازی استاتیکی شامل ۱- استریولوژی ۲- روش های نفوذی (تخلخل سنجی جیوه، ایزوترم های جذب و واجذب، کالریتری) ۳- تشدید مغناطیس هسته ( $^{129}\text{Xe}$  NMR) ۴- روش های ناتراوایی (پراکندگی تشعشع، انتشار موج، آنالیز پرتو یونی و طیف سنجی اسپستروسکپی) ۵- اندازه گیری جریان سیال (تراوایی مایع و تراوایی گاز) ۵- تکنیک های مشخصه سازی دینامیکی (اندازه گیری طردی، تکنیک جابجایی مایع، تخلخل سنجی جابجایی مایع و پرتو سنجی) هدف این بررسی مروری است.

کلمات کلیدی: تکنیک های تخلخل سنجی، تخمین دقیق و محیط متخلخل



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

یک محیط متخلخل به یک جامد با فضای خالی (حفرات) اشاره دارد که با یک سیال (گاز یا مایع) پر شده است، بسیاری از منافذ به هم پیوسته هستند، به طوری که انتقال جرم و گرما از طریق حفرات امکان پذیر است. تخلخل به کسر حجمی فضای خالی اشاره دارد مفهوم محیط متخلخل در بسیاری از مسائل مهندسی مانند علم مواد مکانیک خاک، مهندسی نفت، مکانیک سنگ، خشک کردن، بافت های گیاهی، بسته بندی مواد، ذخیره سازی غلات انبار شده و غذاهای بسته بندی شده در انبار سرد نقش مهمی را ایفا می کند، مفهوم محیط های متخلخل بسیار کلی است می تواند مانند یک اسفنج دارای حفرات درشت تا اندازه های نانو حفرات مانند یک غشای بیولوژیک باشد.

### مدل های سازه های متخلخل

از متغیرهای مهم و به وضوح تعریف نشده در توصیف لایه های متخلخل، شکل (هندسه) حفرات است. به منظور تفسیر نتایج مشخص سازی و ارتباط اندازه حفرات با مدل های فیزیکی ضروری است که در مورد هندسه حفرات مفروضاتی ایجاد کنیم (شکل 1).

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

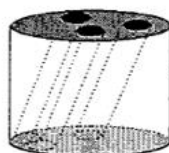
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

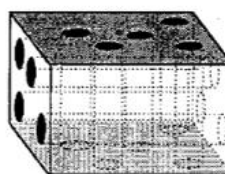
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



a<sub>1</sub>



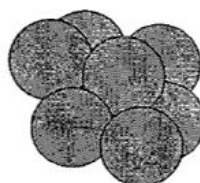
a<sub>2</sub>



a<sub>3</sub>



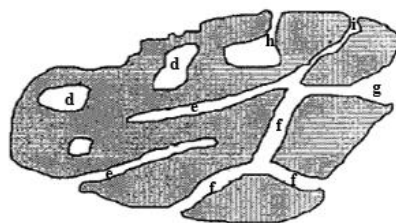
b



c



void



شکل ۱. برخی از ساختارهای حفره‌ای ایده‌آل: (a) حفره‌های استوانه‌ای (a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>): مویرگ‌های موازی غیر متقاطع؛ 1: a<sub>1</sub>: τ = a<sub>2</sub>: τ > 1: a<sub>1</sub>: a<sub>2</sub>: مویرگ‌های متقاطع غیر موازی؛ (b) حفرات لایه‌ای (تیغه‌ای) شکل؛ (c) فضای خالی بین کره‌های بسته؛ (d) حفرات بسته؛ (e) حفرات یک سمت باز؛ (f) حفرات باز؛ (g) حفرات قیفی شکل؛ (h) حفرات بطری جوهر شکل؛ (i) حفرات دارای تنگی (گلوبی).

توصیف ساده کلاسیک حفرات شامل اشکال استوانه‌ای شکاف یا کروی است. هندسه شکل حفرات ساده را می‌توان در برخی موارد خاص مانند آنوتک غشاهای آلومینا (سیلندر)، برخی زئولیت‌ها (منشور، حفره، پنجره و غیره)، خاک رس و کربن فعال (شکاف) وجود دارند. با این حال در اکثر غشاهای سرامیکی حاصل از اکسید همجوشی، حفرات خالی بین ذرات انباشتگی شده باقی می‌مانند آنها شکل و اندازه منظمی ندارند و دارای گلوبی (تنگی) هستند. این نوع مواد می‌تواند حاوی حفرات بسته، حفرات یک طرف بسته یا حفرات کاملاً باز باشند. یک مدل حفرات دارای پیچ و خم تصادفی [۱] برای پیش‌بینی حلقه‌های اندازه‌گیری‌های تخلخل‌سنجی با استفاده از جیوه است. علاوه بر این، اندازه متوسط حفرات نیست که عامل تعیین کننده در عملکرد غشا است، بلکه کوچکترین تنگی در محیط متخلخل است. در واقع برخی از

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



تکنیک های مشخص سازی، ابعاد ورودی حفرات را به جای اندازه حفرات تعیین می کنند. چنین تکنیک هایی اطلاعات بهتری در مورد ویژگی های مربوط به تراوایی بیان می کند.

### ۳- تکنیک های مشخصه سازی استاتیکی

#### ۱-۳- استریولوژی

میکروسکوپ می تواند جزئیات چشمی سطح غشاء و مورفولوژی برش عرضی را ارائه دهد. آنالیز تصویر میکروگراف ها می تواند داده های کمی را از این مشاهدات مستقیم به دست دهد. وضوح میکروسکوپ نوری که معمولاً با بزرگنمایی ۱۰۰۰-۵۰۰ انجام می شود اغلب برای مشاهده عیوب بزرگ در سطح غشاء کافی است، اما وضوح بالاتری برای مشاهده بافت ظریف مورد نیاز است میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) پرتوهای الکترونی تولید می کند و تصویری از الکترون های ساطع شده در نتیجه برهم کنش بین الکترون های بمباران و اتم های نمونه ایجاد می کند. از آنجایی که الکترون ها طول موج بسیار کوتاه تری نسبت به فوتون های نور دارند می توان اطلاعات با وضوح بالاتری را از SEM نسبت به میکروسکوپ نوری به دست آورد SEM در حال حاضر به طور معمول برای به دست آوردن بزرگنمایی از  $10^5$  استفاده می شود. وضوح می تواند به  $5\text{nm}$  برسد. میکروسکوپ الکترونی روبشی انتشار میدانی (FESEM) وضوح SEM را به حدود  $1.5\text{nm}$  کاهش می دهد. این پیشرفت عمدتاً به دلیل منبع الکترونی است. با روش دوم نمونه ها را می توان با کاهش ولتاژ شتاب دهنده و فلزدار کردن مشاهده کرد که در مورد ساختارهای غشایی شکننده مهم است. شکل ۲ میکروگراف های SEM و FESEM غشاهای سیلیسی مزومتخلخل و میکرو متخلخل را مقایسه می کند. بهترین میکروسکوپ های الکترونی عبوری (TEM) دارای وضوحی در حدود  $1\text{nm}$  هستند. با این حال، به دلیل محدودیت در آماده سازی نمونه، اغلب وضوح به حدود  $10\text{nm}$  محدود می شود. در TEM الکترون هایی که تصویر را تشکیل می دهند باید از نمونه عبور کنند که ضخامت نمونه را محدود می کند. بنابراین این تکنیک تنها قادر به آنالیز غشاهای نازک تثبیت نشده یا لایه های غشایی است. میکروسکوپ الکترونی عبوری با وضوح بالا (HRTEM) که به وضوح  $0.3\text{nm}$  می رسد.

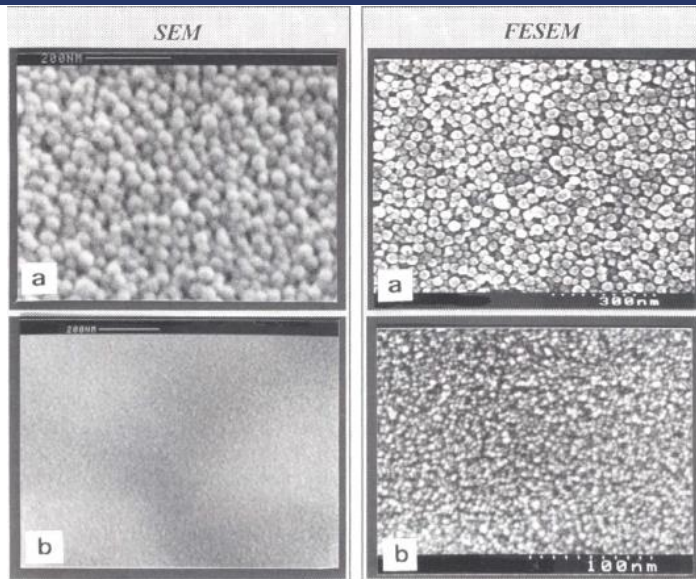


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲. تصاویر سطوح غشای سیلیس به دست آمده توسط SEM و FESEM: (الف) غشای مزوپور. (ب) غشای میکروپور.

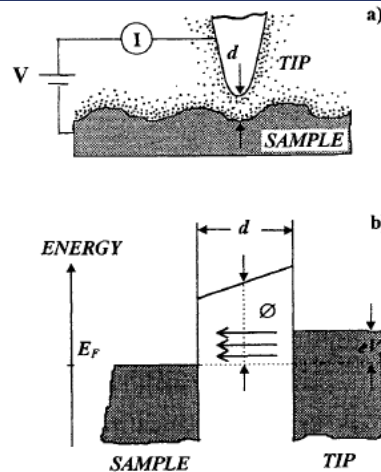
اساس اصلی فیزیکی میکروسکوپ الکترونی تونلی روبشی (STEM) اثر تونلی الکترون ها در خلاء است یک پروب نوک فلزی بسیار ظریف در چند فواصل اتمی ( $5-10\text{\AA}$ ) از سطح مورد مطالعه قرار داده می شود تا امکان بازیابی جزئی عملکردهای حالت الکترونیکی پروب و سطح نمونه فراهم شود (شکل ۳a) اختلاف پتانسیل  $V$  (چند میلی ولت تا چند ولت) بین این الکترودها اعمال می شود و سپس یک جریان الکترونیکی می تواند از پروب به سطح (یا برعکس) برسد. این الکترون ها با تاثیر تونل زنی به دلیل خلاء موجود بین نوک و سطح تحلیل شده، از سد پتانسیل عبور می کنند (شکل ۳b). مشابه با اثر تونل زنی بین دو الکترودها می توان شدت جریان تونل  $I$  را تخمین زد و تغییرات آن را با فاصله پروب یا نمونه پیش بینی نمود [۲].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۳. اصول فیزیکی میکروسکوپ تونلی

وضوح جانبی به ابعاد پروب مورد استفاده بستگی دارد. نمونه های مورد استفاده باید در مقیاس میکروسکوپی صاف باشند و تا به حال ساختار منظمی داشته باشند تا امکان تفسیر نتایج را فراهم کند. علاوه بر این نمونه های STEM باید رسانا باشند. حفرات در مقیاس نانومتری قابل مشاهده هستند اگرچه تفسیر نتایج دشوارترین بخش باقی مانده است. میکروسکوپ AFM که در سال ۱۹۸۶ بکارگرفته شد مشاهده مستقیم مواد غیر رسانا را فراهم می کند و برای بررسی سطح غشاء در هوا یا حتی زیر مایعات جذاب است. نیازی به آماده سازی نمونه خاصی قبل از آزمایش نیست. یک نوک الماس یا تنگستن یا کوارتز که در انتهای یک اهرم متحرک قرار می گیرد نیروی ثابتی روی اتم های سطح مورد مطالعه اعمال می کند. پستی و بلندی بسیار کوچک توسط STEM یا با تداخل سنجی لیزری اندازه گیری می شود. تصویری از نیروهای متقابل بین نوک و سطح با اندازه گیری تغییرات کانتیلیور به عنوان تابعی از موقعیت نوک جانبی به دست می آید. کاربرد این تکنیک در زمینه غشایی عمدتاً به مطالعه غشاهای پلیمری محدود شده است [۳] از این تکنیک برای اندازه ذرات، شکل و زبری سطح غشاهای معدنی اولترافیلتراسیون و میکروفیلتراسیون بکار گرفته شده است [۴]. برای کاربردهای غشایی یک میکروسکوپ الکتروشیمیایی روبشی بر اساس اندازه گیری شار محلی یون های الکترواکتیو در کل غشاء ایجاد شده است. توانایی تشخیص حفرات تا شعاع  $1\mu\text{m}$  جدا شده توسط  $50\mu\text{m}$  -  $100\mu\text{m}$  با غشاهای میکا را دارا است [۵]. آنالیز تصویر را می توان بر روی میکروگراف های نمونه برای به دست آوردن چگالی حفرات، اندازه حفرات، سطح حفرات و تخلخل انجام داد. این تکنیک ها که در مجموع میکروسکوپ های پروب اسکن نامیده می شوند که قادر به تصویربرداری از ویژگی های سطح از آنگستروم تا میکرون هستند غیر مخرب هستند و به نمونه پیش تیمار کمی نیاز



دارند. مزیت اصلی میکروسکوپ کمی به عنوان ابزاری برای توصیف ماکروپور در جامدات متخلخل توانایی اندازه گیری تخلخل باز و بسته و شکل، مکان و جهت حفرات است اما فقط اندازه گیری های دو بعدی را می توان انجام داد [6].

۲-۳- روش های نفوذی

۱-۲-۳- تخلخل سنجی جیوه

در این روش جیوه (که سیال غیر ترکننده است) با فشار وارد حفرات یک نمونه خشک می شود. برای هر فشار اعمال شده حجم جیوه وارد شده به ساختار متخلخل نمونه به دقت تعیین می شود رابطه بین فشار  $P$  و شعاع حفرات  $r_p$  توسط معادله لاپلاس اصلاح شده (معادله واشبرن) به دست می آید.

$$r_p = - \frac{2\gamma \cos\theta}{p} \quad (1)$$

که در آن  $r_p$  شعاع حفرات موئینه شکل و  $\gamma$  کشش سطحی در سطح مشترک مایع یا هوا است زاویه تماس  $\theta$  بیشتر از  $90^\circ$  است و  $\cos\theta$  مقدار منفی دارد. این مقادیر می تواند با شرایط آزمایشی (مواد نمونه، دما) متفاوت باشد و ممکن است بر نتایج تأثیر بگذارد فشارهای بسیار بالایی برای حفرات در محدوده نانومتری مورد نیاز است در واقع شعاع حفرات  $1.5\text{nm}$  مربوط به فشاری در حدود  $450$  مگاپاسکال است که ممکن است به لایه سرامیکی آسیب برساند به موازات تخلخل سنجی جیوه ای که در آن از مایع غیر ترکننده استفاده می شود می توان به تخلخل سنجی مکش اشاره کرد که در آن یک مایع ترکننده مانند آب ( $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ ) در داخل جامد متخلخل نگه داشته می شود [5].

۲-۲-۳- ایزوترم های جذب / واجذب گاز (جذب فیزیکی)

این تکنیک یکی از مهمترین و پرکاربردترین روش ها در شناسایی (حجم متخلخل، سطح ویژه و توزیع اندازه حفرات) مواد معدنی متخلخل است [7]. با این حال فصل مشترک جامد / گاز واقعی پیچیده هستند که منجر به عدم قطعیت در مفروضات ساخته شده می شود و مکانیسم های مختلف ممکن است به جذب فیزیکی کمک کنند. ایزوترم های جذب و واجذب یک گاز بی اثر ( $N_2$  در  $77^\circ\text{K}$ ) بر روی یک نمونه گاز خارج شده به عنوان تابعی از فشار نسبی تعیین می شود ( $P_{rel} = P/P_0$ ، یعنی نسبت بین فشار اعمال شده و فشار اشباع). ایزوترم جذب با اندازه گیری مقدار گاز جذب شده برای هر مقدار  $p/p_0$  توسط یک روش وزنی یا حجمی تعیین می شود ایزوترم جذب با فشار نسبی کم شروع می شود. در حداقل فشار معین کوچکترین حفرات با نیتروژن مایع پر می شود با افزایش فشار بیشتر حفرات بزرگتر پر می شوند و نزدیک به فشار اشباع تمام حفرات پر می شوند. حجم کل حفرات با مقدار گاز جذب شده نزدیک به فشار اشباع تعیین می شود، واجذب زمانی اتفاق می افتد که فشار از فشار اشباع کمتر شود به دلیل تراکم موئینه بسیاری از سیستم های





مزوپور رفتار جذب - واجذبی مشخصی از خود نشان می دهند که منجر به حلقه های پسماند مشخصه می شود که شکل حلقه ها به شکل حفرات بستگی دارد.

۳-۲-۳- تعیین های کالریمتری

۳-۲-۳-۱- کالریمتری غوطه وری

اندازه گیری گرمای غوطه وری یک ماده خشک در مایعات مختلف می تواند امکان تعیین سریع و دقیق مساحت سطح و توزیع اندازه حفرات زیر  $10\text{\AA}$  را فراهم کند تغییر آنتالپی به میزان سطح جامد، به حضور میکروپورها و به ماهیت شیمیایی و ساختاری سطح مربوط می شود. این تکنیک عمدتاً برای کربن ها کارایی دارد [۸]. مایع غوطه وری (معمولاً آب) برای اکسیدهای آب دوست مانند اکسیدهای معدنی یا یک مایع آلی (بنزن n- هگزان) برای جامدات آب گریز مانند کربن ها است یکی از محدودیت های این تکنیک این است که آنتالپی خاص غوطه وری در سطح باز با یک ماده استاندارد غیر متخلخل با ترکیب سطحی مشابه جامد متخلخل مورد مطالعه باید تعیین شود بخش غیر متخلخل سطح را می توان با پر کردن میکروپورها با یک جاذب قبل از غوطه وری تعیین نمود [۹].

۳-۲-۳-۲- گرماتخلخل سنجی

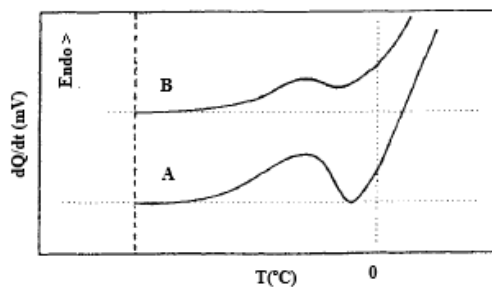
گرماتخلخل سنجی روشی حرارتی است که براساس آنالیز حرارتی تبدیل فاز مایع - جامد میعانات مؤئینه نگهداری شده در داخل جسم متخلخل تحت مطالعه است این تکنیک توسط برونناتل توسعه در دهه ۱۹۷۰ معرفی شد [۱۰] و بر این اصل استوار است که حالت تعادل فازهای جامد، مایع و گازی یک ماده خالص بسیار پراکنده توسط منحنی سطح مشترک تعیین می شود در یک ماده متخلخل پر از مایع دمای انجماد مایع فقط به سطح مشترک مایع یا جامد (که همیشه تقریباً کروی است) در حفرات بستگی دارد [۱۱] کوچکترین اندازه یک کریستال پایدار ( $R_c$ ) به طور معکوس با افت دمای انجماد متناسب است.

$$\Delta T = T - T_0 \quad (2)$$

که در آن  $T_0$  دمای انتقال فاز طبیعی مایع است و  $T$  دمایی است که در آن انتقال فاز در واقع هنگامی که این مایع در حفرات قرار دارد مشاهده می شود. بنابراین در مواد متخلخل، مایع در دمایی متبلور یا ذوب می شود که شعاع حفره  $r$  برابر با  $R_c + t$  است که در آن  $t$  ضخامت یک فیلم شبه مایع چسبیده به ماتریس جامد ماده متخلخل است و تحت تاثیر تغییر حالت قرار نمی گیرد [۱۲]. ترموگرام ذوب یا انجماد را می توان در یک کالریمتر اسکن تفاضلی (DSC) بررسی کرد. اثر حرارت گرمازا اندازه گیری شده از انجماد یک مایع در یک محیط متخلخل به صورت شماتیک در شکل ۴ نشان داده شده است.



توزیع شعاع حفره (بین ۱.۵ تا ۱۵۰ nm)، از کاهش دمای انجماد  $\Delta T$  به دلیل اثر گیبس - تامپسون.  
حجم حفره از انرژی  $W_a$  (انرژی ناشی از تغییر فاز) حاصل از تبدیل فازی بدست می آید.  
سطح حفرات، از اندازه گیری همزمان  $\Delta T$  و  $W_a$ .



شکل ۴. تصویر شماتیک اثر گرمای خارجی از انجماد یک مایع در یک ماده متخلخل به عنوان تابعی از دما (A) توزیع اندازه حفرات موبینه (B) توزیع اندازه حفرات پهن.

رابطه بین اندازه حفرات  $r$  (nm) و میزان افت دمایی  $\Delta T$  (شکل ۴) از معادلات به دست آمده توسط برون از معادلات گیبس-دوهم و لاپلاس به دست می آید. برای حفرات استوانه‌ای با حضور آب دررون حفرات  $0 < \Delta t < -40$  و  $t = 0.8$  nm منجر به:

$$(-64.67/\Delta T)+0.57$$

$$r(\text{nm}) =$$

(۳) در طی

انجماد

$$(-32.33/\Delta T)+0.63$$

$$r(\text{nm}) =$$

(۴) در طی ذوب

تفاوت بین دمای انجماد و ذوب در حفرات استوانه‌ای به این دلیل است که شکل فصل مشترک موجود در طول این انتقال‌ها متفاوت است با این حال در حفرات کروی شکل تفاوتی وجود ندارد و از همان معادله ترمودینامیکی می توان برای توصیف هر دو انتقال جامد به مایع و مایع به جامد استفاده کرد. در نتیجه با آنالیز منحنی‌های ذوب و انجماد شکل حفرات تعیین می‌شود. گرما تخلخل سنجی روشی است که اندازه حفره را اندازه‌گیری می‌کند این روش عمدتاً برای توصیف بافت غشای مزوپورالی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۳].

۳-۲-۴- تشدید مغناطیسی هسته‌ای

برای به دست آوردن اطلاعات در مورد ساختار حفرات مورد استفاده قرار گرفته است. دو تکنیک اصلی را می‌توان در منابع یافت [۱۴]. یکی براساس مطالعه NMR زمان‌های آسایش یک سیال درون حفرات و دیگری بر روی تغییر شیمیایی  $^{139}\text{Xe}$  در ماده است اصل اساسی این است که بخشی از سیال حفره‌ای در نزدیکی یک دیواره حفره‌ای تحت



کشش اسپین - شبکه ( $T_1$ ) و اسپین - اسپین ( $T_2$ ) در یک میدان مغناطیسی با سرعت بیشتری نسبت به سیال حجمی قرار می گیرد این همراه با تبادل سریع تراوایی سیال بین مناطق درون حفره یک ثابت زمان آسایش متوسط منحصر به فرد برای هر محیط هندسی مختلف (اندازه حفره) در یک ماده متخلخل دست می دهد این ثابت آسایش زمانی به نسبت سیال سطحی به سیال غیر سطحی (یا حجمی) در حفرات بستگی دارد که اندازه گیری شعاع هیدرولیکی حفرات است از مدل تبادل سریع دو جزئی  $T_1$  اندازه گیری شده را می توان به شعاع هیدرولیکی حفرات  $r_H$  مرتبط کرد.

$$1/T_1 = \alpha + \beta/r_H \quad (5)$$

که در آن  $\alpha$  است از آزمایش اسپین - شبکه فقط بر روی سیال تعیین می شود و  $\beta$  یک پارامتر برهمکنش سطحی است که با نمونه های نیمه اشباع با محتوای سیال متفاوت تعیین می شود. این تکنیک می تواند برای نمونه های ماکرو، مزو و میکرومتخلخل به کار رود.

$^{129}\text{Xe}$  NMR- ۱-۴-۲-۳

سازگاری دیگر تکنیک NMR شامل اندازه گیری تغییر شیمیایی  $^{129}\text{Xe}$  جذب شده در یک نمونه است گسترش اخیر این تکنیک عمدتاً مربوط به مطالعه ساختار متخلخل مواد ریز متخلخل مانند زئولیت ها [۱۵]، سیلیکای مزوپور [۱۶]، کلرات ها [۱۷] پلیمرهای آلی و کاتالیزورهای فلزی تثبیت شده [۱۸] بوده است.  $^{129}\text{Xe}$  یک مولکول کروی خنثی با قطر ۰,۴۴nm و یک هسته اسپین  $\frac{1}{2}$  است. قطبی شدن پوسته الکترونیکی کروی آن در طول جذب یا در اثر برخورد با دیگر اتم های Xe یا با سطح یک جامد بر تغییر شیمیایی NMR تاثیر می گذارد در نتیجه با مطالعه خط رزونانس (شکل و موقعیت) به عنوان تابعی از مقدار Xe جذب شده می توان اطلاعاتی در مورد ساختار متخلخل جاذب ها و همچنین نرخ تبادل بین اتم های Xe در فاز گازی و آنهایی که روی سطح جاذب جذب می شوند بدست آورد. با این حال در اغلب موارد تفسیر نتایج آسان نیست و به ماهیت شیمیایی مواد، همگنی، کریستالی بودن و سهولت انتشار مولکول های Xe در ساختار حفرات نیز بستگی دارد. از نقطه نظر کیفی شکل قله های NMR را می توان در مواد پرپیچ و خم به عنوان نشانه ای از همگنی ساختار حفرات مواد در نظر گرفت. تکنیک های NMR قدرتمند هستند اما هنوز کاملاً عمومی نیستند غیر مخرب هستند و می توانند اطلاعات میکروسکوپی را در شبکه های حفره ای ارائه دهند. این تکنیک ها به طور خاص برای توصیف بهتر مواد میکرومتخلخل کاربرد دارند.

۳-۳-۳- روش های ناتراوایی

۱-۳-۳- پراکندگی تشعشع

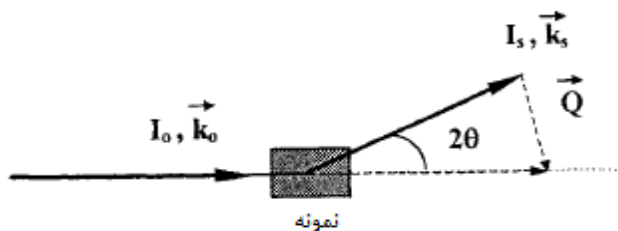




پراکندگی تابش از جامدات می تواند از تغییرات چگالی طول پراکندگی که در فواصل بیش از فاصله های عمودی بین اتمی رخ می دهد ایجاد شود. چنین تغییراتی زمانی رخ می دهد که جامدات حاوی حفرات باشند و جزئیات تخلخل و مساحت سطح را می توان از اندازه گیری توزیع زاویه ای شدت تفرق به دست آورد. محدوده زاویه ای مناسب که توسط رابطه ۶ بیان شده است:

$$d \sim \lambda / 2\theta \quad (6)$$

که  $d$  اندازه حفرات و  $\lambda$  طول موج تابش است که ممکن است اشعه ایکس، نوترون یا نور باشد. در آزمایش پراکندگی پرتو تک رنگ از تابش الکترومغناطیسی (نور، اشعه ایکس) یا نوترون، با طول موج  $\lambda_0$  شدت  $I_0$  و بردار موج  $K_0$ ، روی یک نمونه هدایت می شود و شدت تفرق  $I(Q)$  به عنوان تابعی از زاویه  $2\theta$  نسبت به جهت برخورد اندازه گیری می شود (شکل ۵) در اینجا  $Q$  انتقال مومنتوم است ( $Q = 4\pi \sin\theta / \lambda$ ) طول موج های معمول برای انواع مختلف تابش و وضوح فضایی متناظر نوسانات چگالی یا ناهمگنی هایی مانند حفرات که ممکن است به صورت تجربی تعیین شوند در جدول ۱ نشان داده شده اند. شکل منحنی پراکندگی به دست آمده از اندازه گیری های پراکندگی تشعشع به پیچیدگی سیستم بستگی دارد. یک سیستم دوفازی متشکل از ذرات (یا حفرات) دارای چگالی پراکندگی همگن است که در یک محیط پیوسته دیگر پراکنده می شود، آنالیز پراکندگی می تواند جزئیات همبستگی فضایی و جهت گیری ذرات (یا حفرات) را نشان دهد [۱۹].



شکل ۵. نمایش شماتیک تلاقی پرتوهای پراکنده در یک آزمایش SAS.

جدول ۱. طول موج های معمولی برای انواع مختلف تابش و تفکیک فضایی مربوط به ناهمگنی ها

نوع تابش (nm)	طول موج معمولی	ناهمگن	رزولوشن فضایی (nm)
نور (Light)	۴۰۰-۶۰۰	ضرب شکست	۲۰۰-۲۰۰۰۰
اشعه ایکس (X-Ray)	۰,۱-۰,۴	چگالی الکترون	۵-۵۰
نوترون ها (Neutrons)	۰,۱-۲,۵	چگالی طول پراکندگی	۵۰-۵۰۰

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



تکنیک های پراکندگی ناتراوا دارای مزایای خاصی در توصیف ویژگی های سطحی و متخلخل مواد حاوی حفرات بسته یا با اندازه مولکولی هستند و در آن ها پیش تصفیه گاز ممکن است منجر به تغییرات غیر قابل برگشت در میکروپورها شود. اندازه گیری ممکن است در واقع در حضور گاز یا با مواد هیدراته انجام شود و نیازی به تخلیه نمونه نیست. هر دو پرتو ایکس با زاویه حاد (SAXS) و پراکندگی نوترون (SANS) تکنیک های ثابتی هستند و کاربرد تجربی آنها مشابه است. با این حال، محدودیت های مربوط به اندازه ضخامت و مهار نمونه با اشعه ایکس به دلیل جذب تابش بسیار محدودتر است. اطلاعات مهم در مورد سهم تخلخل موجود در حفرات بسته و باز مورفولوژی حفرات توزیع اندازه حفرات و یا بافت سطح را می توان از پراکندگی اشعه ایکس و نوترون به دست آورد.

۳-۲-۳- انتشار موج

۳-۲-۱- بیضی سنجی

اگر نور در مرز دو محیط نوری مختلف منعکس شود، قطبیت ارتعاش الکترومغناطیسی با توجه به معادلات فرنل تغییر می کند [۲۰]. تغییر وضعیت پلاریزاسیون با دو زاویه بیضی سنجی مشخص می شود که نشان دهنده تغییر فاز و تغییر دامنه است. هنگام آنالیز یک لایه نازک که بر روی یک لایه با شاخص معلوم (مثل Si) پایدار می شود با اندازه گیری این دو زاویه در هنگام نبود اطلاعاتی در مورد ضخامت لایه و ضریب شکست n آنها به دست می آید. پارامتر دوم به تخلخل فیلم حساس است با دانستن ضریب شکست برای اجزای تشکیل دهنده فیلم می توان از مدل های نوری مختلف برای محاسبه کسر حجمی جامد استفاده نمود [۲۱].

۳-۲-۲- روش های اولتراسونیک:

میرایی و سرعت انتشار اولتراسوند در جامدات متخلخل به اندازه حفرات و تخلخل بستگی دارد. تئوری روش بسیار پیچیده است و عموماً برای سیستم های دو فازی حاوی ناهمگنی ها (به عنوان مثال جامد/ حفره) توسعه یافته است. روش های اولتراسونیک در زمینه آزمایش های غیر مخرب مواد به ویژه فلزات و سرامیک ها کاربرد دارد [۲۲]. کمیت های آزمایشی اندازه گیری شده سیگنال اولتراسونیک پس پراکنده یا ویژگی های موج پراکنده رو به جلو مانند سرعت انتشار میرا هستند. تکنیک های اولتراسونیک می توانند برای ارزیابی عرض حفره ها d و تخلخل  $\epsilon$  از تغییرات در سرعت اولتراسونیک  $v$  و میرایی  $\alpha_a$  به کار روند [۲۳]. این روش زمانی مناسب است که  $\sigma.d > 0.2$  باشد  $\sigma$  عدد موج طولی در ماتریس است و به شکل رابطه  $v$  در می آید:

$$\sigma = \omega/v \quad (7)$$

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

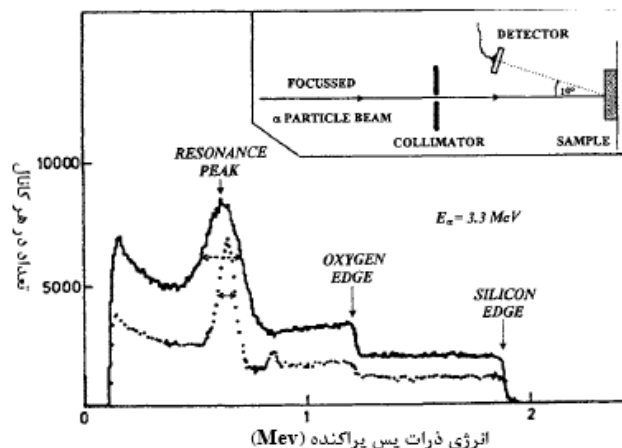
www.LabUMA2022.ir



که در آن  $(\omega = 2\pi\nu)$  فرکانس دایره ای صوت فرکانس  $\omega$  است. به طور معمول، زمانی که  $\nu > 10^7$  هر تیز باشد، این روش برای بررسی غیر مخرب فضاهای خالی در جامدات، زمانی که  $d > 1 \mu\text{m}$  باشد قابل استفاده است [۵]. با استفاده از تکنیک هایی که در آن فیلم در مایعی مانند آب غوطه ور می شود جذب گاز بر روی سطح دستگاه باعث ایجاد اختلال در سرعت انتشار موج صوتی سطحی می شود از این اثر می توان برای مشاهده تغییرات بسیار جزئی در چگالی جرمی ۱۰-۱۲ گرم بر سانتیمتر مکعب استفاده کرد [۲۴].

### ۳-۳-۳- آنالیز پرتو یونی

کاربرد تکنیک های آنالیز پرتو یونی برای تعیین اندازه حفرات و حجم حفره یا چگالی لایه های ژل سیلیکای نازک اولین بار توسط آرمیتاژ و همکاران بکار گرفته شد [۲۵]. این تکنیک ها غیر مخرب، حساس و ایده آل برای آنالیز لایه های متخلخل نازک مانند لایه های غشایی هستند.



شکل ۶. آرایش تجربی و طیف RBS لایه های نازک سیلیس متخلخل (---) و غیر متخلخل (.....).

روش آرمیتاژ و همکارانش با استفاده از شتاب دهنده های پی در پی وان درگراف و شتاب دهنده های خطی به عنوان منابع پرتوهای متمرکز پروتون و ذرات  $\alpha$  انجام شد. این کار شامل مشاهده توزیع انرژی یون هایی است که پس از برانگیختن رزونانس در یکی از هسته های نمونه به صورت الاستیک برگشت پذیر است. در این روش از رزونانس پروتون ها  $(2.66 \text{ MeV})$  و ذرات  $\alpha$   $(3.05 \text{ MeV})$  پراکنده از  $^{16}\text{O}$  استفاده شد. تصویری از آرایش تجربی با مثالی از طیف به دست آمده از نمونه متخلخل  $\text{SiO}_2$  با  $3.3 \text{ MeV}$  ذرات  $\alpha$  در شکل ۶ همراه با طیف نمونه ای از شیشه  $\text{SiO}_2$  غیر متخلخل نشان داده شده است. لازم به ذکر است که قله رزونانس برای نمونه متخلخل گسترده تر است این پیک با رزونانس  $3.05 \text{ MeV}$  ناشی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



از پراکندگی الاستیک ذرات از  $^{16}\text{O}$  مرتبط است این روش با استفاده از یک پرتو میکروفوکوس دار دارای مزایای منحصر به فردی نسبت به تکنیک های دیگر است که می تواند در مشخصه یابی غشاء بسیار با اهمیت باشد.

### ۳-۴- طیف سنجی طول عمر اسپستروسکپی

هنگامی که یک پوزیترون (به عنوان مثال توسط منبع  $^{22}\text{Na}$  تولید می شود) وارد یک محیط متراکم می شود ممکن است مستقیماً با یک الکترون از بین برود یا ممکن است یک الکترون را جذب کند تا یک اتم هیدروژن مانند به نام پوزیترونیوم تشکیل دهد. ارتو یا پاراپوزیترونیوم ها به طور خود به خود با واپاشی مستقیم اما با مقیاس های زمانی بسیار متفاوت (۰.۱ns برای ارتو و ۱۱۰ns برای پارا) تجزیه می شوند. طول عمر اورتوپوزیترونیوم به برهمکنش آن با مولکول های اطراف بستگی دارد. طول عمرهای مختلف اندازه گیری شده را می توان به انواع مختلفی از مکان های به دام انداختن نسبت داد: جابجایی ها، تقاطع دو یا سه فصل مشترک کریستالی و سطح داخلی حفره های بزرگتر مجموعه آزمایشی شامل یک منبع پوزیترون ( $^{22}\text{Na}$ ) یک شمارنده سیتیلایسیون برای تشخیص تابش  $\gamma$  از واپاشی پوزیترون و تجهیزات محیطی الکترونیکی برای تحلیل طیف نابودی زمانی پوزیترون است. طیف سنجی طول عمر پوزیترونیوم به ویژه برای مطالعه عیوب در کریستال ها و تغییرات ساختاری در مواد آمورف مناسب است و می تواند تخمینی از حجم های آزاد در ماده چگال ارائه دهد [۲۶]. این یک تکنیک مناسب برای تخمین حجم آزاد غشاهای پلیمری است [۲۷]. در یک مطالعه بر روی ژل های سیلیکا، طول عمر واپاشی متناسب با قطر حفرات (اندازه گیری شده توسط جذب  $\text{N}_2$ ) بین ۱۰۰-Å تا ۳۰ بکار گرفته شده است [۲۸].

### ۴- تکنیک های مشخصه سازی دینامیکی

#### ۴-۱- اندازه گیری های طردی

اندازه گیری طردی با مولکول های مرجع، مانند دکسترانس پروتئین ها یا پلی گلیکول ها توسط تولیدکنندگان غشاء مورد استفاده قرار می گیرند پارامتری که به طور گسترده برای تعیین خصوصیات غشاها استفاده می شود مقدار حد آستانه است که به عنوان حد پایین وزن مولکولی املاح تعریف می شود که برای آن طرد حداقل ۹۰٪ است. استدلال می شود که این اندازه گیری های طردی نزدیکترین شباهت را با شرایط عملیاتی دارند. اما باید دانست که اندازه گیری های طرد همواره به نوع حل شونده (شکل و انعطاف پذیری حل شونده ماکرومولکولی، بار حل شونده)، غشاء (برهمکنش آن با حل شونده) و پارامترهای فرآیند مورد استفاده (فشار، جریان متقاطع، سرعت، هندسه سلول آزمایش، غلظت، نوع محلول و pH) بستگی دارد به طور خاص اثرات بار، غلظت یا قطبی شدن بسته شدن حفرات و پدیده گرفتگی به طور قابل توجهی بر اندازه گیری های طردی تاثیر خواهد گذاشت مطالعات اخیر براساس مقایسه بین کروماتوگرافی تراوایی



ژل و اولترا/ میکروفیلتراسیون [۲۹] نشان داده اند که ماهیت شیمیایی و شکل مدل ماکرومولکول مورد استفاده هر چه که باشد می توان با در نظر گرفتن حجم هیدرودینامیکی ماکرومولکول مقطع یک غشا را پیش بینی کرد. این پارامتر تعریف مناسبی از اندازه حل موثر که باید در مدل های هیدرودینامیکی در نظر گرفته شود را بیان می کند.

#### ۲-۴- تکنیک های جابجایی مایع

۲-۴-۱- روش های گاز مایع (نقطه حباب، پرمورومتري خروج مایع)

این روش بسیار ساده و تثبیت شده به یک تکنیک استاندارد مورد استفاده برای اندازه گیری بزرگترین حفرات فعال (همچنین ترک ها یا سوراخ های سوزنی) در یک غشا تبدیل شده است. اصل اندازه گیری فشار مورد نیاز برای وارد کردن هوا از طریق یک غشای پر از مایع است. کف فیلتر در تماس با هوا است و با افزایش تدریجی فشار هوا، حباب های هوا با فشار خاصی از طریق غشاء تراوش می کنند فشار و شعاع حفره با معادله لاپلاس مرتبط است.

$$r_p = \frac{2\gamma \cos\theta}{\Delta T} \quad (8)$$

که در آن  $r_p$  شعاع یک حفره موئینگی شکل و  $\gamma$  کشش سطحی در سطح مشترک مایع / هوا است. یک حباب هوا زمانی از حفرات عبور می کند که شعاع آن برابر با شعاع حفره باشد با فرض اینکه زاویه تماس صفر باشد. تراوایی ابتدا از بزرگترین حفرات رخ می دهد و از آنجایی که فشار مشخص است شعاع حفرات را می توان از معادله لاپلاس محاسبه کرد. کشش سطحی آب / هوا نسبتاً زیاد است و در صورت وجود حفرات کوچک باید فشار زیادی اعمال شود (۱۴۵ بار برای حفرات با شعاع  $1 \mu\text{m}$ ) سپس آب را می توان با مایع دیگری (الکل ها یا هیدروکربن ها) جایگزین کرد با این حال از آنجا که این روش وابسته به نوع مایع مورد استفاده (اثرات ترکنندگی) است  $i$  - پروپانول به عنوان یک مایع استاندارد استفاده می شود. سرعت افزایش فشار و طول حفرات نیز می تواند بر اندازه گیری ها تأثیر بگذارد میانگین اندازه حفرات و توزیع اندازه حفرات را می توان با انجام این اندازه گیری با افزایش گام به گام فشار ارزیابی کرد.

#### ۲-۲-۴- تخلخل سنجی جابجایی مایع - مایع

در این تکنیک که ترکیبی از فشار حباب و روش های تراوایی حلال است یک مایع A که غشا را تر می کند توسط یک مایع B جابجا می شود این اصل براساس معادله لاپلاس است که تعادل مکانیکی را در فصل مشترک تعیین می کند. این تکنیک شامل اندازه گیری سرعت جریان B (به عنوان مثال آب) (J) از طریق غشای آغشته به A (ایزوبوتانول یا مخلوطی از الکل ها و آب) به عنوان تابعی از اختلاف فشار  $\Delta P$  است. باید توجه داشت که می توان روش را از کنترل فشار به جریان کنترل شده تغییر داد تا زمان آزمایش کاهش یابد و انعطاف پذیری آن افزایش یابد [۳۰]. در یک فشار حداقل معین بزرگترین حفرات ناتراوا می شوند در حالی که حفرات کوچکتر هنوز تراوا باقی می مانند این حداقل فشار عمدتاً به



نوع غشاء (زاویه تماس) نوع تراوایی (کشش سطحی) و اندازه حفرات بستگی دارد. هنگامی که تمام حفرات با B پر می شوند شار مایع J از طریق غشاء به طور مستقیم با فشار متناسب می شود. تعداد حفرات  $N_i$ ، سطح  $A_i$  ( $A_i = \pi N_i r_{i2}$ ) و توزیع آنها به طور غیرمستقیم با استفاده از رابطه هاگن-پوازوی بدست می آید [۳۰]

$$J_i = \frac{\pi N_i r_i^4 P_i}{8 \mu \Delta x} \quad (9)$$

که در آن  $\mu$  ویسکوزیته مطلق مایع آزمایش و  $\Delta x$  طول معادل حفرات موئینگی است. این تکنیک می تواند برای غشاهای میکروفیلتراسیون به کار رود و بسیار نزدیک به وضعیتی است که می تواند در فیلتراسیون رخ دهد زیرا تنها حفرات در نظر گرفته می شوند و غشاها در شرایط ترمورد مطالعه قرار می گیرند.

#### ۳-۴- اندازه گیری جریان سیال

این تکنیک ها شامل اندازه گیری تراوایی غشاء به یک سیال (مایع یا گاز) منجر به شعاع متوسط حفره (شعاع هیدرولیک موثر  $r_{H}$ ) می شود که اندکی از آن مجهول است. شار یک سیال از طریق یک ماده متخلخل به تمام جنبه های ساختاری مواد حساس است [۱۲۹]. بنابراین علی رغم سادگی روش تفسیر داده های شار حتی برای ساده ترین حالت حالت پایدار مشمول عدم قطعیت ها بوده و به مدل ها و تقریب های مورد استفاده بستگی دارد.

#### ۱-۳-۴ تراوایی مایع

شار حجمی حالت پایدار  $J_v$  یک سیال تراکم ناپذیر از طریق یک محیط متخلخل با سطح مقطع  $A_c$ ، ضخامت  $l$  و تخلخل  $\epsilon$  تحت یک اختلاف فشار  $\Delta P$  می تواند بر حسب سرعت متوسط در حفرات  $u_p$  بیان شود.

$$J_v = \epsilon u_p = A_c K_c \epsilon r_H^2 \Delta p / 2 \eta l \quad (10)$$

اگر  $\epsilon$  و  $K_c$  معلوم باشند  $r_H$  و در نتیجه A سطح ویژه محیط متخلخل را می توان با روش معلوم تیمار کوکن - کارمن تعیین کرد:

$$K_c = \frac{\beta_c}{\tau^2} \quad (11)$$

که در آن  $\beta_c$  ضریب شکل حفره است (۱ برای حفرات استوانه ای و  $\frac{2}{3}$  برای حفرات تیغه ای شکل) و  $\tau > 1$  ضریب پیچ و خم است که در نظر می گیرد که سیال مسیرهای پر پیچ و خمی را از طریق جامد متخلخل دنبال می کند

#### ۲-۳-۴ تراوایی گاز

این وضعیت در مورد یک گاز (که توسط ماده غشایی جذب نشده باشد) نسبتاً پیچیده تر است زیرا تراکم پذیری و اثرات مولکولی که در فشار پایین غالب هستند وابستگی فشار را ایجاد می کنند با این حال تفسیر نتایج می تواند





اطلاعات بیشتری را نسبت به آنچه با محیط مایع است به دست دهد. اندازه گیری تراوایی گازهای جذب نشده به طور کلاسیک برای تعیین محدوده اندازه حفرات در غشاها (ماکرو، مزو یا میکروپورها) استفاده می شود در واقع با ترسیم تراوایی به عنوان تابعی از فشار گاز معمولاً یک خط مستقیم به دست می آید که شیب آن نشان دهنده مکانیسم انتقال گاز در غشاء است توصیف کمی ساختار حفره ای را می توان از نتایج به دست آورد که تحت عنوان تراوایی سنجی معروف است [۳۱] یا روش پویزویل - نادسن [۳۲] براساس قانون تراوایی گاز در یک محیط متخلخل در جریان مولکولی دو رژیم جریان نادسن و جریان آرم یا ویسکوز است. طبق قانون داری شار گاز از طریق غشایی با ضخامت  $l$  را می توان به صورت  $J = K\Delta P/l$  نوشت که در آن  $K$  ضریب تراوایی و  $\Delta P$  اختلاف فشار در سراسر غشاء است. اگر قطر حفره غشاء با میانگین مسیر آزاد گاز تراوا کننده قابل مقایسه باشد  $K$  را می توان به صورت مجموع دو عبارت ویسکوز و غیر ویسکوز بیان کرد.

$$K = K_0 + \frac{B_0 P}{\eta} \quad (12)$$

که در آن  $P = (P_1 + P_2)/2$  توسط،  $\eta$  ویسکوزیته گاز و  $K_0$  و  $B_0$  مشخصه های غشاء و گاز هستند  $K_0$  را می توان با برون یابی  $K$  در مقابل  $P$  در  $P = 0$  به دست آورد و  $\beta_0$  با ضرب شیب همان تابع در ویسکوزیته گاز  $\eta$  به دست می آید. این آزمایش شامل اندازه گیری تراوایی غشاء به عنوان تابعی از  $\Delta P$  در یک محدوده فشار است که شامل جریان مولکولی متوالی و جریان ویسکوزیته است. با ترسیم ضریب تراوایی غشاء به عنوان تابعی از فشار متوسط می توان خط مستقیمی به دست آورد که شیب و مبدا آن را با میانگین شعاع هیدرولیکی حفره غشاء مرتبط کرد. از این تکنیک می توان برای ارزیابی حفراتی استفاده کرد از بین چند انگستروم تا چند میکرومتر است [۳۲-۳۵] دقت داده های تجربی و رابطه متقابل بین مقاومت در برابر جریان گاز لایه جداسازی و تثبیت شده محدودیت هایی برای استفاده از روش تراوایی است.

۳-۳-۴ پرتوسنجی

این تکنیک توسط ایرود [۳۳] اصلاح شده و توسط کاتز و همکاران [۳۴] و اخیراً توسط کوپروس و همکاران [۳۵] معرفی شد بر مبنای انسداد کنترل شده حفرات توسط تراکم مویرگی بخار (به عنوان مثال  $CCl_4$  متانول، اتانول، سیکلوهاگزان) است که به عنوان یک جز از یک مخلوط گاز و اندازه گیری همزمان شار گاز از طریق حفرات باز باقی مانده وجود دارد فرآیند تراکم مویرگی با فشار نسبی بخار توسط معادله کلون مرتب است. بنابراین برای یک مدل حفرات استوانه ای و در طول واجذب داریم:



$$\ln P/P_0 = -$$

(۱۳)

$$2\gamma V \cos\theta / r_K RT$$

با  $r = r_K + t$  (و  $t$  باید تعیین شود، برای سیکلوهگزان) کنترل دقیق فشار بخار نسبی باعث بسته شدن تدریجی حفرات می شود. با شروع از یک فشار نسبی برابر با ۱ تمام حفرات غشاء پر می شوند بنابراین انتقال بدون مانع گاز از طریق غشاء ممکن نیست. هنگامی که فشار بخار کاهش می یابد حفراتی با اندازه بزرگتر از فشار بخار تخلیه می شوند با اندازه گیری انتقال گاز از طریق غشاء و کاهش فشار نسبی بخار توزیع اندازه حفرات فعال را می توان از معادله کلونین (مزوپورها) محاسبه نمود. آزمایش ها معمولاً در طول فرآیند و جذب انجام می شوند زیرا زمان تعادل در طول جذب بسیار طولانی تر است [۲]. کاهش تدریجی فشار نسبی به این معنی است که طیفی از حفرات در دسترس خواهند بود و به شار گاز کمک می کنند. بنابراین تعداد حفرات و همچنین توزیع میانگین جریان را می توان به عنوان تابعی از اندازه حفرات به دست آورد. جدول ۲ به طور خلاصه تکنیک های آزمایشگاهی مشخصه یابی برای تعیین غشاهای متخلخل بافت را نشان می دهد.

جدول ۲. خلاصه ای از تکنیک های آزمایشگاهی مشخصه یابی برای تعیین غشاهای متخلخل بافت

توضیحات	پارامترهای مشخصه یابی اصلی	محدوده اندازه منافذ	شکل فرضی حفرات	مبنای تئوری	روش
تکنیک آماده سازی می تواند بر بافت متخلخل واقعی تأثیر بگذارد.	توزیع اندازه حفرت متخلخل - تصویر دو بعدی (از جمله حفرات بسته)	> ۱,۵			استریبولوژی، SEM و TEM آنالیز تصویر
نمونه های صاف مورد نیاز است تفسیر نتایج دشوار است	تصویر دو بعدی اندازه حفرات، ناهمواری های سطح	حفرات	ماکروسکوپی مقیاس اتمی		STEM و AFM

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



نمونه های گاز دار

(خشک)

اندازه گیری ورودی

حفرات روش آنالیز

برای اندازه های

حفرات کوچک

ممکن است به

صورت مخرب بوده

و به ساختار شبکه

آسیب بزند.

نمونه های خشک

مسئله مهم: رابطه

بین هندسه

حفرات و مدل که

اجازه می دهد

اندازه منافذ و

توزیع اندازه

حفرات از همدمها

تعیین شود. اثر

شبکه

توزیع اندازه حفرات

5nm-15 $\mu$ m

استوانه ای

لاپلاس

(واشبرن)

روش استاتیکی

نفوذ جیوه

توزیع اندازه حفرات

2-50nm

استوانه ای /

تیغه ای

(لایه ای)

کلوین

جذب / واجذب

گاز

توضیحات

پارامترهای مشخصه یابی  
اصلی

محدوده اندازه منافذ

شکل

فرضی

حفرات

مبنای

تئوری

روش

حجم میکروپورو

توزیع اندازه حفرات

<2nm

دیپور،

برونوئر



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



تکنیک ساده	توزیع اندازه حفرات (شامل حفرت بسته) شکل حفرات اطلاعات تخلخل	20-30nm	لاپلاس / گیبس - دوهم	گرما تخلخل سنجی
تغییر شکل ساختار متخلخل در طول فرآیند انجماد. به نمونه های خشک نیاز ندارد. به آسانی پیش بینی کمی عملکرد غشاء را نمی توان به دست آورد	مقدار حد آستانه (cut- off)	از میکروپور تا ماکروپور		روش دینامیکی اندازه گیری های طردی
نمونه های خشک نتایج متفاوت نرخ افزایش فشار مایعات مختلف و طول حفرات ممکن است بر نتایج تأثیر بگذارد	بزرگترین منافذ فعال (نقطه حباب، حفرات متوسط توزیع اندازه حفرت) افزایش گام به گام فشار	0.44-20µm	استوانه ای لاپلاس	جابجایی مایع مایع / گاز
نمونه های تر ترکیبی از روش های فشار حباب و تراویی حلال	توزیع اندازه حفرات (فقط حفرات فعال)	2nm-15µm	لاپلاس هاگن - پوآزوی	مایع / مایع پوآزوی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



فرض سادگی	تجربی: تأثیر	زیادی از هندسه	حفرات و پیچ و خم بر نتایج. اثرات شبکه	هاگن -	پوآزی	تراوایی مایع
		شعاع هیدرولیکی حفرات	0.1-10 $\mu$ m	استوانه‌ای		
توضیحات	پارامترهای مشخصه یابی اصلی	محدوده اندازه منافذ	شکل فرضی حفرات	مبنای تئوری	روش	
دستگاه مخصوص (خشک) برای هر محدوده فشار نمونه‌های مرطوب دشواری آزمایشی (فشار بخار یکسان)	شعاع هیدرولیکی حفرات	از چند $\text{\AA}$ تا چند $\mu\text{m}$	استوانه‌ای	پوآزی - کندسون	تراوایی گاز	
باید در دو طرف غشا حفظ شود) هیچ فشار مکانیکی اعمال نمی شود.	شعاع هیدرولیکی حفرات (فقط حفرات فعال)	2-20nm	استوانه‌ای	کلوین کندسون		

### ۵- نتیجه گیری

هیچ تکنیکی وجود ندارد که به طور کلی برای توصیف خواص متخلخل همه مواد قابل استفاده باشد. انتخاب بر اساس معیارهای زیادی مانند محدوده، اندازه حفرات، ماهیت ماده و شکل آن همراه با کاربرد مورد نظر انجام می شود در



یک آزمایش دقیق بیش از یک تکنیک مورد نیاز است. تکنیک های بیان شده به روش های ایستا یا پویا تقسیم شده اند. پیشرفت های زیاد در این خصوص در جهت بهینه سازی تکنیک های موجود و هم معرفی تکنیک های جدید مورد نیاز است. پیشرفت در تئوری و مدل سازی رفتار جریان در محیط های متخلخل، که شامل نظریه تراوایی و هندسه فراکتال است نیز حاصل خواهد شد با اصلاح چنین نظریه هایی می توان از آنها به طور مستقیم در تفسیر داده های تجربی استفاده کرد. از میان روش های ثابت استاتیکی که مورد پژوهش قرار گرفت، اندازه گیری های ایزوترم جذب گاز قوی ترین و کاربردی ترین روش ها است.

#### منابع

- [1] A. TSETSEKOU, ANDROUTSOPOULOS, G., AND MANN, R., (1991) *Chemical Engineering Communications*. 110(1): p. 29-1
- [2] A. JULBE AND RAMSAY, J., *Methods for the characterisation of porous structure in membrane materials*, in *Membrane Science and Technology*. 1996 Elsevier. p. 118-67
- [3] A. BESSIERES, et al., (1996) *Journal of Membrane Science*. 109(2): p. 284-271
- [4] A. BOTTINO, et al., (1994) *Journal of Membrane Science*. 95(3): p. 296-289
- [5] E. R. SCOTT, WHITE, H. S., AND PHIPPS, J. B., (1991) *Journal of membrane science*. 58(1): p. 87-71
- [6] B. MCENANEY AND MAYS, T. J., *Characterization of macropores using quantitative microscopy*, in *Studies in surface science and catalysis*. 1994, Elsevier. p. 337-327
- [7] S. LOWELL AND SHIELDS, J. E., *Powder surface area and porosity*. Vol. 2. 1991: Springer Science & Business Media.
- [8] H. STOECKLI AND KRAEHEBUEHL, F., (1984) *Carbon*. 22(3): p. 299-297
- [9] I. RECOMMENDATIONS, (1994) *Pure & Appl. Chem*. 66: p. 1739
- [10] M. BRUN, et al., (1977) *Thermochimica acta*. 21(1): p. 88-59
- [11] M. BRUN, et al., (1973) *Journal de Chimie Physique*. 70: p. 978-973
- [12] J. QUINSON AND BRUN, M., *Progress in thermoporometry*. KK Unger, J. Rouquerol, KSW Sing and H. Kral (eds): *Characterization of porous solids*. 1988, Amsterdam: Elsevier.
- [13] L. ZEMAN, TKACIK, G., AND LE PARLOUER, P., (1987) *Journal of membrane science*. 32(3-2): p. 337-329
- [14] W. L. EARL, KIM, Y.-W., AND SMITH, D. M., *NMR measurement of pore structure*, in *Studies in Surface Science and Catalysis*. 1994, Elsevier. p. 309-301
- [15] J. RIPMEESTER AND RATCLIFFE, C., (1995) *The Journal of Physical Chemistry*. 99(2): p. 622-619
- [16] W. C. CONNER, et al., (1989) *The Journal of Physical Chemistry*. 93(10): p. 4142-4138





## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

- [17] D. DAVIDSON, et al., *Some structural and thermodynamic studies of clathrate hydrates*, in *Clathrate Compounds, Molecular Inclusion Phenomena, and Cyclodextrins*. ۱۹۸۴, Springer. p. ۲۳۸-۲۳۱
- [18] L. DE MENORVAL, et al., (۱۹۹۶) *MRS Online Proceedings Library (OPL)*. ۴۳۱
- [19] J. RAMSAY, (۱۹۸۶) *Chemical Society Reviews*. ۱۵(۳): p. ۳۷۱-۳۳۵
- [20] R. AZZAM, BASHARA, N., AND BURNS, D. T., *Ellipsometry and polarized light: North Holland, Amsterdam*, ۱۹۸۷ (ISBN ۴-۸۷۰۱۶-۴۴۴-۰). xvii+ ۵۳۹pp. Price Dfl. ۷۵,۰۰. ۱۹۸۷, Elsevier.
- [21] C. F. BOHREN AND HUFFMAN, D. R., *Absorption and scattering of light by small particles*. ۲۰۰۸: John Wiley & Sons.
- [22] K. E. AMIN, (۱۹۹۵) *American Ceramic Society Bulletin*. ۷۴(۱): p. ۸۱-۷۶
- [23] D. C. KUNERTH, TELSCHOW, K., AND WALTER, J., (۱۹۸۹) *Materials evaluation*. ۴۷(۵): p. ۵۷۵-۵۷۱
- [24] G. C. FRYE, et al., (۱۹۸۸) *MRS Online Proceedings Library*. ۱۲۱(۱): p. ۳۵۴-۳۴۹
- [25] B. ARMITAGE, RAMSAY, J., AND BRADY, F., (۱۹۷۸) *Nuclear Instruments and Methods*. ۱۴۹(۳-۱): p. ۳۳۵-۳۲۹
- [26] H.-E. SCHAEFER, et al., (۱۹۸۸) *Physical Review B*. ۳۸(۱۴): p. ۹۵۴۵
- [27] J. DOLVECK, et al. *Free volume measurements in polyimides by positronium annihilation*. in *Materials Science Forum*. ۱۹۹۲. Trans Tech Publ.
- [28] T. ZERDA, et al., (۱۹۸۸) *MRS Online Proceedings Library (OPL)*. ۱۲۱
- [29] M. MEIRELES, et al., (۱۹۹۵) *Journal of Membrane Science*. ۱۰۳(۲-۱): p. ۱۱۵-۱۰۵
- [30] S. MUNARI, et al., (۱۹۸۹) *Journal of Membrane Science*. ۴۱: p. ۸۶-۶۹
- [31] J. CHARPIN AND RASNEUR, B., (۱۹۹۹) *Techniques de l'ingénieur. Analyse et caractérisation*. ۱۲(P1۰۵۰): p. ۱۹-۱
- [32] A. BOTTINO, et al., (۱۹۹۱) *Separation Science and Technology*. ۲۶( :۱۱-۱۰p. ۱۳۲۷-۱۳۱۵
- [33] C. EYRAUD, *Application of gas-liquid permoporometry to characterization of inorganic ultrafilters*, in *Membranes and Membrane processes*. ۱۹۸۶, Springer. p. ۶۳۴-۶۲۹
- [34] M. KATZ AND BARUCH, G., (۱۹۸۶) *Desalination*. ۵۸(۳): p. ۲۱۱-۱۹۹
- [35] F. CUPERUS, BARGEMAN, D., AND SMOLDERS, C., (۱۹۹۲) *Journal of membrane science*. ۷۱(۲-۱): p. ۶۷-۵۷

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



## روش های پایش و عیب یابی موتورهای جت - تیغه های توربین و کمپرسور

مهساسادات رضوی<sup>۱\*</sup>، محمد طهماسبی<sup>۲</sup>، وحید نیساری فام<sup>۳\*</sup>

۱- دکتری مکانیک بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (razavi.m@uma.ac.ir)

۲- دکتری مکانیک بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- دانشجوی دکتری گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (vahidnf318@gmail.com)

### چکیده

اجزای موتورهای توربینی هواپیما، بویژه تیغه های توربین و کمپرسور، آسیب های گوناگونی را در طول فرآیند عملیاتی متحمل می شوند. بیشترین آسیب ها به دلیل ارتعاش، داغ شدن بسیار و خستگی و خوردگی حرارتی مواد سازنده قطعات و نیز خزش ناشی از نیروی گریز از مرکز قطعات چرخان رخ می دهد. این آسیب ها روی خصوصیات مکانیکی و حرارتی مواد و قطعات بخش های داغ موتور جت (نظیر کمپرسور، محفظه احتراق، و توربین) اثر می گذارد. با در نظر داشتن این موارد، اجزای سازنده این قطعات باید به منظور حفظ یکپارچگی و دستیابی به بیشینه عملکرد موتور، کاهش مصرف سوخت و هزینه، و نیز ایمنی پرواز کنترل و پایش شوند. برای این مقصود، روش های مخرب و غیر مخرب را جهت بازرسی وضعیت قطعات نیز می توان به کار بست. این تحقیق، گزیده ای از روش ها و ابزارهای رایج مورد استفاده در فرآیند پایش و عیب یابی موتورهای جت می باشد.

کلمات کلیدی: آزمون های غیر مخرب، ابزار اندازه گیری، عیب یابی، موتور هواپیما



## مقدمه

تیغه های توربین و کمپرسور قطعات بحرانی در موتورهای توربینی گازی می باشند. این تیغه ها قلب موتورها از نقطه نظر تولید توان مکانیکی بوده و در محیطی با بیشترین دما و فشار کار می کنند. در طول فرآیند عملیاتی، این قطعات با گازهای احتراقی که دمای آن ها می تواند تا نزدیکی دمای نقطه ذوب تجاوز کند، احاطه می شوند [۱]. همچنین، این تیغه ها در طول عملیات در معرض تنش های ناشی از نیروهای گریز از مرکز و نیروهای سیال (هوا) قرار دارند [۲]. با گذاشتن همه ی این موارد در کنار هم، قطعات اگر به درستی و به موقع بازرسی و پایش نشوند، می تواند منجر به خرابی زودهنگام موتور شود. صنایع هواپیمایی بازرسی های گوناگونی را با استفاده از روش های بازرسی مختلف به کار می بندند. این بازرسی ها شامل روش های پیوسته ی آنلاین و ناپیوسته (نشانه های خارجی و روش های غیرمخرب) می باشند. در این تحقیق، روش ها و ابزارهای مورد استفاده برای پایش و عیب یابی موتور هواپیما به اختصار بیان می شوند.

### پایش پیوسته (آنلاین)

در روش های پیوسته (آنلاین) مرسوم از حسگرها برای پایش لحظه ای استفاده می شود نظیر: اندازه گیری دما، فشار، و سرعت جریان سیال در موتور، اندازه گیری سرعت چرخش شفت اصلی، اندازه گیری ارتعاش، اندازه گیری نیرو/ بار و گشتاور خروجی شفت و یاتاقان ها، اندازه گیری ردیابی دما در بخش های داغ موتور، شناساگرهای مغناطیسی برای تشخیص تشکیل ذرات در روغن و پایش وضعیت آن، اندازه گیری فشار روغن برای تشخیص مقاومت جریان به منظور شناسایی گرفتگی فیلترها یا صافی ها، اندازه گیری دبی سیال در سیستم روغن و سوخت، ابزارهای شناسایی اشیای خارجی در جریان گاز ورودی به موتور و سوندهایی برای آنالیز پیوسته آلودگی های روغن در طول عملیات پروازی [۳].

### ۱-۲- حسگرهای ارتعاش

این نوع حسگرها با اندازه گیری تغییرات شتاب در سطوح مرتعش عمل می کنند. به همین دلیل، باید در بهینه ترین نقاط قرار گیرند تا به خوبی بتوانند وضعیت را پایش کنند [۳].

### ۲-۲- حسگرهای آتش

بر اساس ثبت دمای نامتعارف در محیط عمل می کنند. اغلب در دیواره خارجی موتور نصب می شوند [۳].

### ۳-۲- حسگرهای دما



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مؤلفه ها و سیستم های بسیاری را پایش میکنند. در جریان گاز داغ، علاوه بر بیش باری های مکانیکی، مشکلاتی نظیر تغییرات شرایط از جمله اکسیداسیون، سایش، تغییرات ساختار مواد متحمل می شوند که می تواند منجر به تغییر در داده های ثبت شده شود [۳].

### ۲-۴- حسگرهای فشار

با کمک جمع آوری داده در جریان اصلی موتور که به واسطه سرعت سیال عمل می کند، همچنین داده های به دست آمده از سیستم روغن و سوخت، وضعیت فشار موتور و سیستم ها را پایش می کنند [۳].

### ۲-۵- حسگرهای سرعت و دبی سیال

این اندازه گیری ها بویژه برای کنترل سوخت تامین و نیز پایش دبی روغن ضروری است. تغییرات جریان در سوند یا تغییرات دما در رسانه منجر به اثرگذاری بر داده های اندازه گیری می شوند. این حسگرها نیز در جریان هوای ورودی کمپرسور نیز بکار می رود [۳].

### ۲-۶- حسگرهای اندازه گیری سرعت

این حسگرهای برای اندازه گیری سرعت شفت اصلی استفاده می شوند. در واحد کمپرسور، سرعت چرخش نباید از یک حد تعیین شده تجاوز کند زیرا منجر به ترک و شکستن شفت می شود [۳].

### ۲-۷- شناساگرهای مغناطیسی

این ابزار در موقعیتی قرار دارند که بتوانند جریان روغن را به منظور وجود ذرات مغناطیسی بررسی کنند. این ذرات باید به گونه ای از سیال جدا شوند که تاثیری غیرقابل قبول بر جریان روغن باقی نگذارد. همچنین، انباشتگی ذرات روی شناساگر باید در بازه های زمانی برداشته شود تا عملکرد آن به درستی انجام شود [۳].

### ۲-۸- حسگرهای موقعیت

برای تایید و بازخورد به سیستم محرک به کار گرفته می شوند. سیستم های محرک نظیر پره های متغیر راهنمای نازل (VNGV: Variable nozzle guide vanes) کمپرسور، نازل های واحد تراست، معکوس کننده های تراست و واحد کنترل سوخت [۳].

### ۲-۹- شناسایی ذرات در جریان ورودی و خروجی (اگزوز) موتور

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



این حسگرها از بار الکتریکی جریان در حال انتقال ذرات استفاده می کنند. آن ها اندازه، مقدار و سرعت را تا درجه خاصی ثبت می کنند، همچنین قادر به ثبت ترکیبات شیمیایی ذرات منتقل شده نیز می باشند. حسگر ورودی در جلوی فن در جریان ورودی هوا قرار می گیرد. حسگر گازهای خروجی، فرآیندهای سایش و اصطکاک غیرطبیعی را با کمک ذرات موجود، ثبت و شناسایی می کند [۳].

### ۲-۱۰- ضبط صدا

با کمک ضبط کننده صدای موجود در کاکپیت، یافته های ارزشمندی را از صداهای فن یا چرخ دنده ها می توان به دست آورد. حسگرهای آنالیز امواج تنشی، انرژی امواج صوتی را در ناحیه فرائوت اندازه گیری می کنند. اساس این حسگرهای مبدل های پیزو هستند و امکان شناسایی شوک ها و فرآیندهای سایشی را فراهم می کنند [۳].

### ۲-۱۱- آنالیز پیوسته روغن

این حسگر در موقعیتی قرار دارند تا وضعیت روغن را بررسی کنند. این ابزارها آلودگی هایی نظیر فرسوده شدن روغن، وجود آب یا سوخت را شناسایی می کنند. همچنین، غلظت افزودنی ها نیز تشخیص داده می شود [۳].

### پایش ناپیوسته در طول فرآیند تعمیر و نگهداری

فرایندهای تست ناپیوسته برخلاف پیوسته (آنلاین)، در دوره زمانی های مشخص یا در یک فعالیت خاص، تکرار می شوند. این آزمون ها به دسته آزمون های غیر مخرب تعلق دارند. این فرآیند با دو هدف انجام می شود: ۱. بازرسی های روتین نظیر فیلترها و صافی ها، آنالیز روغن (اندازه ذرات و آلودگی ها)، کنترل دوشاخه های مغناطیسی (بررسی تشکیل ذرات در روغن و رسوب زدایی از دوشاخه)، تعیین شرایط اجزای سازنده نظیر تیغه های کمپرسور و توربین، مجرای گاز درون کیسینگ و محفظه احتراق. ۲. بررسی های مخصوص نظیر بازرسی خرابی و ترک ها ناشی از خستگی حرارتی در پره های راهنمای توربین (TGV) یا محفظه احتراق، سایش حرارتی پوشش های محافظ اکسیداسیون، که برای این منظور از آزمون های غیرمخرب نظیر نفوذ سیال، فراصوت، مغناطیس، اشعه ایکس، گرمانگاری و غیره استفاده می شود [۳].

### ۳-۱- نشان دهنده های (ایندیکاتورها) خارجی

برای پایش ناپیوسته یا آفلاین با داشتن تجربه و مهارت کافی، می توان نتایج مهمی را با در نظر داشتن شرایط و مشکلات موتور هواپیما بدون در اختیار داشتن ابزارهای خاص کسب کرد. برای مثال با حس شنیداری و درک سر و صداها مانند شکاف ها و ترک ها و تغییرات در صداهای معمول، ارزیابی عینی، بویایی و لمسی (مانند دما، ارتعاش، تغییر و افزایش نیروها لازم تنظیمات و سرهم کردن). همچنین، در بخش های داغ موتور نظیر تیغه های توربین می توان از حسگرهای

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



گوناگون نظیر حسگرهای مبتنی بر نور، ریزموجها، القای الکترومغناطیس، جریان اددی (Eddy)، مقاومت مغناطیسی، ظرفیت خازنی، ارتعاش، فراصوت، حرارت و فشار برای بازرسی و عیب یابی استفاده کرد [۳].

### ۲-۳-آزمون های غیرمخرب

همچنین روش های غیرمخرب در بازرسی و تعمیر و نگهداری هواپیما نظیر: نفوذ سیال فلئورسنت برای سطوح خارجی، رادیوگرافی برای ساختمان داخلی، امواج فراصوت برای تایید ضخامت های دیواره، روش های پراش پرتو ایکس نظیر LXR (Laue x-ray diffraction) برای ساختار کریستالی واحد، روش تشدید آکوستیک (RAM)، روش های گرمانگاری، روش تصویربرداری در نور مرئی برای آسیب های سطحی قطعات و تصویربرداری در نور غیر مرئی برای آسیب های داخلی نظیر تصویربرداری حرارتی، مادون قرمز، اشعه ایکس، و بازرسی های بصری می باشند [۳].

عیب یابی موتورهای توربینی با محوریت تیغه های توربین و کمپرسور

### ۱-۴- پروب مایکروویو

برای اندازه گیری میزان فاصله سر تیغه های توربین و کیسینک و نیز میزان حرکت جانبی سر تیغه ها بکار می رود تا شکاف، خزش، و خوردگی تیغه های را شناسایی کند [۴]. (Mevisen and Meo, 2019). ریزموجها امواج الکترومغناطیسی هستند که در محدوده GHz منتشر می شوند. این پروبها شامل یک آنتن فرستنده و دریافت کننده می باشند. حسگر مایکروویو ریزموجهایی را به طور پیوسته به سمت هدف ارسال می کند و سیگنال دریافتی برگشتی را اندازه می گیرد. این سیگنال با یک سیگنال مرجع و اختلاف فاز با فاصله تا تیغه مقایسه می شود. اختلاف فازهای سیگنال انعکاسی مستقیماً متناسب با فاصله بین حسگر و هدف می باشد [۵]. نهایتاً با کمک معادلات مربوطه، آسیب تیغه با اندازه گیری تغییرات ابعادی منعکس شده در فاصله سر تیغه تا بدنه، شناسایی می شود [۶]. این حسگرها قابلیت کار با پهنای باند زیاد و دمای بالا حتی تا حدود  $900^{\circ}\text{C}$  را دارند [۷-۱۰]. مثالی از کاربرد این حسگرها را می توان در پژوهش های صورت گرفته توسط وایکه و همکاران برای اندازه گیری فاصله سر تیغه ها تا کیسینک یافت [۹ و ۱۰]، ژانگ و همکاران برای زمان بندی درست سر تیغه ها [۱۱] و هافنر و همکاران برای امکان سنجی اندازه گیری آنلاین فاصله سر تیغه ها و مشاهده فوری نتایج [۱۲] اشاره کرد.

### ۲-۴- حسگرهای نوری

ارتعاش سنج لیزری داپلر (LDV) یک ابزار اندازه گیری برای تعیین فرکانس و دامنه ارتعاش است، که لیزر روی سطحی که قرار است اندازه گیری انجام شود متمرکز می شود. به دلیل اثر داپلر، بسامد نور لیزر پس پراکنده (Back scattered)





با حرکت سطحی که باید اندازه گیری شود، تغییر می کند [۴]. نتیجه به صورت ولتاژ متناسب با فرکانس است که مستقیماً متناسب با سرعت شیء اندازه گیری شونده است. از این حسگرها برای تنظیم فاصله تیغه ها با بدنه و نیز زمان بندی درست نیز استفاده می شود. از جمله تحقیقات صورت گرفته با کمک این ابزار می توان به کار پژوهشگرانی چون راینهارت و همکاران که آزمایشاتی را برای تعیین فرکانس و دامنه ارتعاش تیغه های توربین [۱۳]، گونتر و همکاران به منظور اندازه گیری تغییر شکل کلی روتور در طول چرخش [۱۴]، باتنر و همکاران و پفیستر و همکاران اندازه گیری فاصله نوک تیغه ها در حالت سوار روی موتور [۱۵ و ۱۶] اشاره کرد.

#### ۳-۴ حسگرهای القایی

این حسگرها شامل چندین سیم پیچ مارپیچی صفحه ای با اندازه کوچک هستند. این حسگر فاصله سر تیغه ها را با اندازه گیری تغییرات ضریب القاء سیم پیچ های مارپیچی صفحه ای با عبور تیغه های روتور اندازه می گیرد. فاصله کوچک تر سر تیغه تا بدنه، منجر به افت بیشتر ضریب القایی شده [۱۷]. همزمان با عبور تیغه های توربین از میدان مغناطیسی حسگر، یک جریان ادی (Eddy) به دلیل القای الکترومغناطیس ایجاد می شود. این عمل جریان القایی را افزایش می دهد، که به موجب آن، بار مدار نوسانی افزایش می یابد و ارتعاش میرا شده یا متوقف می شود. نهایتاً حسگر این تغییر را اندازه می گیرد [۴]. این حسگرها در دماهای پایین و زیر  $60^{\circ}\text{C}$  کار می کنند. از جمله تحقیقات صورت گرفته می توان به پژوهش های پرزیسووا و همکاران برای سیستم های پایش سلامت تیغه های موتورهای توربو فن ارتش [۱۸ و ۱۹] و دو و همکاران برای اندازه گیری فاصله سر تیغه ها [۱۷] اشاره کرد.

#### ۴-۴ حسگرهای جریان Eddy

این حسگرها یک میدان الکترومغناطیس با فرکانس بالا منتشر می کنند. تیغه ای که از این میدان می گذرد، در ناحیه سر تیغه جریان ها ادی را القا می کند، در مقابل میدان با فرکانس بالای موجود در میاید. در نهایت تغییر در امپدانس سیم پیچ اندازه گیری می شود [۲۰]. بخش هایی از این حسگر در دمای  $93^{\circ}\text{C}$  شروع به ذوب شدن می کند، اما گزارشات حاکی از آن است که شرکت هایی توانسته اند حسگرهای EC یا قابلیت تحمل دمایی تا  $1000^{\circ}\text{C}$  با در نظر داشتن سیستم خنک کاری با هوا توسعه دهند [۲۱ و ۲۲]. کار دول و همکاران حسگر EC جدیدی برای زمان بندی سر تیغه های فن های موتور توسعه دادند [۲۳] و لیو و همکاران نیز روشی را برای افزایش دقت اندازه گیری حسگرهای EC ارائه کردند [۲۴].

#### ۵-۴ حسگرهایی مقاومتی-مغناطیسی (Magnetoresistive)

مقاومت مغناطیسی در واقع تغییرات مقاومت الکتریکی یک ماده تحت تاثیر میدان مغناطیسی خارجی را توصیف می کند. با اندازه گیری مقاومت ماده در میدان مغناطیسی و در دست داشتن مقاومت اولیه آن ماده، می تواند میزان دامنه و

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



فرکانس ارتعاش تیغه را اندازه بگیرد. با عبور سر تیغه از جلوی حسگر، میدان مغناطیسی منحرف می شود. این تغییر توسط حسگر اندازه گیری می شود [۴]. پروچازکا و همکاران در پژوهش هایی حسگری را توسعه دادند تا بتوانند فرکانس و دامنه ارتعاشی تمامی تیغه ها را اندازه بگیرند [۲۵ و ۲۶].

### ۴-۶- حسگرهای خازنی

ظرفیت الکتریکی، بین دو ماده رسانای الکتریکی عایق از هم، برابر با نسبت کمیت شارژ و ولتاژ الکتریکی است. تغییر در ظرفیت خازنی می تواند برای تعیین فواصل استفاده شود. در این مورد، حسگر خازنی تغییر ظرفیت بین پروب و سر تیغه را اندازه می گیرد. مادامیکه صفحه خازن یک میدان الکترواستاتیک ایجاد می کند و تیغه توربین حضور دارد، ظرفیت خازنی تغییر کرده و نوسان گر (Oscillator) شروع به نوسان می کند [۴]. قطر این حسگرها کوچک بوده لذا سهولت در جاگذاری آن ها در موتورهای را منجر می شود [۲۷]. مونچ و همکاران و همچنین مولر و همکاران سیستمی را برای اندازه گیری فاصله در تیغه های توربین و کمپرسور توسعه دادند [۲۸ و ۲۹].

### ۴-۷- پایش ارتعاشات

حسگرهای ارتعاشی، مانند حسگرهای شتابسنجی، سرعتسنجی و جابجاییسنجی، روش های عمومی مورد استفاده برای عیب یابی تیغه ها در شرایط میدانی هستند. برای اندازه گیری ارتعاش بدنه، اغلب شتابسنج ها استفاده می شوند. یک صفحه حسگر پیزوسرامیکی نوسانات فشار دینامیکی را به سیگنال های الکتریکی تبدیل می کند. نوسان فشار توسط یک جرم مرتعش متصل به پیزوسرامیک ایجاد می شود و زمانی که سرتاسر سیستم شتاب دارد روی پیزوسرامیک عمل می کند [۴]. سودمرسن و همکاران ترکیبی از اندازه گیری های فشار، ارتعاشات بدنه، و جابجایی شفت را نشان دادند [۳۰]. در مطالعه ای نشان داده شد که اگر این حسگر برای آسیب توربین استفاده شود، غالباً قادر به شناسایی و اندازه گیری نمی باشند. چراکه این آسیب ها قادر به ایجاد برانگیختگی کافی در مقایسه با دامنه های ارتعاشی دیگر در موتور نیستند [۳۱]. مدهوان و همکاران برای شناسایی آسیب در تیغه های روتور توربین از سیستم اندازه گیری تنش استفاده کردند که پروب های آن در بالای روتور روی کیسینگ سوار بودند تا سیگنال های ایجاد شده توسط سر تیغه های روتور را ضبط کنند [۳۲].

### فراصوت

فراصوت یک روش آزمون غیرمخرب رایج برای شناسایی ترک یا تغییرات ماده است [۳۳-۳۵]. عموماً یک موج فراصوت ارسال می شود و سیگنال منعکس شده از شکاف می تواند برای پیش بینی آسیب استفاده شود. مرسوم ترین مبدل



پیزوالکتریک استفاده شده برای پایش وضعیت در موتور محدود به دمای عملیاتی هستند [۴]. میرمهدی و افشاری از امواج فراصوت برای شناسایی خوردگی در تیغه های ایمپلر توربین استفاده کردند [۳۶].

اندازه گیری های دما

گرمانگاری آذرسنجی (Pyrometry) و مادون قرمز روش های خوبی برای شناسایی خزش، خستگی های سیکل پایین، خوردگی، سایش و اکسیداسیون هستند [۳۷ و ۳۸].

۶-۱- آذرسنجی

با این روش، تابش حرارتی نقطه هدف تیغه های توربین قابل اندازه گیری است. برای اندازه گیری های غیر تماسی استفاده می شوند. تابش حرارتی منسترش شده از یک جسم با این حسگر قابل اندازه گیری بوده. این حسگر با کمک قانون پلانک، ارتباط میان دمای سطح و انرژی شعاعی گسیل شده عمل می کند [۴]. این حسگر قادر به اندازه گیری دمای ۴۰ نقطه از هر تیغه می باشد. حداکثر دمایی برای عملکرد این حسگر وجود ندارد، اما حداقل دمای عملیاتی آن  $500^{\circ}\text{C}$  می باشد. تحقیقاتی برای توسعه این حسگرها برای دماسنجی تیغه ها صورت گرفته است [۴۲-۳۹].

۶-۲- گرمانگاری مادون قرمز

این یک فرآیند تصویربرداری برای نمایش دمای سطح اشیا است. هر جسم با یک دمای بالای صفر درجه، از خود حرارتی ساطع می کند. یک دوربین مادون قرمز تشعشعات مادون قرمز را که قابل دیدن با چشم انسان نیست، به سیگنال های الکتریکی تبدیل می کند. نهایتاً دوربین عکسی را تولید می کند که قابل رؤیت است. این تکنیک یک روش ارزیابی سریع می باشد که به طور گسترده ای برای بازرسی اجزای بزرگ هواپیما و هلیکوپتر و نیز ساختارهای ثانویه، قطعات موتورهای جت، و دیگر زیرسیستم ها استفاده می شود [۴، ۴۳ و ۴۴]. بیسون و همکاران و سان و تائو از این تکنیک برای تخمین اثرات فرسودگی و نیز تغییرات خصوصیات پوشش سد حرارتی محفظه احتراق استفاده کردند [۴۷-۴۵].

۶-۳- دماسنجی فسفر

در این روش از یون های نایاب و فعال استفاده می شود. این مواد را می توان در پوشش های سد حرارتی محفظه احتراق بکار برد که بخش هایی که با گازهای داغ در تماس هستند در توربین های گازی با آن پوشش داده می شوند. با روشن شدن یک منبع نور برانگیزاننده بعد از کارکرد موتور، فسفر سانس اطلاعاتی در مورد دمایی که پوشش ها در معرض آن بودند، ارائه می دهد [۴].





## گرمانگاری القایی

در این سیستم، یک جز رسانای الکتریکی به طور القایی توسط جریان Eddy نزدیک سطحی تحت تاثیر قرار می گیرد. گرم شدن نهایی آن جز می تواند توسط یک دوربین مادون قرمز نشان داده شود. ترک ها در جریان اختلال ایجاد می کنند و از این رو بر گسترش دما در بخش مورد آزمون اثر می گذارند [۴]. کارل و زینگر سیستمی را برای شناسایی ترک تیغه های توربین توسعه دادند [۴۸]. سراجبر و همکاران از یک سیستم خودکار برای بازرسی ترک ساختمان هواپیما استفاده کرد [۵۰ و ۴۹].

## گسیل صوتی

اساس این روش امواج کشسان گذرا می باشند. این امواج به دلیل رهایش انرژی در ماده زمانی که یک ترک در آن رخ می دهد، ایجاد می شوند. آسیب ها یک نوع خاصی از پیشرفت ترک را ایجاد می کنند. این پدیده منجر به امواج کشسان می شود، که با کمک حسگرهای گسیل صوتی قابل شناسایی هستند [۵۱]. امبا و همکاران و عبدالرحمان و همکاران آزمایشاتی را برای شناسایی زود هنگام ساییده شدن در روتورهای توربین با کمک این حسگر ترتیب دادند [۵۲ و ۳۸].  
توموگرافی اشعه ایکس

روشی برای عیب یابی با استفاده از تهیه تصاویر فضایی به کمک اشعه ایکس از اجزای یک موتور یا ماشین است. امروزه از این تکنیک در زمینه های پزشکی استفاده بسیاری می شود که بارزترین آن می توان به دستگاه CT-Scan اشاره کرد. این تکنیک بر اساس ارسال امواج و برانگیختگی اتم ها یا مولکول ها و سپس دریافت انرژی (رهایش انرژی) از آن ها ضمن گذار از حالت انرژی بالا به پایین، عمل می کند. با کمک میزان پراکندگی، جذب و تشعشع انرژی از اجزای گوناگون شیء هدف توسط دکتور دستگاه و تبدیل آن به سیگنال های الکتریکی، در نهایت تصویری تک فام از شیء ترسیم می شود [۵۳] (Błachnio, 2013). چالمونیوک و همکاران از اشعه ایکس برای شناسایی ترک در لبه تیغه توربین استفاده کرد [۵۴].

## نتیجه گیری

توسعه تجهیزات عیب یابی دقیق و قوی برای موتورهای توربینی حوزه تحقیقاتی گسترده ای برای نویسندگان می باشد. در این تحقیق، روش های غیرمخرب مرسوم برای پایش موتورهای جت بویژه به منظور عیب یابی تیغه های توربین و کمپرسور مرور شدند. بر اساس نوع نیاز (از نقطه نظر آنلاین و آفلاین بودن) و هدف از اندازه گیری (بازرسی دوره ای یا تعمیرات)، و همچنین شرایط محیطی که ابزار در آن قرار می گیرد (بویژه از نظر دمای کاری) دستگاه یا حسگر مورد نیاز را می توان به منظور بازرسی و تعمیر موتور به کار بست.



## منابع

- [1] Thomas Sourmail, Coating for Turbine Blades (2003) Cambridge, University of Cambridge.
- [2] I. A. Essienubong, O. Ikechukwu, P. O. Ebunilo, E. Ikpe (2016) *American Journal of Mechanical and Industrial Engineering*. 1(1), 1-9.
- [3] Axel Rossmann, Aircraft Turbine Engine Safety (2015) Berlin, Axel Rossmann Turboconsult.
- [4] F. Mevissen, M. Meo (2019). *Sensors*. 19(3):711.
- [5] J. W. Roeder, T. J. Bencic C. E. Hughes, M.R. Woike (2012) *SENSORS 2012 IEEE*, 1-4
- [6] J. L. Geisheimer, D. Kwapisz, T. Holst, M. Hafner (2013) *SAE International Journal of Aerospace*, 6(2), 417-423.
- [7] M. Violetti, Q. Xu, A.K. Hochreutiner, A.K. Skrivervik (2012a) *Asia Pacific Microwave Conference Proceedings*, 1055-1057.
- [8] M. Violetti, A.K. Skrivervik,; Q. Xu, M. Hafner (2012b) *Proceedings of the 2012 IEEE Sensors*, 1-4.
- [9] M. Woike, A. Abdul-Aziz, N. Oza, B. Matthews (2013). *The Scientific World Journal*, 2013, 1-10.
- [10] M. Woike, A. Abdul-Aziz, T. Bencic (2010) *AIAA Infotech@Aerospace*, 1-16.
- [11] J. Zhang, F. Duan, G. Niu, J. Jiang, J. Li, (2017) *Sensors*, 17(5), 1097.
- [12] M.A. Hafner, T.A. Holst, S.A. Billington (2011) *In Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air*, 54631, 419-425.
- [13] A. K. Reinhardt, J. R. Kadambi, R. D. Quinn (1995) *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, [20] 117(3), 484-488.
- [14] P. Günther, F. Dreier, T. Pfister, J. Czarske, T. Haupt, W. Hufenbach (2011) *Mechanical Systems and Signal Processing*, 25(1), 319-330.
- [15] L. Büttner, T. Pfister, J. Czarske (2006) *Optics letters*, 31(9), 1217-1219.
- [16] T. Pfister, L. Büttner, J. Czarske, H. Krain, R. Schodl (2006) *Measurement Science and Technology*, 17(7), 1693-1705.
- [17] L. Du, X. Zhu, J. Zhe (2014) *Smart Materials and Structures*, 23(6), 065018.
- [18] R. Przysowa, E. Rokicki (2015) In *Journal of KONBiN*, 36(1), 147-164.
- [19] R. Przysowa, P. Majewski, E. Rokicki (2014) *Proceedings of the IET & ISA 60th International Instrumentation Symposium*, 1-4.
- [20] P. Procházka (2016). *AIP Conference Proceedings*, 1740(1), 1-8.
- [21] C. Roeseler, A. von Flotow, P. Tappert (2002) *Proceedings, IEEE Aerospace Conference*, 6, 3125-3129.
- [22] A. Ghoshal, D. Le, H. Kim, (2012). *Sensor Review*, 32(1), 66-71.
- [23] D. N. Cardwell, K. S. Chana, P. Russhard (2008) *Power for Land, Sea, and Air*, 43123, 179-189.
- [24] C. Liu, D. Jiang (2012) *Journal of Physics: Conference Series*, 364(1), 012136.
- [25] P. Procházka, F. Vanek (2013) *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 63(6), 1583-1592
- [26] P. Procházka, F. Vaněk (2011) *Journal of Physics: Conference Series*, 305(1), 012116.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

- [27] C. P. Lawson, Capacitance Tip Timing Techniques in Gas Turbines (2003) Bedford, Cranfield University.
- [28] M. Mönich, G. Bailleul (1993). *Sensor Review*, 13(4), 23-26.
- [29] D. Muller, A. G. Sheard, S. Mozumdar, E. Johann, (1997). *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 119(4): 877-884.
- [30] U. Südmersen, O. Pietsch, C. Scheer, W. Reimche, F. W. Bach (2002) *Proceedings of the Conferência Technologia de Equipamentos*, 9-12.
- [31] M. S. Leong (2008) *Journal of System Design and Dynamics*, 2(1), 24-35.
- [32] S. Madhavan, R. Jain, C. Sujatha, A. S. Sekhar (2014) *Engineering Failure Analysis*, 46, 26-39.
- [33] T. Tagashira, N. Sugiyama, Y. Matsuda, M. Matsuki, (1997) *35th aerospace sciences meeting and exhibit*, 1-9.
- [34] T. Tagashira, N. Sugiyama, Y. Matsuda, M. Matsuki (1998) *34th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit*, 1-6.
- [35] V. Giurgiutiu, *Structural Health Monitoring with Piezoelectric Wafer Active Sensors* (2014) Oxford, Elsevier.
- [36] E. Mirmahdi, D. Afshari (2021) *Materials Physics and Mechanics*. 47, 657-664
- [37] C. Kerr, P. Ivey (2004) *Sensor Review*, 24(4), 378-386.
- [38] A. M. Abdelrhman, L. M. Hee, M. S. Leong, S. Al-Obaidi (2014) *Advances in Mechanical Engineering*, 6, 210717.
- [39] S. Alaruri, L. Bianchini, A. Brewington, (1998) *Optics and lasers in engineering*, 30(1), 77-91.
- [40] S. Gao, C. Feng, L. Wang, D. Li (2015). *Optical Review*, 23(1), 17-25.
- [41] C. Kerr, P. Ivey (2002) *Measurement science and technology*, 13(6), 873-881
- [42] D. Ketui, F. Chi, G. Shan (2016) *Measurement*, 86, 133-140.
- [43] F. Ciampa, P. Mahmoodi, F. Pinto, M. Meo (2018) *Sensors*, 18(2), 609.
- [44] S. Boccardi, N. D. Boffa, G. M. Carlomagno, L. Maio, C. Meola, F. Ricci (2015) *Journal of Physics: Conference Series*, 6558, 12007.
- [45] P.G. Bison, F. Cernuschi, E. Grinzato, *Quantitative InfraRed Thermography Journal*, 3(2), 169-181
- [46] P. Bison, F. Cernuschi, E. Grinzato (2008) *International Journal of Thermophysics*, 29(6), 2149-2161
- [47] J.G. Sun, N. Tao (2016) *AIP Conference Proceedings*, 1706(1), 1-6.
- [48] V. Carl, G. Zenzinger (2005) *DGZfP-Berichtsband*, 58, 1-10.
- [49] C. Srajbr, S. Mehler (2013). *Thermographie Kolloquium*, 12, 1-7.
- [50] C. Srajbr (2015) *Thermographie-Kolloquium*, 13, 1-9.
- [51] M. Elmaleeh, N. Saad (2008). *Proceedings of the IEEE 2nd International Power and Energy Conference*, 1049-1054.
- [52] D., Mba, L. D. Hall (2002). *Ndt & E International*, 35(8), 529-539.
- [53] J. Błachnio (2013) *Acta Mechanica et Automatica*, 7(4) 203-208.
- [54] M. Chalimoniuk, R. Szczepanik, J. Błachnio (2013) *Journal of KONES*, 20(3), 89-96.





## ارزیابی عملکرد آزمایشگاه مجتمع صنعتی آرتاویل تایر با استفاده از کارت امتیازی

### متوازن و الزامات سیستم های مدیریت کیفیت جاری در سازمان

سلمان امام جمعه زاده<sup>۱</sup>، الهام آقاغفاری<sup>۲\*</sup>

۱- مشاور مدیر عامل در امور تکنولوژی (مجتمع صنعتی آرتاویل تایر)

۲- رئیس آزمایشگاه (مجتمع صنعتی آرتاویل تایر)

aghaghaffari@uma.ac.ir

#### چکیده

مجتمع صنعتی آرتاویل تایر به عنوان بزرگترین کارخانه لاستیک سازی شمال غرب کشور و تامین کننده یکی از قطعات خودرو در شش کیلومتری شهر اردبیل احداث و با توجه به اهمیت و نقش تولیدات داخلی در افزایش درآمد ملی و همچنین توسعه صادرات غیر نفتی و نیز به منظور نیل به خودکفایی در زمینه ساخت تایر و داشتن کیفیت جامع با بهره گیری از آخرین تکنولوژی در زمینه ساخت انواع تایر از سال ۱۳۷۶ فعالیت تولیدی خود را آغاز نمود. از آنجایی که تحولات مداوم در دنیای امروز، جهانی سازی و سهولت ارتباطات و پیدایش فن آوریهای نوین و پیشرفته، سازمانها را در فضای رقابتی بسیار پبچیده ای قرار داده است. فضایی که همزمان فرصتها و چالشها را پیش روی سازمانها قرار داده است. لذا جهت داشتن عملکرد بهتر و موفق شدن در این رقابت، نیاز به داشتن سیستم ارزیابی عملکرد سازمان بسیار حیاتی و ضروری است. و در این بین فعالیت آزمایشگاه به عنوان پشتیبان برنامه های رشد و توسعه و ایجاد فرصت های تعالی در سازمان های تحقیقاتی و صنعتی می باشد. لذا به منظور بهبود، نظام ارزیابی فعلی نیاز به توجه بیشتر به کیفیت خدمات آزمایشگاهی، فرایندهای ارائه خدمات و آموزش و یادگیری کارکنان و در نتیجه ارتقاء بهره وری مراکز آزمایشگاهی می باشد. مجتمع صنعتی آرتاویل تایر به عنوان تامین کننده یکی از قطعات خودرو لازم می باشد الزامات خاص مشتریان و خودروسازان را رعایت نماید. لذا در این پژوهش ضمن ارزیابی عملکرد آزمایشگاه مطابق با الزامات جاری بر کارخانه از روش امتیازات متوازن (BSC) نیز استفاده شد. برای چهار چشم انداز عمده روش امتیازات متوازن یعنی امور مالی، مشتری، فرایند داخلی و یادگیری و رشد، شاخص های عملکرد انتخاب و چارچوبی جهت ارزیابی عملکرد سازمان ارائه گردید. در نهایت با محاسبات انجام شده و امتیاز کسب شده مشخص شد وضعیت عملکرد آزمایشگاه مناسب می باشد.

کلمات کلیدی: ارزیابی عملکرد آزمایشگاه، کارت امتیازی متوازن، الزامات خودروساز

مقدمه

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



امروزه موضوع ارزیابی عملکرد یکی از مباحث گسترده ای است که دامنه وسیعی از رشته ها و صاحب نظران با ارایه مدل ها و چارچوب های فراوان بر آن اثرگذار بوده و گزارش ها و مقالات زیادی درباره آن نوشته شده است [۱-۳]. به منظور بررسی مدل های ارزیابی عملکرد ارائه تعریفی از آن ضروری است. ارزیابی عملکرد عبارت است از « فرایند کمی کردن کارایی و اثربخشی عملیات » [۴].

ارزیابی عملکرد ریشه های اولیه خود را در سیستم های اولیه حسابداری دارد. و در گذشته سازمان های تجاری تنها از شاخص های مالی به عنوان ابزار ارزیابی عملکرد استفاده می کردند تا اینکه کاپلن در اوایل دهه ۱۹۸۰ پس از بررسی و ارزیابی سیستم های حسابداری مدیریت، بسیاری از ناکاراییهای این اطلاعات را برای ارزیابی عملکرد سازمان ها نمایان ساختند که این ناکارایی ناشی از افزایش پیچیدگی سازمان ها، پویایی محیط و رقابت بازار بود [۵]. با شروع قرن بیستم، ماهیت سازمان ها به طور گسترده ای دچار تغییر شده و تاکنون مدل ها و الگوهای مختلفی در خصوص ارزیابی عملکرد ارائه شده اند. مدل ها و الگوهای ارزیابی عملکردی که توسط محققان مختلف تاکنون مطرح شده اند، به صورت خلاصه در جدول انشان داده شده است [۶]. در الگوهای نوین ارزیابی عملکرد، مدل های کمی مثل معیار بهره وری با رویکرد ارزش افزوده، معیار کارآمدی با رویکرد اثربخشی و کارآیی و معیار سودآوری با رویکرد حسابرسی عملکرد و مدل های کیفی، مثل معیار توصیفی و ارزشی با رویکرد تعهد سازمانی و اخلاق سازمانی و چند معیار دیگر بکار گرفته شده است. از آنجایی که مقیاس های اثربخشی، کارآیی، سود و سودآوری، بهره و بهره وری، کیفیت زندگی شغلی، خلاقیت و نوآوری و کیفیت بیشتر مورد توجه بوده لذا در این پژوهش از نظام مدیریت کیفیت ایزو و کارت امتیازی متوازن به منظور پوشش دهی این مقیاس ها استفاده شد تا چارچوب بهینه برای ارزیابی عملکرد آزمایشگاه بدست بیاید. نظام مدیریت کیفیت ایزو به چگونگی مدیریت فرآیند های موثر بر کیفیت پرداخته و الزامات را برای این موضوع تعیین می نماید که برای گرفتن گواهی نامه آن باید به نحو مقتضی کلیه این الزامات و نیازمندی ها برآورده شده باشند. مطابق این استاندارد باید به طور سیستماتیک کلیه فرآیند های موجود در سازمان شناسایی شده و اثربخشی و کارآیی آنها اندازه گیری و در نهایت تحلیل این شاخص ها منجر به بهبود فرآیندها شود [۷]. در مدل کارت امتیاز متوازن به منظور ارزیابی عملکرد هر سازمانی از یک سری شاخص های متوازن استفاده می شود که پاسخگوی چهار جنبه مالی، مشتری، فرایند داخلی و یادگیری و رشد می باشد. این روش به مدیران کمک کرده است تا بر اساس محصولات و خدمات سفارشی تر و ارزش افزون تر، کسب و کارشان را در جهت فرصت های رو به رشد و با استراتژی های جدید تنظیم کنند [۸].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

در این پژوهش بر اساس اهداف و راهبردهای استراتژیک مجتمع صنعتی آرتاویل تایر مدل و چارچوبی برای ارزیابی موثر آزمایشگاه سازمان ارائه گردید. این مدل ترکیبی از "مدل کارت امتیازی متوازن" و "الگوی ارزیابی عملکرد بر اساس استانداردهای بین المللی سیستم های مدیریت کیفیت آزمایشگاهی" می باشد. اجرای مدل پیشنهادی ضمن ارزیابی موثر عملکرد آزمایشگاهی باعث شناسایی نقاط قوت و ضعف این مراکز شده و ، یک فضای رقابتی سالم را فراهم می آورد، که باعث افزایش کارایی و اثر بخشی در ارائه خدمات و افزایش بهره وری در مراکز آزمایشگاهی می شود.

ردیف	مدل و الگو	ابعاد سنجش
۱	هرم دیپونت ( 1910 )	نسبت های مالی، نرخ بازگشت سرمایه
۲	مدیریت حسابداری و هزینه (1930)	سودآوری و بازده
۳	فعالیت مبتنی بر هزینه ( 1983 )	هزینه فعالیت ها، به ویژه تولید
۴	سنجش عملکرد مبتنی بر زمان	سنجش، کنترل و فشرده سازی زمان
۶	چرخه زمانی مبتنی بر ارزش	زمان و هزینه
۷	منحنی نیمه عمر	زمان، نرخ معیوبی ها، تحویل به موقع، زمان ورود به بازار
۸	تحلیل استراتژیک	کارایی و اثربخشی، ماهیت و نقاط قوت و رقابت، رضایت مشتری
۱۰	مدیریت کیفیت جامع	کیفیت و رضایت مشتریان
۱۱	جایز دمینگ	سیاست و خط مشی، سازماندهی، آموزش و پرورش ، جمع آوری اطلاعات خارجی، تجزیه و تحلیل، استانداردسازی، کنترل ها، تضمین کیفیت، نتایج، برنامه ریزی برای آینده
۱۲	اثربخشی، کارآیی، استاندارد سازی و رضایت مشتریان	استاندارد ISO9000



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



رهبری، برنامه ریزی استراتژیک، مشتری گرایی و بازار محوری، اطلاعات و تجزیه و تحلیل آنها، تمرکز و تاکید بر منابع انسانی، مدیریت فرایندها و نتایج مالی	جایزه مالکوم بالدريج (1987)	۱۳
نتیجه گرایی، مشتری مداری، رهبری، مدیریت مبتنی بر فرایندها، توسعه و مشارکت کارکنان، یادگیری، نوآوری و بهبود مستمر، توسعه جدول ۱. مقایسه ای از الگوها و مدل های ارزیابی عملکرد شرکتها و مسئولیت اجتماعی	تعالی سازمانی (1992)	۱۴
کارآیی، اثربخشی، کیفیت، بهره وری، کیفیت زندگی کاری، نوآوری، سودآوری	سینک و تاتل (1989)	۱۵
فاکتورهای مالی و غیر مالی، فاکتورهای داخلی و خارجی کیفیت، تحویل به موقع، زمان فرایند، هزینه، رضایت مشتری، انعطافپذیری، بهره وری، معیارهای بازار و معیارهای مالی	ماتریس عملکرد (1989)	۱۶
ارزش های سازمانی اهداف سازمانی	هرم عملکرد اسمارت (1991)	۱۷
مالی، رقابت، کیفیت، قابلیت انعطاف، بکارگیری منابع و نوآوری شاخص های کمی و کیفی قابل انتخاب کیفی، نیمه کمی و کمی قابل انتخاب هزینه، کیفیت و زمان	مدیریت بر اساس ارزش مدیریت بر اساس هدف	۱۸ ۱۹
جنبه های مالی، مشتریان، فرآیندهای داخلی، یادگیری و رشد نتایج مالی، رضایت مشتریان سنجش کارآیی واحدها	نتایج تعیین کننده (1991) تحلیل سلسله مراتبی (1970) فیشر بنچ مارکینگ	۲۰ ۲۱ ۲۲ ۲۳
کیفیت، هزینه، انعطاف پذیری، زمان، تحویل به موقع و رشد آینده کیفیت، انعطافپذیری، کاهش زمان، مالی و رضایت مشتریان رضایت ذی نفعان، استراتژی ها، فرایندها، توانمندی ها و کمک های حاصل از ذی نفعان	کارت امتیازی متوازن (1992) فرایند کسب و کار (1996) تحلیل پوششی داده ها الگوی مدوری و استیپل (2000) ارزیابی عملکرد یکپارچه (2000)	۲۴ ۲۵ ۲۶ ۲۷ ۲۸
رضایت ذی نفعان کلیدی (سهامداران) و غیر کلیدی (مشتریان) ساختارها، فرایندها، ورودها، خروجی ها، درآمدها و سایر پتانسیلها	منشور عملکرد (2001) تحلیل ذی نفعان ارزیابی یکپارچه عملکرد	۲۹ ۳۰ ۳۱



## ۱- بحث و نتایج

شاخص های ارزیابی بر اساس آنچه که در مراجع علمی، مقالات، کتب و استانداردهای بین المللی، برای ارائه خدمات مطلوب آزمایشگاهی ذکر کرده اند و با توجه به الزامات حاکم در آزمایشگاه کارخانه شامل الزامات سیستم مدیریت کیفیت برای تولیدکنندگان قطعات تولیدی و قطعات یدکی مرتبط در صنعت خودرو (IATF 16949:2016)، الزامات خاص گروه صنعتی ایران خودرو (SSRQ)، الزامات سیستم مدیریت کیفیت تامین کنندگان سازه گستر سایپا (SSQR)، استاندارد سیستم مدیریت کیفیت (ISO 9001)، استاندارد سیستم مدیریت زیست محیطی (ISO 14001)، استاندارد مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه ای (ISO 18001)، استاندارد مدیریت مصرف انرژی (ISO 50001:2018)، استاندارد ایزو رسیدگی به شکایات مشتری (ISO 10002) و رضایتمندی مشتریان (ISO 10004:2018) همچنین با در نظر گرفتن نظرات افراد خبره مشخص گردید (جدول ۲).

جهت ارزیابی وضعیت سازمان هریک از شاخص های ارایه شده توسط تیم متخصص رتبه بندی شد. در صورت مطلوب بودن وضعیت شاخص رتبه ۰، در صورت داشتن فرصت بهبود رتبه ۱ و برای عدم انطباق جزئی رتبه ۲ و عدم انطباق کلی رتبه ۳ فرض شد. برای ارزیابی عملکرد سازمانی گروه صنعتی آرتاویل تایر به کل شاخص های توافق شده، مجموع عملکرد تمام شاخص ها به دست آورده شد. نسبت این مجموع به تعداد شاخص ها، عملکرد کلی گروه صنعتی نسبت به کل شاخص های توافق شده می باشد. بنابراین با توجه به عملکرد شاخص های به دست آمده داریم:

$$70/8\% = 100 \times (17/24) = \text{عملکرد آزمایشگاه مجتمع صنعتی آرتاویل تایر}$$

با در نظر گرفتن دوره های مختلف ارزیابی می توان در هر دوره به روش فوق، عملکرد شاخص ها و عملکرد آزمایشگاه محاسبه کرد و مقدار آن را با دوره قبل مقایسه کرد، این مقایسه نشان دهنده افزایش و یا کاهش عملکرد سازمانی نسبت به دوره قبل می باشد و آرمان هر سازمانی رسیدن به عملکرد ۱۰۰ درصد می باشد. علاوه بر این عملکرد آزمایشگاه با استفاده از کارت امتیاز متوازن نیز مورد ارزیابی قرار گرفت برای این منظور از مدل تحقیق و چارچوب ارائه شده در پژوهش محمدعلیزاد و همکارانش استفاده شد و نتایج در جدول ۳ ثبت گردید [۹]. در این جدول طبق نظر تیم متخصص به هریک از شاخص ها از ۱ تا ۱۰ امتیاز داده شد، امتیاز کل سازمان از مجموع ضرب وزن زیر معیارها در امتیازات کسب شده محاسبه شد. پیشنهاد پژوهشگر در رابطه با نحوه تحلیل وضعیت سازمان به شرح زیر است.

امتیاز سازمان بیشتر از ۵۰٪: سازمان در وضعیت مناسبی است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



امتیاز سازمان کمتر از ۵۰٪ : سازمان در وضعیت نامناسبی است.

در صورتی که امتیاز سازمان کمتر از ۵۰٪ باشد، بایستی شاخص هایی که امتیاز پایین کسب کرده اند را شناسایی کرد [۱۰].

با توجه به محاسبات انجام شده امتیاز کل بدست آمده در این پژوهش ۸,۵۸ می باشد و از آنجایی که این امتیاز بیشتر از ۵۰٪ می باشد وضعیت آزمایشگاه در وضعیت مناسبی می باشد. همچنین از میان معیارهای در نظر گرفته معیار مالی از کمترین تعامل با سایر معیارها برخوردار است.

جدول ۲. معیارهای ارزیابی در مدل تحقیق

ردی	ارزیابی عوامل کلیدی موفقیت (معیارهای کلان)	مشاهدات	وضعیت			
			0	1	2	3
ف						
۱	ارزیابی میزان درآمد مالی و دارایی تجهیزات آزمایشگاه	×				
۳	ارزیابی ضریب بهره وری مالی و کارایی تجهیزات	×				
۴	ارزیابی فرایند سنجش نظرات و پاسخگویی به شکایات مشتریان	×				
۵	ارزیابی میزان رضایت مشتریان	×				
۶	ارزیابی سهم بازار و تنوع مشتریان	×				
۷	ارزیابی خط مشی، استراتژی و منشور اخلاقی و سیستم مدیریت کیفیت در آزمایشگاه	×				
۸	ارزیابی فرایند کنترل مدارک، سوابق و داده های الکترونیک	×				
۹	ارزیابی فرایند ارزیابی تامین کنندگان (خرید و انبارش) و پیمانکاران فرعی	×				
۱۰	ارزیابی فرایند شناسایی و رسیدگی به خطاها (کنترل آزمون نامنطبق)	×				
۱۱	ارزیابی فرایند ممیزی داخلی و اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه	×				
۱۲	ارزیابی نحوه بهبود مستمر فرایندهای سازمان و بازنگری مدیریت	×				
۱۳	ارزیابی فضا، تاسیسات و شرایط محیطی و بهداشت و ایمنی در آزمایشگاه	×				



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- × ۱۴ ارزیابی فرایند ارائه خدمات (پیش، حین و پس از انجام آزمون)
- × ۱۶ ارزیابی نحوه گزارش دهی نتایج آزمون
- × ۱۷ ارزیابی میزان استانداردسازی خدمات و روش های آزمون
- × ۱۸ بررسی نحوه نگهداری و کالیبراسیون تجهیزات آزمایشگاهی
- × ۱۹ بررسی نحوه تضمین کیفیت نتایج آزمون (کنترل کیفیت داخلی و خارجی)
- × ۲۰ بررسی نظام ارزیابی عملکرد و انگیزش کارکنان
- × ۲۱ ارزیابی نحوه آموزش و بهسازی نیروی انسانی
- × ۲۲ ارزیابی نحوه توسعه نوآوری و ارائه خدمات جدید (نظام پیشنهادات)
- × ۲۴ ارزیابی میزان فعالیت های شبکه ای و به اشتراک گذاری توانمندی ها غیر علمی (تجهیزات، مواد، امکانات و ...) در میان مراکز آزمایشگاهی

جدول ۳. محاسبه امتیاز آزمایشگاه مجتمع صنعتی آرتاویل تایر بر اساس روش کارت امتیازی متوازن.

امتیاز	وزن	زیرمعیارهای کارت امتیازی متوازن
۱-۱۰		
۱۰	۰/۰۲	وفاداری مشتری
۹	۰/۰۶	برآوردن نیازهای مشتری
۱۰	۰/۰۴	بقای مشتری
۱۰	۰/۰۳	رضایت مشتری
۱۰	۰/۰۷	سهم بازار

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



	جذب مشتری جدید	۰/۰۲	۹
مالی	جریان نقدی مالی	۰/۰۶	۸
	حاشیه سود	۰/۰۷	۸
رشد و یادگیری	بهبود کارایی عملکرد	۰/۰۷	۱۰
	بازگشت سرمایه	۰/۰۶	۷
	رضایت کارکنان	۰/۰۵	۹
فرایندهای داخلی	افزایش قابلیت های کارکنان	۰/۰۷	۱۰
	استفاده از ابزارها و تکنولوژی های جدید	۰/۰۴	۱۰
	بقای کارکنان	۰/۰۲	۱۰
	ساعات آموزشی طی شده	۰/۰۲	۱۰
فرایندهای داخلی	بهره وری کارکنان	۰/۰۴	۹
	به کارگیری کارکنان ماهر	۰/۰۲	۱۰
	درک نیاز مشتری	۰/۰۳	۱۰
	افزایش کیفیت محصولات	۰/۰۳	۱۰
	توسعه محصول جدید	۰/۰۴	۱۰
فرایندهای داخلی	تکنولوژی های جدید	۰/۰۳	۱۰
	کاهش دوباره کاری	۰/۰۶	۱۰

### نتیجه گیری

با ارزیابی های به عمل آمده مشخص شد آزمایشگاه مجتمع صنعتی آرتاویل تاثیر از اهداف و راهبردهای استراتژیک سازمان پشتیبانی می کند؛ میان معیارها و زیر معیارهای کارت امتیازی متوازن در ارزیابی عملکرد سازمان روابط علت و معلولی وجود دارد. از آنجایی که امتیاز کسب شده توسط آزمایشگاه مجتمع بالای ۵۰٪ می باشد وضعیت عملکرد آزمایشگاه مناسب و دارای ساختاری متوازن می باشد، که اکثر جنبه های مهم برای موفقیت مراکز آزمایشگاهی را پوشش می دهد. ضمن تاکید بر روی تحول، پویایی، بهبود مستمر و یادگیری در کارکنان برای عملکرد بهتر ایجاد انگیزه می کند و بر معیارهای مشتریان تمرکز دارد؛ علی رغم اینکه آزمایشگاه به تمام ذی نفعان اصلی (مشتریان داخلی)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



توجه دارد ولی عضو شبکه آزمایشگاهی نمی باشد. علاوه بر این آزمایشگاه باید کمیت را به همراه کیفیت خدمات در فرایند ارزیابی مورد نظر قرارداد دهد تا بهینه ترین استفاده را از دستگاه های موجود داشته باشد.

### منابع

- [1] میلاد عباسی، محمدرضا منظم، منصور شمسی پور، حسین عرب علی بیک (۱۴۰۰) نشریه بهداشت و ایمنی کار، ۴، ۶۲۷-۶۴۴.
- [2] B.Marr, G.Schiума (2003) Management Decision, 41/8, 680-687.
- [3] M. Bourne, S. Melnyk, U. S. Bititci (2018) International Journal of Operations & Production Management, 38,2010-2021.
- [4] A. D. Neely, M. Gregory, K.W. Platts (1995) International Journal of Operations & Production Management, 15 , 80-116.
- [5] R.S. Kaplan, D.P. Norton (1992) Harvard Business Review, 71-79.
- [6] F. Paul, Jim (2005) Journal of Computers in Industry 56, 663-680.
- [7] حسین غلامی، حمیدرضا نورعلیزاده (۱۳۸۱) مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی مدیریت عملکرد، تهران، جهاد دانشگاهی، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.
- [8] M. Martinsons, R. Davison, D. Tse (1999). The balanced scorecard: a foundation for the strategic management of information systems. Decision Support Systems, 25, 71-88.
- [9] ساناز محمد علیزاد سعیدی، رضا سمیع زاده، سودابه نامدار زنگنه، ارزیابی عملکرد سازمان با استفاده از کارت امتیازی متوازن، فرایند تحلیل شبکه ای و تکنیک دیماتل (۱۳۹۲) تهران، دانشگاه الزهرا.
- [10] H. Mohammadi Torkamani, A. Sharifian, M. Rostamzadeh (2012) Journal of Basic and Applied Scientific Research, 4, 3289-3293.





## تکنیک RT-PCR در تعیین کمی بیان ژن ها و کاربرد نرم افزار LinRegPCR در آنالیز داده های RT-PCR

الهه بصیرت<sup>۱</sup>، فریبا محمودی<sup>۱\*</sup>

۱- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

\* f.mahmoudi@uma.ac.ir

### چکیده

کمی سازی بیان ژنها با استفاده از روش ریل تایم PCR (RT-PCR) انجام می شود. در محاسبه نتایج حاصل از واکنش RT-PCR برای محاسبه کارایی پرایمر و کارایی PCR می توان از رسم منحنی استاندارد و نرم افزار LineRegPCR استفاده کرد. در رسم منحنی استاندارد غلظت RNA استاندارد تعیین می شود. در مرحله بعد از این نمونه استاندارد RNA چند سری رقت متوالی تهیه شده و برای این نمونه ها ریل تایم گذاشته می شود که این امر مستلزم صرف هزینه مواد می باشد. نرم افزار LineRegPCR داده های ریل تایم را بررسی نموده و به وسیله رگرسیون خطی و تخمین شیب (slope) خط رگرسیون برای هر نمونه، میزان کارایی پرایمرها و میزان کارایی PCR را محاسبه می کند. با توجه به این که هر دو روش نتایج تقریباً یکسانی بدست می آید. بنابراین، به جای روش پرهزینه رسم منحنی استاندارد می توان از نرم افزار LineRegPCR در محاسبه نتایج حاصل از واکنش RT-PCR استفاده کرد.

کلمات کلیدی: کارایی PCR، کارایی پرایمر، RT-PCR، نرم افزار LineRegPCR.



## مقدمه

اولین بار روش به کارگیری PCR برای تکثیر یک قطعه ی خاصی از DNA توسط Kerry Mullis در سال ۱۹۸۳ معرفی شد [1]. تکنیک ریل تایم پی سی آر (RT-PCR) با هدف تعیین میزان بیان ژن های موجودات زنده راه اندازی شد. تکنیک RT-PCR که PCR کمی نیز نامیده می شود، تکنیکی است که به طور گسترده در بررسی های کمی بیان ژن به کار می رود. در این تکنیک با استفاده از پرایمرهای اختصاصی، یک توالی ژن تکثیر شده و میزان محصولات تولید شده همزمان با انجام فرایند بررسی می شود [2,3]. در واقع در روش RT-PCR با به کار گرفتن یک نشانگر فلورسنت در واکنش، میزان تکثیر محصول ردیابی می گردد. این نشانگرهای فلورسنت به گونه ای طراحی می شوند که در صورت تکثیر DNA، با اتصال آن ها به DNA نور تولید کنند. بنابراین نور بیشتر برابر است با تکثیر محصول و افزایش شدت نور ثبت شده در دستگاه با میزان محصول بدست آمده نسبت مستقیم دارد [4]. در بسیاری از آزمایشگاه های تشخیصی و مولکولی، استفاده از RT-PCR کمی در حال افزایش بوده و برای PCR معمولی جایگزین خوبی است [5]. مزیت اصلی RT-PCR نسبت به PCR معمولی این است که غلظت DNA اولیه با دقت و حساسیت بالایی تعیین می گردد. دو روش کمیت مطلق و نسبی برای ارائه کمی بیان ژن وجود دارد. کمیت مطلق تعداد کپی ژن را معمولاً با ربط دادن سیگنال PCR به منحنی استاندارد محاسبه می کند [6].

در روش بیان نسبی ژن، معمولاً بیان ژن هدف در همه گروه ها نسبت به یک گروه مرجع محاسبه می گردد و میزان تغییرات آن ژن در یک نمونه نسبت به نمونه دیگر به صورت fold change (چند برابر) بیان می شود. در این روش برای حذف نوسانات مقادیر RNA وارد شده در واکنش و خطاهای دستگاه ها و افراد در این روش از ژن های رفرنس (ژن خانه دار یا ژن کنترل داخلی نیز نامیده می شود) نظیر گلیسر آلدئید ۳-فسفات دهیدروژناز (GAPDH)، بتا اکتینین و غیره به عنوان کنترل استفاده می شود. بیان این ژن های کنترل داخلی در همه نمونه ها وبافت ها ثابت می باشد و از مقایسه بیان ژن هدف با ژن کنترل داخلی می توان کاهش یا افزایش بیان ژن هدف در نمونه ها را مشخص نمود. یک روش پرکاربرد برای ارائه بیان نسبی ژن، روش CT مقایسه ای است که به آن روش  $2^{-\Delta\Delta CT}$  نیز گفته می شود [6].

برای محاسبه نتایج RT-PCR، تعیین میزان کارایی PCR (PCR Efficiency) و کارایی پرایمر دارای اهمیت می باشد. دو روش برای تعیین کارایی پرایمر و کارایی PCR مورد استفاده قرار می گیرد. روش اول استفاده از رسم منحنی استاندارد می باشد. این روش بر اساس شیب خط و با استفاده از انجام PCR با رقت های مختلف نمونه RNA است. به این ترتیب که در این روش از یک نمونه RNA با غلظت مشخص برای رسم منحنی استاندارد استفاده می شود. ابتدا غلظت RNA



استاندارد با روش اسپکتروفوتومتر تعیین می شود. در مرحله بعد از این نمونه استاندارد چند سری رقت متوالی تهیه می گردد. سپس برای این نمونه ها ریل تایم گذاشته می شود. در مرحله بعد یک نمودار استاندارد از نمونه های رقیق شده ترسیم می گردد بدین صورت که محور X میزان رقیق سازی محور Y میزان سیکل آستانه (Ct = cycle of threshold) هر نمونه می باشد. در ادامه با مقایسه Ct حاصل برای نمونه هدف با نمودار استاندارد می توان میزان کپی و یا غلظت ژن هدف را در آن نمونه محاسبه نمود. با توجه به این که روش رسم منحنی استاندارد نیازمند تهیه رقت های متوالی از نمونه ها می باشد بنابراین نیازمند صرف هزینه های بیشتر است.

روش دوم استفاده از نرم افزار linregPCR می باشد. نرم افزار LinRegPCR از سال ۲۰۰۳ و با به روز رسانی عمده در سال ۲۰۰۹ برای تجزیه و تحلیل داده های RT-PCR در دسترس بوده است [7-8]. در این روش، نرم افزار<sup>4</sup> LineRegPCR داده های ریل تایم را بررسی نموده و به وسیله رگرسیون خطی و تخمین شیب (slope) خط رگرسیون برای هر نمونه، میزان کارایی پرایمرها و میزان کارایی PCR را محاسبه می کند. در واقع خروجی این نرم افزار Cq را ارائه می دهد که معادل Ct بوده و برای بررسی میزان بیان کمی ژن ها مورد استفاده قرار می گیرد [9]. این دو روش ذکر شده نتایج مشابهی را در تعیین میزان کارایی PCR و کارایی پرایمر ارائه می دهند.

نتیجه گیری

با توجه به این که روش PCR معمولی در کمی کردن بیان ژن ها محدودیت داشت، تکنیک ریل تایم پی سی آر (RT-PCR) با هدف تعیین میزان بیان ژن های موجودات زنده راه اندازی شد. در آنالیز داده های حاصل از RT-PCR میزان کارایی PCR و کارایی پرایمر از دو روش رسم منحنی استاندارد و نرم افزار LineRegPCR استفاده می شود. در روش منحنی استاندارد، در هر بار انجام آزمایش به رقت های مختلف از نمونه RNA نیاز است که باعث استفاده زیاد مواد مصرفی می شود و هزینه انجام آزمایش ها را بالا می برد، در حالی که نرم افزار LineRegPCR داده های ریل تایم را بررسی نموده و بدون هزینه و با دقت بالا میزان کارایی PCR و کارایی پرایمر را محاسبه می کند. با توجه به این که دو روش ذکر شده نتایج مشابهی را در تعیین میزان کارایی PCR و کارایی پرایمر ارائه می دهند. در سال های اخیر به خاطر صرفه جویی در هزینه ها و بالا بردن دقت، نرم افزار LinRegPCR می تواند جایگزین مناسبی برای رسم منحنی استاندارد باشد.

منابع

- [1] K. B, Mullis, (1990) *Annales de biologie clinique* , 48, 579-582.  
[2] S. A, Bustin. (2002). *Journal of molecular endocrinology*, 29, 23-39.

<sup>4</sup> linear regression PCR



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[3] J, Huggett , K, Dheda, S Bustin, & A , Zumla. (2005) *Genes & Immunity*, 4, 279-284.

[4] C, Wittwer, (2001), *Raid Cycle Real-Time PCR Methods and Applications*, Springer, Berlin, Heidelberg, 1-8.

[5] M, Keshavarz, M. H, Karbalaie Niya, A Tavakoli, H, Keyvani & A, Kachooei Mohagheghi Yaghubi., (2017) *Journal of Inflammatory Diseases*, 3, 90-76.

[6] T. D, Schmittgen & K. J, Livak. (2008) *Nature protocols*, 6, 1101-1108.

[7] C, Ramakers, J, M Ruijter, R. H. L, Deprez & Moorman. (2003) *Neuroscience letters*, 1, 62-66.

[8] JM, Ruijter, C, Ramakers, WMH, Hoogaars, Y, Karlen, O, Bakker (2009) *Nucleic Acids Res.* 6, e45–e45.

[9] S, Pabinger, S, Rödiger, A, Kriegner, K, Vierlinger & A, Weinhäusel (2014) *Biomolecular Detection and Quantification*, 1, 23-33.



## اندازه گیری غیر مستقیم مقادیر ناچیز هیدرازین به روش تزریق در جریان پیوسته - اسپکتروفتومتری بر اساس کلر تولید شده در یک واکنشگاه برخط الکتروشیمیائی

مرضیه خلیلی<sup>۱</sup>، حبیب اله اسکندری<sup>۱\*</sup>، فاروق نصیری<sup>۱</sup>

۱- گروه شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی

heskandari@uma.ac.ir

### چکیده

هیدرازین یک عامل کاهنده قوی است که به طور گسترده در صنعت و کشاورزی استفاده می شود. هیدرازین علاوه بر واکنش پذیر و انفجاری بودن، بسیار سمی و سرطانزا می باشد و به راحتی از راه دهان، پوست و یا استنشاق جذب می شود. با توجه به کاربردهای این ترکیب همچنین تأثیرات زیست محیطی آن اندازه گیری این ترکیب مهم و با ارزش محسوب می گردد. در تحقیق پیش رو، یک سامانه تزریق در جریان پیوسته به منظور اندازه گیری سریع و ساده هیدرازین طراحی شد. اساس روش بر تولید برخط (در یک واکنشگاه الکتروشیمیائی) کلر فعال از واکنش اکسایش کلرید بر روی الکتروود فتر مانند پلاتینی استوار است. کلر تولید شده طی واکنش با یک ترکیب بای فنولی ایجاد محصول شدیدا زرد رنگ می کند که به طریق اسپکتروفتومتری قابل ردیابی است. با وارد کردن نمونه حاوی هیدرازین به این محیط طی واکنش که بین هیدرازین و کلر انجام می شود مقدار کلر کاهش یافته و لذا محصول زرد رنگ حاصل از اکسایش ترکیب بای فنولی و در نتیجه جذب نیز کاهش می یابد. میزان کاهش جذب که به صورت یک پیک معکوس ظاهر می گردد، متناسب با مقدار هیدرازین موجود در نمونه وارد شده می باشد. بهینه کردن شرایط اندازه گیری به روش یک متغیر در هر بار صورت گرفت. با این روش و در شرایط بهینه، اندازه گیری هیدرازین در محدوده خطی ۰/۳ تا ۲۵ میکرو مولار محقق شده است. همچنین بررسی اثرات گونه های افزوده شده نشان داد که روش از گزینش پذیری مناسبی برخوردار بود. تکرار پذیری، صحت و تکثیر پذیری روش مورد بررسی قرار گرفت و روش با موفقیت به منظور اندازه گیری هیدرازین در نمونه های آب و خاک، همچنین اندازه گیری ایزونیازید در نمونه های دارویی صورت گرفت. کلمات کلیدی: واکنشگاه الکتروشیمیائی برخط، اندازه گیری هیدرازین، بای فنول، اسپکتروفتومتری.



## ۱- مقدمه

هیدرازین یک عامل کاهنده قوی است که به طور گسترده در صنعت و کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد. این ماده به عنوان عامل بازدارنده خوردگی دردیگ های بخار، به عنوان واکنش دهنده در پیل های سوختی نظامی و راکت موشک استفاده می گردد. همچنین از هیدرازین در تهیه آنتی اکسیدان ها، کاتالیزورها، آفت کش ها، داروها، عوامل پف کننده در ساخت پلاستیک ها و به عنوان واکنشگر تجزیه ای دارای کاربرد در قندها و ترکیبات کربونیلی استفاده می شود. هیدرازین علاوه برواکنش پذیر و انفجاری بودن، بسیار سمی و سرطانزاست و ممکن است به راحتی از راه دهان، پوست و استنشاق جذب شود. ریه ها، کبد، کلیه ها و سیستم عصب مرکزی موجودات زنده در صورت استنشاق و یا وارد شدن هیدرازین به پوست، می تواند آسیب ببینند. از این رو تشخیص و تعیین هیدرازین در مواد و محیط های صنعتی و محیط زیست از اهمیت بسیاری برخوردار است [۱ و ۲].

تکنیک های آشکارسازی مختلفی از جمله اسپکتروفتومتری، اسپکتروفلوریمتری، کولومتری، ولتامتری، پتانسیومتری و کروماتوگرافی گازی برای تعیین هیدرازین بر اساس ویژگی های پایه و یا تاثیرات کاهنده آن پیشنهاد شده اند که روش های اسپکتروفتومتری برای تعیین هیدرازین در غلظت های پایین از ارزش خاصی برخوردار می باشند. همراه کردن روش های اسپکتروفتومتری با روش های تزریق در جریان پیوسته به منظور اندازه گیری هیدرازین از ارزشمندی خاصی برخوردار می باشد. در تحقیق پیش رو، یک روش حساس و سریع به منظور تعیین هیدرازین با استفاده از یک واکنشگر بای فنولی پیشنهاد شده است که از تولید کلر فعال به صورت برخط در مسیر محلول های جاری مورد استفاده، کمک گرفته است [۳].

## ۲- بخش تجربی

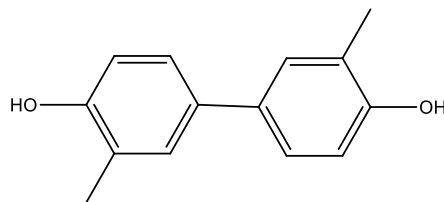
### ۲-۱- سنتز ترکیب بای فنولی

۰/۵ میلی مول اورتو-تولیدین در ۱۸ میلی لیتر اسید سولفوریک ۵۰ درصد (وزنی/وزنی) حل شد و داخل یک بالن ته گرد ۱۰۰ میلی لیتری در یک حمام یخ با دمای صفر درجه سانتیگراد قرار گرفت. سپس به آن، ۰/۵ میلی مول سدیم نیتريت (حل شده در ۱ میلی لیتر آب مقطر) به صورت قطره قطره افزوده شد و محلول به مدت نیم ساعت هم زده شد. در یک بالن دیگر، ۵۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۲۰ درصد در حمام روغن قرار گرفت تا به دمای جوش برسد. محتوای بالن اول (حاوی نمک دی آزونیوم) به صورت قطره قطره به محتوای بالن دوم افزوده شد و مخلوط به مدت یک ساعت رفلکس شد. فاز آلی از مخلوط جداسازی شد و دو مرتبه با اتیل استات (هر بار ۵ میلی لیتر)، یک مرتبه بار با آب و یک مرتبه با آب نمک اشباع شستشو داده شد. سپس، با استفاده از منیزیم سولفات خشک شد. در مرحله بعد، محصول





خشک شده تقطیر در خلا شد. محصول نهایی به صورت پودر خشک به رنگ کرمی-قهوه ای رنگ به دست آمد [۴].  
برای شناسایی آن، از روش های طیف سنجی مادون قرمز و رزونانس مغناطیسی هسته پروتون کمک گرفته شد.



شکل ۱. ترکیب بای فنولی تهیه شده

## ۲-۲- روش اندازه گیری و دستگاهوری استفاده شده

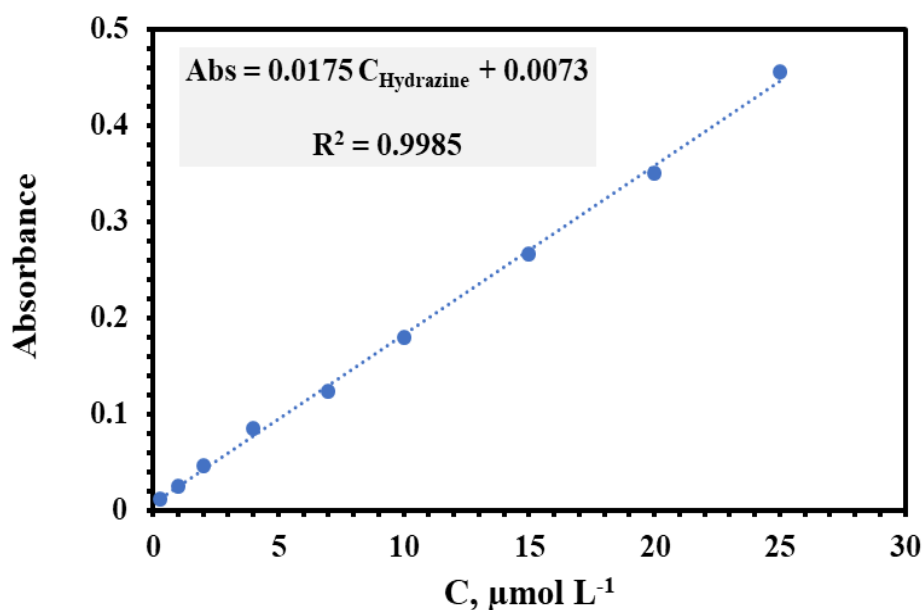
دستگاه تزریق در جریان پیوسته به این صورت طراحی شد که: یک پمپ مالشی چهار کاناله سه محلول را برای تجزیه شیمیائی پمپ می کند. محلول اول صرفا آب مقطر است که نمونه حاوی هیدرازین به حجم ۱۰۰ میکرولیتر (با استفاده از یک شیر تزریق دو وضعیتی-شش راهه) به داخل آن وارد می شود. محلول دوم پمپ شده دارای سدیم کلرید ۰/۵ مولار است که از درون یک لوله شیشه ای با قطر داخلی ۲ میلی متر که الکتروود پلاتین در آن قرار گرفته است، عبور می کند تا در جریان الکتریکی ۱ میلی آمپر کلر فعال لازم را تولید کند. محلول سوم حاوی ترکیب بای فنولی با غلظت ۱۰۰ میکرومولار است که در اسیدکلیدریک با غلظت ۷ میلی مولار حل شده است. در سه راهی اول، محلول اول و دوم با یکدیگر مخلوط می شوند که در پی آن کلر فعال باقیمانده به سه راهی دوم می رسد که با محلول سوم مخلوط می شود تا محصول زرد رنگ را تولید کند. محصول زرد رنگ در ادامه به سل جاری اسپکتروفتومتری با حجم ۳۰ میکرولیتر و عرض عبوری نوری ۱۰ میلی متر وارد می شود. اسپکتروفتومتر جذب را بر حسب زمان با استفاده از حداقل (اینترفیس) بر روی مونیتر کامپیوتر قابل دیدن و در رایانه قابل ذخیره کردن و اندازه گیری می کند. پیک معکوس به دست آمده بعد از هر بار تزریق نمونه حاوی هیدرازین، به عنوان پاسخ تجزیه ای در نظر گرفته می شود.

## ۳- نتایج و بحث



۴' و ۴- بای فنول از دسته ترکیبات الکتروفعال محسوب می گردد که مورد مطالعه الکترو شیمیایی قرار گرفته است. این ترکیب طی یک فرآیند اکسایش دو الکترونی، دو پروتون نیز از دست می دهد. به همین دلیل رفتار اکسایش-کاهش الکترودی این ترکیب به شدت تحت تاثیر pH محلول قرار می گیرد [۵]. این ترکیب به عنوان یک واسطه در بسیاری از مواقع مورد استفاده قرار می گیرد. در تحقیق پیش رو از یکی از مشتقات این ترکیب که به عنوان یک گونه واسطه استفاده نشده است، بلکه به عنوان گونه ای که اکسید می گردد و محصول به روش اسپکتروفتومتری قابل ردیابی است، مورد استفاده قرار گرفته است.

پس از بهینه کردن شرائطی همچون غلظت های ترکیب بای فنولی، سدیم کلرید و اسید کلریدریک، و جریان اکسایش و پارامترهای مربوط به دستگاهوری تزریق در جریان پیوسته، منحنی کالیبراسیون برای هیدرازین به دست آمد. منحنی کالیبراسیون در شکل ۲ همراه با ویژگی های آن در جدول ۱ نمایش داده شده است. به منظور بررسی صحت و دقت روش ، ۲ غلظت متفاوت از هیدرازین در محدوده منحنی کالیبراسیون انتخاب شدند. سپس برای هر کدام از غلظت های انتخاب شده به تعداد ۸ مرتبه اندازه گیری انجام شد. از روی نتایج بدست آمده میزان بازبایی و انحراف استاندارد نسبی محاسبه گردید که در جدول ۱ آورده شده است.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲. منحنی کالیبراسیون برای اندازه گیری هیدرازین در محدوده خطی ۲۵-۰/۳ میکرومولار

### جدول ۱. دقت و صحت روش اندازه گیری هیدرازین

غلظت موجود (میکرومولار)	میانگین به دست آمده	درصد انحراف استاندارد نسبی	درصد بازیابی
۲/۰۰	۲/۰۱	۸/۴	۱۰۰/۵
۲۰/۰	۱۹/۶	۱/۶	۹۸/۰

به منظور بررسی تاثیر گونه های مختلف بر اندازه گیری هیدرازین با غلظت ۵ میکرومولار، انواع کاتیون ها، آنیون ها، ترکیبات آلی و اسید های آمینه در تعیین ۵ میکرومولار مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج این مطالعه در جدول ۲ آورده شده اند.





## جدول ۲. بررسی اثر گونه های خارجی بروی اندازه گیری هیدرازین

حد مزاحمت	گونه های مورد بررسی
۲۰۰ برابر مزاحم نیست	Mg(II), Ni(II), Ca(II), Cu(II), Cr(III), Na(I), Cl <sup>-</sup> , EDTA ساکارز، گلوکز، سیترات، فسفات
۲۰۰ برابر مزاحم است	Al(III), Co(II) تارتارات، لاکتات، اتانول، استات
۱۰۰ برابر مزاحم است	Br <sup>-</sup> , Zn(II), Fe(III)
۲۵ برابر مزاحم است	آمونیاک، گلیسین، والین

### نتیجه گیری

در این تحقیق اورتو-تولیدین به عنوان ماده اولیه طی یک واکنش مناسب به مشتق بای فنولی خود تبدیل شد. از این ترکیب بهره برده شد و در یک سامانه تزریق در جریان پیوسته به منظور اندازه گیری سریع و ساده هیدرازین در مقادیر ناچیز استفاده شد. در روش ارائه شده از یک تکنیک الکتروشیمیائی کلر به صورت برخط استفاده می کند که طی آن هیدرازین به صورت غیرمستقیم اندازه گیری شده است. روش ارائه شده دارای یک محدوده وسیع خطی بوده و گزینش پذیری مناسب به منظور اندازه گیری هیدرازین از خود نشان داده است. با ایجاد روش ابتکاری ارائه شده، مزایائی همچون سادگی، تکرار پذیری و صحت مناسب، و تجزیه تعداد زیاد نمونه در مدت زمان کم میسر شده است.

### تقدیر و تشکر

بدینوسیله مولفین قدردانی خود را از مسئولین پژوهشی دانشکده علوم و دانشگاه محقق اردبیلی که در تمام مراحل این پژوهش از حمایت های مالی و معنوی آنان بهره گرفته شده است، اعلام می نمایند.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### منابع

- [۱] M. George, K. S. Nagaraja, N. Balasubramanian (2008) *Talanta*, 75, 27-31.
- [۲] L. Lauko, R. Hudec, K. Lenghartova, A. Manova, F. Cacho, E. Beinrohr, (2015) *Polish Journal of Environmental Studies*, 24, 1659-1666.
- [۳] A. A. Ensafi, B. Naderi (1997) *Microchemical Journal*, 56, 269-275.
- [۴] H. Sugiura, T. Yusuke, M. Yamaguchi (2005) *Journal of Organic Chemistry*, 70, 5698-5708.
- [۵] H. Shayani-Jam, D. Nematollahi (2011) *Electrochimica Acta*, 56, 9311-9316.



## طراحی و ساخت یک واکنشگاه الکتروشیمیایی برای تولید برخط کلر فعال به منظور استفاده در روش تزریق در جریان پیوسته

مرضیه خلیلی<sup>۱</sup>، حبیب اله اسکندری<sup>۱\*</sup>

۱- گروه شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی

heskandari@uma.ac.ir

### چکیده

روش تجزیه ای تزریق در جریان پیوسته به عنوان یک تکنیک قدرتمند حمل مواد شیمیایی لازم به منظور اهداف تجزیه ای جایگاه خود را یافته است. این تکنیک با طیف وسیعی از سامانه ها و ادوات تکمیل کننده سازگار شده است. روش و دستگاهوری تزریق در جریان پیوسته، مزایای متعددی در مقایسه با روش های مرسوم تجزیه در ظروف معمول آزمایشگاهی و به شیوه ایستا دارد، به گونه ای که آن را برای رفع نیازهای آزمایشگاهی انتخاب اول ساخته است. مزایای این تکنیک قدرت انطباق پذیری، دقت، سرعت، حساسیت بالا، حذف یا کاهش دخالت تجزیه گر و هزینه کم تجزیه شیمیایی می باشد. کلر فعال علاوه بر استفاده های روزمره مختلف در زندگی بشر، یک واکنشگر اکسید کننده فعال و ارزشمند در تجزیه شیمیایی محسوب می گردد. به دلیل ناپایداری محلول های آبی کلر فعال در غلظت های کم، عملاً تهیه محلول های استاندارد از آن ها به منظور استفاده های تجزیه ای غیر ممکن می باشد. لذا لزوم تهیه (تولید) این معرف ها در لحظه و استفاده سریع از آن ها به طور وسیعی احساس می شود. در صورت محقق شدن این هدف، امکان استفاده از معرف کلر فعال در فرایندهای تجزیه ای که به کمک تکنیک تزریق در جریان پیوسته انجام می شود، میسر می شود. در این تحقیق جزئیات یک سامانه واکنشگاه الکتروشیمیایی بر خط معرفی می گردد که به منظور تولید کلر در یک سامانه تزریق در جریان پیوسته قابل استفاده است. این سامانه الکتروشیمیایی دارای دو الکترود پلاتینی به صورت سیم پیچ به منظور انجام فرایند اکسایش یون کلرید می باشد. با اعمال پتانسیل کنترل شده با استفاده از یک پتانسیواستات، می توان جریان الکتریکی را کنترل کرده و غلظت مناسب از کلر فعال را به صورت برخط تولید نمود. کلمات کلیدی: واکنشگاه الکتروشیمیایی برخط، تزریق در جریان پیوسته، تولید برخط کلر فعال.





## ۱- مقدمه

مفهوم سیستم تزریق در جریان پیوسته برای اولین بار در سال ۱۹۷۵ توسط روزیکا و هانسن ابداع شد. روش تزریق در جریان پیوسته به عنوان یک تکنیک قدرتمند به منظور تحویل دادن واکنشگرها برای تجزیه که با طیف وسیعی از سامانه های آشکارسازی سازگار است، شناخته شده است. مزایای متعددی در مقایسه با سایر روش های مرسوم تجزیه شیمیائی برای روش تزریق در جریان پیوسته ذکر شده است [۱]. روش تزریق در جریان پیوسته ذاتا به صورت بر خط بوده و با طراحی مناسب امکان جداسازی و یا پیش تغلیظ را دارد. همچنین در حین تجزیه شیمیائی اندازه گیری پاسخ تجزیه ای با استفاده از آشکارسازهای با سرعت عمل بالا و به صورت نمایش بر حسب زمان انجام می شود. علاوه بر این، حجم کاملا مشخص و اندکی از نمونه های مورد تجزیه مصرف می شوند. این ویژگی به خصوص در تجزیه شیمیائی نمونه هایی که محدودیت حجم دارند، از اهمیت خاصی برخوردار است [۲]. امکان خودکار کردن تجزیه شیمیائی نیز بر اهمیت روش تجزیه ای تزریق در جریان پیوسته، افزوده است.

## ۲- بخش تجربی

### دستگاهوری استفاده شده

سیستم تزریق در جریان پیوسته مورد استفاده در شکل ۱ آورده شده است. سه محلول متفاوت که برای کنترل کارکرد سامانه طراحی شده مورد استفاده قرار گرفتند، به وسیله یک پمپ مالشی چهار کاناله پمپ شدند. محلول اول صرفا آب مقطر است که می تواند برای وارد کردن هر گونه مناسبی مورد استفاده قرار گیرد (وارد کردن گونه شیمیائی مورد نظر از طریق یک شیر تزریق دو وضعیتی-شش راهه صورت می گیرد). محلول دوم که هم اکسایش و هم احیا (با استفاده از دو مسیر که به وسیله پمپ مالشی مکش می شود) بر روی آن انجام می شود، حاوی سدیم کلرید ۰/۵ مولار است که از درون یک سامانه شیشه ای (با قطر داخلی ۲ میلی متر که مجهز به دو الکتروود سیم پیچ شده پلاتینی به طول های ۲۵ سانتی متر و قطر ۰/۲ میلی متر می باشد) متصل به یک پتانسیواستات (به منظور ایجاد جریان الکتریکی مناسب و ثابت) جاری میگردد. قلب این سامانه الکتروشیمیائی برخط در شکل ۲ آورده شده است. محلول سوم حاوی یک ترکیب بای فنولی است که طی واکنش با کلر (تولید شده بوسیله سامانه الکتروشیمیائی برخط) یک محصول زردرنگ تولید می کند که جذب آن با زمان به وسیله یک دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری و ثبت می گردد. محصول زرد رنگ به سل جاری اسپکتروفتومتری با حجم ۳۰ میکرولیتر و عرض عبوری نوری ۱۰ میلی متر وارد می شود. اسپکتروفتومتر جذب را برحسب زمان اندازه گیری کرده و با اتصال به حدفاصل (اینترفیس)، بر روی مونیتر کامپیوتر قابل دیدن و در رایانه قابل ذخیره کردن می کند.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

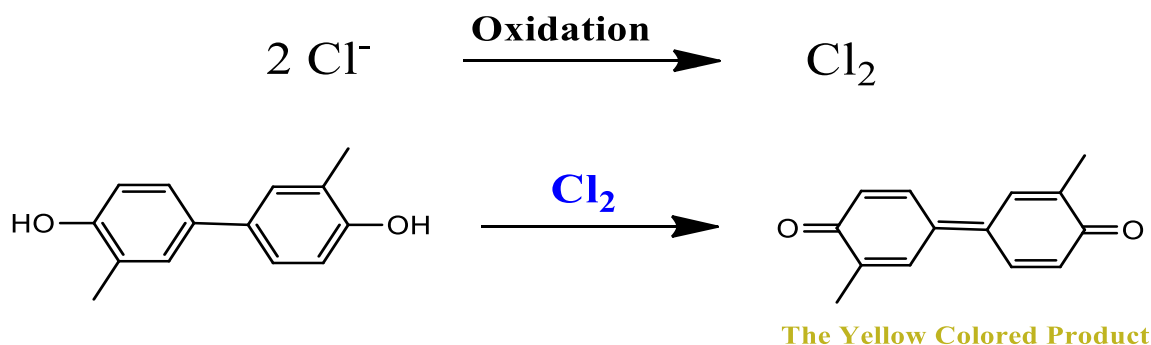
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



دارای غلظت کنترل پذیر باشند. لذا می بایست در صورت نیاز به واکنشگرهای نه چندان پایدار، به هر صورت از صحت کارکرد آن ها در واکنش مورد نظر اطمینان حاصل کرد [۳]. در تحقیق انجام شده، در بازوی آنودی سامانه الکتروشیمیایی ساخته شده، یون کلرید به صورت تکرارپذیر و مداوم به کلر فعال اکسید می گردد. این محصول اکسایشی ایجاد شده سپس در مسیر لازم در سامانه تزریق در جریان پیوسته، باعث اکسایش ترکیب بای فنولی به ترکیب زردرنگ می شود. فرایند اکسایش کلرید به کلر فعال، و فرایند اکسایش ترکیب بای فنولی به وسیله اکسند کلر فعال در شکل ۳ آورده شده است. در شکل ۴ نیز منحنی های جذب (مربوط به محصول زردرنگ) بر حسب زمان در شدت جریان های الکتریکی مختلف آورده شده اند. بر روی الکترود پلاتین بازوی کاتدی نیز احیاء آب واکنش الکتروشیمیایی ممکن می باشد که البته حاصل این فرایند اهمیتی نداشته و به فاضلاب هدایت می گردد.



شکل ۳. واکنش های اکسایش رخ داده به ترتیب در واکنشگاه برخط و در سامانه تزریق جریان پیوسته



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

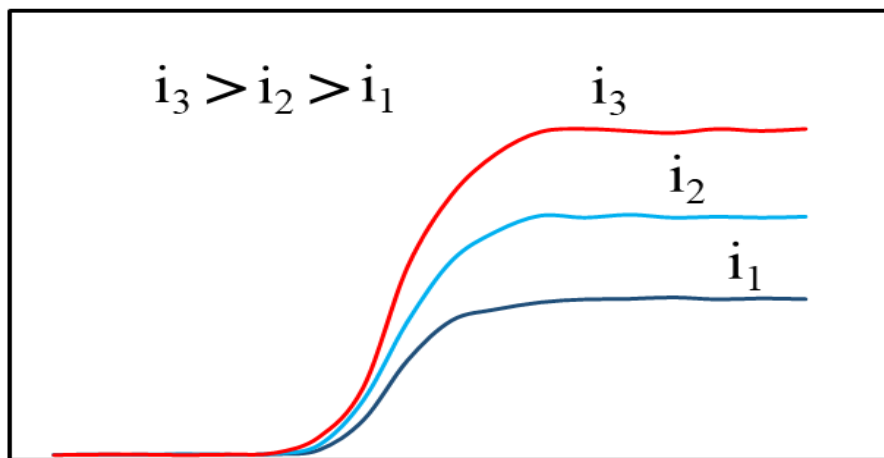
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



Absorbance



Time

شکل ۴. جذب به دست آمده با زمان، حاصل از اکسایش ترکیب بای فنولی در جریان های الکتریکی مختلف

نتیجه گیری

طی یک طراحی ساده و کم هزینه، یک واکنشگاه الکتروشیمیایی برخط به منظور تولید در لحظه کلر ساخته شد. طراحی صورت گرفته به گونه ای است که می تواند با میزان جریان های مرسوم در روش تزریق در جریان پیوسته همراه شده و با کارائی بالا با هر نوع تغییر در طراحی سامانه تزریق در جریان پیوسته سازگار باشد. با اعمال پتانسیل کنترل شده بر روی بازوی آنودی از طریق یک پتانسیواستات، مقدار جریان های متفاوت (ولی ثابت) در محدوده میکروآمپر تا میلی آمپر نه فقط برای تولید کلر بلکه به منظور تولید دیگر گونه های اکسنده ناپایدار اعمال شود. گر چه در این تحقیق صرفا از محصول کلر تولید شده در بازوی آنودی سامانه صحبت شده است اما می توان از بازوی کاتدی این سامانه واکنشگاهی به منظور تولید گونه های کاهنده ناپایدار نیز بهره برد. به هر حال به نظر می رسد همراه کردن این سامانه واکنشگاهی الکتروشیمیایی برخط، انعطاف پذیری روش تزریق در جریان پیوسته را به شدت افزایش داده و سبب شود که مزایای این همراهی، مجموعه ای از مزایای هر دو روش به صورت منفرد باشد.

تقدیر و تشکر

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مؤلفین قدردانی خود را از مسئولین پژوهشی دانشکده علوم و دانشگاه محقق اردبیلی که در تمام مراحل این پژوهش از حمایت های مالی و معنوی آنان بهره گرفته شده است، اعلام می نمایند.

#### منابع

- [۱] W. Qin (2002) *Analytical Letters*, 35, 2207-2220.
- [۲] C. Ruiz-Capillas, F. Jimenez-Colmenero (2009) *Food Chemistry*, 112, 487-493.
- [۳] Z. J. Zhang, B. X. Li, X. W. Zheng (2003) *Chinese Journal of Chemistry*, 21, 1403-1409.



## تزریق در جریان پیوسته- اسپکتروفلوریمتری بر پایه یک واکنش فتوشیمیایی به منظور اندازه گیری آیوهگزول

مریم همتی سیاه لرز<sup>۱</sup>، حبیب اله اسکندری<sup>۱\*</sup>، مریم خوشکام<sup>۱</sup>

۱- گروه شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی

heskandari@uma.ac.ir

### چکیده

یکی از این مواد حاجب یددار، آیوهگزول می باشد که به طور وسیعی مورد استفاده قرار می گیرد. در تحقیق انجام شده، یک واکنشگاه برخط نور فوق بنفش سبب شد که واکنش فتوشیمیایی مناسبی بر روی آیوهگزول اتفاق بیفتد و محصول شدیداً فلورسانس کننده ای حاصل شود. با تزریق حجم کمی از نمونه آبی حاوی آیوهگزول به درون سیستم تزریق در جریان پیوسته و در پی آن واکنش فتوشیمیایی مورد نظر، فلورسانس ایجاد شده سنجش شد. مقدار فلورسانس به دست آمده، معیاری از مقدار آیوهگزول در نمونه های آبی تجزیه شده، بوده است. پارامترهای موثر بر این اندازه گیری مورد بررسی قرار گرفتند و بهینه سازی صورت گرفت. سپس منحنی کالیبراسیون به دست آمد. روش در محدوده غلظتی ۵ تا ۳۲۰۰ نانومولار برای آیوهگزول پاسخ خطی ایجاد کرده است. گزینش پذیری و تکرار پذیری روش نیز مورد بررسی قرار گرفت که نشان از ارزشمندی روش ابداع شده داشت.

کلمات کلیدی: آیوهگزول، فتولیز با نور فوق بنفش، تزریق در جریان پیوسته، اندازه گیری اسپکتروفلوریمتری



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۱- مقدمه

مواد حاجب یددار به طور گسترده ای برای افزایش قابلیت تصویربرداری بافت های نرم (مانند اندام ها، وریدها و عروق خونی) در تشخیص های بالینی استفاده می شود. کاربردهای گسترده طبی این مواد، عدم نابودی صحیح آن ها (به منظور خارج کردن مواد تاریخ مصرف گذشته) و حوادث، سبب نشت این مواد به محیط زیست می گردد. این مواد به گونه ای طراحی شده اند که از نظر شیمیایی بی اثر باشند و به صورت غیر متابولیزه شده در ادرار در عرض ۲۴ ساعت دفع شوند. در نتیجه، این مواد شیمیایی به دلیل پایداری بیوشیمیایی بالا و خواص آب دوستی، در محیط طبیعی آبی بسیار پایدار و در برابر اکثر فرآیندهای زیست شناختی و شیمیایی تصفیه فاضلاب بسیار مقاوم می باشند. علیرغم این ویژگی ها، این مواد در مقابل نور فوق بنفش و تا حد کمی نور مرئی حساس بوده و در محیط تحت اثر نور تخریب می گردد و گونه های یددار ایجاد می کند. به مرور با آزاد شدن ید از این گونه ها و واکنش جانبی دیگر، ترکیبات مسموم کننده و مضر یدو آلکان و یدومتان ایجاد می شوند. عمده اثرات مضر زیستی مربوط به نشر مواد حاجب یددار، به دلیل ایجاد همین ترکیبات یددار آخری می باشند. مواد حاجب یددار، عامل ورود بیش از ۹۰ درصد از ید آلی موجود در فاضلاب و آب های سطحی می باشند [۱]. کاربردهای گسترده و نشت آسان مواد حاجب یددار به محیط، نیاز مبرم به سنجش کارآمد آن ها را سبب شده است. به منظور اندازه گیری این مواد در نمونه های داروئی، محیط زیستی و زیست شناختی از روش های پر هزینه و دقیقی همچون کروماتوگرافی مایع با کارائی بالا-طیف سنجی جرمی و کروماتوگرافی یونی-پلاسمای جفت شده القائی-طیف سنجی جرمی کمک گرفته می شود. به دلیل خصوصیات ساختاری این مواد، روش های اندازه گیری معدودی ابداع شده اند [۲].

روش تزریق در جریان پیوسته، طی دهه ها به خوبی توسعه پیدا کرده، رشد نموده و با روش عمل آوری برخط و روش های آشکارسازی مختلف جفت شده است. در این روش معمولا از یک پمپ مالشی (پمپ پرستالتیک یا سرنگی) استفاده می شود تا محلول های مختلف در شیلنگ های مربوطه جاری شوند [۳]. سپس تزریق حجم کمی از نمونه حاوی آنالیت از طریق یک شیر تزریق جریان یافته و بسته به طراحی لازم، با محلول های جاری دیگر مخلوط شده و یا واکنش می دهد. در نهایت، محلول نهایی وارد یک سامانه آشکارسازی مناسب شده و پاسخ تجزیه ای مناسب که متناسب با غلظت آنالیت تزریق شده است، ایجاد می گردد. یکی از ضمائم این دستگاه (بسته به سیستم طراحی شده) می تواند یک واکنشگاه فتوشیمیایی باشد که واکنش مناسب را بر روی آنالیت جاری به صورت برخط به انجام می رساند. در تحقیق انجام شده، یک واکنشگاه فتوشیمیایی برخط که از پیچاندن شیلنگ تفلونی به دور یک لامپ استوانه ای فشار کم جیوه (به منظور تابش نور فوق بنفش) ایجاد شده است، سبب شد که واکنش فتوشیمیایی مناسب بر روی

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



آیوهگزول اتفاق افتاده و یک محصول دارای فلورسانس حاصل شود. با تزریق حجم کمی از نمونه آبی حاوی آیوهگزول به درون سیستم تزریق در جریان پیوسته و در پی آن واکنش فتوشیمیائی مورد نظر، فلورسانس ایجاد شده به وسیله یک اسپکتروفلوریمتر مجهز به نمونه گیر جاری سنجش شد. مقدار فلورسانس اندازه گیری شده، به عنوان معیاری از مقدار آیوهگزول در نمونه های آبی در نظر گرفته شد.

#### ۲- بخش تجربی و دستگاهوری

یک پمپ مالشی با دو کانال فعال مورد استفاده قرار گرفت. کانال اول حاوی آب مقطر می باشد. در مسیر آب مقطر، یک شیر تزریق ۶ کاناله- دو وضعیتی قرار گرفته است که ۵۰۰ میکرولیتر از نمونه حاوی آیوهگزول را وارد آن می کند. کانال دوم یک محلول آبی حاوی سود ۰/۳ مولار و آمونیاک ۰/۱ مولار می باشد. در یک سه راهی محلول های مربوط به کانال اول و دوم مخلوط شده و وارد یک واکنشگاه برخط نور فوق بنفش می گردند. سامانه فتولیز واکنشگاه (حاوی لامپ جیوه فشار کم با توان ۶ وات، شیلنگ به طول ۱۲۰ سانتی متر و قطر داخلی ۱/۵ میلی متر از جنس تفلون)، پس از انجام واکنش فتوشیمیائی مناسب بر روی آیوهگزول به صورت برخط، محلول حاصل را وارد اسپکتروفلوریمتر (طول موج تهییجی و نثری به ترتیب ۳۴۰ و ۴۴۰ نانومتر می باشند) دارای نمونه گیر جاری کوارتزی می کند تا فلورسانس ایجاد شده سنجش شود.

#### ۳- بحث و نتایج

بهینه سازی پارامترهای تاثیر گذار مختلف همچون غلظت های سود و آمونیاک (شکل های ۱ و ۲)، حجم تزریق، میزان جریان، طول لوله تفلونی واکنشگاه، دما و قدرت یونی انجام شد. در شرایط بهینه منحنی های کالیبراسیون (شکل های ۳ و ۴) به دست آمدند. نتایج بررسی تکرارپذیری روش نیز در جدول ۱ آورده شده است.

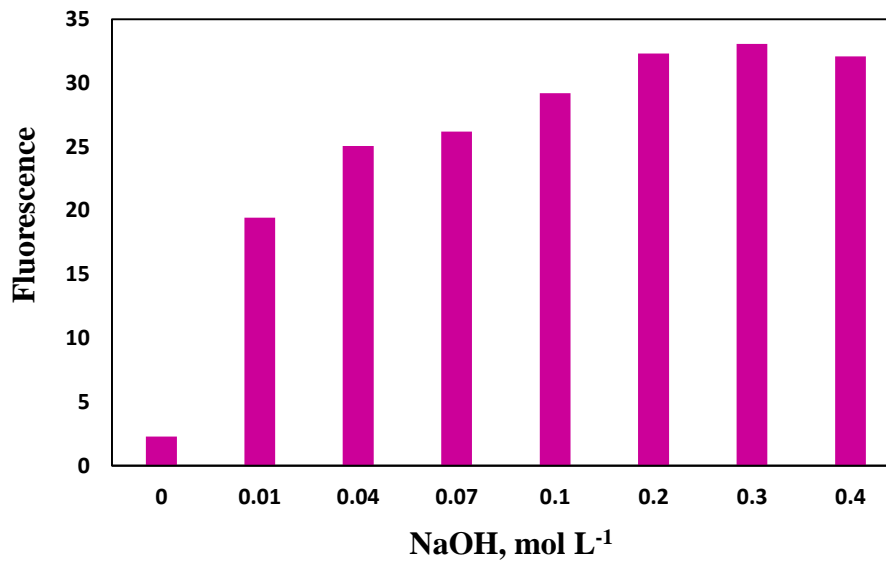
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

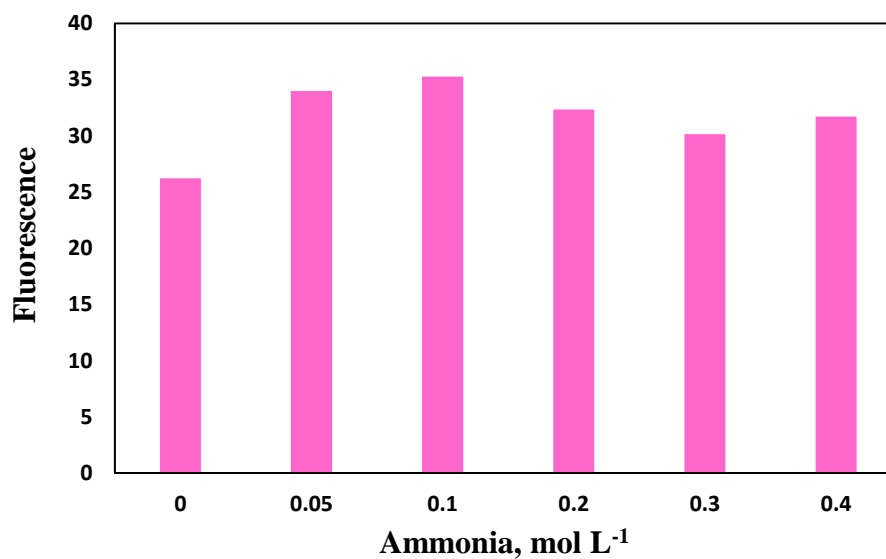
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱. بهینه سازی غلظت سود



شکل ۲. بهینه سازی غلظت آمونیاک



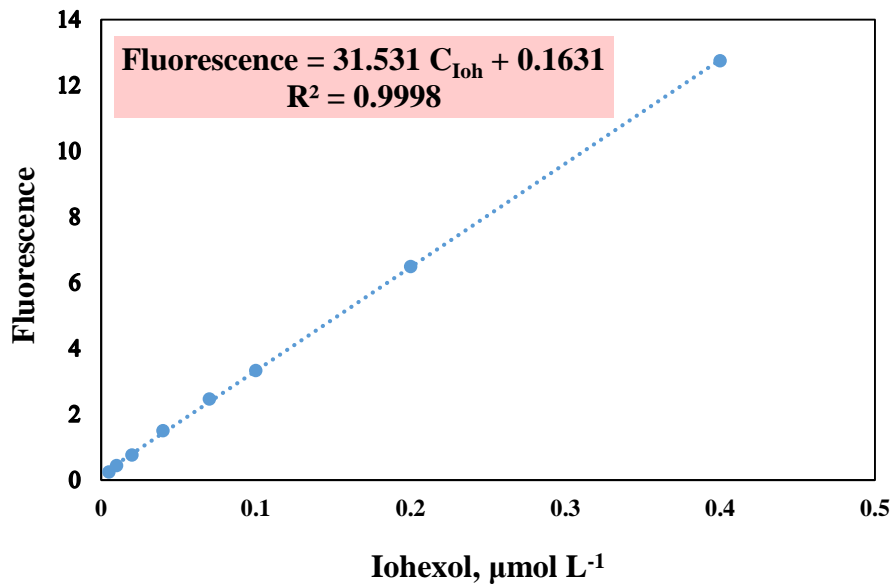


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

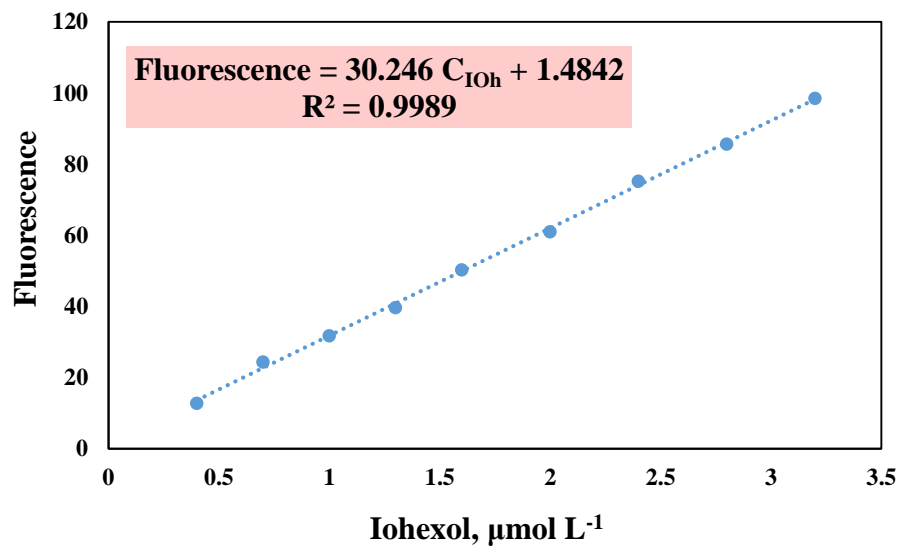
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳. منحنی کالیبراسیون اول برای آیوهگزول



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

شکل ۴. منحنی کالیبراسیون دوم برای آیوهگزول

جدول ۱. بررسی تکرارپذیری روش اندازه گیری آیوهگزول

غلظت موجود	غلظت به دست آمده	انحراف استاندارد	درصد بازبایی
۰/۰۴۰۰ میکرومولار	۰/۰۴۰۹	۰/۰۰۱۹	۱۰۲/۳
۲/۸ میکرومولار	۲/۸۸	۰/۰۵۸	۱۰۲/۹

### نتیجه گیری

در روش مبتنی بر واکنش فتوشیمیائی ارائه شده، شدت فلورسانس به دست آمده، معیاری از مقدار آیوهگزول در نمونه های آبی تجزیه شده، بوده است. پارامترهای موثر بر اندازه گیری آیوهگزول مورد بررسی قرار گرفتند و بهینه سازی برای دست یابی به بیشترین میزان حساسیت صورت گرفت. موثرترین پارامترهای تاثیرگذار، غلظت های سود و آمونیاک، و حجم تزریق، میزان جریان و طول لوله تفلونی واکنشگاه بودند. همچنین مشخص شد که دما و قدرت یونی تاثیر بر حساسیت روش اندازه گیری نداشته اند. با توجه به منحنی کالیبراسیون به دست آمده، اندازه گیری آیوهگزول به روش ارائه شده در محدوده غلظتی ۵ تا ۳۲۰۰ نانومولار دارای پاسخ خطی بوده است. گزینش پذیری و تکرار پذیری روش نیز مورد بررسی قرار گرفت که نشان از ارزشمندی روش ابداع شده داشت.

### تقدیر و تشکر

بدینوسیله مولفین قدردانی خود را از مسئولین پژوهشی دانشکده علوم و دانشگاه محقق اردبیلی که در تمام مراحل این پژوهش از حمایت های مالی و معنوی آنان بهره گرفته شده است، اعلام می نمایند.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



#### منابع

- [۱] H. Liu, Q. Yu, H. Fu, Y. Wan, X. Qu, Z. Xu, D. Yin, S. Zheng (2018) *Applied Catalysis B: Environmental*, 222, 67-175.
- [۲] S. S. Kabirhashemi, H. Eskandari (2021) *Sensors and Actuators B: Chemical*, 348, 130731.
- [۳] M. Trojanowicz, K. Kołacińska (2016) *Analyst*, 141, 2085-2139.





## محاسبه درصد پخت نهایی و زمان بهینه پخت در ناحیه تاپ ترد تایر رادیال سواری به وسیله ی فرآیند سیم گذاری و مدلسازی آن توسط نرم افزار

یونس زارع عزیزی

مدیریت شیفت مجتمع صنعتی آرتاویل تایر (گلدستون)

younes.zareazizi@yahoo.com

### چکیده

در این تحقیق، روند تغییرات دما برحسب زمان، جهت یافتن درصد پخت نهایی و زمان بهینه ولکانیزاسیون (Vulcanization) در ناحیه تاپ ترد تایر رادیال سواری، با استفاده از فرآیند سیم گذاری و مدلسازی آن توسط نرم افزار COMSOL Multiphysics مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از فرآیند سیم گذاری و ثبت تغییرات دمایی در بازه زمانی مشخص و با استفاده از معادلات مربوطه، درصد پخت نهایی و زمان بهینه برای پخت مشخص شد. سپس مدلسازی فرآیند و حل آن به شکل معادلات دیفرانسیل جزئی (PDE)، بصورت عددی و با روش اجزای محدود (FEM)، توسط نرم افزار انجام شد. نتایج حاصل از فرآیند سیم گذاری و مدلسازی، نشان دهنده درصد پخت مناسب و زمان بهینه جهت پخت می باشد.

کلمات کلیدی: پخت تایر، ولکانیزاسیون، زمان بهینه، سیم گذاری، مدلسازی



## مقدمه

تایر از اجزای مختلفی تشکیل شده است که ناحیه تاپ ترد (Top Tread) آن به دلیل تماس مستقیم با زمین از اهمیت بالایی برخوردار است [1]. آمیزه ی تشکیل دهنده تاپ ترد ماتریسی از الاستومر استایرن بوتادی ان رابر (SBR) می باشد [2]. آخرین مرحله تولید تایر، که تایر در آن شکل نهایی و خواص مکانیکی - دینامیکی خود را بدست می آورد مرحله ولکانیزاسیون می باشد [3]. ولکانیزاسیون عبارتست از تبدیل مولکولهای بلند الاستومر به یک شبکه ی الاستومری به وسیله ی تشکیل اتصالات عرضی (Cross Linking) [4]. درجه ولکانیزاسیون بصورت تابعی از زمان و دما ارزیابی می شود [5]. ولکانیزاسیون در بخار، با انتقال خوب حرارت و بنابراین زمان حرارت دهی کوتاه تر همراه است. برای یافتن زمان مناسب برای پخت از فرآیند سیم گذاری استفاده می شود. فرآیند سیم گذاری، لحظه به لحظه ی روند تغییرات دمایی را بر حسب زمان در آمیزه نشان می دهد. با استفاده از این فرآیند میزان درصد پخت مشخص می شود. هدف از فرآیند سیم گذاری در پخت تایر، کاهش زمان پخت، کاهش انرژی مصرفی جهت پخت و همچنین افزایش کیفیت و کمیت تایر تولیدی می باشد. نرم افزار COMSOL، مجموعه کامل شبیه سازی چند فیزیکی است. زمینه کاربردی این نرم افزار در حل انواع معادلات دیفرانسیل جفت شده، طراحی و شبیه سازی سامانه های فیزیکی، نانو فیزیکی، مهندسی برق، مهندسی مکانیک، علوم زمین، مهندسی شیمی، نجوم و بررسی سامانه های کوانتومی است. این نرم افزار قادر به حل معادلات دیفرانسیل جزئی (PDE) و کامل (ODE) برای تحلیل و بررسی رفتار سیستم های خطی و غیر خطی به روش المان محدود (FEM) در فضاهای یک، دو و سه بعدی است. ساختار این نرم افزار به گونه ای است که می تواند شبیه سازی به شکل تک فیزیکی یا چند فیزیکی (با کوپل شدن دو یا چند فیزیک) برای شبیه سازی فرآیندهای مختلف و بررسی هم زمان آثار آنها، انجام دهد [6].

## ۱۰- مبانی نظری

### فرآیند سیم گذاری

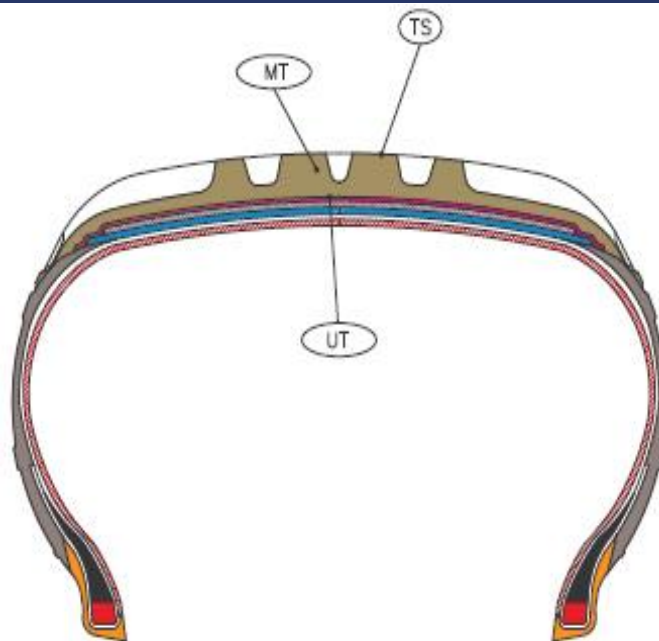
در طی فرآیند پخت، آج تایر در ناحیه تاپ ترد تحت دما و فشار مشخص شکل می گیرد. سیال انتقال حرارت در پرس های پخت، بخار با دمای ۱۸۰ درجه ی سیلسیوس و فشار ۱۶ بار می باشد. محل قرارگیری سیم ها در نقاط گوشتی آج تایر و خارج از شیارها در سه ناحیه سطح ترد (TC)، میانه ترد (MT) و زیر ترد (UT) تعیین شد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱- شمایی از محل قرارگیری سیم ها در سه ناحیه تاپ ترد

زمان پخت براساس زمان بدست آمده از آزمایشات رئومتر، تخمین و در نظر گرفته شد. با شروع پخت در بازه زمانی صفر تا ۲۳، دماهای مربوطه به فاصله هر یک دقیقه توسط دستگاه Temperature Measurement ثبت گردید. ثبت دما تا ۱۰ دقیقه بعد از پایان پخت و جداسازی تاپ از قالب انجام شد. دماهای ثبت شده در سه ناحیه تاپ ترد به شرح جدول (۱) می باشد.

جدول ۱- دماهای بدست آمده در سه ناحیه تاپ ترد در بازه زمانی [0-23 min]

t (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Comp. Temp(ϕ)												
TS	34	118.1	135.9	143	147.5	150.7	153.3	154	157	158.4	159.5	160.4



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



MT	31.7	56.1	91.1	112.9	127.5	137.9	145.8	151.6	155.8	158.7	160.8	162.5
UT	31.8	49.8	82.8	106.6	123.2	135.1	144.1	150.9	155.6	158.7	161.1	163
t (min)												
Comp. Temp( ϕ	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
TS	161.2	161.9	157.2	147.6	141.6	136.3	130.9	125.9	120.9	116.6	113.2	110.1
MT	164	164.6	163.6	159.9	154.8	149.7	144.6	139.5	134.4	129.6	125	120.9
UT	164.6	164.6	163.5	160.3	155.3	150.3	145.1	140	134.8	130	125.1	120.7

انرژی اکتیواسیون (E)، برای آمیزه فوق با استفاده از دماهای بدست آمده توسط معادله آرنیوس محاسبه می شود.

$$K = A \cdot e^{-\frac{E}{RT}} \quad , \quad E = \alpha \cdot R \quad (1)$$

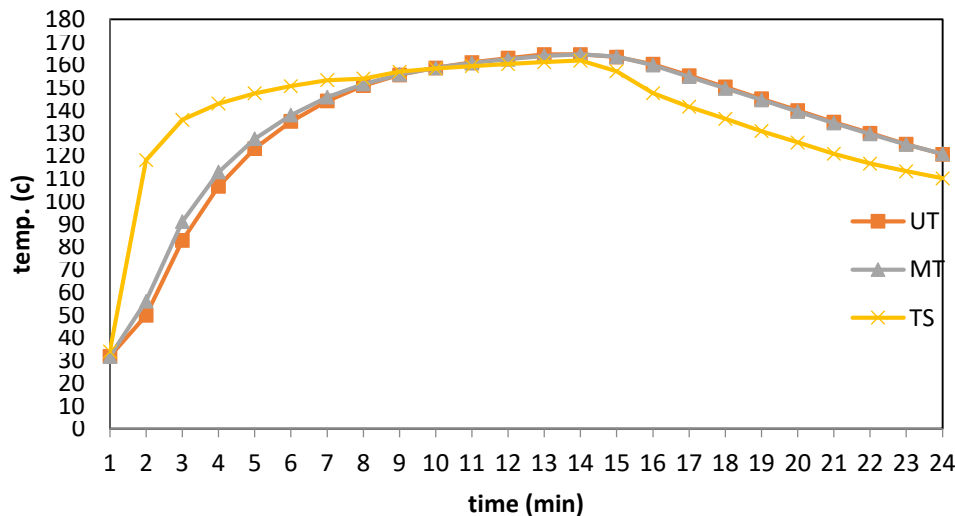
که K ثابت سرعت واکنش، A ثابت برخورد، R ثابت جهانی گازها، T دمای مطلق در هر نقطه و  $\alpha$  به عنوان شیب نمودار  $\left(\frac{E}{R}\right)$  می باشد.

با توجه به انرژی اکتیواسیون بدست آمده و از طریق معادلات (۲) و (۳)، دمای مرجع ( $T_{ref}$ )، زمان معادل پخت تخلیه ( $t_{ED}$ ) یا همان زمان باز شدن پرس، و زمان معادل پخت نهایی ( $t_{EF}$ ) یا بازه زمانی باز شدن پرس تا ۱۰ دقیقه بعد از آن، بدست می آید.

$$Te = \int_{t_i}^{t_f} \exp\left(-\frac{E}{R}\right) \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}}\right) dt \quad (2)$$

$$T_{ref} = \frac{\int_{t_i}^{t_f} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) dt}{\int_{t_i}^{t_f} \frac{1}{T} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) dt} \quad (3)$$

نمودار (۱) روند تغییرات دمایی بر حسب زمان پخت، در سه ناحیه آمیزه را نشان می دهد.



نمودار ۱- روند تغییرات دمایی مربوط به آمیزه تاپ ترد در سه ناحیه TS، MT و UT بر حسب زمان

گشتاور مربوط به زمان معادل پخت تخلیه (M1)، زمان معادل پخت نهایی (M2)، گشتاور بالا (MH) و گشتاور پایین (ML)، در دمای مرجع، توسط آزمایش رئومتر بدست می آید. با استفاده از معادله (۴)، درصد پخت هنگام باز شدن پرس و محاسبه درصد پخت نهایی توسط معادله (۵) انجام می شود.

$$\alpha = \left[ \frac{M1-ML}{MH-ML} \right] * 100 \quad (4)$$

$$\alpha_f = \left[ \frac{M2-ML}{MH-ML} \right] * 100 \quad (5)$$

$\alpha$  درجه پخت و مقداری بین ۰ و ۱۰۰ است و بیان کننده پیشرفت وولکانش در هر لحظه از زمان واکنش می باشد. نتایج بدست آمده به شرح جدول (۲) می باشد.

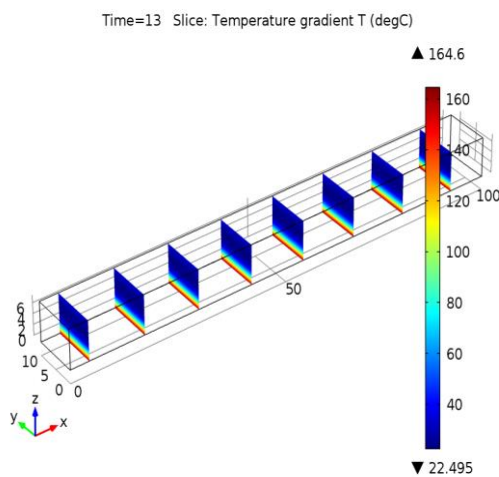
جدول ۲- نتایج مربوط به آمیزه تاپ ترد در سه ناحیه TS، MT و UT

Comp	E(Cal/mol.k)	T <sub>ref</sub> (°c)	t <sub>ep</sub> (min)	t <sub>ep</sub> (min)	MH	ML	M1	M2	$\alpha$ (%)	$\alpha_f$ (%)
TS	19050	152	14.07	18.36	35.34	7.77	32.30	34.90	88.97	<b>98.4</b>
MT	19050	154.2	10.88	18.03	35.06	8.29	29.50	34.11	79.23	<b>96.45</b>
UT	19050	155.1	10.36	17.15	40.80	7.69	31.24	38.26	71.21	<b>92.32</b>

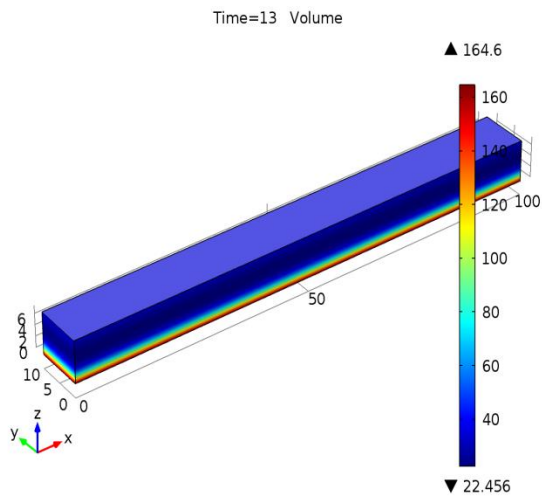


## مدلسازی

مدلسازی پخت تایر، برای اولین بار در نرم افزار COMSOL Multiphysics انجام گرفت. این مدلسازی بر اساس تغییرات دمایی برحسب زمان در ناحیه تاپ ترید برای ماتریس SBR انجام شد. هندسه مدل بصورت سه بعدی، بصورت مکعبی با اندازه هایی با طول 100 mm، عرض 10 mm و عمق 7.5 mm با مش بندی Extremely Fine و وابسته به زمان انتخاب شد. فیزیک انتخابی برای مدل Heat Transfer in Solids با معادله  $\rho \cdot Cp \frac{\partial T}{\partial t} + \rho \cdot Cp \cdot u \cdot \nabla T = \nabla \cdot (k \cdot \nabla T) + Q$  در نظر گرفته شد. حل مدل بصورت معادلات دیفرانسیل جزئی (PDE) بصورت عددی و با روش اجزای محدود (FEM)، توسط نرم افزار انجام شد. شکل های (۲) و (۳)، نحوه شارش یکنواخت دما بر حسب زمان در سه ناحیه تاپ ترید، حاصل از مدلسازی را نشان می دهد.



شکل ۳- گرادیان دمایی بر حسب زمان بصورت اسلایس در ناحیه تاپ ترید حاصل از مدلسازی



شکل ۲- گرادیان دمایی بر حسب زمان بصورت حجمی در ناحیه تاپ ترید حاصل از مدلسازی

## نتیجه گیری

مبنای ارزیابی و سنجش محاسبات، نقطه ی بحرانی می باشد که کمترین میزان افزایش درجه حرارت و در حقیقت کمترین میزان انتقال حرارت را دارد. مناسب ترین میزان درصد پخت، (10% + 70%) و مناسب ترین میزان درصد



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



پخت نهایی، (10% + 90 %) می باشد. با توجه به مقادیر بدست آمده از جدول (۲)، نقطه ی بحرانی برای آمیزه فوق، زیر ترد (UT) با  $\alpha_f = 92.32\%$  می باشد، که کمترین مقدار درصد پخت را دارد. نتایج حاصل از فرآیند سیم گذاری و مدل سازی، شکل های (۲) و (۳) نشان می دهد که درصد پخت نهایی در هر سه ناحیه در شرایط مناسب، و زمان 13 min با دمای ۱۶۴,۶ سیلسیوس، زمان بهینه جهت پخت می باشد.

منابع

1. Ohm, R. F., Rubber Chemicals, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, John Wiley & Sons, New York (1997) 460.
2. Hofman W., Rubber Technology Handbook, Hanser, Volume 1, Chapter 3, pp. 97-113, 1989.
3. Nriagu, J. O., et al, Zinc in the Environment, John Wiley & Sons, New York, 1 (1980) 113-160.
4. Hofman W., Rubber Technology Handbook, Hanser, Volume 2, Chapter 4, pp. 354-368, 1989.
5. Hofman W., Rubber Technology Handbook, Hanser, Volume 2, Chapter 6, pp. 791-793, 1989.
6. [www.comsolmultiphysics.com](http://www.comsolmultiphysics.com)

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## تأثیر ضخامت بلادر در میزان انتقال حرارت در پخت تایر و مدل سازی آن توسط نرم افزار

یونس زارع عزیز

مدیریت شیفیت مجتمع صنعتی آرتاویل تایر (گلدستون)

[younes.zareazizi@yahoo.com](mailto:younes.zareazizi@yahoo.com)

### چکیده

بلادر (Bladder) یکی از مهم ترین ابزار کاری مورد نیاز صنایع تایر سازی است که کیفیت بالای آن به لحاظ اقتصادی مورد توجه می باشد. پخت تایر مبتنی بر استفاده از بلادر است. بلادر به عنوان عاملی برای ایجاد شکل دهی اولیه تایر و همچنین حرارت دهی به داخل تایر مورد استفاده قرار می گیرد. ضخامت دیواره ی بلادر یکی از عوامل مهم در تعیین میزان زمان پخت تایر می باشد. در این تحقیق میزان انتقال حرارت در یک بلادر با سه ضخامت مختلف دیواره به ضخامت های ۴، ۵ و ۶ میلی متر مورد بررسی قرار گرفت. و در ادامه روند تغییرات دمایی در دیواره ی بلادر توسط نرم افزار COMSOL Multiphysics مدل سازی گردید.

کلمات کلیدی: بلادر، تایر، ضخامت دیواره ی بلادر، انتقال حرارت، مدل سازی



## مقدمه

یکی از مولفه های بسیار مهم در صنایع حمل و نقل از هواپیما گرفته تا دوچرخه، تایر می باشد و یکی از اجزای بسیار مهم در صنایع تایر سازی بلادر است. در حقیقت، بلادر کیسه لاستیکی از جنس بیوتیل می باشد که نقش قالب داخلی و انتقال حرارت را در فرآیند پخت تایر ایفا می کند. با توجه به اینکه کامپاند بلادر متشکل از پلی کلروپن رابر، پلی ایزوبوتیلن ایزوپرن رابر، روغن، اسید استئاریک، پارافین واکس، کربن، رزین شیمیایی و اکسید روی از جمله گران قیمت ترین کامپاندها در صنعت تایر می باشد، لذا فرآوری و تولید آن بسیار حایز اهمیت می باشد. بلادر یک آمیزه ی بیوتیلی با فرآیند پخت رزینی است که نفوذناپذیری بسیار خوب نسبت به آب، بخار آب و هوا، انتقال حرارت بسیار بالا، قدرت نگهداری فشار بالا در خود، داشتن درجه ی بالای انعطاف پذیری، داشتن مقاومت بالا در مقابل تخریب و مقاومت بالا در مقابل بزرگ شدن اندازه، از ویژگی های برجسته آن می باشد [1]. فرآیند تولید بلادر را می توان به سه قسمت فرمولاسیون و اختلاط اجزای تشکیل دهنده ی آمیزه در بنبوری، فرآیند ساخت و تولید گرین بلادر (Slug) در واحد اکسترودر و در نهایت پخت گرین بلادر در پرس پخت بلادر تقسیم بندی نمود. نرم افزار COMSOL، مجموعه ی کامل شبیه سازی چند فیزیکی است. زمینه کاربرد این نرم افزار در حل انواع معادلات دیفرانسیل جفت شده، طراحی و شبیه سازی سامانه های فیزیکی، نانو فیزیکی، مهندسی برق، مهندسی مکانیک، علوم زمین، مهندسی شیمی، نجوم و بررسی سامانه های کوانتومی است. این نرم افزار قادر به حل معادلات دیفرانسیل جزئی (PDE) و کامل (ODE) برای تحلیل و بررسی رفتار سیستم های خطی و غیرخطی به روش المان محدود (FEM) در فضاهای یک، دو و سه بعدی است. ساختار این نرم افزار به گونه ای است که می تواند شبیه سازی به شکل تک فیزیکی یا چند فیزیکی (با کوپل شدن دو یا چند فیزیک) برای شبیه سازی فرآیندهای مختلف و بررسی هم زمان آثار آنها، انجام دهد [2].

## مبانی نظری

جهت اجرای این فرآیند، یک بلادر با سه ضخامت 4 mm، 5 mm و 6 mm در مرکز در نظر گرفته می شود. با توجه به اینکه هدف از این تحقیق محاسبه ی گرادیان دمایی در ضخامت دیواره ی بلادر می باشد، بنابراین نوع بلادر و نیز ساینز آن مورد توجه قرار نمی گیرد. سیال انتقال حرارت در داخل بلادر، بخار آب اشباع با دمای ۲۰۲ درجه ی سیلسیوس با فشار بخار ۱۶bar می باشد.

نرخ انتقال حرارت در دیواره ی بلادر بصورت هدایتی در جهت x و گرادیان دما در جهت x، بصورت  $dT/dx$  و معادله ی حاکم بر این فرآیند قانون فوریه می باشد.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



$$q_x = -KA \frac{dT}{dx}$$

که در معادله ی فوق،

$q_x$ : نرخ انتقال حرارت در راستای x (kJ)

K: ضریب هدایت حرارتی (W/m.K)

A: سطح مقطع ( $m^2$ )

$dT/dx$ : گرادیان دمایی (K/m) می باشد.

نتایج به دست آمده برای ضخامت های مختلف بلادر به شرح جدول ذیل می باشد.

جدول ۱- دماهای بدست آمده در ضخامت های مختلف بلادر

ضخامت بلادر (mm)	دمای ورودی (°C) / (K)	دمای خروجی (°C) / (K)
۴,۰۰	202 / 475	180 / 453
۵,۰۰	202 / 475	174.5 / 447.5
۶,۰۰	202 / 475	169 / 442

### مدل سازی

مدل سازی میزان انتقال حرارت در ضخامت های مختلف بلادر، در نرم افزار COMSOL Multiphysics انجام گرفت. هندسه ی مدل بصورت دو بعدی، بصورت مستطیلی با اندازه هایی با طول 100 mm و عرض های 4 mm، 5 mm و 6 mm با مش بندی Extremely Fine انتخاب شد.

فیزیک انتخابی برای مدل Heat Transfer in Solids با معادله  $\rho \cdot Cp \frac{\partial T}{\partial t} + \rho \cdot Cp \cdot u \cdot \nabla T = \nabla \cdot (k \cdot \nabla T) + Q$  در نظر گرفته شد. حل مدل بصورت معادلات دیفرانسیل جزئی (PDE) بصورت عددی و با روش اجزای محدود (FEM)، توسط نرم افزار انجام شد. شکل های (۱)، (۲) و (۳)، نحوه ی شارش یکنواخت دما در ضخامت های مختلف بلادر، حاصل از مدل سازی را نشان می دهد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

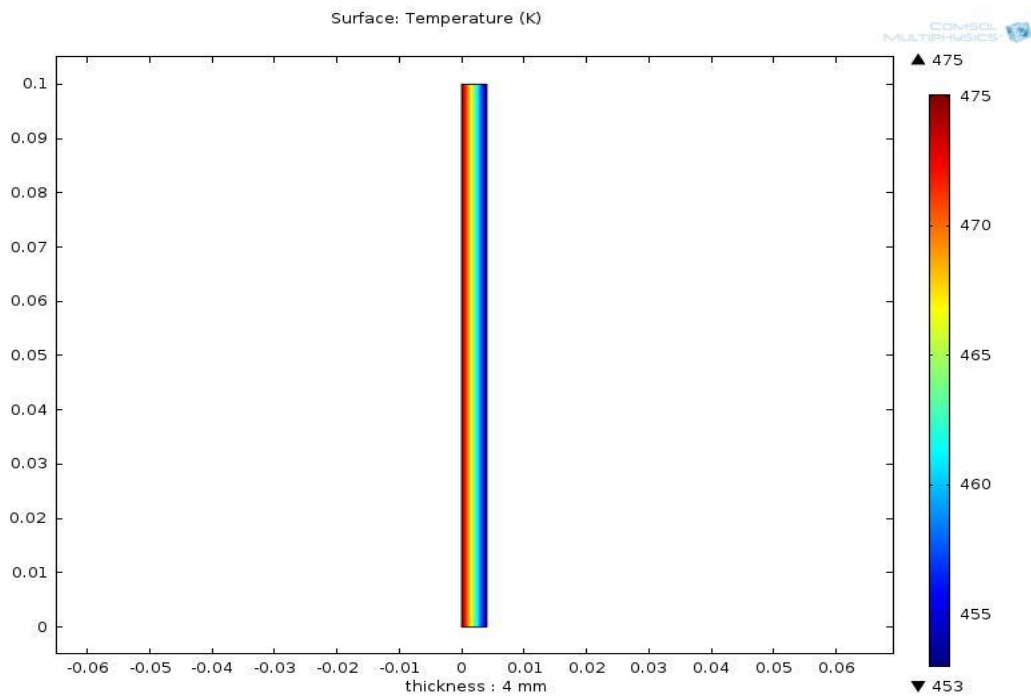
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



شکل ۱- گرادیان دمایی بر حسب ضخامت (  $x = 4 \text{ mm}$  )

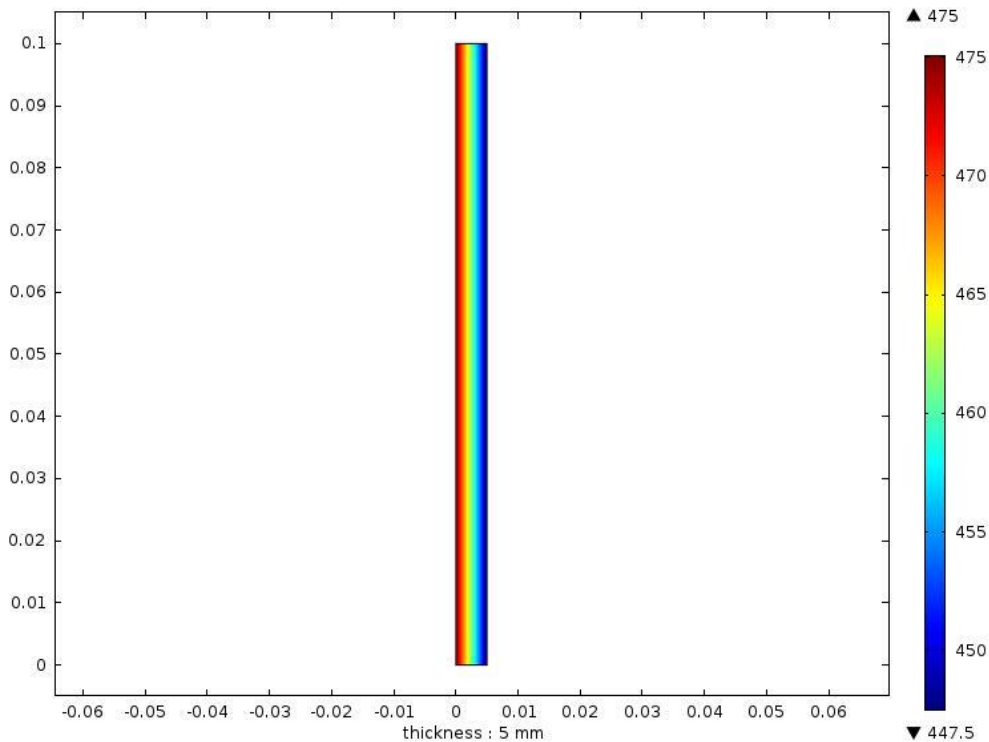
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

Surface: Temperature T (K)



شکل ۲- گرادینان دمایی بر حسب ضخامت (  $x = 5 \text{ mm}$  )

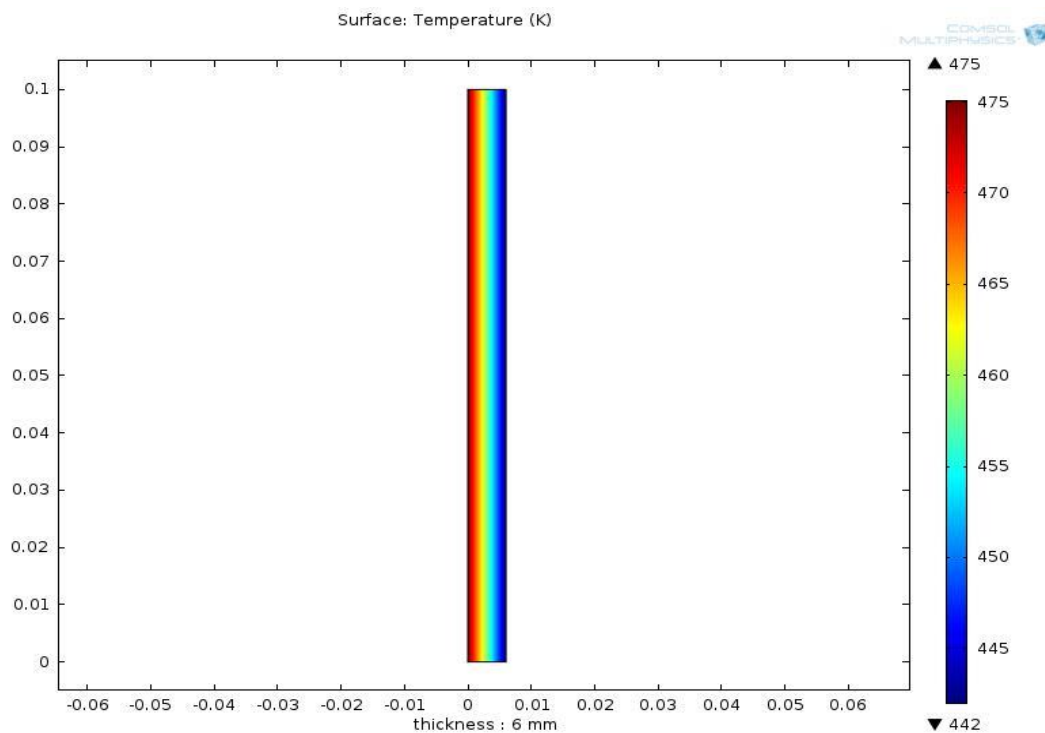


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۳- گرادیان دمایی بر حسب ضخامت (  $x = 6 \text{ mm}$  )

### نتیجه گیری

مبنای ارزیابی و سنجش محاسبات، انتقال حرارت هدایتی توسط قانون فوریه می باشد. نتایج بدست آمده نشان می دهد که با افزایش ضخامت دیواره ی بلادر میزان نرخ انتقال حرارت کاهش می یابد. بطوری که در ضخامت 4 mm بلادر، دما از ۲۰۲ درجه سلسیوس به ۱۸۰ درجه ی سلسیوس و در حدود ۲۲ درجه ی سلسیوس کاهش پیدا کرد. همچنین با افزایش هر یک میلیمتر در ضخامت دیواره ی بلادر، دما در حدود ۵,۵ درجه ی سلسیوس کاهش پیدا می کند.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



منابع

۷. مراقبت از بلادر در سرویس، مجله ی صنعت لاستیک ایران، شماره ی ۵۳

8. [www.comsolmultiphysics.com](http://www.comsolmultiphysics.com)
9. [www.electronic-cooling.com](http://www.electronic-cooling.com)
10. [www.EngineeringToolBox.com](http://www.EngineeringToolBox.com)
11. Hofman W., Rubber Technology Handbook, Hanser, Volume 2, Chapter 6, pp. 791-793, 1989.
12. [www.comsolmultiphysics.com](http://www.comsolmultiphysics.com)

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## جدآوری فاز هندسی برای حالت همدوس درهم تنیده ی دو مده

ساناز محمدی الماس\*، قادر نجارباشی، علی توانا

### چکیده

در این مقاله، یک طرح تجربی برای تولید حالت همدوس درهم تنیده ی دو مده بر پایه ی تداخل سنج ارائه می دهیم. سپس فاز هندسی حالت همدوس درهم تنیده را تحت تحول یکانی غیربرهم کنشی محاسبه می کنیم. نشان می دهیم وقتی که درهم تنیدگی حالت همدوس صفر است، فاز هندسی به صورت مجموع فاز هندسی تک تک زیرحالت های آن نوشته می شود.

کلمات کلیدی: حالت همدوس، تداخل سنج، فاز هندسی، درهم تنیدگی

\* نویسنده مسئول: [sanzmohammadi@uma.ac.ir](mailto:sanzmohammadi@uma.ac.ir)





## مقدمه

حالت های همدوس که دسته ای از حالت های گاوسی منتسب به نوسانگر هماهنگ ساده ی کوانتومی هستند، کاربردهای زیادی در اپتیک کوانتومی و نظریه ی اطلاعات کوانتومی دارند [1]. در این مقاله، روشی تجربی برای تولید حالت همدوس درهم تنیده ی دو مده با استفاده از تداخل سنج ارائه کرده، سپس فاز هندسی آن را تحت تحول یکانی محاسبه می کنیم. نشان خواهیم داد که وقتی درهم تنیدگی حالت تعریف شده صفر است، فاز هندسی به صورت مجموع فاز هندسی زیرحالت های تشکیل دهنده ی آن است.

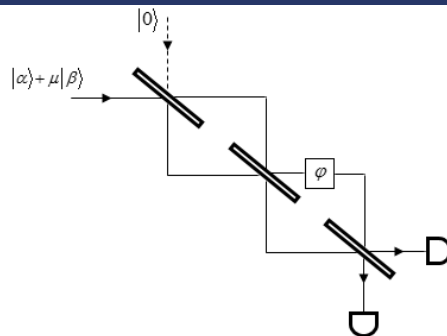
## طرح تجربی برای تولید حالت همدوس درهم تنیده

هر بخش تداخل سنج ماخ-زندر بیانگر یک چرخش در فضای سه بعدی برحسب عملگرهای  $J_x$ ،  $J_y$  و  $J_z$  (عملگرهای تکانه ی زاویه ای) است [۲ و ۳]. بنابراین با فرض اینکه در یک تداخل سنج ماخ-زندر استاندارد، شکافنده ی پرتوها 50:50 باشند، عملگر تداخل سنج ماخ-زندر  $\hat{U}_{MZI}$  را می توان به صورت زیر بیان کرد:

$$\hat{U}_{MZI} = e^{i\frac{\pi}{2}J_x} e^{-i\varphi J_z} e^{-i\frac{\pi}{2}J_x}, \quad (1)$$

که با استفاده از رابطه ی  $e^{\alpha \hat{A}} f(\hat{B}) e^{-\alpha \hat{A}} = f(e^{\alpha \hat{A}} \hat{B} e^{-\alpha \hat{A}})$ ،  $\hat{U}_{MZI}$  برابر است با  $e^{-i\varphi J_y}$ . حالت ورودی به شکافنده ی اول در شکل ۱ را به صورت  $|input\rangle = (|\alpha\rangle_1 + \mu |\beta\rangle_1) \otimes |0\rangle_2$  در نظر می گیریم، که در آن  $\mu$  یک مقدار ثابت،  $|0\rangle$  حالت خلأ و  $|\alpha\rangle$  و  $|\beta\rangle$  حالت های همدوس هستند. حالت همدوس  $|\alpha\rangle$  ویژه حالت عملگر نابودی  $\hat{a}$  با ویژه مقدار  $\alpha \in \mathbb{C}$  است، یعنی،  $\hat{a}|\alpha\rangle = \alpha|\alpha\rangle$ . با فرض اینکه شکافنده ی پرتو اول بیانگر عملگری به صورت  $e^{-i\frac{\pi}{2}J_y}$  باشد، اثر آن بر روی حالت ورودی باعث تولید حالت همدوس درهم تنیده  $\left| \frac{\alpha}{\sqrt{2}} \right\rangle \left| \frac{\alpha}{\sqrt{2}} \right\rangle + \mu \left| \frac{\beta}{\sqrt{2}} \right\rangle \left| \frac{\beta}{\sqrt{2}} \right\rangle$  می شود [۴]. سپس با اثر  $\hat{U}_{MZI}$  بر روی حالت همدوس ایجاد شده حالت خروجی ضریب فازی به صورت زیر به دست می آورد [۵]:

$$|output\rangle = e^{-i\varphi J_y} \left( \left| \frac{\alpha}{\sqrt{2}} \right\rangle \left| \frac{\alpha}{\sqrt{2}} \right\rangle + \mu \left| \frac{\beta}{\sqrt{2}} \right\rangle \left| \frac{\beta}{\sqrt{2}} \right\rangle \right). \quad (2)$$



شکل ۱. طرح تجربی برای تولید حالت همدوس درهم تنیده ی دو مده

### ۱۱- فاز هندسی حالت همدوس درهم تنیده

فاز هندسی حالت  $|\psi(0)\rangle$  که تحت تحول یکانی مسیر  $C: t \in [0, \tau] \rightarrow |\psi(t)\rangle$  را در فضای هیلبرت تصویری طی می کند، با شرط  $\langle \psi(0) | \psi(\tau) \rangle \neq 0$ ، به صورت تفاضل فاز دینامیکی از فاز کلی تعریف می شود [۶]:

$$\phi_{geo} = \phi_{tot} - \phi_{dyn}, \quad (3)$$

که در آن فاز کلی از رابطه ی  $\phi_{tot} = \arg(\langle \psi(0) | \psi(\tau) \rangle)$  و فاز دینامیکی از رابطه ی  $\phi_{dyn} = -i \int_0^\tau dt \langle \psi(t) | \dot{\psi}(t) \rangle$  به دست می آید.

فرض می کنیم حالت همدوس  $|\alpha, 0\rangle$  تحت هامیلتونی یک نوسانگر هارمونیک یک بعدی  $\hat{H} = \hbar\omega(\hat{a}^\dagger \hat{a} + \frac{1}{2})$  تحول می یابد، که در آن عملگرهای نابودی (خلق) است. حالت همدوس بعد از زمان  $\tau$  به صورت زیر نوشته می شود:

$$|\alpha, \tau\rangle = \exp(-\frac{|\alpha|^2}{2}) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\alpha^n}{\sqrt{n!}} e^{-i\omega(n+\frac{1}{2})\tau} |n\rangle. \quad (4)$$

که در آن  $|n\rangle$  حالت های شمارنده ی فوتونی است. طبق معادله ی (۲)، فاز کلی، فاز دینامیکی و فاز هندسی به ترتیب به صورت زیر به دست می آیند:

$$\phi_{tot} = -\alpha^2 \sin \omega\tau - \frac{\omega\tau}{2}, \quad \phi_{dyn} = -\omega\tau(\alpha^2 + \frac{1}{2}), \quad \phi_{geo} = \alpha^2(\omega\tau - \sin \omega\tau). \quad (5)$$

اگر حالت همدوس یک مسیر بسته ای را طی کند یعنی  $\tau = 2\pi/\omega$ ، فاز هندسی دوره ای برابر است  $\phi_{geo} = 2\pi\alpha^2$ .

اکنون یک حالت همدوس درهم تنیده ی دو مده با پارامترهای حقیقی را به صورت زیر در نظر می گیریم:

$$|\psi(0)\rangle = \frac{1}{\sqrt{N}} (|\alpha, 0\rangle |\alpha, 0\rangle + \mu |\beta, 0\rangle |\beta, 0\rangle), \quad (6)$$



که در آن  $N = 1 + \mu^2 + 2\mu p^2$  ضریب بهنجارش است، با  $p = \langle \alpha, 0 | \beta, 0 \rangle = \exp\{-\frac{1}{2}(|\alpha|^2 + |\beta|^2 - 2\alpha\beta)\}$  اگر حالت درهم تنیده تحت

هامیلتونی دو نوسانگر هارمونیک  $\hat{H} = \hbar\omega_1(\hat{a}^\dagger\hat{a} + \frac{1}{2}) + \hbar\omega_2(\hat{b}^\dagger\hat{b} + \frac{1}{2})$  تحول یابد، فاز هندسی برابر است با:

$$\phi_{geo} = -\text{Arctan}\left(\frac{\text{Im}\langle\psi(0)|\psi(\tau)\rangle}{\text{Re}\langle\psi(0)|\psi(\tau)\rangle}\right) + \frac{\tau(\omega_1 + \omega_2)}{N} \{(\alpha^2 + \frac{1}{2}) + \mu^2(\beta^2 + \frac{1}{2}) + \mu(2\alpha\beta + 1)p^2\}, \quad (7)$$

که در آن

$$\begin{aligned} \text{Im}\langle\psi(0)|\psi(\tau)\rangle &= \exp\{\alpha^2(\cos\omega_1 + \cos\omega_2 - 2)\} \sin((\omega_1 + \omega_2)\frac{\tau}{2} + \alpha^2(\sin\omega_1\tau + \sin\omega_2\tau)) \\ &+ 2\mu \exp\{-(\alpha^2 + \beta^2) + \frac{1}{2}\alpha\beta \cos[(\omega_1 + \omega_2)\tau]\} \sin(\frac{1}{2}\alpha\beta \sin((\omega_1 + \omega_2)\tau) + \frac{\tau}{4}(\omega_1 + \omega_2)) \\ &+ \mu^2 \exp\{\beta^2(\cos\omega_1 + \cos\omega_2 - 2)\} \sin((\omega_1 + \omega_2)\frac{\tau}{2} + \beta^2(\sin\omega_1\tau + \sin\omega_2\tau)), \\ \text{Re}\langle\psi(0)|\psi(\tau)\rangle &= \exp\{\alpha^2(\cos\omega_1 + \cos\omega_2 - 2)\} \cos((\omega_1 + \omega_2)\frac{\tau}{2} + \alpha^2(\sin\omega_1\tau + \sin\omega_2\tau)) \\ &+ 2\mu \exp\{-(\alpha^2 + \beta^2) + \frac{1}{2}\alpha\beta \cos[(\omega_1 + \omega_2)\tau]\} \cos(\frac{1}{2}\alpha\beta \sin((\omega_1 + \omega_2)\tau) + \frac{\tau}{4}(\omega_1 + \omega_2)) \\ &+ \mu^2 \exp\{\beta^2(\cos\omega_1 + \cos\omega_2 - 2)\} \cos((\omega_1 + \omega_2)\frac{\tau}{2} + \beta^2(\sin\omega_1\tau + \sin\omega_2\tau)). \end{aligned} \quad (8)$$

مشاهده می شود به ازای  $\mu=0$  که حالت تعریف شده جداپذیر است فاز هندسی به صورت مجموع فاز هندسی تک

$$\text{تک زیر حالت هاست، } \phi_{geo} = \alpha^2(\omega_1\tau - \sin\omega_1\tau) + \alpha^2(\omega_2\tau - \sin\omega_2\tau).$$

## ۱۲- نتیجه گیری

در این مقاله، یک طرح تجربی برای تولید حالت همدوس درهم تنیده بر پایه ی تداخل سنج ارائه کردیم. فاز هندسی حالت همدوس درهم تنیده ی دومده را تحت تحول یکانی غیربرهمکنشی محاسبه کردیم. تأثیر درهم تنیدگی بر روی فاز هندسی را بررسی کردیم و نتیجه گرفتیم وقتی که حالت همدوس، جداپذیر است، فاز هندسی به صورت مجموع فاز هندسی تک تک زیرحالت های آن نوشته می شود.

منابع

[1] W. M. Zhang, R. Gilmore (1985) *Reviews of Modern Physics*, 62, 867.

[2] B. Yurke, S. L. McCall, and J. R. Klauder (1986) *Physical Review A*, 33, 4033.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[۳] R. Demkowicz-Dobrza\_nski, M. Jarzyna, and J. Ko lody\_nski (2015) *Progress in Optics*, 60, 345-435.

[۴] G. Najarbashi and S. Mirzaei (2016) *International Journal of Theoretical Physics*, 55, 2311-2323.

[۵] S.M. Almas, G. Najarbashi, A. Tavana (2022) *Int J Theor Phys*, 61, 192.

[۶] J. Samuel and R. Bhandari (1988) *Physical Review Letters*, 60, 2339.

## طراحی مشدد تلسکوپی لیزر Nd:YAG

ایرج شاهماری نمین<sup>۱\*</sup>، دکتر عباس ملکی<sup>۲</sup>، دکتر ابوالحسن مبشری<sup>۳</sup>، دکتر حسن عبادیان<sup>۴</sup>

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و فناوری اپتیک و لیزر، مجتمع دانشگاهی علوم کاربردی، پژوهشکده علوم و فناوری  
اپتیک و لیزر، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، شاهین شهر، ایمیل: irajshahmarin@gmail.com  
<sup>۱</sup> و <sup>۲</sup> استادیار گروه علوم و فناوری اپتیک و لیزر، مجتمع دانشگاهی علوم کاربردی، پژوهشکده علوم و فناوری اپتیک و لیزر،  
دانشگاه صنعتی مالک اشتر، شاهین شهر

### چکیده

در این مقاله به طراحی یک مشدد تلسکوپی لیزر پالسی Nd:YAG به منظور افزایش حجم مُد TEM<sub>00</sub> و تصحیح اثرات  
عدسی گرمایی پرداخته شده است. محیط فعال لیزر طراحی شده توسط فلاش لامپ مورد دمش قرار گرفته است. میله  
ی لیزر Nd:YAG دارای قطر ۷ mm و طول ۱۱۰mm در نظر گرفته شده که با انرژی الکتریکی دمشی J/۱۰۰ با نرخ تکرار  
دمش ۱ الی ۲۰ هرتز دمیده شده است. محاسبات نشان می دهد که افزایش نرخ تکرار لیزر باعث بروز عدسی گرمایی با  
فاصله کانونی ۱۵/۱۹۶۵۵۶ cm در میله ی لیزری و افزایش واگرایی تا  $3 \times 10^{-3}$  می شود. قرار دادن تلسکوپ ۲x  
در داخل مشدد و بهینه سازی فاصله بین عدسی های آن در نرخ تکرار های مختلف، باعث کاهش واگرایی تا  $3 \times 10^{-3}$   
می شود.

کلمات کلیدی: تلسکوپ درون کاواکی، مشدد نوری، نرم افزار ZEMAX، عدسی گرمایی



## مقدمه

لیزرهای پرتوان حالت جامد Nd:YAG به عنوان یک ابزار نوری پرکاربرد در حوزه های صنعتی، پزشکی و نظامی محسوب می شود. دستیابی به کمیت های پرتو لیزری با کیفیت، هدف اصلی در طراحی و انتخاب چیدمان مشدد نوری می باشد.

کمیت های پرتو لیزر از جمله زاویه ی واگرایی پرتو، کیفیت لکه ی خروجی لیزر و حجم مَدی پرتو به عنوان کمیت های موثر در افزایش کارایی لیزر بحساب می آیند. کیفیت و مقادیر این کمیت ها در اثر دمش محیط فعال لیزری و حرارت ایجاد شده در محیط فعال، کاهش می یابند. یکی از راه های افزایش کیفیت پرتو خروجی لیزر و افزایش حجم مَد TEM<sub>00</sub> لیزر، استفاده از ترکیب روزنه و تلسکوپ درون مشدد نوری لیزر است. با بکارگیری مشدد تلسکوپی، اثرات حرارتی کاهش یافته و در نتیجه حجم مَد TEM<sub>00</sub> افزایش می یابد؛ لذا برای لیزرهای حالت جامد پالسی که دارای بازه نرخ تکرار دمش- هستند، استفاده از ساختار تلسکوپ درون مشدد نوری که یکی از راه کارهای کاهش اثرات حرارتی می باشد، ضروری است.

هدف اصلی این مقاله، تصحیح اثر عدسی گرمایی و افزایش حجم مَد TEM<sub>00</sub> و کاهش زاویه ی واگرایی در خروجی لیزر با طراحی یک تلسکوپ با بزرگنمایی 1X، 2X و 3X با استفاده از نرم افزار ZEMAX است [1].

ساختار طراحی شده فلاش لامپی و میله ی لیزر Nd:YAG استوانه ای شکل به قطر 7mm و ارتفاع 110mm با انرژی الکتریکی دمش J=100، نرخ تکرار لیزر 20-100 هرتز انتخاب شده است. در نرخ تکرار دمشی مختلف فاصله ی کانونی عدسی گرمایی محاسبه و براساس این مقادیر، تلسکوپ بهینه انتخاب می شود. با روش های مختلف می توان کیفیت لکه ی خروجی لیزری را افزایش داد. در دمش فلاش لامپی میزان قابل توجهی گرما در درون محیط فعال لیزری ایجاد می شود. گرمای جذب شده در بلور Nd:YAG باعث ایجاد گرادیان حرارتی شده و در نتیجه نقاط مختلف بلور، ضریب شکست های متفاوتی پیدا می کند. تحت این شرایط بلور به مانند یک عدسی کانونی کننده عمل خواهد کرد که اصطلاحاً به این پدیده، "عدسی گرمایی" اطلاق می شود [2].

عدسی گرمایی روی جبهه موج پرتو ابیراهی و اعوجاج ایجاد کرده و باعث کاهش کیفیت پرتو می شود. در ساخت لیزرهای پرتوان Nd:YAG شناخت دقیق رفتار گرمایی بلور و پدیده "عدسی گرمایی" ضروری است و طراح لیزر بایستی بتواند روشی برای تصحیح اثر "عدسی گرمایی" ارائه کند [2].



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



استفاده از تلسکوپ درون کاواکی باعث بهبود عملکرد مد TEM<sub>00</sub> و افزایش مد اصلی خواهد شد. علاوه بر این، قرار دادن یک تلسکوپ این مزیت را دارد که باعث کوتاه شدن مشدد لیزری می شود و سبب افزایش قطر لکه ی خروجی لیزر می شود.

روش طراحی

در این مقاله ابتدا به تحلیل اثر عدسی گرمایی در لیزر پالسی Nd:YAG بر حسب انرژی های دمش مختلف، قطر و طول مشخص میله ی لیزری پرداخته می شود. سپس پایداری مشدد لیزری بررسی و محاسبه ی اندازه ی لیزر مد اصلی لیزر قبل و بعد از وارد نمودن تلسکوپ به درون مشدد انجام خواهد شد و با بهینه سازی طول،  $\delta$ ،  $f_1$  و  $f_2$  تلسکوپ بهینه طراحی می شود.

فاصله ی کانونی اثر عدسی گرمایی طبق رابطه ی زیر محاسبه می شود [۲]:

$$f_R = \frac{KA}{P_h} \left( \frac{1}{2} \frac{dn}{dT} \right)^{-1}$$

که K ضریب رسانایی حرارتی، A سطح مقطع میله لیزری،  $P_h$  کسری از توان دمشی که منجر به گرم شدن میله می شود،  $\frac{dn}{dT}$  تغییرات ضریب شکست میله نسبت به دما است. تلسکوپ همچنین می تواند با کاهش اثر عدسی گرمایی زمان گرم شدن سیستم لیزری را کاهش دهد. شکل (۱) طرح واره چیدمان تلسکوپ داخل کاواکی یک لیزر نوعی را نشان می دهد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

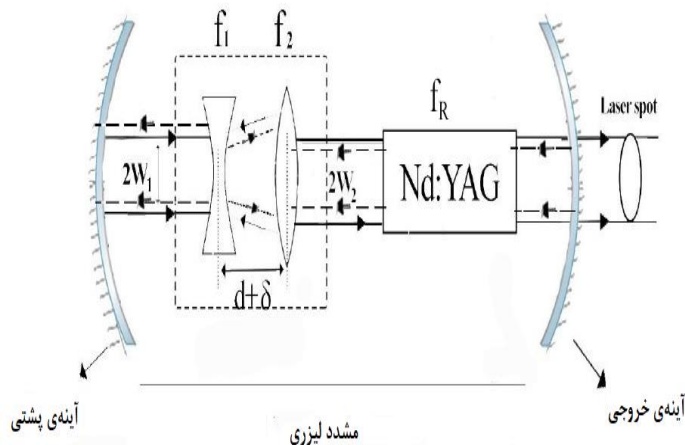
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل (۱): طرح واره تلسکوپ داخل کاواکی جهت کاهش واگرایی لیزر؛  $f_1, f_2$  فاصله کانونی عدسی ها،  $2w_1, 2w_2$  اندازه لکه ی لیزر،  $d + \delta$  فاصله ی دو عدسی تلسکوپ

بزرگنمایی تلسکوپ از رابطه:

$$\frac{1}{m} = -\frac{f_1}{f_2} \quad (2)$$

بدست می آید. همچنین فاصله ی بین عدسی های تلسکوپ از رابطه ی زیر محاسبه می شود:

$$d = |f_1 + f_2| \quad (3)$$

بدست می آید. که در آن  $f_1, f_2$  به ترتیب فاصله کانونی عدسی شیئی و چشمی هستند.  $m$  نیز مقدار بزرگنمایی تلسکوپ و  $d$  طول کل تلسکوپ است. برای تنظیمات کوچک فاصله ی بین دو عدسی،  $\delta$  به عنوان عمق کانون تلسکوپ در نظر گرفته شده است. فاصله کانونی  $f_T$  برای تلسکوپ واکانونی شده به صورت زیر خواهد بود [۱].

$$f_T = f_2^2 / \delta \quad (4)$$

دو فاصله هوایی بین این سه عدسی وجود دارد که فاصله عدسی اول و دوم، دوم و میله لیزر به ترتیب  $d_{12}$  و  $d_{2R}$  خواهد بود. فاصله کانونی مؤثر دو عدسی نازک جدا از هم برابر است با [۲]:

$$\frac{1}{F_{\gamma}} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} - \frac{d_1}{F_1 F_2} \quad (5)$$

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

بنابراین فاصله ی عدسی اول و دوم ، دوم و سوم از یکدیگر به ترتیب برابر خواهد بود با:

$$d_{12} = \frac{f_1 f_2}{f_R m} + f_1 + f_2 \quad (6)$$

$$d_{2R} = \frac{f_1 f_R m}{f_2} + f_2 + f_R \quad (7)$$

محاسبه ی عدسی گرمایی

از داده های جدول (1) برای محاسبه ی فاصله ی کانونی عدسی گرمایی استفاده می شود و در نهایت بالحاظ نمودن مقادیر فاصله ی کانونی اثر عدسی گرمایی، تلسکوپ بهینه توسط نرم افزار ZEMAX طراحی می شود.

جدول (1) کمیت های میله ی لیزر Nd:YAG برای محاسبه فاصله ی کانونی عدسی گرمایی

ردیف	عنوان کمیت	مقدار پارامتر
1	ضریب شکست ماده	$n=1.823$
2	ضریب تبدیل انرژی دمشی به حرارت	$\eta=5\%$
3	رسانندگی گرمایی YAG در 70 درجه سانتیگراد	$K=0.14 Wcm^{-1}K^{-1}$
4	انرژی دمش لیزر	$E=10 J$
5	تغییرات ضریب شکست با دما	$\frac{dn}{dt}=3 \times 10^{-6}$
6	سطح مقطع میله لیزر	$A_R=38.484 cm^2$

باقرار دادن مقادیر ارائه شده در جدول (1) در رابطه ی شماره (1) مقدار عددی فاصله کانونی میله لیزری (عدسی گرمایی) در فرکانس های مختلف لیزر محاسبه شده است. نتایج این محاسبات در جدول شماره (2) ارائه شده است.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### جدول (۲) مقادیر فاصله کانونی عدسی گرمایی در میله ی لیزری

فاصله کانونی ( $f_R$ )	نرخ تکرار	انرژی دمش	ردیف
۲/۹۵۰۳۵ cm	۱Hz	۱۰۰J	۱
۰/۵۹۰۴ cm	۵ Hz	۱۰۰J	۲
۰/۲۹۵۲ cm	۱۰ Hz	۱۰۰J	۳
۰/۱۹۶۸ cm	۱۵ Hz	۱۰۰J	۴
۰/۱۴۷۶ cm	۲۰ Hz	۱۰۰J	۵

ساختار تلسکوپی که برای طراحی این تلسکوپ در نظر گرفته ایم دارای دو عدسی خواهد بود؛ با توجه به محدودیت تعداد عدسی ها، با دو عدسی طراحی انجام شد.

با توجه به محدودیت های طراحی و با استفاده از نرم افزار متلب در نهایت ۲ عدسی با فاصله های کانونی ۵۰، ۲۵- میلی متر از شرکت sigmakoki با شماره های SLB-15-25N و SLSQ-40-50P که محدودیت های طراحی را برآورده کند، انتخاب شده است تا یک تلسکوپ ۲x به دست آید.

### نتایج شبیه سازی و طراحی

شکل (۲) چیدمان تلسکوپ داخل کاواکی به همراه عدسی گرمایی میله ی لیزری در نرم افزار ZEMAX را نشان می دهد. در این شکل عدسی های واگرا و همگرای اول و دوم، تلسکوپ را تشکیل می دهند و عدسی سوم، عدسی گرمایی میله لیزری را نشان می دهد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

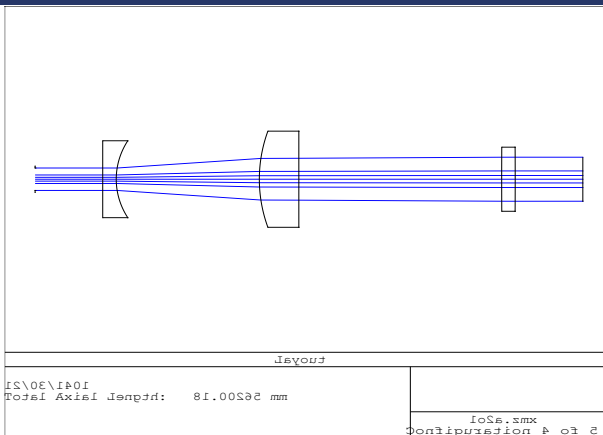
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل (۲): نمای چیدمان اپتیکی برای بزرگنمایی ۲X

انتظار داریم که با وارد کردن تلسکوپ درون کاواکی مقدار واگرایی لیزر کاهش یابد. مقدار پیش بینی شده برای واگرایی لیزر برای نرخ تکرار ۱ Hz برابر  $1.5057 \times 10^{-3}$  است. با افزایش نرخ تکرار لیزر واگرایی آن نیز افزایش می یابد. مقدار واگرایی لیزر برای نرخ تکرارهای مختلف بدون و با حضور تلسکوپ در جدول (۳) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود ورود تلسکوپ باعث کاهش واگرایی لیزر شده است.

نکته ای که در داده های جدول (۳) وجود دارد این است که برای کاهش واگرایی، فاصله بین دو عدسی تلسکوپ برای هر کدام از نرخ تکرارها به اندازه  $\delta$  از مقدار عددی  $d = 25 \text{ mm}$  تغییر داده شده است. مقدار فاصله بهینه برای هر کدام از وضعیت ها در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول (۳) زاویه ی واگرایی در بزرگنمایی ۲X قبل و بعد از بهینه سازی

فاصله بهینه عدسی ها	زاویه ی واگرایی بعد از ورود تلسکوپ	زاویه ی واگرایی قبل از ورود تلسکوپ	نرخ تکرار لیزر
mm 6127.32 /	$1.5057 \times 10^{-3}$	$9.6763 \times 10^{-3}$	۱Hz
30,4955 mm	$7.21022 \times 10^{-4}$	$9.6682 \times 10^{-3}$	۵ Hz
28,3783 mm	$1.3776 \times 10^{-3}$	$9.6682 \times 10^{-3}$	۱۰ Hz
26,261۰ mm	$2.49599 \times 10^{-4}$	$9.6683 \times 10^{-3}$	۱۵ Hz

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



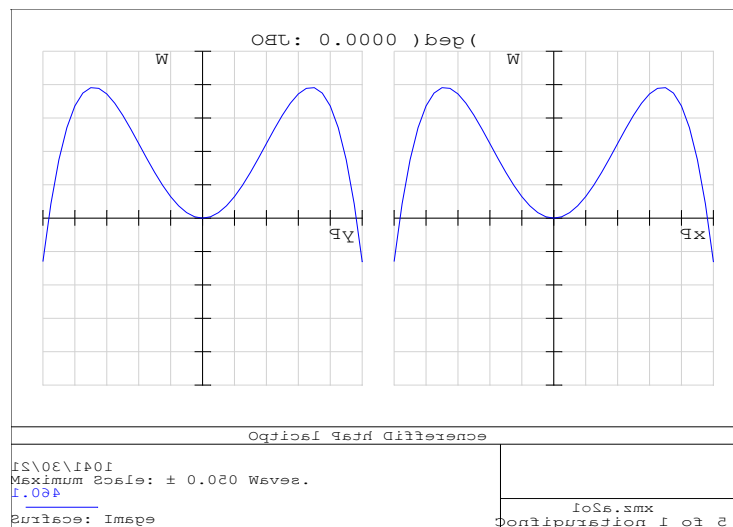
۲۴,۵۹۷۲ mm

۳,۴۲۱۸۷×۲<sup>-۱۰</sup>

۹,۶۶۸۵×۲<sup>-۱۰</sup>

۲۰ Hz

نمودار اختلاف مسیر نوری برای بزرگنمایی ۲X در نرم افزار ZEMAX به صورت شکل (۳) بدست آمد.



شکل (۳): نمودار اختلاف مسیر نوری برای بزرگنمایی ۲X

نتیجه گیری

افزایش دمای میله لیزری با افزایش نرخ تکرار لیزر باعث به وجود آمدن عدسی گرمایی می شود که در نهایت منجر به افزایش واگرایی لیزر خواهد شد. در این مقاله مقدار فاصله کانونی عدسی گرمایی و زاویه واگرایی یک لیزر Nd:YAG در نرخ تکرار ۲۰-۱ Hz محاسبه شده است. برای کاهش مقدار واگرایی، یک تلسکوپ ۲X با عدسی های تجاری طراحی شد و با توجه به مقدار فاصله کانونی عدسی گرمایی میله ی لیزری، فاصله ی بین دو عدسی تلسکوپ بهینه سازی شد تا کمترین واگرایی برای لیزر به دست آید.

منابع

[1] ZEMAX, "Optical Design Program User's Manual". 2014



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

- [2] Walter Koehler, Michael Bass. “ Solid-State Lasers: A Graduate Text” 6 edition. Springer, U.S.A.,2006.189-278
- [3] DC Hanna,CG Sawyers, MA Yuratich, “Telescopic resonators for large-volume TEMoo- mode operation”, Springer,1981.
- [4] <https://jp.optosigma.com>



## الزام شبکه ای شدن تمامی آزمایشگاه های صنایع ، کارگاه های تولیدی، مراکز تحقیقاتی و مجازی در جهت بهبود ارتباط صنعت و دانشگاه

الهام آقاغفاری<sup>\*۱</sup>، سلمان امام جمعه زاده<sup>۲</sup>، نوید احدی جمایران<sup>۳</sup>

۱- رئیس آزمایشگاه (مجتمع صنعتی آرتاویل تایلر)

۲- مشاور مدیر عامل در امور تکنولوژی (مجتمع صنعتی آرتاویل تایلر)

۳- کارشناس تحقیق و توسعه (مجتمع صنعتی آرتاویل تایلر)

aghaghaffari@uma.ac.ir

### چکیده

یکی از نیازهای ضروری توسعه علم و فناوری، امکان دسترسی به آزمایشگاه های پیشرفته و افراد متخصص در این زمینه می باشد، که بتوانند به پژوهشگران خدمات لازم را ارائه کنند. از این رو، لازم است با همکاری دانشگاه ها، پژوهشگاه ها، پارک های علم و فناوری و شرکت های دولتی و خصوصی مرتبط، یک شبکه آزمایشگاهی قدرتمند ایجاد کرد که قابلیت ارائه خدمات لازم به طیف وسیعی از متقاضیان را داشته باشد. در حال حاضر تمام آزمایشگاه های در سطح کشور در درون دانشگاه ها، مؤسسات پژوهشی و شرکت های دولتی و خصوصی عضو شبکه آزمایشگاهی نیستند. که به موجب آن، بدون وجود یک منبع اطلاعاتی جامع و به روز در بسیاری از موارد آزمایشگاه ها به خرید و توسعه تجهیزات خود و انجام آزمایش های موازی می پردازند که موجب افزایش هزینه تحقیق و توسعه آنها می شود. هدف این پژوهش مرور خدمات شبکه آزمایشگاهی و ارائه پیشنهاد اتصال تمام آزمایشگاه های مراکز تحقیقاتی، صنایع و کارگاه های تولیدی به شبکه ی آزمایشگاهی و نیز اتصال و تولید نرم افزارهای آزمایشگاه های مجازی برای تمامی رشته های دانشگاهی و تحقیقاتی است که لیست تمام تجهیزات، مواد اولیه و تخصص های هر یک در آن جا ثبت گردیده و امکان استفاده از آن ها توسط یکدیگر مهیا شود.

کلمات کلیدی: شبکه آزمایشگاهی، صنایع، آزمایشگاه مجازی، مواد اولیه.

مقدمه

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



هر ساله هزینه های زیادی توسط مراکز دانشگاهی و بخش های تحقیقاتی خصوصی و دولتی غیر دانشگاهی برای خرید تجهیزات آزمایشگاهی صرف می شود تا امکان پاسخگویی نیازهای تحقیقاتی کشور برآورده شود. بررسی های میدانی نشان می دهد امکانات خریداری شده بصورت بهینه مورد استفاده قرار نگرفته است، برخی از تجهیزات خریداری شده بدون راه اندازی مستهلک گردیده است. در موارد قابل توجهی حتی اعضاء هیأت علمی و معاونین پژوهشی دانشگاه به دلیل نبود یک ساختار نظامند و بانک اطلاعات تجهیزات، از تجهیزات آزمایشگاهی موجود آن دانشگاه مطلع نیستند [۱]. این امر موجب گردیده است محققین برای انجام تحقیقات با مشکلاتی مواجه شوند و یا از انجام تحقیقاتشان به دلیل نبود ابزار تحقیقاتی منصرف گردند [۲]. برای پرهیز از چنین مشکلاتی، طرح شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) به عنوان الگویی برای ساماندهی نوین آزمایشگاه ها و کارگاه های تحقیقاتی کشور مطرح می گردد [۳]. یا مواد آزمایشگاهی فراوانی امروزه از کمپانی های معتبر خارجی در دانشگاه و مراکز پژوهشی و فناوری وجود دارد به دلیل مازاد مصرف تاریخ انقضای آن ها منقضی شده و غیر قابل استفاده می باشد. بدین ترتیب این مقاله سعی دارد شبکه آزمایشگاه های علمی ایران را به عنوان یک الگو برای ساماندهی و مدیریت امکانات آزمایشگاهی و کارگاهی که نقش تعیین کننده در توسعه علم و فناوری دارد در کشور معرفی نماید تا مراکز تحقیقاتی بتوانند از این الگو جهت مدیریت و تأمین نیازهای تجهیزاتی، مواد آزمایشگاهی و بهره وری بهینه از امکانات موجود خود استفاده کنند. باید برنامه ای را تدوین کنیم که بتوانیم همه امکانات کشور را در جهت توسعه علم و فناوری سوق دهیم.

### شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو ایران

شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو در ابتدای سال ۱۳۸۳ با هدف ایجاد بستر مناسب برای ارائه ی خدمات آزمایشگاهی به محققین دانشگاهی و صنعتی و استفاده ی بهتر از ظرفیت های آزمایشگاهی کشور تشکیل شد. در دوره ی فعالیت این شبکه تا کنون، چندین مجموعه ی آزمایشگاهی به عنوان عضو قطعی شبکه پذیرفته شده اند.

### ۲-۱- خدمات شبکه به محققین و صنایع

شبکه ی آزمایشگاهی فناوری نانو با رو های مختلف، اطلاعات زیر را در اختیار اساتید، دانشجویان، پژوهشگران محترم و مراکز پژوهشی و صنعتی علاقمند قرار می دهد:

۱- کدام آزمایشگاه ها بهترین خدمات آزمایشگاهی را در زمینه ی مختلف حوزه فناوری نانو ارائه می دهند.





۲- هر یک از تجهیزات مورد نیاز محققین در حوزه فناوری نانو کدام آزمایشگاه ها قرار دارند و کدام یک از لحاظ تعرفه و تخصص بهتر است.

۳- نحوه ی تماس با هر یک از آزمایشگاه عضو در شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو چگونه است.

۴- نزدیک ترین آزمایشگاه های عضو شبکه به هر یک از محققین کدامند.

۵- اگر نیاز به خرید دستگاهی وجود دارد، چگونه می توان اطلاعات مورد نیاز از قبیل سوابق شرکت های نمایندگی فروش تجهیزات در ایران، پراکندگی تجهیزات در مناطق مختلف، نحوه عقد قرارداد با شرکت ها، آدرس پایگاه های اطلاع رسانی آن ها و غیره را به دست آورد.

#### شبکه آزمایشگاه های علمی ایران

شبکه آزمایشگاه های علمی ایران به مجموعه ای از آزمایشگاه های علمی اطلاق می شود که در قلمروهای مختلف جغرافیایی به صورت مستقل یا وابسته به دانشگاه ها، واحدهای پژوهشی، دستگاه های اجرایی و بخش خصوصی و عمومی به صورت فیزیکی یا الکترونیکی، روابط و تعاملات دوسویه خود را با حقوق و تکلیف معین برقرار می کنند. محدوده کاربرد این نظام مربوط به فعالیت شبکه آزمایشگاه های علمی در سطح کشور با هماهنگی وزارت علوم و همکاری مراکز تابعه و وابسته نظیر دانشگاه ها، پژوهشگاه ها و مراکز علمی و تحقیقاتی و نیز سایر بخش های دولتی و خصوصی می باشد [۴].

#### ۳-۱- انتظارات مورد نیاز از شبکه آزمایشگاه های علمی ایران

موارد ذیل، انتظارات مورد نیاز از شبکه آزمایشگاه های علمی ایران را بیان می نماید:

- شبکه سازی آزمایشگاه ها دسترسی آسان کلیه محققان به امکانات تمامی آزمایشگاه های کشور را فراهم می سازد.
- آزمایشگاه های دارای کمبود نمونه از آنجایی که در معرض دید مشتریان جدید قرار می گیرند، فعال خواهند شد.
- افزایش تعداد نمونه های ارجاعی به آزمایشگاه ها کاهش هزینه تمام شده آزمایشات را در پیش خواهد داشت.
- رقابت پذیری آزمایشگاه علاوه بر کاهش قیمت ها، افزایش کیفیت نتایج آزمایشات را در پی خواهد داشت.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- امکان استفاده بهینه از تجهیزات آزمایشگاهی
- کمک به تکمیل زنجیره تجهیزات پژوهشی در برخی از موضوع های خاص بروز کردن دستگاه های موجود و خرید دستگاه های تحقیقاتی جدید بر اساس نیازهای تحقیقاتی
- فراهم نمودن استفاده متقابل آزمایشگاه های عضو شبکه از امکانات یکدیگر و حداکثرسازی بهره برداری از منابع و توانمندی های علمی (سخت افزاری و نرم افزاری)
- نهادینه کردن فرهنگ به اشتراک گذاری منابع و توانمندی های علمی و آزمایشگاهی (سخت افزاری و نرم افزاری)
- مشارکت استادان، پژوهشگران و صاحب نظران در پروژه های تحقیقاتی مشترک
- جلوگیری از خریدهای غیرضروری و تکراری و در نتیجه کاهش هزینه های تحقیق و توسعه
- افزایش توان خرید تجهیزات گران قیمت و پیچیده از طریق سرمایه گذاری مشترک
- امکان ارائه خدمات مطلوب تر به متقاضیان و پژوهشگران اعم از دولتی و خصوصی
- امکان ارتباط بهتر بین مراکز علمی، صنعتی و تولیدی
- زمینه سازی برای طراحی و ساخت تجهیزات مهم آزمایشگاهی در داخل کشور
- ایجاد زمینه شناسایی دقیق ظرفیت های منطقه ای برای توسعه علمی، اقتصادی و اجتماعی و در نتیجه کمک به توسعه آزمایشگاه منطقه ای
- زمینه سازی برای انجام پژوهش های مشترک در سطح سازمانی، منطقه ای، ملی و بین المللی
- ایجاد مطلوبیت در نحوه سرمایه گذاری های ملی و بین المللی برای توسعه ظرفیت های پژوهشی
- تسهیل مبادله اطلاعاتی تجربی و دانش فنی آزمایشگاهی
- تشکیل بانک اطلاعاتی مشترک شامل نیروی انسانی متخصص، تجهیزات آزمایشگاهی، فضاهای تحقیقاتی
- امکان عملی شدن کار گروهی در کشور
- توسعه و تقویت مناطق کشور
- کمک به برقراری عدالت اجتماعی

۴- آزمایشگاه های مجازی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



با ظهور و گسترش فناوری های جدید در تعلیم و تربیت، طراحی محیط های یادگیری چندرسانه ای اهمیت فزاینده ای یافته اند. در این محیط ها، باهدف بهبود یادگیری معنادار، مطالب درسی از طریق ترکیب مجرای حسّی مختلف و شیوه های متعدد به دانش آموزان ارائه می شوند [5]. در این عصر، مؤسسات آموزشی باید افرادی را پرورش دهند که به جای حفظ و ذخیره اطلاعات، توانایی طبقه بندی، تحلیل و ترکیب اطلاعات، مهارت های حل مسئله، مهارت های ارتباطی، مباحثه، مذاکره، مهارت های مدیریتی و فنّاورانه داشته باشند تا بتوانند با تغییرات سریع تکنولوژیکی، صنعتی و اجتماعی همسویی مؤثری داشته باشند [6]. خوشبختانه به لطف پیشرفت فناوری در سراسر دنیا امکان دسترسی به آخرین اطلاعات روز برای هم ه ما فراهم شده امروزه شاهد آن هستیم که در هر خانواده حداقل یک تلفن همراه هوشمند و یا یک دستگاه رایانه موجود است، اگر هم نباشد در هر مدرسه تعدادی از این لوازم هر چند اندک به راحتی به چشم می خورد. به نظر می رسد ایجاد یک محیط یادگیری جایگزین به نام آزمایشگاه مجازی، در غالب ساخت نرم افزار به گونه ای که در دسترس فراگیران قرار داشته باشد می تواند در این زمینه به ما کمک کند [7].

### ۴-۱- انتظارات از آزمایشگاه های مجازی

در واقع آزمایشگاه واقعی آن نوع تجربه یادگیری می باشد که در آن دانش آموزان به صورت فیزیکی دنیای واقعی، مواد و لوازم عینی و محسوس را برای مشاهده و درک طبیعت یا دنیای مادی اطراف خود، دستکاری می کنند [8]. با توجه به منافع آموزش مجازی در سطح آموزش عالی، تقاضا برای برگزاری دوره های آموزش های مجازی در برنامه آموزشی دانشگاه ها رو به افزایش نهاده است [9]. در این میان ارائه دروس آزمایشگاهی به صورت مجازی مورد بحث قرار می گیرد که آیا فناوری های نوین آموزشی نظیر نرم افزار های آزمایشگاه مجازی می توانند جایگزین مناسبی برای آزمایشگاه های حضوری مراکز آموزشی باشند؟ یکی از مهم ترین مزایای آزمایشگاه های آنلاین قابلیت به اشتراک گذاشتن منابع موجود با سایر دانشگاه ها و مراکز آموزشی می باشد، در نتیجه هزینه های اقتصادی پیاده سازی و اجرا کاهش پیدا کرده و تجهیزات آزمایشگاهی جدیدی را تخصیص می دهد [10]. به نظر می رسد که می شود از شرایط موجود به بهترین شکل جهت آموزش فراگیران استفاده نمود به گونه ای که هم آموزش به بهترین شیوه خود ارائه شود و هم هزینه های مالی زیادی بر کشور تحمیل نگردد ما هر چقدر هم در زمینه تجهیز آزمایشگاه ها بودجه صرف کنیم باز هم با کسری مواجه می شویم. یکی دیگر از راه های برگزاری آزمایشگاه به صورت مجازی انجام آزمایش از راه دور به کمک شبکه جهانی اینترنت است. آزمایش های از راه دور عموماً نیاز به پهنای باند بالا دارند که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه در دسترس نیست. در حالی که آزمایش های متعدد بی شماری را می توان کاملاً به



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخه)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



صورت از راه دور اجرا نمود، بسیاری دیگر همچنان نیاز به همکاری و مشارکت افراد برای اجرا و پیاده سازی دارند و حتی گاهی برخی قابلیت اجرا به صورت آنلاین را ندارند [11]. اگر نگاهی به سیستم آموزشی کشور های توسعه یافته بیندازی، می فهمیم که شاید اصلا نیازی به ساختن آزمایشگاه در همه مدارس و مراکز آموزش عالی نباشد و بشود به راحتی در کسری از ثانیه آزمایشگاه را در دور ترین نقاط کشور فراهم کرد. در کشور ما بحث دسترسی به آزمایشگاه جدی شده به شکلی که بعضی رشته ها با وجود فراهم بودن مرکز آموزش عالی صرفا به دلیل نبود آزمایشگاه ارائه نمی گردد و جهت ادامه تحصیل مجبور است صدها کیلومتر از محل سکونت خود فاصله بگیرد که این خود هزینه ها و مشکلات زیادی را بر کشور تحمیل می کند در صورتی که می شود تنها با چند تغییر ساده و تجدید نظر در سیستم آموزشی این مشکلات را به طور کلی حل کرد.

#### ۵- روش تحقیق

لیست آزمایشگاه های بخش خصوصی، آزمایشگاه های دانشگاه ها، پژوهشگاه ها و موسسه های پژوهشی؛ از نظر حوزه فعالیت، آزمایشگاه های زیست فناوری، فناوری نانو، علوم شناختی، علوم و صنایع دریایی، هوایی، فضایی، ریلی، صنایع دستی، سلول های بنیادی، نفت، انرژی و نیرو، برق و الکترونیک، معدن، مواد، پلیمر، مواد غذایی و آرایشی و بهداشتی و غیره. از نظر سازمان مادر، آزمایشگاه های زیرمجموعه وزارتخانه های مختلف مانند وزارت علوم، بهداشت، صنعت، نیرو، کشاورزی و غیره بررسی گردید. نتایج بررسی نشان داد که آزمایشگاه های صنایع، عضویت کمتری نسبت به بقیه مراکز علمی همانند دانشگاه ها دارند.

از آنجایی که مدیریت تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی در دانشگاه و مراکز پژوهشی و فناوری پراکنده است و یک مدیریت واحد و مستقل برای آن اعمال مدیریت نمی کند، این معضل باعث شده از امکانات موجود بهره برداری کافی صورت نگیرد و اعتبارات دانشگاه صرف خریدهای موازی، تکراری و غیر ضروری گردد، از طرفی برای نگهداری و تعمیرات آن نیز دقت کافی صورت نمی گیرد و هر واحد بصورت مستقل تجهیزات و مواد آزمایشگاهی خریداری می نمایند. این امر موجب شده است تجهیزات فراوانی خریداری و در آزمایشگاه ها و کارگاه ها بلا استفاده یا راه اندازی نشده تجمیع گردد و یا اینکه از توان حداکثری آن ها استفاده نشود. در ارتباط با مواد شیمیایی و آزمایشگاهی نیز هر ساله حجم بالای مواد خریداری می گردد. نگهداری آن ها در انبارهایی با شرایط غیر استاندارد موجب افت کیفیت یا فساد آن ها می شود و از طرفی نیز امحاء آن ها علاوه بر مشکلات زیست محیطی، برای مراکز هزینه بر است.

از سوی دیگر دانشجویان، اغلب در تهیه مواد شیمیایی جهت انجام پژوهش که عموما به مقدار وزنی بسیار کم لازم است، مجبور به خرید مواد شیمیایی بسته بندی شده می شوند که با توجه به حجم بسته بندی حتی در حداقل ترین مقدار

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



نیز بسیار بیشتر از نیاز مصرف کننده می باشد. این عمل موجب هدر رفت مواد و منقضی شدن آن ها می گردد. همچنین اساتید راهنما، با توجه به هزینه ی بالای ماده ی بسته بندی شده با خرید آن موافقت نکرده و موجب عدم انجام صحیح پژوهش و یا ایجاد تاخیر طولانی در پروسه ی تحقیق می گردد.

### ۶- نتیجه گیری

با بررسی توانمندی های شبکه آزمایشگاهی و مشکلات ذکر شده، انجام موارد زیر می تواند در جهت ساماندهی وضعیت موجود مدیریت آزمایشگاه ها و کارگاه ها کمک شایانی داشته باشد:

- ۱- با توجه به ظرفیت قابل توجه صنایع در تهیه مواد اولیه شیمیایی، متاسفانه استفاده از این ظرفیت نادیده گرفته شده است که در صورت بهره برداری از آن ها، بخش قابل توجهی از مشکلات تهیه مواد توسط محققان رفع خواهد شد. چرا که شرکت ها و صنایع تولیدی کشور از امکانات بازرگانی و خرید مواد اولیه خارجی برخوردار بوده و امتیازات مناسبی از طرف دولت برای این مواد توسط صنایع در نظر گرفته شده است. از این رو الزام عضویت آزمایشگاه های صنایع و کارگاه های تولیدی در شبکه آزمایشگاهی توسط سازمان ملی استاندارد جهت استفاده از این ظرفیت پیشنهاد می شود.
- ۲- عضویت تمام آزمایشگاه های صنایع، کارگاه های تولیدی و دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی در شبکه آزمایشگاهی. این عمل موجب ایجاد ارتباط مضاعف صنعت و دانشگاه شده و پژوهشگران می توانند از مواد اولیه، دستگاه ها و تجهیزات سایر مراکز به صورت مشترک استفاده نمایند.
- ۳- تهیه لیست مواد شیمیایی موجود توسط دانشگاه، مراکز تحقیقاتی و صنایع و به اشتراک گذاری آن در شبکه به منظور استفاده ی محققان، پژوهشگران، دانشجویان و کارشناسان آزمایشگاه ها از منابع موجود.
- ۴- اتصال آزمایشگاه های مجازی به شبکه آزمایشگاهی جهت تقسیم منابع پردازشی، عملیاتی و علمی در جهت استفاده ی سایرین از منابع موجود.

### منابع

- ۱- معاونت پژوهش و فناوری وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - دفتر پشتیبانی و خدمات پژوهشی (۱۳۸۴) - گزارش گروه تجهیزات

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۲- محمدصادق علیائی ( ۱۳۸۶ ) شامتک موضوعی، فصلنامه رهیافت شماره ۴۱ مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور.

۳- سعیده افکان ( ۱۳۸۰ ) شامتک های پیشنهادی، فصلنامه رهیافت شماره ۲۷ و مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور.

۴- معاونت پژوهش و فناوری وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (۱۳۸۹) نظام نامه شاعا.

5- Moreno, R. and Mayer, R.E., 2002. Journal of educational psychology, 94(1), p.156.

۶- زهرا صفائی، علیرضا اعمادی و مریم طاهری. (۱۳۹۰). بررسی میزان رضایت مندی مضمولین آموزش مداوم از برنامه های آموزش الکترونیکی دانشگاه علوم پزشکی سمنان . مجله مرکز مطالعات و توسعه آموزش علوم پزشکی یزد، ۷، ۱۳ - ۲۰.

- 7- Jeschke, S., Richter, T. and Zorn, E., 2010. Virtual labs in mathematics and natural sciences. In International Conference on Technology Supported Learning & Training: Online Education Berlin.
- 8- Zacharia, Z.C. and Olympiou, G., 2011. Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. Learning and instruction, 21(3), pp.317-331.
- 9- Ahmad, Z., 2010. Virtual education system (current myth & future reality in Pakistan). Entrepreneurial Tutors.
- 10- Eckhoff, E.C., Eller, V.M., Watkins, S.E. and Hall, R., 2002. Interactive virtual laboratory for experience with a smart bridge test.
- 11- Abdulwahed, M. and Nagy, Z.K., 2011. The TriLab, a novel ICT based triple access mode laboratory education model. Computers & Education, 56(1), pp.262-274.





## مرور نظاممند آموزش علوم تجربی مبتنی بر آزمایشگاه

فاطمه مشک بید

دانشجوی گروه آموزشی علوم تربیتی، دانشگاه فرهنگیان، ایران

[f\\_moshkbid@yahoo.com](mailto:f_moshkbid@yahoo.com)

### چکیده

از جمله دروس مهم و اساسی آموزش، علوم تجربی می باشد و از آن جهت که دارای مفاهیم انتزاعی و دشوار است، اغلب یادگیرندگان برای یادگیری آن با مشکل روبه رو می شوند. آموزش آزمایشگاهی مبتنی بر فعالیت های عملکردی، مشارکت و خلاقیت است. در روش آزمایشگاهی فراگیر خود مسئول یادگیری خویش است، به طوری که مفاهیم نظری را به میدان عمل برده و از حفظ طوطی وار مطالب به سوی تعمق یادگیری گام برمی دارد. از طرفی گستردگی پژوهش های صورت گرفته در این حوزه، ضرورت بررسی نظاممند پژوهش های گذشته را بیش از پیش آشکار می کند. هدف از مطالعه حاضر، بررسی نظاممند مطالعات گذشته، در حوزه ی آموزش آزمایشگاهی علوم تجربی به جهت عمق بخشی یادگیری مفاهیم دشوار است. روش پژوهش مطالعه حاضر، با جمع آوری مطالعات گذشته مرتبط، به جمع بندی و تحلیل یافته ها به روش مرور نظاممند انجام شده است. جامعه آماری، شامل تمام پژوهش های مرتبط با موضوع در سال های ۱۳۸۰-۱۴۰۰ می باشد که از پایگاه های اطلاعاتی معتبر فارسی زبان با کلیدواژه های مشخص به صورت نظاممند جستجو و سپس با در نظر داشتن معیارهای ورود و خروج، مورد مطالعه قرار گرفتند که تعداد ۹۴ مقاله یافت شد. به این ترتیب، طبق بررسی عنوان تعداد ۳۳، طبق بررسی چکیده تعداد ۱۵، و همچنین طبق بررسی محتوای کامل متن تعداد ۵ سند گزینش شدند. یافته ها نشان داد که عوامل مرتبط با آموزش آزمایشگاهی علوم تجربی، ارتقای یادگیری، افزایش خلاقیت، درک مفاهیم دشوار، تقویت روحیه مشارکت در این مطالعات، بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: علوم تجربی، آزمایشگاه، مرور نظاممند



## ۱- مقدمه

از جمله فعالیت‌هایی که جهت نیل به اهداف علمی و کاربردی مورد استفاده آموزشگران قرار می‌گیرد، بکارگیری روش‌هایی در جریان فرآیند آموزش است که می‌توان مفاهیم را بهتر و کاربردی‌تر به یادگیرندگان آموزش داد. به بیان دیگر، فراگیران خود، مفاهیم را جست‌وجو می‌کنند، درک می‌کنند و به کار می‌برند. از سویی بکارگیری هر روش، مستلزم فراهم نمودن شرایطی است که آموزشگر با در نظر گرفتن آن، می‌تواند از روش‌های مختلف استفاده نماید. در دنیای امروز ارتقای یادگیری و پرورش خلاقیت فراگیران تنها در سایه‌ی آموزش‌های نوین محقق خواهد شد. از آنجا که در روش‌های نوین، آموزشگر فراگیران، را به تامل و تفکر بیشتر دعوت می‌کند، به نحوی که یادگیرندگان به بکارگیری مطالب و تجارب آموخته شده در زندگی خود می‌پردازند؛ لذا بهتر آنکه تمام آموزشگران علاوه بر آشنایی با مفاهیم یادگیری، بر روش‌های تدریس نیز شناخت و تسلط کافی داشته باشند [1, 2]. فعالیت‌های آزمایشگاهی یکی از اساسی‌ترین ارکان علوم تجربی است که منجر به توسعه دانش، مهارت و نگرش فراگیران می‌شود و بر یادگیری آن‌ها تاثیر مثبت دارد. اقدام به فعالیت‌های آزمایشگاهی، علاوه بر تعمق در یادگیری، منجر به دست‌ورزی و حل مسائل و کسب مهارت‌هایی خواهد شد که در زندگی روزمره وی نیز اثر گذار است و شالوده‌ای را جهت خلاقیت و ابتکار فراگیران فراهم می‌نماید. روش آزمایشی، روشی یادگیرنده محور است و فراگیران خود با شناسایی مسائل و اقدام به فعالیت‌های آزمایشگاهی به ارائه فرضیه‌های تازه می‌پردازند و سپس به جهت محرز ساختن آن آزمایشی را طراحی و برنامه‌ریزی می‌کنند. بدیهی است که فراگیران جهت جامعه عمل پوشاندن فرضیه‌های خود ملزم به جمع‌آوری اطلاعات، بحث و کندوکاو‌هایی هستند. فراگیران بعد از اثبات فرضیه به مطرح نمودن نتایج حاصل و تجزیه و تحلیل آن می‌پردازند و در نهایت یافته‌های خود را به صورت روش علمی بیان می‌نمایند، نتایج حاصل طیف وسیعی را دربردارد و آنقدر گسترده و ژرف است که برای فراگیران در موقعیت‌های مشابه زندگی روزمره و حل مسائل، کاربرد فراوانی دارد [3]. همچنین انسان ذاتا کنجکاو و جستجوگر است، آزمایشگاه به عنوان مکانی مناسب جهت اقناع حس کنجکاو یادگیرندگان می‌باشد. یادگیرندگان با اقدام به فعالیت‌های آزمایشگاهی با عملکردی مطلوب‌تر به پاسخ پرسش‌های خود نائل می‌آیند و همچنین می‌توانند در صحت و سقم مطالب نظری تتبع و تفحص نمایند، قدرت استدلال انتقادی و اندیشیدن خود را ارتقا دهند، به درک صحیح از مفاهیم دشوار و انتزاعی علوم تجربی برسند [4]. استفاده از دست‌سازها به علت اطلاعات دریافتی عینی و عملی در حافظه ماندگاری طولانی‌تر و با ثبات‌تری دارد به علاوه نیل به اهداف یادگیری مفهومی و یادگیری معنادار را تسهیل می‌کند. اساس این روش مبتنی بر اکتشاف می‌باشد و مستقیماً آموزش صورت نمی‌گیرد بلکه یادگیرندگان با بکاربردن ابزار و وسایل در دسترس ملزم به کسب تجربه خواهند شد. بنابراین روشن است که فعالیت‌های

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



عملی و اقدام به انجام آزمایش ها نقش زیربنایی در تثبیت یادگیری یادگیرندگان دارد که در آن تقویت توانایی اکتشاف، نوآوری و پرورش تفکر انتقادی محتمل است و مثال چینی: «آنچه را می شنوم فراموش می کنم، آنچه را می بینم به یاد می آورم، و آنچه را که انجام می دهم می فهمم» به خوبی بیانگر جایگاه و نقش پررنگ فعالیت های عملکردی در یادگیری مفهومی است [5, 6].

از سویی دیگر، امروزه یادگیری علوم تجربی در مدارس، جز موضوعات دشوار و حائز اهمیت مبدل شده که شایسته است در کلاس ها به نحو احسن و منطبق با اهداف آموزشی صورت می پذیرد. در زمینه آموزش علوم تجربی که جز علوم آزمایش محور به شمار می رود، اکثرا به تشریح و بیان حقایق و اصول اولیه شناخته شده علمی توجه می شود، که پس از مدت کوتاهی به فراموشی سپرده خواهد شد [4]. فراگیری علوم تجربی به یادگیرندگان امکان می دهد که روند شناختی خود را نسبت به دنیای اطراف خود بهبود بخشند. به این جهت باید به کسب مفاهیمی بپردازند که در مرتبط سازی تجارب به آن ها مفید و موثر واقع شود. به عبارت دیگر، باید مهارت مشاهده، کسب اطلاعات، سازماندهی، ایده پردازی، و آزمایش کردن را به خوبی بیاموزند؛ زیرا علوم تجربی دانشی بر پایه تجربه و آزمایش است. از جهت محتوایی، دانش علوم تجربی شامل مجموعه ای از مفاهیم و معناها است، و از جهت روشی، آزمایش ها و تجربه های عملی، پایه و اساس مفاهیم علوم تجربی را تشکیل می دهند؛ به گونه ای که بطلان نظریه های علمی قبلی و مطرح شدن حدس های بدیع، تنها در سایه ی اجرای آزمون های تجربی انجام پذیر است. لذا یکی از مناسب ترین روش ها در آموزش

علوم تجربی، روشی است که هر دو مولفه های محتوایی و آزمایشگاهی آن را در نظر بگیرد و فرآیند تفهیم مفاهیم علوم تجربی، با اجرای آزمایش های مرتبط با آن ها همراه می باشد. علاوه بر این، آموزش مفاهیم علوم تجربی با مشاهده و تجربه، حس کنجکاوی فراگیر را برمی انگیزاند و چشم اندازها و نگرش های ملموس تر و عینی تری را مهیا می کند. به علاوه، آشنا نمودن فراگیر با فنون عملی، سبب ایجاد نوآوری و توسعه مهارت های عملی در وی خواهد شد [7]. در مطالعه حاضر سعی شده است که به شناخت مولفه ها و نقش روش نوین آزمایشگاهی در درک مفاهیم دشوار علوم تجربی پرداخته شود. آزمایش کردن، یکی از شیوه های پایه ای یادگیری و تثبیت آموخته های علوم است که می تواند یادگیرنده را ملزم به تفکر، استدلال، نتیجه گیری و در نهایت افزایش میزان ماندگاری یادگیری شود؛ زیرا با استفاده از ابزارهای کمک آموزشی در دسترس و ساده، درک و دریافت بسیاری از مطالب دشوار سهل تر خواهد شد. اگر انتقال مطالب آموزش علوم تجربی از ابتدا به درستی صورت نپذیرد، یادگیری و تفهیم مطالب بعدی دشوار تر خواهد بود، و ممکن است به حدی





باشد که نیروی درک و باور در وی نسبت به حقایق علمی تضعیف شود، فهم آموزش علوم تجربی در نظر وی پیچیده و دشوار جلوه گر شود و در نتیجه نسبت به آن ها بی رغبت شوند.

## ۲ - مبانی نظری و پیشینه تحقیق

نتایج مطالعات [8, 3]، نشان داده که انجام فعالیت های آزمایشگاهی، مفاهیم را عینی و ملموس ساخته که منجر به تعمق یادگیری، ارتقا نوآوری، قوه خلاقیت فراگیران و توسعه قدرت استدلال شده است؛ به این علت که تجارب آزمایشگاهی عمل گرایانه ترین روش تدریسی می باشد که آموزشگر می تواند در کلاس خود بکار بگیرد و به پرورش خلاقیت فراگیران و توانایی یافتن راه حل های واقع بینانه و مناسب جهت خلق ایده های مبتکرانه و تازه توجه شایانی دارد. طبق یافته های [9]، یادگیرندگانی که از طریق یادگیری فعال به یادگیری می پردازند، نه تنها بهتر و پایدارتر مفاهیم را فرا می گیرند بلکه نسبت به آن اشتیاق و انگیزه بیشتری دارند؛ زیرا در جریان یادگیری خود مشارکت می کنند، به اکتشاف، پژوهش و حل مسائل توجه بسیار دارند و در نهایت، خود را متعهد و مسئول یادگیری خویش می دانند. همچنین نتایج حاصل از پژوهش های [5, 10, 11]، بکارگیری مهارت های یادگیرندگان بر میزان ماندگاری و ارتقا قدرت اندیشه و مهارت های ذهنی یادگیرندگان تاثیر مثبت داشته است. از این رو تجارب آزمایشگاهی در همراهی یادگیری فراگیران نقش پررنگ و اساسی را ایفا می کند. به علاوه فعالیت های آزمایشگاهی مجموعه تجارب مشترک و ارزشمندی را مهیا می کند که توجه یادگیرندگان را بر یک پدیده خاص و رویداد متمرکز می کند. مبنی بر مطالعه [12]، یادگیری علوم تجربی ماهیتی پویا و فعال دارد؛ بنابراین آموزش علوم بهتر است در جهت افزایش میزان مشارکت فعال یادگیرندگان باشد. پیامدهای حقیقی آموزش علوم تجربی به طور گسترده ای به آنچه در کلاس درس صورت می گیرد مبتنی است. بنابراین اگر یادگیرندگان فعالانه در فرآیندهای علوم تجربی درگیر شوند، آنگاه اطمینان می یابند که دانش علمی مبتنی بر آزمایش هایی است که در آن، اطلاعات گردآوری و بررسی می شوند و نظریه ها مطلق و همیشگی نیستند مع هذا زمانی که فراگیران به طور فعالانه در فرآیند یادگیری مشارکت دارند، انگیزه و اشتیاق بیشتری را می یابند. یافته های پژوهش [13]، نشانگر این بود که بکارگیری آموزش های نوین بر انگیزه و خلاقیت فراگیران تاثیر گذار است. از طرفی طبق یافته های [14]، نیز افزایش خلاقیت و نوآوری به یادگیرندگان راهگشاست؛ زیرا موجب افزایش عملکرد تیمی و علاقه مندی به یادگیری بیشتر آن ها خواهد شد. همچنین جهت حل مسائل آموزشی و ارتقای یادگیری، درک مفاهیم ثقل و کاربردی نمودن آن، یادگیرندگان نیازمند نوآوری و ایده پردازی اند که روش آزمایشگری پاسخگو و محل مناسبی جهت تقویت خلاقیت و ابتکارات یادگیرندگان است که با یکدیگر رابطه ای درهم تنیده و تکمیل کننده دارند. طبق

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

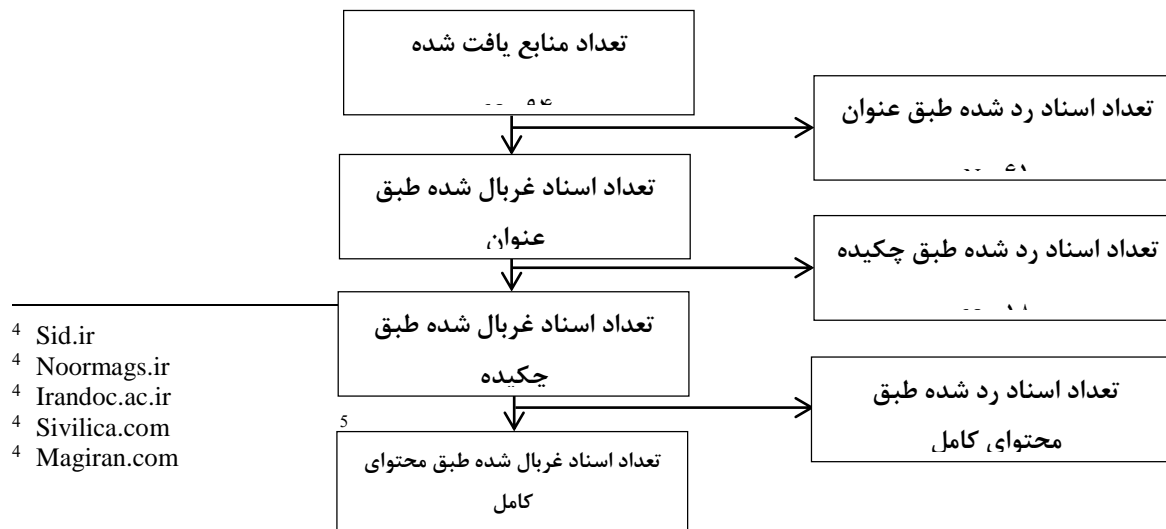
www.LabUMA2022.ir



یافته های [15, 16]، فراگیران در جریان یادگیری آزمایشگاهی علاوه بر تسلط بر مهارت های عملکردی به پرورش تفکر انتقادی نیز نائل خواهند شد که بر قدرت اندیشه، استدلال، یادگیری فعال و باورهای انگیزشی آن ها تاثیرات مثبت دارد.

### ۳- روش شناسی تحقیق

این پژوهش از نوع توصیفی می باشد و با توجه به روش اجرا، مطالعه ی نظامدار یا سیستماتیک تلقی می شود. هدف از انجام این مطالعه، مرور منظم پیشینه پژوهشی به منظور شناسایی و استخراج عوامل، مولفه های مؤثر در بکارگیری روش آزمایشگاهی در یادگیری مفهومی علوم تجربی می باشد. لذا این مطالعه، از نوع مطالعات ثانویه و روش اجرای آن مرور نظام مند یا سیستماتیک است. هدف از انجام مرور نظام مند مطالعه حاضر، بررسی پژوهش های انجام شده درباره آموزش آزمایشگاهی علوم تجربی بوده است که بر همین اساس، جامعه آماری مطالعه، تمام مقالات فارسی زبان در پایگاه جهاد دانشگاهی<sup>۴</sup>، مجلات تخصصی نور<sup>۴</sup>، پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک)<sup>۴</sup>، مقالات علمی همایش کشور<sup>۴</sup>، پایگاه نشریات کشور<sup>۶</sup> با معیارهای بازه زمانی سال های ۱۳۸۰-۱۴۰۰ و کلیدواژه های یادگیری و آزمایشگاه، روش تدریس و آزمایشگاه، علوم تجربی و آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفته اند که تعداد ۹۴ مقاله یافت شد. فرایند انتخاب اسناد در چهار مرحله صورت گرفت. ابتدا تمام منابع مرتبط و منطبق با مطالعه، شناسایی شدند. در مرحله بعد پژوهش ها بر اساس عناوین مقالات و کلیدواژه ها مورد بررسی قرار گرفتند که از میان ۹۴ پژوهش، تعداد ۳۳ مورد انتخاب شدند. سپس طبق میزان منطبق بودن چکیده پژوهش ها تعداد ۱۵ مورد گزینش شدند و در نهایت طبق محتوای متن مقالات، تعداد ۵ سند به صورت هدفمند و بر اساس غربالگری در مراحل مختلف، مورد مطالعه عمیق و تحلیل قرار گرفتند انتخاب شدند (شکل ۱).



<sup>4</sup> Sid.ir

<sup>4</sup> Noormags.ir

<sup>4</sup> Irandoc.ac.ir

<sup>4</sup> Sivilica.com

<sup>4</sup> Magiran.com

<sup>5</sup>

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شکل ۱. خلاصه فرآیند جستجو و گزینش مقالات منتخب

### ۴- مدل سازی، بررسی و تجزیه تحلیل داده ها

در پژوهش حاضر، با واکاوی اسناد منتخب، مفاهیم در ۴۷ مفهوم و سپس در ۱۲ مضمون کلی طبقه بندی شدند. در نهایت مرور منظم ادبیات و پیشینه پژوهش درباره عوامل مرتبط با آموزش آزمایشگاهی علوم تجربی، به شناسایی پنج عامل کلی شامل: عوامل انگیزشی، عوامل شناختی، عوامل نوآورانه، عوامل اجتماعی و عوامل عملکردی منجر شد. توجه بدین نکته ضروری است که تمام مولفه های ارائه شده، در زمینه ی یادگیری مفهومی و همچنین پیشرفت خلاقیت در علوم تجربی مفید واقع شده است (شکل ۲).



شکل ۲. مدل مفهومی آموزش علوم مبتنی بر آزمایشگاه

### ۵- بحث و نتیجه گیری

نتایج پژوهش [11]، که مبتنی بر وابستگی و نیازمندی دروس پایه ای و مهم مانند علوم تجربی به آزمایشگاه است با یافته های مطالعه حاضر، در عوامل عملکردی، که شامل ترغیب به فعالیت های عملکردی، ارتقا مهارت های اجرایی است





همسویی دارد. همچنین طبق یافته های [15, 16] که بر تاثیر تدریس آزمایشگاهی در افزایش علاقه، اشتیاق و یادگیری پایدار و مفهومی اشاره داشت با یافته های مطالعه حاضر در عوامل شناختی، که شامل تقویت استدلال انتقادی، شناخت عمیق تر مفاهیم و ایجاد فرصت یادگیری است و همچنین عوامل انگیزشی، که شامل ایجاد انگیزه و تقویت حس پرسشگری است همسویی دارد. در عوامل نوآورانه نیز نتایج مطالعه [7, 12, 13] بر بکارگیری روش های نوین بر ابتکار و خلاقیت فراگیران تاکید داشت که با عوامل نوآورانه ی مطالعه حاضر، که شامل ارتقا قوه خلاقیت و ترغیب به فعالیت های نوآورانه می باشد همسو است. نتایج پژوهش [14]، نیز که بر افزایش عملکردهای تیمی و فعالیت های گروهی توجه داشت با یافته های مطالعه در عوامل اجتماعی، که شامل افزایش تعاملات، تقویت روحیه همکاری، و ایجاد فرصت مشارکت است همسویی دارد. همچنین طبق پژوهش [17]، که محیط آزمایشگاه برای یادگیرندگان فرصت اجتماعی شدن و یادگیری در یک محیط راحت را فراهم می کند با نتایج مطالعه حاضر، در عوامل اجتماعی، که شامل افزایش تعاملات، تقویت روحیه همکاری، و ایجاد فرصت مشارکت است همسویی دارد. نتایج پژوهش [18]، که مبنی بر هدف بالابردن درک عینی یادگیرندگان از مطالب، مفاهیم و نقش آزمایشگاه در ایجاد کمک به یادگیری پایدار با یافته های حاضر، در عوامل شناختی، که شامل تقویت استدلال انتقادی، شناخت عمیق تر مفاهیم و ایجاد فرصت یادگیری است همسویی دارد. علاوه بر آن، یافته های معصومی [10]، نیز نشان داد که یادگیری علوم از طریق آموزش آزمایشگاهی، درک مفاهیم و فرایندها را عینی و ملموس تر می سازد و موجب می شود یادگیرندگان بسیار راحت تر و بادوام بیشتری روابط بین مفاهیم علمی پیچیده را درک کنند با نتایج مطالعه حاضر، در عوامل شناختی، که بر تقویت استدلال انتقادی، شناخت عمیق تر مفاهیم و ایجاد فرصت یادگیری تاکید دارد همسو است. عوامل انگیزشی مطالعه ی حاضر، با نتایج پژوهش [15]، که مبتنی بر یادگیری فراگیران در حین آزمایشگاه ایجاد نگرش مثبت و پرورش باورهای انگیزشی آنها می باشد، همسویی دارد.

در نتیجه، با توجه به اینکه آموزش علوم تجربی دارای مفاهیم تجربیدی و ثقیل است، برنامه درسی علوم تجربی بهتر است همراه با مشاهده تاملی، اندازه گیری، آزمایش، جمع آوری و تفسیر اطلاعات علمی، ایده پردازی و پیش بینی باشد که فراگیران بتوانند از تجربه های عملکردی خود جهت رشد و تکامل ذهنی خویش بهره ببرند. از سویی دیگر، روش تدریس آزمایشگاهی به عنوان یکی از روش های فعال، که بر تعمق یادگیری تاکید دارد مورد توجه است. در فرایند آزمایشگری فراگیران درگیر جریان یادگیری می شوند و برای طرح سوال، مشکل گشایی، جمع آوری اطلاعات علمی و کشف مهارت های جدید ترغیب می شوند. بدیهی است که با راهنمایی و تشویق آموزشگر و از طریق جستجو به حل

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



مسئله می پردازند و نیازمند مهارت معلم در تعیین میزان و نوع هدایت صحیح است؛ زیرا وظیفه ما در فرایند آموزش تنها انتقال واقعیت های علمی نیست.

### منابع

- [1] Azigwe, J.B., Kyriakides, L., Panayiotou, A., & Creemers, B.P.M (2016). International Journal of Educational Development, 51: 51-61.
- [2] شعبانی، حسن (۱۳۹۲). سمت، تهران.
- [3] بدریان، عابد، و السادات شکرباغانی، اشرف، و اصفا، آرزو، و عبدی نژاد، طالب (۱۳۸۷). نوآوری های آموزشی. ۷(۵): ۱۲۹-۱۵۶.
- [4] ناظمیان، صدیقه (۱۳۹۹). پویش در آموزش علوم پایه. ۶(۲۰): ۱۰-۱۹.
- [5] سیدی، سمیرا، و احمدی، فاطمه، و نصری، صادق، و صدراالشرافی، مسعود (۱۳۹۱). فناوری آموزش. ۷(۱): ۶۳-۵۱.
- [6] قنبری هاشم آبادی، بهرام علی، شهابی، مهرنسا (۱۳۸۷). فصلنامه روانشناسی تربیتی. ۴(۱۲): ۱-۲۱.
- [7] احمدی، یاور، و خدایی، علیرضا (۱۳۹۹). پژوهش در آموزش شیمی. ۲(۲): ۶۵-۵۳.
- [8] فیعی افوسی، حمید، و موسوی صالح، سید علی (۱۳۹۷). چهارمین کنفرانس سراسری دانش و فناوری علوم تربیتی مطالعات اجتماعی و روانشناسی ایران.
- [9] سلیمانی، خدیجه، و عبودی، جلال، و خجسته، ویدا (۱۳۹۹). پژوهش در آموزش شیمی. ۲(۳): ۳۷-۴۸.
- [10] ناموری، الهه، و جلیلیان، بهروز، و فنون، فرنوش، و رضایی، صفیه (۱۳۹۷). پویش در آموزش علوم پایه. ۴(۱۲): ۱۳-۲۰.
- [11] لهراسی، محمد (۱۳۹۹). پژوهش در آموزش شیمی. ۲(۲): ۲۱-۳۵.
- [12] مستور، هانیه، و نیلی، محمد رضا، و مقدسین، مریم (۱۳۹۶). فناوری آموزش و یادگیری. ۳(۱۱): ۱-۱۶.
- [13] خدابخشی هفشجانی، نسرین (۱۴۰۰). رهبری آموزشی کاربردی. ۲(۱): ۲۵-۳۴.
- [14] باقری، مهدی، و رنجبر، محمد حسین، و تب، سمیه (۱۳۹۴). پژوهش در نظام های آموزشی. ۹(۳۱): ۱۲۷-۱۶۲.
- [15] قبادی، لیلا، و پیری، موسی (۱۳۹۲). اندیشه های نوین تربیتی. ۹(۳): ۳۰-۵۳.
- [16] کرمی گزافی، علیرضا، و یونسی، جلیل، و عزیزیان، علی (۱۳۸۸). فناوری آموزش. ۴(۱): ۱-۹.
- [17] نقدی، نیره، و به پژوه احمد (۱۳۹۸). رویش روانشناسی. ۸(۱): ۱۱۷-۱۳۶.
- [18] غلامی، اعظم، و قربانی، محمدرضا (۱۳۹۷). آموزش پژوهی. ۴(۱۶): ۳۶-۵۱.



## پلاسمای فرکانس رادیویی: یک فناوری جدید جهت تصفیه آب های آلوده

ساسان رضائزاد<sup>۱\*</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- عضو هیئت علمی گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی،

اردبیل، ایران

### چکیده

در این مقاله، به معرفی پلاسمای به عنوان حالت چهارم ماده و تقسیم بندی انواع آن پرداخته شده است سپس تاثیر پلاسمای سرد به عنوان یک تکنولوژی جدید و پیشرفته جهت تصفیه پساب آورده شده است. همچنین بررسی ساختار پلاسمای فرکانس رادیویی (RF Plasma) به عنوان یک فناوری جدید جهت تصفیه آب های آلوده و خلاصه ای از مطالعات انجام شده در این زمینه آورده شده است. از این روش می توان برای کاربردهای مختلف از جمله تصفیه و پیش تصفیه پسابها، استفاده کرد. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر اثرات مثبت پلاسمای سرد فرکانس رادیویی جهت تصفیه آب های آلوده می باشد.

کلمات کلیدی: پلاسمای، پلاسمای فرکانس رادیویی، تصفیه آب





مقدمه:

در طی سال های اخیر با افزایش نگرانی های محیط زیستی ناشی از پیشرفت های فناوری و صنعت، تلاش های بسیاری در سراسر جهان برای به دست آوردن مواد و فرایندهای مؤثر جهت تصفیه آب های آلوده انجام شده است [۱]. تکنولوژی های اخیر مورد استفاده جهت تصفیه شامل تصفیه غشایی، فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOP) و جذب سطحی می باشد [۲]. فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته با تولید رادیکال های آزاد اکسیدان و هیدروکسیل، آن ها را برای تخریب آلاینده ها درگیر می کند. فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته خود شامل ۴ فرایند تصفیه الکتروشیمیایی، فرایند فوتوکاتالیستی، اوزوناسیون و تصفیه پلاسما می باشد [۳]. فناوری پلاسما در تصفیه آب جایگاه ویژه ای را به خود اختصاص داده است، زیرا قادر به تولید طیف گسترده ای از گونه های اکسیداتیو است و طراحی انعطاف پذیر آن، ترکیب هم افزایی را با سایر روش های جداسازی و اکسیداسیون پیشرفته تسهیل می کند [۳].

هدف از این مقاله، معرفی فناوری راکتور پلاسمای سرد تخلیه فرکانس رادیویی به عنوان یک فناوری جدید جهت تصفیه آب های آلوده می باشد.

پلاسما

پلاسما معمولاً به عنوان حالت چهارم ماده در دنباله حالت مواد یعنی جامد، مایع، گاز و پلاسما می باشد. هنگام انتقال انرژی به گاز خنثی، کسری از ذرات گازی می توانند به ذرات باردار به شکل پلاسما تبدیل شوند (یونیزه شوند). پلاسمای تولید شده توسط میدان های الکتریکی یا الکترومغناطیسی معمولاً به عنوان یک تخلیه الکتریکی مشخص می شود [۴].

پلاسما غالباً به دو دسته با دمای پایین و بالا تقسیم می شود. پلاسمای دما پایین به پلاسمای حرارتی و غیرحرارتی (سرد) تقسیم می شود که کاربردهای گسترده ای در زمینه های مهندسی شیمی دارند [۵]. پلاسمای سرد با اعمال ولتاژ بالا (۱۰ الی ۳۰ کیلو ولت) بین دو الکتروود فلزی و حداقل یک سد دی الکتریک (ساخته شده از شیشه، کوارتز، مواد سرامیکی، پلیمرها و یا غیره) ایجاد می شود. پلاسمای سرد را می توان در محیط های کاری مختلف (گازی و آبی) از طریق یونیزاسیون توسط تخلیه الکتریکی با فرکانس بالا، ولتاژ بالا با جریان پلاسمای یکنواخت تر تولید کرد. از انواع پلاسما سرد می توان به پلاسمای فرکانس رادیویی، کرونا، جت پلاسمای فشار اتمسفری، تخلیه های کاتد با حفره میکرومتری و تخلیه ی سد دی الکتریک اشاره کرد [۲].



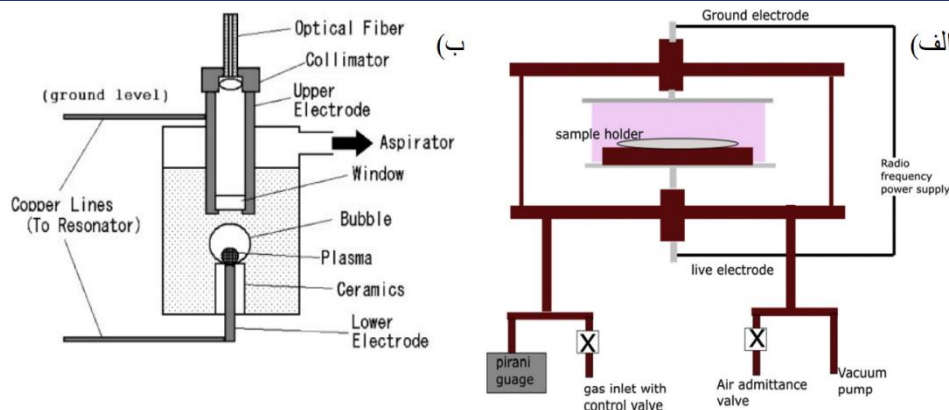
### پلاسمای فرکانس رادیویی (RF Plasma)<sup>۴</sup>

پلاسمای RF در آب بین دو الکتروود در یک ظرف تولید می شود. یک یا هر دو الکتروود با لایه های دی الکتریک مانند کوارتز، سرامیک و غیره که در اینجا سرامیک است پوشانده شده اند. سرامیک ها اجازه انتقال انرژی به آب از طریق کناره الکتروود را نمی دهند و امکان تامین برق RF را به بالای الکتروود بدون اتلاف می دهند. پتانسیل الکتریکی الکتروود بالایی در سطح زمین است و با برقراری جریان الکتریکی میان الکتروودها (شکل ۱). (ب))، پلاسمای از کاتد به سمت آند (مابین دو الکتروود) تشکیل می شود. الکتروود بالایی یک لوله برنجی است که می تواند به صورت عمودی تنظیم شود. فاصله معمول بین دو الکتروود ۱۲ میلی متر است و الکتروود بالایی در تماس با آب است. الکتروود پایین یک میله مسی است. قطر این میله ۰/۷ میلی متر یا ۲/۸ میلی متر و طول آن ۲۰ میلی متر است. الکتروود پایینی با یک لوله سرامیکی پوشیده شده است [۶].

نور پلاسمای از طریق یک پنجره اکریلیک، یک عدسی موازی و یک فیبر نوری به یک طیف سنج منتقل می شود. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، پنجره اکریلیک (ضخامت ۲ میلی متر) که با استفاده از کلاهک برنجی ثابت شده است، در پایین الکتروود بالایی قرار دارد و عدسی موازی در بالای الکتروود بالایی قرار دارد. فاصله بین پنجره و لنز ۹ سانتی متر است. در چنین سیستمی، قسمت داخلی لوله معمولاً با رنگ مشکی مات پوشانده می شود تا از انعکاس جلوگیری شود (شکل ۱) [۶].

پلاسمای RF در گاز از یک لوله شیشه ای با ضخامت ۴ میلی متر، ارتفاع ۱۲۰ میلی متر و قطر داخلی ۳۰۰ میلی متر ساخته شده است. صفحات بالا و پایین راکتور از فولاد ضد زنگ ساخته شده بودند. الکتروودها روی صفحات متصل شدند (شکل ۱). (الف)). صفحه پایه دارای پورت هایی برای اتصال مخزن گاز، فشار سنج پیرانی، پمپ خلاء و شیر ورود هوا است. الکتروودها به منبع تغذیه فرکانس رادیویی (RF) با فرکانس ۱۳/۵۶ مگاهرتز کوپل شدند [۷].

<sup>4</sup> Radio frequency plasma 7



شکل ۱: شماتیک پلاسمای سرد RF در تماس با (الف) گاز و (ب) آب [۶، ۷].

عملکرد پلاسما به فاکتورهای متعددی مانند: سیستم راکتور، الکتروود، انرژی ورودی، منبع تغذیه نوع و دبی گاز ورودی، دما و فشار عملیاتی، زمان تابش، فاصله تابش و خواص مایع (به عنوان مثال: رسانایی، pH و مواد افزودنی مثل نمک، یون ها) و غیره وابسته می باشد [۸]. امروزه پدیده پلاسمای سرد در اصلاح سطح، در زمینه حذف آلاینده‌گی و حفاظت از محیط زیست، فرآیندهای کنترل آلودگی، در صنعت نساجی و اخیراً در صفحه نمایش پلاسما و در چندین فرآیند تکنولوژیکی دیگر در علم و صنعت استفاده می شود. پلاسماهای سرد در سال های اخیر برای استفاده در فرایندهای تصفیه آب نیز بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. در این فناوری، مولکول های توده گاز توسط یونیزاسیون فعال می شوند و منجر به تشکیل اوزون و رادیکال های آزاد ( $OH^*$  و  $O^*$ ) می شوند که برای تبدیل آلاینده ها به محصولات کم خطر مانند  $CO_2$  و  $H_2O$  بسیار واکنش پذیر هستند. همچنین در سال های اخیر با توسعه نانو تکنولوژی، استفاده از نانومواد در تصفیه آب های آلوده افزایش یافته است. نانومواد دارای برتری هایی از جمله مساحت سطح بالا و در نتیجه تعداد بالاتر مکان های فعال، زمان جذب کوتاه آلاینده ها، درجه پخش بالا در محیط آبی و ظرفیت جذب بالا می باشند. یکی از بزرگترین مزیت پلاسماهای سرد، اصلاح نانومواد جهت تصفیه آب های آلوده می باشد که در جدول ۱ خلاصه ای از نانومواد اصلاح شده با پلاسمای سرد RF و همچنین خود پساب آلوده در تماس مستقیم با پلاسمای سرد RF جهت تصفیه آب های آلوده با شرایط مختلف نشان داده شده است [۸].

جدول ۱: خلاصه ای از نانومواد اصلاح شده با پلاسمای سرد RF و پساب آلوده در تماس مستقیم با پلاسمای سرد RF جهت تصفیه آب های آلوده با شرایط مختلف.

Material	Plasmatype	Application	Condition
----------	------------	-------------	-----------



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



Fe3O4 [9]	Air RF plasma	Removal of U(VI)	3.9 Pa, 100 W, 120 min
Nanotube TiO2 [10]	N2 RF plasma	Removal of (MB)	200 Pa, 500 °C, 2 h
Water [6]	RF plasma in water	Removal of (MB)	250 W, 1min

### نتیجه گیری:

این مقاله به معرفی پلاسمای فرکانس رادیویی به عنوان یک فناوری جدید جهت تصفیه آب های آلوده پرداخت و نشان داد که فناوری پلاسمای یک فناوری دوست دار محیط زیست است که با توجه به کمترین استفاده از مواد شیمیایی و نیز کمترین آسیب یا عدم آسیب به خواص دلخواه ماده مورد نظر، دارای کاربردهای مختلفی می باشد که در تصفیه آب های آلوده نیز می تواند موثر باشد.

### منابع:

- [1]. Piranloo, F.G.,(2018), Journal of New Materials,.
- [2]. ع.ن. سنجبد، ع. نعمت اله زاده، ن. سپهری جوان، (۱۴۰۰)، نشریه علمی ترویجی مطالعات در دنیای رنگ.
- [3]. Sahar Porrang, N.R., Soodabeh Davaran, Majid Mahdavia, Belal Hassanzadehg, Amin Mohammad Gholipour,(2021) Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, p. 1-12.
- [4]. Roohbaksh Bidaei M, Y.R., Azadfallah M,(2020) .Iran Occupational Health,.
- [5]. Fridman., A.,(2008) *Plasma chemistry*. Cambridge university press.
- [6]. MAEHARA, T.,(2006) *Radio Frequency Plasma in Water*. Japanese Journal of Applied Physics., **45**: p. 886.۸۸۶۸-۴
- [7]. Sarangapani, C.,(2017), Food Science and Technology,,: p. 102-110.
- [8]. Huang, Y., et al.,(2021), Chemical Engineering Journal.
- [9]. Duan, S.,(2017), Colloid and Interface Science,.
- [10]. Ruzybayev, I., (2015), *Mater. Sci. Semicond. Process.*,: p. 371-376.



## مقایسه روشهای دستگاهی و ترکیبات مختلف جهت تعیین سایز نانوذرات طلا با روش سنتز سبز و بررسی خواص ضد سرطانی آن

### زیبا-سوری نظامی

استادیار، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه زابل، زابل، ایران

sooni@uoz.ac.ir

چکیده: در این تحقیق مقایسه روشهای دستگاهی مختلف جهت سنتز نانوذرات طلا به روش شیمی سبز مورد بررسی قرار گرفت. به منظور این بررسی از دستگاههای میکروویو، سونوشیمی و سنتز هیدروترمال با تغییر شرایط قدرت و سرعت متفاوت و با استفاده از مواد  $\text{HAuCl}_4$ ، تری سدیم سیترات، پلی وینیل پیرولیدون، کیتوسان و عصاره پیاز بنفش استفاده شد. مورفولوژی، توزیع یکنواخت و اندازه نانوذرات سنتز شده توسط دستگاههای UV-Vis, FT-IR SEM, XRD و TEM مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور بررسی تاثیر نانوذرات سنتز شده توسط این روش ها به عنوان داروی ضد سرطان، آزمایشات مربوط به برهمکنش نانوذرات طلا با DNA غده تیموس گوساله (CT-DNA) مطالعه شد. مطالعات سیتوتوکسیسیته نانوذرات طلا به روش MTT بر روی رده سلولی سرطان پستان (MCF-7)، مقدار  $\text{IC}_{50}$  نانوذرات طلا را  $23/9$  نشان داد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوذرات تهیه شده با عصاره پیاز بنفش و عصاره پیاز بنفش-تری سدیم سیترات در هر دو نمونه زیر  $10$  نانومتر می باشند، قطر نانوذرات با استفاده از عصاره پیاز بنفش بزرگتر ولی نمونه کلوخگی از خود نشان نمی دهد در مقابل نانوذرات سنتز شده با عصاره پیاز بنفش-تری سدیم سیترات ریزتر و شاهد مقداری کلوخگی نانوذرات با قطر متوسط پنج نانومتر هستیم. اندازه سایز نانو ذرات به روشهای مختلف نشان داد که روشهای سونو شیمی و شیمی سبز سایز و مورفولوژی مناسبتری را برای نانو ذرات طلا حاصل می نماید.

واژگان کلیدی: نانوذرات طلا، میکروویو، سونو شیمی، ضدسرطان، پیاز بنفش



## ۱- مقدمه

هرساله تعداد زیادی از انسانها در اثر ابتلا به امراض مختلفی از جمله سرطان جان خود را از دست می دهند. هرگز نباید فکر کنیم که سرطان یک نوع مرض است. سرطان، مانند «بیماری های عفونی» یا «ورم مفاصل» مجموعه ای از بیماری های مرموز است که با هم ظاهر می شوند. بنابراین هر کدام بایستی جداگانه تشخیص و مداوا شوند. بدیهی است که در این مجموعه، بعضی با سرعت بیشتر علاج پذیرند و در مسیر مداوای بعضی دیگر، مشکلات فراوانی وجود دارد. در این زمینه معمولاً چند پزشک با تخصصهای لازم (جراح، شیمی درمانی، اشعه درمانی و غیره) به صورت گروهی کار می کنند. نانوذرات جهت تصویربرداری از تومور، نشان دادن بیومولکول های سرطان و همچنین هدف دار نمودن داروها به سرعت گسترش پیدا نموده اند. تثبیت نمودن داروهای شیمی درمانی بویژه از نوع آنزیمی در نانو ذرات پلیمری، منجر به افزایش پایداری آنها در مقابل حرارت، پروتئازها، تغییرات pH و سایر عوامل تخریب کننده ساختمان آنها می گردد. یکی از مهمترین شاخه های فناوری نانو، نانوذره ها می باشد. نانوذرات فلزی گوناگون از قبیل نقره، طلا، پلاتین، تیتانیوم، پالادیوم، مس و ... به دلیل اهمیت شان مورد توجه بسیاری از پژوهشگران هستند که در این میان نانوذره های طلا از اهمیت ویژه ای برخوردارند. طلا در مقیاس نانو، ویژگی هایی را بروز می دهد که آن را به فلز مهمی در فرآیندهای فناوری نانو تبدیل می کند. طلا فلزی نرم، چگال، شکل پذیر، با دمای ذوب ۱۰۶۸ سانتی گراد است که در مجاورت هوا و آب زنگ نمی زند و تیره نمی شود. طلا در شرایط استاندارد در مقایسه با دیگر عنصرهای جامد واکنش پذیری بسیار کمی دارد. نانوذرات طلا تقریباً یکی از نانو موادی است که به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته اند.

اولین گزارش از کلوئیدهای طلا توسط فارده بیان شد. در سال ۱۸۵۷ مایکل فارادی اولین مطالعات اصولی را در زمینه سنتز و رنگ کلوئیدهای طلا انجام داد. او متوجه شد که رنگ قرمز نانوذرات طلا به خاطر اندازه ی کوچک آنها می باشد، زیرا برهمکنش این ذرات با نور در مقیاس نانو با توده ی طلا متفاوت می باشد. اگرچه کارهای او بیشتر جنبه ی کیفی داشته، اما راه را برای بررسی بیشتر نانوذرات فلزی و کاربردهای گسترده ی آنها هموار نمود. از آن زمان تعداد متعددی مقاله ی علمی در زمینه ی سنتز، اصلاح، بررسی خواص سطح و تجمع نانوذرات فلزی از جمله طلا منتشر شده است که بسیاری از خواص فیزیکی و شیمیایی این ذرات را که تأییدکننده ویژگی های رفتاری آنهاست، بیان می کند.

بر اساس نظریه ی مای (Mie) برخی فلزها همچون طلا و نقره (دارای الکترون در لایه ی d) رزونانس های با عنوان پلاسمون در طیف فرابنفش-مرئی از خود نشان می دهند که این رزونانس ها از برهمکنش امواج الکترومغناطیس و



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخه)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



الکترون های گازی محبوس ایجاد می شود. این خاصیت رزونانسی نانوذره ها را می توان به کمک طیفسنجی مشاهده کرد. این خاصیت تنها زمانی بروز می کند که ذره ها به یک اندازه معین در مقیاس نانو می رسند. با توجه به قطر لایه های مولکولی روی سطح فلز رزونانس های متفاوت و انعکاسهای نوری متفاوتی ایجاد می شود. با تغییر اندازه و شکل نانوذره ها و رزونانس پلاسمون سطح هم دچار تغییر و جابه جایی شده و در نتیجه خواص ظاهری رنگ و جذب این نانوذره ها تغییر می کند. این روش اولین بار توسط ترکویچ در سال ۱۹۵۱ معرفی شد. نانوذره های طلا به وسیله کاهش نمک های طلا در آب با استفاده از یون سیترات به عنوان عامل کاهنده ایجاد می شود که به تولید نانو ذره های کروی با قطر ۲۰ nm می انجامد [۱-۸].

روش های زیستی از نوع روش های سبز ایمن، مقرون به صرفه و دوستدار محیط زیست هستند. در این روش از عصاره حاصل از ارگانیسیم های زیستی شامل گیاهان، جلبک ها و میکروارگانیسم ها به عنوان هر دو عامل پایدارکننده و احیاکننده برای ساخت نانوذرات استفاده می شود. گرچه راه های گوناگون زیستی برای تهیه ی زیستی نانوذرات طلا شناخته شده است، اما استفاده از بسترهای گیاهی برای تهیه نانوذرات یک روش نوظهور و طبق اصول شیمی سبز است. گیاهان زیادی وجود دارند که قابلیت ساخت نانوذرات را دارند ولی هنوز ناشناخته باقی مانده اند. مطالعات انجام شده نشان می دهد که از پلی فنول ها، کربوهیدرات ها و پروتئین ها موجود در گیاهان و مرکبات به دلیل اقتصادی بودن، جهت سنتز نانوذرات طلا استفاده شده است. از این میان گیاهان مختلفی مانند شمعدانی، بومادران، یونجه، زیتون و ... برای سنتز سبز نانوذرات مورد استفاده قرار گرفته اند. یک روش جدید در شیمی سبز برای سنتز نانوذرات طلا به این صورت است که تتراکلرید طلا به عنوان پیش ماده مورد استفاده قرار می گیرد و با استفاده از عصاره آب مرکبات کاهش یافته و به نانوذرات طلا تبدیل می شود. پس از آن فرس در سال ۱۹۷۳ بیان کرد که میتوان نانوذره های طلا را در اندازه های مختلف با استفاده از کنترل نسبت عامل کاهش دهنده/عامل پایدارکننده به دست آورد. بر این اساس نانوذره های طلا را با افزایش نمک طلا و یک ماده مؤثر سطحی مانند سدیم ۳-مرکاپتو پروپیونات تهیه می کنند.

پیاز بنفش دارای پروتئین، چربی، ویتامینهای (A, B1, B2, B3 و C)، مواد ازته، مواد قندی و املاح معدنی چون فسفر، کلسیم و آهن است. چغندر منبع منحصر به فردی برای مواد مغذی گیاهی به نام بتالائین ها است. بتانین و وولگازانتین دو بتالائین موجود در پیاز هستند. که به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته اند. و هر دو دارای خواص آنتی اکسیدانی، ضدالتهابی و سم زدایی هستند. در مطالعات آزمایشگاهی اخیر که بر روی سلولهای تومور انسانی انجام شده، مشخص شده است که رنگدانه بتانین پیاز رشد سلول های تومور را به چند طریق از جمله مهار آنزیمهای پیش التهابی کاهش

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



می دهد. انواع سلول های تومور که در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفتند، سلول های تومور بافت روده بزرگ، معده، عصب، ریه، سینه، پروستات و بیضه بودند [ ۹-۱۳].

### ۲- بخش تجربی

#### ۲-۱- مواد و دستگاهها:

پیاز بنفش بعد از شستشو، به صورت لایه لایه برش داده و در دمای محیط خشک شد سپس با آسیاب خانگی پودر شد. برای تهیه عصاره، ۵ گرم پیاز بنفش به ۱۰۰ میلی لیتر آب دوبار تقطیر اضافه شد و محلول به مدت ۵ ساعت همراه با همزدن در دمای ۶۰ سانتی گراد رفلکس شد. پس از خنک شدن، توسط کاغذ صافی صاف شد و عصاره برای مراحل بعدی آزمایش در دمای ۴ سانتی گراد نگهداری شد.

در ابتدا مقدار ۰/۱ گرم  $\text{HAuCl}_4$  (1mM) را در ۲۰ میلی لیتر آب دوبار تقطیر حل کرده سپس به محلول حاصل ۵ میلی لیتر محلول آبی حاوی عصاره پیاز بنفش به همراه ۰/۲ گرم از پلی وینیل پیرولیدون یا ۰/۲ گرم از کیتوسان یا ۰/۲ گرم از سدیم سیترات) را افزوده و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب (۶۰ سانتی گراد) همراه با همزدن قرار گرفت. بعد از ۱۰ دقیقه رنگ محلول قهوه ای کم رنگ شد. و رسوب شروع به ته نشین شدن کرد. رسوب تشکیل شده با سانتریفیوژ به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۴۰۰۰ جدا شدند. رسوب بدست آمده در دمای محیط خشک شد

#### ۳- بررسی نتایج آنالیز و داده ها

##### ۳-۱- آنالیز SEM:

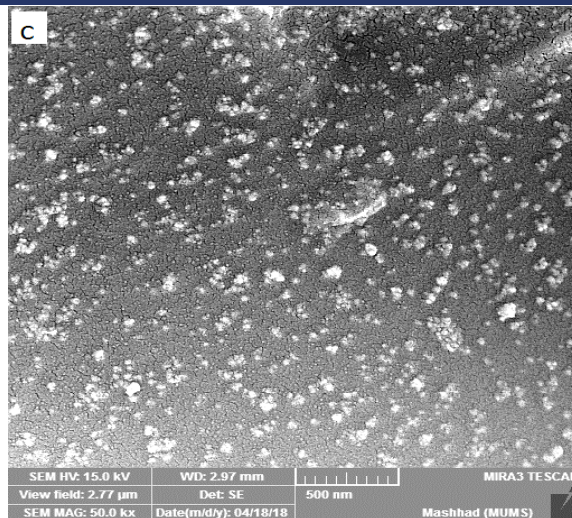
شکل ۱ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نانوذرات طلا سنتز شده با عصاره پیاز بنفش را نشان می دهد. تصویر SEM گرفته شده از نانوذرات طلا که باروش مایکروویو سنتز شده نشان می دهد، این نانوذرات از لحاظ ظاهری کروی، تک پاش و غیر کلوخه ای بوده و مرز بین دانه ها کاملاً از هم مشخص است. همچنین، اندازه ی میانگین قطر ذرات حدود ۴۰nm می باشد. بنابراین نانوذرات مناسبی برای استفاده در مصارف پزشکی می باشند.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

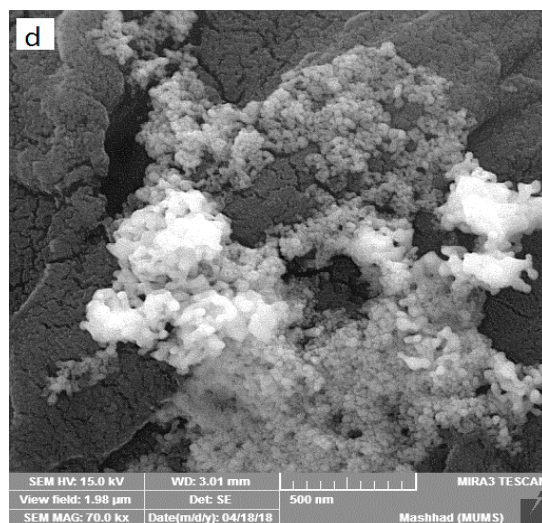
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱: تصویر SEM از نانوذرات طلا سنتز شده با عصاره پیاز بنفش

شکل ۲ تصویر SEM از نانوحامل طلا سنتز شده با عصاره پیاز بنفش-سدیم سیترات را نشان می دهد. همانطور که تصاویر نشان می دهد اندازه میانگین ذرات حدود ۷۰nm می باشد و ذرات غیرکلوخه ای و مرز بین آنها مشخص می باشد.



شکل ۲: تصویر SEM نانوذرات طلا سنتز شده با عصاره پیاز بنفش - سدیم سیترات



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

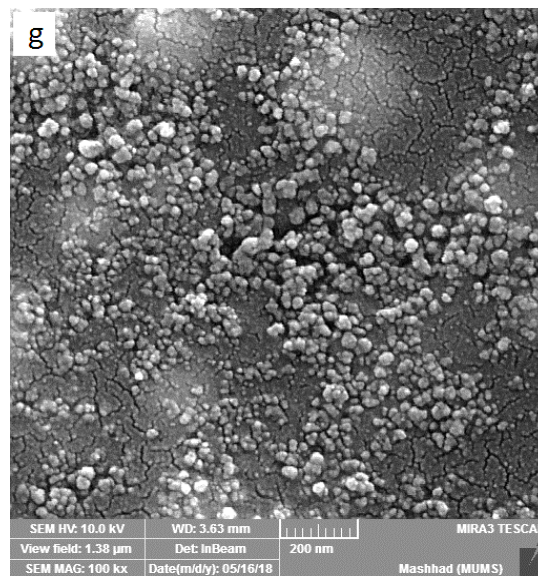
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳ تصویر SEM از نانوکپسول پودری سنتز شده با عصاره پیاز بنفش - پلی وینیل پیرولیدون را نشان می دهد. اندازه میانگین ذرات کمتر از ۵۰ نانومتر می باشد و ذرات غیرکلوخه ای و تک پخش سنتز شده اند. شکل ۴ تصویر SEM از نانوکپسول پودری سنتز شده با عصاره پیاز بنفش - کیتوسان را نشان می دهد. تصاویر تایید می کنند اندازه میانگین ذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر می باشد و ذرات با مقداری کلوخگی سنتز شده اند.



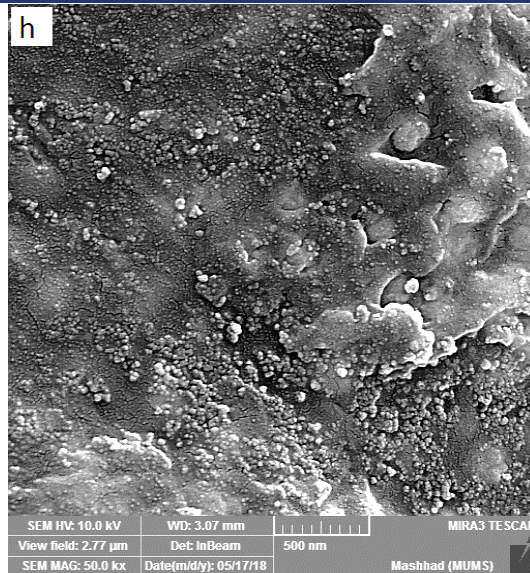
شکل ۳: تصویر SEM نانوذرات طلا سنتز شده با عصاره پیاز بنفش - پلی وینیل پیرولیدون

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

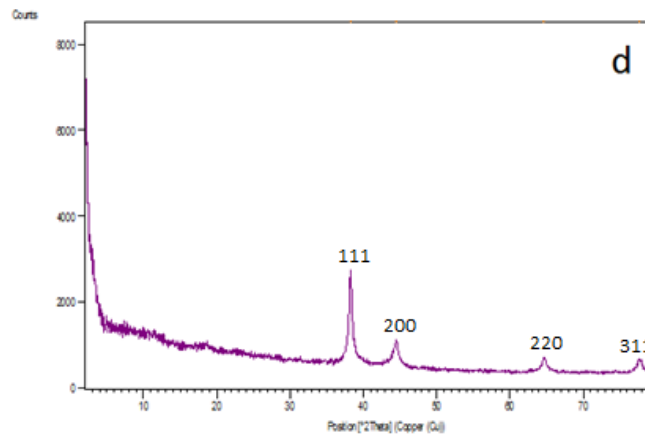
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۴: تصویر SEM نانوذرات طلا سنتز شده با عصاره پیاز بنفش - کیتوسان

### ۳-۲- آنالیز XRD:

شکل های ۵ و ۶ الگوی طیف پراش پرتو اشعه ایکس (XRD) را برای نانوذرات نشان می دهد. این الگوها فاز بلوری طلا را مشخص می کند و نشان می دهد اندازه بلورک ها با استفاده از معادله دبای شرر ( $0.9\lambda / \beta \cos \theta$ ) برای متوسط سه پیک اصلی در حدود ۱۵ نانومتر می باشد.



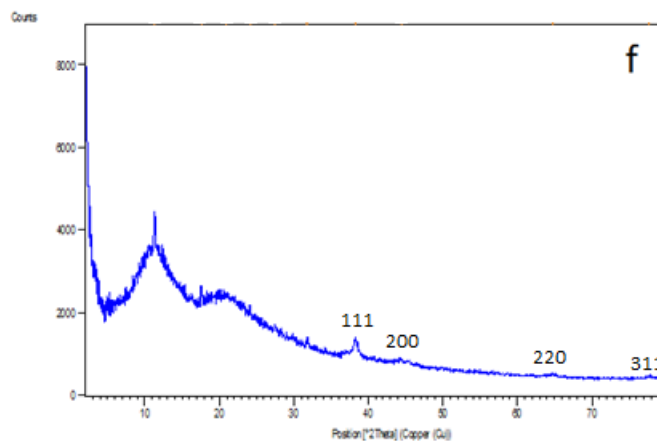
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شکل ۵: الگوی پراش پرتو ایکس برای نانوذرات طلا سنتز شده با عصاره پیاز بنفش



شکل ۶: الگوی پراش پرتو ایکس برای نانو طلا سنتز شده با عصاره پیاز بنفش-تری سدیم سیترات

### ۳-۳- بررسی نانوذرات با روش تبدیل فوریه مادون قرمز (FT-IR):

در این بخش با استفاده از آنالیز FT-IR، به اثبات وجود گروه های عاملی موجود در نانوذرات تهیه شده پرداخته شده است.

برای این منظور نمونه های تهیه شده از جمله نانوذرات طلا به صورت پودر در داخل دستگاه طیف سنجی قرار داده شد، و نتایج آنالیزها مشخص گردید.

شکل ۷ طیف تبدیل فوریه ی مادون قرمز نانوذرات طلا که به روش میکروویو و با عصاره پیاز بنفش سنتز شده را نشان میدهد. باندهای جذبی قوی حضور نانوذرات طلا را تایید میکند. پیوند کششی C-O در حدود  $1000\text{cm}^{-1}$ ،  $2950\text{cm}^{-1}$  و مربوط به کشش پیوند C-H و  $3375\text{cm}^{-1}$  نشان دهنده ی پیوند هیدروژنی O-H می باشد. همچنین پیک های  $1650\text{cm}^{-1}$  و  $1460\text{cm}^{-1}$  به ترتیب ارتعاش کششی متقارن و نامتقارن C=O و پیک پهن  $3400\text{cm}^{-1}$  مربوط به ارتعاش کششی پیوند O-H می باشد..



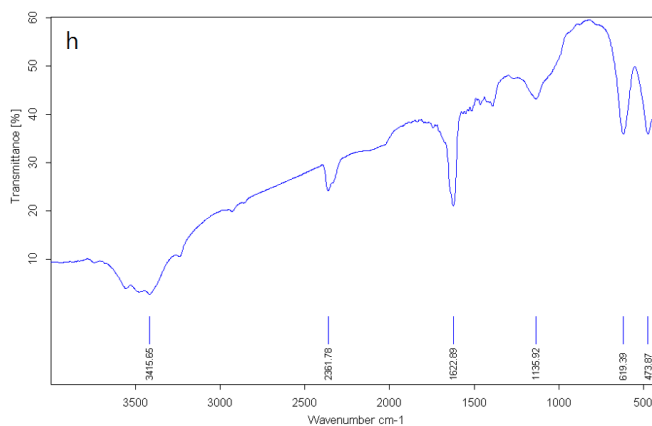
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

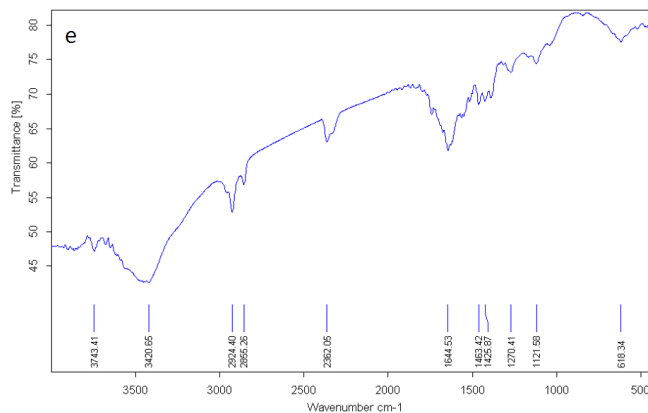
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۷: طیف مادون قرمز (FT-IR) نانوذرات طلا سنتز شده با عصاره پیاز بنفش

در شکل ۸ طیف تبدیل فوریه مادون قرمز نانو حامل های حاوی طلا نشان داده شده است. پیوند کششی C-O در  $\text{cm}^{-1}$   $1015$ ،  $2930$  مربوط به کشش پیوند C-H و  $3355$   $\text{cm}^{-1}$  نشان دهنده ی پیوند هیدروژنی O-H می باشد. همچنین پیک های  $1643$   $\text{cm}^{-1}$  و  $1455$   $\text{cm}^{-1}$  به ترتیب ارتعاش کششی متقارن و نامتقارن C=O و پیک پهن و قوی  $3359$   $\text{cm}^{-1}$  مربوط به ارتعاش کششی پیوند O-H می باشد.



شکل ۸: طیف مادون قرمز (FT-IR) نانوذرات طلا سنتز شده با عصاره پیاز بنفش -

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

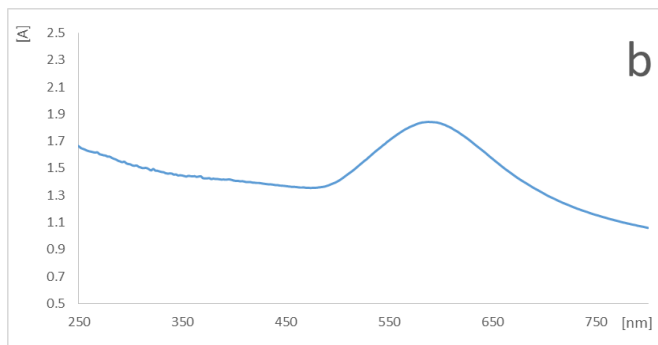
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



تری سدیم سیترات

### ۳-۴- بررسی طیف سنجی مرئی- فرابنفش (UV- Vis):

آنالیز طیف سنجی مرئی-فرابنفش بر روی نمونه های ساخته شده، به جهت اثبات تحت آنالیز UV- Vis بررسی می شود. شکل های ۹ و ۱۰ به ترتیب جذب ماورابنفش-مرئی نانوذرات طلا سنتز شده با عصاره پیاز بنفش و عصاره پیاز بنفش-تری سدیم سیترات را نشان می دهد. با استفاده از عصاره پیاز به تنهایی یک پیک پهن در ناحیه ۶۱۰ نانومتر مشاهده می گردد. با استفاده همزمان عصاره پیاز بنفش-تری سدیم سیترات یک پهن در ناحیه ۵۸۰ نانومتر مشاهده می شود. تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوذرات تهیه شده با عصاره پیاز بنفش و عصاره پیاز بنفش-تری سدیم سیترات به ترتیب در شکل های ۱۱ و ۱۲ آورده شده است. نانوذرات تهیه شده در هر دو نمونه زیر ۱۰ نانومتر می باشند، قطر نانوذرات با استفاده از عصاره پیاز بنفش بزرگتر ولی نمونه کلوخگی از خود نشان نمی دهد در مقابل نانوذرات سنتز شده با عصاره پیاز بنفش-تری سدیم سیترات ریزتر و شاهد مقداری کلوخگی نانوذرات با قطر متوسط پنج نانومتر هستیم.



شکل ۹: طیف UV-Vis حاصل از نانوذرات طلا سنتز شده با

عصاره پیاز بنفش

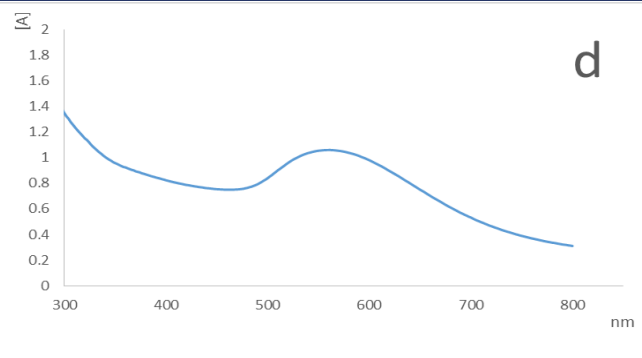
نمودار برهم کنش CT-DNA در حضور نانوذرات طلا در دمای ۳۰۰ کلوین در شکل ۱۳ آورده شده است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

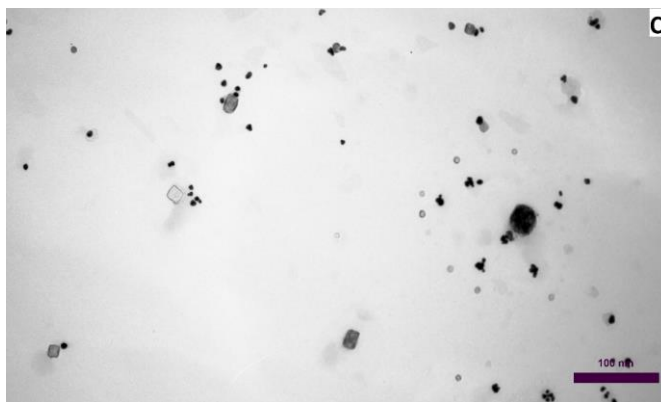
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱۰: طیف UV-Vis حاصل از نانوذرات طلا سنتز شده با

عصاره پیاز بنفش - تری سدیم سیترات



شکل ۱۱: تصویر TEM از نانوذرات طلا سنتز شده با عصاره پیاز بنفش

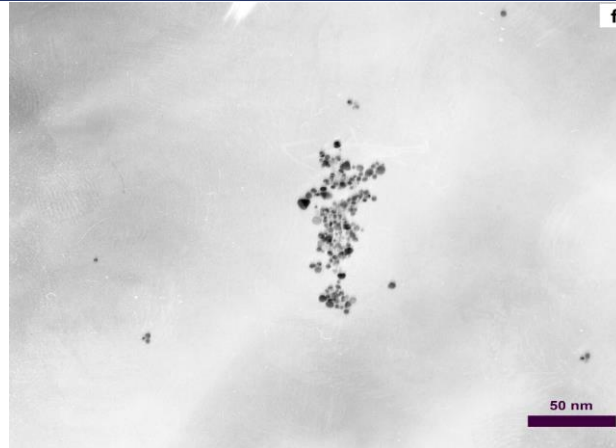


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

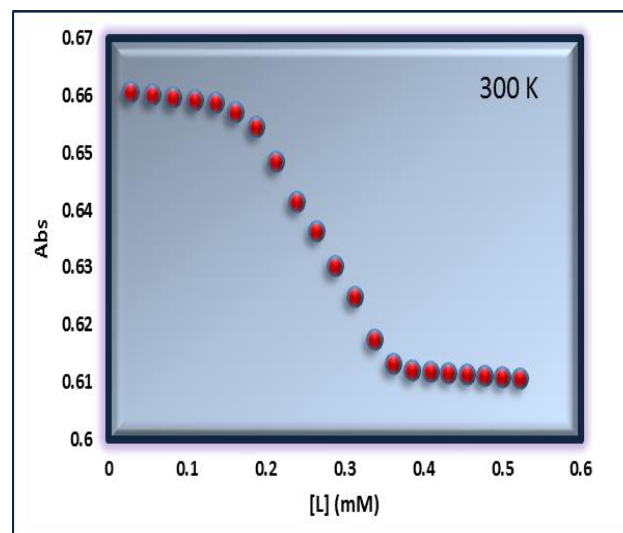
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



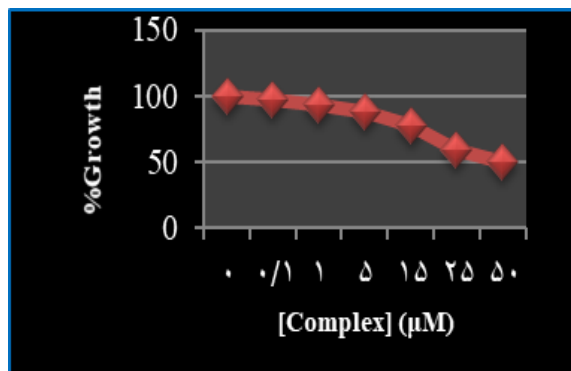
شکل ۱۲: تصویر TEM از نانوذرات طلا سنتز شده با عصاره پیاز بنفش و سیترات سدیم



شکل ۱۳: نمودار برهم کنش CT-DNA در حضور نانوذرات طلا در ۳۰۰ کلوین



به منظور محاسبه غلظتی از ترکیب که قادر است از رشد ۵۰٪ سلول سرطانی جلوگیری کند ( $Ic_{50}$ )، به روش MTT غلظت های متفاوتی از نانوذره (۰ تا ۲۵۰ میکرومولار) بر روی رده سلولی سرطان پستان (MCF-7)، در دمای ۳۷ سانتی-گراد انکوبه شده و تأثیر فعالیت ضدتوموری این نانوذرات بر رشد سلول های سرطانی بررسی شد. منحنی حاصله در شکل ۱۴ نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می شود با افزایش غلظت نانوذرات، درصد رشد سلول سرطانی کاهش یافته است. مقدار  $Ic_{50}$  نانوذرات طلا مقدار ۲۳/۹ بدست آمد. لذا این نانوذرات قادرند در غلظتهای پایین سبب مهار فعالیت و رشد و تکثیر سلول های سرطانی شوند



شکل ۱۴: مهار رشد و تکثیر سلول های سرطان پستان پس از ۴۸ ساعت انکوباسیون در دمای ۳۷ سانتی-گراد

#### ۴- نتیجه گیری

در این تحقیق نانوذرات طلا توسط روش های مایکروویو، سونوشیمی و سنتز سبز سنتز شدند. سپس با استفاده از تکنیک های مختلف مانند XRD, SEM, FT-IR, UV-Vis و TEM شناسایی شدند. پیک های جذبی UV-Vis نانوذرات، در محدوده ۵۲۸-۵۸۵ نشان دهنده سنتز نانوذرات طلا می باشد. نتایج تفسیر طیف های XRD حاکی از تشکیل و خلوص فاز بلوری و ساختار مکعبی مراکز وجوه پر برای نانوذرات طلا است. با استفاده از معادله دبای شرر اندازه نانوذرات محاسبه شد. بر اساس آنالیز TEM، مورفولوژی نانوذرات به صورت کروی است. مطالعات صورت گرفته با استفاده از اسپکتروسکوپی UV-Vis در دمای ۳۰۰ کلونین نشان داد که در اثر افزایش نانوذرات طلا به محلول DNA ساختار طبیعی



آن بهم خورده یا غیرطبیعی می شود. مطالعات سیتوتوکسیسیته نانوذرات طلا به روش MTT بر روی رده سلولی سرطان پستان (MCF-7)، مقدار  $IC_{50}$  نانوذرات طلا را ۲۳/۹۱ نشان داد. لذا این نانوذرات قادرند در غلظتهای پایین سبب مهار فعالیت، رشد و تکثیر سلول های سرطانی شوند. با توجه به تفاسیر ذکر شده و ویژگی های بی نظیر نانوذرات طلا (اندازه کوچک ذرات، سطح تماس بالا نسبت به حجم آن، طبیعت خنثی بودن آن، پایداری، خاصیت پخش شونده بالا، غیر سمی بودن و سازگار با محیط زیست) می توان از نانوذرات طلا به عنوان داروی ضد سرطان استفاده کرد. اندازه سایز نانو ذرات به روشهای مختلف نشان داد که روشهای سونو شیمی و شیمی سبز سایز و مورفولوژی مناسبتری را برای نانو ذرات طلا حاصل می نماید.

قدر دانی

نتایج حاصل از این مقاله تحت حمایت دانشگاه زابل و گزینت زیبا سوری نظامی می باشد.

#### مراجع

- [1] B. Karimi, M. Gholinejad, M. Khorasani, "Highly efficient three-component coupling reaction catalyzed by gold nanoparticles supported on periodic mesoporous organosilica with ionic liquid," *Chemical Communication*, 48, 8961-8963, 2012.
- [2] M. Daraei, M.A. Zolfigol, F. Derakhshan-Panah, M. Shiri, H.G. Kruger, M. Mokhleshi. "Synthesis of tetrahydropyridines by one-pot multicomponent reaction using nano-sphere silica sulfuric acid," *Journal of Iranian Chemical Society*, 12, 855- 861, 2015.
- [3] F. Paolo, J. Larry, S. Saul, "Nanobiotechnology: the promise and reality of new approaches to molecular recognition. *Trends in biotechnology*," 23(4), 169-173, 2005.
- [4] M. R. Jones, K. D. Osberg, R. J Macfarlane, M. R. Langille, C. A. Mirkin, "Templated techniques for the synthesis and assembly of plasmonic nanostructures," *Chemical Reviews*, 111: 3736–3827, 2011.
- [5] J. L. Daniels, T. Crawford, O. Andreev, Y. Reshetnyak, "Synthesis and characterization of pHLIP® coated gold nanoparticles," *Biochemistry and Biophysics Reports*, 10, 62–69, 2017.
- [6] N. Jameel, "Synthesis of gold nanoparticles with novel shape via chemical process and evaluating the structural, morphological and optical properties. *International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy*," *Environment and Sustainability, Energy Procedia*, 119, 236-241, 2017.
- [7] K. B. Narayanan, N. Sakthivel, "Green synthesis of biogenic metal nanoparticles by terrestrial and aquatic phototrophic and heterotrophic eukaryotes and biocompatible agents," *Journal of Advances in Colloid and Interface Science*, 169, 59–79, 2011.
- [8] J. Turkevich, P. C Stevenson, J. Hillier, "Preparation of gold colloids (Sodium Citrate reduction method) *Discuss, Faraday Society*, 11, 55-59, 1951.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

- [9] R. Tarnawski, M. Ulbricht, "Amphiphilic gold nanoparticles in the presence of citric acid-based dendrimers Containing periphery hydroxyl groups." *Journal of Materials chemical physics*, 129, 189–194, 2011.
- [10] Q. Shen, Q. Min, J. Shi, L. Jiang, W. Hou, J. Zhu, "Synthesis of stabilizer-free gold nanoparticles by pulse sonoelectrochemical method," *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(1): 231-237, 2011.
- [11] J. Y. Song, H. Jang, B. Kim, "Biological synthesis of gold nanoparticles using *Magnolia kobus* and *Diopyros kaki* leaf extracts. *Process Biochemistry*," 44(10), 1133–1138, 2009.
- [12] S. Shankar, A. Rai, A. Ahmad, M. Sastry, "Rapid synthesis of Au, Ag and bimetallic Au core-Ag shell nanoparticle using neem (*Azadirachta indica*) leaf broth," *Colloid Interface Science*, 275, 496-502, 2004.
- [13] S. Rajeshkumar, S. Venkat Kumar, C. Malarkodi, M. Vanaja, K. Paulkumar, G. Annadurai, "Optimized Synthesis of Gold Nanoparticles using Green Chemical Process and its Invitro Anticancer Activity Against HepG2 and A549 Cell Lines," *Mechanics, Materials Science & Engineering*, 1, 542-548, 2017.



## سنسور نوری جهت تشخیص جهت و شدت نور ماوراء بنفش

ژیلا علی پناه<sup>۱</sup>، محمد صادق ذاکر حمیدی<sup>۱</sup>، عمید رنجکش<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده فیزیک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

<sup>۲</sup>مرکز عالی فوتونیک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

<sup>۳</sup>دپارتمان ماده چگال، انستیتو جوزف استفان، لیوبلیانا، اسلوانی

چکیده: امروزه استفاده از منابع طول موجی در بازه ماوراء بنفش در بسیاری از کارکردهای آزمایشگاهی و حتی مصارف خانگی رونق گرفته است. منابع نوری ماوراء بنفش علاوه بر کارکردهای آزمایشگاهی امروزه برای ضد عفونی سازی در سیستم های تصفیه هوا مورد استفاده قرار می گیرد. از آنجایی که تشخیص و شناسایی وجود این بازه طول موجی در محیط کار بعلاوه نامرئی آنها برای چشم تقریباً غیر ممکن است، لذا نیاز به سنسورهایی با تشخیص وجود بازه طول موجی ماوراء بنفش در محیط و بخصوص نشان دادن جهت نشت آنها داریم. در این تحقیق با استفاده از پلیمرهای بلور مایع به ساخت تیغه های پلیمری حساس به نور ماوراء بنفش پرداخته می شود. با توجه به این که در این مواد نور ماوراء بنفش به گرما تبدیل می شوند تیغه های پلیمری به سمت منبع نور خم می شوند که می تواند نشانگر محل نشت نور ماوراء بنفش باشد.

کلمات کلیدی: سنسور ماوراء بنفش، جاذب نوری، پلیمر بلور مایع



#### مقدمه

اشعه ی ماوراءبنفش بدلیل مشمول شدن حدود ۱۰ درصد از تابش خورشید، در تمامی مراحل زندگی بشری حضور دارد [۱]. همگام با وجود اثرات مضر و مفید حاصل از تابش این بخش از طیف امواج الکترومغناطیسی، در طی سالیان اخیر توجه دانشمندان و محققین بسمت بهره مندی از آن سوق یافته است [۱]. با پیشرفت های اخیر، پرتو ماوراءبنفش کاربردهای متعددی در صنایع مختلف شامل پزشکی، مواد خوراکی، ضد عفونی سازی هوا و آب و نیز لوازم صنعتی را به خود اختصاص داده است [۲]. بدین دلیل حصول امکان تشخیص شدت و نیز جهت تابش این پرتو از اهمیت بسزایی برخوردار بوده و کمک شایانی به پیشرفت هر چه بیش تر صنایع مربوطه می کند.

جهت ساخت چنین سنسورهایی نیاز به استفاده از مواد حساس به نور ماوراء بنفش می باشد که قادر به پاسخگویی به این طول موج از امواج الکترومغناطیسی باشد. یکی از بهترین مواد کاربردی در این زمینه، پلیمرهای بلورمایع است [۳]. ادغام خواص مکانیکی پلیمری و طبیعت ناهمسانگرد بلور مایع در این مواد سبب ظهور خواص منحصر بفرد در آنها شده است. نور تابشی به این مواد، در پی فعل و انفعالات شیمیایی انجام گرفته در ماتریس پلیمری به گرما تبدیل می شوند. بدین ترتیب پلیمرهای بلورمایع دچار تغییر شکل ماکروسکوپی می شوند که در نتیجه یک تغییر برگشت پذیر در نظم موضعی مولکولی، یا به عبارتی تغییر در پارامتر نظم حاصل شده از توزیع ناهمسانگرد گرما در طول شبکه ی پلیمری صورت می پذیرد. همین امر به نوبه خویش خمیدگی فیلم پلیمری مربوطه در پاسخ به نور تابشی را سبب می شود [۴]. بدین ترتیب می توان از طریق مکان، جهت و زاویه خمیدگی شدت و جهت نور ماوراء بنفش تابشی را تشخیص داد.

#### مواد و روش ها

مواد مورد استفاده به ترتیب عبارتند از: مزوژن فعال (RM 82)، جاذب نور ماوراء بنفش از گروه تینوین (Tinuvin 326) و آغازگر نوری (Irgacure 369). در این راستا روش در پیش گرفته شده بدین صورت می باشد که ابتدا سلول بلورمایع از طریق چسباندن سطوح شیشه ای لایه نشانی شده توسط پلی ایمید<sup>۴</sup> به منظور جهت دهی مولکولی، ساخته می شود. متعاقبا سلول مذکور با مخلوط تهیه شده از مواد ذکر شده با ترکیب درصد های مناسب، پر می گردد که در ادامه با انجام فرآیند فوتوپلیمریزاسیون در محدوده ی طول موج نور ماوراء بنفش، امکان حاصل شدن شبکه ی پلیمری بلورمایع فراهم می گردد. سپس فیلم های حاصل شده از سلول جدا گشته و پس از برش داده شدن در قطعات مستطیلی شکل با ابعاد مناسب، در چیدمان تجربی قرار می گیرد. چیدمان تجربی مذکور شامل منبع نوری ماوراء بنفش با توان

<sup>4</sup> Polyimide



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مشخص و یک عدسی جهت همگرایی نور تابشی می باشد. متعاقبا با ضبط رفتار خمیدگی فیلم مربوطه توسط دوربین فیلم برداری، زاویه و جهت خمیدگی حاصل شده بررسی می گردد.

### نتایج و بحث

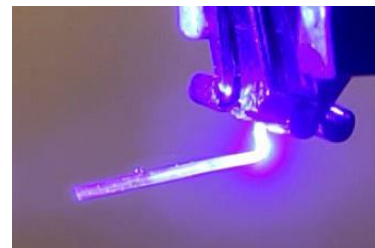
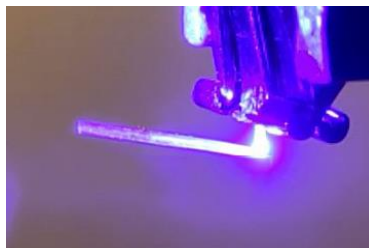
فیلم های پلیمری بلورماید حاصل شده که همگی شفاف می باشند، پس از جداسازی از سلول و برش داده شدن در ابعاد مناسب، جهت بررسی چگونگی خمیدگی در چیدمان تجربی مربوطه قرار گرفتند. برای این منظور سه فیلم پلیمری با درصد های مختلف تعیین شده از مواد مورد استفاده، به گونه ای که در جدول ۱ لیست شده است، آماده شدند.

جدول ۱. درصد های وزنی تعیین شده جهت پلیمریزاسیون فیلم ها پلیمری بلورماید.

فیلم پلیمری	درصد وزنی (wt%) مواد مورد استفاده
فیلم پلیمری I-	RM82 (85 wt%), Tin326 (14 wt%), Irgacure369 (1 wt%)
فیلم پلیمری II-	RM82 (84 wt%), Tin326 (15 wt%), Irgacure369 (1 wt%)
فیلم پلیمری III-	RM82 (83 wt%), Tin326 (16 wt%), Irgacure369 (1 wt%)

برای این منظور از پنج منبع نور در محدوده طول موجی ماوراء بنفش با توان های مشخص به ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳، ۰/۰۴ و ۰/۰۵ میلی وات استفاده شد. فیلم های پلیمری به ترتیب در مقابل تمامی منابع نور مذکور قرار گرفتند. مشاهده گشت که فیلم های مربوطه به صورت جداگانه فقط به منبع نور خاصی واکنش نشان دادند. بدین صورت که فیلم پلیمری I و II- و III- به ترتیب به منبع نور ۰/۰۱ میلی وات، ۰/۰۳ میلی وات و ۰/۰۴ میلی وات پاسخ دادند. این امر به نوبه خویش بیان کننده محدوده پاسخ دهی فیلم پلیمری می باشد. نتایج حاصل شده اعم از منبع نور پاسخ دهی شده و زاویه خمیدگی در جدول ۲ لیست شده اند. همچنین در شکل ۱ چگونگی واکنش دهی فیلم های پلیمری مورد مطالعه آورده شده است.

بدین ترتیب می توان سنسوری بر پایه پلیمر بلورماید طراحی کرد که متناسب با رفتار خمیدگی فیلم پلیمری، امکان تشخیص پارامترهای مرتبط با منبع نور تابشی فراهم گردد.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



(پ)

(ب)

(الف)

شکل ۱. پاسخ فیلم های پلیمری مورد مطالعه به تابش منبع نور: الف) فیلم پلیمری-I در واکنش به منبع نور ۰.۱ میلی وات، ب) فیلم پلیمری-II در واکنش به منبع نور ۰.۰۳ میلی وات، پ) فیلم پلیمری-III در واکنش به منبع نور ۰.۰۴ میلی وات.

جدول ۲. پاسخ دهی فیلم های پلیمری مورد مطالعه به منابع نور تابشی همراه با زاویه خمیدگی آنها

زاویه خمیدگی	توان منبع نور پاسخ دهی شده	فیلم پلیمری
۵۰°	۰.۰۱ میلی وات	فیلم پلیمری-I
۸۷°	۰.۰۳ میلی وات	فیلم پلیمری-II
۱۲۴°	۰.۰۴ میلی وات	فیلم پلیمری-III

### منابع و ماخذ

- [1] Carl A. Batt and Mary Lou Tortorello, Encyclopedia of food microbiology, 2<sup>nd</sup> edition, Academic press (2014).
- [2] Md. Saifur Rahman, Jahangir Alom, Ashis Sutradhar Nitai, Md. Saif Hasan, Mohammad Boshir Ahmed, Sunghyun Nam, Md. Ibrahim H. Mondal, 14 - Ultraviolet-blocking protective textiles, Woodhead Publishing, (2022).
- [3] John W. Goodby, Peter J. Collings, Takashi Kato, Carsten Tschierske, Helen Gleeson, Peter Raynes, Volkmar Vill, Handbook of Liquid Crystals, 2<sup>nd</sup> edition Wiley-VCH, (2014).
- [4] Dirk Broer, Gregory P Crawford, Slobodan Zumer, Cross-Linked Liquid Crystalline Systems: From Rigid Polymer Networks to Elastomers, CRC Press, (2011).



## روش های جداسازی الفین های سبک از پارافین

هومن گلستان زاد\*<sup>۱</sup>، دکتر علی نعمت اله زاده<sup>۲</sup>، دکتر ماشاالله رضا کاظمی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - گروه مهندسی شیمی - دانشگاه محقق اردبیلی،  
(hooman.golestanzad@gmail.com)

۲- استاد - گروه مهندسی شیمی - دانشگاه محقق اردبیلی، (nematollahzadeha@uma.ac.ir)

۳- دانشیار - گروه مهندسی شیمی و مواد - دانشگاه صنعتی شاهرود، (rezakazemi@shahroodut.ac.ir)

### چکیده

جداسازی مخلوط های سبک الفین های سبک از پارافین با عدد کربن یکسان یکی از پرانرژی ترین فرآیندهای جداسازی در صنعت پتروشیمی است. جداسازی الفین های سبک از پارافین به روش های مختلفی انجام می گیرد و همچنین برخی روش ها به دلیل پرهزینه بودن و طاقت فرسا بودن عملیات کنار گذاشته می شوند. جداسازی غشایی گاز - مایع به عنوان جایگزینی برای فرآیندهای معمولی مانند تقطیر برودتی، جداسازی از روش Absorptive و جداسازی از روش Adsorptive به دلیل مصرف کم انرژی مورد توجه زیادی قرار گرفته اند. یکی از مهمترین روش ها استفاده از سیالات محاسباتی (CFD) برای شبیه سازی انتقال جرم در کنتاکتورهای غشایی است. این روش توسط تعدادی از محققان برای مدل سازی کنتاکتورهای غشای الیاف توخالی در فرآیندهای مختلف مانند استخراج حلال بر پایه غشاء و تقطیر غشایی استفاده شد. این روش متکی به حل معادلات پیوستگی و انرژی است.

کلمات کلیدی: الفین های سبک، پارافین، روش های جداسازی.





## مقدمه

یکی از مهم ترین و با ارزش ترین مواد شیمیایی و مواد اولیه، اتیلن و پروپیلن می باشد که جزء الفین های سبک<sup>۵</sup> محسوب می شود [۱-۵]. الفین های سبک از ساختارهای مهمی محسوب می شوند که در بسیاری از فرآیندهای صنعتی، یعنی در صنایع پلاستیک و لاستیک، و همچنین در افزودنی های بنزین برای بهبود اکتان نقش دارند [۲]. الفین های سبک خود شامل چهار جزء می باشد که عبارتند از: اتیلن، پروپیلن، بوتادین و بوتیلن. این ترکیبات به دلیل داشتن حداقل یک پیوند دوگانه یا بیشتر کربن-کربن، ترکیبات غیراشباع و واکنش پذیر می باشند.

اتیلن و پروپیلن به دلیل کاربرد گسترده ای که در صنایع پلیمر دارند و همچنین به ترتیب ماده اولیه سنتر پلی اتیلن و پلی پروپیلن هستند، از الفین های مهم به شمار می آیند. به دلیل تعداد استفاده های صنعتی از این پلی الفین ها، تقاضا برای آن ها همی شه در حال افزایش است. پالایه شگاه های نفت خام به طور کلی به تولید سوخت های حمل و نقل مانند بنزین، نفت سفید و گازوئیل گرایش دارند؛ اما از نظر اقتصادی تولید عمدتاً الفین های سبک و BTX (مخلوط بنزن، تولوئن و زائلین) که مواد اولیه صنایع پتروشیمی محسوب می شود با صرفه و مهم می باشد و همچنین میزان تولید این مواد شیمیایی شاخص سطح صنایع شیمیایی است. الفین ها معمولاً در صنایع پتروشیمی با چندین فرآیند از جمله کراکینگ (بخار)، کراکینگ کاتالیزوری یا دهیدروژناسیون کاتالیستی پارافین ها تولید می شوند [۴].

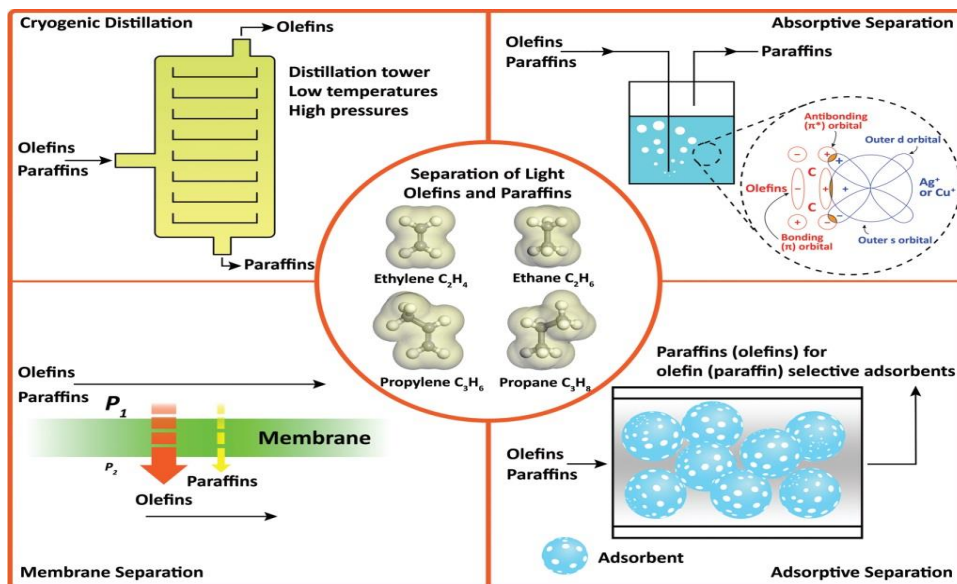
جداسازی الفین و پارافین با تعداد کربن مساوی، از اهمیت زیادی برای صنایع پتروشیمی برخوردار است و مر سوم ترین و پرهزینه ترین روش جدا سازی الفین سبک و پارافین، تقطیر آبی با شد. جدا سازی غ شایب الفین ها از پارافین ها به عنوان یک فرایند جداسازی جدید با مصرف انرژی کمتر، تأثیر بالقوه بالایی دارد. از طرف دیگر، فرایندهایی مانند دهیدروژناسیون کاتالیستی مخلوطی از الفین و پارافین را ایجاد می کنند که الفین ها باید قبل از استفاده در صنایع پتروشیمی، ابتدا از مخلوط گاز جدا شوند به دلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مشابه گاز الفین و پارافین مانند اندازه های مولکولی و نقطه جوش، جداسازی آن ها از همدیگر مشکل می باشد.

مشکل اصلی در جداسازی الفین ها و پارافین ها با همان تعداد اتم کربن نزدیک بودن نقاط جوش اجزا است. یک روش معمول برای جداسازی مخلوط الفین ها و پارافین ها، تقطیر در دمای پایین است.

<sup>5</sup> Light olefins	0
<sup>5</sup> Cracking	1
<sup>5</sup> Paraffins	2
<sup>5</sup> Distillation	3



روش های جداسازی الفین های سبک و پارافین معمولاً به چهار صورت زیر انجام می پذیرد که عبارتند از [۶]: تقطیر  
برودتی، جداسازی از روش Absorptive، جداسازی از روش Adsorptive، جداسازی غشایی.



شکل ۱. مقایسه شماتیک فرآیندهای مختلف جداسازی الفین های سبک / پارافین [۶].

### ۱-۱- جداسازی تقطیر برودتی

پیشرفته ترین فناوری جداسازی الفین سبک/پارافین، تقطیر برودتی است، یک فرایند جداسازی کامل که برای جداسازی، از هوا در آن به کار گرفته می شود. جداسازی الفین ها و پارافین ها به دلیل خصوصیات فیزیکی مشابه آنها، معمولاً توسط تقطیر برودتی در دماهای پایین و فشارهای بالا انجام می شود. تقطیر برودتی از نظر عملیاتی پرهزینه و طاقت فرسا می باشد و به دمای 183-258K، فشار بین 7-28 bar و همراه با تعداد سینی بالا (بیش از ۱۰۰ سینی) و نسبت رفلکس (۴-۵/۲ برای اتیلن/اتان و ۲۰-۱۲ برای پروپیلن/پروپان) رسیدن به خلوص مورد نظر الفین نیاز می باشد. جداسازی مخلوط های الفین / پارافین در حال حاضر توسط تقطیرهایی با انرژی زیاد در دمای پایین انجام می شود همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، ستون های تقسیم کننده عظیم برای جداسازی مخلوط های اشباع نشده / اشباع شده ضروری است، به عنوان مثال از یک تقسیم کننده با ۱۲۰ سینی برای بدست آوردن اتیلن در خلوص کافی برای واکنش های پلیمریزاسیون استفاده می شود. البته، ایجاد فرآیندهای جدید صرفه جویی در انرژی برای جداسازی مخلوط های الفین / پارافین از اهمیت زیادی برخوردار است [۶].

### ۱-۲- جداسازی از روش Absorptive



در طول جداسازی مبتنی بر جذب Absorption، اجزای خاصی ترجیحاً به فاز جاذب منتقل می شوند در حالی که اجزای باقیمانده در فاز گاز غنی می شوند. اگر احیای جذب از نظر انرژی مقرون به صرفه باشد، این فرآیند ممکن است به میزان قابل توجهی انرژی کمتری از تقطیر برودتی مصرف کند. از آنجا که الفین ها به شدت با  $\text{Ag}^+$  و  $\text{Cu}^+$  فعل و انفعال دارند، طراحی سیستم های جداسازی مبتنی بر جذب با استفاده از جاذب های مایع که حاوی گونه های  $\text{Ag}^+$  یا  $\text{Cu}^+$  هستند، آسان است. علاوه بر ستون های جذب Packed، کنتاکتورهای غشای<sup>۴</sup> مایع - گاز در دو دهه گذشته به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته اند. اخیراً سیستم های جذب براساس<sup>۵</sup> ILs نیز توجه زیادی را به خود جلب کرده اند. در مقایسه با سیستم های حلال سنتی، ILs دارای فشار بخار بسیار پایین، پایداری گرمایی عالی، حلالیت بالای عوامل کمپلکس نقره و مس، به حداقل رساندن اتلاف حلال فرآیندها بدون به خطر انداختن ظرفیت جذب گاز، از پارامترهای اساسی به شمار می آید. علاوه بر این، برخی ILs گزینش پذیری جذب متوسط الفین/پارافین را نشان می دهند. حذف کردن ناخالصی ها قبل از فرآیند جذب Absorption، به طور نامطلوبی هزینه عملیاتی را افزایش می دهد که می تواند حتی بیشتر از تقطیر برودتی هزینه بر باشد [۶].

### ۳-۱- جداسازی از روش Adsorptive

جذب سطحی گاز یک فرآیند خودبه خودی است که در آن مولکول های گاز به سطح جامد می چسبند. فرآیندهای جداسازی گاز جذب سطحی براساس ویژگی های مختلف جذب، گازهای مورد هدف در در سطح جانبی جامد، جذب می شوند. جاذب ها به شکل پودر یا ساچمه ای شکل معمولاً مناطق سطحی داخلی بزرگی دارند تا بر این اساس ظرفیت جذب را به حداکثر برسانند. مکانیزم های جداسازی الفین/پارافین جذب شده را می توان تقریباً به تفکیک تعادلی و غیرتعادلی طبقه بندی کرد که شامل جداسازی جنبشی و غربال مولکولی است. در جداسازی تعادلی، جداسازی بر اساس تمایلات مختلف الفین ها و پارافین ها به جاذب ها حاصل می شود. به عنوان مثال، از آنجا که الفین ها قطبی تر از نمونه های پارافینی خود هستند، به دلیل فعل و انفعالات قوی تر با جاذب ها، می توان آن ها را در جاذب های قطبی مانند زئولیت<sup>۴</sup> 4A غنی کرد. به عبارت دیگر، مواد متخلخل با محیط بسیار قطبی (به عنوان مثال، چارچوب های باردار آراسته شده با یون های مخالف) جاذب های انتخابی الفین بالقوه ای به حساب می آیند [۶].

### ۳-۱- جداسازی غشایی

<sup>5</sup> Membrane contactors 4

<sup>5</sup> Ionic liquids 5

<sup>5</sup> 4A zeolite 6



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



جداسازی مبتنی بر غشاء، یک فرایند جداسازی مداوم است که بر اساس تفاوت در سرعت عبور (نفوذ پذیری) اجزای مختلف در غشاهای تحت حالت پایدار ساخته شده است. ادغام یا حتی جایگزینی کامل تقطیر برودتی با مصرف انرژی زیاد با فرایندهای مبتنی بر غشاء برای کاهش هزینه و مصرف انرژی بسیار مطلوب است. تجزیه و تحلیل اقتصادی نشان داده است که مواد غشایی با عملکرد بالا برای رقابت اقتصادی از نظر فرایندهای مبتنی بر غشاء پراهمیت و بحرانی هستند. غشاهای حامل تسهیل شده گروه دیگری از غشاهای هستند که برای جداسازهای الفین/پارافین توسعه یافته اند. با تغلیظ عوامل کمپلکس ساز نقره یا مس در ماتریس های غشایی، قابلیت انحلال الفین ها در داخل غشاء می تواند به طور قابل توجهی افزایش یابد، که منجر به بهبود قابلیت نفوذ الفین و عوامل جداسازی گاز می شود. یک روش موثر دیگر برای دستیابی به عملکرد جداسازی خوب غشاء، معرفی ساختارهای متخلخل به درون غشاء است. موادی با اندازه های مناسب می توانند به طور قابل توجهی عبور گاز را از درون غشاء سرعت بخشند [۶].

فرآیندهای غشایی با نیروی محرکه ی فشار بیشتر براساس اندازه ی منافذ غشای آن ها طبقه بندی می شوند. بنابراین، در این فرآیندها جداسازی بر اساس مکانیزم حذف اندازه اتفاق می افتد. فرآیندهای غشایی مختلف در این گروه میکرو فیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، نانو فیلتراسیون و اسمز معکوس است که در جدول ۱ نمایش داده شده است [۷].

جدول ۱. تقسیم بندی فرآیندهای غشایی براساس نیروی محرکه [۷].

اختلاف فشار	اختلاف غلظت	اختلاف پتانسیل الکتریکی	اختلاف دما
میکروفیلتراسیون (MF)	تراوش تبخیری (PV)	الکترو دیالیز (ED)	اسمز نفوذی (DO)
الترافیلتراسیون (UF)	جداسازی گاز (GS)	الکترو اسمز (EO)	تقطیر غشایی (MD)
نانو فیلتراسیون (NF)	نفوذ گازی (GD)	الکترو لیز غشایی (ME)	
اسمز معکوس (RO)	دیالیز (D)		
	انتقال با حامل (CMT)		
	دیالیز نفوذی (DD)		

یک فناوری جایگزین جذاب برای جداسازی مخلوط الفین ها و پارافین ها، یک کنتاکتور غشایی گاز مایع است که در آن غشایی به عنوان رابط بین فازهای مایع و گاز عمل می کند، و یک جاذب مایع قادر به کمپلکس برگشتی خاص با

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



یک الفین است. از مزایای کنتاکتور غشایی امکان تنظیم مستقل جریانهای گاز و مایع و همچنین سطح ویژه زیاد غشایی موجود در ماژول تا ۳۰۰۰ متر مربع در متر مکعب است. به عنوان یک مایع جاذب برای جداسازی مخلوط الفین ها و پارافین ها، از محلول های نمک های مس یا نقره یک ظرفیتی به طور کلی استفاده می شود، از آنجا که این فلزات قادر به شکل گیری برگشت پذیر کمپلکس های  $\pi$  با پیوند دوتایی الفین هستند. برخلاف الفین ها، پارافین ها فقط تحت جذب فیزیکی قرار می گیرند. جذب شیمیایی در دمای اتاق اتفاق می افتد و ترکیبات همگی با گرم شدن از بین می روند و منجر به دفع الفین می شوند. از آنجا که دفع در سیستم های حاوی مس در دماهای بالاتر اتفاق می افتد، نمک های نقره بیشتر استفاده می شوند [۸].

یکی از مهمترین روش ها مدل مقاومت در سری است. در این روش مقاومت در سه محفظه کنتاکتور غشایی به صورت سری در نظر گرفته می شود و روند بر اساس مقاومت ها مدل می شود. در سال های اخیر، از پویایی سیالات محاسباتی (CFD) برای شبیه سازی انتقال جرم در کنتاکتورهای غشایی استفاده شده است. پارامترهای تأثیرگذار سیستم در قسمت بسیار کمی از ماژول تعیین می شوند. بنابراین، بررسی پدیده های حمل و نقل در کنتاکتورهای غشایی به روشی مناسب امکان پذیر است. این روش توسط تعدادی از محققان برای مدل سازی کنتاکتورهای غشای الیاف توخالی در فرآیندهای مختلف مانند استخراج حلال بر پایه غشاء و تقطیر غشایی استفاده شد. این روش متکی به حل معادلات معادلات پیوستگی و انرژی است. با این حال، مطالعات کمی در مورد جداسازی پروپیلن از پروپان گزارش شده است و نیاز قطعی به توسعه این فرآیند وجود دارد [۹].

#### نتیجه گیری

جداسازی مخلوط های سبک الفین های سبک از پارافین با عدد کربن یکسان یکی از پرانرژی ترین فرآیندهای جداسازی در صنعت پتروشیمی است. جداسازی الفین های سبک از پارافین به روش های مختلفی انجام می گیرد که عبارتند از: جداسازی تقطیر برودتی، جداسازی از روش Absorptive، جداسازی از روش Adsorptive و جداسازی غشایی. جداسازی غشایی گاز-مایع به عنوان جایگزینی برای فرآیندهای دیگر مانند تقطیر برودتی و... به دلیل مصرف کم انرژی و کم هزینه بودن مورد توجه زیادی قرار گرفته اند. فرآیندهای غشایی با نیروی محرکه فشار بیشتر بر اساس اندازه منافذ غشای آن ها طبقه بندی می شوند. بنابراین، در این فرآیندها جداسازی بر اساس مکانیزم حذف اندازه اتفاق می افتد. در سال های اخیر، از پویایی سیالات محاسباتی (CFD) برای شبیه سازی انتقال جرم در کنتاکتورهای غشایی استفاده شده است. پارامترهای تأثیرگذار سیستم در قسمت بسیار کمی از ماژول تعیین می شوند.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### منابع

1. Park, Y.-K., et al., *Catalytic Cracking of Lower-Valued Hydrocarbons for Producing Light Olefins*. Catalysis Surveys from Asia, 2010. **14**(2): p. 75-84.
2. Narin, G., et al., *Light olefins/paraffins separation with 13X zeolite binderless beads*. Separation and Purification Technology, 2014. **133**: p. 452-475.
3. Li, X., et al., *Light olefins from renewable resources: Selective catalytic dehydration of bioethanol to propylene over zeolite and transition metal oxide catalysts*. Catalysis Today, 2016. **276**: p. 62-77.
4. Corma, A., et al., *Crude oil to chemicals: light olefins from crude oil*. Catalysis Science & Technology, 2017. **7**(1): p. 12-46.
5. Fakhroleslam, M. and S.M. Sadrameli, *Thermal/catalytic cracking of hydrocarbons for the production of olefins; a state-of-the-art review III: Process modeling and simulation*. Fuel, 2019. **252**: p. 553-566.
6. Wang, Y., S.B. Peh, and D. Zhao, *Alternatives to Cryogenic Distillation: Advanced Porous Materials in Adsorptive Light Olefin/Paraffin Separations*. Small, 2019. **15**(25): p. 1900058.
7. Mulder, N.J., et al., *New developments in the InterPro database*. Nucleic Acids Res, 2007. **35**(Database issue): p. D224-8.
8. Kirsch, V.A., et al., *Modeling of Ethylene Absorption from an Ethylene–Ethane Mixture by Silver Nitrate Aqueous Solution in a Hollow-Fiber Membrane Contactor*. Petroleum Chemistry, 2017. **57**(13).
9. Safaei, S., R. Zeynali, and B. Safaei, *Modeling Study of Propane/Propylene Membrane Separation Using CFD Method*. Macromolecular Theory and Simulations, 2021. **30**(2): p. 2000092.





## جداسازی غشایی براساس نیروی محرکه ی فشار

هومن گلستانزاد<sup>۱\*</sup>، امین دباله<sup>۲</sup> و دکتر علی نعمتالهزاده<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی-گروه مهندسی شیمی-دانشگاه محقق اردبیلی،  
(hooman.golestanzad@gmail.com)

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی-گروه مهندسی شیمی-دانشگاه صنعتی شریف،  
(Amindabaleh96@gmail.com)

۳- استاد- گروه مهندسی شیمی- دانشگاه محقق اردبیلی، (nematollahzadeha@uma.ac.ir)

### چکیده

فرایندهای جداسازی غشایی از جهات مختلف از جمله نوع و پیکربندی<sup>۵</sup>، مکانیزم جداسازی یا انتقال و ماهیت نیروهای محرک با یکدیگر متفاوت هستند. بسیاری از فرآیندهای غشایی در مقیاس صنعتی برای جداسازی، تصفیه و غلظت اجزای مختلف خوراک به طور کامل مقبول هستند. صنایعی مانند صنایع شیمیایی، غذایی، دارویی، بیوتکنولوژی، نفت و تصفیه خانه های فاضلاب غشاها را در مقیاس وسیع به کار می گیرند. فرآیندهای جداسازی غشایی را می توان بر اساس معیارهای مختلف طبقه بندی کرد. فرآیندهای جداسازی غشایی شامل تکنیک های فیلتراسیون است که در آن غشاء به عنوان یک مانع انتخابی بین دو فاز عمل می کند.  
کلمات کلیدی: جداسازی غشایی، فیلتراسیون، فیلتراسیون غشایی، نیروی محرکه ی فشار.

<sup>5</sup> configuration



#### ۱- مقدمه

کلمه ی membrane از کلمه ی لاتین membrana گرفته شده است که به معنی "پوست" است. غشاء نوعی مانع است که اشیا را از هم جدا می کند و اجازه می دهد مواد به صورت انتخابی عبور کنند. تعاریف زیادی برای غشاء در دسترس است. یک تعریف کلی می تواند این باشد: «غشاء یک مانع نازک است که بین دو فاز یا محیط قرار داده شده و به یک یا چند ماده ی سازنده اجازه می دهد که به صورت انتخابی، در حضور یک نیروی محرکه ی مناسب و بدون عبور بقیه ی سازنده ها از یک محیط به محیط دیگر عبور کنند.» این تعریف بر پایه ی سطح میکروسکوپی است، اما باید توجه داشت که جداسازی در سطح میکروسکوپی انجام می شود و بر این اساس می توان گفت که فرآیند غشایی ترکیبی از انتقال جرم و مومنتوم است [۱].

غشاهای انواع مختلفی دارند: ممکن است جامد یا مایع، باردار یا خنثی، همگن (یکنواخت در ساختار و ترکیب) و یا ناهمگن (غیریکنواخت از نظر ساختار) باشند. به علاوه، غشاهای را می توان بر اساس ماهیت، ساختار یا مکانیسم جداسازی آن ها نیز طبقه بندی کرد. به طور طبیعی غشاهای ممکن است بیولوژیکی یا مصنوعی باشند که بیشتر غشاهای بیولوژیکی به گروه های زنده و غیرزنده و هم چنین غشاهای مصنوعی به دسته های آلی (پلیمری یا مایع) و غیر آلی (سرامیک یا فلز) تقسیم می شوند. بر پایه ی ساختار یا مورفولوژی، غشاهای به دو دسته تقسیم می شوند؛ متقارن (همسان گرد) و نامتقارن (ناهمسان گرد). غشاهای متقارن به غشاهای متخلخل، غیر متخلخل (متراکم) و باردار تقسیم می شوند. غشاهای متقارن، با ساختارهای خالی و منافذ متصل به هم، محکم هستند. در مورد غشاهای نامتقارن دو لایه ی غشاء با ضخامت، اندازه ی منافذ و تخلخل های متفاوت وجود دارد. یک لایه ی فوقانی متراکم که به عنوان لایه ی پوست شناخته می شود و دارای ضخامت ۰/۱ تا ۰/۵ میکرومتر می باشد و در لایه ی زیرین غشای متخلخل با ضخامت حدود ۵۰ تا ۱۵۰ میکرومتر وجود دارد [۱].

فرایندهای جداسازی غشایی از جهات مختلف از جمله نوع و پیکربندی، مکانیسم جداسازی یا انتقال و ماهیت نیروهای محرک با یکدیگر متفاوت هستند. بسیاری از فرآیندهای غشایی در مقیاس صنعتی برای جداسازی، تصفیه و غلظت اجزای مختلف خوراک به طور کامل مقبول هستند. صنایعی مانند صنایع شیمیایی، غذایی، دارویی، بیوتکنولوژی، نفت و تصفیه خانه های فاضلاب غشاهای را در مقیاس وسیع به کار می گیرند. فرآیندهای جداسازی غشایی را می توان بر اساس معیارهای مختلف طبقه بندی کرد. فرآیندهای جداسازی غشایی شامل تکنیک های فیلتراسیون است که در آن غشاء به عنوان یک مانع انتخابی بین دو فاز عمل می کند. به همین دلیل، اجزای خوراک خاص تحت تأثیر نیروی محرکه

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



به فاز تراوش کرده<sup>۱</sup> منتقل شده و سایر اجزای خوراک به عنوان جریان پساب (بازمانده) در سطح غشاء باقی می ماندند.  
[۲]

غشاء و فرآیندهای غشایی برای اولین بار به عنوان ابزاری تحلیلی در آزمایشگاه های شیمی و پزشکی معرفی شدند. در طول سالیان گذشته غشاهای از یک ابزار آزمایشگاهی به محصولات صنعتی با تأثیر فنی و تجاری قابل توجه تبدیل شده اند. امروزه از غشاهای برای نمک زدایی آب شور دریا و تصفیه ی پساب های صنعتی استفاده می شود. آنها ابزاری کارآمد برای غلظت و تصفیه ی مواد غذایی و دارویی و تولید مواد شیمیایی پایه هستند. علاوه بر این، غشاهای از اجزای اصلی در اندام های مصنوعی، دستگاه های رهایش دارو و سیستم های تبدیل انرژی هستند [۱].

فناوری های جداسازی غشایی برای توسعه ی فرآیندهای صنعتی پایدار و به منظور تولید مواد شیمیایی از اهمیت بالایی برخوردار هستند. جداسازی های مبتنی بر غشاء نسبت به عملیات جداسازی معمولی مانند تقطیر و خشک کردن به شدت انرژی کمتری نیاز دارند؛ چراکه غشاهای نیازی به تغییر فاز مواد ندارند. در جداسازی، غشاهای پلیمری بر چشم-انداز کاربردهای صنعتی حاکم شده و پیشرفت های زیادی در عملکرد و کاربرد، به اصلاح سازی (طراحی مناسب) شیمی مواد پلیمری وابسته است [۳].

فرآیندهای غشایی با نیروی محرکه ی فشار بیشتر بر اساس اندازه ی منافذ غشای آنها طبقه بندی می شوند. بنابراین، در این فرآیندها جداسازی بر اساس مکانیزم حذف اندازه اتفاق می افتد. فرآیندهای غشایی مختلف در این گروه میکرو فیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، نانو فیلتراسیون و اسمز معکوس است [۲].

<sup>۱</sup> permeate

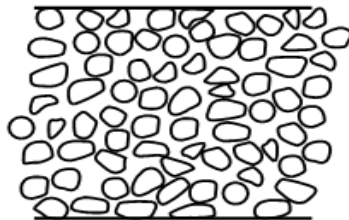
<sup>۲</sup> retentate





### Symmetrical membranes

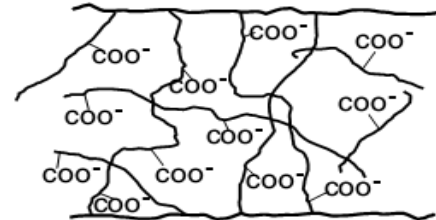
Isotropic microporous membrane



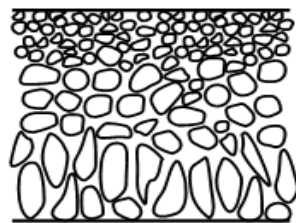
Nonporous dense membrane



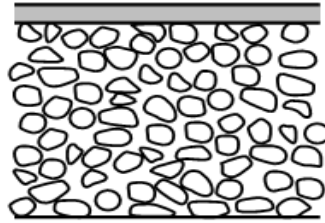
Electrically charged membrane



### Anisotropic membranes

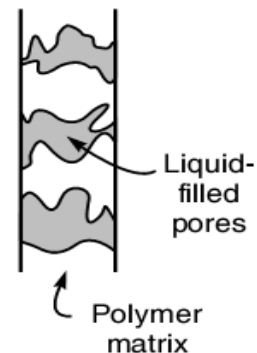


Loeb-Sourirajan anisotropic membrane



Thin-film composite anisotropic membrane

Supported liquid membrane



شکل ۱. انواع غشاهای [۲]

### ۱-۱- میکروفیلتراسیون

در طول چند دهه گذشته، فرایند فیلتراسیون غشایی نقش مهمی در روند جداسازی صنعتی ایفا کرده است. فرایند میکروفیلتراسیون به عنوان یک روش کارآمد در صنایع و کاربردهای مختلف فناوری مانند تولید آب آشامیدنی، تصفیه فاضلاب، صنعت داروسازی، بیوتکنولوژی و زیست پزشکی مورد استفاده قرار گرفته است. میکروفیلتراسیون یک نوع فرایند فیلتراسیون فیزیکی با نیروی محرکه فشاری است که در آن یک خوراک حاوی ذرات در اندازه میکرون (بزرگتر از ۰/۱ میکرون)، از یک غشاء با اندازه حفرات مشخص عبور می کند تا میکروارگانیسمها و ذرات معلق از سیال جدا شوند. میکروفیلتراسیون جریان متقاطع یک فرایند مقرون به صرفه در ذخیره انرژی برای جداسازی نفت از امولسیون نفت در

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



آب است که به طور گسترده ای برای جداسازی سوسپانسیون و ذرات جامد ریز استفاده می شود. در این فرایند، جریان خوراک به دو جریان تقسیم می شود؛ قسمتی از خوراک ورودی از غشاء عبور می کند که جریان تراویده و قسمتی پس زده می شود و جریان باقی مانده که پسماند نامیده می شود [۴].

در طی فرایند میکروفیلتراسیون قسمتی از خوراک برگردانده می شود و قسمتی دیگر (فاز جداسده) به همراه غلظت کمتری از فاز پخش شده نسبت به خوراک از غشاء عبور خواهد کرد؛ بنابراین غلظت فاز پخش شده در جریان تراویده از غلظت آن در خوراک کمتر خواهد بود. با عبور خوراک از سطح غشاء و ادامه جداسازی، غلظت فاز پخش شده تدریجا در سطح غشاء افزایش پیدا می کند. این غلظت افزایش یافته، منجر به ایجاد یک جریان با مکانیزم غالب نفوذ خواهد شد که به سمت توده خوراک باز خواهد گشت. این پدیده تا زمانی که جریان همرفتی توده دارای فاز پخش شده به سمت سطح غشاء با شار تراویده از غشاء به تعادل برسد ادامه خواهد داشت؛ بنابراین یک پروفایل غلظتی از سطح غشاء تا توده خوراک شکل می گیرد. این پدیده را که یکی از عوامل بسیار تاثیرگذار بر راندمان سیستم فیلتراسیون غشایی است، قطبیدگی غلظتی می نامند. قطبیدگی غلظتی ممکن است نتیجه تشکیل لایه کیک بر روی سطح غشاء و یا ایجاد یک لایه مرزی متمرکز در نزدیکی سطح غشاء باشد. این پدیده به صورت قابل توجهی متکی به هیدرودینامیک سیستم، طبیعت و اندازه مولکول ها، سایز حفره ها و خصوصیات غشاء است [۴].

### ۱-۲- اولترافیلتراسیون

غشای اولترافیلتراسیون به عنوان فرایندی شناخته شده است که در آن نیاز به اعمال فشار زیاد برای جدا کردن ذرات حل شده و یا کلویدی در مقایسه با سایر انواع غشاء نمی باشد. اختلاف فشار مورد نیاز در این غشاء کمتر از ۵ بار می باشد. این غشاها قادر به جداسازی ترکیباتی با وزن مولکولی در محدوده ۵۰۰۰۰۰-۳۰۰ دالتون بوده و اندازه حفره های غشایی در دامنه ۱۰-۱۰۰ آنگستروم می باشد. عملکرد این دسته از غشاها به خواص فیزیکی غشاء مانند نفوذپذیری و ضخامت همچنین متغیرهایی مانند نوع خوراک و غلظت آن، فشار سیستم، سرعت جریان روی سطح غشاء و دما بستگی دارد [۵، ۶].

غشای اولترافیلتراسیون کاربردهای بسیاری در صنایع مختلف از جمله تصفیه، خالص سازی و تغلیظ دارند. با وجود مزایای بسیار فناوری فیلتراسیون غشاهای پلیمری، در استفاده طولانی مدت، غشاهای پلیمری نسبت به غشاهای سرامیکی دوام کمتری دارند. پایداری مکانیکی، شیمیایی و حرارتی غشاها، تعیین کننده طول عمر آن ها و در واقع کارایی و مقرون به صرفه بودن سیستم فیلتراسیون غشایی می باشد. علاوه بر این، گرفتگی غشاء که منجر به کاهش شار عبوری و عملکرد جداسازی غشاء خواهد شد، سبب طول عمر کوتاه تر و هزینه عملیاتی بالاتر می شود. زبری و آب دوستی غشاها

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



به طور قابل توجهی بر رسوب پذیری غشاء تاثیر می گذارد. در واقع، به واسطه طبیعت آبرگریز غشاهای پلیمری، ترکیبات آلی روی سطح و یا در منافذ غشاء، در طی زمان فیلتراسیون، رسوب کرده و موجب کاهش عملکرد و طول عمر مفید غشاء خواهد شد. از طرفی، عدم تجزیه و تخریب پذیری طبیعی غشاهای پلیمری همانند سایر پسماندهای پلیمری و همچنین در بعضی موارد استفاده از حلال های سمی و نسبتا سمی در تهیه غشاهای پلیمری اثرات زیست محیطی جبران ناپذیری را به همراه خواهد داشت. از این رو، تهیه غشاهای پلیمری سودمند با کارایی و طول عمر بالا که نیاز به شستشو و جایگزینی مجدد را به حداقل برساند، می تواند تا حد زیادی از اثرات منفی زیست محیطی و هزینه های بالا جلوگیری نماید [۵، ۶].

### ۱-۳- نانوفیلتراسیون:

غشاهای نانوفیلتراسیون (NF) از زمانی که برای اولین بار در اواخر دهه ۸۰ به رسمیت شناخته شدند، راه طولانی را پیموده اند. آن ها با توجه به اندازه منافذ خواصی بین اولترافیلتراسیون و اسمز معکوس دارند. غشاهای NF در تماس با محلول آبی نیز به دلیل تفکیک گروه های عاملی سطحی یا جذب بار املاح، کمی باردار می شوند. به عنوان مثال، غشاهای پلیمری NF حاوی گروه های قابل یونیزاسیون مانند گروه های کربوکسیلیک و گروه های اسید سولفونیک هستند که منجر به ایجاد سطح باردار در حضور محلول خوراک می شوند. مشابه غشاهای اسمز معکوس، غشاهای NF در جداسازی نمک های معدنی و مولکول های آلی کوچک قوی هستند. ویژگی های متمایز اصلی غشاهای NF، دفع کم یون های تک ظرفیتی، دفع زیاد یون های دو ظرفیتی و شار بالاتر در مقایسه با غشاهای اسمز معکوس است. این ویژگی ها باعث شده است که NF در کاربردهای خاص در بسیاری از مناطق به ویژه برای تصفیه آب و فاضلاب، داروسازی و بیوتکنولوژی و صنایع غذایی مورد استفاده قرار گیرد [۷].

### ۱-۴- اسمز معکوس:

اسمز معکوس یکی از بهترین روش ها برای حذف یون های محلول در آب است. از آنجا که فقط مولکول های آب قادر به عبور از منافذ غشای نیمه تراوا هستند، در نتیجه تقریبا تمامی یون ها و مولکول های محلول (از جمله نمک، قند و املاح موجود در آب) پشت غشاء باقی می ماند و از آب حذف می شوند. اسمز معکوس فرایند فیزیکی است که می توان از محلولی (حلال + ناخالصی) به کمک یک غشاء نیمه تراوا، حلال تقریبا خالص تهیه کرد. به عنوان مثال به کمک این روش می توان از آب شور، آب آشامیدنی مطلوب تهیه کرد. از جمله صنایعی که از فرایند اسمز معکوس در آن استفاده می شود، می توان به صنایع غذایی، دارویی، رنگ سازی و ... اشاره کرد. با استفاده از این روش می توان تا ۹۷ درصد مواد





کلوئیدی و تا ۹۹ درصد مواد معدنی حل شده را از سیستم حذف کرد [۸]. امروزه اسمز معکوس به علت کارایی انرژی و هزینه عملیاتی نسبتاً پایین آن به پرکاربردترین روش نمک زدایی در سطح جهان تبدیل شده است. در چند دهه گذشته پیشرفت های قابل توجهی در تهیه غشاهای اسمز معکوس از مواد مختلف صورت گرفته است [۹-۱۱]. بر اساس اندازه منافذ، غشاها به چهار گروه میکروفیلتراسیون (۰.۱-۲ میکرومتر)، اولترافیلتراسیون (۲-۱۰۰ نانومتر)، نانوفیلتراسیون (۱۰-۱۰۰ نانومتر) و اسمز معکوس ( $1 > 1$  نانومتر) تقسیم می شوند [۱۲]. که با توجه به اندازه منافذ اشاره شده کمترین اندازه منافذ مربوط به روش اسمز معکوس می باشد.

#### منابع

1. Mulder, N.J., et al., *New developments in the InterPro database*. Nucleic Acids Res, 2007. 35(Database issue): p. D224-8.
2. Baker, R.W., *Membrane Technology and Applications*. 2012: Wiley.
3. Restrepo-Flórez, J.-M. and M. Maldovan, *Breaking separation limits in membrane technology*. Journal of Membrane Science, 2018. 566: p. 301-306.
4. بهروزی, et al., بررسی آزمایشگاهی و شبیه سازی فرآیند میکروفیلتراسیون جریان متقاطع امولسیون نفت در آب با غشای سلولز استات. پژوهش نفت, ۲۰۱۹. ۲۹(۹۸-۴): p. 111-127.
5. Shi, X., et al., *Fouling and cleaning of ultrafiltration membranes: A review*. Journal of Water Process Engineering, 2014. 1: p. 121-138.
6. الدین, ش., et al., ساخت غشای اولترافیلتراسیون کامپوزیت پلیمری-معدنی پلی اتر سولفون-دیاتومه و بررسی عملکرد و ویژگی های آن. شیمی کاربردی, ۲۰۱۹. ۴(۵۰): p. 235-248.
7. Mohammad, A.W., et al., *Nanofiltration membranes review: Recent advances and future prospects*. Desalination, 2015. 356: p. 226-254.
8. Yari, A., et al., *The physical, chemical and microbial quality of treated water in Qom s desalination plants*. Qom University of Medical Sciences Journal, 2007. 1(1): p. 45-54.
9. Petersen, R.J., *Composite reverse osmosis and nanofiltration membranes*. Journal of Membrane Science, 1993. 83(1): p. 81-150.
10. Li, D. and H. Wang, *Recent developments in reverse osmosis desalination membranes*. Journal of Materials Chemistry, 2010. 20(22): p. 4551-4566.
11. Lee, K.P., T.C. Arnot, and D. Mattia, *A review of reverse osmosis membrane materials for desalination—Development to date and future potential*. Journal of Membrane Science, 2011. 370(1-2): p. 1-22.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



۱۲. Asadollahi, M., D. Bastani, and S.A. Musavi, *Enhancement of surface properties and performance of reverse osmosis membranes after surface modification: a review*. Desalination, 2017. :۴۲۰p. 330-383.



## معرفی دستگاه تلسکوپ چندمنظوره نجومی (M.T.O 88730)

سالار عباسوند<sup>۱\*</sup>، نسترن مولایی<sup>۱</sup>

۱- دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشگاه زنجان

Salar\_abbasvand@yahoo.com

### چکیده

یکی از مهمترین دست آوردهای تاریخ علم اختراع تلسکوپ در دوران رنسانس بوده است که دید بشریت را به عظمت کائنات باز کرده است. بعد از اختراع تلسکوپ شکستی همواره منجمان بر اساس نیاز علمی خود طرح تلسکوپ را بهبود بخشیدند یا گاهی سیستم‌هایی با کارایی جدیدی را اختراع کردند. امروزه تلسکوپ به عنوان یک وسیله لازم و مهم برای همه منجمان حرفه‌ای حتی منجمان آماتور می‌باشد. تمامی تلسکوپ‌های اختراع شده هر کدام ویژگی خاصی را دارند و هر یک وظیفه‌ی خاصی را دنبال می‌کنند. از طرفی به دلیل تکنولوژی ویژه اپتیکی و گران بودن این ابزارآلات نجومی، یک رصدگر نمی‌تواند همزمان چندین نوع تلسکوپ را باهم داشته باشد. بنابراین در این مقاله می‌خواهیم یک طرح اختراعی جدیدی را با عنوان تلسکوپ چندمنظوره نجومی (M.T.O 8873) معرفی کنیم که در یک دستگاه تکنیک دو نوع تلسکوپ شکستی و بازتابی به کار رفته شده است تا در شرایط و موقعیت‌های خاص نیاز رصدگران را برای داشتن چندین دستگاه مختلف را برطرف کند.

کلمات کلیدی: تلسکوپ، نجوم، تلسکوپ شکستی، تلسکوپ بازتابی، عدسی، آینه، رصد





## ۱- مقدمه

انسان از همان دوران کهن که چشم به آسمان دوخت، تلاش می کرد تا ساختار کائنات را بشناسد و به دنبال آن بود تا بداند، عالم از کجا شروع شده و سرنوشت عالم چه خواهد بود؟ بشر در طول این هزاران سال به دنبال یافتن پاسخی برای این پرسش های بنیادی و سوالات مشابه دیگر بوده است. این کنجکاوی ذهن انسان، باعث شد تا به این موضوع از زوایای مختلف نگاه کند و نظریات مختلفی را مطرح کند. شناخت ما از کیهان دو مرز عمده دارد: مرز اول از نظر تاریخی در دوران رنسانس و اختراع اولین تلسکوپ باز می گردد و مرز دوم به اوایل قرن نوزدهم بازمی گردد. پس اختراع تلسکوپ گامی بزرگی در پیشرفت علم نجوم بوده است و تا به امروز هم تاثیرات خود را مستقیماً نشان داده است.

تاریخچه تلسکوپ به دوران رنسانس و به سال ۱۶۰۹ بازمی گردد جایی که یک عینک ساز هلندی به نام هانس لیپزشی یک وسیله ای با نام "دیدانداز هلندی" را ساخت، این وسیله می توانست اجسام واقع در فواصل دور را نزدیک نشان دهد. لیپزشی سعی کرد تا این وسیله را به ارتش هلند بفروشد اما افسری که طرف معامله بود، وسیله یا دوربین لیپزشی را نخرید. اشتباه بزرگ لیپزشی در این بود که این اختراع را به نام خود ثبت نکرد و این خبر به سرعت در اروپا پخش شد. در ماه مه ۱۶۰۹ گالیله در سفری به ونیز متوجه شد که در هلند یک وسیله ای با عدسی ساخته شده است که با آن می توان فواصل دور را مشاهده کرد و با شتاب به تکاپو افتاد تا این وسیله را برای خودش درست کند. گالیله توانست در مدت یک ماه با آزمون و خطا و ترکیب عدسی های مختلف یک تلسکوپ شکستی با بزرگنمایی سه برابر طراحی کرده و برای اولین بار کلیسایی در فاصله دور را مشاهده کند. گالیله سال ها بعد توانست تلسکوپ خود را بهتر و تا ۳۰ برابر بزرگنمایی ارتقا دهد [۱] [۲] [۳].

گالیله در تلسکوپ خود از دو عدسی استفاده کرده بود. امروزه طرح تلسکوپ گالیله را با نام تلسکوپ شکستی یا تلسکوپ گالیله ای می شناسیم ولی این تلسکوپ دارای ابیراهی مهمی به نام ابیراهی رنگی بود که اگر اصلاح نشود مشکل بزرگی برای تلسکوپ است که در ادامه مفصلاً به این موضوع می پردازیم.

## ۲- انواع ابیراهی اپتیکی

در اپتیک، ابیراهی یک ویژگی سیستم های نوری، مانند عدسی ها است که باعث می شود نور به جای تمرکز بر یک نقطه، در برخی از مناطق فضا پخش شود ابیراهی باعث می شوند تصویری که توسط یک عدسی تشکیل شده است، واضح و شفاف نباشد [۴]. در اپتیک شش ابیراهی مهم مشاهده می کنیم که به اختصار به تعریف آن می پردازیم.



- ۱) واپیچش: این ابیراهی به صورت تغییری در بزرگنمایی خطی برای نقاط شیء در فواصل مختلف از محور اپتیکی ایجاد می شود. واپیچش دو حالت بشکه ای و بالشتکی ظاهر می شود [۵].
- ۲) کروی: این ابیراهی هنگامی که پرتوهای نور به لبه عدسی برخورد می کند یا از لبه آینه بازتاب می شود، به دلیل شکست بیشتر نسبت به پرتوهای نوری که نزدیک تر به مرکز قرار دارد، اتفاق می افتد [۵].
- ۳) کُما: این ابیراهی در حقیقت همان ابیراهی کروی است که از قرار گرفتن نقطه نورانی در خارج از محور اصلی حاصل می شود و نسبت به محور اپتیکی نامتقارن است [۵].
- ۴) آستیگماتیسم: ابیراهی است که در آن پرتوهای نشر یافته در دو صفحه عمود بر هم، نقاط کانونی متفاوتی را تجربه می کنند [۵].
- ۵) انحنای میدان: در این ابیراهی تصویر شباهتی با شکل سطح شیئی (معمولاً مسطح) ندارد، بلکه در اکثر موارد سطحی خمیده به جلو است. این ابیراهی که انحنای میدان نامیده می شود [۵].
- ۶) ابیراهی رنگی: این ابیراهی به علت تفاوت در ضریب شکست طول موج های مختلف نور در عدسی به وجود می آید. ابیراهی رنگی خودش را به صورت فرانژهای رنگی در مرزهای تصویر نشان می دهد که قسمت های تاریک و روشن تصویر را از هم جدا می کند [۵].

### ۳- طبقه بندی تلسکوپ های اپتیکی

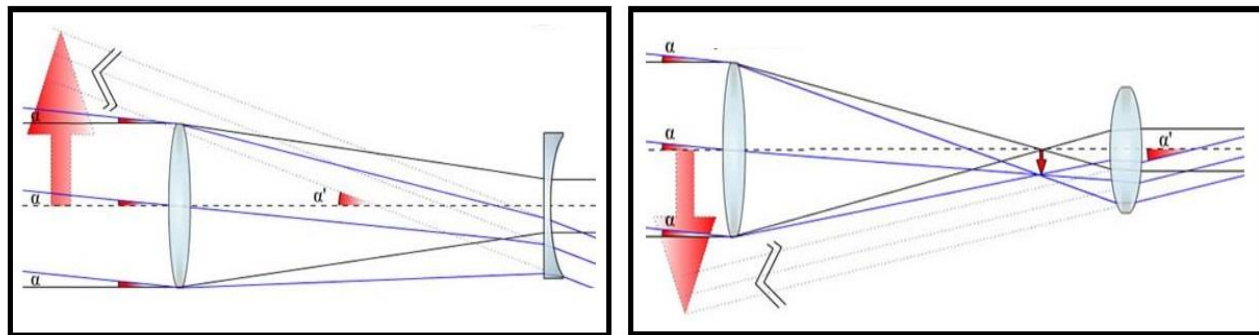
در حالت کلی انواع تلسکوپ ها بر اساس طول موجی که توانایی شناسایی آن را دارند طبقه بندی می شوند. برای مثال تلسکوپ های مختلفی در طیف های اشعه گاما و ایکس تا امواج رادیویی داریم. تلسکوپ هایی که در طول موج مرئی کار می کنند به تلسکوپ های اپتیکی معروف اند. تلسکوپ های اپتیکی به دو دسته اصلی یعنی: تلسکوپ های شکستی (انکساری) و تلسکوپ های بازتابی تقسیم می شوند. در زیر به بررسی هر گروه می پردازیم [۶].

### ۳-۱- تلسکوپ های شکستی

تمامی تلسکوپ های شکستی از یک اصولی کلی پیروی می کنند بدین صورت که در ساختمان آن از دو عدسی استفاده شده است. عدسی بزرگی که در دهانه بیرونی لوله اپتیک که رو به اجسام استفاده می شود را عدسی شیئی و به عدسی کوچکی که در انتهای لوله اپتیک به کار می رود و از آن مشاهده می کنیم را عدسی چشمی گویند. تلسکوپ های شکستی دو طبقه بندی اصلی دارد ۱- تلسکوپ های گالیله ای ۲- تلسکوپ های کپلری [۲].



در تلسکوپ های گاليله ای ساختار به این صورت است که یک لوله اپتیکی داریم و تمامی اجزای اصلی تلسکوپ نظیر عدسی شیئی، عدسی چشمی در درون لوله اپتیکی قرار می گیرند. این تلسکوپ ها اولین طرح تلسکوپ در جهان می باشند. تفاوت اصلی تلسکوپ گالیه و کپلر در این بود که گاليله برای عدسی شیئی از یک عدسی محدب (کوژ) یا همگرا استفاده کرده بود تا نور را در یک نقطه جمع کند و برای عدسی چشمی (عدسی دوم) از یک عدسی مقعر (کاو) یا واگرا استفاده کرده بود [۷]. اما تلسکوپ کپلر همان ساختار تلسکوپ گاليله ای را دارد با این تفاوت که به جای عدسی چشمی مقعر از عدسی چشمی محدب استفاده کرده است. تصویر در تلسکوپ کپلر نسبت به تلسکوپ گاليله ای این است که تصویر به صورت وارونه ایجاد می شود و میدان دید بیشتری دارد و میدان دید بزرگ مزیت مهمی در تلسکوپ محسوب می شود [۴] [۵].



شکل ۱- (سمت چپ) ساختار تلسکوپ گاليله ای و (سمت راست) ساختار تلسکوپ کپلری

### ۳-۱-۱- مزایا تلسکوپ شکستی

- ۱) تمامی اجزای اپتیکی تلسکوپ توسط لوله اپتیکی حفاظت می شود و از نظر تغییر دما و نفوذ گرد و غبار مطمئن است.
- ۲) سطح داخلی لوله ها به دلیل قرارگیری در لوله به ندرت نیاز به تمیز کردن دارد.
- ۳) در صورت تراش بسیار دقیق عدسی، تصویر دریافت شده بسیار شفاف خواهد بود.
- ۴) اگر عدسی ها دقیق تنظیم و خطی شوند، انحراف بسیار کمی نسبت به تلسکوپ های بازتابی خواهند داشت.
- ۵) تعمیرات و تنظیمات کمتری نسبت به تلسکوپ های دیگر دارد.
- ۵) میدان دید بیشتری نسبت به تلسکوپ های بازتابی دارد.



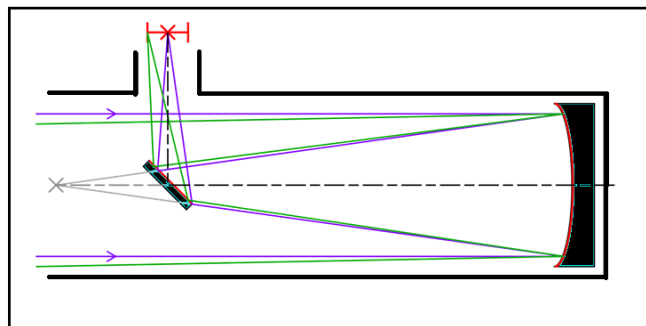


### ۳-۱-۲- معایب تلسکوپ شکستی

- ۱) مهمترین ایراد عدسی در تلسکوپ های شکستی، ابیراهی رنگی است که اگر رفع نشود باعث ایجاد اعوجاج نور در اطراف تصاویر دریافت شده می شود که ما به صورت رنگ های رنگین کمان می بینیم.
- ۲) ساختن عدسی بدون انحراف و صاف بسیار سخت و پرهزینه است و اگر درست تراش داده نشود باعث ایجاد ابیراهی کروی می شود.
- ۳) میزان عبور نور با ضخیم شدن عدسی شیئی کاهش می یابد.
- ۴) برای مشاهده اجسام کم نور مناسب نمی باشد.
- ۵) از آنجایی که کانون عدسی شیئی قابل شکستن نیست به مقدار طول کانون عدسی باید طول لوله اپتیکی نیز همان اندازه باشد بنابراین این تلسکوپ ها نسبت به تلسکوپ های دیگر دارای طول بسیار بزرگی دارند و وزن زیاد این تلسکوپ ها نیازمند وزنه های تعادل اند.

### ۳-۲- تلسکوپ های بازتابی

در سال ۱۶۶۸ ایزاک نیوتون اقدام به اصلاح تلسکوپ گالیله برداشت و یک تلسکوپی طراحی و ساخت که به جای استفاده از یک عدسی شیئی از یک آینه مقعر جهت اصلاح آن بهره برد نور بعد از ورود به داخل لوله اپتیک به آینه مقعر برخورد کرده و در یک نقطه کانون می شود در مسیر کانونی شدن یک آینه تخت با زاویه ۴۵ درجه قرار می دهند تا نور کانون شده را به داخل یک لوله عمود بر لوله اپتیک اصلی که عدسی چشمی در آن قرار دارد بازتاب کند. اختراع نیوتون سرآغاز ساخت تلسکوپ های بازتابی در جهان شد. طراحی نیوتون (شکل ۲) باعث شد که دیگر ابیراهی کروی و ابیراهی رنگی دیده نمی شدند [۸].

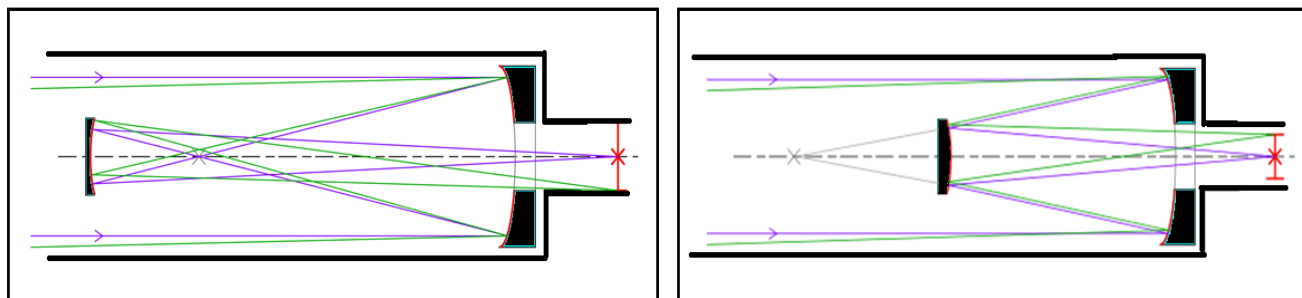


شکل ۲- ساختار تلسکوپ نیوتونی



در کنار اختراع تلسکوپ بازتابی توسط ایزاک نیوتون دو فرد دیگر طرحی نو از تلسکوپ های بازتابی را ارائه کردند که به اختصار به شرح آن می پردازیم. پنج سال قبل از اختراع تلسکوپ توسط نیوتون، در سال ۱۶۶۳ ریاضیدان اسکاتلندی جیمز گریگوری طرح تلسکوپ گریگوری (شکل ۳) ارائه شد. طراحی گریگوری فقط یک توصیف نظری بود و او هرگز ساخت تلسکوپ را انجام نداد. تلسکوپ وی از دو آینه مقعر تشکیل شده بود. آینه اولیه، از نوع سهمی گون و آینه ثانویه، از نوع بیضی گون می باشد به طوری که پرتوها از آینه اولیه بازتاب داده شده و همگرا می شوند، و آینه ثانویه که کمی بعد از نقطه کانونی واقع شده است، پرتوهای نور را از میان حفره ای که در وسط آینه اولیه قرار دارد، به مکان عدسی چشمی انتهای لوله تلسکوپ می رساند. این کار برای ایجاد یک تصویر قائم که برای انجام مشاهدات زمینی سودمند است. تلسکوپ گریگوری اولین بار در سال ۱۶۷۳ توسط رابرت هوک ساخته شد [۹] [۳].

نوع سوم از انواع تلسکوپ های بازتابی تلسکوپ کاسگرین (شکل ۳) است که در سال ۱۶۷۲ توسط لاورنت کاسگرین پیشنهاد داده شد. این تلسکوپ، از یک آینه اولیه بیضی گون مقعر و یک آینه ثانویه هذلولی گون محدب، تشکیل شده است. آینه ثانویه، در جایی قبل از فاصله کانونی آینه اولیه قرار گرفته و پرتوهای نور را از حفره ای که در وسط آن قرار دارد، به بیرون هدایت و کانونی می کند. این امر، موجب آن می شود تا بتوان تلسکوپ هایی ساخت که با طول کوتاه تر، فاصله های کانونی موثر بلندتری برای آینه اولیه داشته باشند. همچنین، میدان دید نیز افزایش می یابد [۱۰].



شکل ۳- تلسکوپ کاسگرین (سمت راست) و تلسکوپ گریگوری (سمت چپ)

۳-۲-۱- مزایا تلسکوپ بازتابی

(۱) از مزایای تلسکوپ های بازتابی در مقایسه با تلسکوپ های شکستی، نداشتن ابیراهی رنگی و ابیراهی کروی است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۲) به راحتی می توان آینه هایی با قطرهای بسیار بزرگی ساخت تا این دهانه بزرگ توان تفکیک نور را افزایش دهد.

۳) قطر دهانه بزرگ این تلسکوپ کمک می کند نور بسیار زیادی از طرف اجرام کم نور توسط تلسکوپ دریافت شود.

۴) نسبت به تلسکوپ های شکستی وزن کمتری دارد و از نظر تعادل بسیار مناسب می باشد.

۵) قیمت ساخت تلسکوپ های بازتابی نسبت به تلسکوپ های شکستی بسیار ارزان تر درمی آید و تلسکوپ های تحقیقاتی بزرگ دنیا به صورت بازتابی طراحی و ساخته می شوند.

### ۳-۲-۲- معایب تلسکوپ بازتابی

۱) ساخت آینه های سهموی برای این تلسکوپ ها بسیار سخت و نیازمند دقت فراوان است.

۲) میدان دید کمتری نسبت به تلسکوپ های شکستی دارد.

۳) در مقابل غبار، گرد و خاک باید با دقت بسیار زیادی حفاظت شود.

۴) ابیراهی که برای تلسکوپ های بازتابی دیده می شود، معمولاً ابیراهی کما است. این ابیراهی موجب می شود ستاره های در گوشه تصویر شبیه یک خط با دنباله به نظر برسد.

۵) از آنجا که آینه به لوله تلسکوپ متصل است، این تلسکوپ به ضربه و تکان ناگهانی در زمان حمل و نقل حساس تر است.

### ۴- معرفی دستگاه

"تلسکوپ چندمنظوره نجومی (M.T.O 88730)" (شکل ۴) یک وسیله ی کاربردی ویژه جهت استفاده رصدگران ساخته شده است. همانطور که اشاره شد تلسکوپ ها انواع مختلفی دارند و رصدگران با سلیقه شخصی خود می تواند تلسکوپ مدنظر را تهیه کند. سلیقه ها در استفاده از تلسکوپ متفاوت است و در شرایط و موقعیت های مختلف یکی از تلسکوپ های شکستی و بازتابی مورد استفاده قرار می گیرد و کمتر دیده می شود که یک منجم انواع مختلفی از تلسکوپ ها را داشته باشد. بنابراین ما استفاده از "تلسکوپ چندمنظوره نجومی (M.T.O 88730)" را توصیه می کنیم.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۴- تصویر تلسکوپ چندمنظوره نجومی (سمت راست) و مقر نگهدارنده لوله اپتیکی تلسکوپ متصل به پایه تلسکوپ (سمت چپ)

در این تلسکوپ چندمنظوره به گونه ای عمل شده است تا یک کاربر نجومی بتواند در یک دستگاه دو دستگاه تلسکوپ شکستی و بازتابی را با هم داشته باشد. با توجه به محاسبات دقیق در اندازه های ساختار دستگاه هر کسی می تواند با توجه به سلیقه ی خود دستگاه را تبدیل به حالت بازتابی و یا شکستی کند. برخی از ویژگی های این دستگاه به صورت زیر بیان می کنیم:

- ۱- قابلیت تبدیل شدن یک تلسکوپ به دو نوع تلسکوپ بازتابی و شکستی
- ۲- لوله اپتیکی با قابلیت تغییر برای چندمنظوره کار کردن و تغییر طول لوله اپتیکی تا ۱۵۰ سانتی متر برای عدسی ها و آینه ها با کانون های مختلف
- ۳- تغییر اندازه قطر دهانه برای نصب کردن عدسی ها با اندازه های مختلف
- ۴- سبک بودن و چند تکه ای شدن دستگاه و حمل آسان آن برای کاربر نجومی
- ۵- کار کردن در هر نوع شرایط آب و هوا به خصوص مناطق کوهستانی که تغییرات آب و هوایی زیادی دارد

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- ۶- قابلیت فلکس تیوپ شدن دستگاه جهت نصب عدسی های چشمی مختلف
- ۷- برای اولین بار وزنه در این دستگاه برای تعادل تلسکوپ حذف شده است
- ۸- قابلیت نصب گرین لیزر و منظر یاب روی لوله اپتیک
- ۹- هزینه بسیار کم تولید
- ۱۰- جلوگیری از ورود دستگاه های اپتیکی گران قیمت به داخل کشور

### ۱-۳- قسمت های مختلف دستگاه

این دستگاه از دو بخش اصلی تشکیل شده است: ۱- بخش پایه نگهدارنده ۲- بخش سیستم اپتیکی.  
این دو بخش اصلی دارای قسمت های مختلفی می باشند که با جزئیات به توصیف آن می پردازیم.

#### ۱-۱-۳- بخش پایه نگهدارنده

پایه نگهدارنده یک پایه ساده به صورت ستونی است که بر روی یک پایه سه شاخه مجهز به چرخ متصل است (شکل ۴ سمت راست). پایه وظیفه نگهداری تلسکوپ و تغییر ارتفاع تلسکوپ را دارد. این پایه ستونی دارای یک دستی دوار است که می توان با چرخاندن آن ارتفاع ستون را کم و زیاد کرد. مقر نگهداری تلسکوپ که لوله اپتیک بر روی آن سوار می شود، دارای سه دستگیره تنظیم است. پایین ترین دستگیره، دستگیره ی سمتی پایه است که به وسیله آن می توان تلسکوپ را ۳۶۰ درجه در مکان خودش چرخاند. دستگیره دوم را دستگیره ارتفاع پایه می نامند که جهت تنظیم زاویه ی ارتفاع تلسکوپ مورد استفاده قرار می گیرد. سومین دستگیره که دستگیره ی تراز تلسکوپ است که جهت تنظیم تعادل به سمت چپ و راست پایه است.

#### ۲-۱-۳- بخش سیستم اپتیکی

یکی از مزایای اصلی این دستگاه ترکیب دو تلسکوپ بازتابی و شکستی است. در این دستگاه می توان با توجه به سلیقه و کاربرد منجمان به تلسکوپ بازتابی و شکستی تبدیل کرد.

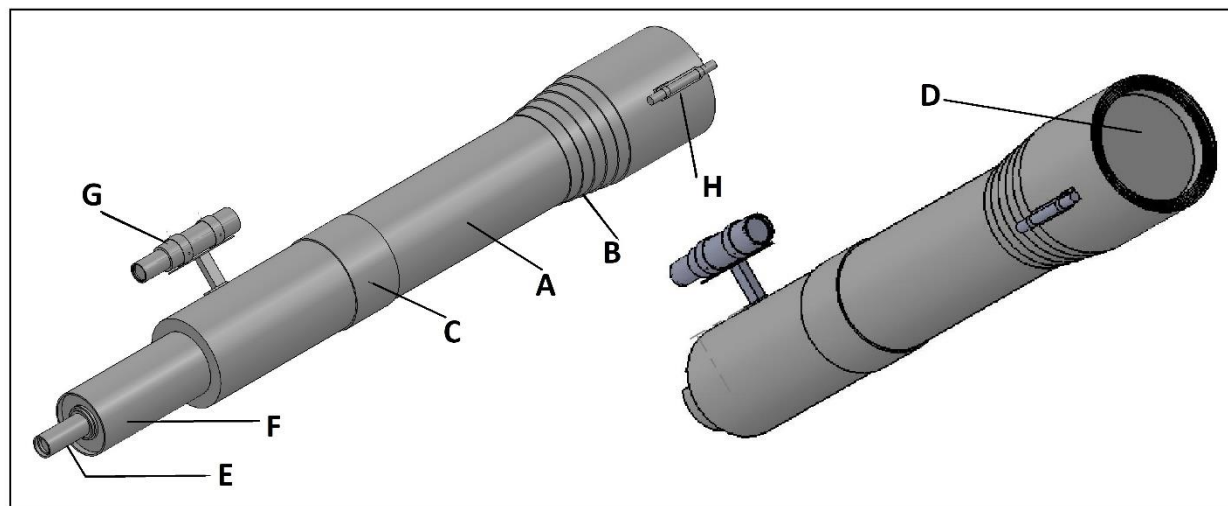
#### تلسکوپ شکستی

ابتدا به بررسی اجزای دستگاه در حالتی که تلسکوپ شکستی است می پردازیم.



(۱) لوله ی اپتیک: لوله اپتیک وظیفه ی نگهداری قطعات اپتیکی تلسکوپ نظیر عدسی ها، آینه ها و دیگر اجزای تلسکوپ را بر عهده دارد و در شکل ۵ با (A) نشان داده شده است. در لوله اپتیک دو قسمت مهم نیز وجود دارد، قسمت اول که بر اساس محاسباتی که از زاویه عبور پرتوهای نور توسط عدسی شیئی به عدسی چشمی می رسد و در شکل ۵ با (B) بیان شده است، قسمت دوم هم وظیفه تنظیم طول لوله ی اپتیک در دو حالت شکستی و بازتابی را بر عهده دارد و در شکل ۵ با (C) مشخص شده است.

(۲) عدسی شیئی: عدسی شیئی مهمترین و اصلی ترین نقش را در تلسکوپ شکستی ایفا می کند. همچنین چگونگی تراش عدسی و کم بودن ابیراهی ها به کیفیت تصویر کمک می کند. در این دستگاه در حالت تلسکوپ شکستی، محل قرارگیری عدسی شیئی در قسمت انتهایی لوله ی اپتیک است که توسط گیره هایی نگه داشته شده است. محل عدسی شیئی در شکل ۵ با (D) مشخص شده است.



شکل ۵- دستگاه تبدیل شده به حالت تلسکوپ شکستی

(۳) عدسی چشمی: بعد از اهمیت ساخت با دقت عدسی شیئی نوبت به عدسی چشمی می شود. بزرگنمایی تلسکوپ به نسبت طول کانون عدسی شیئی به طول کانون عدسی چشمی برمی گردد. هر چه اندازه کانون عدسی شیئی زیاد و اندازه کانون عدسی چشمی کوچک باشد، نسبت عددی بزرگ خواهد بود. عدسی چشمی تلسکوپ شکستی در انتهای تلسکوپ در لوله چشمی قرار می گیرد که در شکل ۵ با (E) مشخص و به صورت فلکس تیوپ طراحی شده است. لوله چشمی در داخل لوله بزرگتری (F) می باشد که متحرک است و وظیفه هم کانونی کردن پرتوهای نور رسیده از عدسی شیئی و عدسی چشمی را بر عهده دارد.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۴) منظر یاب یا جوینده: یک تلسکوپ شکستی کوچکی است که در روی لوله ی اپتیک نصب می شود بر خلاف خود تلسکوپ که دارای میدان دید کم و بزرگنمایی زیادی دارد، این وسیله دارای میدان دید بزرگ و بزرگنمایی کمی دارد. منظر یاب جز بسیار مهمی از تلسکوپ برای رصدگران هنگام رصد می باشد و اینگونه می توان بیان کرد که بدون این وسیله یافتن اجرام آسمان غیر ممکن می شود. اگر مسیر تلسکوپ اصلی و منظر یاب دقیق بر روی یک نقطه دور تنظیم شود با در مرکز قرار دادن محل جرم مورد نظر در مرکز منظراب دقیقاً آن را با بزرگنمایی بیشتری در تلسکوپ می توان مشاهده کرد.

۵) لیزر سبز یا گرین لیزر: یکی از مهمترین ابزارها در نجوم لیزرهای سبز هستند. با روشن کردن لیزر به سمت آسمان شب، باریکه ی نور سبزی پدیدار می شود که به کمک آن می توان به آسانی مکان اجرام مورد نظر تان را در آسمان بیابید. با نصب لیزر سبز بر روی تلسکوپ می توان این ابزار را به جای منظر یاب تلسکوپ نیز استفاده کرد.

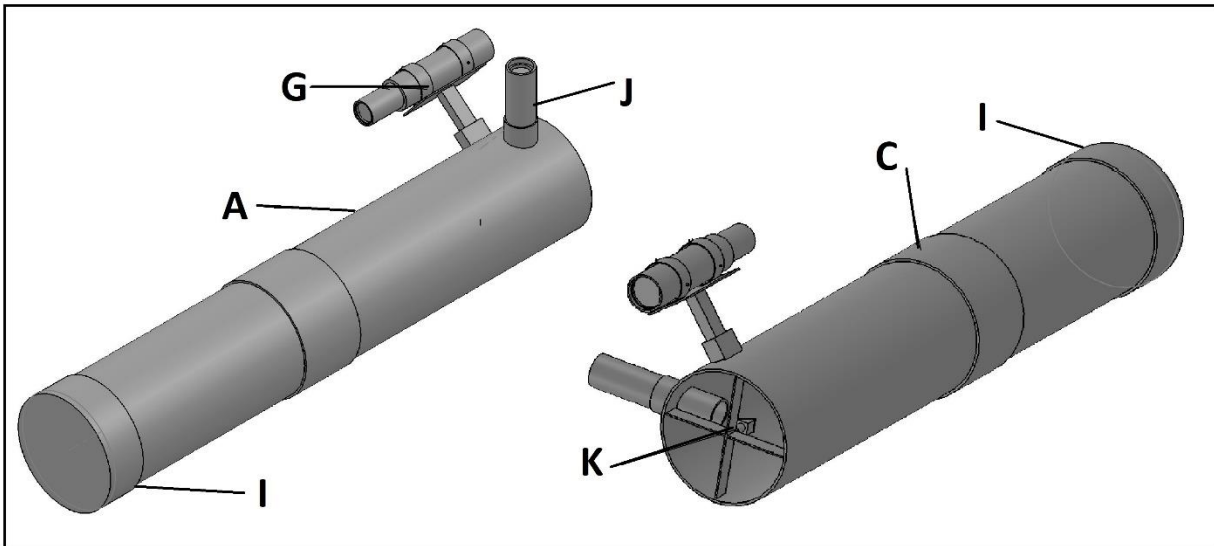
### تلسکوپ بازتابی

حال به بررسی اجزای دستگاه در حالتی که تلسکوپ بازتابی است می پردازیم.

۱) لوله ی اپتیک: برای تبدیل دستگاه به تلسکوپ بازتابی ابتدا باید دهانه لوله ی اپتیک (A) تلسکوپ شکستی جایی که عدسی شیئی شکل ۵ از قسمت (B) همچنین قسمت فلکس تیوپ در شکل ۵ از قسمت (F) جدا می شود. در این حالت هم در لوله اپتیک سه قسمت مهم وجود دارد. قسمت اول محل نصب آینه ی شیئی است که در شکل ۶ با (I) نشان داده شده است، قسمت دوم محل استقرار لوله چشمی است که به صورت عمود بر لوله ی اپتیک نصب می شود و در شکل ۶ با (J) مشخص شده است و قسمت سوم که به وسیله ی دو پایه محل نگهداری آینه تخت است و در شکل ۶ با (K) بیان شده است.

۲) آینه مقعر اصلی: آینه مقعر شیئی مهمترین و اصلی ترین نقش را در تلسکوپ بازتابی ایفا می کند. این آینه که در انتهای تلسکوپ بازتابی نصب می شود وظیفه جمع کردن و به اصطلاح کانونی کردن پرتوهای نور فرودی از دهانه لوله ی اپتیک را بر عهده دارد. محل نصب آینه ی شیئی در شکل ۶ با (I) نشان داده شده است.

۳) آینه تخت: در دهانه ورودی تلسکوپ بازتابی یک آینه تخت با زاویه ی ۴۵ درجه نصب می شود که در محل کانونی شدن پرتوهای بازتابی از آینه شیئی است. وظیفه ی این قسمت بازتاب پرتوها به لوله ی چشمی عمود بر لوله ی اپتیک اصلی می باشد. مکان آینه ی تخت در شکل ۶ با (K) نشان داده شده است.



شکل ۶- دستگاه تبدیل شده به حالت تلسکوپ بازتابی

۴) عدسی چشمی: همانند تلسکوپ شکستی دومین قسمت مهم تلسکوپ بازتابی عدسی چشمی می باشد. در تلسکوپ بازتابی بزرگنمایی تلسکوپ به نسبت کانون آینه شیئی و عدسی چشمی برمی گردد. هرچه اندازه کانون آینه شیئی زیاد و اندازه کانون عدسی چشمی کوچک باشد، نسبت عددی اندازه کانون آینه شیئی به اندازه کانون چشمی بزرگ خواهد بود. لوله عدسی چشمی تلسکوپ بازتابی به صورت عمود بر محل آینه تخت بازتابنده قرار می گیرد. مکان لوله ی چشمی در شکل ۶ با (J) مشخص شده است.

۵) منظریاب یا جوینده: همانطور که در تلسکوپ شکستی توضیح داده شد، منظریاب جز بسیار مهمی از تلسکوپ برای رصدگران هنگام رصد می باشد. معمولاً در تلسکوپ های بازتابی محل استقرار منظریاب دقیقاً در راستای لوله ی عدسی چشمی است. مکان منظریاب در شکل ۶ با (G) مشخص شده است.

منابع

[۱] William Sheehan, Thomas A. Dobbins, A History of Lunar Exploration in the Age of the Telescope (2001),

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



[۲] سعدالله نصیری قیداری، طراحی و ساخت تلسکوپ های اپتیکی و رادیویی (۱۳۸۹)، تهران، موسسه گیتاشناسی.

[۳] Henry C. king, The History of the Telescope (2001)

[۴] Kirkpatrick Larry, Wheeler Gerald. Physics: A World View (2nd ed.). (1992). Philadelphia: Harcourt Brace College Publishers.

[۵] فرانک پدروتی، لئون پدروتی، ترجمه: محی الدین شیخ الاسلامی، آشنایی با اپتیک (۱۳۸۸)، تهران، مرکز نشر دانشگاهی.

[۶] یوجن هشت، ترجمه: محمود دیانی، اپتیک (۱۳۸۵)، تهران، نص.

[۷] ب. کوزنتسوف، ترجمه: فریدون شایان، زندگی و آثار گالیله (۱۳۸۸)، تهران، شباهنگ.

[۸] ناتالی روزینسکی، ترجمه: رضا علیزاده، اسحاق نیوتون (۱۳۹۰)، تهران، ققنوس.

[۹] Robert Chambers. A biographical dictionary of eminent Scotsmen, Volume 2 (2017). Forgotten Books.

[۱۰] Raymond N. Wilson, Reflecting Telescope Optics I: Basic Design Theory and its Historical Development (2013), Springer Science & Business Media.



## LH-586، تحولی نوین در آزمایشگاه

۱. مهدی خاکشور - کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی ۲. هاشم فتحی کارشناس بیهوشی [Hashemfathi79@gmail.com](mailto:Hashemfathi79@gmail.com) ۳.

محمدامین خضری - کارشناس پرستاری ۴. نیلوفر دادار - دکترای عمومی پزشکی ۵. سعید صفری - کارشناس بیهوشی ۶. شهاب

رستمی - کارشناس هوشبری ۷. امیررضا نصیرزاده - کارشناسی ارشد پرستاری

مقدمه

امروزه آزمایشگاه ها تبدیل به یک محیط پر استفاده برای پژوهشگران شده اند که در آنها انواع و اقسام آزمایش های ساده و خطرناک انجام می پذیرد به همین دلیل ایجاد یک محیط امن و استریل برای کاهش خسارت های احتمالی و حوادث جانی در هر آزمایشگاه ضروری است [1]. در طی بعضی از این آزمایشات واکنش های شیمیایی خطرناکی انجام می گیرد و ممکن است گاز یا فراورده های جانبی سمی تولید گردد که سلامت اپراتور را به خطر بیندازد [2].

هود آزمایشگاهی از تجهیزات مهم در سیستم تهویه و کنترل آزمایشگاه است که در کنار سیستم های گرمایشی، سرمایشی و HVAC نقش های مهمی دارد از جمله خارج سازی و جلوگیری از ورود دود، گاز، بخارات، ذرات معلق، گرد و غبار و آلاینده های بیولوژیکی (قارچ ها، باکتری ها و ویروس ها) به فضای آزمایشگاه، جلوگیری از ایجاد و تجمع گازهای قابل انفجار در فضای داخلی هود آزمایشگاه، محافظت کاربر در برابر ذرات معلق در فضای داخلی و ترشحات حاصل از نمونه تحت آزمایش در داخل هود آزمایشگاه و نیز عوامل و میکروارگانیسم های پاتوژن و محافظت از نمونه داخل کابین هود از آلاینده های خارجی انجام می دهد [3][1].

سیستم عملکرد هودها به این صورت است که هوای آلوده یا بخارات مضر را به طور مستقیم از طریق یک مجرای اختصاصی یا به کمک ارتباط با سیستم تخلیه مرکزی آزمایشگاه به فضای خارج آن انتقال می دهند. دو جزء مهم این سیستم، لوله هایی هستند که هوای آلوده از داخل آنها جریان پیدا می کند و فن یا مکنده هایی که برای جابجا کردن هوای آلوده درون لوله ها استفاده می شوند [4]. انتخاب، نصب و نگهداری فن ها، مکنده ها و لوله ها وابسته به نوع هودهای بخارات شیمیایی در آزمایشگاه است و باید به صورت جداگانه بررسی و تعیین شوند. فن هایی که با مواد بسیار سمی یا مواد خورنده یا قابل اشتعال کار می کنند نباید نزدیک به مناطق مسکونی یا ساختمان قرار داده شوند و باید تا حد امکان نزدیک به نقطه تخلیه (معمولا روی پشت بام) قرار داده شوند [5]. بسته به نوع و طبقه بندی هودهای آزمایشگاهی، وجود فن و فیلتر از استنشاق بخارات مضر و سمی، آتش سوزی و انفجار و سوختگی های حرارتی و شیمیایی جلوگیری می نماید و با تهویه مناسب محیط کار و آزمایشگاه محیط ایمن و سالمی را برای فعالیت فراهم میکند. براساس نوع تهویه



مورد نظر و امکانات آزمایشگاه ۸ نوع اصلی هود آزمایشگاه وجود دارد. هود بخار، با نام تجاری هود شیمیایی؛ هود جریان آرام و خطی، با نام هود لامینار؛ هود ایمن بیولوژیکی با نام تجاری هود میکروبی؛ هود سقفی، هود بازویی، هود PCR، هود پاتولوژی و هود توزین [6].

هود شیمیایی یکی از هودهای پر کاربرد در محیطهای آزمایشگاهی است که جهت انتقال بخارات سمی ناشی از مواد شیمیایی به محیط خارجی و جلوگیری از آتش سوزی به کار برده می شود. همچنین هود شیمیایی آزمایشگاهی یا هود بخار، به جهت داشتن کابینت، برای نگهداری مواد شیمیایی مناسب هستند [7].

هود میکروبی و هود لامینار از دیگر انواع هود آزمایشگاهی مورد استفاده در محیطهای میکروبیولوژیکی است که از طریق تهویه هوا، محیط مناسبی را برای کشت سلول، تومور، بافت و ... را فراهم می کند. همچنین این مدل از هودهای آزمایشگاهی در دو مدل کابینت دار و بدون کابین طراحی می شوند.

هودهای کانوپی از انواع هودهای آزمایشگاهی دیواری یا سقفی است که با نصب بر بالای فرآیندهای شیمیایی، بخارات ناشی از عملیات را به بیرون منتقل می کند. البته باید توجه شود که به جهت عدم قرارگیری فن کانوپی بر روی هود، لازم است تا آن را در محیط بیرونی (خارج از آزمایشگاه) نصب کنید.

هود بازویی یا مفصلی نیز به جهت داشتن مفصل و بازو، قادرند تا در مترها مشخصی در محیط آزمایشگاهی جابجا شوند.

در ایران هود در مدل های مختلف با قیمت های گوناگون تولید می شود که مشتری با توجه به نیازی که دارد نوع مخصوص به کار خود را تهیه می کند. شرکت پیشگامان سپهر برتر ستاره شرق در شهرستان تربت حیدریه اقدام به تولید نوعی هود آزمایشگاهی به نام LH-586 کرده است که علاوه بر تمام ویژگی های هود های معمولی دارای قابلیت های منحصر به فردی از جمله دتکتور دود و گاز برای خاموش کردن هوشمند، تایمر طول عمر لامپ، سنسور تشخیص حرکت، سیستم شستشوی خودکار محفظه بعد از هر بار استفاده با آب، بالابر برقی برای شیشه پلکسی و موارد دیگری که در قسمت مدل سازی مفصل توضیح داده شده اند. اغلب تجهیزات این هود حاصل زحمات های شبانه روزی متخصصین شرکت پیشگامان سپهر برتر شرق می باشد و علاوه بر کیفیت بالای تجهیزات، قیمت نهایی دستگاه نیز بسیار مناسب است و شرکت پیشگامان آماده ارائه محصول و عقد قرارداد با بیمارستان ها، آزمایشگاه، کارخانه ها و ... می باشد [8].

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

<sup>6</sup> Fume Hood 1  
<sup>6</sup> Laminar Flow Hood 2  
<sup>6</sup> Biological Safety Hood 3

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



به نظر می رسد توماس ادیسون که در حدود سال ۱۹۰۰ کار می کرد، یکی از اولین دانشمندانی بود که نگران تهویه آزمایشگاهی بود. ادیسون از دودکش شومینه در آزمایشگاه خود استفاده کرد تا دود و بوهای مضر حاصل از آزمایشات خود را به ترکیبات لاستیکی گرم شده تخلیه کند و از پیش ران طبیعی دودکش برای بیرون راندن گازها استفاده کرد. هودهای بخار طی جنگ جهانی دوم پیشرفت بسیار سریعی داشتند برای اولین بار از فیلترهای HEPA استفاده شد و در ادامه در سال ۱۹۹۷، Lab Crafters هود اختراع شده و با کارایی بالا Air Sentry را معرفی کرد، اولین هود با کارایی بالا که به بازار معرفی شد. این هود دود عملکردی کارآمد و بی صدا را ارائه می دهد که برای مثال برای عملکرد در شرایط «دنیای واقعی» با پیش کش های متقاطع و نوسانات دما و فشار طراحی شده است. بیشترین تعداد مقالات و پژوهش ها در مورد هودهای بخار نیز در اوایل قرن ۲۱ که تازه استفاده از هودهای بخار رایج شده بود انجام شده است و در آنها موارد مختلفی از جمله مقایسه فن های سانتریفیوژ و اگزوز، میزان امنیت اپراتور در استفاده از هودها، تاثیر هوای اطراف هود بر کارکرد آن و .... ارزیابی شده است [9].

### روش شناسی پژوهش

ما در این پژوهش با بررسی نمونه های موجود در بازار به صورت مجازی و حضوری و همچنین پرس جو از کسانی که از هودهای آزمایشگاهی استفاده می کنند نقاط ضعف و قدرت هر کدام از مدل های مختلف هودها را پیدا کردیم و با توجه به نیاز بازار اقدام به ساخت یک نمونه اولیه نمودیم.

مدل سازی، بررسی و تجزیه تحلیل داده ها (یافته ها)

LH-586 حجم اگزوز خروجی را با استفاده از روش های مختلف تغییر می دهد، مانند دمپر یا سوپاپ در مجرای اگزوز که بر اساس موقعیت پلکسی باز و بسته می شود، همچنین این هود دارای دمنده ای است که سرعت را برای برآورده کردن نیازهای حجم هوا درون محفظه تغییر می دهد تا تلاطم را به حداقل برساند. LH-586 یک سیستم بلوک بای پس اصلاح شده را یکپارچه می کنند که جریان هوای کافی را در همه موقعیت های باز و بسته بودن محفظه تضمین می کند. LH-586 به صورت الکترونیکی به تهویه مطبوع ساختمان آزمایشگاه متصل می شوند، بنابراین اگزوز هود و منبع اتاق متعادل هستند. علاوه بر این، LH-586 دارای نمایشگر و آلارم هایی هستند که به اپراتور در مورد شرایط ناایمن جریان هوای هود هشدار می دهند. لبه های دهانه کار طوری طراحی شده اند که قادر به مدولاسیون جریان در پاسخ به موقعیت باز بون محفظه کار هستند. همچنین ما موضوع Face Velocity هود را به دقت ارزیابی کرده ایم و با کمک متخصصین بهداشت حرفه ای و مهندسان HVAC این دستگاه با کاهش حجم کل هوای مطبوع خارج شده از آزمایشگاه، صرفه جویی قابل توجهی در مصرف انرژی دارا می باشد. از جمله سایر ویژگی های LH-586 لامپ UV، دکتور دود و گاز برای خاموش



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

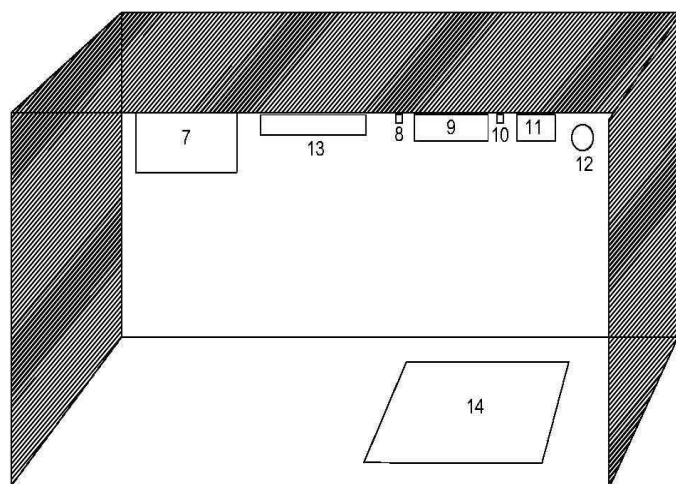
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

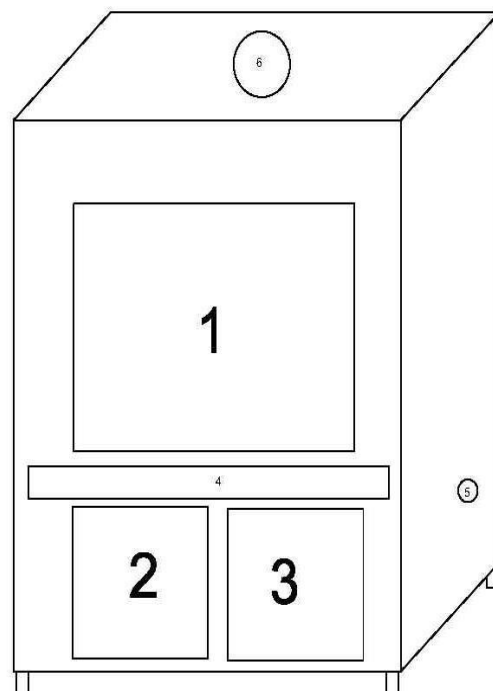
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



کردن هوشمند، شیشه ضد اشعه UV، فیلتر HEPA، فن سانتریفوژ، کف استیل، بالابر برقی، تایمر طول عمر لامپ، سنسور تشخیص حرکت، چراغ های داخلی با پوشش های ضد بخار، یک سوئیچ برای روشن یا خاموش کردن سیستم شستشوی آب می باشد.



۱۰- نازل مه پاش ۱۱- لامپ فلورسنت ۱۲- سنسور کنترل  
حرکت ۱۳- دریچه تهویه ۱۴- سینک



کابینتی ۳- درب کابینتی ۴- قسمت قرار گیری برد  
دستگاه ۵- فیوز اصلی دستگاه ۶- محل اتصال به

نتیجه گیری، تقدیر و تشکر، منابع

کارشناسان هود شیمیایی در مورد چگونگی ساختار این دستگاه ها، اختلاف نظرهای زیادی دارند.

مسائل عمده عبارتند از:

۱. طراحی ساختاری برای رسیدن به آیرودینامیک اهداف
۲. Face Velocity برای عملیات ایمن
۳. روش های آزمون و معیارهای پذیرش
۴. حفظ انرژی
۵. بهره برداری، نگهداری و صدور گواهینامه



در مورد هودهای بدون مجرا به این نکته اشاره کنم که نظارت بر یکپارچگی سیستم ضد عفونی برای گازها، بخارات و ذرات معلق در هوا به صورت مداوم یک کار بزرگ است و هنوز به اندازه کافی انجام نشده است. خوشبختانه، هودهای بدون کانال معمولاً برای عملیات بدون خطر یا حداقل استفاده می شوند. کاهش در تعداد فوم هودهای شیمیایی سنتی در آزمایشگاه های جدید در طیف وسیعی از رشته ها که شامل امکانات آموزشی می شود، نشان دهنده کاهش نیاز به دستگاه های بخور شیمیایی است حتی زمانی که تعداد کمی از هودهای بخار شیمیایی تهیه شده است، مشاهده می کنم که اغلب برای نگهداری بطری های مواد شیمیایی فرار استفاده می شود [10]. این روند به ویژه در آزمایشگاه های اختصاص داده شده به علوم زیست پزشکی مشخص شده است. دلایل کاهش استفاده از هودهای شیمیایی نیز واضح است:

۱. پیشرفت هایی که در فناوری های تحلیلی ایجاد شده است می توان به راحتی با مقادیر میکرو و نانو کار کرد.
۲. توسعه ابزارهای اتوماتیک کاملاً محصور که عملیات را محدود کرده و انتشار گازهای گلخانه ای را محدود می کند.
۳. هزینه های بالای انرژی مرتبط با کارکرد دود شیمیایی هود، و همچنین هزینه های خرید بالا و پیچیدگی مرتبط. هودهای لامینار هوا را از محیط بیرونی می گیرند، فیلتر می کنند و هوای تمیز را از پشت هود به سمت کاربر می دمند. این هودها بیشتر از نمونه علمی محافظت می کنند و نباید با نمونه های خطرناک یا عفونی استفاده شوند. صفحه نمایش شیشه ای ندارند زیرا جریان افقی هوا را مسدود می کنند، بنابراین هیچ محافظتی در برابر پاشش آب نیز وجود ندارد. هودهای کلاس III لامینار کارآمدترین نوع هود می باشند که فیلتراسیون و ضد عفونی محیط کامل انجام می دهند ولی قیمت بسیار بالایی نیز دارند.

با تمام این تفاسیر طبق آخرین نظرسنجی که در سال ۲۰۱۹ انجام شد و در مجله Lab Manager چاپ شد از ۲۴۷ متخصص آزمایشگاهی در رابطه با نوع هودهای آزمایشگاهی آنان سوال شد و سرانجام مشخص گردید که تقریباً ۴۳٪ از هودهای بخار، هودهای بخار معمولی (CAV) هستند که سالانه هزینه های زیادی برای نگه داری آنها استفاده می شود [15]. پس از ۱ سال بررسی انواع مدل های هود موجود و مشورت با متخصصین این حوزه شرکت پیشگامان سپهر برتر ستاره شرق اقدام به ساخت یک نمونه اولیه هود آزمایشگاهی به نام LH-586 کرده است که علاوه بر داشتن تمام ویژگی های اساسی هودهای آزمایشگاهی، آپشن های منحصر به فرد دیگری به منظور راحتی و امنیت بیشتر اپراتور دارا می باشد [16].

کلمات کلیدی: هود آزمایشگاهی، LH-586 (هود ساخته شده شرکت PSS)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



\*کمال تشکر را نیز از خانمها هانیه قره باغی - کارشناس مامایی، زهرا گلشیخی - کارشناس مامایی، زهر نجفی چناری بهیاری ، مرضیه کاظمی - کارشناسی مهندسی پزشکی و آقایان حسن زاهدی - کارشناس پرستاری و امیررضا یاحسینی - کارشناس پرستاری که ما را در ساخت این محصول یاری نمودن داریم.

### منابع

1. Bell, G.; D. Sartor; E. Mills (October 2003). Journal Lawrence Berkeley National Laboratory . 4. 16-30
2. Kreycik, Philip. "Energy - Shut the Sash Case Study". National Wildlife Federation - Campus Ecology. Retrieved 22 October 2012.
3. Gillian Mohny (2015-10-18). Journal ABC News . 3 . 19-21
4. Rayan Tori. Lab Manager Magazine. Jan 1, 2011. Archived from the original on 2012-06-18. Retrieved 22 October 2012 . 9 . 22 - 26
5. McLeod, Vince; Glenn Ketcham (October 7, 2009). Lab Manager Magazine. Archived from the original on January 27, 2013. Retrieved 22 October 2012. 5 . 35-41
6. McLeod, Vince; Glenn Ketcham (October 7, 2009). Lab Manager Magazine. Archived from the original on January 27, 2013. Retrieved 22 October 2012. 3 . 11-28
7. Tom Husmer. University of Colorado at Boulder Facilities Management. Archived from the original on 12 December 2012. Retrieved 22 October 2012. 9 . 41-45
8. Robert Grasvay; Journal US Department of Energy. March 2012. Retrieved 22 October 2012. 7 . 2-9
9. - . Journal Laboratory Fume Cupboards (British Standard 7258). London: BSI, 1994. 5 . 31-35
10. David Kayson Method of Testing Performance of Laboratory Fume Hoods (Standard 110). Atlanta, Ga.: ASHRAE, 1995. 11 . 21-28
11. Memarzadeh, Journal: National Institutes of Health, 1996 . 5. 31-41
12. Smith TC. journal. Chem Heal Saf. 2004; 11 :26-34.
13. DiBerardinis, L.J., Journal M.W. First., Occup. Environ. Hyg. 6:227(1991). 2 . 11-19
14. Merder leseire.. Archived from the "Shut the Sash" on 2013-06-30. Retrieved 2019-01-01. 9.31-36
15. James Gardel. Journal Columbia University Chemical Retrieved 23 October 2012. 5 . 32-33
16. تهویه صنعتی، انتشارات آشتی، ۱۳۸۱، دکتر محمد جواد جعفری



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

### چگونگی واکاوی و تفسیر عکس های هوایی

منصور رحمتی\*<sup>۱</sup> کاظم رجبی<sup>۲</sup> لطف الله ملکی<sup>۳</sup>

۱- دانشگاه محقق اردبیلی، دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری و روستایی rahmati1358@gmail.com

۲- دانشگاه محقق اردبیلی، مدرس دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دانشگاه محقق اردبیلی، عضو غیرهیات علمی دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده:

منظور از تفسیر عکس های هوایی، کاربرد شیوه هایی است که توسط آن پدیده های مختلف، حدود و طبیعت آنها بر روی عکس تعیین شده و رابطه آنها با محیط اطراف مورد بررسی قرار می گیرد.

تفسیر عکس شامل مشاهده پدیده ها و ویژگی های قابل رویت بر روی عکس هوایی است و شناخت پدیده روی عکس رابطه مستقیم با آشنایی مفسر در پدیده مورد نظر دارد. در فرآیند تفسیر عکس های هوایی مفسر معمولاً هفت کار انجام می دهد شامل ۱- آشکار سازی، ۲- شناسایی و تشخیص ۳- تحلیل ۴- قیاس ۵- طبقه بندی ۶- ایده آل سازی ۷- تعیین صحت هستند. همه موارد فوق در این مقاله مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.

کلمات کلیدی: تفسیر عکس های هوایی، قیاس، ایده آل سازی، آشکار سازی، طبقه بندی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

شناخت پدیده روی عکس رابطه مستقیم با آشنایی مفسر در پدیده مورد نظر دارد. خانه ها، درختان و جاده ها به سادگی قابل تشخیص هستند که البته بستگی به مقیاس و کیفیت عکس دارد اما شناسایی مواردی مثل نوع پوشش گیاهی، نوع خاک، نوع سنگ، نوع ساختمان بدون در نظر گرفتن معیارهای مختلف و اصول فنی کاری پیچیده می باشد.

تعیین شیوه ای خاص برای تفسیر کاری است بسیار دشوار، زیرا هر مفسری با توجه به شناخت و دانش تجربه عملی خود اشیاء و پدیده های روی عکس را مورد تحلیل و بررسی قرار می دهد. بنابراین نتایج حاصل از تفسیر عکس های هوایی بین مفسران مختلف متفاوت است و آن دسته از مفسرانی که دارای تجارب بیشتری هستند بهتر می توانند عکس های هوایی را تفسیر کرده و اطلاعات مورد نیاز را از آنها استخراج کنند.

در شرایط موجود، عکس های هوایی در اکثر رشته های علمی برای پیشبرد عملیات شناسایی و اندازه گیری به کار برده می شوند و در نتیجه، پاسخ گویی بسیاری از محصولات و وسایلی نظیر تهیه نقشه های موضوعی مختلف، مطالعات زمین شناسی، راه سازی، محیط زیست، کشاورزی، مدیریت منابع آب، برنامه ریزی شهری، هواشناسی، مسایل نظامی و ... می باشند.

مبانی نظری و پیشینه تحقیق: در تفسیر عکس، دانستنی های ذهنی مفسر که از طریق مطالعه و تجربه کسب شده است بسیار مهم می باشد داشتن چنین تجاربی موجب می شود که نتایج بدست آمده مانند نماسازی یکی از مناسب ترین روش های ارایه اطلاعات مربوط به محیط طبیعی به شمار می رود. در این مطالعه با استفاده از عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای تغییرات پوشش جنگلی در بخش از جنگلهای زاگرس به مساحت ۷۴۱ هکتار نماسازی گردیده است. بدین منظور در عکس های هوایی مربوط به سال ۱۳۷۶ تصحیحات هندسی و تصحیح جا به جایی ناشی از پستی و بلندی انجام شد. (۱۳۸۸ سوسنی جواد، زبیری محمود، فقهی جهانگیر)

تلفیق مستقیم سیستم های فتوگرامتری بعنوان یکی از مهمترین منابع تولید داده های مکانی مورد نیاز سیستم های GIS و سیستم های مدیریت پایگاه داده مکانی، ضمن آن که هدف اول را تحت پوشش قرار می دهد سبب می گردد تا عملیات کنترل صحت روابط منطقی و توپولوژیکی میان عوارض همزمان با ورود داده های مکانی به پایگاه داده امکان پذیر گردد. (سحر حسینیان، دکتر حمید عبادی، فرشید فرنود احمدی)

اهمیت آب به عنوان ماده حیاتی همواره در عرصه تاریخ بشریت به عنوان شریان زندگی در کشاورزی ما را به تحقیق بیشتر در مورد نوع استفاده آن در کشاورزی را وادار می کند. وادی ها به عنوان یک میراث و تاریخچه کوتاه تر در عین وقوع حوادث اقلیمی محیطی را به صورتی بارز در بستر خود به تصویر کشانیده و از اهمیتی حیاتی در میان قلمروهای



ژئومورفولوژیکی در شبه جزیره عربستان برخوردار است. روش بررسی و تحلیل در این مقاله متکی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از راه دور به خصوص فتوگرامتری است.

(شکوری، علی؛ قرائی، مهران: مجله علوم جغرافیایی) تابستان ۱۳۸۵ شماره ۲- رتبه علمی - پژوهش

مدیریت، بهره برداری و حفاظت از منابع طبیعی، نیازمند داده های دقیق و به هنگام می باشد. نماسازی سه بعدی پوشش گیاهی آنگاه که در بستر وب پیاده سازی شود، به شکلی که قابلیت نمایش و حرکت پویا در محیط مجازی داشته باشد.

دسترس کارشناسان مربوطه، به محسط شبیه سازی شده جنگلی را تسهیل می نماید، منطقه مورد مطالعه بخشی از ناحیه ی روش خلیجی - عمانی در استان محروم سیستان و بلوچستان می باشد. با توجه به پراکندگی زیاد پوشش گیاهی منطقه و دقت مورد نیاز، استفاده از عکس های هوایی ابراز مناسبی در تهیه ی پایگاه داده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی محسوب می شود. (رسولی، علی اکبر، علوی، سیدعلی؛ میرجعفری سید بابک، کربلایی، فریبا مجله، جغرافیا و توسعه) زمستان ۱۳۹۲ شماره ۳۳- رتبه علمی و پژوهش) روش شناسی تحقیق

در این تحقیق عکس های هوایی به صورت ذیل مورد بررسی و تحلیل قرار می گیرد.

(۱) آشکارسازی: در این عملیات پدیده هایی که به طور مستقیم و غیرمستقیم هستند بر روی عکس تیفیک می شوند.

(۲) شناسایی و تشخیص: در این عملیات پدیده های مختلف با اسم مشخص می شوند. این عملیات جزء مهمترین عملیات تفسیر عکس های هوایی است و مفسر در آن از عواملی نظیر رنگ، تن، بافت الگو یا نقش، مکان و موقعیت جغرافیایی، شکل، سایه و اندازه سود جست،

(۳) تحلیل: در این عملیات ترتیب مکانی پدیده ها آشکارسازی می شوند.

(۴) قیاس: در عملیات پیچیده از اصل تقارب و همگرایی شواهد برای پیش بینی وقوع برخی رابطه ها بر روی عکس های هوایی استفاده می شود.

(۵) طبقه بندی: در این عملیات پدیده های شناسایی شده در یک سیستم منظم طبقه بندی شده و دسته بندی می شوند.

(۶) ایده آل سازی: در این عملیات با استفاده از خط های توزیع مکانی پدیده ها در منطقه، خلاصه سازی می شود.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۷) تعیین صحت: در این عملیات نقاطی به صورت تصادفی بر روی منطقه مورد مطالعه مشاهده میدانی قرار می-

گیرند تا صحت و علم صحت تفسیر مشخص می شود.

۴- مدل سازی، بررسی و تحلیل داده ها

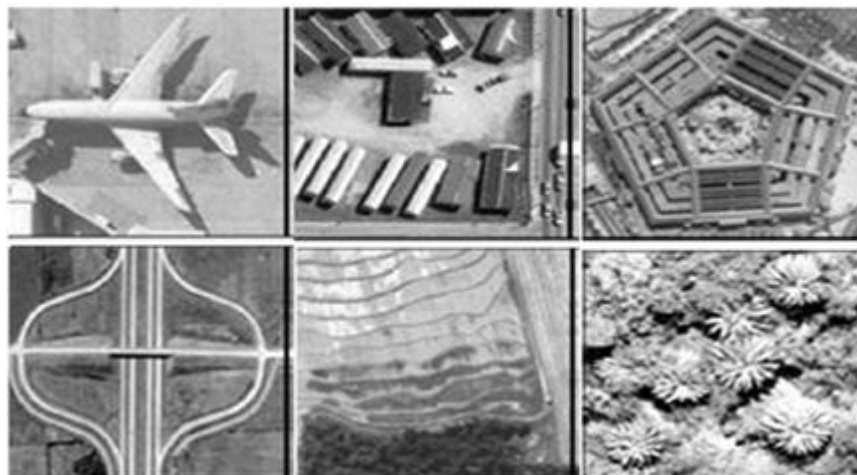
۲- عناصر تفسیر عکس های هوایی

شکل:

۸) بارزترین ویژگی عوارض که در نگاه اول بر روی عکس های هوایی برداشت می شود شکل آنهاست. شکل عوارض

مستقل از مقیاس و فصل عکسبرداری بوده و فقط زاویه عکسبرداری در عوارض تغییر به وجود می آورد (شکل

شماره ۱-۲).



شکل ۱-۲: شکل به عنوان یکی از عناصر تفسیر عکس های هوایی

\* اندازه:

اندازه از عوامل مهم شناسایی و تفسیر عکس های هوایی است. با سنجش و محاسبه اندازه ها می توان به ماهیت تصاویر پی برد همچنین اندازه پدیده های روی عکس باید در قالب مقیاس عکس در نظر گرفته شود مثلاً یک کانال آبیاری شباهت زیادی به کانالی دارد که در مصارف نظامی برای استتار تانک ها ایجاد می نمایند، ولی تفاوت اساسی آنها در اندازه می باشد. با یک اندازه گیری و محاسبه ساده می توان به واقعیت آنها دست یافت (شکل شماره ۲-۲).

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



شکل ۲-۲: اندازه به عنوان یکی از عناصر تفسیر عکس های هوایی

\* الگو:

الگو مربوط به ترتیب فضایی پدیده ها می شود یا به عبارتی یک شکل منظم مربوط به یک شیء است. برای مثال، ردیف خانه ها، مزارع برنج که با فاصله منظم از هم قرار گرفته اند، تقاطع اتوبانها، باغهای میوه و غیره می توانند با ارائه اطلاعاتیاز الگوهای منحصر به فرد، منجر به تسهیل در عمل تفسیر شوند (شکل شماره ۳-۲).



شکل ۲-۳: الگو به عنوان یکی از عناصر تفسیر عکس های هوایی

\* تن (ته رنگ)





میزان تغییر تیرگی از رنگ سیاه تا رنگ سفید را تن می نامند به طوری که در عکس های تمام رنگ یا پانکروماتیک هر شیء مطابق با بازتابندگی که دارد تن منحصر به فردی را بازتاب خواهد کرد. برای مثال، شن خشک بازتاب سفید و شن مرطوب بازتاب تیره دارد.

\* بافت:

بافت گروهی از الگوهای کوچک تکراری است به عبارتی دیگر ممکن است بافت به ریزی یا درشتی نیز اطلاق شود. البته اندازه اجسام نیز ایجاد بافت می کنند که با کم و زیاد شدن مقیاس تغییر می یابند. برای مثال، چمنزار یکنواخت بافتی هموار دارد، در حالیکه جنگل های درختان مخروطی شکل معمولاً دارای بافتی ناهموارند (شکل شماره ۴-۲).



شکل ۴-۲: بافت به عنوان یکی از عناصر تفسیر عکس های هوایی

\* سایه ها:

سایه ها از دو جهت مخالف برای مفسر مهم هستند.

- شکل یا شرح یک سایه، تصویری از شکل پدیده را در ذهن مفسر ایجاد می کند (که موجب کمک به او می گردد)

- پدیده های که بین سایه ها قرار گرفته اند، نور کمی را منعکس می سازند و به همین علت تفکیک آنها بر روی عکس ها دشوار است (شکل شماره ۳).



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



سایه پدیده‌ای است که در طبیعت به وسیله آن در راه اندازه و شکل اجسام یا افراد می‌توان قضاوت نمود. در مواردی که اختلاف تن بین جسم و محیط اطراف آن وجود ندارد و اجسام ریز هستند سایه آنها کمک بیشتری به شناخت می‌نماید. در عکس‌های هوایی قائم که از مناطق جنگلی یا مناطق مسکونی گرفته می‌شود از این عامل می‌توان برای اندازه‌گیری ارتفاع استفاده نمود.

\* موقعیت توپوگرافیک:

موقعیت ارتفاعی منطقه مورد مطالعه می‌تواند به تفسیر عکس‌های هوایی کمک کند مثلاً در بررسی گونه‌های جنگلی مناطق شمالی ایران باید توجه داشت که درختان راش تجارتمی معمولاً بین ارتفاعی از ۷۵۰ تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا می‌رویند و در جهت شیب‌های رو به شمال رشد می‌کنند ولی درخت‌هایی از قبیل توسکا از نظر توپوگرافیک رویشگاهی بین صفر تا ۱۰۰۰ متر دارند.



شکل ۳: سایه به عنوان یکی از عناصر تفسیر عکس‌های هوایی

۳- اصول برجسته بینی و توجیه عکس‌های هوایی

۳-۱- استریوسکوپ و انواع آن



برای دیدن اجسام با چشم و بصورت عادی، شعاع های دید در نقطه مورد نظر یکدیگر را قطع می نماید، لذا برای جدا کردن دید هر چشم از دیگری و موازی نگه داشتن دید هر چشم و در نتیجه ایجاد دو تصویر جداگانه و مستقل در چشم ها از استریوسکوپ استفاده می کنند. به عبارت دیگر قابلیت استریوسکوپ موازی نگه داشتن دید هر چشم و در نتیجه ایجاد دو تصویر جداگانه و مستقل در چشم ها می باشد که پس از رسیدن این تصاویر به مرکز بینایی مغز با هم ترکیب شده و تصویر برجسته ای را ایجاد خواهد کرد. یکی از مزیت های عکس های هوایی قائم امکان دید سه بعدی از پدیده های سطح زمین با استفاده از یک جفت عکس متوالی است که با استفاده از استریوسکوپ و تنظیم آن بر روی جفت عکس متوالی، امکان دید سه بعدی فراهم می شود.

استریوسکوپ های متعددی وجود دارند از قبیل:

۱- استریوسکوپ جیبی

۲- استریوسکوپ آینه ای

۳- استریوسکوپ اسکن کننده

۴- اینتر پرتوسکوپ

۵- اینتر پرتوسکوپ

استریوسکوپ ها به طور کلی به سه دسته عمده آینه دار، عدسی دار و ترکیبی تقسیم می شوند. در استریوسکوپ های آینه دار از انعکاس نور و در استریوسکوپ های عدسی دار از انکسار نور استفاده می شود. از محاسن استریوسکوپ های عدسی دار می توان ارزانی، قابلیت حمل و نقل و نگهداری و ساده بودن کار با این دستگاه و از معایب آن می توان محدود بودن بزرگ نمایی، کوچک بودن میدان دید و مشکل بودن کار با عکس های با ابعاد بزرگ را نام برد.

خصوصیات مناسب استریوسکوپ ها جهت تفسیر عکس های هوایی عبارتست از:

۱- بزرگ نمایی از ۱ الی ۵ برابر

۲- میدان دید از ۳۰ درصد تا ۹۰ درصد زوج عکس های هوایی

۳- دارای وزن سبک و استحکام بوده و به آسانی قابل حمل و نقل باشند.

۳-۱-۱- استریوسکوپ جیبی



استریوسکوپ جیبی از دو عدسی بر روی یک پایه تشکیل شده که رد آن فاصله مرکز دو عدسی از یکدیگر معادل فاصله بین دو مردمک چشم یعنی بین ۵۵ تا ۷۵ میلی متر قابل تغییر است. در بعضی انواع استریوسکوپها این فاصله ثابت و معادل با فاصله متوسط بین دو چشم یعنی ۶۵ میلی متر می باشد (شکل شماره ۴).

در موقع کار با این دستگاه در هر مرحله یک سوم پوشش مشترک یک جفت عکس هوایی می تواند برجسته دیده شود و مورد تفسیر و اندازه گیری قرار گیرد. ضمناً با جابجایی عکس رو و عکس زیر می توان یک سوم دیگر عکس را به صورت برجسته مشاهده کرد، در نهایت برای بقیه عکس که ظاهراً غیر قابل دید برجسته بینی است باید لبه عکس رویی را جهت برجسته بینی با انگشت کمی بالا گرفت.



شکل ۴: استریوسکوپ جیبی

### ۳-۱-۲- استریوسکوپ آینه دار

این دستگاه کامل تر و بهتر از استریوسکوپ جیبی بوده و علاوه بر عدسی چشمی برای دید عادی یعنی حد ۸/۰ تا یک برابر، دارای عدسی های چشمی اضافی، برای بزرگ نمایی های ۳، ۶ و ۸ برابر نیز می باشد. وجود آینه و منشور باعث زیاد شدن فاصله بین دو عکس در موقع دید سه بعدی می گردد و عکس ها روی هم قرار نگرفته و در نتیجه در یک مرحله تمام پوشش مشترک طولی ۶۰ تا ۷۰ درصد عکس می تواند مورد استفاده و تفسیر قرار گیرد (شکل شماره ۵).



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۵: استریوسکوپ آینه ای

در استریوسکوپ های آینه ای نمی توان دوربین های چشمی را به هم دور یا نزدیک کرده و با چشم خود میزان نمود همچنین در این نوع از استریوسکوپ ها، جدا شدگی بین تصاویر نظیر هم، در دو عکس برابر با ۲۵۰ میلی-متر است.

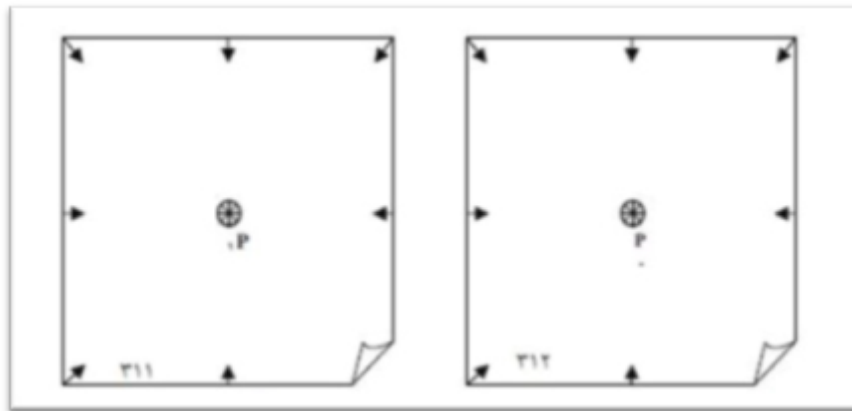
۲-۳- چگونگی توجیه عکس های هوایی جهت برجسته بینی با استریوسکوپ جیبی  
آماده نمودن دو عکس متوالی دارای پوشش مشترک طولی را با استریوسکوپ های جیبی در ۶ مرحله می توان خلاصه کرد به طوری که در پایان این مراحل، دید سه بعدی کامل و بدون پارالاکس فراهم می گردد.  
مرحله اول: با اتصال دو علامت حاشیه ای مقابل عکس های هوایی یا علائم در گوشه های آن (فیدوشال مارک)، نقطه اصلی یا مرکز هر عکس مشخص می گردد. در شکل شماره ۶ مرکز عکس با حرف P نشان داده شده است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

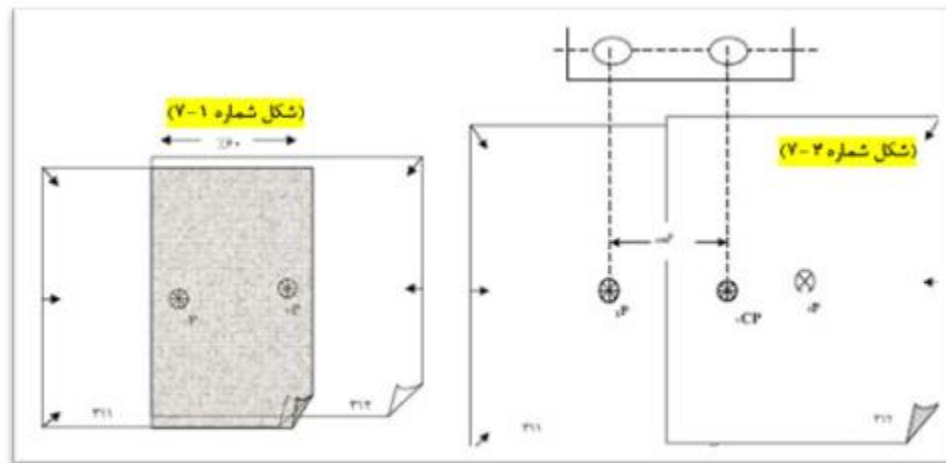
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۶: مشخص نمودن مرکز دو عکس متوالی هوایی جهت برجسته بینی

مرحله دوم: دو عکس متوالی طوری روی میز کار قرار داده می شوند که پوشش مشترک طولی دو عکس بر روی یکدیگر واقع گردند (شکل شماره ۷-۱). در این مرحله دو عکس را در جهت مسیر پرواز، از یکدیگر دور کرده به طوری که فاصله بین دو تصویر نظیر از یک جسم (مثلاً سقف یک ساختمان مشخص) در دو عکس حدود ۶ سانتی متر گردد (شکل ۷-۲).



شکل ۷: پوشش مشترک طولی و تنظیم فاصله ۶ سانتی متری در دو عکس متوالی هوایی

هنگام قرار دادن عکس ها روی میز باید توجه داشت که سایه عوارض (مثل سقف ساختمان و کوه و ...) به طرف شخص مفسر عکس باشد که در غیر این صورت ممکن است بالای کوه ها را دره و دره ها را بالای کوه تجسم کرده و در عمل تفسیر دچار اشتباه شویم.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

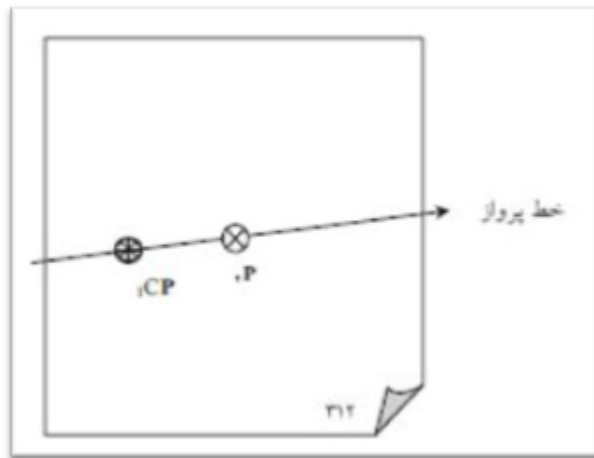
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مرحله سوم: استریوسکوپ جیبی به طوری روی عکس ها قرار داده شود که مثلاً عکس سمت راست رو و عکس سمت چپ زیر بوده و عدسی سمت چپ روی مرکز عکس سمت چپ قرار گیرد (شکل شماره ۸).



شکل ۸: تعیین مسیر پرواز بر روی عکس هوایی

در این مرحله چنانچه از داخل عدسی های استریوسکوپ به عکس نگاه شود، حالت یدد سه بعدی حاصل می شود. در صورتی که عکس ها کاملاً برجسته دیده نشد باید قدری آنها را در جهت پرواز یا عمود بر آن تغییر مکان داد. همیشه باید توجه داشت که محور دیدگان استریوسکوپ (خطی که مرکز دو عدسی ها را به یکدیگر وصل می کند) موازی با مسیر پرواز باشد.

مرحله چهارم: عکس سمت چپ را روی عکس سمت راست قرار داده و استریوسکوپ موازی روی آن مستقر شود به طوری که مرکز عدسی سمت راست روی مرکز عکس سمت راست قرار گیرد. مانند مرحله قبل، مرکز عکس سمت راست نیز بر روی عکس سمت چپ نقش می گیرد. البته واضح است که فاصله بین دو تصویر نظیر، تقریباً حدود ۶ سانتی متر است.

مرحله پنجم: در روی هر عکس، مرکز عکس و تصویر عکس مجاور را به یکدیگر وصل کرده و امتداد این خط در کناره های عکس مشخص می گردد. این خط نشان دهنده مسیر پرواز واقعی هواپیما در زمان عکس برداری می باشد.

مرحله ششم: یک عکس ثابت و عکس دیگر به گونه ای تنظیم شود که مراکز عکس ها و مسیر پرواز در یک امتداد قرار گیرند. در این مرحله تصاویر سه بعدی خواهند بود (شکل شماره ۹).

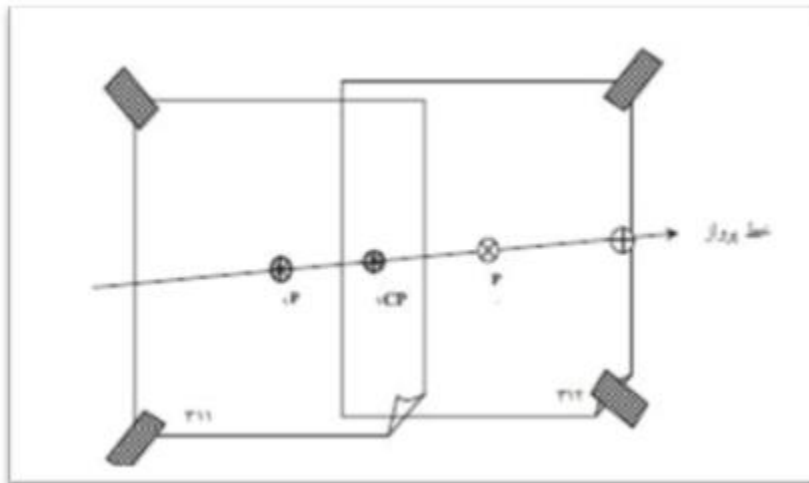


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۹: جفت عکس متوالی آماده شده جهت برجسته بینی با استریوسکوپ جیبی

تا این مرحله  $1/3$  محدوده عکس قابل بررسی با استریوسکوپ جیبی خواهد بود و با عوض کردن موقعیت عکس های سمت چپ و راست از نظر زیر و رو بودن و در زیر قرار دادن عکس رویی، می توان حدود  $2.3$  از پوشش مشترک طولی دو عکس را سه بعدی دید و برای دیدن باقیمانده تصویر نیز بایستی عکس رویی را با دو انگشت قدری بالا گرفت.

### ۲-۳- چگونگی توجیه عکس های هوایی جهت برجسته بینی با استریوسکوپ آینه دار

اصول کار توجیه عکس های هوایی با استریوسکوپ آینه دار نیز مشابه استریوسکوپ جیبی می باشد که موارد تشابه و اختلاف آنها را می توان این گونه تشریح کرد:

الف- نقاط اصلی عکس ها با کمک فیدوشال مارک مشخص گردد.

ب- این مرحله مانند مرحله ب استریوسکوپ جیبی انجام می باشد، با این تفاوت که فاصله یک جسم در دو عکس بجای  $6$  سانتیمتر،  $25$  سانتیمتر باید باشد.

ج- استریوسکوپ آینه دار به گونه ای روی دو عکس تنظیم می شود که مسیر پرواز با محور استریوسکوپ موازی باشد. با بزرگ نمایی عادی، عکس ها برجسته دیده شده و مرکز هر عکس روی عکس بعدی منتقل می شود.

د- بعد از مشخص کردن مسیر پرواز مشابه استریوسکوپ جیبی، دو عکس طوری روی میز تنظیم می شود که دو مرکز اصلی و تصویر آنها در کس مجاور در یک امتداد قرار گیرند.



شکل شماره ۱۰ جفت عکس متوالی آماده شده جهت برجسته بینی با استریوسکوپ آینه‌ای را نشان می‌دهد که فاصله بین مرکز عکس و تصویر آن در عکس مجاور حدود ۲۵ سانتی‌متر بوده و دو عکس متوالی ثابت می‌باشند. بنابراین هنگام استفاده از استریوسکوپ‌های آینه‌ای، می‌توان کلیه مناطق عکسی را بدون جابجایی عکس‌ها و تنها با جابجا کردن استریوسکوپ، در حالت سه بعدی و بدون پارالاکس مشاهده و عملیات تفسیر عکس را انجام داد.

۵- نتیجه‌گیری:

امروزه افزایش سریع جمعیت و توسعه شهرها و محدودیت منابع طبیعی، چنان مشکلی را برای انسان به وجود آورده است که برنامه‌ریزی به عنوان یک ضرورت برای همه کشورها تلقی می‌شود. برای دستیابی به یک روند توسعه متعادل تصاویر عکس‌های هوایی از جمله ابزارهایی هستند که جغرافیدانان و برنامه‌ریزان محیطی را در انجام تحقیقاتشان یاری می‌دهند و علم پردازش تصویر در چند دهه اخیر از هر دو جنبه نظری و عملی پیشرفت‌های چشمگیری داشته است. سرعت این پیشرفت به اندازه‌ای بوده است که هم اکنون، به راحتی می‌توان ردپای پردازش و تفسیر تصویر را در بسیاری علوم و صنایع مشاهده کرد.

منابع

- [۱] کاربرد عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای در مطالعات شهری و منطقه‌ای، دکتر علی اصغر رضوانی، انتشارات نسل باران ۱۳۸۳.
- [۲] اصول عکس‌های هوایی (رشته جغرافیا)، دکتر بهلول علیجانی، انتشارات پیام نور، [۱۳۷۱].
- [۳] اصول و مبانی سنجش از دور و تعبیر و تفسیر تصاویر هوایی و ماهواره‌ای، لیلساندوکی فر، ترجمه مهندس حمید مالمیریان، انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، ۱۳۷۹.
- [۴] سنجش از دور (سمت)، علیزاده ربیعی
- [۵] نگرش به کاربردهای عکس‌های هوایی، محمد حسین آرابی
- [۶] اصول و تفسیر عکس‌های هوایی با کاربرد در منابع طبیعی، دکتر محمود زبیری، انتشارات دانشگاه تهران ۱۳۸۳.



## تهیه $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ بعنوان یک کاتالیزور موثر در اپوکسایش اولفین ها با استفاده از دستگاه کوره تحت گاز آرگن

اکرم صالحی<sup>۱</sup>، ابوالفضل بضاعت پور<sup>۱</sup> ماندانا امیری<sup>۱</sup>، آیت نوری<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> اردبیل دانشگاه محقق اردبیلی دانشکده علوم پایه گروه شیمی معدنی (bezaatpour@uma.ac.ir)

### چکیده

در این کار پژوهشی ترکیب  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  از مواد اولیه آمونیوم هپتا مولیبدات و آنیلین با استفاده از کمک کوره تحت گاز آرگون تولید شد و پس از تثبیت روی ماده مغناطیسی  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  بعنوان کاتالیزوری موثر در فرایند اپوکسایش اولفینها مورد استفاده قرار گرفت. ساختار کاتالیزور تهیه شده توسط تکنیکهایی نظیر FTIR، XRD، EDAX، FESEM و XPS مورد شناسایی قرار گرفت. کاتالیزور مورد نظر برای اپوکسایش انواع اولفین ها نظیر سیکلواوکتن، استایرن، لیمونن، ترانس استیلین، آلفا پینن سیکلو هگزن و ایندن در حضور ترشیو بوتیل هیدروژن پراکسید در شرایط بهینه شده معین شده مورد استفاده قرار گرفت. بهترین نتیجه حاصل شده در فرایند اپوکسایش کاتالیزوری مربوط به سیس استیلین بود که در مدت زمان ۱۰ دقیقه بازده واکنش ۱۰۰ درصدی را نشان می داد.

کلمات کلیدی: اپوکسایش،  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ ، کاتالیزور، اولفین،





#### مقدمه

نانوکاتالیزورها بدلیل دارا بودن سطح فعال موثر بیشتر نسبت به حجم و کاربردهای صنعتی فراوان در سالهای اخیر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته اند. اپوکسید یک نوع گروه عاملی در شیمی آلی می باشد که در آن یک اتم اکسیژن اتری بصورت حلقه مثلثی کنار دو اتم کربن قرار دارد. ترکیبات اپوکسیدی واکنش پذیری بیشتری نسبت به گروه اتری دارند و بعنوان حدواسط های مهم و تاثیر گذار در صنعت رنگ و داروسازی بشدت مورد استفاده قرار می گیرند. در سالهای اخیر با توجه به اینکه نانوکاتالیستهای ساخته شده از مولیبدن کاملا در دسترس بوده و از لحاظ اقتصادی به صرفه هستند در اپوکسایش اولفینها مورد توجه ویژه قرار گرفته اند.

از آنجائیکه کاتالیزورهای هموزن در محلول واکنش حل می شوند بنابراین فرایند جداسازی را با مشکل جدی مواجه می کنند. بنابراین استفاده از کاتالیزور هتروژن کاملا ترجیح داده می شود. از همین رو محققین در کارهای مطالعاتی خود بدنبال یک نانوکاتالیزور هتروژن تثبیت شده روی نانوذرات مغناطیسی هستند که قابلیت جداسازی آسان و استفاده چند باره و بازیابی بیشتری داشته باشند تا آلودگی زیست محیطی کمتری ایجاد کنند چرا که یکی از مشکلات کار با کاتالیزورها جداسازی کاتالیزور از مخلوط واکنش می باشد. برای حل این مشکل پژوهشگران بدنبال بهینه سازی کاتالیزور با قابلیت جداسازی راحت تر و کارآمدتر آنها از محیط واکنش برآمده اند و این ترکیبات را روی بسترهای نانوذراتی که دارای خاصیت مغناطیسی هستند تثبیت کرده اند تا هنگام واکنش و پس از آن براحتی با استفاده از میدان مغناطیسی خارجی جدا شود و بارها در واکنشهای بعدی مورد استفاده قرار داد.

بضاعت پور و همکاران با تثبیت کمپلکس های شیف باز دی اکسومولیبدن بر روی بستر مغناطیسی  $MnFe_2O_4$  بدنبال بهینه کردن فرایندهای اپوکسایش اولفینهای خطی و حلقوی بوده اند [1]. مرادی و همکاران با سنتز کمپلکسهای شیف باز دی اکسومولیبدن تثبیت شده روی بستر مغناطیسی با قابلیت بازیابی، سعی در بهینه کردن شرایط اپوکسایش اولفینها را داشته اند [2]. هانا و همکاران با بررسی اثر کاتالیزوری کمپلکسهای مولیبدن با استفاده از اکسید کننده ترشیو بوتیل هیدروژن پراکسید (TBHP) به این نتیجه رسیدند که واکنش در دمای ۱۰۰ درجه با مقدار کم حلال یا بدون حلال کارایی بالایی داشته است [3]. در این کار پژوهشی بنا داریم تا ترکیب متفاوتی از مولیبدن ( $Mo_2C$ ) را روی بستر نانوذرات مغناطیسی  $MnFe_2O_4$  تثبیت کنیم و از آنها در فرایند اپوکسایش اولفینها بهره مند شویم.

سنتز و شناسایی کاتالیزور  $Mo_2C/MnFe_2O_4$



برای سنتز کربید مولیبدن، ابتدا ۲ میلی مول آمونیوم هیتامولیبیدات و ۳۶ میلی مول آنیلین با ۴۰ میلی لیتر آب مخلوط شده و ۱ میلی لیتر هیدروکلریک اسید قطره قطره به آن افزوده شد تا در محیط اسیدی ماده سفید رنگ شیری حاصل شود. سپس مخلوط حاصل شده روی هیتر قرار داده شد و بمدت ۴ ساعت در دمای ۵۰ درجه همراه با همزن مغناطیسی همزده شد. در پایان پودر سفید حاصله با استفاده از کاغذ صافی جدا شده و برای چندین بار با آب شستشو داده شد. سپس رسوب حاصل شده به مدت یک روز در آن در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد خشک شد. در نهایت پودر سفید حاصل شده در داخل کوره تحت گاز آرگون قرار داده شد و با شیب دمایی ۲ درجه سانتی گراد بر دقیقه تا ۷۷۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت (طبق برنامه هایی که روی کوره وجود دارد) و بمدت ۲ ساعت در این دما باقی ماند. سپس دمای کوره با همین برنامه ریزی دمایی سرد شده و به دمای محیط رسانده شد و در نهایت ماده پودری سیاه رنگ  $Mo_2C$  حاصل شد. [4].

برای تهیه نانو ذره مغناطیسی  $MnFe_2O_4$  ابتدا مقدار ۱/۹۷ گرم از کلرید منگنز با ۵/۴ گرم کلرید آهن (۲+) و نیم گرم کربید مولیبدن ساخته شده در حجم ۱۰۰ میلی لیتر آب توزیع شد. به موازات این کار، داخل ظرف شیشه ای همزن مکانیکی مقدار ۱۲/۵ گرم سدیم هیدروکسید جامد افزوده شده و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد و با استفاده از هیتر دمای آن به ۹۵ درجه سانتی گراد رسانده شد. سپس همراه با همزدن مکانیکی قطره قطره محلول توزیع شده قبلی به آن اضافه شد. محلول به مدت دو ساعت روی هیتر در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد همزده شد تا نانو ذرات کاتالیزور تشکیل شوند. سپس نانو ذرات مغناطیسی کاتالیزور توسط آهنربا جدا شده و شستشو داده شد و در دمای ۶۰ درجه بمدت ۱۲ ساعت در اتوکلاو خشک شد و توسط تکنیکهای فیزیکی مورد شناسایی قرار گرفت. [5].

فرایند اپوکسایش کاتالیزوری اولفینها

این کاتالیزور برای اپوکسایش انواع مختلفی از اولفینها مورد استفاده قرار گرفت که نتایج درصد تبدیل در جداول شماره ۱ و ۲ آمده است. برای انجام فرایند اپوکسایش کاتالیزوری، ابتدا مقدار (میلی مول از اولفین مانند سیکلواکتن) ۵/۱ میلی مول را با ۵۸ میکرولیتر کلروبنزن (بعنوان استاندارد داخلی) مخلوط شده و مقدار بهینه شده از کاتالیزور (۳ میلی گرم) به آن اضافه شده و با حمام التراسونیک توزیع و پخش شد. سپس ۱ میلی مول از پرشیو بوتیل هیدروژن پروکسید (TBHP) اضافه شده و در شرایط بدون حلال و در دمای بهینه شده ۸۵ درجه سانتی گراد همزده شد. برای بررسی رفتار کاتالیزوری در فواصل زمانی مشخصی از محلول صاف شده واکنش در دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) تزریق شد و راندمان واکنش گزارش شد. به منظور بازیافت کاتالیزو مغناطیسی با قرار دادن آهن ربا در زیر لوله آزمایش

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



و سرریز کردن مخلوط روی آن کاتالیزو جدا و خشک گردید. و تا ۸ بار در واکنش های بعدی مورد استفاده قرار گرفت.  
و بازده ۱۰۰٪ در شرایط واکنش نشان داد.



شکل ۱: دستگاه کوره تحت گاز

جدول ۱. درصد اپوکسایش سیکلواکتن بعنوان یک اولفین در زمان و مقادیر مختلف کاتالیزور

اولفین	مقدار کاتالیزور	زمان	درصد تبدیل	دما
سیکلواکتن	۳ میلی گرم	۵ دقیقه	۴۰	۸۵
سیکلواکتن	۳ میلی گرم	۱۰ دقیقه	۷۰	۸۵
سیکلواکتن	۳ میلی گرم	۱۵ دقیقه	۱۰۰	۸۵
سیکلواکتن	۵ میلی گرم	۵ دقیقه	۵۰	۸۵
سیکلواکتن	۵ میلی گرم	۱۰ دقیقه	۸۵	۸۵
سیکلواکتن	۵ میلی گرم	۱۵ دقیقه	۱۰۰	۸۵



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

جدول ۲: درصد تبدیل اولفین ها در شرایط بهینه دما و زمان

اولفین	مقدار کانالیزو (میلی گرم)	زمان (دقیقه)	دما	درصد تبدیل
لیمونن	۳	۱۵	۸۵	۱۰۰٪
ترانس استیلبن	۳	۱۰	۸۵	۱۰۰٪
سیکلون هگزن	۳	۱۵	۸۵	۵۰٪
ایندن	۳	۱۵	۸۵	۴۰٪
۱- هپتن	۳	۱۵	۸۵	۵۵٪
۱- اکتن	۳	۱۵	۸۵	۲۰٪
دودکن	۳	۱۵	۸۵	۶۵٪
سیس سیکلودکن	۳	۱۵	۸۵	۶۶٪
سیکلواکتن	۳	۱۵	۷۵	۷۳٪

جدول ۳: شرایط دستگاه کوره تحت گاز

مشخصات	شرایط
دمای اولیه ستون	۲۵ <sup>0C</sup>
دمای نهایی ستون	۷۷۵ <sup>0C</sup>
رمپینگ دمایی	۲۵ <sup>0C</sup> / min
نوع گاز حامل	Ar
نوع ستون	Quartz
مقدار نمونه	۱۰ گرم

### ۴- نتیجه گیری

هدف از این کار پژوهشی، تهیه کاتالیزور  $\text{Mo}_2\text{C}/\text{MnFe}_2\text{O}_4$  با ویژگیهای مغناطیسی و کارایی بالا و ارزان برای اپوکسایش اولفینها بود که با توجه به درصدهای تبدیل حاصل شده از اپوکسایش اولفینها، به نظر میرسد که کاتالیزور

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مورد نظر کارایی مناسبی داشته است. کاتالیزور تا ۸ بار بازیافت شده و در واکنش اپوکسایش مورد استفاده قرار گرفت و درصد تبدیل ۱۰۰٪ از خود نشان داد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که کاتالیزور تولید شده می تواند صرفه اقتصادی در صنایع و محصولات دارویی داشته باشد. زیرا مصارف چندباره را می توان از این کاتالیزور داشت.

### منابع

- 1- Bezaatpour, A., S. Khatami, and M. Amiri, Development of the catalytic reactivity of an oxo-peroxo Mo(VI) Schiff base complex supported on supermagnetic nanoparticles as a reusable green nanocatalyst for selective epoxidation of olefins. RSC Advances, 2016. 6(33): p. 27452-27459.
- 2- Moradi-Shoeili, Z., et al., Synthesis, characterization, and catalytic activity of supported molybdenum Schiff base complex as a magnetically recoverable nanocatalyst in epoxidation reaction. Journal of Coordination Chemistry, 2016. 69(4): p. 668-677
- 3 - Acharya, S. and T.A. Hanna, Epoxidation of alkenes catalyzed by some molybdenum(0) and molybdenum(IV) complexes. Polyhedron, 2016. 107: p. 113-123 .
- 4 - Jie. Dong, Ying Shi .A new and stable Mo<sub>2</sub>C modified g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> photocatalyst for efficient visible light photocatalytic H<sub>2</sub> production .(2018) .10.1016 .27-35.
- 5- Han Aijun ,Liao Juanjuan .Preparation of Nano-MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and its catalytic performance of thermal Decomposition of Ammonium perchlorate.19(6).(2011)1047- 1051.



## بررسی وضعیت ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) در آزمایشگاه های دانشگاهی (مطالعه موردی: دانشگاه محقق اردبیلی)

محمد انوار<sup>۱\*</sup>، فرشته نورالهی<sup>۲</sup>، جبرائیل باقری<sup>۳</sup>، مهدی پیری<sup>۴</sup>

- ۱- دانشگاه محقق اردبیلی، دانشجوی دکتری و دانش آموخته کارشناس ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، کارشناس مسئول و مدیر کیفی آزمایشگاه مرکزی، اردبیل، خیابان دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، معاونت پژوهش و فناوری، آزمایشگاه مرکزی، کد پستی ۵۶۱۹۹۱۳۱۳۱، شماره تماس ۰۹۱۰۴۱۳۳۱۲۲، ایمیل: anvar@uma.ac.ir
- ۲- دانشگاه محقق اردبیلی، دانش آموخته دکتری مدیریت علفهای هرز و عضو بنیاد پژوهشگران مدعو، سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل، رئیس اداره ترویج
- ۳- هنرستان کشاورزی تبریز، دانش آموخته مهندسی کشاورزی، هنرآموز
- ۴- دانشگاه محقق اردبیلی، دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت، کارشناس مسئول معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه محقق اردبیلی

### چکیده

حوادث ناشی از عدم رعایت اصول ایمنی در محیط کاری بصورت کلی و همچنین بصورت اختصاصی در آزمایشگاه و کارگاه فضاهای آموزشی در دنیا، افراد و کاربران را با مخاطرات جدی و گوناگون روبه رو می نماید. بطور عمده عملکرد نا ایمن ۹۰٪ و شرایط نا ایمن ۱۰٪ موجب بروز خطر است. استقرار و پایش نظام ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) در هر مجموعه بویژه فضای آموزشی و دانشگاهی که خود تولید کننده دانش و همچنین کاربران آن نیز از سطح تحصیلات بالایی برخوردار هستند، از امور مهم در دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی می باشد که می تواند درصد بروز خطر را به میزان زیادی کاهش دهد.

در این پژوهش ابتدا ارزیابی اولیه از کلیه آزمایشگاه ها و کارگاه های دانشگاه محقق اردبیلی به تعداد ۱۲۰ واحد انجام شد. برای ارزیابی استاندارد ایمنی OHSAS 18001 و آیین نامه های حفاظت ملی و دانشگاهی و چک لیست های ابلاغی وزارت عتف، چک لیستی با ۱۵۰ مورد تهیه شد و جهت انجام تحقیق یک گروه آموزشی با تعداد ۵ آزمایشگاه انتخاب و بر اساس آن بررسی شد. پس از دوره بررسی شش ماهه جهت بهبود شرایط و موارد دوباره همین چک لیست مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به راهنمایی کارشناسان و مسئولین امر، استقرار و یا ارتقاء برخی استانداردها، اضافه نمودن



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



برخی تجهیزات؛ سطح ایمنی، بهداشت و محیط زیست واحد مورد انتخاب نسبت به سطح ابتدای پژوهش ۱۷٪ افزایش یافت و از سطح ۶۰٪ قبلی به سطح ۷۷٪ رسید و نتایج به شورای HSE دانشگاه گزارش شد و مقرر شد در هر بازه شش ماهه تا حصول ایمنی ۱۰۰ درصدی ادامه یابد و پس از آن نیز بطور مداوم جهت حفظ وضعیت استاندارد پایش و رصد صورت گیرد و همچنین برنامه ریزی شود تا کلیه آزمایشگاه ها و کارگاه های دانشگاه تحت پوشش این طرح قرار بگیرد. کلمات کلیدی: ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE)، ارزیابی، دانشگاه، آزمایشگاه.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

ایمنی در هر سازمان عبارت است از فعالیتهایی به منظور پیشگیری و کاهش وقوع حادثه و کنترل خطرات می- باشد. محیط کاری باید صورتی باشد که صدمه‌های به شاغلین و یا کاربران وارد نشود. در محیط آموزشی و دانشگاه که خود وظیفه تولید دانش و تربیت دانشجو را دارد باید محیطی فراهم شود که عاری از خطر و یا حداقل در معرض خطر قرار گرفتن در آن لحاظ شود. محیط کاری و بوط مشخص آزمایشگاه باید دارای شرایط استاندارد باشد تا کاربران با آسودگی خاطر در آن به فعالیت علمی و پژوهشی خود پرداخته و پس از اتمام کار روزانه به سلامت از آن خارج شوند. زندگی شغلی کارشناسان و دانشجویان که بخش عمده‌ای از ساعات روزانه خود را در آن طی می‌کنند باید همراه با تأمین امنیت و سلامت باشد. در کشور ما معمولاً در اکثر مکان‌های شغلی و حتی زندگی استانداردهای لازم رعایت و یا حتی ایجاد نمی‌شود و باعث بروز خطر در کوتاه مدت و یا آسیب‌های بلند مدت و مزمن می‌شود. تأمین شرایط استاندارد محیط کاری از عوامل مختلف نظیر شدت و میزان نور، دما، رطوبت، آلودگی صوتی، ذرات معلق، ابزار ایمن، وسایل حفاظت فردی و ... بوده و عدم وجود و یا پوشش مناسب هر یک از عوامل باعث بروز اختلال در کار و افزایش احتمال بروز حادثه و یا صدمات جسمی و روحی مزمن و طولانی مدت می‌شود.

بررسی استانداردهای لازم برای استقرار و یا ارتقاء در آزمایشگاه‌های دانشگاه‌ها هزینه زیادی را نمی‌طلبد و هر گونه هزینه انجام شده نیز در مقابل پیشگیری از حوادث و تحمیل هزینه‌های گزاف و گاه جبران ناشدنی قابل قیاس نمی‌باشد. برای تحقق این اهداف استانداردهای گوناگونی تعریف و اجرا می‌شود که استقرار هر کدام الزاماتی را در پی دارد که عمومی بوده و با هزینه‌های اندکی در تمام سیستم‌ها و مکان‌ها قابلیت اجرایی دارد.

پژوهش‌های مختلفی در این زمینه تاکنون در داخل و خارج از کشور انجام شده و برخی نتایج قابل توجهی داشته و در برخی نیز منجر به افزایش ضریب ایمنی در سیستم شده است. دایر و همکاران (۱۹۹۹) [۱] با بررسی ایمنی در آزمایشگاه‌های محیط‌های آموزشی، وو و همکاران (۲۰۰۷) [۲] در بررسی تأثیر عوامل سازمانی و فردی بر ایمنی آزمایشگاه دانشگاه‌ها، کو و همکاران (۲۰۱۲) [۳] با برنامه‌های ایمنی در کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌های مهندسی، بشیری نسب و همکاران (۱۳۸۹) [۴] در مدیریت HSE برای دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی، به بررسی عوامل ذکر شده پرداخته و راهکارهایی را ارائه داده‌اند.

روش شناسی



هر یک از آزمایشگاه های آموزشی و یا تحقیقاتی دانشگاهی اهمیت زیادی برای سیستم دانشگاهی دارند. در بسیاری از دانشگاه ها نیز بدلیل کمبود فضا و یا امکانات و تجهیزات برخی آزمایشگاه ها دو منظوره بوده و همزمان استفاده آموزشی و تحقیقاتی از آنها می شود. برخی از عواملی که لازم است توجه جدی به آنها شود به شرح زیر است:

- جمعیت جوان کاربر؛
  - تراکم بالای دانشجو و کارشناسان؛
  - وجود شرایط فرهنگی متفاوت با توجه به ترکیب جمعیتی بومی و غیر بومی هر دانشگاه و نوع برخورد آنها با شرایط؛
  - دانشجویانی که برای اولین بار پا به محیط آزمایشگاهی می گذارند و نیاز به آموزش و کنترل دارند؛
  - در بخش آموزشی تعداد ورودی به محیط نسبت به بخش خصوصی و یا تحقیقاتی زیاد است؛
  - انجام برخی آزمایشات برای بار اول در آزمایشگاه های تحقیقاتی و ناشناخته بودن پیامدهای آن که نیاز به دقت و کنترل و پیشگیری عوامل خطر ساز دارد؛
  - عدم آشنایی کامل دانشجویان به کارکرد تجهیزات و یا مواد مورد استفاده و نحوه استفاده از آنها و رعایت نکات ایمنی و برخورد احتمالی با خطرات آنها؛
  - سطح بالای تحمیلات و وجود شرایط خاص برخورد با این قشر و توقعات متقابل آنها از سیستم و کارشناسان امر؛
  - وجود مواد شیمیایی، بیولوژیکی و در کل خطر آفرین؛
  - پتانسیل بالای بروز حوادث نظیر انفجار، آتش سوزی، برق گرفتگی و ...؛
  - وجود فضای بسته؛
  - و ...
- در این تحقیق کلیه آزمایشگاه ها و کارگاه های دانشگاه محقق اردبیلی مورد ارزیابی اولیه قرار گرفته است. بر اساس بررسی وضع موجود به روش توصیفی - تحلیلی و احصای مسائل قابل توجه در همه آنها، آزمایشگاه های یک گروه آموزشی انتخاب و بر اساس سیستم استاندارد HSE در عرض شش ماه شروع به رفع موارد و نقایص شده و پایش مستمر صورت گرفته است.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



کلیه سوابق امر در این ۵ آزمایشگاه، وضعیت کلی بر اساس بررسی متخصصین ایمنی آزمایشگاه مرکزی دانشگاه، پتانسیل خطرات موجود، محدودیت های اجرای برخی ضوابط نظیر تغییرات ساختمانی و ... و با مطالعه استانداردهای زیر:

- اصول کلی سیستم های HSE و استاندارد نظیر OHSAS 18001:2007 و ISO 14001:2004 و استاندارد الزامی 17025
- اصول و الزامات فضاهای آموزشی دانشگاه های ساسکاچوان، میشیگان، دانشگاه ادینبورگ، دانشگاه واترلو، دانشگاه دورهام، مدرسه پزشکی استنفورد، دانشگاه بریتیش کلمبیا UBC، دانشگاه تربیت مدرس
- اصول و الزامات HSE در صنایع نفت و گاز، پتروشیمی و صنایع شیمیایی
- نظامنامه ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) وزارت عتف
- و اخذ نظرات مسئولان و کارشناسان آزمایشگاه، اساتید متبخر در زمینه های آزمایشگاهی و همچنین نظرخواهی از دانشجویان تحصیلات تکمیلی در کارگاه های ایمنی دانشگاه، چک لیستی حاوی ۱۵۰ مورد و سوال طراحی و در ابتدای طرح و همچنین بعد از شش ماه در این آزمایشگاه های مورد بررسی تکمیل شد. در طول شش ماه نیز موارد مختلفی نظیر تأمین برخی تجهیزات، بهینه سازی برخی موارد نظیر ثابت سازی و مهار کردن کپسول ها و سیلندرها، رسیدگی به وضعیت برق، ساماندهی وضعیت MSDS مواد شیمیایی و بهینه سازی وضعیت انبار مواد شیمیایی، تدوین برخی دستورالعمل ها، تهیه و نصب برخی علائم هشدار، آموزش کارشناسان و دانشجویان، جلسات مکرر با مسئولان و کارشناسان دانشکده، گروه و آزمایشگاه جهت ارتقاء اطلاعات، بازآموزی، هماهنگی و ملزم سازی اجرا و رعایت استانداردها، بهره گیری از عوامل تشویقی، ارائه اطلاعات علمی و فنی کاربردی و ... انجام شد.
- این ۱۵۰ سوال و مورد چک لیست در بررسی ممیزی ایمنی آزمایشگاه ها شامل موارد زیر می شود:
- خط مشی ایمنی و HSE
- اهداف و برنامه ها و استراتژی های ایمنی و HSE
- مسئولیت و پاسخگویی
- مدیریت منابع
- ارتباطات
- آموزش
- شناسایی و اجرای الزامات قانونی و سایر الزامات و استانداردها
- ارزیابی و مدیریت ریسک های ایمنی، بهداشتی و محیط زیستی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- مستندسازی و کنترل و پایش مستندات
  - دستورالعمل ها، شیوه نامه ها و روش های اجرایی
  - کنترل
  - مدیریت شرایط اضطراری و بحران و حادثه
  - پایش و اندازه گیری
  - گزارش دهی، بررسی و تجزیه و تحلیل مسائل
  - ممیزی
  - بازنگری فرآیندها و مدیریت
  - مدیریت ایمنی و بهداشت
  - سطح دانش عمومی و تخصصی مسئولان، کارشناسان و دانشجویان
  - دستورالعمل های حفاظتی و ایمنی
  - نظافت عمومی
  - کمک های اولیه و امداد
  - عوامل فیزیکی (خطرات، صدا، ارتعاشات و ...)
  - ایمنی برق
  - آتش و انفجار (عوامل ایجاد کننده، سیستم هشدار و اعلان، کپسول های آتش نشانی، سطل شن، سنسورهای قطع گاز و ...)
  - عوامل شیمیایی (نگهداری، انبار، جابجایی، مصرف و کنترل و ...)
  - لوازم حفاظت فردی (مورد نیاز دانشجویان و کارشناسان نظیر روپوش، دستکش های معمولی و ویژه؛ ماسک و ...)
  - علائم ایمنی (پوسترها و علائم ایمنی مورد نیاز محیط و وسایل و ابزار و مواد)
  - ارگونومی (پیشگیری از صدمات اسکلتی و عضلانی به کاربران)
- که هر کدام از موارد ذکر شده به سوالات جزئی تر و تخصصی تر تقسیم شده اند. که در تمامی موضوعات مواردی برای  
سنجش وجود دستورالعمل ها و مستندات ایمنی، آموزش ایمنی و رفتارهای نایمن و وسایل و تجهیزات و علائم ایمنی  
موجود تدوین شده است.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### نتیجه گیری

پس از پژوهش، با توجه به راهنمایی کارشناسان و مسئولین امر، استقرار و یا ارتقاء برخی استانداردها، اضافه نمودن برخی تجهیزات؛ سطح ایمنی، بهداشت و محیط زیست واحد مورد انتخاب نسبت به سطح ابتدای پژوهش ۱۷٪ افزایش یافت و از سطح ۶۰٪ قبلی به سطح ۷۷٪ رسید و نتایج به شورای ایمنی، بهداشت و محیط زیست HSE دانشگاه گزارش شد و مقرر شد در هر بازه شش ماهه تا حصول ایمنی ۱۰۰ درصدی ادامه یابد و پس از آن نیز بطور مداوم جهت حفظ وضعیت استاندارد پایش و رصد صورت گیرد و همچنین برنامه ریزی شود تا کلیه آزمایشگاهها و کارگاههای دانشگاه تحت پوشش این طرح قرار بگیرد.

منابع

- [۱] Dyer JE, Andreasen RJ. (1999) *SAFETY ISSUES IN AGRICULTURAL EDUCATION LABORATORIES: A SYNTHESIS OF RESEARCH*, *Journal of agricultural education*, 40(2)
- [۲] Wu T-C, Lio C-W, Lu M-C. (2007) *Safety climate in university and college laboratories: impact of organizational and individual factors*. *Journal of Safety Research*, 38(1): 91-102.
- [۳] Koo KE, Zain ANM, Zain SRM. (2012) *Integration of Behaviour-Based Safety Programme into Engineering Laboratories and Workshop Conceptually*. *International Education Studies*, 5(1): 88-104
- [۴] بشیری نسب، م و جواهری، م. الگوی سیستم مدیریت HSE برای دانشگاهها و مراکز آموزش عالی (۱۳۸۹) تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دومین همایش ملی ساماندهی مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه ای با محوریت دانشگاهها، پژوهشگاهها و مراکز تحقیقات صنعتی.





## برقراری نظام ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) در دانشگاه و آزمایشگاه ها

نویسندگان: زیبا سوری نظامی<sup>۱</sup>، داود نادری<sup>۲\*</sup>

۱. مدیر آزمایشگاه مرکزی. دانشگاه زابل. زابل. ایران.

۲. کارشناس مسئول آزمایشگاه مرکزی، دانشگاه زابل. زابل. ایران. ([naderi.davoud02@gmail.com](mailto:naderi.davoud02@gmail.com))

چکیده:

با توجه به وجود خطرات زیست محیطی بسیار زیادی که در محیط های مختلف کاری وجود دارد و اثر این خطرات بر روی سلامتی کارکنان و افراد جامعه، توجه به مسائل HSE همواره یکی از مسئولیتهای اصلی مدیران است. از این رو توجه به مسائل مرتبط با سلامتی، ایمنی و محیط زیست این مراکز و نقشی که پژوهشگران و دانشجویان می توانند در فرهنگ سازی HSE در جامعه داشته باشند باید جزء مهم ترین اولویت های مدیران و مسئولان باشد. بسیاری از سازمان ها به این نتیجه رسیده اند که فرهنگ HSE، عامل کلیدی در فرایند بهبود مدیریت HSE است. مدیریت عالی هر سازمان، ماموریت و وظیفه پیچیده و حساسی را در ارتباط با مدیریت راهبردی فرهنگ HSE بر عهده دارد. مدیریت مسائل ایمنی، زیست محیطی و بهداشتی منحصر به صنایع نیست و در همه حوزه های زندگی انسان وجود دارد. مسئولان دانشگاه و آزمایشگاه ها باید با استفاده از اصول و مبانی حاکم بر HSE، محیطی امن و سالم برای کارکنان، پژوهشگران و دانشجویان فراهم کنند.

کلمات کلیدی: ایمنی عمومی، پژوهشگر، آزمایشگاه شیمی، میکروبیولوژی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۱- مقدمه

فرایند نوسازی و صنعتی شدن در دنیای امروز، با پیامدهای نامطلوبی برای محیط و سلامت انسان همراه است. بسیاری از فعالیت های عمرانی، خدماتی و توسعه ای، بر روی افراد، محیط زیست و تجهیزات اثرات سوء و نامطلوبی دارند. غالب جنبه های زندگی بشر به شکل سیستماتیک است که همگام با سیستم ها و کاربرد فناوری، مواجهه با حوادث نیز وجود دارد. چرا که هر سیستمی ممکن است دچار نقص شود و درست کار نکند. بنابراین ایجاد خسارت، آسیب بدنی و مرگ رخ می دهد [۱، ۲]. انسان به عنوان محور توسعه پایدار، اطلاعات و تجارب مختلفی را در طول دوره های مختلف زندگی کسب می نماید. تا زمان ورود به میدان کار و انجام فعالیت های اجتماعی، نهادها و سازمان های مختلفی، آموزش های مختلفی به فرد ارائه میشود که هر کدام سهم به سزائی در ایجاد فرهنگ HSE دارا هستند. ثابت شده است که توسعه و اجرای سیستم مدیریت جامع ایمنی، بهداشت و محیط زیست یک سرمایه گذاری بزرگ است و پس از دستیابی به سطح مطلوبی از عملکرد HSE، هزینه های اولیه اجرای این سیستم از طریق پیشگیری از خسارت های ناشی از حوادث و بیماری ها در همان سال های اولیه به سازمان برمی گردد [۳، ۴].

می توان گفت انسان و مواد، به طور ذاتی به وجود آورنده خطرات و حوادث هستند. در نتیجه احتمال وقوع هر دو در همه اماکن و فضاها وجود دارد و خطرها در طراحی سیستم ها نهفته اند. خطرات پیش بینی پذیر هستند و هر چیز که پیش بینی پذیر باشد، قابلیت حذف و کنترل را دارد و میتوان آن را حذف یا کنترل کرد. خطرات و حوادث، وقایعی شانسی نیستند و یک حادثه ناگوار نه تنها واقعه ای شانسی و تصادفی نیست، بلکه حاصل مجموعه ای بی نظیر از شرایط خطرناک هستند که مشخص و قابل پیش بینی است [۵]. خطر، شرایط نهفته ای است که میتواند منجر به حادثه شود؛ از اینرو حوادث از طریق شناسائی خطرات قابل کنترل و پیشگیری هستند.

در بیشتر مواقع، خطرات از طریق خطاهای انسانی یا عدم دوراندیشی و به طور سهوی به سیستم تزریق میشود. کارشناسان HSE باید جهت شناسایی خطرات و عوامل ایجاد آن، تلاش های خود را توسعه دهند و خطرات را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهند. با توجه به اینکه خطرات از طریق فرایندهای توسعه و طراحی بوجود می آیند، خوشبختانه میتوان آنها را پیش بینی و شناسائی کرد. علم و سیستم مدیریت HSE با تولید بستر فرهنگی خلاق و سیستماتیک، به عوامل ایمنی، بهداشت و محیط زیست می پردازد و خطرات و نواقص را به طور نظام مند ارزیابی می کند و روش هایی برای پیشگیری از وقوع خطر، ارائه می دهد [۳، ۴]. ما در این تحقیق به ضرورت و اهمیت نظام HSE در سطح دانشگاه و آزمایشگاه ها می پردازیم و هر یک را بطور جداگانه شرح می دهیم.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۱-۱- ضرورت و اهمیت مدیریت HSE

با توجه به وجود خطرات زیست محیطی بسیار زیادی که در محیط های مختلف کاری وجود دارد و اثر این خطرات بر روی سلامتی کارکنان و افراد جامعه، توجه به مسائل HSE همواره یکی از مسئولیتهای اصلی مدیران است. در سال های اخیر افراد بسیاری دریافتند که زمین و مردمی که در آن زندگی می کنند آسیب پذیر بوده و حفظ کیفیت زندگی تنها به استفاده مسئولانه از منابع طبیعی زمین و بهبود شیوه زندگی انسان بستگی دارد. [۱، ۳، ۶]. مدیریت موثر HSE یکی از ارکان رسیدن به توسعه پایدار است. حوادث هزینه های بسیار زیادی در پی دارد که باید آنها را به حداقل رساند. از طریق استقرار یک سیستم مدیریت موفق HSE و اجرای دقیق آن، میتوان به حفاظت از افراد، محیط زیست و جامعه نزدیک شد و حوادث و هزینه های ناشی از آن را کاهش داد. توجه به موضوعات ایمنی، بهداشت و محیط زیست به صورت همزمان، نه تنها فعالیت های موازی در نتیجه ایجاد تعادل فنی و اقتصادی را حذف میکند، بلکه سبب سهولت در بهره وری و توسعه پایدار نیز میشود [۷، ۸].

### ۱-۲- فرهنگ HSE

مبحث HSE موضوعی فرهنگی است که از طریق ایجاد یک فرهنگ مثبت و موثر میتوان به هدف اصلی و نهایی سازمان بدون حادثه، آسیب و صدمه به محیط زیست نزدیک شد. فرهنگ HSE درون یک سازمان، غالباً به عنوان عامل اصلی در تعیین عملکرد ایمنی، بهداشت و محیط زیست در نظر گرفته می شود. امروزه انتظار از سازمان ها در زمینه کاهش بروز حوادث و خطرات، بیشتر شده است چرا که فرهنگ HSE دارای عملکرد قابل قبولی در این زمینه است و با وجود آن، بروز حوادث و خطرات در سازمان ها امری نامطلوب به شمار می رود. فرهنگ HSE سازمان، محصولی از ارزش ها، نگرش ها و بینش های فردی و گروهی است که الگوهای رفتاری آنها، تعهد افراد به HSE و شیوه مدیریت آن را در سازمان مشخص میکند [۱، ۹، ۱۰]. بسیاری از سازمان ها به این نتیجه رسیده اند که فرهنگ HSE، عامل کلیدی در فرایند بهبود مدیریت HSE است. مدیریت عالی هر سازمان، مأموریت و وظیفه پیچیده و حساسی را در ارتباط با مدیریت راهبردی فرهنگ HSE بر عهده دارد. به این صورت که فرهنگ موجود در سازمان را بشناسد و برای تغییر و ارتقاء آن برنامه ریزی های لازم را انجام دهد و در زمان مقرر به اجرا در آورد [۱۰].

### ۱-۳- استقرار فرهنگ HSE در دانشگاه

مدیریت موفق HSE ایجاد یک سیستم پویا و با کیفیت است که پشتوانه آن اعتماد به نفس و روحیه مصمم در ایجاد ارتباط منطقی با انسان است. این مدیریت تنها منحصر به صنایع نمی باشد بلکه در همه حوزه های زندگی انسان معنا پیدا می کند و به تمامی ابعاد آن بر می گردد. دانشگاه ها و مراکز علمی - تحقیقاتی به عنوان نهادهایی که نخبگان،



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



متخصصان و دانشجویان در آن‌ها به کار و پژوهش مشغول‌اند، اهمیت ویژه‌ای برای جامعه دارند. از این رو توجه به مسائل مرتبط با سلامتی، ایمنی و محیط زیست این مراکز و نقشی که پژوهشگران و دانشجویان می‌توانند در فرهنگ سازی HSE در جامعه داشته باشند باید جزء مهم‌ترین اولویت‌های مدیران و مسئولان باشد [۷، ۸]. آنچه که میتوان از افراد در دانشگاه انتظار داشت، این است که احساس مسئولیت ویژه ای در مورد عناصر مشخص سیستم مدیریت HSE از خود بروز دهند. موثرترین شیوه مدیریت HSE زمانی رخ می‌دهد که تمامی پرسنل دانشگاه، از مسئولیت خود نسبت به استقرار و انجام HSE آگاه باشند. از اینرو، همه پرسنل باید درک درستی از نقش و مسئولیت خود در دستیابی به اهداف HSE داشته باشند. در نتیجه همه اعضا احساس خواهند کرد که در فرایند شکل گیری مدیریت HSE نقش فعال و موثری دارند [۱۰، ۱۱].

### ۲- پیشینه HSE در دانشگاه‌ها

برخی از دانشگاه‌ها و مراکز معتبر پژوهشی در دنیا سابقه خوبی از نظر مدیریت فعالیت‌های HSE دارند. در ادامه فعالیت‌های HSE برخی از دانشگاه‌های بزرگ آورده شده است. در دانشگاه مینه سوتا<sup>۴</sup> واحدی به نام ایمنی، بهداشت و محیط زیست وجود دارد. این واحد در قالب کمیته‌های مختلف مسئولیت مشاوره، تدوین برنامه‌ها، آموزش و پشتیبانی از اعضای کمیته را عهده‌دار است. آموزش‌های مرتبط با HSE در این دانشگاه به صورت فردی، گروهی، اینترنتی و ویدیویی است. مهم‌ترین برنامه‌های این دانشگاه، ثبت آنلاین پسماندهای خطرناک، مشاوره دفع و حمل و نقل این پسماندها، ثبت حوادث و رفتارهای نایمن، برنامه ایمنی در پژوهش، بازدیدهای دوره ای و ویژه و مواردی از این دست را میتوان نام برد [۱۲].

در واحد HSE دانشگاه میشیگان<sup>۵</sup> به طور شفاف ارزش‌ها، مأموریت‌ها و برنامه‌های کلیدی HSE دانشگاه معرفی شده است. ایمنی در آزمایشگاه‌ها، اخذ مجوزها و حفاظت از محیط زیست، توسعه پایدار، واکنش در برابر شرایط اضطراری، ایمنی حریق، مدیریت مواد خطرناک، ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، مراقبت‌های ایمنی و بهداشتی و ایمنی در برابر پرتوها از متمایزترین فعالیت‌های واحد HSE دانشگاه میشیگان می‌باشد [۱۳].

<sup>4</sup> Minnesota University

<sup>5</sup> Michigan University

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



دانشگاه کوئین<sup>۶</sup>، دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا<sup>۷</sup>، دانشگاه واشنگتن<sup>۸</sup> و بریتیش کلمبیا<sup>۹</sup> از دیگر دانشگاه های سرآمد در پیاده سازی HSE می باشند. تشکیل کمیته های ایمنی و مطالعاتی، برگزاری کارگاه ها در زمینه ایمنی و بهداشت، ایمنی زیستی و آزمایشگاه، کمک های اولیه در زمان وقوع حوادث مختلف و اقدامات لازم جهت جلوگیری از آلودگی هوا به عنوان مهمترین فعالیت های واحد HSE این دانشگاه ها می باشند. [۱۴، ۱۵، ۱۶].

### ۳- اقدامات لازم جهت پیاده سازی HSE در دانشگاه

جهت ارتقاء سطح ایمنی، بهداشت و محیط زیست در آزمایشگاه ها، کارگاه ها و تحقیقات میدانی و با توجه به اهمیت موضوع ایمنی، بهداشت و محیط زیست در اماکن تحقیقاتی به ویژه مراکزی که در آنجا تحقیقات آزمایشگاهی بالقوه خطرناک از نظر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک انجام می شود، و با هدف پیشگیری و به حداقل رساندن عوامل حادثه ساز و آثار سوء زیست محیطی به یک تیم متعهد جهت کمیته ایمنی، بهداشت دانشگاه نیاز است. بهتر است افراد زیر در این کمیته عضویت داشته باشند. رئیس دانشگاه یا نماینده وی، روسای دانشکده ها یا معاونین آنها، یک نفر به عنوان نماینده کارکنان، یک نفر متخصص ایمنی، یک نفر متخصص بهداشت حرفه ای، یک نفر متخصص محیط زیست و یک نفر به عنوان نماینده حراست. بطور کلی جهت پیاده سازی موارد ایمنی و بهداشت محیط زیست در دانشگاه باید بر روی اسقرار در محیط دانشگاه، آزمایشگاه ها، کارگاه ها و خوابگاه ها تمرکز کرد.

### ۳-۱- ایجاد مسئولیت های مختلف مرتبط با HSE در دانشگاه ها

افراد مختلفی در این زمینه مشغول هستند که میتوان آنها را از سطح رییس دانشگاه تا دانشجویان مشغول به کار در آزمایشگاه ها تقسیم بندی نمود. بطور کلی میتوان گفت رییس دانشگاه از طریق فراهم نمودن ابزار و تجهیزات ایمن برای کارکنان و دانشجویان و سایر افراد ذی نفع فراهم نماید. همچنین از بازرسی های منظم از کلیه محیط های کاری، آموزشی و پژوهشی اطمینان حاصل نماید. در تمام برنامه های HSE دانشگاه مشارکت فعال داشته باشد و خط مشی های HSE، قوانین، الزامات ملی و دانشگاهی را اعمال نماید. دانشگاه ها باید برای پیشبرد اهداف و برنامه های HSE، کمیته HSE داشته باشند. یکی از مهمترین وظایف این کمیته، تصمیم گیری، برنامه ریزی و فراهم نمودن دستورالعمل های مرتبط با

<sup>6</sup> Queen University 6

<sup>7</sup> Pennsylvania State University 7

<sup>8</sup> Washington University 8

<sup>9</sup> University of British Columbia 6

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



HSE دانشگاه می باشد. همچنین میتوان به تدوین استانداردهای لازم، تهیه برنامه پیشگیری از آتش سوزی و کنترل آن، تعیین مسئولیتها و وظایف کارشناسان HSE و تهیه و اجرای برنامه پدافند غیر عامل در دانشگاه برشمرد.

#### ۲-۳- برشمردن مسئولیتها و تهیه چارچوب کاری

از جمله مسئولیت های مرتبط با استادان و مربیان میتوان به پیروی از روشهای اجرایی و قوانین HSE در دانشگاه، نظارت بر دانشجویان تحت نظر خود، کمک به ارتقای فرهنگ HSE در دانشگاه، ارائه آموزش و آگاهی به دانشجویان و ترغیب دانشجویان به مشارکت در فعالیتهای HSE ذکر کرد. از جمله مسئولیت های کارکنان شاغل در بخش HSE عبارتند از: پیروی از خط مشی HSE، قوانین و الزامات ملی و دانشگاهی، استفاده از تجهیزات و ابزار ایمن، اقدام فوری به منظور پیشگیری از بروز حادثه، آگاه بودن از محل کمک های پزشکی و گزارش تمام شرایط نایمن و حوادث به افراد ذی صلاح دانشگاه.

دانشجویان با ارزیابی و شناسایی خطرها، می توانند نگرش مثبتی در جهت انجام HSE پیدا کنند. آموزش مسائل ایمنی و بهداشتی، پایه و اساس کسب این مهارت ها را برای دانشجویان فراهم می کند [۱۷، ۱۸]. دانشجویان باید پیش از شروع کار تحقیقاتی، ملاحظات بهداشتی، ایمنی و زیست محیطی کارشان به عنوان بخشی از پروپوزال ارائه کند و تصویب آن مشروط به ارائه این بخش باشد. دانشجویان باید قبل از انجام کار پایان نامه خود در دوره آموزشی HSE دانشگاه شرکت نمایند و گواهی حضور دریافت کنند. دانشجویان وظیفه دارد آگاهی و دانش لازم برای بکارگیری از ابزارهای تحقیقاتی را فرا گیرد و بدون هماهنگی و اطلاع در دیگر زمینه های مرتبط با دانش، مسئولیت امور دیگری را بر عهده نگیرد [۱۸].

#### ۴- برقراری نظام HSE در آزمایشگاه ها:

آزمایشگاه ها از نوع نظر نوع فعالیت هایی که در آن انجام می شود متفاوت است. در آزمایشگاه هایی که به منظور ارائه خدمات به سازمان ها یا کاربری های تجاری راه اندازی شده اند، نحوه چیدمان دستگاه ها، افراد شاغل و زمان حضور آنها در آزمایشگاه تا حدود زیادی ثابت و معین است. در آزمایشگاه های دانشگاهی، معمولاً یک نفر به عنوان مسئول، وظیفه هماهنگی استفاده از فضای آزمایشگاه به وسیله دانشجویان و نظارت بر ورود و خروج آنها و مواردی از این قبیل را بر عهده دارد. کاربران این آزمایشگاه ها دانشجویانی هستند که برای زمانی محدود و مشخص از فضای آزمایشگاه برای اجرای آزمایش های مربوط به پایان نامه خود استفاده می کنند. هر کدام از آزمایشگاه های دانشگاهی خطرهای مربوط به





خود را دارند. برخی از آزمایشگاه ها به دلیل نوع پژوهش هایی که در آنها صورت می گیرد خطرهای بیشتری دارند و برخی دیگر کمتر. با این حال همه آزمایشگاه ها انواعی از خطر ها را در خود دارند و به مدیریت HSE نیازمندند [۱]. در ادامه برخی از آزمایشگاه های موجود در دانشگاه ها نام برده می شوند. رعایت اصول HSE در آزمایشگاه های دانشگاهی، نیازمند برنامه ریزی و مدیریت منسجم است. به عنوان یک اصل کلی حفظ ایمنی و سلامت و نیز منابع ارزشمند محیط زیست وظیفه همه افرادی است که در آزمایشگاه کار می کنند. برنامه کلی مدیریت HSE در آزمایشگاه ها، شامل موضوعات زیر است:

۱. طرح جامع ایمنی آزمایشگاه از جمله ایمنی رفتاری و ایمنی فیزیکی

۲. برنامه مدیریت پسماند جامد و فاضلاب

۳. برنامه مدیریت شغلی پرسنل و دانشجویان

۴. برنامه مقابله با شرایط اضطراری؛

۵. برنامه کنترل هوای آزمایشگاه؛

۴-۱- مسئولیت HSE در آزمایشگاه

پژوهشگران و محققان، آگاه ترین افراد در ارتباط با مسائل ایمنی و زیست محیطی آزمایش های خود هستند. از جمله وظایف پژوهشگران و دانشجویان، حفظ ایمنی، سلامت و محیط زیست در محل آزمایشگاهی است که در آن مشغول به تحقیق هستند. از اینرو هر پژوهشگر، مسئول ایمنی تجهیزات، دستگاه و موادی است که از آنها در طول آزمایش خود استفاده میکند. یک محقق باید نسبت به موارد مخرب محیط زیست و نایمن که در آزمایشگاه مشاهده میکند، حساس باشد و خود را ملزم به رفع موارد نایمن بداند و موارد مشاهده شده را به کارشناس و مسئولان ذیصلاح گزارش دهد. مسئول آزمایشگاه در رده ای بالاتر از دانشجو و پژوهشگر، مسئولیت ایمنی، بهداشت و محیط زیست آزمایشگاه را بر عهده دارد. مهمترین وظایف مسئول آزمایشگاه در زمینه امور HSE میتوان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱. تدوین و اجرای دستورالعمل کلی HSE ویژه ورود و کار در آزمایشگاه تحت مسئولیت؛

۲. تهیه و اجرای دستورالعمل HSE برای هر کدام از تجهیزات و دستگاه ها؛

۳. ارائه گزارش در زمینه نیازها و کمبودهای مرتبط با HSE در آزمایشگاه تحت مسئولیت؛

۴. تشکیل پرونده HSE برای دانشجویان، پژوهشگران و نظارت بر عملکرد پژوهشگران از نظر رعایت اصول ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE)؛

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۵. تایید صلاحیت دانشجویان و پوهشگران مهمان که از گروه های آموزشی دیگر درون دانشگاه یا سایر دانشگاه ها جهت انجام کار پایان نامه در آزمایشگاه مشغول به کار میشوند.

سومین گروه از مسئولین HSE در آزمایشگاه های موجود در دانشگاه، اساتید و مدیران گروه آموزشی هستند که ارتباط بدون واسطه و مستقیمی با خطرهای موجود در آزمایشگاه دارند. ورود و اجازه کار هر پژوهشگر به / در آزمایشگاه، در ابتدا نیاز به تایید ضمنی و کتبی استاد راهنما و مدیر گروه آموزشی صورت میگیرد. انجام برخی از آزمایش های پایان نامه، نیاز دارد تا دانشجو در معرض آلاینده هایی با دوز بالاتر از حدود تحمل بدن قرار گیرد. از اینرو، پژوهشگر باید با نظارت مستقیم استاد راهنما و برقراری مقدمات لازم جهت جلوگیری از به خطر افتادن ایمنی یا سلامتی خود اقدام به انجام آزمایش کند. لذا مدیر گروه و استاد راهنما باید پژوهشگر را از وجود خطرهای موجود در آزمایشگاه آگاه نماید و پیش از ارجاع دانشجو به آزمایشگاه، از ایجاد شرایط ایمن در آنجا اطمینان حاصل کند.

### ۲-۴- کیفیت هوای داخل آزمایشگاه

کیفیت و کمیت هوای تامین شده در سیستم تهویه در محیط آزمایشگاه بسیار مهم است. هوای تازه نشان دهنده نبودن آلودگی های زیان آور در هواست ولی درباره رطوبت و دما چیزی را مشخص نمی کند. به دلیل احتمال وجود آثار منفی ناشی از کم بودن کیفیت هوا، طراحی و نگهداری سیستم تهویه مناسب برای تامین آسایش کارکنان و پژوهشگران در آزمایشگاه به وضوح احساس میشود. از اینرو و در جهت تامین این امر، در قرارداد اصلی ساخت و ساختمان، باید بندها و موادی وجود داشته باشد که در آن، ویژگی های رطوبت، دما و حجم هوا در هر بخش، بطور دقیق تعیین شده باشد. در ادامه، پیمانکار هم ملزم باشد ساختمان را طبق همان شرایطی که در پیمان نامه آمده است، به کارفرما تحویل دهد. رعایت این موارد، هم از نظر ایمنی و بهداشت و هم از نظر کاربری ساختمان بسیار مهم است. [۱۹]. به منظور جلوگیری از آلودگی سیستم تهویه و نگهداری عملکرد این سیستم ها در حد مطلوب، نیاز است تمام سیستم های مرکزی تهویه دارای برنامه تعمیر و نگهداری دقیق و مدونی وجود داشته باشد.

### ۵- طبقه بندی آزمایشگاه ها بر اساس رعایت HSE

استاندارد ایمنی بین المللی در ارتباط با دسته بندی آزمایشگاه ها که بتواند همه انواع خطر را پوشش دهد وجود ندارد. مرکز کنترل بیماری ها در آمریکا (Center for Disease Control)، سیستمی جهت طبقه بندی آزمایشگاه های علوم زیستی و تعدادی آزمایشگاه دیگر را منتشر و ارائه نموده که سطوح ایمنی بیولوژیک آزمایشگاه را در آن مشخص کرده است. همچنین ویژگی هایی که مربوط به میزان عفونت زایی ارگانیسم های موجود در فضای آزمایشگاه برای انسان بنا



شده است، تعیین مینماید. بر این اساس در این تحقیق، نکات قابل تامل در زمینه امنیت، بهداشت و محیط زیست در آزمایشگاه های فعال دانشگاهی، به صورت ذیل مورد بررسی قرار می گیرند.

#### ۱-۵- اچ اس ای در آزمایشگاه های فنی مهندسی

به منظور اهداف پژوهشی، علاوه بر استفاده از تجهیزات و دستگاه های ویژه، برخی ابزارها و ادوات خاص نیز در آزمایشگاه ها بکار گرفته می شود. برخی از این ابزارها به منظور ساخت قطعات و تعدادی دیگر به عنوان تجهیزات کمکی دستگاه های آزمایشگاهی کاربرد دارند. استفاده از ماشین آلات و تجهیزات دستی و غیردستی همچون دریل، آچار، چکش، دستگاه های برش، اتوکلاو و غیره، در آزمایشگاه، با بروز خطرهای همراهی است که هنگام بکارگیری و در صورت توجه نکردن به آنها، می تواند سبب آسیب رساندن به کاربر آن دستگاه بشود [۲۰، ۲۱].

روش های ایمن سازی ماشین آلات در آزمایشگاه ها، شامل روش های مدیریتی، مهندسی و استفاده از وسایل حفاظت فردی است. استفاده از حفاظ یکی از مهمترین روش های ایمن سازی ماشین آلات است. از حفاظ ها به عنوان موانعی ذکر می شود که امکان دسترسی به منطقه خطر را از بین می برد. در ارتباط با ماشین آلات، هر دو بخش غیرعملیاتی و عملیاتی آن، نیاز به حفاظ گذاری دارد و قسمت هایی که احتمال بروز خطرهای مکانیکی دارند، باید حفاظ گذاری شوند. در آزمایشگاه های فنی مهندسی، اگر دستگاهی حفاظ مناسب نداشته باشد، تا زمان حفاظ گذاری نباید از آن استفاده شود [۲۲].

اتوکلاوها و سیلندرهای حاوی گازهای تحت فشار، نمونه ای از ظروف تحت فشار هستند که در آزمایشگاه های فنی - مهندسی بکار گرفته می شود. حوادث زیادی در ارتباط با کاربرد سیلندرهای تحت فشار در مراکز پژوهشی و آزمایشگاه ها به ثبت رسیده است. بیشترین خطرهای استفاده کردن و حوادث بوجود آمده از طریق استفاده کردن سیلندرهای تحت فشار، عمدتاً در ارتباط با جابه جایی و حمل و نقل آنها بوده و پس از آن، انتشار گازهای خورنده و سمی و همچنین انفجار سیلندرها بوده است [۲۳، ۲۴]. در صورتی که از سیلندر گازهای تحت فشار به خوبی استفاده نشود، می تواند بسیار خطرناک باشند. همچنین نگهداری، ذخیره و جابه جایی این وسایل، نیاز به رعایت نکات ویژه ایمنی دارد که در صورت رهایی کنترل نشده و ناخواسته گاز، می تواند پیامدهای وخیمی همچون آتش سوزی، پرتاب موشک وار سیلندر در اثر خرابی شیر آن و همچنین مسمومیت به همراه داشته باشد.

حمل و نقل سیلندرهای گاز تحت فشار مورد استفاده در آزمایشگاه مهندسی برای برخی از دستگاه ها و عملیات جوشکاری در آزمایشگاه های آموزشی و کارگاه ها، جابه جایی دستگاه ها برای چیدمان مناسب در آزمایشگاه، حمل قطعات برای تراشکاری، جابه جایی کمد های نگهداری قطعات و ... از جمله فعالیت های حمل و نقل در محیط آزمایشگاه



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



هستند. کشیدن نامناسب وسایل و مواد، هل دادن و بکارگیری شیوه نامناسب کاری، وجود موانع در مسیر حمل و استفاده نکردن از ماشین آلات و تجهیزات مورد نیاز برای جابه جایی می تواند به بروز حوادث و خطرات بالقوه کمک کند. از اینرو باید خطرات بالقوه برای کارکنان و پژوهشگران شاغل در آزمایشگاه، شناسایی و پس از آن اقدامات ایمنی لازم برای کاهش خطرها، خسارات، بیماری ها و حوادث ارائه شود. [۲۵، ۲۶].

### ۲-۵- اچ اس ای در آزمایشگاه های بیولوژیکی

با شروع تحقیقات بیولوژیک در آزمایشگاه های علوم زیستی همواره امکان آلودگی به عوامل میکروبی وجود دارد. موضوع امنیت بیولوژیکی در ارتباط با پیشگیری از سرقت، سوء استفاده از مواد بیولوژیکی و میکروارگانیسم هاست. برنامه های امنیتی و ایمنی بیولوژیکی اجزای مشترکی دارند. هر دو مورد، طبق ارزیابی ریسک و روش شناسی مدیریتی، بنا شده اند. ایمنی بیولوژیکی در فعالیت ها و فرآیندهای آزمایشگاهی، برای جلوگیری از آلودگی های شغلی مورد توجه قرار می گیرد. در صورتی که امنیت بیولوژیکی بیانگر فعالیت هایی است که این اطمینان را به افراد میدهد مواد بیولوژیکی و اطلاعات حساس در وضعیت و موقعیتی امن باقی می ماند.

انجام فعالیت های آزمایشگاهی در آزمایشگاه های زیست شناسی و بیوشیمی، می تواند دانشجویان و پژوهشگران را در معرض انواع خطرات قرار دهد و در صورتی که نکات ایمنی و دستورالعمل های پیشگیرانه رعایت نشود، این احتمال وجود دارد که عواقب غیر قابل جبران و وخیمی را به همراه داشته باشد. یکی از مهم ترین راه های ورود عوامل خطرناک معلق در هوا، سیستم تنفسی است که از این طریق وارد بدن می گردند. به منظور جلوگیری از مواجهه با این عوامل، استفاده از هودهای بیولوژیکی، یکی از مهمترین ابزارها است. برای کار با مواد بیولوژیکی، از هودهایی با طراحی مخصوص و فیلترهای ویژه (HEPA)، استفاده میشود [۲۷، ۲۸]. هودهای بیولوژیکی ایمن عموماً به عنوان یک سد محافظ اولیه در آزمایشگاه های میکروب شناسی بکار می روند. هنگامی که هودهای ایمن بیولوژیکی و روش های استاندارد آزمایشگاه میکروب شناسی، همزمان با هم استفاده شوند، سطوح ایمنی مختلفی را فراهم خواهد کرد.

### ۳-۵- اچ اس ای در آزمایشگاه شیمی

مواد مورد استفاده در آزمایشگاه شیمی، ممکن است قابل اشتعال، سرطان زا، سمی، رادیواکتیو و پاتوژنیک باشد. از اینرو کارکنانی که در این آزمایشگاه کار می کنند، در محیطی فوق العاده خطرناک کار میکنند. از آنجایی که عملیات و فعالیت های آزمایشگاهی از تنوع برخوردار است، پوشش همه موضوعات ایمنی تقریباً غیر عملی است. دستورالعمل هایی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



در این زمینه وجود دارد که در صورت اجرای دقیق آن، می تواند تعداد حوادث آزمایشگاهی را به طور بارزی کاهش داده و پیامدهای ناشی از حوادث آزمایشگاهی را کمتر نماید [۱۹]. از مهمترین این دستورات عملیها، می توان به موارد ذیل اشاره کرد:

۱. در شروع طرح تحقیقاتی، کار باید با دقت برنامه ریزی گردد و برنامه پیشنهادی برای شناسایی خطرات احتمالی مورد آنالیز قرار گیرد و به عواقب و پیامدهای بروز حوادث توجه گردد.
۲. تجهیزات مورد توجه قرار گیرند و از مناسب بودن تجهیزات، اطمینان حاصل شود. تجهیزاتی که مستهلک شده اند، پتانسیل بروز حوادث را در خود دارند.
۳. حمل مناسب مواد شیمیایی باید در تمام اوقات، با استفاده از ظروف و دستگاه های مناسب جابجا گردد و مواد اضافی باید به منبع ذخیره مطمئن برگردانده شود.
۴. از شتاب بی مورد در کار اجتناب شود و حداقل یک نفر ز انجام کارها در آزمایشگاه مطلع باشد. همچنین نظم و انضباط در محیط کار رعایت شود و عملیات به طور مرتب و منظم انجام شود.
۵. در صورت کار با مواد خطر آفرین و سمی و احتمال رهاسازی این مواد در محیط آزمایشگاه وجود دارد، کار حتما در زیر هودی که بطور مناسب طراحی شده است، انجام گردد.

### ۶- نتیجه گیری کلی

دانشگاه با توجه به رسالتی که در زمینه تولید علم و گسترش آن در جامعه دارد، می تواند به غنی سازی علم HSE از طریق انجام تحقیقات بنیادین در این راستا کمک کند که در نتیجه آن منجر به کاهش آسیب به انسان و محیط زیست می گردد. مدیریت مسائل ایمنی، زیست محیطی و بهداشتی منحصر به صنایع نیست و در همه حوزه های زندگی انسان وجود دارد. مسئولان دانشگاه و آزمایشگاهها باید با استفاده از اصول و مبانی حاکم بر HSE، محیطی امن و سالم برای کارکنان، پژوهشگران و دانشجویان فراهم کنند. امید است تمامی دانشگاههای کشور، مراکز علمی و ستادهای وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و دیگر مراکز علمی، بخش HSE را ایجاد کنند تا محیطی ایمن و سالم برای تمام افراد به وجود آورند.

### ۷- قدردانی

این مقاله تحت حمایت دانشگاه زابل می باشد

### ۸- منابع:

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



۱. مرتضوی س.ب.، ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) دانشگاه ها. (۱۳۹۲). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. جلد اول.
۲. مرتضوی س.ب.، مهدوی س.، اصیلیان ح.، ارقامی ش.، غلام نیا ر. (۱۳۸۷). مجله علمی و پژوهشی بهبود، ۱۲ (۳): ۳۰۸-۳۲۲.
- [3] University , Q.S., Health & Safety Management System,2003.
- [4] Health,Safety and Environment,Action Plan 2006-2008:University of Bergen
۵. مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست، راهنمای استقرار و توسعه نظام مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست (۱۳۸۶) ، انتشارات روابط عمومی شرکت ملی پالایش و پخش، چاپ اول .
- [6] Guidelines for the Development and Application of Health, Safety and Environmental Management Systems, E & P Forum.
۷. تقدیسی م . ح. ،علیزاده س . ش.، (۱۳۸۷) . مدیریت یکپارچه HSE، چاپ اول، انتشارات نشر، ریحان، تهران.
۸. نصیری پ . و همکاران، (۱۳۸۶). توسعه فرهنگ موثر ایمنی، انتشارات دانشگاه آزاد، چاپ اول.
- [9] Laboratory Safety Manual , Environmental Health and Safety, (2007) , University of Washington.
۱۰. تقدیسی م . ح. ،علیزاده س . ش.، (۱۳۸۸) . مهندسی فرهنگ HSE، چاپ اول ، انتشارات نشر ریحان، تهران.
- [12] [www.umn.edu/twincities/Index.html](http://www.umn.edu/twincities/Index.html).
- [13] [www.umich.edu](http://www.umich.edu).
- [14] University, T.P.S., The Pennsylvania state university right to know program, PA RTK. 2008.
- [15] <http://www.washington.edu>.
- [16] [www.ubc.ca](http://www.ubc.ca).
۱۷. نصیری پ. و همکاران، توسعه فرهنگ موثر ایمنی، (۱۳۸۶). انتشارات دانشگاه آزاد، چاپ اول.
- [18] Laboratory Safety Manual, Environment health and safety, (2007). University of Washington.
- [19] A., K.F., CRC Handbook of Laboratory (2000). 5 the edition ed., London New York Washington, D.C.
- [20] A Publication of the American chemical society, chemical safety for teachers and their supervisors grades, board-council committee on chemical safety (2001).
۲۱. ضیاء ظریفی ، ا.، (۱۳۷۱). اصول حفاظت و ایمنی در آزمایشگاه ها، بیمارستان ها و مراکز پزشکی، چاپ اول، تهران. ص ۸۱-۳۹.
۲۲. پورنگ، بنی اعمام م.، (۱۳۸۹) راهنمای کاربردی مخاطرات، ایمنی و بهداشت در امور پژوهشی و آزمایشگاهی، چاپ اول، انتشارات علمی آبزبان. تهران.
23. NIOSH, school chemistry laboratory safety guide. (2006).
۲۴. مرتضوی س. ب.، پارساراد م.، اصیلیان مهابادی ح.، خوانین ع. (۱۳۹۰). بررسی انتشار گاز کلر از مخازن ذخیره به منظور تدوین برنامه واکنش در شرایط اضطراری در یک صنعت پتروشیمی. فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران. دوره ۸. شماره ۳.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۲۵. اصیلیان ح.، ولدخانی ا.، مرتضوی س.ب.، سالم م.، خوانین ع. (۱۳۸۵). ارزیابی عوامل موثر بر انفجار ناشی از سوخت گاز دیگ های بخار لوله آتشی. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی قزوین. ۱۰(۳).

[26] Occupational safety and health administration, O., (2002), materials handling and storing, 2236. U.S department of labor.

[27] Health Canada, Laboratory biosafety manual, (1996). Ottawa: minister of supply and services Canada.

[28] Biosafety in microbiological and biomedical laboratories. 4 th ed. (1999). Washington, DC. Department of health and human services/centers for disease control and prevention/national institutes of health.



## مدل سازی آزمایشگاه الکترونیک در نرم افزار PyroSim و تحلیل تأثیر شرایط مختلف سیستم اعلام و اطفاء حریق

مهدی ثقفی<sup>\*۱</sup>

۱- عضو هیأت علمی گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه بناب، msaghafi@ubonab.ac.ir

### چکیده

آتش سوزی یا حریق یکی از مهم ترین حوادث در تمامی ساختمان ها اعم از اداری، مسکونی، آموزشی و ... است. در ساختمان های آموزشی به علت تراکم بالای افراد مستقر در محل های آموزش نظیر کلاس های درس، آزمایشگاه ها و کارگاه ها اهمیت تحلیل این حادثه و ایمنی در مقابل اثرات آن بسیار مهم تر است. در این پژوهش یکی از آزمایشگاه های دانشگاه بناب با ابعاد واقعی در نرم افزار PyroSim مدل سازی شده است تا علاوه بر بررسی نحوه توسعه حریق و پخش دود ناشی از آن در فضای آزمایشگاه در شرایط مختلف بازشوهای نظیر درها و پنجره ها، تأثیر نحوه فعال سازی سیستم تشخیص حریق و اطفاء آن نیز بر توسعه حریق و پخش دود مطالعه شود.

کلمات کلیدی: نرم افزار PyroSim، اعلام حریق، اطفاء حریق، آزمایشگاه الکترونیک.



## مقدمه

محیط های آموزشی نظیر مدارس و دانشگاه ها به دلیل تراکم بالای افراد در فضاهای سربسته نظیر کلاس های درس، آزمایشگاه ها و کارگاه ها بایستی در هنگام وقوع حوادث ایمنی لازم را برای استقرار و تخلیه مناسب افراد را دارا باشند [۱]. از جمله حوادث محتمل، می توان به آتش سوزی یا حریق اشاره کرد که می تواند تحت شرایط مختلف از یک محل ایجاد و به سایر قسمت های ساختمان ها سرایت یابد. از عوامل ایجاد آتش سوزی در آزمایشگاه ها می توان به آتش سوزی خود لوازم الکتریکی یا اتصالی سیم ها و کابل ها اشاره کرد که می تواند در اثر عوامل مختلف نظیر فرسودگی، آسیب دیدگی کابل ها، عدم اتصال مناسب الکتریکی، اضافه جریان الکتریکی، و یا در معرض حرارت بالا قرار گرفتن اتفاق بیافتد [۲].

حرارت و دود ایجاد شده از حریق هر دو برای افراد مستقر در محل خطرناک بوده و باید علاوه بر تلاش در جهت اطفای حریق، تخلیه مناسب ساکنین نیز به سرعت انجام شود [۳-۴] تا از آسیب های سوختگی در اثر حرارت بالای اجسام و محیط، و همچنین از آسیب های تنفسی در اثر استنشام دود جلوگیری شود. پیش بینی توسعه حریق به علت پدیده های پیچیده مؤثر بر آن نظیر عوامل محیطی، کاری بسیار دشوار است. جهت مطالعه و بررسی دقیق روند توسعه مکانی و زمانی حریق و پخش دود ناشی از آن در فضاهای مختلف ساختمان می توان از نرم افزارهای سه بعدی مبتنی بر دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) استفاده کرد. در این نرم افزارها حل معادلات جریان سیال و انرژی همزمان با معادلات مربوط به احتراق در یک فضای سه بعدی گسسته شده در طی گام های زمانی، پیش بینی لازم برای توزیع دما، پخش دود و سایر پارامترهای مسئله را می دهد. این پیش بینی کمک می کند تا با لحاظ کردن سیستم ها و تجهیزات لازم برای مقابله با گسترش سریع حریق، از خطرات آن بکاهند و ایمنی ساکنین را تأمین نمایند. تعیین مشخصات طراحی این سیستم ها نظیر جانمایی سنسورها و آب پاش ها، تعیین دبی لازم، نحوه فعال سازی سیستم اطفاء و ... با استفاده از نتایج شبیه سازی سه بعدی قابل انجام است و می تواند منجر به جلوگیری از گسترش دود و گازهای ناشی از احتراق به سایر قسمت ها گردد و از بروز خطراتی نظیر خفگی و مسمومیت تنفسی جلوگیری کند.

## ۱۳- شبیه سازی آزمایشگاه در نرم افزار PyroSim

نرم افزار PyroSim [۵] رابط گرافیکی برای کد شبیه سازی دینامیک آتش (FDS) است که با استفاده از CFD محاسبات لازم با استفاده از معادلات ناویر-استوکس برای جریان سیال حامل آتش را انجام می دهد [۶]. جهت مشاهده نتایج به صورت بصری نیز می توان از قسمت Smokeview استفاده کرد که قابلیت نمایش تمام رویدادها به اضافه روند



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

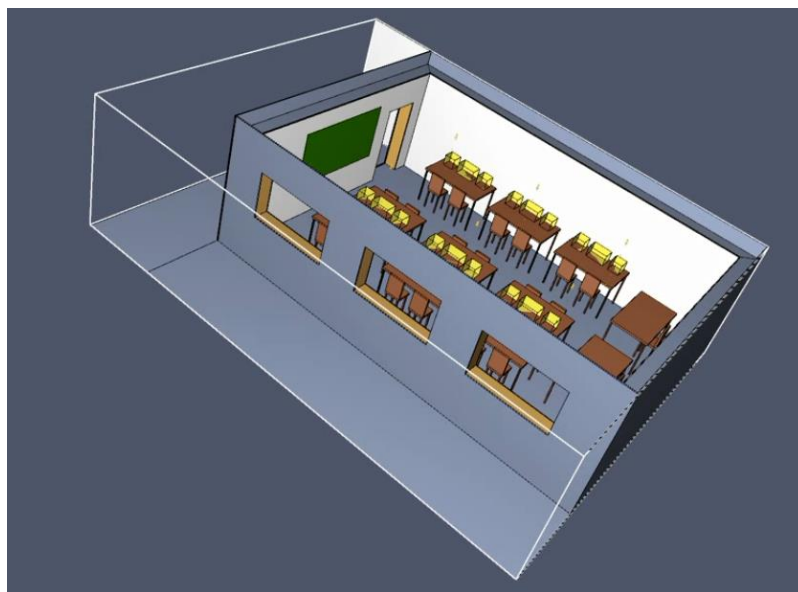
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



توسعه حریق و پخش دود در طول زمان شبیه سازی دارد [۷]. در شکل ۱ نمای مدل سازی انجام شده از آزمایشگاه الکترونیک با سقف شفاف شده نشان داده شده است.



شکل ۱. نمای مدل سازی انجام شده از آزمایشگاه الکترونیک با سقف شفاف شده

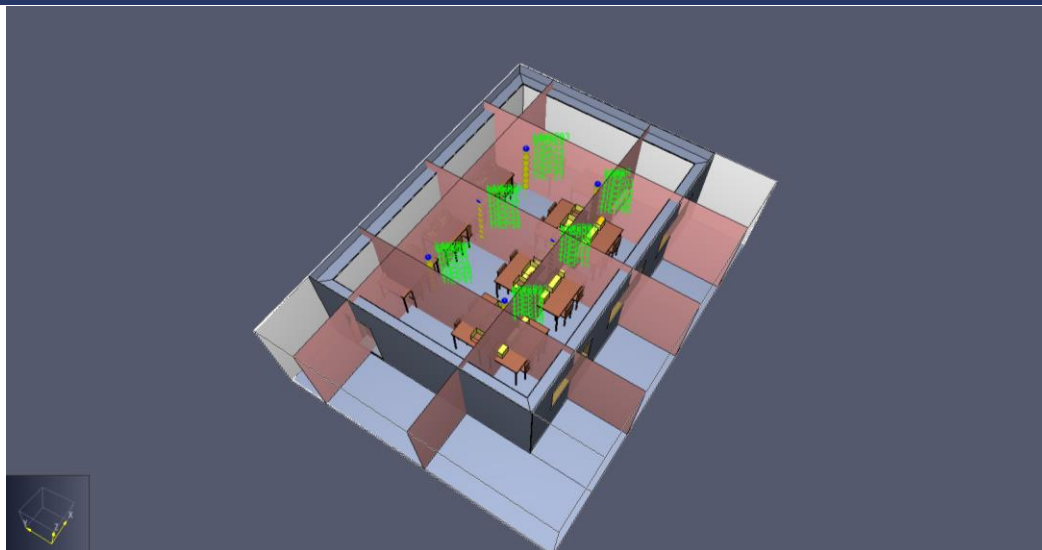
محیط مدل سازی شامل تعدادی میز و صندلی برای دانشجویان و اساتید با تعدادی دستگاه شامل اسیلوسکوپ، منبع تغذیه DC، سیگنال ژنراتور و ... با ابعاد حدودی  $3 \times 7 \times 10$  متر است که در آن جنس دیوارها و سقف از آجر، سیمان و گچ، جنس کف از سیمان، با تخته سیاه، میزها و صندلی هایی از جنس MDF با روکش رنگ پلاستیکی و دستگاه های آزمایش از جنس پلاستیک و مس انتخاب شده اند. برای مشاهده نتایج توزیع دما و غلظت دود در برش های مختلف از فضای مدل شده، صفحاتی مجازی برای ثبت نتایج به صورت نشان داده شده در شکل ۲ تعریف شده است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲. نحوه تعریف صفحات ذخیره نتایج در فضای مدل شده

### نتایج شبیه سازی در نرم افزار PyroSim

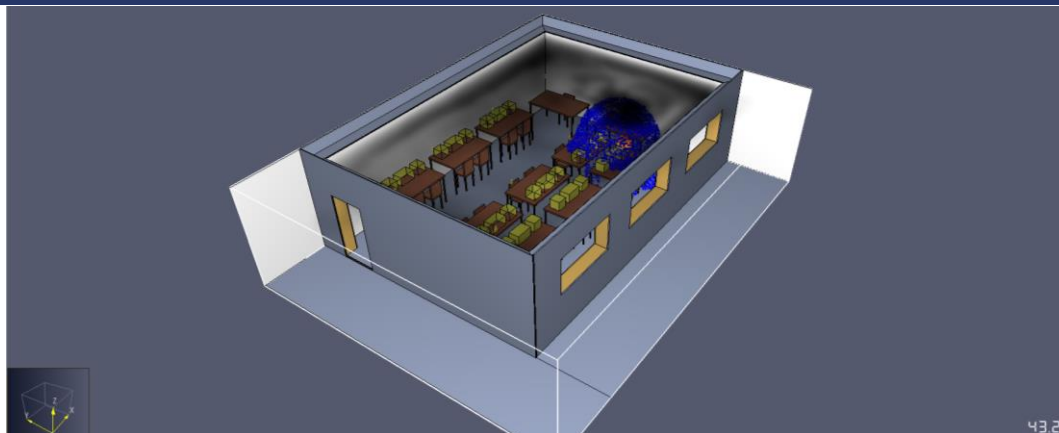
شروع حادثه با ایجاد اشتعال در یکی از دستگاه های آزمایشگاهی در 17.5(s) بعد از شروع به کار دستگاه فرض شده است که تا زمان 100(s) تا آخر تحلیل مسئله) به کار خود بدون کم شدن انتقال حرارت خود با محیط ادامه می دهد. برای مثال شکل ۳ خروجی سه بعدی گرافیکی نتایج توزیع دود و آتش در حالت فعال شدن آب پاش خودکار در زمان 43.2(s) را نشان می دهد. جهت بررسی تأثیر شرایط مختلف مرزی نظیر باز یا بسته بودن بازوها و عملکرد مختلف سیستم اطفاء، کانتورهای مختلف توزیع دما و دود در داخل جدول های ۱ تا ۳ با هم مقایسه شده اند.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳. خروجی سه بعدی گرافیکی نتایج توزیع دود و آتش در حالت فعال شدن آب پاش خودکار  
جدول ۱. مقایسه نتایج دما برای حالت های مختلف (بدون آب پاش).

حالت ها	حالت اول (در و پنجره باز)	حالت دوم (فقط در باز)	حالت سوم (محیط بسته)
زمان	41.6(s)	75.5(s)	79.2(s)



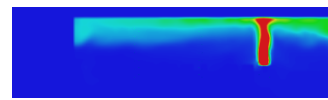
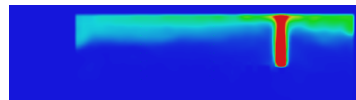
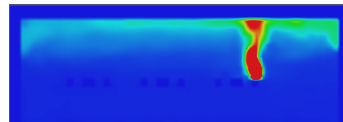


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

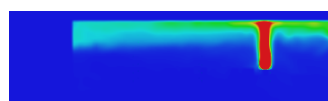
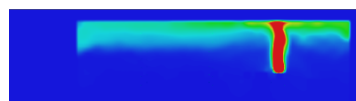
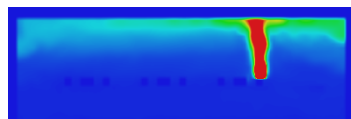
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

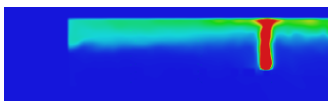
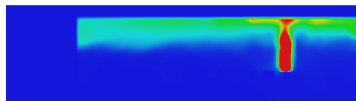
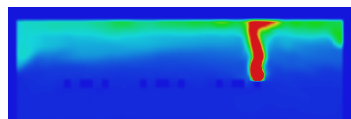
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



81.2(s)



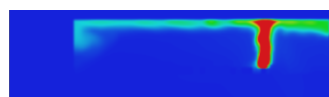
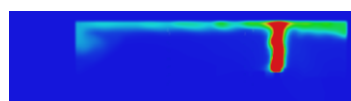
87.2(s)



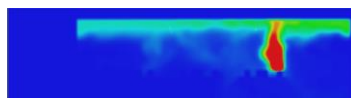
100(s)

جدول ۲. مقایسه نتایج برای تأثیر شبکه بارش بر دما (در حالت در و پنجره باز).

حالتها	حالت سوم (فعال سازی محلی، با ۴ عدد آب پاش)	حالت دوم (فعال سازی هم زمان همه آب پاش ها، با ۶ عدد آب پاش)	حالت اول (فعال سازی محلی، با ۶ عدد آب پاش)
زمان			



41.6(s)



75.5(s)

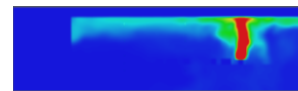
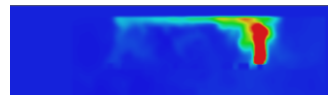
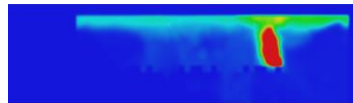


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

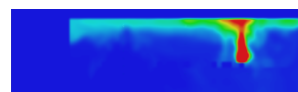
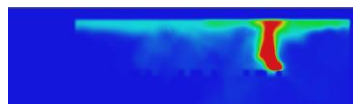
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

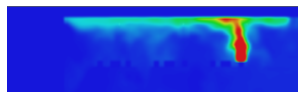
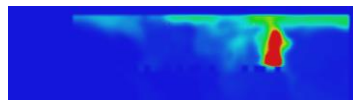
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



79.2(s)



81.2(s)



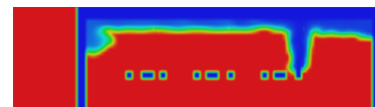
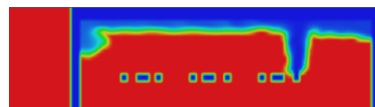
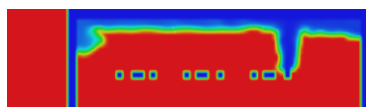
87.2(s)



100(s)

جدول ۳. مقایسه نتایج برای تأثیر شبکه بارش بر دود (در حالت در و پنجره باز)

حالتها	حالت اول (فعال سازی محلی، با ۶ عدد آب پاش)	حالت دوم (فعال سازی همزمان همه آب پاش ها، با ۶ عدد آب پاش)	حالت سوم (فعال سازی محلی، با ۴ عدد آب پاش)
--------	--------------------------------------------	------------------------------------------------------------	--------------------------------------------



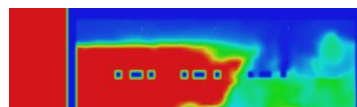
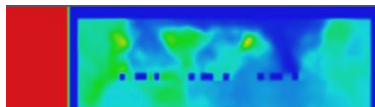
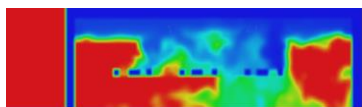
41.6(s)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

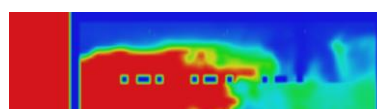
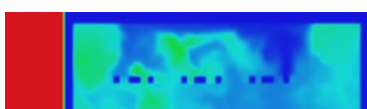
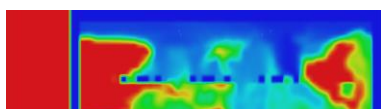
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

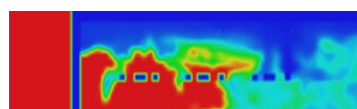
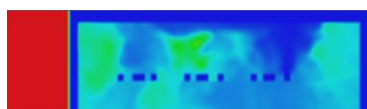
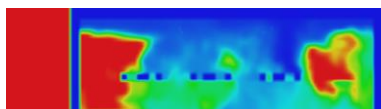
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



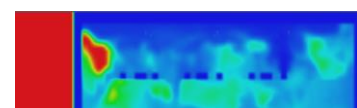
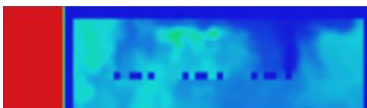
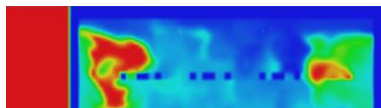
75.5(s)



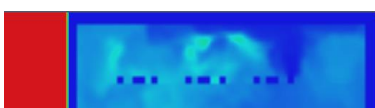
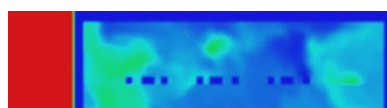
79.2(s)



81.2(s)



87.2(s)



100(s)

### جمع بندی و نتیجه گیری

در این پژوهش مدل سازی یک آزمایشگاه الکترونیک دانشگاهی به همراه تجهیزات آزمایشگاهی در نرم افزار PyroSim انجام شد تا شروع آتش سوزی و پخش دود در شرایط مختلف مرزی نظیر باز یا بسته بودن بازشوها و شرایط مختلف فعال سازی سیستم اطفاء حریق بررسی و مطالعه شود. علی رغم اینکه فعال سازی همزمان تمام آب پاش ها منجر به کنترل سریع تر و بهتر حادثه می گردد ولی با توجه به وجود تجهیزات الکترونیکی در سایر فضاهای آزمایشگاه، فعال سازی محلی منطقی تر از فعال سازی تمام آب پاش ها است. از طرفی در فعال سازی همزمان تمام آب پاش ها دبی





بیشتری از آب وارد آزمایشگاه خواهد شد و عدم زهکشی مناسب این مقدار آب موجب به آب گرفتگی و خطرات ثانویه خواهد شد. در نهایت در پیاده سازی سیستم اطفاء حریق لازم است، همزمان یا قبل از شروع به کار این سیستم، برق کل آزمایشگاه نیز به صورت خودکار قطع گردد.

منابع

- [1] Qin, J., Liu, C., & Huang, Q. (2020). Simulation on fire emergency evacuation in special subway station based on Pathfinder. *Case Studies in Thermal Engineering*, 100677.
- [۲] Jyung, J. M., & Chang, Y. S. (2020). Electrical fire simulation in control room of an AGN reactor. *Nuclear Engineering and Technology*.
- [۳] Sun, Q., & Turkan, Y. (2020). A BIM-based simulation framework for fire safety management and investigation of the critical factors affecting human evacuation performance. *Advanced Engineering Informatics*, 44, 101093.
- [۴] Huang, Y. H., & Yet-Pole, I. (2020). Development of a 3D risk analysis technique for fire disaster and its application on accident simulation of a public site. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 104349.
- [۵] ThunderHead Engineering (2020). *PyroSim User Manual*, Manhattan, KS 66502.
- [۶] McGratt, K., Hostikka, S., & McDermott, R. (2014). *Fire Dynamics Simulator-Users Guide: NIST special publication*.
- [۷] Forney, G. P. (2017). *Smokeview (Version 5)-A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data, Volume I: User's Guide* (No. Special Publication (NIST SP)-1017-1).



## محصولات تراریخته، کشت فراسرزیمینی، ایمنی زیستی و چالش های اخلاقی و فرهنگی

### موجود

محمد رضا حیدری<sup>۱</sup>، محمد مهدی حیدری<sup>۲\*</sup>

۱- گروه مدیریت، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

۲- دانشجوی دستیاری اطفال دانشگاه علوم پزشکی کاشان، ایران، heidari-m@kaums.ac.ir

### چکیده

در قرن بیست و یکم زندگی بشر با چالش های فراوانی مواجه شده است. جدای از جنگ ها و خونریزی های بی دلیل که ناشی از غرور، خودخواهی و استیلای خوی توحش بشری است، آنچه که در قرن جاری بیشتر به چشم می آید جمعیت فراوان، آلودگی های زیستی، استفاده بی ضابطه از منابع و امکانات بخصوص در کشورهای کمتر توسعه یافته و از بین بردن منابع حیاتی کره زمین از جمله آب است. با چنین روندی به زودی زندگی در کره خاک به عنوان تنها زیستگاه شناخته شده فعلی حیات بشر در جهان با مشکلات فراوانی روبرو خواهد شد و در صدر این مشکلات کمبود منابع غذایی، آب و سایر منابع اولیه می باشد.

با وجود این مشکلات فراروی زندگی بشر، خوشبختانه به واسطه رشد و بلوغ فکری و دانش برخی از تاثیرگذارترین مردم و به ویژه دانشمندان، زمین و زندگی بر روی آن به سطحی از فناوری رسیده که بتواند با کمک آن فناوری ها، زندگی را برای مردم آسان کند. بیوتکنولوژی و محصولات تراریخته، به لطف ظهور پدیده نانوتکنولوژی توانسته ظرفیت های جدیدی از توانایی بشر را برای رفع کاستی های تغذیه ای فراهم آورد و محصولات تراریخته یکی از این ظرفیت ها می باشد.

استفاده از محصولات تراریخته هم در سطح مردم عادی و هم در میان دانشمندان و متخصصان این حوزه، موافقان و مخالفان زیادی دارد. اما ظرفیت بالای این محصولات در رفع احتیاجات بشری انکار ناپذیر است. البته استفاده بی ضابطه از این محصولات می تواند بر محیط زیست انسانی، جانوری و زیستی سایر گونه های مستقر در زمین آسیب های جدی وارد کند، اما نمی توان این ظرفیت را نادیده گرفت. ظرفیت محصولات تراریخته برای رفع مشکلات تغذیه ای مورد اتفاق

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



همه است اما نحوه تعامل مردم عادی و متخصصان با این پدیده دچار ناهمگونی های زیادی است که ناشی از نبود دانش و تخصص لازم در میان مردم عادی و تنوع دانش در این زمینه در میان متخصصان است. از یک طرف مردم عادی یا اطلاعات تخصصی لازم در زمینه محصولات تراریخته را ندارند یا این اطلاعات توسط برخی دولت ها یا نهادها یا شرکت های دولتی یا خصوصی مخفی نگهداشته می شوند. متخصصان نیز با انواع واقسام اطلاعات مواجه هستند که صحت سنجی و آزمایش آنها زمان، امکانات و سرمایه زیادی می طلبد، لذا نوعی ابهام و ناشناختگی در میان آدم های عادی و حتی متخصصان وجود دارد و یا ترویج می شود تا نسبت به این موضوع اطلاعات کافی موجود نباشد و مردم به سهولت و بدون اقناع لازم و کافی نسبت به مصرف بی رویه محصولات تراریخته اقدام کنند.

رعایت جنبه های ایمنی زیستی عزم جدی مسئولان دولت ها را می طلبد زیرا اگر مسئولان کشورها و متخصصان این حوزه مایل نباشند اطلاعات لازم را به مردم عادی و نهادهای پیگیری کننده بدهند این ابهام باعث می شود همه از جنبه های تخصصی این محصولات و خطرات احتمالی آنها بی اطلاع باشند و در مصرف محصولات تراریخته احتیاط های لازم بعمل نیاید. صدمات ناشی از این بی مبالاتی می تواند بر زیست بوم انسانی، جانوری و گیاهی کره زمین تاثیر بگذارد، چون هنوز به اندازه کافی مشخص نشده است که اختلاط ژنوم گیاهان تراریخته با محصولات دیگر بر روی محصولات ارگانیک موجود در زمین چه تاثیری دارد؟ و اگر هم مشخص است این اطلاعات در دسترس قشر محدود و خاصی است. به نظر می رسد متولیان دولتی و سازمان های مسئول در زمینه بهداشت و درمان و کشاورزی و سایر ارگان ها و نهادهای درگیر در این پدیده به عنوان سردمداران و داعیه داران حفظ زیست بوم زمین باید قواعد و استانداردهای لازم را در تعامل با محصولات تراریخته تدوین کنند، سازمان ها و نهادهای نظارتی کارآمد را برای نظارت بر روندها و رویه های تولید، توزیع و مصرف محصولات تراریخته راه اندازی نمایند و ضمن توجه به معاهدات بین المللی از ظرفیت های سایر ملل نیز استفاده کنند.

کشت فراسرزیمینی یکی از روش هایی است که کشورهای مختلف می توانند کمبود زمین های مناسب کشاورزی و منابع آبی را جبران کنند اما باید توجه کنند که هم در صورت سرمایه گذاری بخش دولتی و هم بخش خصوصی در این زمینه باید سازوکارهای لازم نظارتی را برای رعایت اطمینان از پایین بودن خطرات احتمالی مد نظر خود قرار دهند و اطلاعات کافی از این پروژه ها را در دسترس عموم قرار دهند. به منظور تضمین سرمایه مصرف شده و اطمینان از برگشت سرمایه ها به کشور سازوکارهای لازم را در زمینه قراردادهای کشت فراسرزیمینی رعایت کرده و محصولات مختلف را در



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



کشورهای متخلف، کشت نمایندند تا در مقابل کارشکنی یا احتمالات گوناگون عدم برگشت کالاهای تولیدی به سرزمین اصلی، تضمین های کافی اخذ شده باشد، و یا مورد توجه قرار گیرد.

در این پژوهش با روش مروری سیستماتیک و با کمک منابع کتابخانه ای و مقالات پژوهشی تلاش می شود با مقایسه منابع موجود، چالش ها و نحوه تعامل کشورهای مختلف، مردم، مسئولان و متخصصان را با پدیده محصولات تراریخته مورد بررسی قرار دهد، لزوم توجه به استانداردهای لازم و سازوکارهای نظارتی در تهیه، تولید و توزیع محصولات تراریخته را گوشزد کند و به رعایت جنبه های مختلف ایمنی زیستی در این مراحل اشاره نماید، زیرا عدم رعایت ایمنی زیستی در تولید، توزیع و مصرف محصولات تراریخته قبل از اطمینان بخشی لازم در مورد خطرات احتمالی می تواند به نسل های مختلف انسان، حیوان و گیاهان مستقر روی زمین صدمات جبران ناپذیری وارد کند و کیفیت و بقای نسل های بعدی محصولات ارگانیک را به خطر اندازد.

به نظر می رسد با توجه به مشکلات فراوان در زندگی کنونی بشر، تقاضای زیاد برای محصولات پرکاربرد و کاسته شدن از منابع آبی کشورهای در معرض خطر و افزایش بدون ضابطه جمعیت در کشورهای توسعه نیافته که منابع زمین را بدون ارائه کالا یا خدمات کافی مصرف می کنند، استفاده از محصولات تراریخته گزین ناپذیر است.

کشورهای کمتر توسعه یافته در استفاده از منابع تولید خود جنبه های صلاح و صرفه را رعایت نمی کنند و این کشورها در حال حاضر هم به منابع زمین صدمه می زنند و هم با مشکلات زیادی مواجه هستند که فناوری های نوین تا حدی قادر است از بار مشکلات آنها بکاهد.

تدوین قواعد و استانداردهای لازم در تعامل با فناوری های نوظهور از جمله بیوتکنولوژی و نظارت قانونی و تخصصی لازم و کافی بر روندهای تهیه، تولید، توزیع و مصرف محصولات تراریخته و رعایت جنبه های احتیاطی و ایمنی برای کاستن از مشکلات بعدی به مصلحت زندگی بشر نزدیک تر است.

دولت ها می توانند با استفاده از ظرفیت دانشگاه ها و مجامع علمی، نخست در مورد چگونگی تعامل با این مقولات شامل محصولات تراریخته، ایمنی زیستی و کشت فراسرزمینی به اجماع لازم برسند و بعد از آن، سازوکارهای راه اندازی و و تاسیس نهادهای نظارتی اثربخش و کارآمد را فراهم آورند، تا ضمن رعایت بهره وری، جنبه های احتیاطی مورد نیاز را در مورد ایمنی زیستی اتباع خویش رعایت کنند. همچنین کشورهای گوناگون باید و می توانند پس از طی این مراحل به منظور مدیریت صحیح منابع اولیه خود از ظرفیت های معطل مانده سایر کشورها از جمله زمین های کشاورزی، آب و سایر عوامل تولید استفاده کنند تا به این ترتیب قادر باشند برای افزایش ظرفیت تولید اقلام اساسی مورد نیاز کشور

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



خود اقدام نمایند. دولت ها باید به فعالیت های بخش خصوصی، بخش دولتی و سازمان های مردم نهاد اهمیت داده و سیستم نظارت مناسبی طراحی و اجرا نمایند تا اتباع خود را از آسیب های احتمالی حفظ کنند و در نهایت کره خاک را به عنوان تنها زیستگاه شناخته شده فعلی زیست بشر، برای آیندگان حفظ نمایند.

هرگونه بی توجهی عمدی یا سهوی در این زمینه می تواند ضربات مهلکی بر پیکره زندگی بشر و ذخایر موجود در کره خاک وارد کند که شاید هزاران سال نیاز باشد تا زمین و زندگی بشر به وضعیت عادی و سابق خود برگردد.

کلمات کلیدی: ایمنی زیستی، کشت فراسرزمینی، محصولات تراریخته.



## مقدمه

در کشور ایران اغلب دولت های حاکم تمام تلاش خود را در شرکت فعالانه و موثر در جلسات، کنفرانس ها و هم اندیشی های جهانی مصروف کرده و در اغلب مواقع به پیمان های الزام آور پیوسته اند. امضای سند های مرتبط با آب هوا، سند توسعه ۲۰۳۰ و در برخی موارد از جمله همه گیری کرونا، داوطلب استفاده آزمایشگاهی شدن واکسن های مختلف برای اتباع ایرانی، نمونه هایی است که دولت های مستقر بدون توجه به نظرات کارشناسی و الزامات حقوقی و تبعات مختلف آن برای حوزه های متنوع زیستی ایران چه در حوزه زندگی انسانی و چه در زمینه زیست بوم طبیعی و جانوری انجام داده و یا بی ضابطه به آن معاهده ها و پیمان ها پیوسته اند. احتمال زیادی هست که جمعیت در سال ۲۰۵۰ به حدود ۹ میلیارد نزدیک شده و یا حتی از آن بگذرد که در این میان چاره ای نخواهد بود تا برای رفع گرسنگی و احتیاجات بشر به تکنولوژی های برتر اهمیت بیشتری داده شود، هر چند تجربه کرونا و همه گیری سراسری آن نشان داد چالش های فراوان و خطرناکی در مقابل زندگی آتی بشر وجود دارد.

## ۲- روش تحقیق

در این تحقیق با روش مروری سیستماتیک و با استفاده از منابع کتابخانه ای و مقالات پژوهشی مرتبط با مضامین ایمنی زیستی، کشت فراسرزمینی و محصولات تراریخته تلاش می شود ضمن مقایسه، به بررسی چالش ها و نحوه برخورد کشورها، متخصصان علمی و سایر افراد یا سازمان های مرتبط با موضوع پرداخته شود و در انتها هم برای شناخت بهتر قابلیت ها و خطرات احتمالی محصولات فراریخته و چگونگی تعامل مردم و مسئولان با این پدیده پیشنهاداتی ارائه شود.

## ۳- بحث و نتیجه گیری

امروزه از گیاهان تراریخته علیرغم موافقان و منتقدان فراوان استفاده از آن که هم در میان مردم عادی و هم در میان متخصصان و دانشمندان در محافل علمی موافق و مخالف دارند، به عنوان راه چاره بشر برای رفع گرسنگی در ادوار آتی یاد می شود. کمبود زمین های کشاورزی و وفور این زمین ها در برخی کشورهای وسیع یا خوش آب و هوای دنیا باعث شده است متخصصان به کشت فراسرزمینی هم به عنوان یک پدیده نوظهور بیندیشند. کشت فراسرزمینی به آن دسته از فعالیت های کشاورزی اطلاق می شود که توسط کشوری خاص در محدوده قلمرو طبیعی کشور دیگر با استفاده از امکانات و ظرفیت های انسانی و تکنولوژیکی آن انجام می شود. کشت فراسرزمینی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



به ویژه اگر با کشت گیاهان تراریخته همراه باشد می تواند مانع از مخلوط شدن گیاهان تراریخته با ذخایر گیاهی کشور شود اما این کشت در سرزمین دیگر می تواند فاقد نظارت های تخصصی لازم باشد و احتمال می رود به دلایل مختلف از جمله ضعف فرهنگی، اخلاق یا هر چیز دیگر در زمینه رعایت جنبه های اخلاقی کوتاهی شود که پیامدهای مصرف بی ضابطه و بدون پشتوانه آزمایشات علمی لازم برای تجویز کردن یا تجویز نکردن محصولات تراریخته برای سلامت مردم معضل خطرناکی خواهد بود به ویژه اگر کشوری برای رهایی از مخالفت های مردمی نسبت به کشت فراسرزمینی در سرزمین دیگری اقدام کند و از ارائه اطلاعات کافی در این زمینه به متخصصان کشور خود امتناع بورزد.

ثانی خانی و همکاران در تحقیقی به عنوان "اثرات احتمالی محصولات تراریخته بر تنوع زیستی گیاهی"، تولید و تکثیر محصولات تراریخته را با توجه به وضعیت جمعیت گریزناپذیر می دانند ولی اعتقاد دارند که اختلاط ژنتیکی گیاهان تراریخته با گیاهان بومی هر کشور می تواند اثراتی زیادی را بر زیست بوم گیاهی برجای بگذارد. ایشان توصیه می کنند در زمینه اختلاط گیاهان بومی هر کشور با نمونه های تراریخته احتیاطات لازم اعمال شود و زمینه ای فراهم گردد تا محصولات ارگانیک پایداری تولید خود را حفظ کنند [۱].

توحیدفر و آزادی در پژوهش خود با عنوان "ارزیابی احتمال خطر زیست محیطی گیاهان زینتی تراریخته" ضمن تاکید بر پرهیز از شانتاژ و هوچی گری معتقدند دولت ها می توانند از ظرفیت های بیوتکنولوژی به عنوان یک علم نوظهور در جهت رفع مشکلات بشری استفاده کنند و البته آزمایشات دقیق علمی را برای برطرف کردن ابهامات و آگاه سازی مصرف کنندگان لازم می دانند [۲].

مهرا س مهربانی و مردان پور در تحقیق با عنوان "آیا غذاهای محصولات تراریخته سالم و بی زیان هستند؟" معتقدند در کشورهای توسعه نیافته که از سطح تکنولوژیکی پایین تری نسبت به کشورهای مرکزی یا توسعه یافته برخوردارند باید در زمینه کشت، ترویج و مصرف محصولات تراریخته احتیاط لازم را بعمل آورند و تا در زمینه تک تک موارد و جنبه های مختلف موضوع اطمینان لازم علمی بدست نیآورده اند از تجویز اکید این محصولات خودداری کنند و تلاش نمایند راهکارهای مناسبی در جهت راهبرد استفاده یا عدم استفاده از محصولات تراریخته تدوین و اجرا شوند [۳].

ستائی مختاری و همکاران در پژوهش خود با عنوان گایمینی زیستی در کاربرد حیوانات تراریخته در دامپروری "هم بر پرهیز از گمانه زنی های بی ضابطه و مطالعه کامل عواقب و احتمالات متنوع در استفاده یا عدم استفاده محصولات تراریخته تاکید دارند. ایشان ضمن تایید نقش این محصولات در رفع مشکلات تغذیه ای زیست بوم بشر در حوزه های مختلف به این نکته اشاره دارند که تحقیق در زمینه محصولات تراریخته هم گران و هم زمان بر هستند و استفاده بدون ضابطه و قانون از این محصولات بدون تحقیق لازم می توانند بخصوص در حوزه دامپروری ضرر آفرین باشند [۴].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



البته که موافقان محصولات ترایخته برای دفاع از این محصولات سخنان شنیدنی فراوانی دارند. کیست که بتواند در مقابل داعیه پیشرفت تکنولوژی و نقش آن در زندگی آینده بشر آهنگ مخالفت بزند؟ تنها چیزی که می ماند میزان پایبندی انسان ها به اخلاق در هزارتوی زندگی بشری سراسر آکنده از پیشرفت تکنولوژیکی خواهد بود. رعایت اخلاق یا بی مبالاتی در این زمینه خود یک معضل فرهنگی است که حل آن نیازمند اراده، صبوری و آموزش های لازم می باشد. امیدی و سمیعی فراهانی در تحقیقی با عنوان "آینده، زیست فناوری و ایمنی زیستی" جایگاه اخلاق و ایمنی زیستی را مورد تاکید خود قرار می دهند. ایشان رفتن به سمت تکنولوژی و محصولات آن را اجتناب ناپذیر می دانند و بحث و چالش داشتن پیرامون زندگی با محصولات ترایخته را گریزناپذیر می دانند [۵].

دست اندرکاران این تکنولوژی هم بیکار نیستند و مدام در حال توجیه مسئولان دولت ها و مجامع علمی هستند تا رویکرد مناسب تری نسبت به این صنعت داشته باشند و نعمت محصولات ترایخته را برای آینده بشر قدر بدانند. مطیعی و خیاط در پژوهش خود با عنوان "بررسی اهمیت و جایگاه ایمنی زیستی (Bio Safety) در کشاورزی پایدار" خطر عمده را در همین قدرت اقناع کردن صنعت ترایخته می دانند. آزمایشات غیر دقیق و مستمر علمی در توجیه این مسئله را دخیل می دانند و با اشاره به آزمایشات شرکت مونستانتو و انصراف آن از تولید نوعی محصول کشاورزی به دلیل تبعات آن بر این نکته تاکید دارند که علاوه بر تمایزات و فواید محصولات ترایخته باید که به خطرات آن هم توجه کرد [۶].

این ملاحظات باعث شد تا تمامی کشورهای دنیا نسبت به برگزاری هم اندیشی های علمی اهتمام ورزند و ضمن قانون مند کردن تهیه، تولید و توزیع محصولات ترایخته در این زمینه پروتکل هایی را تدوین نمایند که اصلی ترین آن پروتکل ایمنی زیستی کارتاها می باشد.

ضیائی موسوی در تحقیقی با عنوان "بررسی حقوقی مسئولیت مدنی تولیدکنندگان محصولات غذایی اصلاح شده ژنتیکی (ترایخته)" بر این نکته تاکید می نماید که احتمال وجود بیوتروریسم به دلیل انحصاری بودن تولید و توزیع محصولات ترایخته دور از انتظار نیست و تنها فرهنگ و مسئولیت های مدنی تولیدکنندگان است که می تواند از عواقب احتمالی بکاهد و مصرف کنندگان با اطمینان از درستی روندهای تولید و توزیع این محصولات با اطلاع کامل نسبت به مصرف آنها اقدام کنند. وی ضمن برشمردن چالش های فراروی مصرف این محصولات به برخی از معاهدات و پیمان های بین المللی در این زمینه اشاره دارد. موافقت نامه اقدامات بهداشتی و بهداشت گیاهی SPS و موافقت نامه موانع فنی روبروی تجارت TBT و دستورالعمل های ایمنی زیستی کارتاها از جمله این موارد می باشند که محققین با اشاره به آنها وضعیت کشور ایران را هم تحلیل نموده اند [۷].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



آخانی و رودف در پژوهش خویش با عنوان "حفظ تنوع زیستی یا زیست فناوری-اولویت امروز ایران چیست؟" به بررسی چالش های فراروی این فناوری جدید در ایران پرداخته اند و تلاش کرده اند ضمن برشمردن مزایای این فناوری بر اهمیت و نیاز جامعه بشری برای رفع گرسنگی و رفع فقر به این تکنولوژی جدید تاکید کنند. محققان به یک جریان قوی دارای رسانه در مقابل محصولات تراریخته اشاره می کنند ولی با توجه به سرعت بالای زوال ذخایر زیست محیطی ایران معتقدند که رفتن به سمت تهیه، توزیع و استفاده از محصولات تراریخته در ایران گریزناپذیر است. به نظر نگارنده های این پژوهش بعید است در ایران آحاد مردم به این سادگی به انسولین های تراریخته، سیب زمینی تراریخته یا سبزیجات تراریخته اعتماد کنند مگر این که قیمت محصولات ارگانیک به قدری بالا برود که استفاده از آنان مقرون به صرفه و اقتصادی نباشد [۸].

افضلی و همکاران در تحقیق خود با عنوان "گیاهان تراریخته-اثرات، مدیریت و ایمنی زیستی" بر وجود ساختاری مناسب برای ارزیابی دقیق و علمی محصولات تراریخته قبل از آزادسازی مصرف آن برای مصرف کنندگان عادی تاکید دارند. ایشان توجه به اثرات جانبی این محصولات در زندگی انسان ها، اثرات آنها بر محیط زندگی و همچنین بر زیست بوم گیاهی و جانوری کشور تاکید دارند و معتقدند که وجود یک برنامه جامع در رابطه با این پدیده مورد نیاز است [۹].

نکاور نیز در تحقیق خود با عنوان "گیاهان تراریخته-ایده آل یا تجاوز به حریم ها؟" بر رعایت جنبه های احتیاطی در رابطه با محصولات تراریخته تاکید کرده است. وی معتقد است نیازهای روزافزون بشر چاره ای برای او نگذاشته مگر این که برای رفع نیازهای خود به فناوری های نوین از جمله بیوتکنولوژی و محصولات تراریخته روی آورد اما بر توجه به اثرات جانبی آن نیز تاکید می کند [۱۰].

ایران به عنوان یکی از کشورهای عضو مجامع جهانی در جستجوی راهکارهایی برای رعایت تمامی جنبه های احتیاطی است اما این موضوع فقط در حد حرف و شعار یا ضرورت مطرح است. در ایران سازمان های متولی شامل وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، جهادکشاورزی و حتی محیط زیست و بخصوص نهادهای نخبگانی و تکنوکرات های خارج از دولت در قالب سازمان های مردم نهاد که می توانند به عنوان اهرم فشار بر سازمان ها و نهادها متولی تاثیرگذار باشند، با تدوین استانداردهای لازم سازوکار تولیدی و نظارتی مناسبی برای بررسی روند تولید، توزیع و مصرف محصولات تراریخته داخلی و خارجی راه اندازی نمایند.

سرمدی و همکاران در پژوهش خود با عنوان "بررسی مولکولی وضعیت تراریختگی دانه های ذرت وارداتی به ایران" ضمن بررسی های لازم از میان نمونه ها و سویه های مختلف ذرت های وارداتی آرژانتینی نشان دادند که ذرت



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



وارداتی از کشور آرژانتین تراریخته است اما نه تنها برچسب لازم را ندارد که هیچ گونه پیوست لازم برای مشخصات تراریخته بودن همراه این محصولات نیست. محققین در این تحقیق بر پنهان کاری در زمینه ارائه اطلاعات لازم به ذینفعان و استفاده کنندگان اشاره می کنند و رعایت حقوق مصرف کنندگان را امری مهم می دانند [۱۱].

به نظر می رسد اگر اراده لازم در مسئولان و خواست مردمی در این زمینه شکل بگیرد که سازمان های واردکننده یا اشخاص حقیقی مجبور باشند اطلاعات لازم را به مصرف کنندگان بدهند نه تنها مصرف روند معکوس می یابد بلکه احتمال شکل گیری تعارضات اجتماعی افزایش می یابد. کشت فراسرزمینی علیرغم تمامی محسناتش به دلیل دور بودن از اقلیم ایران به عنوان یکی از راهکارهای واردکنندگان در دورزدن قانون یا مخفی کاری اثربخشی لازم را دارد لذا در مواجهه با توجیه یا سفارش گسترش کشت فراسرزمینی در دیگر سرزمین ها نباید این ملاحظه را فراموش کرد.

مدیرروستا در تحقیق خود با عنوان "کشت فراسرزمینی و دیپلماسی اقتصادی جمهوری اسلامی ایران، ضرورت ها و چالش ها (بررسی موردی کشت فراسرزمینی ایران در قزاقستان)" نشان داده است اطلاعات لازم در زمینه کشت فراسرزمینی وجود دارد و این موضوع به عنوان یک فرصت اقتصادی برای ایران مطرح است. قزاقستان به دلیل امکانات لازم گزینه مناسبی برای کشت فراسرزمینی است [۱۲].

عرب و همکاران نیز در تحقیق خود با عنوان "راهکار نجات ایران از بحران آب، کشت فراسرزمینی" ضمن تاکید بر اوضاع نامناسب آبی ایران و ظرفیت های محدود منابع آبی کشور، بر استفاده از ظرفیت های کشورهای دوست برای کشت فراسرزمینی تاکید می کنند و آن را راه چاره نجات ایران با توجه به مشکلات بالای شهرنشینی، جمعیت و رشد روزافزون درخواست آب برای محصولات کشاورزی می دانند [۱۳].

بر فرض وجود امکانات مناسب در قزاقستان و بحران کم آبی در ایران باید توجه داشت که وجود این امکانات، خوب است و فرصت مناسبی برای رفع مشکلات کشاورزی ایران در اختیار مسئولان قرار می دهد اما نباید فراموش کرد همواره در این مواقع ذینفعان آن سرمایه گذاران و قشر بالانشین دارای پول و سرمایه هستند که دنبال فرصت های گرانبها برای افزودن بر سرمایه های مالی خود می باشند که در این میان گاهی هم افرادی هستند که از این فرصت های اقتصادی سوء استفاده کنند، لذا لازم است نهادهای نظارتی سازوکار لازم را برای ممانعت از سوء استفاده واردکنندگان یا سرمایه گذاران بخش خصوصی تدوین کنند. کشت فراسرزمینی به کشور امکان می دهد تا در مصرف آب بخصوص در حیطه کشاورزی صرفه جویی شایانی داشته باشد و کالای های اساسی نظیر گندم، جو و برنج یا دیگر اقلام نظیر حبوبات و ذرت را در محیط های فراسرزمینی کشت کند اما توجه به رعایت جنبه های احتیاطی و کیفیت های لازم در تولید محصولات

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



تراریخته جزو حقوق بلاتردید مصرف کنندگان است که متولی اصلی حفظ و نگهداری آن نه بخش خصوصی که دولت و ارگان ها و سازمان های متولی آن می باشند.

عرب و همکاران در تحقیق دیگر خود با عنوان "بررسی سه کشور آفریقائی به عنوان کشورهای هدف برای ایران"، در موضوع کشت فراسرزمینی برای ورود ایران به کشت فراسرزمینی مهم ترین فایده ای که قائل هستند صرفه جویی نود درصدی در آب مصرفی کشاورزی بخصوص در زمینه تولید لوبیا، ذرت و برنج برمی شمارند و سرمایه گذاری در این حوزه در سایر سرزمین ها را توصیه به متولیان کشوری می کنند [۱۴].

فتحی نیا و همکاران در پژوهش خود با عنوان "کشت فراسرزمینی" بر لزوم سرمایه گذاری توامان محصولات در چند سرزمین متفاوت برای ممانعت از بروز مشکل و احتمالات آتی تاکید کرده اند و رعایت حقوق متقابل و رعایت ضوابط امنیتی و حقوقی را شرط موفقیت در این زمینه می دانند [۱۵].

رعایت اخلاق در زمینه محصولات تراریخته نیازمند سازوکار مناسب هم در حوزه تدوین قواعد و قانون ها و هم در حوزه اجرا و نظارت می باشد. در زمینه انواع منابع اخلاق می توانیم به قانون، مصلحت اندیشی، آداب و رسوم، دین، زیبایی شناسی و خود اخلاق به عنوان ملاک های اصلی اشاره نماییم. این منابع اخلاق صرف نظر از ترتیب یا اهمیت می توانند هر کدام بخش زیادی از مشکلات را بکاهند به شرطی که مورد توجه واقع شوند. اخلاقیات به عنوان یکی از این موارد همواره نقش و تاثیر خود را در زندگی ابناء بشر نشان داده است هرچند سایر منابع فعل اخلاقی نظیر دین، قانون و آنچه که به آنها اشاره شد هم در بهبود اوضاع تاثیر زیادی دارند.

در مجموع باید اشاره کرد به نظر می رسد با توجه به مشکلات فراوان فراروی زندگی کنونی، افزایش جمعیت و رشد تقاضا برای محصولات پرکاربرد و کاسته شدن از منابع آبی کشورهای در معرض خطر، نیاز بشر به محصولات تراریخته گزیز ناپذیر باشد. همچنین چون کشورهای کمتر توسعه یافته به دلایل مختلف در استفاده از منابع تولید خود جنبه های صلاح و صرفه را رعایت نکرده اند اکنون با مشکلات فراوانی مواجه هستند که توجه به فناوری های نوین را اجتناب ناپذیر می کند. تدوین قواعد و استانداردهای لازم در تعامل با فناوری های جدید و نظارت علمی بر روندهای تهیه و توزیع محصولات تراریخته و رعایت جنبه های احتیاطی و ایمنی برای کاستن از مشکلات بعدی به مصلحت زندگی بشر نزدیک تر باشد.

پیشنهاد می شود دولت ها با استفاده از ظرفیت متخصصان دانشگاهی نخست در مورد چگونگی تعامل با این مقولات شامل محصولات تراریخته، ایمنی زیستی و کشت فراسرزمینی به اجماع نظر تخصصی لازم برسند سپس بعد از نیل به نظر واحد، سازوکارهای راه اندازی و و تاسیس نهادهای نظارتی موثر و کارآمد را فراهم آورند تا جنبه های احتیاطی



لازم را در مورد ایمنی زیستی اتباع خویش رعایت کنند. همچنین کشورهای گوناگون می توانند پس از طی این مراحل به منظور مدیریت بهینه منابع اولیه خود از ظرفیت های معطل مانده سایر سرزمین ها از جمله زمین های کشاورزی، آب و سایر عوامل تولید آنها برای افزایش ظرفیت تولید اقلام اساسی مورد نیاز کشور خود اقدام نمایند. دولت ها به فعالیت های بخش خصوصی و سازمان های مردم نهاد اهمیت داده و سیستم نظارت مناسبی طراحی و اجرا نمایند تا از آسیب های احتمالی به آحاد مردم سرزمین خود ممانعت کنند و در نهایت کره خاک به عنوان تنها زیستگاه شناخته شده فعلی زیست بشر برای آیندگان حفظ شود.

منابع

- [۱] محسن ثانی خانی، گلناز محمدی جعفرآباد، عزیزالله خیری (۱۳۹۴) نخستین کنفرانس ملی دستاوردهای نوین در علوم زیستی و کشاورزی، تهران، <https://civilica.com/doc/417766>
- [۲] مسعود توحیدفر، پژمان آزادی (۱۳۹۲) مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی، ۲(۲)، ۹۱-۱۰۰.
- [۳] علی مهراست مهربانی، فاطمه مردان پور (۱۳۸۸) همایش منطقه ای غذا و بیوتکنولوژی، کرمانشاه، <https://civilica.com/doc/118859>
- [۴] مرتضی ستائی مختاری، محمدرضا محمدآبادی، حسین دوماری، حسین، امان الله سلیمانی (۱۳۸۸) دومین همایش بیوتکنولوژی کشاورزی، کرمان، <https://civilica.com/doc/91570>
- [۵] منصور امید، مینا سمیعی فراهانی (۱۳۹۷) نشریه پژوهش های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۳(۱)، ۶۲-۵۱.
- [۶] محمدمهدی مطیعی، محمد خیاط (۱۳۹۰) اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار، اهواز، <https://civilica.com/doc/123910>
- [۷] سیدرضا ضیایی موسوی (۱۳۹۷) چهارمین کنگره بین المللی فرهنگ و اندیشه دینی، قم، <https://civilica.com/doc/778177>
- [۸] حسین آخانی، الکساندر رودف (۱۳۹۷) نشریه پژوهش های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۳(۲)، ۱۹۴-۱۸۱.
- [۹] سیده مهسا افضلی، علی نیازی، سیما سازگاری (۱۳۹۷) دومین همایش بین المللی و سومین همایش ملی کشاورزی، محیط زیست و امنیت غذایی، جیرفت، <https://civilica.com/doc/906734>
- [۱۰] سهیلا تکاور (۱۳۸۴) کنگره بین المللی اخلاق زیستی، تهران، <https://civilica.com/doc/43899>
- [۱۱] لیلا سرمدی، عباس عالم زاده (۱۳۹۱) مجله دوفصلنامه مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی، ۱(۲)، ۱۱۲-۱۰۳.
- [۱۲] میکائیل مدیرروستا (۱۴۰۰) اولین کنفرانس ملی دیپلماسی اقتصادی جمهوری اسلامی ایران (فرصت ها و چالش های ۱۴۰۰-۱۴۰۴)، تهران، <https://civilica.com/doc/1418501>



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



[۱۳] میلاد عرب، نیما پورنوبی، احمد عابدی (۱۳۹۵) نهمین کنگره پیشگامان پیشرفت، تهران،

<https://civilica.com/doc/536606>

[۱۴] میلاد عرب، نیما پورنوبی، محسن براتعلی، حامد براتعلی (۱۳۹۵) دهمین کنگره پیشگامان پیشرفت، تهران،

<https://civilica.com/doc/581014>

[۱۵] ابراهیم فتحی نیا، نوراله طاهری، سید حسین شاهد (۱۳۹۷) سومین همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی

و محیط زیست ایران، تهران، <https://civilica.com/doc/882349>



## بررسی امکان استفاده از تایر ضایعاتی به عنوان سنگدانه جایگزین در بتن

فاطمه اسمعیل زاده<sup>۱</sup>، مجید صفاجو جهانخاندلو<sup>۲\*</sup>، جمال موثق<sup>۳</sup>

۱- مسئول آزمایشگاه آب شرکت آرتاویل تایر، اردبیل، ایران

۲- استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- مشاور مدیرعامل شرکت سبلان سلولز، اردبیل، ایران

### چکیده

آمار تولید لاستیک مستعمل در سطح جهانی بسیار بیشتر از آمار بازیافت و استفاده مجدد از آن است. روش های سنتی بازیافت و استفاده مجدد، مانند سوزاندن ناکارآمد، پرهزینه و آلاینده زیست محیطی هستند. در کشورهای در حال توسعه که هنوز روش های پیچیده و پرهزینه بازیافت تایر وجود ندارند، این وضعیت منجر به انباشت ضایعات بزرگ تایر شده است که خطرات سلامتی را به همراه دارد. استفاده از لاستیک ضایعاتی در ساخت و ساز بتنی راه حل این معضل است. مطالعات متعددی برای ارزیابی اثرات حضور پودر لاستیک ضایعاتی در اشکال مختلف آن (الیاف یا ذرات)، برای تولید بتن با نتایج امیدوارکننده انجام شده است. این مقاله تحقیقات منتشر شده در مورد قابلیت علمی و فنی استفاده از لاستیک ضایعاتی در تولید بتن را بررسی می کند و خواص ذرات لاستیک ضایعاتی را مورد بحث قرار می دهد. پیشرفت ها و آینده نگری استفاده از پودر لاستیک ضایعاتی نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: لاستیک ضایعاتی، پودر لاستیک، بتن پر شده



بتن یکی از پرمصرف ترین مصالح ساختمانی در جهان است و سنگدانه های معدنی طبیعی مورد استفاده برای ساخت بتن منبع محدودی هستند که به سرعت در حال کاهش هستند. طبق نظر الکساندر و همکاران، سنگدانه های معدنی پس از آب و خاک بیشترین استفاده را دارند [۱]. با برآورد کل مصرف جهانی سالانه حدود ۴٫۵ میلیارد تن، ادامه استفاده از آنها با این سرعت با توجه به منابع محدود، پایدار نخواهد بود. سنگدانه های معدنی طبیعی حدود ۷۰ درصد بتن را تشکیل می دهند. سنگدانه ها جزء مهمی در بتن هستند زیرا تأثیر زیادی بر خواص بتن دارند. استفاده از سنگدانه های طبیعی نه تنها به دلیل محدود بودن منابع، بلکه به دلیل تأثیر منفی بر محیط زیست مورد توافق نیست. تولید سنگدانه های طبیعی تأثیر زیادی بر اتمسفر، آب و محیط طبیعی دارد. برخی از این اثرات فراتر از عمر معدن است زیرا بازسازی لایه های کره زمین قابل انجام نیست [۱ و ۲]. در نتیجه نیاز به حفظ منابع طبیعی و محیط زیست، بسیاری از مواد دیگر به عنوان جایگزین سنگدانه در بتن مورد بهره برداری قرار گرفته اند. چندین جایگزین طبیعی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته اند عبارتند از سرباره صنایع فلزی، مواد تخریبی ساختمان، خاک اره، پشم چوب، پوسته برنج، بقایای زباله سوخته شده و خاکستر بادی<sup>۷</sup> از مواد جایگزین مصنوعی سنگدانه می توان به موارد زیر را نام برد، سبکدانه رس<sup>۸</sup>، شیشه، پرلیت، ورمیکولیت لایه برداری شده و پلی استایرن منبسط شده است [۲، ۳]. باز یافت مصالح ساختمانی تخریب شده مانند آجر خرد شده و استفاده از آن در تولید بتن، توجه زیادی را به خود جلب کرده است [۳]. عمده این مواد جایگزین در بیشتر موارد اساساً مواد زائدی هستند که باید دور ریخته شوند. استفاده از این سنگدانه های جایگزین در تحقیقات صنعتی و دانشگاهی جذابیت دارد. اولاً میزان زباله هایی که باید دفع شوند را کاهش می دهند. ثانیاً میزان سنگدانه طبیعی مورد استفاده در بتن را کاهش می دهد. در راستای این ابتکار استفاده از پودر ذرات لاستیک ضایعاتی در بتن، عمدتاً به عنوان روش دفع ضایعات تایلر پیشنهاد شده است. تحقیقات نشان داده است که خواص بتن با استفاده از پودر لاستیک افزایش می یابد.

تخمین زده شده که سالانه بیش از ۱٫۲ میلیارد لاستیک جدید در سراسر جهان تولید می شود و دفع آنها پس از مستعمل شدن به چالش بزرگ تبدیل شده است [۴]. اروپا و ایالات متحده سالانه به ترتیب ۲۴۵ میلیون و ۲۷۰ میلیون لاستیک زباله تولید می کنند [۴ و ۳]. دفع لاستیک های زائد در محل های دفن زباله یک چالش است، زیرا زمینه پرورش جوندگان و پشه ها را فراهم می کنند که ممکن است ناقل بیماری باشند [۳]. برای مهار خطرات مربوط به دفع لاستیک مستعمل، برخی از کشورها قوانینی را تصویب کرده اند که بر دفع لاستیک مستعمل در محل های دفن زباله نظارت می کند. برای

<sup>7</sup> Clinker Ash 0

<sup>7</sup> Bloated Clay 1





مثال، دستورالعمل اتحادیه اروپا EC/۳۱/۱۹۹۹، دفع لاستیک های زباله در محل های دفن زباله را از سال ۲۰۰۶ ممنوع می کند [۵]. چالش دفع لاستیک زباله یک موضوع جهانی بوده که هم کشورهای توسعه یافته و هم کشورهای در حال توسعه را تحت تأثیر قرار می دهد. با توجه به نتایج پژوهش زیمبا و همکاران [۶] در آفریقای جنوبی بیش از ۶۰ میلیون لاستیک زباله انباشته شده است و این رقم هر سال حدود ۱۰ میلیون افزایش می یابد. محققین می دهند که تنها ۶٪ از لاستیک های مستعمل تولید شده در آفریقای جنوبی بازیافت می شوند. طرح مدیریت ضایعات ابتکار بازیافت و توسعه اقتصادی آفریقای جنوبی (REDISA) برای اطمینان از اینکه لاستیک ها در حال حاضر به جای ریختن آنها در محل های دفن زباله، در کاربردهای مفید قرار می گیرند، اجرا شده است [۷]. این کاربردها شامل خرد کردن لاستیک مستعمل برای ساخت تشک زمین بازی، چمن و بتن آسفالتی است. محققین پیشنهاد می کنند که صنعت ساخت و ساز پتانسیل استفاده از بخش بزرگی از لاستیک های زباله تولید شده در آفریقای جنوبی را دارد. استفاده از لاستیک ضایعاتی تایلر در صنعت ساخت و ساز و سایر صنایع ممکن است بتواند معضل لاستیک های مستعمل تولید شده در آفریقای جنوبی را رفع کند. این مقاله مروری بر قابلیت استفاده از لاستیک ضایعاتی در بتن بر اساس نتایج جمع آوری شده از منابع علمی منتشر شده ارائه می کند.

## ۲ خواص تایلر

### ۱-۲ مواد تشکیل دهنده تایلر

لاستیک به عنوان یک پوشش پنوماتیک پیوسته ساخته شده از لاستیک طبیعی یا لاستیک مصنوعی یا ترکیبی از لاستیک طبیعی و مصنوعی که دور رینگ را احاطه کرده است، اعم از نو، مستعمل یا روکش شده تعریف می شود. لاستیک ها معمولاً بر اساس کاربردشان به لاستیک های خودروهای سواری، لاستیک های کامیون و تایلرهای ماشین آلات کشاورزی طبقه بندی می شوند. ترکیبات سه کلاس لاستیک در جدول ۱ نشان داده شده است. تفاوت عمده در بین کلاس های تایلر، عدم وجود الیاف نساجی و وجود مواد فلزی است. محتوای لاستیک در هر یک از کلاس های تایلر نسبتاً برابر است. جنس لاستیک های کامیون عمدتاً لاستیک طبیعی است. محتوای لاستیک تایلر کامیون ۶۵٪ طبیعی و ۳۵٪ مصنوعی است که این مقدار برای سایر لاستیک ها بصورت معکوس صادق است [۸].

جدول ۱: ترکیب درصد مواد کائوچو [۸]

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



ترکیب درصد مواد تشکیل دهنده			مواد تشکیل دهنده
تایر ماشین مسافری	تایر کامیون	تایر تراکتور	
47	45	47	لاستیک
21.5	22	22	دوده
16.5	25	12	فلزات
5.5	-	10	الیاف
1	2	2	اکسید روی
1	1	1	گوگرد
7.5	5	6	افزودنی ها

یک تایر معمولی برای ماشین های مسافری بسته به نوع آب و هوای محل کاربری دارای حداکثر ۳۰ تنوع لاستیک مصنوعی، ۸ نوع لاستیک طبیعی و کربن سیاه است [۸]. این تنوع مواد پیچیده در لاستیک تایر، استفاده مجدد از لاستیک های ضایعاتی را به عنوان پرکننده در ساخت تایرهای جدید دشوار می کند.

### ۲-۲ تولید ذرات پودر لاستیک ضایعاتی

مواد لاستیکی ضایعاتی که به بتن اضافه می شوند معمولاً بر اساس اندازه ذرات طبقه بندی می شوند. اگرچه اندازه های برش برای هر گروه متفاوت است، محققین به طور کلی بر روی سه دسته از ذرات پودر لاستیک ضایعاتی توافق دارند [۳] و [۶]. سه دسته اصلی عبارتند از: لاستیک پاره شده (۷۳-۱۳ میلی متر)، لاستیک خرد شده (۴۲۵-۰،۴۲۵ - ۴،۷۵ میلی متر) و پودر لاستیک پایه (۰،۴۲۵ - ۰،۷۵ میلی متر). پودر تایر از لاستیک های ضایعاتی توسط فرآیند آسیاب محیطی یا برودتی تولید می شوند. فرآیند محیطی آسیاب یا خرد کردن در دمای اتاق است در حالی که فرآیند برودتی مستلزم انجماد تایر در دمای زیر صفر با استفاده از نیتروژن مایع و آسیاب کردن پس از آن است [۴].

فرآیند آسیاب محیطی شامل برش لاستیک قراضه به صورت قطری به دو نیمه و جدا شدن دیواره های جانبی<sup>۷</sup> از رشته های تایر با استفاده از دستگاه های برش تایر است. لاستیک های شکافته شده تحت خرد شدن اولیه و ثانویه قرار می گیرند تا براده لاستیک تولید شود. سپس براده لاستیک از فرآیند جداسازی مغناطیسی و غربالگری دو مرحله ای

<sup>7</sup> Shredded / Chipped rubber <sup>3</sup>

<sup>7</sup> Crumb rubber <sup>4</sup>

<sup>7</sup> Side Wall <sup>5</sup>



عبور می کند تا فلزات و الیاف موجود در تایر را حذف کنند. سپس پودر لاستیک بدون الیاف و فولاد در معرض آسیاب بیشتر قرار می گیرد تا ذرات کوچکتر حاصل شود. فرآیند محیطی به دلیل صرفه اقتصادی، متداول تر از فرآیند برودتی است. فرآیند برودتی ذرات تمیزتری را تولید می کند. ویژگی های پودر لاستیک به نوع تایر مورد استفاده، منطقه ای که در آن تولید شده و فرآیند مورد استفاده برای ساخت ذرات لاستیک بستگی دارد [۸].

### ۲-۳ خواص ذرات پودر لاستیک

چگالی پودر لاستیک در حدود  $320 - 490 \text{ kg/m}^3$  و چگالی فشرده آن حدود  $570 - 730 \text{ kg/m}^3$  است [۱]. وزن هم حجم پودر لاستیک بسیار کمتر از سنگدانه های معدنی است، در نتیجه با استفاده از پودر لاستیک در بتن به جای سنگدانه، کاهش وزن ۲ تا ۲.۵ برابری ایجاد می شود. مدول الاستیک و نسبت پواسون پودر لاستیک به ترتیب کمتر از ۵ MPa و ۰/۵ است. خواص ذرات لاستیک تایر عمدتاً از جزء لاستیکی آن ناشی می شوند. این خواص می تواند بسته به کاربرد بتن برای استفاده از لاستیک در بتن مفید یا مضر باشد. اثرات لاستیک تایر در بتن را می توان به گونه ای کنترل کرد که امکان استفاده مفید از لاستیک در بتن را فراهم کند. تحقیقات زیادی برای بررسی نحوه کنترل این اثرات با اصلاح سطح ذرات لاستیک، تغییر اندازه و شکل ذرات، محدود کردن مقدار ذرات در مخلوط بتن و همچنین استفاده ترکیبی از این تمهیدات کنترلی، انجام شده است.

### ۳ خواص بتن دارای پودر لاستیک

#### ۳-۱ خواص مکانیکی

تحقیقات نشان داده است که وجود ذرات لاستیکی تایر در بتن عملکرد بتن را هم به صورت مثبت و هم منفی تغییر می دهد. یکی از اثرات منفی عمده استفاده از لاستیک تایر در بتن کاهش قابل توجه عملکرد مکانیکی آن در مقایسه با بتن معمولی است. محققان کاهش قابل توجهی را در مقاومت و مدول الاستیک بتن لاستیکی گزارش می کنند [۲]. کاهش عملکرد مکانیکی به سختی قابل توجه کمتر ( $> 5$  مگاپاسکال) لاستیک، توزیع ناهموار پودر لاستیک به دلیل وزن سبک آن و پیوند ضعیف بین پودر لاستیک و خمیر سیمان نسبت داده شده است [۸-۴]. عیب سختی کمتر ذرات لاستیکی با محدود کردن مقدار دانه های لاستیکی تایر در بتن و تغییر اندازه ذرات لاستیکی تایر کنترل شد. مطابق گزارش محققین، استفاده از پودر لاستیک ریز در مقایسه با پودر لاستیک درشت منجر به افزایش استحکام می شود. نتایج نشان داده، افزایش مقاومتی را که هنگام استفاده از پودر لاستیک با اندازه کوچکتر اتفاق می افتد را می توان به کاهش تنش و کرنش در بتن نسبت داد. اثر محتوای پودر لاستیک و اندازه آن بر عملکرد مکانیکی بتن توسط لی و همکاران ارزیابی شد [۶]. آنها دریافتند که محتوای لاستیک بالا و اندازه کوچکتر لاستیک تایر، هم مقاومت فشاری و هم مدول



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



یانگ را کاهش می دهد. با این حال، کرنش نهایی بتن با افزایش محتوای لاستیک و کاهش اندازه ذرات افزایش می یابد. علاوه بر آن طول، عرض و تعداد ترک با افزایش محتوای پودر لاستیک و کاهش اندازه دانه های لاستیکی کاهش یافت. یافته های آنها با مطالعات جداگانه توسط سایر محققان مطابقت داشت. اکثر محققان حداکثر محتوای بهینه پودر لاستیک استاندارد را ۲۰٪ حجم کل سنگدانه لازم برای ساخت بتن، پیشنهاد کرده اند. تصور می شد که لاستیک نرم مانند حفره های هوا در داخل بتن عمل می کند و در نتیجه مقاومت کمی در برابر بارها ایجاد می کند و در نتیجه محل حضور ذرات پودر لاستیک، نقاط ضعف بتن می شود، اما نتایج خلاف این انتظار را تایید کرد. فقدان پیوند با دو رویکرد اصلی برطرف شد. اولاً، حضور الیاف فولادی در داخل ذرات پودر لاستیک به آنها اجازه می دهد با خمیر سیمان پیوند تشکیل دهند [۹]، ثانیاً می توان با اصلاح سطح ذرات لاستیک اتصال آنها را با ماتریس لاستیکی بهبود بخشید. در جدول ۲ خلاصه ای از میزان موفقیت روش های مختلف اصلاح سطح تایر آمده است.

جدول ۲ درصد بهبود استحکام مکانیکی را در روش های مختلف اصلاح نشان می دهد.

منبع	درصد افزایش استحکام مکانیکی (%)	روش اصلاح
[۱۰]	۱۹	اصلاح با سود ۰/۱ مولار
[۱۱]	۳۰	اصلاح با سیلان و آب سیمان
[۱۲]	۵۷	اصلاح با تتراکلرید کربن
[۱۳]	۱۲	اصلاح با پلی وینیل الکل
[۱۴]	۴۹	اصلاح با پرمنگنات پتاسیم و نیترات سدیم
[۱۵]	۲۵	اصلاح با حلال اتانول بی آب، اسید اکریلیک و پلی اتیلن گلیکول

علیرغم بهبود استحکام مکانیکی بالای ثبت شده برای اصلاح کننده های مختلف، باید توجه داشت که این مقاومت های فشاری بدست آمده، کمتر از بتن ساده هستند. روش های اصلاح سطح لاستیک صرفاً بتنی با مقاومت بالاتر تولید می کنند که استفاده از پودر لاستیک از استحکام آن کاسته بود. بنابراین این بدان معناست که تغییر نوع اصلاح کننده مقاومت بتن دارای پودر لاستیک را بهبود نمی بخشد، اما محدوده وسیعی را فراهم می کند که استفاده از پودر لاستیک بهینه باشد.

۲-۳ دوام بتن دارای پودر لاستیک

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



دو جنبه اصلی ارزیابی دوام بتن، ارزیابی عملکرد بتن در حال استفاده در محیط کربناته و کلرید است. اگرچه سایر جنبه های دوام بتن نیز در منابع ارزیابی شده اند، اما این ۲ مورد نشان دهنده بارهای زیست محیطی معمولی در زندگی عادی یک سازه هستند. محققین تأثیر پودر لاستیک با اندازه های مختلف و روش تهیه محیطی و برودتی را بر مقاومت کربناته بتن بررسی کردند [۷]. آنها دریافتند که عمق کربناته شدن با افزایش حجم پودر لاستیک افزایش می یابد. آنها همچنین دریافتند که روش تولید تأیر بر عملکرد دوام کربناته شدن بتن تأثیری ندارد.

مطالعات مشابهی در مورد مقاومت کلریدی بتن لاستیکی انجام شده است. حضور پودر لاستیک در بتن مقاومت در برابر نفوذ یون کلرید را بهبود بخشید [۱۰]. نتایج نشان داد که کمترین محتوای لاستیک باعث کاهش قابل توجهی در نفوذ یون کلرید در مقایسه با مخلوط کنترل میشود. محققین دیگری نیز، کاهش ضریب انتشار کلرید را با افزایش محتوای لاستیک برای همه نسبت های آب به سیمان در مقایسه با مخلوط مرجع گزارش کردند [۶]. آزمایش های نفوذپذیری سریع کلرید برای بتن ساخته شده با ذرات لاستیکی اصلاح شده و نشده انجام شد. ذرات لاستیکی با عامل جفت کننده سیلان و لاتکس لاستیکی کربوکسیله استایرن بوتادی ان اصلاح سطحی شدند. محققین دریافتند که هم برای بتن های دارای پودر لاستیک اصلاح نشده و شده، کاهش نفوذ کلرید تا سطح جایگزینی محدود، به ترتیب ۵ و ۱۵ درصد وجود داشت.

### ۳-۳ خواص تقویت شده بتن دارای پودر لاستیک

#### ۳-۳-۱ هدایت حرارتی بتن دارای پودر لاستیک

محققین از ذرات لاستیک خرد شده و تصفیه نشده برای جایگزینی سنگدانه های درشت در بتن استفاده کردند. آنها کاهش رسانایی حرارتی ۲۶,۷٪ برای محتوای ۱۵٪ لاستیک اصلاح سطحی نشده و افزایش ۱۷,۸٪ برای لاستیک اصلاح سطحی شده را در مقایسه با مخلوط بتن کنترل بدون پودر لاستیک دریافتند [۱۲]. کاهش هدایت حرارتی بتن لاستیکی به رسانایی حرارتی لاستیک نسبت داده می شود که کمتر از سیمان است [۱۱]. رسانایی حرارتی بتن کنترل (۱,۸۱۶ W/mk) با جایگزینی ۲۵٪ لاستیک به ۱,۲۸۳ W/mk کاهش یافت. ظرفیت گرمایی ویژه بتن نیز برای همان درصد جایگزینی لاستیک، ۳۰ درصد کاهش یافت.

#### ۳-۳-۲ خواص آکوستیک

بتن دارای ذرات لاستیکی در جذب انرژی صدا، ضربه و ارتعاش در مقایسه با بتن ساده موثر است [۱۰]. محققین دریافتند که ضریب جذب صدا و کاهش نویز با افزایش مقدار ذرات لاستیک افزایش می یابد [۴]. آنها پیشنهاد کردند که جذب



صدای بالاتر بتن لاستیکی به دلیل افزایش فضای خالی هوا در بتن است. محققین جذب صدا و خواص عایق بتن لاستیکی را در فرکانس های پایین (۶۳، ۱۲۵، ۲۵۰ و ۵۰۰ هرتز) و بالا (۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰، ۵۰۰۰ هرتز) بررسی کردند [۱۳]. آنها دریافتند که عملکرد عایق صوتی بتن لاستیکی با بتن ساده برای تمام مقادیر پودر لاستیک استفاده شده، قابل مقایسه است. آنها خاطرنشان می کنند که ضریب جذب، با این حال، برای تمام مقادیر پودر لاستیک استفاده شده و برای تمام اندازه های ذرات لاستیک افزایش یافته است. بتن خرده لاستیکی جاذب صدا موثرتری نسبت به بتن ساده در شرایط دمایی مختلف بود. همچنین مشخص شد که ذرات خردتر لاستیک به دلیل مساحت سطح بالاتر، جذب صدای فرکانس بهتری هستند. نتایج نشان داد، حضور لاستیک در جاذب های صوتی بتنی قابلیت جذب صدا را تا ۶ دسی بل افزایش می دهد.

#### ۴. نتیجه گیری

استفاده از ذرات لاستیکی ضایعاتی تایر در بتن اگرچه به دلیل نیاز به دفع لاستیک های مستعمل در حال افزایش است، به دلیل بهبود خواص مشاهده شده در عایق حرارتی، خواص صوتی و جذب کرنش زیاد بتن، مورد علاقه محققان تبدیل شده است. بررسی مختصر نشان می دهد که امکان دستکاری ذرات لاستیک برای دستیابی به مقاومت بتن مورد نظر وجود دارد. طبق نتایج، افزایش محتوای هوا منجر به دوام کم کربنات و کلرید می شود. اگرچه تحقیقات زیادی برای درک بهتر اثرات لاستیک تایر بر خواص بتن انجام شده است، هنوز به تحقیقات بیشتری نیاز است. بتن لاستیکی از نظر مقاومت و استحکام می تواند برای کاربردهای سازه ای بدون مشکلات زیادی مورد استفاده قرار گیرد. از بتن دارای پودر لاستیک برای عملکرد حرارتی و صوتی بهتر نیز می توان استفاده کرد.

#### منابع

1. Alexander, M., Bentur, A., & Mindess, S. (2017). Durability of concrete: design and construction. CRC Press.
2. Abu-Jdayil, B., Mourad, A. H. I., & Hussain, A. (2016). Investigation on the mechanical behavior of polyester-scrap tire composites. Construction and Building Materials, 127, 896-903.
3. Bala, A., & Gupta, S. (2021). Thermal resistivity, sound absorption and vibration damping of concrete composite doped with waste tire Rubber: A review. Construction and Building Materials, 299, 123939.
4. Chen, C., Zhang, R., Zhou, L., & Wang, Y. (2022). Influence of Waste Tire Particles on Freeze-Thaw Resistance and Impermeability Performance of Waste Tires/Sand-Based Autoclaved Aerated Concrete Composites. Buildings, 12(1), 33.





5. Bjegovic, D., Lakusic, S., Baricevic, A., Serdar, M., & Haladin, I. (2013). Innovative use of waste tyres for sustainable concrete technology. *International Advances in Cement and Concrete Technology*, 199, 535-542.
6. Nkosi, N., Muzenda, E., Zvimba, J., & Pilusa, J. (2013). The waste tyre problem in South Africa: An analysis of the REDISA plan.
7. Nkosi, N., Muzenda, E., Belaid, M., Mateescu, C., & Bilal, P. (2019, November). A Review of the Recycling and Economic Development Initiative of South Africa (REDISA) Waste Tyre Management Plan: Successes and Failure. In *2019 7th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)* (pp. 1-8). IEEE.
8. Anne, E., & Russ, E. (2006). *The composition of a tyre: Typical components*. Oxen. The Waste & Resources Action Programme, Oxen.
9. Liu, Z., Chen, X., Wang, X., & Diao, H. (2022). Investigation on the dynamic compressive behavior of waste tires rubber-modified self-compacting concrete under multiple impacts loading. *Journal of Cleaner Production*, 336, 130289.
10. Segre, N., & Joeques, I. (2000). Use of tire rubber particles as addition to cement paste. *Cement and concrete research*, 30(9), 1421-1425.
11. Huang, B., Shu, X., & Cao, J. (2013). A two-staged surface treatment to improve properties of rubber modified cement composites. *Construction and Building Materials*, 40, 270-274.
12. Rostami, H., Lepore, J., Silverstraim, T. E. A., & Zundi, I. (2000). Use of recycled rubber tires in concrete. In *Proceedings of the international conference on concrete* (Vol. 1993, pp. 391-399). London, United Kingdom: Thomas Telford Services Ltd.
13. Balaha, M. M., Badawy, A. A. M., & Hashish, M. (2007). Effect of using ground waste tire rubber as fine aggregate on the behaviour of concrete mixes.
14. He, L., Ma, Y., Liu, Q., & Mu, Y. (2016). Surface modification of crumb rubber and its influence on the mechanical properties of rubber-cement concrete. *Construction and Building Materials*, 120, 403-407.
15. Zhang, H., Gou, M., Liu, X., & Guan, X. (2014). Effect of rubber particle modification on properties of rubberized concrete. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 29(4), 763-768.



## نقش آزمایشگاه در رویکردهای نوین آموزش علوم تجربی

حسین حسن وند<sup>۱</sup>

۱- کارشناس فناوری مجتمع صنعتی آرتاویل تابر

Hosein1533@yahoo.com

### چکیده

از قرن هفدهم که گالیله آزمایش‌هایی را برای نشان دادن درستی قانون‌های فیزیک انجام داد، توجه دانشمندان علوم تجربی را به استفاده از فعالیت‌های آزمایشگاهی معطوف کرد تا آنجا که آزمایشگاه به‌عنوان جزیی جدایی‌ناپذیر علوم تجربی مورد پذیرش قرار گرفت. با توجه به نقش انکارناپذیر آزمایشگاه در علوم، طبیعی است که برای آموزش علوم تجربی نمی‌توان آزمایشگاه و انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی را نادیده گرفت. نگرشی که دانش‌آموزان از طریق علوم تجربی به دست می‌آورند به اندازه دانش علمی دارای اهمیت است. آزمایشگاه محلی برای تأیید و نشان دادن مطالب گفته شده توسط معلم می‌باشد و خیلی از صاحب‌نظران معتقدند معلم با انجام نمایش‌های پرمعنا و کاربردی می‌تواند فرصت‌های متنوع بیشتری برای یادگیری اثربخش فراهم آورد.

کلمات کلیدی: آزمایشگاه – رویکرد نوین – فعالیت آزمایشگاهی .



## مقدمه

نخستین بار در قرن هفدهم گالیله به منظور تأیید قانون های فیزیکی استفاده از آزمایش را پیشنهاد داد و برای نشان دادن درستی و نادرستی تعدادی از قانون های فیزیک، آزمایش هایی را هم انجام داد. از این زمان به بعد انجام فعالیت های آزمایشگاهی یکی از ویژگی های متمایز علوم تجربی شد. اما استفاده از فعالیت های آزمایشگاهی به عنوان بخشی جدایی ناپذیر از آموزش علوم تجربی در مدارس از قرن نوزدهم آغاز شد. رزن (۱۹۵۴) به نقل از گریفین (۱۸۹۲) می نویسد: «آزمایشگاه جایگاه خود را در مدرسه به دست آورده است؛ ورود آن به مدرسه موفقیت آمیز بوده است. آزمایشگاه طراحی شده است تا انقلابی در آموزش و پرورش ایجاد کند. دانش آموزان از آزمایشگاه های ما با توانایی مشاهده و عمل کردن بیرون خواهند رفت. «پس» از سال ۱۹۱۰، نهضت آموزشی به رهبری جان دیویی با شعار «یادگیری در عمل» تأثیر عمیقی بر ماهیت آموزش علوم داشت و اهمیت انجام فعالیت های آزمایشگاهی را پررنگ تر هم کرد. حتی کتاب های درسی و دستور کارهای آزمایشگاهی هم به پیروی از این نهضت متحول شدند.

پس از سال ۱۹۶۰ و مطرح شدن نظریه پیازه در باب رشد مرحله ای، راهبردهای آموزشی علوم تجربی تحت تأثیر این نظریه قرار گرفت. در نتیجه به کارگیری این مدل، برنامه درسی معاصر شامل دست ورزی مواد در محیط آزمایشگاهی و مستلزم حضور فعال دانش آموزان می شد (به عنوان مثال: Lawson & Wollman، ۱۹۷۶). در همین زمان هرد (۱۹۶۹)، اهداف فعالیت های آزمایشگاهی را به صورت زیر خلاصه می کند.

برای درگیر کردن یادگیرنده در استفاده از فرایندها و راهبردهای منطقی، برای نشان دادن مفاهیم مربوط به نظریه ها و قانون های علمی، فراهم آوردن فرصت های تجربی برای کاوش درباره پرسش های مناسب درباره طبیعت، فراهم آوردن فرصت هایی برای شناخت نظم، تقارن، تنوع و مشترکات مشاهده ها. به طور کلی، هدف از آزمایشگاه کمک به دانش آموز برای تحمیل نظم فکری بر داده هاست؛ مهارت های مورد نیاز در این راستا بیشتر فکری هستند تا دستی (ص ۱۱۱ - ۱۱۲). تامیر (۱۹۷۲) حتی گامی به جلوتر برمی دارد و معتقد است که در آموزش علوم، آزمایشگاه نه تنها یک شیوه آموزشی است بلکه روشی برای سنجش یادگیری نیز محسوب می شود. بنابراین باید ابزارهای ارزیابی حساس تر برای جمع آوری اطلاعات درباره آنچه دانش آموزان در آزمایشگاه انجام می دهند و توانایی های کاوشگری آن ها و مهارت های مرتبط دیگر ایجاد شود.

تا حدود سال های ۱۹۶۹ و ۱۹۷۰ کارشناسان آموزش همچنان فعالیت های آزمایشگاهی را بخشی جدایی ناپذیر از آموزش علوم تجربی می دانستند (۱۹۶۹، رامسی و هوو). در کمتر از یک دهه پس از آن، به دلیل آشکار نبودن تأثیر آشکار این گونه فعالیت های آزمایشگاهی، این دیدگاه کم کم به فراموشی سپرده شد.





با این همه، صاحب نظران چهار دلیل عمده برای استفاده از آزمایشگاه در آموزش علوم مطرح می کنند: دلیل اول، مفاهیم پیچیده و مجردی هستند که در علوم تجربی مطرح می شود. خیلی از دانش آموزان ابتدایی و حتی دبیرستانی ممکن نیست بتوانند بدون کار عملی و دست ورزی های لازم به مفاهیم علوم تجربی دست یابند. دانش آموزان زمانی که با گردآوری واقعی داده ها و تجزیه و تحلیل پدیده های واقعی در انجام پژوهش مشارکت می کنند در درون آن ها حس احترام به علم و فرایند علمی شکل می گیرد که نگرش های مثبتی نسبت به علم در آن ها ایجاد شود. دلیل دیگر استفاده از فعالیت های آزمایشگاهی این است که مهارت های دانش آموزان آن است که حین فعالیت های آزمایشگاهی توسعه می یابد و سرانجام دلیل چهارم دانش آموزان از انجام فعالیت های آزمایشگاهی و کار عملی لذت می برند و همین باعث می شود که به علم علاقه مند شوند.

#### انواع فعالیت های آزمایشگاهی

آزمایشگاه مکانی برای مشاهده، امتحان، آزمایش دانش و اطلاعات علمی و محیطی منحصر به فرد برای آموزش و یادگیری علوم تجربی است. فعالیت های آزمایشگاهی یکی از ویژگی های ممتاز آموزش علوم تجربی نسبت به سایر رشته هاست. منظور از فعالیت های آزمایشگاهی، تجربه های یادگیری موقعیتی طراحی شده ای هستند که در آن، دانش آموزان به منظور مشاهده پدیده ها با مواد و وسایل درگیر می شوند. ساختار این تجربه ها ممکن است توسط معلم یا دستور کار آزمایشگاه طراحی شده باشند و علاوه بر فاز عملکردی شامل طراحی، برنامه ریزی، تجزیه و تحلیل و تفسیر و کاربرد هم باشند. این فعالیت ها معمولاً به صورت فردی یا در گروه های کوچک توسط دانش آموزان انجام می شوند.

بسیاری از کارشناسان آموزش علوم تجربی معتقدند که استفاده از آزمایشگاه مزایای زیادی برای یادگیری دارد اما با این حال منطقی نیست ادعا کنیم آزمایشگاه و فعالیت های آزمایشگاهی ابزاری برای دستیابی به تمامی اهداف آموزش علوم است. بعضی از فعالیت های آزمایشگاهی به صورت قیاسی طراحی می شوند. در این نوع فعالیت ها، دانش آموزان به منظور بررسی و درک قانون ها یا رابطه هایی که در کلاس درس مطرح شده اند، اطلاعات را گردآوری می کنند. برخی دیگر از فعالیت های آزمایشگاهی ممکن است پیش از معرفی رسمی یک موضوع در کلاس درس مطرح شوند. در این نوع فعالیت ها، دانش آموز در جمع آوری اطلاعات مربوط به مواد یا پدیده ها، استنتاج و تعمیم این پدیده ها درگیر می شوند.

فعالیت های آزمایشگاهی ممکن است بر مبنای میزان راهنمایی هایی ارائه شده به دانش آموزان در حین انجام یک فعالیت، متفاوت باشند. بعضی از شیوه های آزمایشگاهی بسیار سازمان یافته اند و مانند این است که دانش آموزان حین انجام فعالیت، دستور کار «آشپزی» را دنبال می کنند، در حالی که دستور کارهای دیگر «باز» هستند و دانش آموزان را در برنامه ریزی و طراحی آزمایش دخیل می کنند. برخی از انواع فعالیت های آزمایشگاهی بر کار کردن با مواد تأکید دارند،



در حالی که روش های دیگر بر مهارت های مشاهده، تفسیر داده ها یا کاربرد فرایندها برای حل مشکلات جدید تأکید می کنند.

پس از جنگ جهانی اول، از فعالیت های آزمایشگاهی بیشتر برای تأیید و نشان دادن مطالب گفته شده توسط معلم یا کتاب درسی استفاده می شد. در این زمان، فعالیت های آزمایشگاهی به شکل دستورکاری انجام می شدند. هدف از انجام آن ها تدارک تجربه های دست دومی در آموزش علوم تجربی بود که قبلاً توسط دانشمندان به صورت قانون های علمی تنظیم شده بودند. فلسفه این دسته از فعالیت های آزمایشگاهی این بود که چون دانش آموزان تجربه عملی چندانی ندارند. دستورکارهایی برای هدایت آن ها جهت انجام فعالیت های آزمایشگاهی تنظیم شود. دانش آموزان از این دستورکارها برای گردآوری و ضبط داده ها بدون داشتن درکی صحیح از اهداف، فرایندها و ارتباطات آن ها پیروی می کردند. معمولاً، دانش آموزان از طریق فهرستی از دستورکارهای گام به گام، تلاش می کنند تا نتایج مورد انتظار را به دست آورند و خود هم از چگونگی دریافت پاسخ درست شگفت زده می شوند.

آرون معتقد است که فعالیت های آزمایشگاهی دستورکاری، تجربه های آزمایشگاهی کنترل شده و هدایت کننده هستند، برای دانش آموزان خسته کننده هستند و توسعه مفهومی یا درک فیزیکی کمی ایجاد می کنند. از سوی دیگر، دانش آموزان باید در شرایط کاملاً آزاد مشاهده های خود را ثبت و پژوهش و تجزیه و تحلیل نهایی خود را انجام دهند. بسیاری دیگر از کارشناسان آموزش علوم تجربی هم معتقد بودند آزمایشگاه های دستورکاری مکانی برای توسعه مهارت هایی است که ارزش تحصیلی محدودی دارند. کاربرد بسیاری از ابزارهای این آزمایشگاه ها سخت، ظریف، غیرقابل اعتماد و پرهزینه است، فعالیت های مطرح شده در این دسته آزمایشگاه ها ارتباط مناسبی با مفاهیم فیزیکی ندارند، برای محاسبات مربوطه زمان زیادی صرف می شود و نتایجی که پس از تلاش و محاسبه های فراوان به دست می آیند، هیچ گونه اطلاعات جدیدی درباره طبیعت ارائه نمی دهند. حتی گاهی اوقات دیدگاه غلطی از روند علم را هم ارائه می دهند. این جهت گیری نسبت به فعالیت های آزمایشگاهی تا دهه ۱۹۶۰ (که برنامه درسی جدید علوم تجربی معرفی شد) همچنان ادامه داشت.

#### فعالیت های آزمایشگاهی مبتنی بر کاوش

همگام با تغییراتی که نهضت آموزشی پس از سال ۱۹۱۰ به رهبری جان دیویی در آموزش ایجاد کرد، بعضی از انواع فعالیت های آزمایشگاهی با پایان باز که دانش آموز را در یک وضعیت حل مسئله مشارکت می داد، مطرح شد. این دسته از فعالیت ها بهترین فرصت جهت رشد تفکر خلاق دانش آموزی را فراهم می آورد. با طرح مسئله ای که دانش آموزان روش حل آن را نمی دانند یا قرار دادن دانش آموزان در موقعیتی که یک مشکل به وجود آمده است، دانش آموزان تشویق

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



می شوند تا مهارت های عمومی و خلاقانه خود را به کار گیرند. در این دیدگاه، آزمایشگاه مکانی مهم برای دانش آموزان است تا از طریق روش های تجربی برای حل مسئله اقدام کنند و درک آن ها از مفاهیم افزایش یابد. به این قبیل فعالیت ها، فعالیت های آزمایشگاهی مبتنی بر کاوش گفته می شود.

راهبردهای یادگیری مبتنی بر کاوش اغلب شامل فعالیت های دست ورزی در محیط آزمایشگاهی و مستلزم دانش آموزان فعال است (به عنوان مثال، ۱۹۷۶، Lawson & Wollman). بنابراین در این رویکرد آزمایشگاه مکانی برای کسب مهارت های ذهنی و فکری است (اولسون، ۱۹۷۳). اندرسون (۱۹۷۳) محیط یادگیری را به عنوان مکانی برای برقراری ارتباط بین دانش آموزان، بین دانش آموزان و معلمان آن ها، بین دانش آموزان و موضوع درسی و شیوه یادگیری و در نهایت، پذیرش دانش آموزان از ویژگی های ساختاری کلاس تعریف کرده است. طبق نظر والبرگ (۱۹۶۹) میزان درک در محیط یادگیری به رفتارهای آموزشی و روان شناختی بستگی دارد؛ این میزان درک می تواند بین گروه های دانش آموزی با استفاده از راهبردهای آموزشی مختلف متفاوت باشد. پژوهش ها نشان دادند دانش آموزانی که در فعالیت های کاوشگری شرکت می کردند، محیط کلاس درس را رضایت بخش تر می دانستند و متغیرهای محیط یادگیری خاص تحت تأثیر انواع فعالیت های آزمایشگاهی بود که دانش آموزان با آن درگیر می شدند.

فعالیت های آزمایشگاهی مبتنی بر کاوش در سه سطح مطرح می شوند:

در ساده ترین سطح، مشکلات از طریق دستور کار مطرح می شوند. در این دستور کارها، روش هایی را که دانش آموزان نمی دانند و می توانند با استفاده از آن ها روابط مربوطه را کشف کنند توضیح داده می شوند. به این نوع کاوش، کاوش هدایت شده هم گفته می شود.

در سطح دوم: مشکلات مطرح می شوند، اما ابزارها و پاسخ ها باز هستند.

در سطح سوم: مشکل و پاسخ و روش، باز است یعنی دانش آموز با پدیده ای خام مواجه می شود. به طور کلی با انجام فعالیت های آزمایشگاهی مبتنی بر کاوش می توان به مهارت هایی مانند کاوشگری، تحقیق، سازماندهی، ارتباطی و دست ورزی یافت و مفاهیم را با توجه به گردآوری داده ها، فرضیه سازی، مدل سازی، طبقه بندی نظام مند درک کرد. انجام این نوع فعالیت ها همچنین باعث توسعه و رشد توانایی های شناختی مانند تفکر نقاد، حل مسئله، کاربرد، تجزیه و تحلیل، ارزشیابی، تصمیم گیری و خلاقیت می شود و درک ماهیت علم (مشارکت علمی، شناخت دانشمندان و نحوه کار آن ها، وجود چندین روش علمی، ارتباط بین علم و فناوری در رشته های مختلف علمی) را میسر می سازد. نگرش هایی مانند کنجکاوی، علاقه، ریسک کردن، هدفمندی، دقت، استقامت، رضایت خاطر، مسئولیت پذیری، همکاری و مشارکت، اعتماد به دانش علمی، اعتماد به نفس و دوست داشتن علم هم در نتیجه انجام فعالیت های مبتنی بر



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



کاوش در دانش آموزان ایجاد می شود. این اهداف در واقع همان اهداف کلی آموزش علوم تجربی هستند (به عنوان مثال، Pella ۱۹۶۱، Bingam ۱۹۶۹). بنابراین عجیب نیست که طرفداران این گونه فعالیت های آزمایشگاهی ابزار اصلی تدریس علوم تجربی را فعالیت های آزمایشگاهی بدانند.

نظریه پشتیبان روش تدریس مبتنی بر کاوش دیدگاه بر ساخت گرایي فرهنگي اجتماعي است. ویگوتسکی معتقد است که استدلال در کودکان در جریان مباحثه با افراد درونی می شود. در این راستا، کار مشارکتی می تواند در قالب مباحث گروهی آزمایشگاهی در مورد رویدادهای خاص علمی که به منظور ایجاد انگیزه و تبدیل نتایج به دانش است، مورد تأکید قرار گیرد (مثلاً Pontecorvo ۱۹۹۳، Mason ۱۹۹۶).

ویگوتسکی (۱۹۸۷) به دنبال تبدیل روابط اجتماعی به عملکردهای ذهنی است، چرا که میانجی گری و درونی سازی از جمله مراتب بالای تفکر است. انجام فعالیت های آزمایشگاهی به همراه تدریس مفاهیم علمی می تواند بهترین فرصت را برای دانش آموزان فراهم آورد که نه تنها به این اهداف (میانجی گری و درونی سازی) دست یابند، بلکه یادگیری خود را نیز بسنجند.

تحولات اخیر در علوم شناختی و آموزش، اهمیت تجربه های عملی و تجربه های پدیده شناختی مهم را در یادگیری مهارت ها و مفاهیم علمی تأیید می کند (به عنوان مثال McDermott et al. ۱۹۸۳). یکی از راه هایی که آرونس (۱۹۸۳) برای افزایش یادگیری دانش آموزان مطرح می کند، فراهم کردن مواد و وسایل برای دانش آموزان جهت ایجاد مفاهیم از تجربیات ملموس است. یک آزمایشگاه علوم که به خوبی طراحی شده باشد می تواند انواع تجربه های لازم برای تصحیح بدمفهومی ها و توسعه بینش فیزیکی مفید را ارائه دهد. از دیدگاه برساخت گرایان، آزمایشگاه یکی از جاهایی است که دانش آموزان واقعاً می توانند خود را در فرایند علم قرار دهند. به این صورت که با فراهم آوردن درک فیزیکی دست اولی از پدیده های فیزیکی، نظریه های مورد نیاز برای درک دنیای فیزیکی را دریابند و با یافتن پاسخ پرسش های خود بیشتر در روند یادگیری درگیر شوند. در دیدگاه برساخت گرایان، هر یک از دانش آموزان به جای دریافت شناخت خود از یک منبع معتبر مانند معلم، کتاب درسی یا کتابچه آزمایشگاهی باید فعالانه و به صورت اجتماعی درک خود را در یک زمینه علمی نوسازی کنند. به دانش آموزان فرصت داده شود تا آنچه را که در حال یادگیری آن هستند تجربه کنند.

نقش معلم این است که واسطه انتقال دانش علمی به دانش آموزان شود و به آن ها کمک کند که ادعا کنند شخصاً دانش علمی را تولید و تأیید کرده اند (Driver et al, ۱۹۹۴).

به عنوان نمونه های برجسته، می توان به فیزیک مبتنی بر کاوش در دانشگاه واشنگتن (McDermott ۱۹۹۶)، گفت و گوهای سقراطی همراه با آزمایش در دبیرستان و کالج (هک ۱۹۹۲، ۱۹۹۸) و پروژه فیزیک کارگاه در کالج دیکنسون

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



قانون (۱۹۹۱، ۱۹۹۷) اشاره کرد. ویژگی مشترک تمام این فعالیت های آزمایشی موفق فیزیک، همان طور که ردیش (۱۹۹۷) گزارش می کند، این است که آن ها بر یادگیری تمرکز دارند. آن ها دانش آموزان را متقاعد می کنند در فرایندی علمی مشارکت فعال داشته باشند که در جریان آن دنیای فیزیکی را کشف، داده ها را تجزیه و تحلیل از آن ها نتیجه گیری می کنند و سپس آن ها را تعمیم می دهند. درک علمی که آن ها نسبت به پدیده های تازه به دست می آورند بخشی از دنیای روزمره شان است.

### نتیجه گیری

از قرن هفدهم که گالیله آزمایش هایی را برای نشان دادن درستی قانون های فیزیک انجام داد، توجه دانشمندان علوم تجربی را به استفاده از فعالیت های آزمایشگاهی معطوف کرد تا آنجا که آزمایشگاه به عنوان جزیی جدایی ناپذیر علوم تجربی مورد پذیرش قرار گرفت. با توجه به نقش انکارناپذیر آزمایشگاه در علوم، طبیعی است که برای آموزش علوم تجربی نمی توان آزمایشگاه و انجام فعالیت های آزمایشگاهی را نادیده گرفت. از اواخر قرن نوزدهم که آزمایشگاه به صورت رسمی در برنامه درسی علوم تجربی قرار گرفت، بین کارشناسان آموزشی بر سر تدریس نظام مند آزمایشگاه همیشه اختلاف نظرهایی وجود داشته است. نظریه های جان دیویی (۱۹۱۰) و پیازه (۱۹۶۰) را می توان نقاط عطف کاربرد فعالیت های آزمایشگاهی در تدریس علوم تجربی بر شمرد. تا قبل از سال ۱۹۱۰ فقط تعدادی فعالیت آزمایشگاهی با دستور کارهای مشخص برای دروس فیزیک، شیمی و زیست شناسی تنظیم شده بود که الزاماً ارتباطی با محتوای برنامه درسی علوم تجربی نداشت.

بعد از سال ۱۹۱۰، جنبش آموزشی پیشرو به رهبری جان دیویی تأثیر عمده ای روی آموزش علوم تجربی و نقش آزمایشگاه داشت. در فلسفه جان دیویی همان قدر که حل مسئله مهم بود کاربرد علوم تجربی در زندگی روزمره دانش آموزان نیز اهمیت داشت. او حامی رویکرد به آموزش علوم بود و معتقد بود نگرشی که دانش آموزان از طریق علوم تجربی به دست می آورند به اندازه دانش علمی دارای اهمیت است. ایده های او باعث رشد علم عملی با کاربردهای سودمند در زندگی شد. در این دوران کتاب های فیزیک پر شد از واگن ها و موتورهای بخار و کتاب های شیمی ساخت محصولات روزمره ای چون جوهر را آموزش می دادند. آزمایشگاه محلی برای تأیید و نشان دادن مطالب گفته شده توسط معلم بود و خیلی از صاحب نظران معتقد بودند معلم با انجام نمایش های پرمعنا و کاربردی می تواند فرصت های متنوع بیشتری برای یادگیری اثربخش فراهم آورد.

با معرفی برنامه درسی جدید پس از مطرح شدن نظریه رشد مرحله ای پیازه، فعالیت های آزمایشگاهی و پژوهش های انجام شده در آزمایشگاه علاوه بر اینکه برای تأیید محتوای درسی به کار می رفت بلکه خیلی وقت ها محتوای درسی از



دل همین فعالیتها در آزمایشگاه تولید می شد. در همین دوران بود که رویکردهای آموزشی مبتنی بر کاوش به صورت جدی در آموزش علوم تجربی مطرح شدند. شاید نقش آزمایشگاه در برنامه درسی جدید آموزش علوم تجربی را بتوان در اظهار نظر آزر بل جست و جو کرد. او معتقد است اگر آزمایشگاه مسئول به دوش کشیدن بار روشها و روح علم و معلم و کتاب درسی مسئول انتقال محتوای موضوع درسی باشند در این صورت آزمایشگاه بسیار وقت گیر و ناکارآمد خواهد بود.

پس از معرفی رویکردهای آموزش مبتنی بر کاوش، فعالیت های آزمایشگاهی با استفاده از فعالیت های دست ورزی ساده به کلاس های درس علوم تجربی برده شد و محتوای علمی و فعالیت های آزمایشگاهی قابل تفکیک از هم نبودند یا آن طور که شولمن و تامپر (۱۹۷۳) اظهار می کنند: «برنامه درسی جدید بر فرایندهای علمی و توسعه مهارت های شناختی سطح بالا تأکید دارد، آزمایشگاه نقش مهمی را نه به عنوان مکانی برای مشاهده و تأیید، بلکه به عنوان هسته ای برای فرایند یادگیری علوم تجربی دارد.»

#### منابع

1. Blosser, Patricia E. (1980). a Critical Review of the Role of the Laboratory in Science Teaching. Columbus, OH: ERIC Clearinghouse for Science for Science, Mathematics, and Environmental Education.
2. Boghai, Davar M. (April 1979). A Comparison of Laboratory and Discussion Sequences on Learning College Chemistry. Dissertation Abstracts, 39(10), 6045A.
3. Comber, L. C.&J.P. Keeves.(1978). Science Education in Nineteen Countries, International Studies in Evaluation I. New York: John Wiley & Sons, Inc.
4. Fay, Paul J. (August 1931). The History of Chemistry Teaching in American High Schools. Journal of Chemical Education, 8(8), 1533-1562.
5. Gage, N.L., etal.(1963). Handbook of Research on Teaching. Chicago: Rand McNally & Co.
6. Godomsk, Stephen F., Jr.(1971). Progrmmed Instruction, Computer - Assisted Performance Problems, Open Ended Experiments and Student Attitude and Problem Solving Ability in Physical Chemistry Laboratory. DissertTION aBSTRACTS, 31(11), 5873A.
7. Grozier, Joseph E. Jr. (1969). The Role Of The Laboratory In Devloping Positive Attitudes Toward Science In A College General Education Science Course For Nonscientists. Dissertation Abstracts, 31(11), 2394A.
8. Hofstein, A. & vINCENT n. Lunetta (1982). The Role of the Laboratory in SCIENE Teaching: Neglected Aspects of Research. Review of Educatinal Research.,52(2).
9. Lott, Gerald W. (1983). The Effect of Inquiry Teaching and Advance Organizers Upon Student Outcomes in Science Education. Journal of Research in Science Teaching. 20 (5), 437 - 451.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



10. McDERMOTT, IILLIAN ET AL. mARCH (1980). hELPING Minority Students Succeed in Science, II. Implementation of a Curriculum in Physics and Biolog. Journal of College Science Teaching,9, 201 - 205.
11. Mckinnon, Joe W.(April 1976). Encouraging Logical Thinling in Pre - Engineering Students. Education, 66(7), 740-744.
12. Moyer, Albert E.(February 1976). Edwin Hall and the Emergence of the Laboratory in Teaching Physics. The Physics Teacher, 14(2), 96 -103.
13. Pickering, Miles. (February 19, 1980). Aer Lab Courses a waste of Time? The Chronicle of Higher Education, p.80.
14. Rowe, Mary B., Ed. (1978). What Research Says to the Science Teacher, I, Washington, DC: Natinal Science Teachers Association.
15. Travers, Robert M. Ed. (1973). Second Handbook of Research on Teaching Chicago: Rand McNally & Co.
16. TRUMPER, R. (2003)."The Physics Laboratory - A Historical Overview and Future Perspectives", Science & Education, 12(7).
17. Wise, Kevin C.& Okey, Kames R. (1983). A Meta - Analysis of Various Science Teaching Strategies on Achievement. Jouranal of Research in Science Teaching, 20(5), 419 - 435.



## بررسی علل خطاهای آزمایشگاهی در مراکز درمانی و تاثیر کنترل خطاها در بیماران

مهدی رضایی آقایی<sup>۱\*</sup>، علیرضا هریسچی<sup>۲</sup>

۱- کارشناسی علوم آزمایشگاه، دانشگاه آزاد مردن، مردن، ایران، (Rzm8394@gmail.com)

۲- کارشناسی بیو تکنولوژی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران،

### چکیده

این مطالعه توصیفی در یکی از مراکز طبی در سال ۱۴۰۰ در مورد بیماران سرپایی و بستری انجام شد. بدین منظور به مدت ۳ ماه هر گونه شکایت بیمار، پزشک و یا بخش در مورد عدم دریافت به موقع جواب و یا اعتراض به صحت جواب آزمایش و نیز علت مشکل به وجود آمده در فرمهای مخصوص ثبت شدند. اطلاعات به دست آمده پس از اتمام زمان لازم با کمک برنامه نرم افزاری SPSS.15 آنالیز و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از آمار توصیفی مانند فراوانی، درصد و میانگین جهت بررسی میزان خطاها بر حسب متغیرهای مختلف و از آزمون های کای دو و فیشر برای بررسی ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته استفاده شد همچنین پژوهش حاضر از نوع هدف کاربردی، از لحاظ روش مداخله های شبه تجربی و از لحاظ گردآوری دادهها مقطعی از نوع قبل- بعد بود. ابزار پژوهش پرسشنامه دارد چک لیست ایمنی بیمار سازمان جهانی بهداشت بود. جامعه آماری کارشناسان فنی آزمایشگاههای بالینی بود که بصورت تمام سرشماری در دو گروه نمونه مداخله و شاهد و به تعداد ۷۱ نفر در هر گروه انتخاب شدند. دادههای پژوهش با آمار توصیفی و آزمون همبستگی اسپیرمن جهت بررسی همبستگی مقدار متغیرها قبل و بعد از مداخله و آزمون ویلکاکسون جهت تعیین تاثیر کنترل خطای آزمایشگاه بالینی بر ایمنی بیماران تحلیل شد. از نرم افزار SPSS22 استفاده شد کلمات کلیدی: خطاهای آزمایشگاهی، خطاهای بعد از آزمایش، خطاهای نوشتاری، جواب آزمایش

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

نتایج آزمایشگاهی به شرط اینکه صحیح و به موقع در اختیار پزشک قرار گیرند نقش مهمی در تشخیص و پیگیری درمان بیماران دارد. امروزه ارتقاء کیفیت در راس برنامه همه سازمانها و مجامع و بالطبع گروه پزشکی میباشد. ارتقاء کیفیت و کاهش خطاها در واقع دو نام برای یک هدف هستند و هریک بدون دیگری وجود ندارند. توجه جهانی به خطاهای پزشکی اولین بار در سال ۱۹۹۹ آغاز شد؛ زمانی که اعلام شد خطاهای پزشکی هر سال بین ۴۴ تا ۹۸ هزار قربانی در آمریکا دارد. متعاقب این یافته حیرت انگیز، انجمن طب آمریکا حداقل ۵۰ درصد کاهش در خطاها در طی ۵ سال را به عنوان هدف اعلام کرد. هرچند بسیاری از دست اندرکاران بهداشت و درمان آمریکا معتقد بودند این آمار صحیح نیست، ولی به دلیل اهمیت موضوع، توجه همگان به کاهش آن معطوف شد. خطاهای آزمایشگاهی هم بخشی از خطاهای پزشکی محسوب می شوند. خوشبختانه سازمانها و انجمنهای معتبر علمی پاتولوژی و آزمایشگاهی از سالیان قبل به این مسئله توجه داشته اند و برنامه های متعددی برای شناسایی و کاهش خطاها تدوین و به اجرا در آورده اند. برنامه های کنترل کیفی داخلی و خارجی، فراهم نمودن مواد و منابع در جهت دارد کردن روشها، به کارگیری سیستم های اعتباربخشی و ISO، معرفی سیستم های مناسب جهت ثبت الکترونیک اطلاعات بهداشتی و حمایت از برنامه هایی که در جهت شناسایی و کاهش میزان خطاها می باشند، از آن جمله هستند. به طور کلی فعالیتهای آزمایشگاه به سه مرحله قبل از آزمایش، حین آزمایش و بعد از آزمایش تقسیم میشود. برای کاهش خطاها و ارتقاء کیفی آزمایشگاه لازم است تمام مراحل ارتقاء یابند. علی رغم اینکه مطالعات نشان می دهند بیشتر مشکلات مربوط به مراحل قبل و بعد از آزمایش میباشد، اقدامات و مطالعات انجام شده در این خصوص به ویژه در مرحله بعد از آزمایش محدود می باشد. [۱]

این مسئله علاوه بر کم توجهی پژوهشگران، ناشی از مشکلات عملی در گزارش و یافتن منابع خطا در این مراحل نیز می باشد. مرحله Postanalytical از گزارش نتیجه تا تفسیر آن و اقدامات درمانی را شامل می شود که بخشی از آن در آزمایشگاه و بخشی خارج از آزمایشگاه است. گزارش نتیجه "عمدهترین شاخص این مرحله میباشد. اخیراً شاخص های دیگری مانند فرمت حساب بیمار، گزارش به موقع نتایج بحرانی و رضایت بیمار) مراجعه دوباره به آزمایشگاه (به آن افزوده شده است. اشتباهات نوشتاری در گزارش نتیجه، نرسیدن به موقع جواب آزمایش به پزشک، عدم توجه پزشک به توضیحات آزمایشگاه در گزارش و تفسیر اشتباه نتیجه آزمایش از عمده ترین خطاهای این مرحله میباشد. مطالعه حاضر به منظور یافتن میزان و علل تاخیر در



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ارسال جواب آزمایش و نیز بررسی خطاهای بعد از آزمایش که منجر به اعتراض پزشک به صحت جواب آزمایش شده است، طراحی و انجام گردیده است. [۲]

### ۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

این مطالعه توصیفی در بیمارستان مرکز طبی در سال ۱۴۰۰ در مورد بیماران سرپایی و بستری انجام شد. در ابتدا طی اطلاعیه ای ضمن معرفی طرح و اهداف آن از پزشکان و پرستاران دعوت به همکاری شد. عدم دریافت به موقع جواب در مورد بیمار بستری، اعلام پزشک و یا پرستار و منشی بخشها در مورد عدم دریافت جواب در زمان مقرر، و در مورد بیماران سرپایی "در فایل نبودن جواب" در صورت مراجعه بیمار برای گرفتن جواب طبق قبض دریافت جواب، در نظر گرفته شد. تمامی شکایات به مدت ۳ ماه توسط همکاران طرح در فرم های مخصوص ثبت شدند. همکاران علت مشکل به وجود آمده را پیگیری و نتیجه را در بخش دوم پرسش نامه ثبت می نمودند. در مواردی که اعلام می شد نتیجه آزمایش با بالین بیمار انطباق ندارد، در حله اول جواب مجدداً در کامپیوتر و دفاتر کنترل میشد. پس از تایید جواب اولیه در صورت موجود بودن نمونه و مناسب بودن آن، آزمایش مجدداً روی همان نمونه انجام می شد و در مورد صحت و یا عدم صحت آن قضاوت میشد. اطلاعات به دست آمده پس از اتمام زمان لازم با کمک برنامه نرم افزاری SPSS.15 آنالیز و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بدین منظور از آمار توصیفی مانند فراوانی، درصد و میانگین جهت بررسی میزان خطاها بر حسب متغیرهای مختلف و از آزمون های کای دوفیشر برای بررسی ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته استفاده شد. مسائل اخلاقی از جمله محفوظ ماندن نام افرادی که به نحوی باعث به وجود آمدن خطا شده بودند و نیز اصلاح خطا مشاهده شده در جواب بیمار (از قبیل اطلاع به پزشک معالج، انجام آزمایش

مجدد و.. در این مطالعه لحاظ شده است [۳]

### ۱-۲- روش شناسی تحقیق

به طور کلی در این طرح ۴۲۵ مورد اعتراض ثبت گردید که از این تعداد ۳۷۵ مورد مربوط به عدم دریافت به موقع جواب و ۵۰ مورد عدم انطباق نتیجه آزمایش با بالین بیمار) شک به صحت جواب (بود ۷۴/۶ درصد موارد مربوط به بیماران سرپایی و ۲۵/۴ درصد مربوط به بیماران بستری بوده است. علل تاخیر در ارسال جواب آزمایش در ۲۸۷ مورد (۷۲٪) و علل اعتراض به صحت جواب در مرحله ۳۴ (مورد ۱۷) قرار داشته است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



وارد نشدن جواب در کامپیوتر ۱۰۶ مورد)، (۳۷٪ مفقود شدن جواب ۷۳ مورد)، (۴/۲۵٪ اشتباهات نوشتاری ۶۵ مورد  
(۶/۲۲٪ نداشتن در خواست آزمایش ۲۸ مورد) (۸/۹٪ و اشتباه در فایل کردن جواب ۱۲ مورد) (۱۲/۴٪ از علل  
مشاهده شده بوده است. تنها یک مورد خطای محاسباتی در این بررسی مشاهده شد) جدول (۱) در مورد  
بیماران بستری بیشترین شکایت از بخش (۳ خون، غدد و کلیه) سپس بخش ۱ عفونی (و بخش)  
۴ گوارش) بوده است. اختلاف بین بخشهای مختلف بیمارستان از نظر تعداد شکایت معنیدار بود  $p < 0/001$   
در مورد بخشهای آزمایشگاه میکروبیولوژی، هماتولوژی و بیوشیمی به ترتیب با ۲۰، ۲۸/۲ و ۱۷/۴  
درصد بیشترین شکایت را داشتهاند که مربوط به آزمایشهای کشت ادرار، CBC و بیوشیمی  
بوده است. اختلاف بین بخشهای آزمایشگاه از نظر تعداد شکایات نیز معنی دار بود جزییات بیشتری از  
این بررسی در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. متوسط پذیرش بیمار/درخواست در هر ماه ۸۳۶۰ مورد  
و متوسط آزمایش انجام شده در هر ماه ۴۱۶۸۰ بوده است. متوسط شکایت در هر ماه ۷۷ مورد  
به ۱۰۸ بیمار و به ۵۴۱ آزمایش (و در صد جوابهایی که به موقع آماده نشده بودند، ۴/۸ درصد بوده است.  
[۴]

### ۲-۲- کنترل خطاها

ارائه خدمات بهداشتی درمانی با هدف نهایی ارتقای سطح سلامت انسانها طراحی و پیاده میگردد و به نظر میرسد  
با خطاپذیری و آسیب رساندن به انسانها ارتباطی ندارد با وجود این، نظام بهداشت و درمان مجموعههای  
متشکل از کارکنان مراقبت بهداشتی درمانی، متخصصان، ساختارها، اجزا و روابط چندگانه است که  
چنین نظامی ممکن است منجر به نقص در عملکرد شود و بروز خطا در آن امری اجتنابناپذیر است ایمنی  
بیمار یک دغدغه جهانی در زمینه سلامت است که بیماران را در تمامی عرصه های خدمات  
سلامت در کلیه کشورهای جهان اعم از توسعه یافته یا در حال توسعه، متأثر میسازد، مطالعات پژوهشی نشان دادهاند که بهطور متوسط در حدود ۱۰ درصد از تمام  
موارد بستری، بیماران به درجات مختلف دچار آسیب میشوند و برآورد میگردد که تا ۷۵ درصد از این  
خطاها قابلپیشگیری باشند. مراقبت و خدمات درمانی غیر ایمن علاوه بر تحمیل رنج به انسانها هزینه  
اقتصادی سنگین نیز به بار میآورند. در واقع چنین تخمین زده میشود که بین ۵ تا ۱۰ درصد هزینههای مربوط  
به سلامت، ناشی از خدمات بالینی غیر ایمنی میباشد که منجر به آسیب بیماران میگردد و در این میان سهم  
نارسائی سیستمها و روالها بیش از نقش افراد است. در ایران نیز بعید به نظر میرسد شیوع این خطاها از

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



وضعیتی مطلوبتر نسبت به نظام سلامت کشورهای غربی بهرهمند باشد. افزایش پرونده های ارجاعی شکایات مردم از پزشکان و پرستاران به سازمان نظام پزشکی و دادگاهها میتواند گواهی بر این حدس باشد. در کشور ما بررسیهای بهعملآمده نشان میدهد که دلیل اصلی عدم گزارش خطاهای پزشکی ترس از مواخذه و بازخواست میباشد. عدم کنترل عوامل خطر در آزمایشگاه های بالینی میتواند منجر به ایجاد عفونتهای مختلف به ویژه عفونتهای ویروسی و یا تشخیص نادرست شود که این میتواند باعث بروز پیامدهای خطرناک برای ایمنی بیمار و مرگومیر در افراد شود. [۵]

ایمنی بیمار جز بسیار مهم و الزامی کیفیت مراقبتهای بهداشتی درمانی است و باید در سازمانهای ارائه دهنده مراقبتهای بهداشتی درمانی در نظر گرفته شود. ایمنی بیمار رویکردی جدید است که بر گزارشدهی، تجزیه و تحلیل و پیشگیری از خطاهای پزشکی که اغلب منجر به بروز خطاهای ناخواسته میشود تاکید میوزد

خطاهای پزشکی یکی از مشکلات جدی در نظام سلامت و تهدیدی برای ایمنی بیمار محسوب میشوند. مسأله ایمنی بیمار، نقشی برجسته در مراقبت سلامت ایفا میکند. [۶] یکی از شایع ترین و مهمترین خطاهایی که ایمنی

بیمار را تهدید می کند و ممکن است هزینه های گزافی برای مراکز ارائهدهنده خدمت داشته باشند، خطاهای آزمایشگاه پزشکی است. آزمایشگاه ها تاثیر زیادی را در ایمنی بیمار دارند و ۸۰ تا ۹۰ درصد تشخیصهای پزشکی بر اساس تستهای آزمایشگاهی میباشد. باتوجه به اینکه آزمایشگاهها پایههای تشخیص درمان هستند، خطاهای آزمایشگاهی میتواند جان بیماران را به خطر بیندارند. خطا در تستهای آزمایشگاههای بالینی منجر به تاخیر در درمان و یا درمان غلط میشوند و از این رو هزینههای اضافی و افزایش خطرات بیمار را باعث میشود. خطاهای آزمایشگاهی باتوجه به چرخه انجام آزمایشها، در سه گروه ۱- خطاهای مرحله قبل از انجام آزمایش Preanalytical stage قبل از اینکه نمونه در آزمایشگاه مورد بررسی قرار بگیرد اتفاق میافتند. بسیاری از نتایج گمراه کننده آزمایشگاهی که پزشکان اغلب آنها را به خطا در آزمایشگاه نسبت میدهند، در واقع نتیجه مشکلات پیش از آنالیز هستند که قبل از درگیر شدن آزمایشگاه اتفاق میافتند. بعنوان مثال، خطا در شناسایی بیمار و نیز خطا در برچسب زدن لوله های نمونه خون میتواند باعث ایجاد خطای آزمایشگاهی در مرحله پذیرش نمونه شود. خطاهای مرحله انجام آزمایش Analytical stage شامل نتایج پوچ یا نتایج بیمعنی همچون ناهمخوانی جواب آزمایش که از نظر



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



علم پزشکی اعتبار ندارد و در تشخیصهای پزشکی کمک کننده نیستند و ۳- خطاهای مرحله بعد از انجام آزمایش Postanalytical شامل ورود اطلاعات نادرست، زمان چرخش بالا، گزارشدهی و تحلیل نتایج طبقه بندی نمود. مرحله بعد آنالیز از گزارش نتیجه تا تفسیر آن و اقدامات درمانی را شامل میشود که بخشی از آن در آزمایشگاه و بخشی خارج از آزمایشگاه است. گزارش نتیجه عمدتترین شاخص این مرحله میباشد. [۷]

### ۳-۲- روش کار کنترل خطاها

روش انجام پژوهش از نوع توصیفی - همبستگی بوده و به لحاظ نتیجه از نوع پژوهشهای کاربردی به شمار میرود و به لحاظ زمان از نوع پژوهشهای مقطعی و از منظر هدف از نوع کاربردی است. همچنین پژوهش حاضر یک مطالعه ی مداخله ای از نوع شبه تجربی میباشد. جامعه آماری این پژوهش شامل پرسنل و کارشناسان فنی شاغل در آزمایشگاههای بالینی در دو گروه مداخله و شاهد و به تعداد ۷۱ نفر در هر گروه و در مجموع ۱۴۲ نفر بود. در این پژوهش نمونه گیری انجام نشده و بصورت سرشماری، کل جامعه آماری مورد بررسی قرار گرفت. ابزار تحقیق پرسشنامه دارد ارزیابی وضعیت الزامات اساسی ایمنی بیمار سازمان جهانی بهداشت استفاده شد. این ابزار در مطالعات خارجی و داخلی متعددی جهت سنجش ایمنی بیمار همانند [۸] استفاده شده است و پایایی و روایی آن در این مطالعات نیز تایید شده است. در پژوهش حاضر ترجمه معتبر (تنها تغییر استفاده از واژه آزمایشگاه به جای مرکز بهداشتی و درمانی بوده است) برای طراحی پرسشنامه پژوهش مورد استفاده قرار گرفت و در ادامه به بررسی روایی و پایایی آن پرداخته شد. همچنین در این پژوهش روایی ابزار پژوهش با رویکرد صوری و پایایی با رویکرد دوباره آزمون (روش باز آزمایی) استفاده شد. مطابق نتایج این آزمون ضریب همبستگی محاسبه شده همه در بازه ۹۵ تا ۹۸ درصد است از نظر روش باز آزمایی پرسشنامه تحقیق از پایایی مناسبی برخوردار بود. شیوه نمره گذاری آن بر اساس طیف لیکرت بود. به طوری که گزینه خیلی بد، نمره ۱، بد نمره ۲، متوسط نمره ۳، خوب نمره ۴ و خیلی خوب نمره ۵ را به خود اختصاص داد. در تحلیل دادهها از آمار توصیفی و برای توصیف آزمودنیهای پژوهش و برای تحلیل آماری از روش استنباطی استفاده شد. با توجه به نتیجه آزمون چولگی و کشیدگی و عدم نرمال بودن برخی از داده های متغیرها از آزمون همبستگی اسپیرمن و آزمون ویلکاکسون برای به آزمون گذاشتن فرضیه های پژوهش در سطح معنی داری استفاده [۹].

۳-۲- یافته ها

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



در اینجا، به تجزیه و تحلیل داده های گردآوری شده از پرسشنامه پرداخته شده است. این تحلیل در دو بخش توصیفی و استنباطی انجام گرفته است. در بخش توصیفی ابتدا به بررسی ویژگی های جمعیت شناختی نمونه آماری پرداخته شد. همچنین به منظور تحلیل داده ها و آزمون فرضیه های پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS و بوسیله انجام شاخص های چولگی و کشیدگی به منظور تعیین نرمال بودن توزیع داده ها و از آزمون ویلکاکسون برای تحلیل فرضیات تحقیق پرداخته شد. نتایج نشان داده است که در آزمایشگاه های منتخب مرکزی کنترل خطای آزمایشگاه بالینی بر ایمنی بیمار در ابعاد حاکمیت و رهبری ایمنی بیماران، جلب مشارکت و تعامل بیماران و جامعه، خدمات بالینی ایمن و مبتنی بر شواهد و محیط ایمن تاثیر دارد. قسمت اول پرسشنامه مربوط به مشخصات فردی پاسخگویان شامل جنسیت، سن، تحصیلات و تجربه کاری پاسخ دهندگان میباشد. یافته های مربوط به مشخصات فردی پاسخگویان در قالب جدول است. جدول یافته های توصیفی برخی از ویژگی های جمعیت شناختی پاسخگویان مورد پرسشگری میباشد.

همانطور که در جدول مشاهده میشود، در گروه قبل مداخله اکثریت زن ولی در گروه شاهد اکثریت پاسخگویان مرد بودند. در گروه مداخله اکثریت در رده سنی ۳۶ تا ۴۵ سال بوند ولی در گروه شاهد اکثریت در رده سنی ۲۶ تا ۳۵ سال بودند. در دو گروه مداخله و شاهد اکثریت پاسخگویان دارای تحصیلات کارشناسی و سابقه کاری بین ۱۰ تا ۱۵ سال بودند. [۱۰]

توصیف متغیرهای از آن جهت دارای اهمیت است که نتایج آزمون فرضیه های پژوهش براساس داده ها و شاخص های این متغیرها استخراج میگردد. داده های تحقیق دارای مقیاس فاصله ای هستند. برای توصیف متغیرهای پژوهش از شاخص های مرکزی و پراکندگی استفاده شده است که در ادامه به توصیف آنها پرداخته شده است. جدول شاخص های توصیفی برای متغیرهای پژوهش قبل و بعد از اجرای FMEA در گروه مداخله را نشان میدهد: جدول ۲ آمار توصیفی مربوط به متغیرهای پژوهش را در حالت قبل و بعد مداخله در گروه مداخله را نشان میدهد: مطابق نتایج جدول متغیرهای این پژوهش در مرحله بعد از استقرار FMEA دارای میانگین بالاتر از حد متوسط بوده اند (بیشتر از ۳ شده اند) که این نشان میدهد ارزیابی این متغیرها در وضعیتی مطلوب و رضایت بخشی قرار داشته اند؛ اما هر چهار متغیر در مرحله قبل از استقرار FMEA همگی دارای میانگین پایینتر از حد متوسط بوده اند (کمتر از ۳ شده اند) و این نشان میدهد که ارزیابی این متغیرها در وضعیتی. [۱۱]

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

جدول ۱- آمار توصیفی ویژگی جمعیت شناختی منبع : نگارنده

گروه شاهد		گروه مداخله			
درصد	فراوانی	درصد	فراوانی		
۵۱	۲۶	۴۲	۲۱	مرد	جنسیت
۴۹	۲۵	۵۷	۴۰	زن	
۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۷۱		مجموع
۱۵	۱۱	۱۷	۱۲	۲۰-۲۵	سن
۲۲	۲۲	۲۶	۱۸	۲۶-۳۵	
۲۰	۲۱	۲۱	۲۲	۳۶-۴۵	
۲۲	۱۶	۲۶	۱۸	>۴۵	
۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۷۱		مجموع
۶۱	۴۴	۶۰	۴۲	کارشناسی	تحصیلات
۲۰	۱۴	۳۰	۲۱	ارشد	
۹	۶	۱۰	۷	دکتری	
۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۷۱		مجموع
۱۰	۷	۱۲	۹	>۵	سابقه کار
۱۸	۱۳	۱۲	۹	۵-۱۰	
۴۰	۲۸	۴۴	۳۱	۱۰-۱۵	
۱۰	۷	۱۵	۱۱	۱۵-۲۰	
۲۲	۱۶	۱۵	۱۱	>۲۰	
۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۷۱		مجموع

مطلوب و رضایت بخشی قرار نداشته است و می توان به لحاظ توصیفی گفت که استقرار FMEA در آزمایشگاهها بر ایمنی بیماران تاثیر مثبت داشته است. از آنجایی که میزان چولگی و کشیدگی توزیع نرمال برابر با صفر است، چولگی و کشیدگی نزدیک به صفر، نرمال بودن توزیع دادهها را بیان میکند. همچنین اگر چولگی و کشیدگی متغیری از ۲- کوچکتر و از ۲ بزرگتر باشد، آن توزیع متغیر مطلقا نرمال نخواهد بود. نتایج نشان میدهد که برخی از متغیرهای پژوهش نرمال نیستند. جدول ۳ نتیجه آزمون همبستگی اسپیرمن بین متغیرهای تحقیق را در گروه مداخله را نشان میدهد. با توجه به معنی دار بودن ضریب همبستگی تایید رابطه همبستگی بین متغیرهای تحقیق در مرحله قبل و بعد مداخله در ادامه جهت بررسی تاثیر کنترل خطای آزمایشگاه بر ایمنی بیمار از آزمون ویلکاکسون استفاده میشود. جدول ۴ نتایج آزمون ویلکاکسون در در سه گروه مقایسه ای میانگین متغیرها در قبل و بعد مداخله، مقایسه ی میانگین متغیرها در قبل مداخله با شاهد و مقایسه میانگین متغیرها در بعد مداخله با شاهد را نشان می دهد. با توجه به اینکه مقدار سطح معناداری Sig بررسی مقایسه میانگین ابعاد و مولفه های ابعاد ایمنی بیمار در آزمون ویلکاکسون در گروه قبل و بعد مداخله کمتر از ۰/۰۵ است؛ بنابراین میتوان گفت در سطح اطمینان ۹۵٪



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مداخله FMEA در آزمایشگاه و در نتیجه کاهش خطای آزمایشگاه بر ایمنی بیماران تاثیر داشته است و با توجه به افزایش میانگین های ابعاد و مولفه های ایمنی بیمار پس از اجرای FMEA، این تاثیر به صورت مثبت بوده است. [۱۲]

### ۳- نتیجه گیری

خطاهای پرشکی اخیراً توجه زیادی را به خود معطوف داشته است که روز به روز نیز بیشتر میشود. خطاهای آزمایشگاهی نیز بخشی از خطاهای پزشکی است که از سالیان قبل مورد توجه بوده است. برنامه های مختلفی برای ارزیابی عملکرد آزمایشگاهها ارائه شده است که در آنها شاخصهایی برای ارزیابی مراحل مختلف کار پیشبینی شده است. بعضی از آنها مثل رضایت بیمار هر سه مرحله کار رادر بر می گیرد و مربوط به تمام قسمتهای آزمایشگاه میشود و برخی مربوط به مرحله خاص یا بخش خاصی از آزمایشگاه میشود. با این حال هنوز دستورالعمل واحدی مناسب برای کار روتین باشد ارائه نشده است. با پیشرفت سریع تکنولوژی نوع خطاها دائماً تغییر میکند. لذا، بازنگری مداوم در برنامه های کنترلیامری اجتناب ناپذیر است. به همین دلیل لازماست هر آزمایشگاهی با توجه به سازماندهی و امکانات خاص خود شاخصهای ارزیابی عملکرد خود را به طور اختصاصی داشته باشد. در مطالعات جدیدتر رضایتمندی پزشکان و پرستاران را نیز به عنوان شاخصی برای عملکرد آزمایشگاه در نظر گرفته اند. اکثر روشهای به کار رفته نشان میدهد میزان خطا در مرحله قبل و بعد از آزمایش بیشتر از میزان خطا در مرحله آزمایش میباشد. این امر قابل انتظار است زیرا از طرفی با توجه به پیشرفت تکنولوژی و نیز با استفاده از نرم افزارهای متعدد و برنامه های کنترل کیفی، خطاهای آزمایشگاه در مرحله آزمایش Analytical errors بسیار کاهش یافته است. از طرف دیگر این مرحله کاملاً تحت نظارت و کنترل آزمایشگاه می باشد. مطالعات معدودی نیز در زمینه تاثیر خطاهای آزمایشگاهی بر سرنوشت نهایی بیمار Outcome انجام شده است. بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعات حدود ۱۰ درصد خطاها در درمان بیمار تاثیر سوء داشته است و تاخیر در جوابدهی از مهم ترین این خطاها بوده است. بررسی حاضر نشان داد در ۲۷/۴% موارد علت تاخیر در ارسال جواب وابسته به عوامل Pre-analytical است. این Post-analytical ۷۲٪ و analytical بدان معنی نیست که خطای Post-analytical در این مرکز بیشتر از Pre-analytical است، زیرا ما به دنبال ثبت میزان خطاها در مراحل مختلف نبودیم. بلکه علت تاخیر در ارسال نتیجه ۲۷/۴% در مرحله پره آنالیتیکال و ۷۲٪ در مرحله پست آنالیتیکال بوده است. نا همگن بودن مطالعات مختلف از نظر طراحی و روش یافتن خطا،

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



عدم وجود تعریف مشخص و یکسان از خطا، مقایسه مطالعات مختلف و بیان میزان خطا را عملاً غیرممکن ساخته است. تعریف خطا و روش شناسایی آن تاثیر بسیاری در میزنان آن دارد. به عنوان مثال در یک مطالعه تعداد خطابه تعداد آزمایش تقسیم شده در حالی که در مطالعه دیگر تعداد خطا به تعداد درخواست تقسیم شده است. در مورد روش یافتن خطا نیز کنترل روند کار، نظارت و پرسش نامه و یابرسش کایاتاز روشهای جمعآوری میزان خطا استکه هرکدام ویژگیهای خاص خود را دارند. عمدهترین علت در عدم جوابدهی موقع مطالعه حاضر وارد نشدن جواب در کامپیوتر بوده است. در مطالعههای که Stahl و همکارانش بین سالهای ۱۹۹۲-۱۹۹۶ انجام داده اند، میزانو علل آزمایشهای بدون جواب بررسی شد. گم شدن نمونه و عدم انجام آزمایش علت ۳۰ درصد از موارد تحت بررسی آنان بود. محققین با طراحی روشی برای ثبت این مشکل در مدت ۵ سال توانستند کاهش قابل توجهی در آن به ویژه در مورد بیماران سرپایی (ارسالی از درمانگاهها) بهوجود آورند. در مطالعه حاضر ۲۳/۵ درصد از علل تاخیر در ارسال جواب، عدم انجام آزمایش بوده است. بررسی نشان داد مسئله بیشتر در مورد نمونه های مشترک بین بخش های آزمایشگاه بوده که به دلیل حجم کم نمونه در کودکان یک نمونه گرفته شده و کوتاهی پرسنل در پیگیری باعث از قلم افتادن آزمایش شده است. گم شدن جواب نیز از جمله دلایل تاخیر در ارسال نتایج در مطالعه حاضر بود. جملاتی نظیر آزمایشگاه نمونه یا جواب را گم کرده است "و جواب به بخش نرسیده است" اغلب توسط آزمایشگاهیان شنیده می شود. اما در مورد علتاین مشکلات کمتر تحقیق شده است. در مورد گم شدن جوابها نیز علت بیشتر خطای انسانی استدر مطالعه حاضر بیشترین خطاها در بخشهای میکروب شناسی، هماتولوژی و بیوشیمی بوده است. در مورد میکروب شناسی مهمترین مسئله طولانی شدن زمان آماده شدن جواب به ویژه جوابهای مثبت و در نتیجه امکاناز قلم افتادن در هنگام جواب دهی است. در مورد هماتولوژی یکی از دلایل، کامپیوتری نبودن جوابها است، کهبه دلیل عدم اتصال دستگاههای هماتولوژی به شبکه کامپیوتری بیمارستان میباشد. بیوشیمی از بخشهایی است که تقریباً در همهجا بیشترین جواب آزمایش را در مقایسه با سایر بخش های آزمایشگاه دارد. در این بخش به دلیل تولید نتایج کمی، کنترل کیفی و یافتن خطا آسانتر است. گزارشهای مختلف در این زمینه نشانگر وجود ۰/۰۵ درصد خطا در نتایج این بخش بوده است. علاوه بر آمار بالای این بخش تنوع آزمایشها نیز می تواند دلیلی بر میزان بالای خطای این بخش باشد. مورد دیگر این مطالعه بررسی علل اعتراض بهصحت جواب بود. در بررسی به شکایات در ۱۲ مورد دلیلی پیدا نشد؛ بدین معنی که یا جواب قبلی تایید

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شد و یا به دلیل کافی یا مناسب نبودن نمونه امکان تکرار و یافتن دلیل میسر نبود. ۱۷ مورد به دلایل پست آنالیتیکال بود که ۱۶ مورد آن خطای نوشتاری و فقط یک مورد محاسباتی بود. خطای نوشتاری شامل وارد کردن اشتباه نتایج آزمایش به صورت دستی و کامپیوتری بوده است. ایمنی بیمار یکی از مهمترین ابعاد کیفیت مراقبت است و هیچ مسئله‌ای به مانند آسیب رسیدن به بیمار با فلسفه مراقبت‌های بهداشتی مغایرت ندارد اما اقدامات و رویه‌های درمانی همیشه بی خطر نیست و امکان رخداد خطاهای پزشکی و وقایع تهدید کننده ایمنی بیمار همواره وجود دارد. یکی از شایع ترین و مهمترین خطاهایی که ایمنی بیمار را تهدید می کند و ممکن است هزینه های گزافی برای مراکز ارائه دهنده خدمت داشته باشند، خطاهای آزمایشگاه پزشکی است. با توجه به گستره وسیع خطاهای پزشکی از جمله خطاهای آزمایشگاه بالینی در نظام‌های پیشرفته بهداشتی و درمانی و هزینه‌های مرتبط با آن، رویکردهای متفاوتی برای مقابله با خطاهای پزشکی و ارتقا ایمنی بیمار توسعه یافته است. یکی از مهمترین و مطرحترین این رویکردها، رویکرد آینده‌نگر تجزیه و تحلیل حالات و اثرات خطا FMEA است. در این پژوهش، برای بررسی تعیین تاثیر کنترل خطای آزمایشگاه بالینی بر اساس اجرای رویکرد ایمنی بیمار در آزمایشگاه‌های مرکزی یک فرضیه مهم و چهار فرضیه فرعی آزمون شد که فرضیه مهم و هر چهار فرضیه فرعی تایید شد. طبق تحلیل یافته‌های پژوهش با آزمون ویلکاکسون با مقادیر سطح خطا و ضریب تعیین مناسب، تاثیر مثبت خطای آزمایشگاه بالینی بر اساس اجرای رویکرد ایمنی بیمار و ابعاد آن به عبارت حاکمیت و رهبری ایمنی بیمار، جلب مشارکت و تعامل بیمار، جامعه، خدمات بالینی ایمن و مبتنی بر شواهد و محیط ایمن تایید شد. این بدان معنی است که در آزمایشگاه‌های با اجرای رویکرد FMEA و در نتیجه کاهش خطای آزمایشگاه بالینی، انتظار می‌رود که ایمنی بیمار در این آزمایشگاه‌ها بهبود یابد. به ذکر است که نتایج حاصل با مطالعات پیشین همخوانی دارد بطوریکه گونزالس لائو و همکاران (۲۰۰۷ و پلبانی) در مطالعات خود به این نتیجه دست یافتند که اجرای FMEA و کاهش خطا باعث افزایش مباحث مدیریت ایمنی بیمار می‌گردد و از طرف دیگر گونزالس لائو و همکاران و کاووسی و همکاران در مطالعات خود به این نتیجه دست یافتند که اجرای FMEA و کاهش خطا باعث افزایش مشارکت و تعامل با بیمار و جامعه و در نتیجه افزایش آگاهی بیمار و بهبود ایمنی بیمار می‌شود. همچنین گونزالس لائو و همکاران به این نتیجه دست یافتند که مراکز خدمات بهداشتی و درمانی از جمله آزمایشگاه‌هایی که سیستم‌های مدیریت و ابزارهای آن از جمله FMEA استفاده نمودند از خطای کمتر و در نتیجه ایمنی بیشتری برای بیمار برخوردارند و در نهایت





گونزالس لائو و همکاران) به این نتیجه دست یافتند که مراکز ارائه دهنده خدمات بهداشت و درمان از جمله آزمایشگاههایی که از FMEA استفاده نمودند محیط ایمنتری از جمله در خصوص مدیریت دفع پسماند برای بیماران فراهم نموده اند. هدف اصلی این پژوهش، مطالعه تاثیر کنترل خطاهای آزمایشگاه بالینی بر ایمنی بیماران در آزمایشگاههای مرکزی به منظور کاهش میزان خطاها و افزایش ایمنی بیماران است؛ و میتوان گفتاگر مدیران آزمایشگاههای مرکزی در خصوص اجرای رویکردهای تحلیل و پیشگیری از خطا از جمله حرکت نمایند نتایج قابل ملاحظههایی در رابطه با ایمنی بیماران در بلند مدت متصور خواهد بود. محدودیتهای: موارد زیر را می توان به عنوان محدودیت های پژوهش حاضر نامبرد: این پژوهش در آزمایشگاههای منتخب انجام شده است و بنابراین در تعمیم نتایج آن به دیگر سازمانها بایستی با احتیاط عمل نمود.

منابع

- [1] Kachalia A, Kaufman SR, Boothman R, Anderson S, Welch K, Saint S, et al. Liability claim and costs before and after implementation of a medical error disclosure program. *Ann Int Med.* 2010;(4):213-21.
- [۲] Feleming M, Wentzell N. Patient safety culture improvement tool: Development and guidelines for use. *Health Care Quart J.* 2008;7(3):10-5.
- [۳] Jabbari A, Raisi A, Rostami V. Patient Safety Status in Selected Training Hospitals Affiliated with Isfahan University of Medical Sciences. *Health Inf Manage.* 2015;12(1):108. [Persian]
- [۴] Nasiripour AA, Raeissi P, Ghaffari F, Maleki M, Jafari M. Designing A Medical Errors Control Model For Tehran University Of Medical Science Hospitals. *Payavard.* 2014;8(1):44-56. [Persian]
- [۵] Movahhednia S, Partovy SZ, Bastani M, Mahmoodi F. Nurse Managers' perspectives about Reasons for not reporting medical errors in Firoozgar Hospital: 2012. *Razi J Med Sci.* 2014;21(125):110-118. [Persian]
- [۶] Khaloee A, Malakootian M, Mehdipour Rabouri M. Environmental Health Situation of Public and Private Medical Diagnostic Laboratories in Kerman, 2014. *J Saf Promot Inj Prev.* 2016;4(1):1338-1342. [Persian]
- [۷] Sorra J, Nieva VF. Hospital Survey on Patient Safety Culture, 2012. 2012 User Comparative Database Report Rockville, MD: Agency for Healthcare Research and Quality. AHRQ Publication No.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



12-0017.

[۸] Grober ED, Bohnen JM. Defining medical error. Can J Surg. 2005;48:39-44.

[۹] Kohn L, Corrigan JM, Donaldson MS. To Err Is Human :Building a Safer Health System.

Washington, D.C: National Academy Press; 2000. .pp: 10.

[۱۰] Carraro P, Plebani. Errors in a stat laboratory: Types and frequencies 10 years later. Clin Chem. 2007;53(1):1338–1342.

[۱۱] Chawla R, Goswami B, Tayal D, Mallika V, 2009. Identification of the Types of Preanalytical Errors in the Clinical Chemistry Laboratory. Department of Biochemistry.Pant Hospital, New Delhi, India.

[۱۲] Frank HW. Clinical laboratory tests: Which, why, and what do the results mean? Lab Med J. 2009;40(2):105-113.



## واکاوای مخاطرات موجود در آزمایشگاه مراکز سلامت به روش بازیبنانه بین المللی

علیرضا هریسچی<sup>۱\*</sup> مهدی رضایی آقایی<sup>۲</sup>

۱- کارشناسی بیو تکنولوژی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران ، (Rzm8394@gmail.com)

۲- کارشناسی علوم آزمایشگاه، دانشگاه آزاد مرند، مرند، ایران ، (alireza.herischi@gmail.com)

### چکیده

این مطالعه با هدف شناسایی و ارزیابی خطرات آزمایشگاه های دانشگاه علوم پزشکی یزد انجام شده است. مطالعه حاضر یک مطالعه توصیفی-تحلیلی است که به منظور شناسایی خطرات آزمایشگاه های مراکز سلامت در سال ۱۴۰۰ به انجام رسیده است. ابزار گردآوری اطلاعات چک لیستهای استاندارد شده ای میباشند که قبلاً توسط ۲۰ سازمان بین المللی و ۳۰ آزمایشگاه معتبر در دنیا مورد استفاده قرار گرفته و روایی و پایایی آن تأیید شده است. نوع خطرات در این چک لیستها به صورت تفکیک یافته و سیستماتیک بوده و خطای سخت افزاری، انسانی، دستورالعملی و محیطی و غیره از یکدیگر تفکیک شده و روش ارزیابی به طور کیفی بوده است. بر اساس نتایج صورت گرفته عمده نارسایی ها مدیریتی بوده و سایر نواقص به ترتیب اولویت مواردی از قبیل عدم تهویه مناسب، کمبود سیستمهای گرمایشی و سرمایشی در آزمایشگاه، عدم دستورالعملهای کار ایمن و کمبود فضای فیزیکی بوده اس. نتایج این تحقیق نشان داد که آزمایشگاه های دانشگاه دارای نارسائیها و خطرات فراوانی میباشد که احتمال وقوع رویدادهای نامطلوب بالا و مسلماً پیامد آنها نیز وخیم خواهد بود لذا با توجه به بالا بودن ریسک رویدادها لازم است در کوتاه مدت اقدامات مدیریتی موازی در این خصوص به عمل آید.

کلمات کلیدی: خطاهای آزمایشگاهی، خطاهای بعد از آزمایش، شناسایی و ارزیابی خطرات، آزمایشگاه، مراکز سلامت



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

آزمایشگاه معمولاً به محیطکاری اطلاق میشود که در آنجا عملیات مختلفی مانند آزمایشهای تجربی، تعیین مقدار و کنترل کیفیت، اندازهگیریهای گوناگون، تجزیه و تحلیل و شناسایی مواد و ناخالصیها و غیره انجام میشود. البته انجام عملیات مزبور همواره یک هدفمعیّن را دنبال نمیکند بلکه اهدافی چون آموزش، ساختو کنترل محصول، اجرای استانداردهای ملی، تجزیه و تحلیل مواد و ترکیبات و ارائه خدمات مختلفی چونخدمات بهداشتی، صنعتی، تحقیقاتی و غیره را در پی دارند. [۱]

با توجه به پیشرفت روزافزون علم و فناوری در تمام شاخه های نظری اعم از شیمی، زیست شناسی، فیزیک، توأمآ نیاز به کسب مهارت و اطلاعات عملی و تجربی نیزافزایش یافته است؛ به گونهای که انجام آزمایشات گوناگون جهت دست یافتن به پاسخ بسیاری از سوالاتدانشمندان و دانشجویان و تحقق فرضیات و نظریههايتئوری آنها امری ضروری است. از این رو با پیچیدهترشدن این علوم نیازمند مکانهای مجهز و ایمن برای انجامآزمایشات میباشدیم. [۲] دانشگاهها که به عنوان بزرگترینمرکز آموزش و مبدأ پیدایش تحولات علمی و تحقق تئوریها به اصول علمی شناخته میشوند اکثراًآزمایشگاههای آموزشی و تحقیقاتی دارند و از آنجایی کهدر این آزمایشگاهها بسیاری از فرایندها برای کسبمهارت عملی یا صرفاً جهت یاددهی انجام میشوند وکاربران اکثراً جوان و فاقد هرگونه تجربه قبلی میباشدند و برای اولین بار کار با مواد و تجهیزات را تجربه میکنند واز نظر تعداد در مقایسه با سایر آزمایشگاهها متنوعتر و بیشتر میباشد توجه بیشتری را جهت ایمنی، بهداشت، دکوراسیون، مهندسی، ساختمان، تجهیزات و غیره رامیطلبد. محیط آزمایشگاه به خودی خود به دلیلوجود مواد شیمیایی خطرناک، دستگاهها و تجهیزاتآپیچیده و شیوههای کاری خاص دارای خطرات بالقوه میباشد که در صورت عدم توجه به ایمنی و بهداشتآزمایشگاه ها امکان بروز حوادث و آسیبهای جانی ومالی وجود دارد. به عنوان مثال میتوان به سانحه انفجارکپسول اطفاء حریق در آزمایشگاه که اخیراً رخ داده است اشاره کرد که منجر به کشتهشدن یک نفر شد. بنابراین میتوان گفت که آزمایشگاه باتوجه به تنوع کاری و اینکه نیروی کاری متخصص در رشته های مختلفی در آزمایشگاهها مشغول کار هستند، یک محیط کار بسیار حساس و با اهمیت بوده و نیاز بهتوجه و دقت فراوان داشته و قابل مقایسه با بسیاری از محیطهای کاری نظیر سالن فلزکاری، مونتاژ قطعات فلزیو غیره نمیباشد. شایان ذکر است با توجه به مطالبذکرشده در بالا و نقش بسیار مهم آزمایشگاه ها در تولیدعلم، این محیط آموزشی باید امنیت شخصی کاربرانآزمایشگاه، امنیت اموال ملی و توسعه آموزش تجربی و تحقیقات علمی را تضمین کند. [۳] لذا با توجه به اهمیتموضوع بر آن شدیم تا این پروژه را با هدف شناساییخطرات موجود در آزمایشگاههای آموزشی دانشگاه علومپزشکی یزد و ارائه آن به مسئولین جهت اصلاح و بهبودوضع آنها انجام دهیم.



## ۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

برای بررسی وضعیت آزمایشگاه و پیرودن به مشکلات آنها از روش بازرسی ایمنی استفاده گردید روش یکی از روشهای شناسایی خطرات محسوب میشود. چکلیست رایجترین ابزار برای بازرسی است. چون انسانها برای به خاطر سپردن فهرستی از موارد زیاد و گاهاً پیچیده به درستی عمل نمیکنند. بنابراین استفاده از چکلیست به منظور رفع اشتباهات و کاستی های حافظه کمک کننده میباشد. ضمناً این ابزار مشخص میکند که چه مواردی را میبایستی بازرس مدنظر قرار دهد و در ضمن نتایج را نیز میتوان در آن ثبت نمود. چک لیستها از طریق کاهش پراکندگی در قضاوتها میسران سبب افزایش انطباق رسیدگیها با ضوابط مؤسسه و سازمان میشود. از آنجایی که چک لیستها باید برای هر سازمانی به طور جداگانه تهیه شود، لذا لازماست برای شناسایی و بررسی جوانب سازمان پژوهشیدانشگاهها چکلیستهای ویژه تهیه گردد که در فعالیتهای پژوهشی مورد استفاده قرار بگیرد. برای اجرای بازرسی ایمنی، چکلیستهایی که توسط سازمانها و ارگانهای مهم و متفاوت کشورهای مختلف منتشر شدهاند جمعآوری گردید

## ۳- روش شناسی تحقیق

. آزمایشگاهها میباشند. با در نظر گرفتن چکلیستهای بین المللی جمعآوری شده به بازدید و ثبت وضعیت آزمایشگاههای ۳۰گانه مورد نظر پرداخته شد. در این بازدید علاوه بر دیدن ابعاد آزمایشگاه و تعداد و اندازهدرها و پنجرههای آنها کل میزها، وسایل و مواد موجود و محل قرارگیری آنها در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین موارد دیگری چون محل قرارگیری پیریزهای برق، سینکهای مخصوص شستن ظروفآزمایشگاهی، فاضلابهای آنها، دوش اضطراری، درهای خروج اضطراری، کپسولهای اطفاء حریق، محل قرارگیری میزهایی که مخصوص کارشناسان آزمایشگاه است، تعداد کل افرادی که به طور دائم در آزمایشگاه کار میکنند به همراه تعداد تقریبی افرادی که به صورت موقت (در ساعات آموزشی) در بعضی موارد به آزمایشگاه مراجعه میکنند، جعبه های کمکهای اولیه و محل نگهداری موادشیمیایی (فسفهها و کمدها) و غیره مورد بازدید و ثبت قرار گرفت با توجه به آنچه که در آزمایشگاهها مشاهده شد و مقایسه با آن چه که در چکلیستها مطرح شده بود، چکلیستهای خاص آزمایشگاههای مورد مطالعه طراحی و تهیه گردید. چکلیست کلی تهیه شده که در ۶ قسمت مجزا از هم بود با ۱۴۰ سوال تنظیم گردید. [۴]

جدول ۱: موارد ششگانه چکلیست تهیه شده منبع: [۴]

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ردیف	عنوان قسمت	تعداد سوالها
۱	ایمنی و بهداشت	۳۰
۲	تجهیزات	۳۰
۳	فضا و تاسیسات	۳۵
۴	ویژگی ها سازه ای	۲۰
۵	کنترل کیفی	۱۰
۶	کارکنان	۱۵
۷	جمع کل	۱۴۰

مرحله بعدی کار تکمیل چکلیست در تکنکازمایشگاههای مورد مطالعه بود که بدین منظور ۳۰ نسخه از چکلیست تهیه و هر یک در یکی از آزمایشگاهها تکمیل گردید. از نظر نحوه به دست آوردن جوابسوالهای موجود در چکلیست کلیه سؤالات در دو گروه به شرح زیر تقسیم شدند. [۵]

۱- آن دسته از سؤالات که جواب آنها با مشاهده عینی در آزمایشگاه به دست میآید مانند سوالی که میپرسد آیا کپسول اطفاء حریق در آزمایشگاه وجود دارد یا خیر.

۲- آن دسته از سوالهایی که جواب آنها از طریق مطرح ساختن سوالی که میپرسد آیا آمار حوادث اتفاق افتاده در سالهای گذشته وجود دارد یا خیر یا اینکه آیا مستندات مربوط به آموزشهای فنی و ایمنی کارکنان آزمایشگاه وجود دارد یا خیر. نتایج به دست آمده جوابهایی هستند که در چکلیستهای تکمیل شده، وجود دارد. سوالهای چکلیست به ترتیبی طراحی شده بود که جوابها به صورت بلی یا خیر داده میشود. البته تعدادی از سوالها در بعضی از آزمایشگاهها صادق نبودند مثلاً در آزمایشگاهی که هود وجود نداشت کلیه سوالهای مربوطه هود قابل جواب دادن نبود به همین منظور در کنار ستون بلی و خیر، ستون سومی تحت عنوان ملاحظاتی در نظر گرفته شده بود که توضیحات لازم در آن ذکر میشد. در شفافسازی جوابهای داده شده به سوالهای چکلیست نکته دیگری وجود داشت و آن سوالهایی بودند که شامل چند قسمت تحت عنوان الف، ب، ج، د و غیره بوده و در حقیقت چند سوال در یک جا مطرح شده بود. مانند سؤال آیا لوازم حفاظت فردی زیر در اختیار پرسنل گذاشته شده است. [۶]

الف- کفش ایمنی

ب- لباس کار



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ج- دستکش ایمنی

د- عینک حفاظتی

ه- ماسک تنفسی

و- شیلد حفاظتی صورت

سؤالها به صورت مجزا و در چند قسمت مورد توجه قرار گرفته و جواب خیر قسمت مثلاً الف نمیتوانست در جوابهای بلی یا مثبت قسمتهای دیگر تأثیر داشته باشد. یعنی اگر کارکنان کفش ایمنی نداشتند به صورت مستعمل مطرح شده و داشتن لباسکار جزو نواقص، مطرح نمیشد. [۷] نکته بسیار مهم در مورد جوابها اینکه امکان طراحی سوالها به نحوی که جوابهای خیر یا منفینشاندهنده نقص یا نارسایی موجود باشد نبود و در بعضی موارد نشاندهنده و در بعضی موارد جواب بلینشاندهنده نقص و مشکل بود مانند سؤال آیا در سقف یادوارههای آزمایشگاه هیچ گونه سوراخ نفوذی وجود دارد که از طریق آن گازی خارج یا داخل شود؟ جواب بله نشان دهنده خطر موجود به هنگام نشت گازهای سمی در یک آزمایشگاه و امکان خروج آن و رفتن به محیطهای کاری دیگر یا آزمایشگاههای مجاور میباشد. در حالی که جواب خیر هیچگونه مشکلی را مطرح نمیسازد. بدین ترتیب تک تک سؤالها با جوابهایشان مورد توجه قرار گرفته و آن دسته از سوالهایی که وجود خطر و نارسایی را چه با جواب بلی و چه با جواب خیر نشان میدادند جدا گردید و این کار در مورد همه آزمایشگاهها اجرا شد. [۸]

۲-۱- یافته های تحقیق

سوالهای استخراج شده از چکلیستهای تکمیل شده برای آزمایشگاههای مختلف با یکدیگر مقایسه شده و پس از یکپارچه کردن سوالهای

مشابه، خطرات و نارسایی های موجود در کل آزمایشگاهها فهرست وار مشخص گردید. به عنوان مثال سوال های:

آیا هودها مجهز به نشاندهنده مقدار جریان هوا هستند؟

آیا کف هودها مجهز به چاله یا محل جمع آوری موادی که به صورت اتفاقی ریخته میشوند میباشد؟

آیا هودها با لبه های مناسب برای ورود هوا مجهز شده اند؟

و امثال این وقتی جواب منفی داشته باشند، نشاندهنده نارسایی است، نارساییها به صورت کلی و تحت عنوان عدم وجود هودهای مناسب در آزمایشگاهها استخراج و مطرح گردید. کل خطرات و نارساییهایی که به ترتیب فوق مشخص گردید ۴۰ مورد بود که در جدول ۲ ارائه شده است. البته بسیاری از نارساییها هم به دلیل کوچک و جزئی بودن و به منظور خلاصه کردن فهرست خطرات و نارساییها حذف شده و در جدول شماره ۲ مطرح نشده است. در فهرست مزبور خطرات

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخه)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخه)

www.LabUMA2022.ir



و نارسائیها به ترتیب سؤالهای چکلیست آمده است و ترتیب آنها در جدول شماره ۲ نشان دهنده اولویت آنها نسبت به یکدیگر نمیباشد [۹] برای تعیین اولویت اصولاً باید ریسک مربوط به عدم رفع نارسائیها یا ریسکتبدیل شدن خطرات به حادثه محاسبه گردد که در آزمایشگاههای مورد مطالعه به دلیل عدم وجود سیستم مثبت و نگهداری و نتیجتاً عدم امکان تعیین ضربتکرار تبدیل شدن خطرات به حادثه یا اتفاق و تعیین شدت پیامد آن حادثه یا اتفاق، امکان محاسبه ریسک وجود نداشت. ناگفته نماند که اگر امکان محاسبه ریسک هم وجود داشت باز باید سیاستها و خطمشی مدیریت آزمایشگاهها نیز معلوم بود تا با در نظر گرفتن آن و مقادیر ریسکهای محاسبه شده اولویت بین خطرات و نارسائیهای شناسایی شده، تعیین گردد. [۱۰]

جدول ۲: لیست خطرات و نارسائیهای آزمایشگاههای مراکز منبع: [۱۱]

ردیف	خطرات و نارسائیها
۱	عدم وجود کمیته ایمنی یا فرد مسئول ایمنی
۲	عدم وجود دستورالعملهای ایمنی و بهداشت به صورت کتبی و مدون
۳	عدم وجود دستورالعملهای مکتوب انجام صحیح نظیر نحوه صحیح شناسایی و سترونی سازی ظروف آزمایشگاهی، نحوه صحیح شستوشوی کف محوطه
۴	عدم وجود دستورالعملهای مکتوب جهت مدیریت ایمن و صحیح پسماندهای آزمایشگاهی در کلیه مراحل
۵	عدم وجود دوش و چشمشور اضطراری
۶	عدم ثبت و پیگیری حوادث
۷	عدم وجود دستورالعمل مکتوب هنگام ریخته یا پاشیده شدن مواد آلوده
۸	عدم تفکیک مناسب فضای فیزیکی در برخی از آزمایشگاهها
۹	تهویه هوا به طور اختصاصی برای آزمایشگاهها در نظر گرفته نشده و عمومی است
۱۰	وجود شلنگهای گاز رلیف مستعمل و فرسوده
۱۱	کمبود فضای فیزیکی برای آزمایشگاهها و ادغام چند آزمایشگاه در یک مکان
۱۲	عدم وجود سیستم برق اضطراری
۱۳	عدم وجود سیستم اتصال به زمین برای دستگاههای برقی
۱۴	عدم فر فروری کیسولهای اطفاء حریق در جای مناسب و شارژ نکردن آنها در تاریخ تعیین شده
۱۵	مجاز بودن خوردن و آشامیدن در محیط آزمایشگاه
۱۶	انتصاب دادن بخشی از آزمایشگاه به آیدلخانه در بعضی از آزمایشگاهها
۱۷	نظم کارکنان نامناسب در چندی از آزمایشگاهها
۱۸	محصور نبودن پنجرهها یا توری جهت جلوگیری از ورود حشرات
۱۹	دستورالعملهای مکتوب جهت کار با دستگاهها وجود ندارد
۲۰	پریزها و ترمینالها به حالت ایمنی دائم (داشن سرویس) نیستند
۲۱	عدم برنامه ریزی جهت آموزش کارکنان در رابطه با اصول ایمنی
۲۲	عدم توجه به شرایط صحیح نگهداری اسیدها - حلالهای فرکانیک، محلولهای خوردنده، گازهای فشرده و سایر مواد بالقوه مخاطره آمیز از نظر مکان نگهداری، چیدمان، دما، تهویه و غیره
۲۳	عدم وجود سیستم اطفاء حریق در محیط آزمایشگاه
۲۴	عدم آشنایی کارکنان با روش صحیح استفاده از کیسولهای اطفاء حریق
۲۵	عدم وجود جیمه کشکهای اولیه و نصب صحیح آن در مکان مناسب
۲۶	حینکهای محافظ چشم برای موارد کاربرد (مواد شیمیایی) در آزمایشگاهها وجود ندارد
۲۷	عدم تمییه شیر اصلی قطع و وصل جریان آب در ورودی هر سالن آزمایشگاه
۲۸	نبود سیستم مجزای دفع فاضلاب
۲۹	ساختمان آزمایشگاه در زیر زمین واقع گردیده است
۳۰	عدم وجود تجهیزات کنترل دما و رطوبت
۳۱	نبود تهویه عمومی و موضعی مناسب
۳۲	عدم وجود حایق حرارتی در دیوارهای خارجی و سقف
۳۳	مواد و لوازم غیر قابل مصرف زیادی در محیط وجود ندارد
۳۴	عدم وجود پوستهای هشدار دهنده نکات ایمنی
۳۵	برچسب زباله های خطرناک بر روی ظروف حاوی این مواد وجود ندارد
۳۶	دوهای خروج حریق وجود ندارد
۳۷	برق دستگاههای تجهیزات و روشنایی هر کدام یک لاین جداگانه با فیوز مخصوص ندارد
۳۸	لیست مواد شیمیایی قبل از خرید از دیدگاه ایمنی مورد مطالعه قرار نمیگیرد
۳۹	برای عملیات مختلف و مخصوصاً کار با دستگاههای آزمایشگاهی به هنگام عدم حضور مسئول سیستم حفاظت و توقف اتماتیک وجود ندارد
۴۰	رسیدگی به سیستم تهویه و هوای گرم و خشک دقیق نیست - از نظر تمیز کردن و ضد عفونی کردن فیلترهای هوای ورودی



### ۳- نتیجه گیری

اجرای این پروژه و نتایج به دست آمده نشان داد که آزمایشگاه های مراکز دارای نارسایی ها و خطرات فراوانی میباشند و احتمال وقوع حوادث یا اتفاقات نامطلوب وجود دارد. در بحث مدیریت ایمنی یکی از کلیدیترین راه های سنجش ایمنی آزمایشگاه میزان آموزشهای ایمنی در بین کاربران میباشد. به طوریکه که با بالا بردن سطح این آموزشها قطعاً آزمایشگاههایی امنتر خواهیم داشت. با توجه بهبررسیهای انجام شده و نتایج به دستآمده از چک لیستهای تکمیل شده دریافتیم که میزان آموزش ایمنی به تکنسینهای آزمایشگاههای دانشگاه در سطح مطلوبی قرار ندارد حتی میتوان گفت که هیچ برنامه ای برای آموزش این افراد تدوین و مشخص نگردیده استبه طوری که کاربرد صحیح استفاده از کپسولهای اطفاءحریق نیز به این افراد آموزش داده نشده است. وجود قوانین و مقررات ایمنی آزمایشگاهها باعث ایجاد محیطی ایمن و یکپارچه جهت اجتناب از وقوع رویدادها و حوادث میگردد. در بررسی هایی که در این زمینه دردانشگاههای کشور چین انجام شد به این نتیجه دست یافتند که قوانین و مقررات ایمنی آزمایشگاهها در اینکشور دارای نقص و کمبود قابل ملاحظههایی است. پس از بررسی های دقیقتر قوانین جدیدی جهت ارتقاء سطح ایمنی آزمایشگاه ها به مسئولین مربوطه منعکس گردید. در آزمایشگاههای مورد بررسی با توجهبه ملاحظات انجام شده میتوان به چند نکتهی اساسی اشاره کرد. میتوان گفت شاید به دلیل پایین بودن آمارحوادث در آزمایشگاههای آموزشی و فقدان فرهنگ ایمنی در همه سطوح مدیریتی خود عاملی مهم جهت عدم توجه کافی به امنیت، ایمنی و بهداشت این محیط حساس و مخاطره آمیز میباشد. با توجه به اینکه سیستمهای مدیریتی یکپارچه جهت داشتن ایمنی مطلوب در کلیه سطوح از فاز ایده و طراحی آغاز میکنند. باید گفت در مراکز طبی ایران در فاز طراحی پرداخته نشده که خود پایه بسیاری از مشکلات و نواقص در آزمایشگاهها میباشد. برای مثال میتوان به نبود فضای فیزیکی مناسب و ایمن در بسیاری از آزمایشگاهها اشاره کرد که این کمبود زمینه بسیاری از نابسامانی ها را در پی دارد. میتوان گفت که امروزه در محیطهای کاری حرف اول را سیستم مدیریتی میزنند. به نظر میرسد که در این پروژه مهمترین نارسائیهایی باشند که از این سیستم ناشی شده اند. نارسائیهایی نظیر عدم وجود سیستم تهویه اختصاصی برای آزمایشگاهها، عدم وجود سیستم گرمایشی و سرمایشی مناسب، عدم وجود دستورالعمل مکتوب ایمنی، عدم تفکیک مناسب فضاهای فیزیکی برای انجام کارهای مختلف و غیره ناشی از نقص این سیستم میباشند. دومین گروه از نارسائیهایی که باز هم به نوعی به سیستم مدیریتی ارتباط دارد نارسائیهایی مربوط به طراحی و ساخت میباشد. بنابراین با توجه به مطالب ارائه شده میتوان



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



نتیجه گرفت که عامل اصلی و اساسی در کاهش خطرات موجود در محیط آزمایشگاهها مرتبط با سیستم مدیریتی

میباشد.

منابع

- [1] A publication of the University of Texas at Austin. Lab safety Manual 2000.
- [2] Handley W. Hand book of industrial and health: (McGraw - hill Handbooks) 1980
- [3] Huang J. Brief discussion on safety management and construction of university laboratory. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University,
- [4] Yangling, Shanxi 712100,China; [J];Modern Scientific Instruments 2009-05.
- [5] Huang B, Li Y, Bu J. Exploration and practice of constructing a system on security culture for laboratories in colleges. Department of state-owned Assets Management,
- [6] Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China; [J];Experimental Technology and Management 2009-04.
- [7] Mao H, HONG X, WU D, PENG C, ZHAO X. By Sino-US comparison on the experimental safety regulation to reflect on the college chemical laboratory safety administration in our country. Shaoguan University, Shaoguan 512005, China; [J]; Research and Exploration in Laboratory 2009-06.
- [8] Shen J, Hu J. School of Life Science. Lanzhou University, Lanzhou 730000,China; [J];Experimental Technology and Management 2009-09.
- [9] Wen X, Liang L, Liu J, Pan J, Liu M. Comparing with the radiation safety management of laboratory in colleges and universities of Hong Kong and Mainland. Department of Laboratory and Equipment, Tsinghua University, Beijing 100084, China; [J]; Experimental Technology and Management 2009-09.
- [10] Ruan H, Xiang X, Li W. Reflections on the safety management of laboratories in American universities. Department of Equipment Management, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; [J]; Experimental Technology and Management 2009-10.
- [11] LU J, RUAN H, LI W. Inspiration of safety management experience of university affiliated hospital. Second Affiliated Hospital of Medical College, Zhejiang University, Hangzhou 310009, China; [J]; Laboratory Science 2009-05.



## مدیریت خطا در آزمون های انواع توپ با استفاده از نرم افزار Minitab 21

مهتری ندریری،<sup>۷</sup>

محقق شرکت طنین پیک سبلان، دکتری شیمی آلی

اردبیل، شهرک صنعتی شماره ۲، شرکت طنین پیک سبلان (بنا)، آزمایشگاه تحقیقاتی، ۰۴۵-۳۳۸۷۳۱۶۸

### چکیده

آزمون های مختلفی برای کنترل کیفیت انواع توپ های فوتبال، والیبال، بسکتبال و هندبال وجود دارد که از آن جمله می توان به آزمون اندازه گیری جرم، محیط، انحراف از کروی بودن، برگشت عمودی، انحراف از خط سیر مستقیم، قدرت ضربه، درصد جذب آب، کاهش فشار و غیره اشاره کرد. در این پژوهش، خطای موجود در اندازه گیری های حاصل از برخی از این آزمون ها، مورد بررسی قرار گرفته است. علاوه بر این، صحت عملکرد برخی از تجهیزات مورد نیاز جهت انجام این آزمون ها نیز بررسی شده است. به منظور اندازه گیری خطای موجود در آزمون ها و همچنین بررسی صحت عملکرد تجهیزات، نرم افزار Minitab 21 به کار گرفته شد.

کلمات کلیدی: آزمون، کنترل کیفیت، اندازه گیری خطا، نرم افزار Minitab 21

<sup>7</sup> Corresponding Author E-mail: mnadiriniri@yahoo.com



## مقدمه

نرم افزار minitab بی شک یکی از مشهورترین برنامه ها در زمینه کنترل کیفیت آماری می باشد که بوسیله آن می توان داده های خام را تجزیه و تحلیل کرده و کیفیت محصولات را بهبود بخشید. این نرم افزار ابزار مناسبی برای پروژه های شش سیگما<sup>7</sup> جهت ایجاد تحول و بهبود کیفیت در سازمان بوده و توانایی بسیاری در پردازش، محاسبه، تجزیه و تحلیل، تهیه گزارش و سایر امکانات و ابزارهای کامل آماری را داراست. وجود امکانات مربوط به کنترل آماری فرایندها<sup>8</sup> (SPC) و کنترل کیفیت آماری<sup>9</sup> (SQC) در minitab و کاربری آسان این نرم افزار، آن را به یکی از پرطرفدارترین برنامه های کنترل آمار مراکز تحقیقاتی و صنعتی بزرگ و کوچک تبدیل کرده است و در بسیاری از سازمان ها، واحدهای کنترل کیفیت و آزمایشگاه از این نرم افزار برای انجام تجزیه و تحلیل های آماری و کنترل کیفیت محصولات و خدمات خود استفاده می کنند. در واقع نرم افزار minitab یکی از نرم افزارهای مطرح آماری می باشد که در برخی زمینه های علم آمار، از جمله کاربرد آمار در صنعت و اقتصاد از قابلیت های خاصی برخوردار می باشد. ویرایش جدید نرم افزار minitab 21 در اکتبر سال ۲۰۲۰ به بازار ارائه شده است. در ویرایش جدید عملکرد آن سریع تر و کار با نرم افزار ساده تر شده است. از جمله قابلیت های این نرم افزار می توان به موارد زیر اشاره کرد [1]:

- امکان وارد کردن داده های ورودی به شکلی بسیار آسان
- شبیه سازی داده های تصادفی بر پایه توزیع های مختلف
- هماهنگی کامل با سایر نرم افزارها از جمله Microsoft Office Excel
- آمار توضیحی و توزیع احتمال های گسسته و پیوسته
- انجام تحلیل های بسیار ساده اولیه مانند: میانگین، میانه، Standard Division و ...
- امکان محاسبه ضریب همبستگی بین متغیرهای مختلف
- امکان رسم نمودارهای مختلف در انواع ستونی BAR، دایره ای PIE و ... در رنگ های بسیار متنوع
- انجام تحلیل کنترل کیفیت آماری
- ابزارهای طراحی و تحلیل طرح های آزمایشی

<sup>7</sup> Six Sigma 7  
<sup>8</sup> Statistical Processes Control<sup>8</sup>  
<sup>9</sup> Statistical Quality Control 9  
<sup>8</sup> Charts 0





با توجه به مطالب بالا، در این پژوهش، از نرم افزار minitab 21 برای برآورد خطای موجود در اندازه گیری های حاصل از آزمون های انواع توپ ها جهت مدیریت خطا در آزمایشگاه کنترل کیفی و نیز به منظور کنترل کیفیت محصولات شرکت طنین پیک سبلان اردبیل استفاده شده است.

### ۱- مبانی نظری

برای شناسایی خطای سیستماتیک یا ارببی (اگرایش) نتایج اندازه گیری سه روش رایج وجود دارد که در ادامه به تشریح دو روش به صورت جداگانه پرداخته شده است:

#### ۱-۲- مقایسه نتایج با یک مقدار مرجع به روش One Sample T-Test

آزمون آماری One Sample T-Test برای بررسی یکسان بودن میانگین نتایج یک جامعه با یک مقدار هدف یا مرجع به کار می رود. نتیجه حاصل از این روش نشان دهنده وجود یا عدم وجود خطای معنادار بین نتایج اندازه گیری و مقدار مرجع یا هدف می باشد. در این آزمون آماری فرض ها به صورت زیر تعریف می شود [2]:

$$\{H_0 : \bar{y} = y_{Ref}\} \quad (1)$$

$$\{H_1 : \bar{y} \neq y_{Ref}\}$$

$$\{H_0 : Bias = 0\}$$

$$\{H_1 : Bias \neq 0\} \quad (2)$$

پارامتری که با استفاده از آن پی به وجود یا عدم وجود خطا می بریم، P-Value می باشد که برای فرض  $H_0$  و  $H_1$  مقدار

P-Value به صورت زیر تعریف می شود:

$$\{H_0 : P-Value \geq 0.05\}$$

$$\{H_1 : P-Value < 0.05\} \quad (3)$$



در واقع اگر مقدار P-Value بزرگتر و یا مساوی ۰/۰۵ باشد دلیل بر عدم وجود خطای معنادار بین نتایج اندازه گیری و مقدار مرجع می باشد اما در صورتی که مقدار P-Value کوچکتر از ۰/۰۵ باشد حاکی از وجود خطای معنادار بین نتایج اندازه گیری و مقدار مرجع می باشد. مقدار خطا یا اریبی را با توجه به رابطه زیر می توان بدست آورد:

$$Bias = \bar{y} - y_{Ref} \quad (4)$$

جهت به دست آوردن مقدار P-Value با استفاده از نرم افزار، ابتدا داده های خام را در پنجره داده ها تایپ کرده و سپس از بین گزینه های موجود در منوی اصلی minitab، گزینه Stat را انتخاب کرده و مسیر زیر را اجرا می کنیم:

$$Stat \rightarrow BasicStatistics \rightarrow 1-Sample - t \quad (5)$$

در صورتی که مقدار خطای بدست آمده (bias) کمتر از حداکثر خطای مجاز (MPE) باشد این میزان خطا قابل قبول خواهد بود. دو روش رایج به منظور بدست آوردن MPE وجود دارد که عبارتند از:

(۱) حداکثر خطای مجاز مشخص شده در استاندارد انجام آزمون که گاهاً با نام درستی نیز آورده می شود.

(۲) حداکثر خطای مجاز مشخص شده در استاندارد انجام کالیبراسیون

۲-۲- مقایسه اریبی نتایج اندازه گیری با عدم قطعیت اریبی

میزان اریبی نتایج اندازه گیری با استفاده از رابطه (۴) تعیین می شود. اگر n نتیجه آزمون تحت شرایط تکرار پذیری درون یک آزمایشگاه با میانگین حسابی (y) به دست آید، آنگاه مقایسه با مقدار مرجع داده شده (y<sub>Ref</sub>) باید انجام شود.

برای انجام مقایسه ابتدا بررسی می شود که انحراف معناداری بین میانگین مقادیر اندازه گیری شده (y) با مقدار مرجع داده شده (y<sub>Ref</sub>) وجود دارد یا خیر. برای بررسی وجود انحراف معنادار می توان از آزمون آماری زیر نیز استفاده نمود [3]:

$$|Bias| \leq k \times u_{Bias} \quad (6)$$

۲- روش شناسی تحقیق

در این پژوهش به منظور بررسی وجود خطای معنادار در نتیجه اندازه گیری از روش مقایسه اریبی نتایج اندازه گیری با عدم قطعیت اریبی همانطور که تشریح آن در بالا آورده شد، استفاده شده است. همچنین به منظور کنترل صحت عملکرد تجهیزات نیز روش مقایسه نتایج با یک مقدار مرجع به روش One Sample T-Test به کار گرفته شد.

۳- بررسی و تجزیه تحلیل داده ها

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۴-۱- صحت (اریبی)

برای بررسی صحت و یا وجود خطا در داده های حاصل از اندازه گیری جرم یک نمونه توپ، از یک نمونه مرجع (با جرم ۲۷۰ گرم) و یک نمونه توپ آزمایشی (توپ والیبال سایز ۵ داخل سالن) که آزمون روی نمونه ۱۰ بار تکرار شد، استفاده گردید. در مورد نمونه توپ آزمایشی، اریبی محاسبه شده و نتیجه حاصله به کمک نرم افزار minitab حاکی از این می باشد که شرط رابطه ۶، برقرار است (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج حاصل از نرم افزار minitab در محاسبه اریبی نتیجه اندازه گیری

yRef	URef	k	yReading	u_Ref	Y_bar	u_y	Bias	u Bias	K*u bias	Conclusion
270	10	2	270.002	5	270	0.0041633	0	5.00000	10.0000	Bias is not significant at 95% confidence level
			269.992							
			269.992							
			270.012							
			269.982							
			270.002							
			269.982							
			270.022							
			270.012							
			270.002							

U<sub>Bias</sub>: عدم قطعیت اریبی بوده و k نیز فاکتور پوششی می باشد و معمولاً مقدار آن برابر ۲ در نظر گرفته می شود. Y bar نیز مقدار میانگین نتایج اندازه گیری است.

با توجه به نتیجه بالا، Bias معنادار نیست و یا اینکه خطای معناداری در نتایج اندازه گیری وجود ندارد.

### ۴-۲- کنترل میانی ترازو

بین فاصله زمانی دو کالیبراسیون، جهت حصول اطمینان از صحت عملکرد ترازو، تجهیز تحت کنترل میانی قرار گرفت. معیار تصدیق عملکرد تجهیز به صورت زیر می باشد:

$$\text{خطا} < \text{MPE}$$

(۷)

برای تصدیق صحت عملکرد تجهیز، جرم یک نمونه مرجع ۲۷۰ گرمی ( $y_{ref} = 270.00 \pm 0.02$ ) با استفاده از ترازو به

دست آمده و نتیجه ۱۰ بار انجام آزمون اندازه گیری جرم به صورت زیر می باشد:

270.002-269.992-269.992-270.012-269.982-270.002-269.982-270.022-270.012-270.002





با استفاده از نرم افزار minitab و روش مقایسه نتایج با یک مقدار مرجع مقدار P-Value برابر یک بدست آمد، لذا فرض  $H_0$  مبنی بر عدم وجود اختلاف معنادار میان نتایج و مقدار مرجع پذیرفته می شود و بنابراین خطای معنادار نداریم. مقدار خطای موجود نیز با استفاده از رابطه زیر بر آورد می شود:

$$Bias = \bar{y} - y_{ref} = 270.00 - 270.00 = 0.00 \quad (8)$$

حال حداکثر خطای مجاز (MPE) در استاندارد انجام آزمون (INSO 6336) برای ترازو برابر 0.01 گزارش شده است. با توجه به اینکه مقدار خطای بدست آمده (0.00) از این مقدار کمتر است، بنابراین استفاده از این تجهیز در آزمایشگاه مجاز می باشد. نتایج حاصل از نرم افزار در زیر آورده شده است:

#### Descriptive Statistics

N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI for $\mu$
10	270.000	0.013	0.004	(269.991, 270.009)

$\mu$ : population mean of CI

#### Test

Null hypothesis  $H_0: \mu = 270$

Alternative hypothesis  $H_1: \mu \neq 270$

hypothesis

**T-Value** **P-Value**

0.00 1.000

#### نتیجه گیری

نرم افزار Minitab یکی از نرم افزارهای مطرح آماری می باشد. با استفاده از روش های تجزیه و تحلیل موجود و به کمک این نرم افزار امکان کنترل کیفیت محصولات و خدمات در مراکز تحقیقاتی و صنعتی فراهم گردیده است. در این پژوهش نیز با استفاده از این نرم افزار خطای موجود در آزمون اندازه گیری جرم یک نمونه توپ و نیز صحت عملکرد ترازو بررسی شد.

#### تقدیر و تشکر

این پژوهش با حمایت مالی شرکت طنین پیک سبلان (تولیدکننده توپ های بتا) اردبیل به اجرا در آمده است. بدین وسیله از شرکت طنین پیک سبلان در راستای به ثمر رسیدن این پژوهش سپاسگزاری می شود.

منابع

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[۱]. ISO, "ISO Guide 80:2014 Guidance for the In-house Preparation of Quality Control Materials (QCMs),  
"International Organization for Standardization, Geneva, 2014.

[۲]. I. D. S. C. (IDS), "IDS-GDL-1484:2016 Guidelines for Quality Assurance of Measurement Results" 2016.

[۳]. ASTM, "ASTM E177:2014 Standard Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods  
1" American Society for Testing and Materials, 2014.



## اصالت مواد، محصولات، زنجیره تأمین جهانی با فناوری ها و تجهیزات Hi-Tech

### آزمایشگاهی

محمد انوار<sup>۱\*</sup>، مهران شیرخانقاه<sup>۲</sup>، فرشته نورالهی<sup>۳</sup>

۱- دانشگاه محقق اردبیلی، دانشجوی دکتری و دانش آموخته کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، کارشناس مسئول و مدیر کیفی آزمایشگاه مرکزی، اردبیل، خیابان دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، معاونت پژوهش و فناوری، آزمایشگاه مرکزی،

کد پستی ۵۶۱۹۹۱۳۱۳۱، شماره تماس ۰۹۱۰۴۱۳۳۱۲۲، ایمیل: anvar@uma.ac.ir

۲- دانشگاه محقق اردبیلی، دانشجوی دکتری و دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، کارشناس مسئول معاونت پژوهش و فناوری

۳- دانشگاه محقق اردبیلی، دانش آموخته دکتری مدیریت علف های هرز و عضو بنیاد پژوهشگران مدعو، سازمان جهاد

کشاورزی استان اردبیل، رئیس اداره ترویج

### چکیده

اصالت محصول و به نوعی اصالت ماده اولیه و به بیان روشن تر تطابق محصولی که مصرف کننده در اختیار دارد با آن چیزی که تولیدکننده در بیان، محصول خود را به آن نام و نشان معرفی می کند و در برچسب روی محصول یا کاتالوگ محصول ارائه می دهد یکی از مهمترین موارد بازار تجارت جهانی امروز از کمپانی های بین المللی گرفته تا جوامع محلی و بازارهای سنتی را تشکیل می دهد. درصد بسیار بالایی از مصرف کنندگان امروز هزینه کرد برای کالایی که خریداری می نمایند مخصوصا در مواردی که قدرت و اجازه انتخاب دارند برایشان بسیار مهم است و اولویتشان برای انتخاب، رعایت کیفیت و استانداردهای جهانی و ملی و تطبیق محصول با مشخصاتی که بر اساس آن انتخابش را انجام می دهند می باشد. در تطبیق کیفیت، ساز و کارهای جهانی و ملی مشخصی وجود دارد که از آن به استانداردهای ملی و بین المللی و سنجش آنها توسط آزمایشگاه های خاص استاندارد، همکار، معتمد، مرجع و نمایندگی مراجع معتبر ملی تعبیر می شود. اما نوع بین المللی اصالت مواد مشخصا به این موضوع مربوط می شود که آیا مثلا پارچه ای که بنا به گفته تولید کننده اش از الیاف مرغوب مصری یا هندی تولید شده است واقعا از همان الیاف است یا خیر؟ حتی اگر از کیفیت قابل قبولی برخوردار باشد. یا در مورد موارد صنعتی یا مواد غذایی یا دارو و ... این مساله در مورد هر محصول طبیعی یا مصنوعی و شیمیایی صادق و سازگار است و در این جهان بزرگ و بالخص در این کره زمین پهناور بر اساس یافته های علمی دانشمندان، خواص شیمیایی هیچ ماده، عنصر و ذره ای با خواص آن در نقطه دیگری از زمین برابر و یکسان نیست و



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



همچون اثر انگشت هر انسان، خواص منحصر بفردی دارد که اکنون و با تجهیزات پیشرفته امروز قابل ردیابی و صحت  
سنجی می باشد.

کلمات کلیدی: اصالت، صحت، کیفیت، فناوری آزمایشگاهی.



## مقدمه

در شبکه پیچیده معاملات بین المللی، اثبات اصالت یک محصول تقریباً ناممکن است، اما روش های علمی نوین تحقیقات را به سطح اتم و ذره کشانده است و اصالت آن را به وضوح نشان می دهد. زنجیره تامین مواد اولیه برای کمپانی های بین المللی بزرگ که صاحب برندهای خاص در نوع تجارت خود هستند بسیار مهم است و اگر کوچکترین غفلی صورت بگیرد ممکن است اعتبار جهانی آن شرکت و محصول را دچار خدشه کرده و فروش آن را به پایین کشیده و بازار سهام و سود آن را مضمحل نماید. عواملی مانند غفلت، تقلب در زنجیره و یا خرابکاری عمدی رقبای این مشکلات می شود. در زمان گذشته با کمبود امکانات، عدم وجود روش ها و تجهیزات علمی و همچنین نبود ارتباطات و یا رسانه های جهانی، اهمیت این موضوع چندان متصور نبود. اما با روند جهانی شدن و همچنین ارتباطات گسترده و وجود رسانه های جهانی که در همه موضوعات بع دنبال حقیقت یابی و دفاع از حقوق مردم و مشتریان هستند؛ ضرورت حفظ کیفیت و اصالت محصولات از هر نوعی از مواد غذایی و پوشاک گرفته تا موارد صنعتی و کشاورزی و پزشکی و دارو و همچنین در زیر حوزه های هر بخش مانند بخش کشاورزی در محصولات ارگانیک، سالم، ژنتیکی و تراریخته و همچنین رعایت موارد اخلاق حرفه ای، صنفی و صداقت در ارائه محصولات بیشتر و ضروری تر از قبل خود را نشان داده است.

## ۱۴- مبانی نظری

برچسب های مشخصات محصول گاهی چنان برای یک شرکت و وصول مهم است که مایه مباحثات و تضمین کیفیت آن می باشد و در نتیجه ایجاد برند خاص و فروش بیشتر و جهانی. جهان امروز جهان رسوخ و ورود علم به تمام حوزه ها است. اصالت مواد نوعی کارآگاهی کشف جرم است، نوعی بررسی صحنه جرم در زنجیره تامین مواد اولیه. این مساله در قلب تجارت مدرن به حقیقتی بنیادین درباره سیاره زمین وابسته است. زمین، به لحاظ زمین شناسی، انچنان متنوع است که هر منطقه تراکم عناصر آبی و خاکی خاص خود را دارد. ترکیب منحصر بفرد عناصر هر منطقه به محصولاتی که در آن منطقه تولید می شود نیز منتقل می شود، به گونه ای که ترکیب عناصر در پنبه ای که در جنوب ایالات متحده رشد کرده است متفاوت است با ترکیب عناصر پنبه ای که از مصر یا هند یا ایران می آید. ترکیب عناصر در هر یک از آنها، مانند امضای هر فرد یا اثر انگشتشان، متمایز از دیگری است.

پروفوسور راسل فرو، زمین شیمی دانی که از بنیانگذاران بحث پیگیری اصالت مواد است، در دانشگاه آتاگو تحلیل عناصر را مطالعه می کرد که متوجه شد پژوهشش می تواند به یکی از مسائل مهم تجاری پاسخ دهد. محصولات تقلبی در همه

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



جای دنیا وجود دارد. شاهد شکر با عسل طبیعی ترکیب می شود، گوشت بره منطقه خاصی با گوشت پرواری کشور دیگری جابجا می شود. روغن زیتون خالص را با روغن ارزان قیمت و نامرغوب رقیق می کنند. لباس های برند اغلب از پنبه یا الیافی تهیه می شود که در مزارع کار اجباری تولید شده است و مباحث اخلاقی در آن رعایت نمی شود. برچسب محصولات اغلب دروغ می گویند و این تجارت تقلبی سالانه میلیاردها دلار گردش مالی و از جیب مصرف کنندگان بیخبر و مغبون به دست می آید.

فرو متوجه شد با استفاده از تحلیل عناصر می توان به فریب کاری های محصولات پی برد و آزمایشگاه اصالت مواد را پایه گذاری کرد. این آزمایشگاه مشتریان بسیاری از سراسر دنیا دارد که برندهای خود را در معرض آزمایشاتش قرار داده اند تا از غافلگیری هایی که می تواند سود خالص را از میان ببرد یا مجموعه ای از محصولات را نابود کند جلوگیری نمایند. از آزمایشات شاخص این آزمایشگاه تشخیص اصالت پنبه پارچه های مرغوب مصری است. از دیگر محصولات چای است که بر اساس آزمایشاتش از نمونه هایی از مزارع سراسر جهان به این نتیجه رسیده است که حتی بین دو محصول چای که دو مزرعه را به یک جاده خاکی از هم جدا کرده است تفاوت قائل شده است. واقعیت علمی این آزمایشات آن است که هر چیز که رشد می کند یا پرورش می یابد از محل رشد خود و از عوامل شیمیایی محلی که بر رشد آن تاثیر می گذارد نشانه هایی با خود به همراه دارد. اطلاعات کافی این حقیقت را نشان می دهد که آن محصول از کجا آمده است و از میان داستان هایی که در مورد آن محصول گفته می شود کدامها دروغ است. مثال دیگر می توان پشم نیوزلندی یا پشم مریوس استرالیایی را در منسوجات بررسی کرد که ممکن است با پارچه های بی کیفیت و ارزان قیمت جابجا شوند. همچنین بررسی توزیع عناصر در اقیانوس های جهان چگونه باهم متفاوتند. طیف سنجی جرمی با انواع دستگاه ها و تجهیزات به روز و پیشرفته امروز که تا سطح اتم هر ماده و ترکیب را بررسی و تجزیه و تحلیل می نماید، در هر نمونه ای که پردازش می کند سطح عناصر متفاوت را می سنجد. یک لیوان آزمایشگاهی آب از سواحل برزیل، با روش طیف سنجی می تواند ترکیب خاص فلزات و نمک و املاحی را مشخص کند که موجها از زمین آن منطقه جدا کرده و با خود به آب آن منطقه از اقیانوس اضافه کرده اند. در بخش آنالیز مواد و تعیین اصالت مواد بغیر از تجهیزات پیشرفته حتی می توان به ابزارهای ساده ای مانند ماشین های شستشوی آزمایشگاهی نیز اشاره کرد که با شستشوی درست و اصولی و عاری از عیب باعث حذف آلودگی های آزمایشگاهی معمولی شوند که در بسیاری از آزمایشگاه های جهان باعث بروز خطا و کم شدن دقت و صحت نتایج می شوند. اصالت مواد مبحث مهم آزمایشگاهی در تجارت است. بخصوص در فرهنگ هایی که به اصالت بها می دهند و حتی دل مشغول آن هستند مثل کشورهایی که برای همه چیز استاندارد و ضوابط خاصی تدوین و اعمال کرده اند، محصولات تقلبی می توانند شرکتی را به سقوط جبران ناپذیر بکشانند و برای همین خاطر است هست



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



که دانشگاه ها و مراکز پژوهشی براحتی می توانند با شرکت های بزرگ وارد تعامل شده و درآمد بسیار خوب و پایداری نیز از این محل برای خود، محققان و همچنین تحقیق و توسعه خود فراهم کنند. قبل از بروز چنین مسائلی که غالباً از روش تحلیل عناصر برای تعیین اصالت چیزی استفاده نمی شد فقط باستان شناسان با استفاده از این روش عناصر را اندازه می گرفتند تا اطلاعات تشخیص عمر آثار باستانی، خرده اطلاعات رژیم غذایی انسان های باستانی، یا متخصصان مواد غذایی برای تهیه بانک اطلاعات محصولات و سپس حتی در بخش پزشکی و جرم شناسی مانند بررسی توالی ژنتیکی انسان ها و تایید اصالت خانوادگی و یا منطقه ای یا نژادی موجودات زنده اعم از انسان، جانوران و گیاهان است. این مساله تا آنجایی فراتر رفت که زمین شناسان و خاک شناسان یافته های ارائه دادند که اگر عناصر موجود در خاک و آب منطقه به گیاهانی که در آنجا رشد می کنند راه یابند، این عناصر با مصرف محصولات گیاهی آن منطقه یا گوشت حیواناتی که از آن گیاهان تغذیه می کنند به بدن ما هم راه می یابند. ما این عناصر را به درون بدنمان وارد می کنیم، آنها را فراوری می کنیم و از آنها استفاده می کنیم تا گوشت، دندان و استخوان بدنمان ساخته و توسعه یابد. بنابراین عناصری که بدنمان را تشکیل می دهند به ما می توانند به ما بگویند چه غذایی خورده ایم و این محصولات در کدام زمین ها پرورش یافته اند. همه ما ترکیبی از موادی هستیم که مصرف می کنیم و شاید این علم نشان دهد که حتی از کجا آمده ایم. این آزمایشگاه در نمونه ای از کارهایش برای پلیس یک کشور و با بررسی جسدی بی نام و نشان و با تشخیص تراکم دو عنصر خاص در استخوان های آن و با بررسی داده های بیشماری که از سراسر دنیا جمع آوری و با تجهیزات پیشرفته اش آنالیز کرده است و با ابررایانه های وسیع مرکز خود تحلیل کرده است، دایره جستجویش را به منطقه خاص از آفریقا که اطلاعات خاک آن منطقه را در دست داشت محدود کرد و با نمونه برداری جزئی تر از خاک و سنگ زمین های کشاورزان و نمونه استخوان متوفیان منطقه و حتی گوشت شکار بومیان منطقه، بیشترین هماهنگی را در سطح جهان با آن منطقه تشخیص داد و اصالت آن فرد را به آن منطقه از نیجریه در آفریقا تشخیص داد. بازرسی و تشخیص اصالت مواد برای آزمایشگاه های درگیر این کار خود یک تجارت پرسود و همچنین تشکیل یک بانک اطلاعاتی از همه چیز با ده ها هزار نمونه کلیدی از هر چیزی از دنیا است. با انبوه شدن کار این آزمایشگاه، به موازات آن موسسات دیگری نیز شکل می گیرند که عبارتند از جمع آوری کنندگان نمونه، موسسات صدور گواهی، بازرسان محصولات و مواد، انبارهای نگهداری کننده نمونه ها حتی نمونه های یخچالی و فاسد شدنی، مراکز ابر رایانه ای و تجزیه و تحلیل داده، معماری دیجیتال داده ها. در مراحل بعدی این آزمایشگاه وارد حوزه ایزوتوپ های عناصر نیز شده و در بحث امنیت غذایی، امنیت انرژی، اصالت مواد رادیواکتیو، امنیت کمیت و کیفیت و پایداری آب، و هزاران مورد و مساله دیگر.

۱۵- نتیجه گیری

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



با بررسی عناصر در تمام نقاط دنیا و با هر آزمایشی از هر ماده و محصول حتی درون ترکیبات بدن انسان و تطبیق آن با عناصر پخش در طبیعت به این واقعیت مهم اشاره کرده است که زندگی یک جدول تناوبی است که به گوشت و پوست ما راه پیدا کرده است. قرن جدید دوران جدیدی از وجدان مداری و انبوهی از استانداردها و واژگانی که محصولات و اصالت و کیفیت آنها را سنجیده و قضاوت می کنیم. واژگانی مانند «ارگانیک»، «تغذیه شده در چمنزار»، «محصول سالم»، «بدون سم و کود»، «با کیفیت استثنایی فلان منطقه» علاوه بر انتقال مفاهیم مرتبط با کیفیت، نشانه فعالیت اخلاقی شرکت های مزبور است. شرکت های که مشتاقانه نشان می دهند در تامین منابعشان از مواد درجه عالی کوشا هستند و این تلاش مهر تاییدی است بر مرغوبیت و اصالت و کیفیت کالاهایشان و به آنها این اجازه را می دهد که قیمت بالاتری نیز بر محصولاتشان در نظر بگیرند. همچنین اصالت سنجی باعث آگاهی از زنجیره تامین از مبدا تا محصول می شود که باعث کنترل کیفی همه جانبه و البته این واقعیت که تحلیل عناصر، در نهایت فقط داده اسن و روشی از رسوخ علم در تجارت و زندگی بشر و کمک هوشمندانه ای برای طراحی راه حل ها می باشد.

منابع

[1] Samanth Subramanaian (2021) *Gardian*, 22, 121-134.

[2] Samanth Subramanaian (2021) *Science and Restless Politics of J.B.S Haldane*, Usa.



## استخراج مایع-مایع متوالی برای استخراج آلاینده های آلی پایدار از نمونه های آب

داود جاهدی وایقان<sup>۱</sup>، دکتر علی مهدی نیا<sup>۲\*</sup>

۱- پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی (a.mehdinia@inio.ac.ir)

### چکیده

استخراج مایع- مایع متوالی برای جداسازی آلاینده های آلی پایدار از نمونه های آب استفاده شد. آنالیز محلول های استخراج شده توسط کروماتوگرافی گازی با طیفسنجی جرمی انجام شد. متغیرهای مورد مطالعه عبارت بودند از: نوع حلال استخراج و حجم و تکرار مراحل استخراج. شرایط بهینه آزمایش عبارت بودند از: دی کلرومتان به عنوان حلال استخراج کننده اول و هگزان حلال استخراج کننده دوم. حجم نمونه آب ۵۰۰ میلی لیتر بود. پس از جداسازی حلال های استخراجی، حجم نهایی محلول استخراج در ۰/۵ میلی لیتر تنظیم شد و ۱ میکرولیتر عصاره استخراجی به دستگاه کروماتوگرافی گازی با طیفسنجی جرمی تزریق شد. بکارگیری پیوسته حلال های استخراجی سبب جداسازی همزمان رنج وسیعی از آلاینده های آلی پایدار با قطبیت مختلف گردید. نتایج حاصل از ریکاوری استخراج نشان داد که این روش توانایی خوبی برای استخراج دارد.

کلمات کلیدی: استخراج مایع-مایع پیوسته، POPs، آب دریا، پیش تغلیظ، GC-MS.





## مقدمه

آلاینده های آلی پایدار (POPs) به دلیل پایداری بالا در برابر تخریب شیمیایی و بیولوژیکی و تجمع زیستی در اکوسیستم ها به دلیل چربی دوستی بالا، از مواد تهدید کننده محیط زیست هستند. POP ها اثرات بیولوژیکی مضر از جمله سمیت، جهش زایی و سرطان زایی دارند. مهم ترین دسته های POP ها عبارتند از: بی فنیل های پلی کلره (PCBs)، آفت کش های آلی کلر (OCPs) و هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (PAHs). اقیانوس ها بزرگترین زیست بوم روی سیاره را تشکیل می دهند [۱]. کنوانسیون های بین المللی، مانند کنوانسیون محیط زیست سازمان ملل متحد در استکهلم یکی از برنامه مورد توجهشان، کنترل منابع اولی POP ها و حذف انتشار POP ها در سطح جهانی تا سال ۲۰۲۰ بوده است [۲]. بنابراین پایش و کنترل POP ها در اکوسیستم دریایی بسیار مهم است و برای مقایسه داده های به دست آمده در طی سالیان متمادی نیاز به روش تحلیلی قوی، دقیق و قابل تکرار است.

متأسفانه، شناسایی و تعیین POP های و ردیابی در ماتریس های پیچیده هنوز به عنوان یک چالش برای شیمی دانان باقی مانده است [۳]. برای استخراج POP ها از آب، آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (EPA) روش استخراج مایع-مایع (LLE) (روش EPA 610) پیشنهاد داده است که برای استخراج برخی از POP ها از قبیل PCBs، PAHs و OCPs به طور همزمان قابل استفاده نیستند. بسیاری از روش های تحلیلی جدید مانند روش های ریز استخراج برای تعیین غلظت PAHs و OCPs در نمونه های آبی محیطی پیشنهاد شده اند. آنها دارای مزایای تغلیظ بالا، سادگی عملیات، مقدار کمی حلال مورد استفاده، سرعت، حساسیت بالا و هزینه کم هستند [۴]. اما روش های ریز استخراج روش های تعادل محور هستند. تعادل استخراج، تکرارپذیری استخراج را کاهش می دهد؛ زیرا با تغییر کوچکی در یکی از پارامترهای موثر بر استخراج، میزان استخراج تغییر می کند و این بر دقت اندازه گیری تاثیر می گذارد. با توجه به اینکه در اقیانوس شناسی روند تغییرات POP ها در طول سال ها به طور مداوم مورد مطالعه و تحقیق قرار می گیرد، بنابراین برای مشاهده تغییرات کوچکی که در میزان آلودگی آب اقیانوس ها در طول سال ها رخ می دهد، نیازمند روشی دقیق، تکرارپذیر و قدرتمند هستیم.

در اینجا، روش استخراج مایع-مایع پیوسته را برای استخراج POP ها معرفی می کنیم که ریکاوری استخراج بالایی دارد و از حلال کمتری نسبت به روش سنتی استخراج مایع-مایع استفاده می کند. از این استخراج می توان طیف وسیعی از ترکیبات آلی را با درجات قطبی متفاوت استخراج کرد. در این روش از دو حلال با درجات قطبی متفاوت استفاده می شود که حلال استخراج کننده اولیه دارای قطبیت بالاتری نسبت به حلال استخراج کننده دوم است. حلالیت آن در



آب بیشتر از حلال استخراج کننده دوم است و به خوبی با ترکیبات آلی قطبی تعامل دارد. حلال استخراج اول با استفاده از حلال استخراج دوم به راحتی از آب جدا می شود و همراه خود آنالیت نیز از آب جدا می کند. روش استخراج

برای استخراج 500 میلی لیتر از نمونه آب دریا در یک کیف دکانتر ریخته شد. سپس دی کلرومتان بر داخل کیف ریخته و همزده شود و بعد از اینکه جداسازی فازها انجام شد. فاز آلی به ارلن مایر منتقل می گردد و مرحله استخراج با دی-کلرومتان یک بار دیگر تکرار می گردد. سپس به داخل کیف دکانتر هگزان اضافه کرده و همزده و بعد از جداسازی فازها، فاز آلی استخراجی به داخل ارلن مایر جمع آوری گردید و مرحله استخراج با هگزان یک بار دیگر هم تکرار شد. سپس برای حذف آب حدوداً ۱ گرم سولفات سدیم به داخل ارلن حاوی محلول استخراجی افزوده می شود. سپس محلول استخراجی با استفاده از روتاری و دمیدن نیتروژن به حجم نیم میلی لیتر تغلیظ شده و جهت آنالیز ۱ میکرولیتر از این محلول به دستگاه کروماتوگرافی گازی با دکتور جرمی (GC-MS) تزریق می گردد. در شکل ۱ خلاصه روش کار نشان داده شده است.



شکل ۱. خلاصه روش کار

#### بحث و نتیجه

در تحقیق حاضر، اثرات ماتریس بر استخراج با بررسی قابلیت کاربرد روش پیشنهادی برای تعیین PCBs، OCPs و PAHs در نمونه آب دریا مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه های آب با غلظت مشخص ( $50 \text{ ngL}^{-1}$  برای OCPs،  $4 \text{ ngL}^{-1}$  برای PCBs و  $80 \text{ ngL}^{-1}$  برای PAHs) با استفاده از روش استخراج که در اینجا توسعه یافته است، استخراج شدند و عصاره ها با GC-MS آنالیز شدند. صحت روش با آنالیز نمونه های با مقدار مشخصی آنالیت اضافه شده تایید شد و توافق خوبی بین

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مقدار اضافه شده و مقدار آنالیت حاصل شد. ریکاوری به دست آمده بین ۰.۸۷٪ الی ۱.۰۵٪ نشان دهنده صحت روش برای استخراج و تعیین POPs در نمونه های مشابه است.

روش استخراج مایع - مایع پیوسته بهینه شده، استخراج کامل دارد. معایب استخراج تعادلی ندارد. ترکیب پیوسته حلال های استخراج منجر به افزایش ریکاوری و در نتیجه دقت در استخراج همزمان دسته های مختلف ترکیبات با قطبیت های مختلف می شود. این روش ساده و تکرارپذیر است، شرایط استخراج بهتری را برای طیف وسیع تری از آنالیت ها در نمونه های آب فراهم می کند.

#### منابع

- [1] C. Cortada, L. Vidal, R. Pastor, N. Santiago, A. Canals, Determination of organochlorine pesticides in water samples by dispersive liquid-liquid microextraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry, *Anal. Chim. Acta.* 649 (2009) 218–221.
- [2] G. Everaert, F. De Laender, P.L.M. Goethals, C.R. Janssen, Relative contribution of persistent organic pollutants to marine phytoplankton biomass dynamics in the North Sea and the Kattegat, *Chemosphere.* 134 (2015) 76–83.
- [3] S. Xie, M.C. Paau, C.F. Li, D. Xiao, M.M.F. Choi, Separation and preconcentration of persistent organic pollutants by cloud point extraction, *J. Chromatogr. A.* 1217 (2010) 2306–2317.
- [4] S. Huang, S. He, H. Xu, P. Wu, R. Jiang, F. Zhu, T. Luan, G. Ouyang, Monitoring of persistent organic pollutants in seawater of the Pearl River Estuary with rapid on-site active SPME sampling technique, *Environ. Pollut.* 200 (2015) 149–158.





## دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب برای استخراج ترکیبات فرار و نیمه فرار از بافت جامدات

داود جاهدی وایقان<sup>۱</sup>، علی مهدی نیا<sup>۲\*</sup>

۱- پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی (mehdini@inio.ac.ir)

### چکیده

دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب Thermal extraction device with absorbent column یک تجهیزاتی آزمایشگاهی مرتبط به آماده سازی نمونه است که می تواند ترکیبات فرار و نیمه فرار که پایدار دمایی هستند را از بافت جامدات جدا کرده و روی جاذب جمع آوری کند. دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب بر پایه تئوری روش Headspace Solid Phase Microextraction (HS-SFME) طراحی و ساخته گردید. هدف از ساخت دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب رفع مشکل از دست رفتن ترکیبات استخراج شده و امکان ذخیره ی آن برای تکرار آنالیز با دستگاه کروماتوگرافی گازی است. در قسمت جمع آوری کننده یک ستون حاوی پودر مواد جاذب استفاده شده است که می تواند ترکیبات که به همراه گاز خنثی از داخل ستون عبور می کنند را جذب کند و در خود ذخیره کند و متناسب با ترکیب استخراج شده، می توان از مواد جاذب گوناگون در داخل ستون استفاده کرد، و همچنین برای افزایش پتانسیل جذب جاذب، ستون حاوی پودر جاذب توسط خنک کننده ترمال، خنک می گردد. سپس آنالیت های فرار با مقدار کمی حلال از ستون جمع آوری کننده شسته می گردد. با این روش محلول استخراجی حاصل را می توان برای آنالیز های کروماتوگرافی مختلف ذخیره کرد.

کلمات کلیدی: دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب، آماده سازی نمونه، کروماتوگرافی گازی.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

امروزه با توسعه صنایع، محیط زیست در معرض آلودگی های صنعتی و خطر دگرگونی چرخه های طبیعی محیط زیست بوده و این تهدیدی بر منابع طبیعی و سلامت زنجیره ی غذایی انسان ها است. لذا محققین در پژوهشگاه ها و صنایع مختلف به دنبال بهبود کیفیت زندگی و حفاظت از سلامت محیط زیست به همراه افزایش کیفیت محصولات صنایع و کاهش هزینه های مصرف کننده ها و کاهش هزینه های بهداشتی و درمانی هستند. بر این اساس محققین در واحدهای تحقیق و توسعه نیازمند ابزار و تجهیزات آزمایشگاهی مناسب جهت پژوهش های خود هستند.

آنالیز بافت های جامد (رسوب، خاک، بافت های گیاهی و جانوری) جهت اندازه گیری مقادیر کم (Trace)، یکی از مهمترین فعالیت های آزمایشگاهی است. جداسازی آنالیت از بافت جامد و آماده سازی نمونه های جامد برای آنالیز توسط دستگاه های کروماتوگرافی گازی (GC, GC-MS) و دستگاه کروماتوگرافی مایع با فشار بالا (HPLC) یکی از مهمترین مراحل آنالیز نمونه های جامد است. روش های و دستگاه های مورد استفاده برای جداسازی ترکیبات آلی از بافت های جامد می توان روش سوکسله، ماکرو ویو، اولتراسونیک، استخراج با حلال فوق بهرانی و استخراج با حلال فشار بالا را نام برد. که اکثراً دستگاه های گرانی هستند. و در برخی موارد (روش سوکسله و ...) حجم حلال آلی مورد استفاده خیلی بالا است و در آنالیز مقادیر trace به حلال فوق العاده خالصی نیاز دارد و هزینه آنالیز را بالا می برد و اکثر حلال های آلی سمی بوده و آلودگی زیست محیطی ایجاد می کنند. علاوه بر این روش های ماکرو ویو و اولتراسونیک علاوه بر مصرف حلال در مرحله استخراج یک مرحله تمیزسازی محلول استخراجی هم نیاز دارند که این مرحله نیز با توجه به نوع روش تمیز سازی باز نیازمند استفاده از حلال های آلی هستند و مشکل استفاده از حلال های آلی را دارند. علاوه بر این با افزایش تعداد مراحل آنالیز احتمال آلودگی نمونه از طریق ظروف استخراج افزایش یافته و خطای اندازه گیری افزایش می یابد [۱].

در سال های اخیر برای کاهش مصرف حلال های آلی روش های ریز استخراج معرفی شدند در این میان برای استخراج نمونه از بافت های جامد می توان روش ریز استخراج فاز جامد از فضای فوقانی Headspace Solid Phase Microextraction (HS-SFME) را نام برد [۲].

ترکیب روش HS-SFME با دستگاه GC-MS امکان جداسازی و اندازه گیری طیف وسیعی از آلودگی های آلی فرار (مانند متانول، اتانول و استون) تا نیمه فرار (مانند استرهای فتالیک اسید، هیدروکربن های بیش از ۲۰ اتم کربن در مولکول) فراهم کرده است. و مراحل آنالیز را کم کرده است و احتمال آلودگی نمونه با حلال و ظروف استخراج را کاهش داده

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



است [۳]. روش HS-SFME با وجود مزیت هایش مشکلاتی هم دارد. از جمله ریکاوری پایین، تکرارپذیری کم اندازه گیری ها و هزینه تهیه فایبرهای پوشش داده شده را نام برد.

در آنالیز نمونه های جامد معمولاً از دستگاه استخراج گرمایی برای جداسازی ترکیبات فرار و نیمه فرار استفاده می شود. این دستگاهها مستقیماً به دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل هستند و ترکیبات استخراج شده مستقیماً وارد دستگاه کروماتوگرافی گازی جهت آنالیز می شود. در مواردی که مقدار نمونه جامد کم است و نیاز به تکرار آنالیز با دستگاه کروماتوگرافی گازی باشد، با دستگاه های استخراج گرمایی معمول این امکان فراهم نمی شود، لذا هدف از ساخت دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب رفع مشکل از دست رفتن ترکیبات استخراج شده و امکان ذخیره ی آن برای تکرار آنالیز با دستگاه کروماتوگرافی گازی است. دستگاه استخراج گرمایی که برپایه تئوری روش HS-SFME طراحی و ساخته شد. تکرارپذیری اندازه گیری ها بهبود یافته و هزینه تهیه فایبرهای پوشش داده شده حذف گردیده است. معرفی بخش های تشکیل دهنده دستگاه

دستگاه استخراج گرمایی طراحی شده متشکل از یک بخش واجذب کننده و یک بخش جمع آوری کننده که در بخش جمع آوری کننده از ستون حاوی جاذب استفاده شده که برای افزایش پتانسیل جذب دمای ستون حاوی جاذب با استفاده از خنک کننده ترمال کاهش یافته، اجزای دستگاه تشکیل دستگاه عبارتند از: سیلندر نمونه برای قرار دادن پودر نمونه جامد، آون برای گرم کردن سیلندر نمونه و گاز خنثی، لوله فلزی ماریپچ برای گرم کردن گاز خنثی و انتقال آن به داخل سیلندر نمونه، فلومتر برای اندازه گیری فلوی گاز خنثی، درپوش سیلندر نمونه، ستون حاوی پودر جاذب برای جمع آوری ترکیب استخراج شده و خنک کننده ترمال برای کاهش دمای ستون جهت بالا بردن پتانسیل جذب جاذب.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

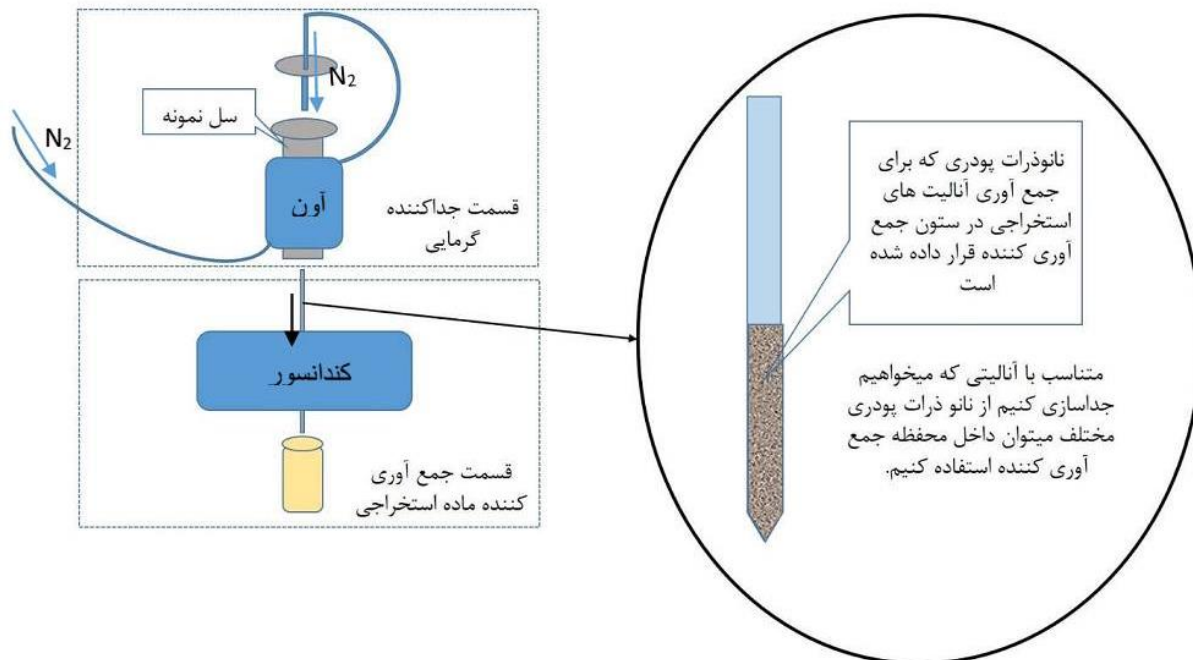
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱. خلاصه ای از میکانیسم کار دستگاه

### روش کار دستگاه

برای استخراج ترکیبات فرار از بافت جامد توسط دستگاه استخراج گرمایی، ابتدا دمای بخش استخراج کننده و بخش جمع آوری کننده در دمای های مورد نظر تنظیم می گردند، سپس حدود یک گرم از نمونه جامد در داخل سیلندر نمونه قرار داده میشود. در پوش سیلندر نمونه که متصل به لوله انتقال گاز خنثی به داخل سیلندر است، به همراه واشر مخصوص روی سیلندر قرار داده شده و سپس گیره های درپوش سیلندر را میبندیم و سیلندر نمونه را در داخل محفظه استخراج قرار میدهیم انتهای دیگر سیلندر نمونه به ستون جمع آوری کننده ماده استخراجی که در قسمت جمع آوری کننده دستگاه قرار دارد، هدایت می گردد. پس از جایگزاری نمونه در داخل قسمت استخراج کننده و نصب ستون جمع آوری کننده در بخش جمع آوری کننده، مسیر گاز ورودی به داخل سیلندر و جذب کننده را باز کرده و توسط فلومتر، فلوی گاز را در مقدار لازم تنظیم میکنیم. با عبور گاز داغ از داخل سیلندر نمونه ترکیبات فرار به همراه گاز حامل از سیلندر نمونه خارج شده و به داخل ستون جذب کننده که حاوی جاذب است منتقل شده و به خاطر دمای پایین ستون جمع آوری کنند ترکیبات فرار از گاز حامل جدا میشود. شکل ۱ خلاصه ای از میکانیسم کار دستگاه را نشان می دهد.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



پس از استخراج آنالیت های فرار با مقدار کمی حلال از ستون جمع آوری کننده شسته می شود و جهت آنالیز یک میکرولیتر از محلول استخراجی حاصل به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق میگردد.  
نتیجه گیری

جهت رفع مشکل از دست دادن ترکیب استخراج شده، در دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب، در قسمت جمع آوری کننده یک ستون حاوی پودر مواد جاذب استفاده شده است که می تواند ترکیبات که به همراه گاز خنثی از داخل ستون عبور می کنند را جذب کند و در خود ذخیره کند و متناسب با ترکیب استخراج شده، می توان از مواد جاذب گوناگون در داخل ستون استفاده کرد، و همچنین برای افزایش پتانسیل جذب جاذب، میتوان ستون حاوی پودر جاذب را توسط خنک کننده ترمال، خنک کرد. بعد از استخراج نمونه آنالیت های فرار با مقدار کمی حلال از ستون جمع آوری کننده شسته می گردد. با این روش محلول استخراجی حاصل را می توان برای آنالیز های کروماتوگرافی مختلف ذخیره کرد.

#### منابع

- [1] R. López, F. Goñi, A. Etxandia, E. Millán, Determination of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in human serum using headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-electron capture detection, *J. Chromatogr. B Anal. Technol. Biomed. Life Sci.* 846 (2007) 298–305.
- [2] C.L. Arthur, J. Pawliszyn, Solid Phase Microextraction with Thermal Desorption Using Fused Silica Optical Fibers, *Anal. Chem.* 62 (1990) 2145–2148.
- [3] V.A. Isidorov, HS-SPME / GC – MS analysis of volatile and semi-volatile, (2012) 2893–2907.
- [4] W.J. Havenga, E.R. Rohwer, Chemical characterization and screening of hydrocarbon pollution in industrial soils by headspace solid-phase microextraction, *J. Chromatogr. A.* 848 (1999) 279–295.



## متراکم سازی لایه نازک TEOS حاصل از سل - ژل بر روی آلومینیوم به کمک پلاسما

جعفر برهانیان<sup>۱</sup>، داود سیف زاده<sup>۲</sup>

۱- گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، صندوق پستی ۱۷۹، اردبیل<sup>۸۲</sup>

۲- گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، صندوق پستی ۱۷۹، اردبیل

### چکیده

هدف پژوهش حاضر امکان سنجی جایگزینی متراکم سازی در دمای بالا با متراکم سازی از طریق پلاسما در فرایند پوشش دهی سل-ژل می باشد. پیش ماده TEOS به محیط اسیدی اضافه شده و هیدرولیز صورت می گیرد. پس از هیدرولیز با گذشت زمان محلول فوق به صورت سل و با گذشت زمان بیشتر به ژل تبدیل خواهد شد. لایه ای از ژل بوجود آمده با استفاده از روش پوشش دهی غوطه وری بر روی فلز آلومینیوم نشانده می شود. سپس این لایه در معرض پلاسما تابناک قرار داده شده تا عمل متراکم سازی انجام گیرد. برای مطالعه مورفولوژی سطح از تحلیل SEM استفاده شده است. تاثیر پارامترهای مختلف پلاسما از جمله فشار و مدت زمان قرار گیری نمونه در معرض پلاسما بر روی متراکم سازی لایه مطالعه می شود.

کلمات کلیدی: سل - ژل، تخلیه سد الکتریکی، تترائوکسی سیلان، آلومینیوم

<sup>8</sup> borhanian@uma.ac.ir





## مقدمه

روش سل - ژل (sol-gel) یکی از مرسوم ترین و ارزان ترین روشها برای لایه نشانی مواد غیر ارگانیک بخصوص سرامیک بر روی زیر لایه های مختلف از جمله فلزات می باشد. این روش شامل چندین مرحله بدین شرح است [1,2,3]:

- 1) سنتز سل بوسیله هیدرولیز کردن و چگالش نسبی پیش ماده که اغلب الکوکساید می باشد. سل سوسپانسیون کلوئیدی ذرات جامد در یک مایع است بطوری که اندازه ذرات بین ۱-۱۰۰۰ نانومتر بوده و نیروی غالب بین ذرات نه نیروی گرانش بلکه نیروی بین ذره ای است و نیروی گرانش قابل صرف نظر کردن است. ۲) تشکیل ژل متخلخل به واسطه پدیده بسپارش (polycondensation). ۳) سینرزیس (Syneresis) یا ایجینگ (aging) که در آن چگالش ادامه یافته و باعث انقباض بیشتر ژل می شود. ۴) خشک شدن (drying) و متراکم سازی ژل. اگر این فرآیند با قرار گرفتن در دمای اتاق انجام گیرد ژل حاصل دارای تخلخل پایینی بوده و به آن زیروژل (xerogel) گویند در حالیکه اگر فرآیند ژله ای شدن در شرایط فوق بحرانی انجام گیرد محصول آروژل (aerogel) خواهد بود که دارای تخلخل بالایی است. ۵) مرحله پخت (sintering) که در آن با قراردادن پوشش مورد نظر در دمای بالا (گاهی تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد) خلل و فرج باقیمانده در توده و گروههای M-OH (M نماینده یک فلز است) از سطح حذف می گردند.

هرچند مرحله آخر گاهی مواقع لازم نیست ولی در مواردی که نیاز به استحکام مکانیکی پوشش مورد نظر باشد ضروری است. این مرحله در روش مرسوم سل - ژل دارای اشکالاتی است، از جمله در خیلی موارد باعث ایجاد ترک در پوشش می شود. علاوه بر آن بدلیل بالا بودن دما هر نوع ماده ای را نمی توان به عنوان بستر یا پوشش انتخاب کرد. بخصوص اینکه گاهی مواقع نیاز است پوشش از نوع مواد ارگانیک باشد که انجام مرحله آخر برای این نوع لایه ها امکان پذیر نبوده و باعث ایجاد محدودیت در استفاده از روش سل - ژل برای برخی کاربردهای مهم پزشکی و غیر پزشکی می شود. این پژوهش بر آن است تا امکان جایگزینی فرایند اخیر یعنی مرحله پخت در دمای بالا را با پخت در دمای پایین با استفاده از پلاسما ارزیابی کند. در صورت موفقیت می توان روش سل - ژل را برای طیف گسترده ای از زیر لایه ها و پوشش ها توسعه داد. در این کار زیر لایه فلز آلومینیوم و پیش ماده مورد نظر تترا اتیل اورتوسیلیکات  $(\text{TEOS}=\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4)$  انتخاب شده است تا این جایگزینی امکان سنجی شود.

## مواد و روشها

مرحله اول کار تهیه سل می باشد. در این مرحله با استفاده از مواد اولیه و آب اسیدی به کمک محاسبات عددی و واکنش های شیمیایی مقادیر مورد نظر از مواد را در یک بشر ریخته و ساخت سل بامخلوط سازی مواد اولیه را شروع

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



کردیم. نسبت آب به TEOS به صورت ۸ به ۱ می باشد. از این رو برای 7.5cc از 4.8cc TEOS از آب مصرف خواهیم کرد. با استفاده از پیپت مقادیر مورد نظر را در بشر می ریزیم و در همزن مغناطیسی به مدت دو ساعت با چرخش ۷۰۰ دور در دقیقه مخلوط سازی می کنیم. بعد از تهیه سل نمونه های آلومینیوم را ابتدا با استفاده از سمباده های درشت تا ریز به ترتیب صیقل می دهیم تا سطح آن عاری از ترکیبات اکسیدی و غیره شود سپس با استفاده از اتانول تمیز و خشک می نماییم. بعد از مرحله تمیز سازی پوشش دهی را با استفاده از دستگاه *dipcoater* انجام می دهیم. در تمامی نمونه ها سرعت رفت 200  $\frac{mm}{min}$  و سرعت برگشت 100  $\frac{mm}{min}$  بوده و نمونه ها به مدت ۲ دقیقه غوطه ور در محلول سل بودند. در گام بعدی نوبت به مرحله پخت می رسد. مرحله پخت با قرار دادن نمونه ها در داخل پلاسمای تابناک صورت می گیرد. برای ایجاد پلاسمای ابتدا محفظه مورد نظر توسط پمپ روتاری از هوا تخلیه شده و سپس به واسطه رگولاتور و شیر سوزنی از گاز آرگون پر میشود. در طول آزمایش فشار محفظه پلاسمای توسط گیج پیرانی اندازه گیری می شود.

### نتایج و بحث

برای لایه نشانی به روش سل-ژل بر روی تیغه های آلومینیومی و آنالیز آن، پنج نمونه تیغه آلومینیومی تهیه و با سمباده سطح آن را صیقل داده و پوشش دهی انجام می گیرد. هدف از تهیه پنج نمونه برر سی تکرار پذیری نتایج بوده است. ضمن اینکه زمان پوشش و فشار پلاسمای برای همه نمونه ها یکسان نبوده است که در جدول ۱ آورده شده است.

شماره نمونه	فشار (mTorr)	V ولتاژ اولیه (V)	mA جریان (mA)	(دقیقه) تابش پلاسمای	زمان لایه نشانی (دقیقه)
۱	۲۱۳	۲۰۵	۲۵/۹	۷	۲
۲	۱۵۸	۳۰۵	۲۲/۹	۷	۳
۳	۲۱۰	۳۰۵	۲۵/۹	۷	۳
۴	۲۱۰	۲۸۰	۲۷/۹۹	۷	۴
۵	۳۰۰	۲۶۵	۳۳/۱۶	۷	۴

جدول ۱. شرایط اولیه تابش برای نمونه های مختلف

تصویر حاصله از تحلیل SEM برای نمونه های ۱ تا ۵ در شکل ۲ آورده شده است. با توجه به تصاویر مشاهده می شود لایه های نازک به دست آمده عاری از هرگونه ترک خوردگی های ماکروسکوپی می باشد که نشان می دهد استفاده

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

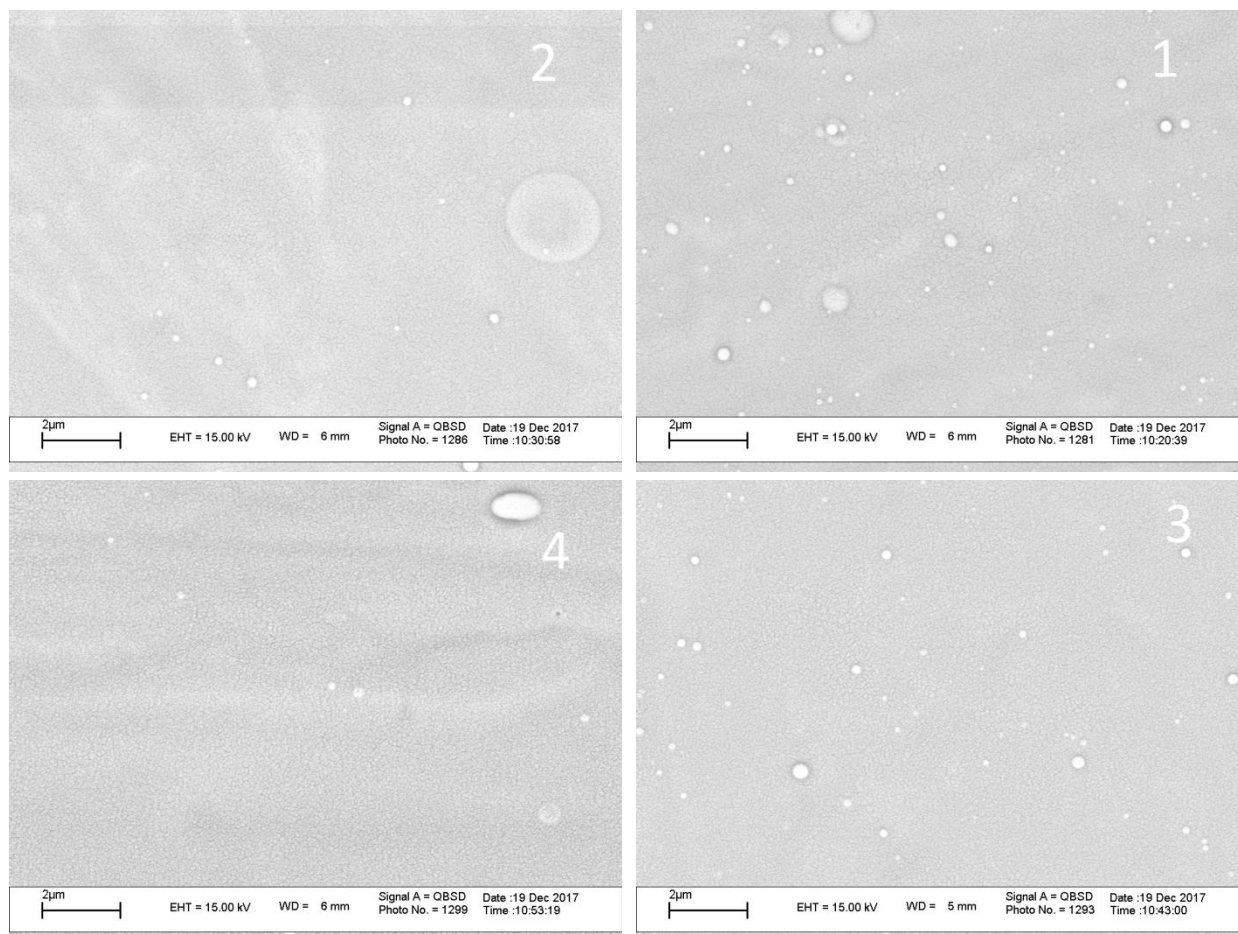
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



از پلا سما در مرحله پخت لایه نازک به خوبی موثر بوده و در کنترل کشش های سطحی در زمان پخت به خوبی عمل کرده است. در نمونه شماره ۲ ترک های ماکرو سکوییک به تعداد کم مشاهده می شود که دلیل آن کم بودن فشار گاز در پلا سما می باشد که باعث شده پلا سما نتواند در کنترل کشش های سطحی در زمان پخت به خوبی عمل کند. تامار و مندler علت این ترک ها را در وجود یک نیروی مویینگی قوی طی فرآیند خشک کردن می دانند [4]. از طرفی جیونگ و همکارانش نیز علت این ترک خوردگی ها را به دلیل تنش ایجاد شده طی انقباض سطح و نیز مویینگی ناشی از تبخیر حلال در خشک کردن زیر لایه می دانند. در نمونه های دیگر با افزایش فشار این نقص کنترل شده است. در حالت کلی می توان گفت پلا سما در مرحله پخت فرآیند سل-ژل عملکرد مطلوبی داشته و با کنترل پارامترهای پلا سما می توان نمونه هایی با حداکثر کیفیت تولید کرد.



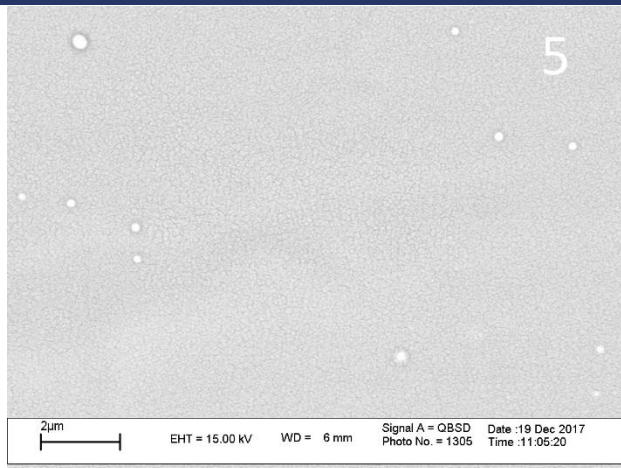


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از نمونه ها در اندازه  $20000\times$

### منابع

- [1] C. Jeffrey Brinker and George W. Scherer, Sol-Gel Science (1990) The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing, (Academic Press, UK).
- [2] Alain c. Pierre, Introduction to sol-gel Processing (1998), (Springer Science, New York).
- [3] A. E. Danks, S. R. Hall, and Z. Schnepf (2016), Mater. Horiz., 3, 91.
- [4] Tamar, Y., Mandler, D. (2008)., *Electrochimistry. Acta*, 53,5118.



## طراحی و ساخت یک واکنشگاه فتوشیمیایی برخط و به سازی بخش نمونه گیر یک اسپکتروفلوریمتر مدل LS2-B به منظور کارا تر کردن سامانه تزریق در جریان پیوسته

مریم همتی سیاه لرز، حبیب اله اسکندری\*

۱- گروه شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی

heskandari@uma.ac.ir

### چکیده

روش تزریق در جریان پیوسته به عنوان یک تکنیک قدرتمند به منظور تحویل دادن واکنشگرها برای تجزیه شیمیایی به خوبی شناخته شده است. همچنین، فرایند فتولیز با نور فوق بنفش در موارد متعددی به عنوان یک راه کار به منظور ایجاد محصولات مناسب از آنالیت هایی که به سادگی قابل آشکارسازی نیستند یا حساسیت کمی هنگام آشکارسازی ایجاد می کنند، مورد توجه قرار گرفته است. با انعطاف پذیری مناسبی که در فرایند فتولیز وجود دارد ضمن تغییر در منبع تابش نور فوق بنفش، می توان با استفاده از لوله های با قطر کم از جنس تفلون یا دیگر مواد غیر جاذب نور فوق بنفش، به صورت برخط و جاری محلول های مورد نظر تحت واکنش های فتوشیمیایی قرار گرفته و در نهایت تحویل آشکارساز داده می شوند. از سوی دیگر، با توجه به ویژگی ذاتی برخط بودن این روش، آشکارساز مورد استفاده نیز می بایست قابلیت استفاده به صورت برخط را داشته باشد تا بتواند به صورت وابسته به زمان، پاسخ های سریع به محیط شیمیایی رسیده به آشکارساز را ایجاد کند. یکی از آشکارسازهایی که توان استفاده برخط را دارد اسپکتروفلوریمتر می باشد که با توجه به نمونه گیر جاری که برای آن تعبیه می گردد، قابلیت همراهی با روش تزریق در جریان پیوسته را دارد. می توان با طراحی جدید و تغییراتی که در قسمت نمونه گیر این دستگاه انجام داده می شود، بعضی از مشکلات مربوط به خوردگی در لوله ها و کانال های فولادی بخش نمونه گیر دستگاه اسپکتروفلوریمتر را حذف نمود یا کاهش داد. تغییر مناسبی که انجام می شود می تواند جایگزینی نمونه گیر استوانه ای بلند کوارتزی (لوله کوارتزی) به جای نمونه گیر مکعبی کوارتز در بخش نمونه گیر دستگاه اسپکتروفتومتر باشد. در کنار این تغییر در طراحی، استفاده از لوله های سیلیکونی با قطر داخلی بیش تر نسبت به لوله های فولادی گزینه مناسب برای حذف لوله ها و ادوات ارتباطی فولادی می باشد. در این تحقیق علاوه بر طراحی و ساخت یک واکنشگاه برخط نور فوق بنفش، طراحی مجدد بخش نمونه گیر یک دستگاه اسپکتروفلوریمتر نیز صورت پذیرفت.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



کلمات کلیدی: طراحی و ساخت سامانه فتولیز با نور فوق بنفش، تزریق در جریان پیوسته، طراحی مجدد بخش نمونه  
گیر اسپکتروفلوریمتر





## ۱- مقدمه

اصطلاح تجزیه جریان پیوسته به هر فرآیندی اطلاق می شود که در آن غلظت آنالیت، بدون وقفه در جریانی از مایع (یا گاز) اندازه گیری می شود. به منظور سنجش های متوالی، نمونه به درون یک محلول جاری در تجزیه گر تزریق شده و در ادامه در مکان های مناسب به دیگر محلول های جاری افزوده می شود. در نهایت محلول حاصل به یک آشکارساز می رسد که ایجاد یک پاسخ تجزیه ای هنگام عبور از درون نمونه گیر آشکارساز، به صورت وابسته به زمان می کند. این تکنیک به دلیل انعطاف پذیری، قابلیت همراه شدن با انواع ادوات و آشکارسازها را دارد. این تکنیک دارای مزایای متعددی در مقایسه با روش های معمول تجزیه شیمیائی که به صورت غیر پیوسته انجام می شوند، می باشد [۲ و ۱]. فرایند فتولیز با نور فوق بنفش در موارد متعددی به عنوان یک راه کار به منظور ایجاد محصولات مناسب از آنالیت هایی که به سادگی قابل آشکارسازی نیستند یا حساسیت کمی هنگام آشکارسازی ایجاد می کنند، مورد توجه قرار گرفته است. در این شیوه، با تاباندن نور فوق بنفش طی واکنش های فتوشیمیائی که در اغلب موارد نیز کاملاً کنترل شده نمی باشد، شکستن پیوندها صورت گرفته و در نهایت محصولات ایجاد می شوند. با انعطاف پذیری مناسبی که در فرایند فتولیز وجود دارد ضمن تغییر در منبع تابش نور فوق بنفش، می توان با استفاده از لوله های با قطر کم از جنس تفلون یا دیگر مواد غیرجاذب نور فوق بنفش، به صورت برخط و جاری محلول های مورد نظر تحت واکنش های فتوشیمیائی قرار گرفته و در نهایت تحویل آشکارساز داده می شوند. از سوی دیگر، با توجه به ویژگی ذاتی برخط بودن این روش، آشکارساز مورد استفاده نیز می بایست قابلیت استفاده به صورت برخط را داشته باشد تا بتواند به صورت وابسته به زمان، پاسخ های سریع به محیط شیمیائی رسیده به آشکارساز را ایجاد کند. یکی از آشکارسازهایی که توان استفاده برخط را دارد اسپکتروفلوریمتر می باشد که با توجه به نمونه گیر جاری که برای آن تعبیه می گردد، قابلیت همراهی با روش تزریق در جریان پیوسته را دارد. در صورتیکه بتوان قابلیت های این آشکارساز را بهبود داد می توان بهبود در شرایط تزریق در جریان را پیوسته را سبب شد. بعضی از دستگاه های اسپکتروفتومتر به وسیله سازندگان در گذشته و حال، دارای نمونه گیر جاری با حجم کم همراه با اتصالات و لوله های فولادی می باشند. سطح داخلی این لوله ها، کانال ها و اتصالات به تدریج در مدت زمان طولانی در حین کار، به دلایل مختلف تحلیل رفته، اکسید شده و مورد استهلاک قرار می گیرند. همین موضوع سبب می گردد که ناهمواری در جداره داخلی آن ها اتفاق افتاده، همچنین براده ها و ذرات مختلف از آن ها در مسیر جریان محلول درون این ادوات ایجاد شوند و به حرکت در آیند که هنگام عبور از منطقه تحت آشکارسازی، ایجاد ناموزونی و نوفه نمایند. حتی در موارد متعددی سبب شده اند که میزان جریان محلول در مسیر کاهش یابد و در موارد شدید سبب بسته شدن مسیر حرکت محلول گردند. می توان با طراحی جدید و تغییراتی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



که در قسمت نمونه گیر این دستگاه انجام داده می شود، از بروز این مشکلات جلوگیری کرد. تغییر مناسبی که انجام می شود می تواند جایگزینی نمونه گیر استوانه ای بلند کوارتزی (لوله کوارتزی) به جای نمونه گیر مکعبی کوارتز در بخش نمونه گیر دستگاه اسپکتروفتومتر باشد. در کنار این تغییر در طراحی، استفاده از لوله های سیلیکونی با قطر داخلی بیش تر نسبت به لوله های فولادی گزینه مناسب برای حذف لوله ها و ادوات ارتباطی فولادی می باشد. با این شیوه نه تنها از پیچیدگی تجهیزاتی بخش نمونه گیر اسپکتروفلوریمتر کاسته می شود بلکه مشکلات مربوط به اختلال در جاری شدن محلول ها نیز برطرف می گردد.

واکنش های فتوشیمیایی با تحریک ساختار الکترونی مولکول ها اتفاق می افتد به گونه ای که جذب نور باعث تغییر در پیکربندی الکترونی ترکیبات شیمیایی می شود. از آنجایی که خواص شیمیایی ترکیبات اساساً به پیکربندی الکترونی آن ها بستگی دارد، واکنش های شیمیایی ترکیبات در حالت برانگیخته فتوشیمیایی، به طور قابل توجهی با حالت پایه متفاوت است. واکنش های فتوشیمیایی در سنتز ترکیبات آلی از اهمیت خاصی برخوردارند. با تحریک فتوشیمیایی، خواص ترکیبات شیمیایی به طور قابل توجهی تغییر می کند. به ویژه، در این فرایندها اسیدیته و بازبسته ترکیبات تغییر کرده و انتقال پروتون متفاوت می شود. از سوی دیگر، واسطه های واکنش ها همچون کمپلکس برانگیخته یا یون رادیکال ها از گونه های برانگیخته الکترونی ایجاد می شوند. این واسطه ها نیز تحت اثر واکنش های انتقال پروتون خاص یا از طریق تبادل پروتون درون مولکولی یا بین مولکولی یا با تبادل پروتون با محیط واکنش قرار می گیرند. این فرایندها در دگرگونی های فتوشیمیایی متعددی دخیل هستند [۳]. واکنش های فتوشیمیایی می توانند سب گردند که از ترکیبات اولیه غیرفلورسانس کننده محصولات دارای فلورسانس ایجاد شوند. این رخداد فتوشیمیایی خاص می تواند در فرایند اندازه گیری ترکیبات شیمیایی از اهمیت خاصی برخوردار باشد. عوامل موثری همچون مدت زمان نورتایی و pH متغیرهای موثری در این زمینه محسوب می شوند [۴].

در طراحی و ساخت انجام گرفته، یک واکنشگاه فتوشیمیایی برخط از پیچاندن شیلنگ تفلونی به دور یک لامپ استوانه ای فشار کم جیوه (به منظور تابش نور فوق بنفش) ایجاد شده است. از این واکنشگاه فتوشیمیایی برخط، به منظور ایجاد گونه های فلورسانس کننده از گونه های غیرفلورسانس کننده استفاده می شود. نمونه های تزریق شده با حجم کم پس از انجام واکنش فتوشیمیایی مناسب به دستگاه اسپکتروفلوریمتر می رسند. به منظور کارآمدتر کردن بخش نمونه گیر جاری اسپکتروفلوریمتر، یک لوله کوارتزی همراه با اتصالات و لوله های سیلیکونی (به جای نمونه گیر کوارتزی مکعبی خود دستگاه که دارای اتصالات، ادوات و لوله های فولادی است) بر روی یک اسپکتروفلوریمتر پرکین

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

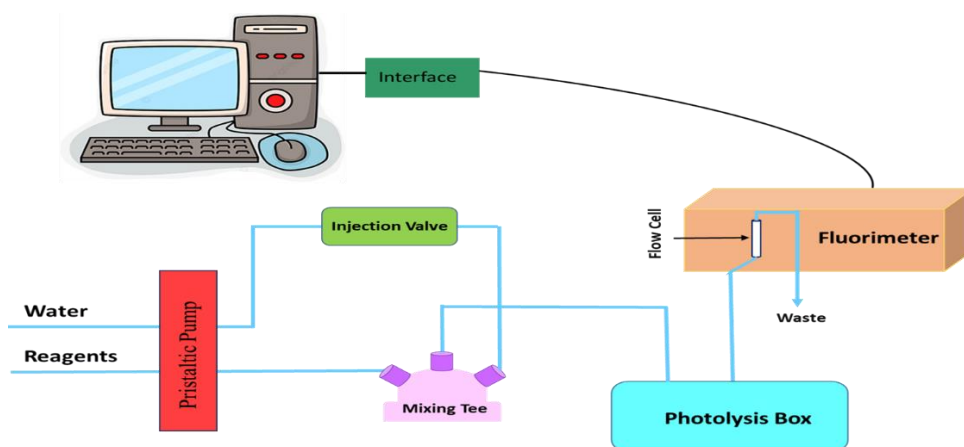
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



– المر مدل LS2-B به کار برده شدند. پاسخ فلورسانس ایجاد شده به صورت وابسته به زمان با استفاده از یک حداقل آنالوگ به دیجیتال و نرم افزار مناسب در رایانه ثبت، ذخیره و قابل اندازه گیری می شود.

### ۲- طراحی و دستگاهوری

سامانه طراحی و مرتب شده تزریق در جریان پیوسته با یک پمپ مالشی دو کاناله که وظیفه مکش و پمپ کردن محلول ها را بر عهده دارد، در شکل ۱ به نمایش گذاشته شده است. در این طراحی، در مسیر آب مقطر یک شیر تزریق شش کاناله-دو وضعیتی قرار گرفته است که با قرار دادن لوله های با حجم مشخص، هر حجمی از نمونه را از چند میکرولیتر تا چند میلی لیتر را می توان گزینش نمود. یک سه راهی فرایند مخلوط کردن محلول های جاری ورودی را صورت می دهد. محلول حامل (آب مقطر) وظیفه حمل و جاری کردن نمونه تزریق شده را بر عهده دارد تا آن را وارد واکنشگاه فتوشیمیایی کند. واکنشگاه فتوشیمیایی از یک لامپ جیوه فشار کم استوانه ای با توان ۶ وات از شرکت اسرام، که به دور آن یک شیلنگ تفلونی با قطر داخلی ۱/۵ میلی متر و قطر خارجی ۲/۰ میلی متر و به طول ۱۲۰ سانتی متر (پیچیده شده به دور لوله لامپ جیوه) تشکیل شده است. شکل ۲ این مجموعه را به نمایش گذاشته است. این ادوات در یک جعبه مکعبی از جنس پلی وینیل کلرید قرار داده شده اند تا از خروج پرتوهای فوق بنفش و تحت تابش قرار گرفتن کاربر سامانه جلوگیری شود.



شکل ۱. سامانه تزریق در جریان پیوسته طراحی شده همراه با واکنشگاه فتوشیمیایی بر خط



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

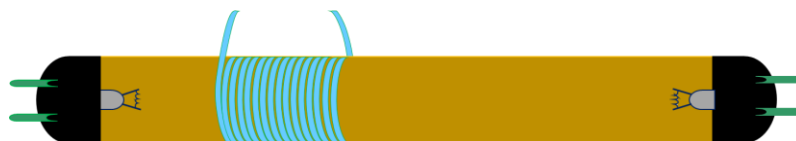
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

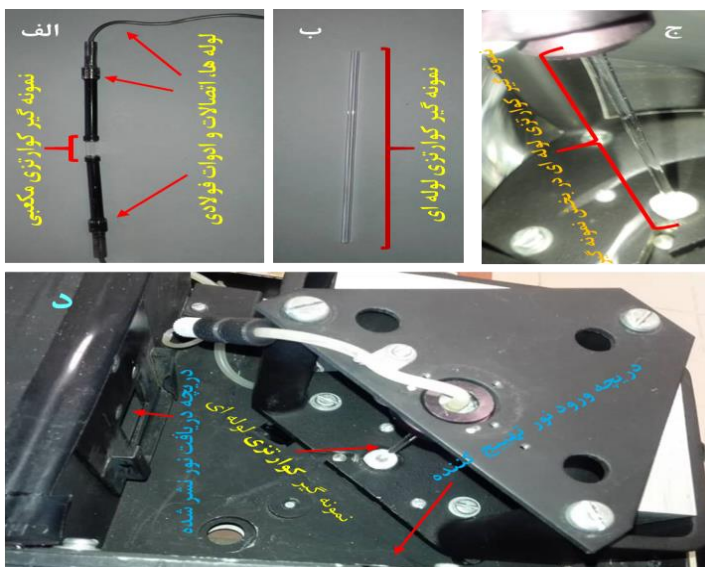
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### شکل ۲. نحوه پیچش لوله تفلونی به دور لامپ جیوه در واکنشگاه فتوشیمیائی

تغییرات صورت گرفته در بخش نمونه گیر اسپکتروفلوریمتر به این شرح بوده است که لوله ها و اتصالات فولادی همراه با با نمونه گیر کوارتزی مکعبی که دارای حجم داخلی ۶ میکرولیتر بوده است از سامانه جدا شدند. به جای نمونه گیر کوارتزی مکعبی از یک لوله کوارتزی با قطر داخلی ۱/۰ میلی متر و قطر خارجی ۳/۰ میلی متر و به طول ۱۰۰ میلی متر استفاده شد. بخش میانی لوله کوارتزی تقریبا به طول ۱۰/۰ میلی متر در واقع نمونه گیر جاری محسوب می گردد که در این بخش تهییج نوری ترکیبات صورت گرفته و نور نشر شده از همین بخش نیز در انتها به آشکارساز دستگاه اسپکتروفلوریمتر می رسد. شیلنگ های سیلیکونی با قطر داخلی ۲/۰ میلی متر و قطر خارجی ۴/۰ میلی متر وظیفه ورود و خروج محلول ها را به و از لوله کوارتزی بر عهده دارند. شمای نمونه گیرهای کوارتزی مکعبی، اتصالات و لوله های فولادی آن همچنین لوله کوارتزی جایگزین شده به عنوان نمونه گیر و بخش نمونه گیر دستگاه اسپکتروفلوریمتر در شکل ۳ آورده شده اند.





شکل ۳. دستگاهوری بخش نمونه گیر دستگاه اسپکتروفلوریمتر

الف) نمونه گیر قبلی (ب) لوله کوارتزی به عنوان نمونه گیر (ج) لوله کوارتزی به صورت نصب شده (د) بخش  
نمونه گیر اسپکتروفلوریمتر

#### نتیجه گیری

به این ترتیب یک سامانه تزریق در جریان پیوسته طراحی و ساخته شد. در این طراحی علاوه بر ادوات معمول که در دستگاهوری تزریق در جریان مورد استفاده قرار می گیرد، یک بخش واکنشگاه فتوشیمیایی برخط نیز طراحی، ساخته و در مجموعه سامانه تزریق در جریان پیوسته قرار گرفت. سامانه تزریق در جریان پیوسته به یک اسپکتروفلوریمتر به عنوان آشکارساز نیز مجهز شد. بخش نمونه گیر این دستگاه به منظور افزایش کارایی این آشکارساز مورد توجه قرار گرفت و طی یک طراحی مناسب از یک لوله کوارتزی و اتصالات سیلیکونی به جای ادوات مرتبط قبلی بهره برده شد. اکنون یک سیستم کاملا آماده و ارزشمند به منظور تجزیه تزریق در جریان پیوسته مجهز به واکنشگاه فتوشیمیایی و آشکارساز اسپکتروفلوریمتر مهیا شده است.

#### تقدیر و تشکر

بدینوسیله مولفین قدردانی خود را از مسئولین پژوهشی دانشکده علوم و دانشگاه محقق اردبیلی که در تمام مراحل این پژوهش از حمایت های مالی و معنوی آنان بهره گرفته شده است، اعلام می نمایند.

#### منابع

- [۱] J. Ruzicka, E. H. Hansen, *Flow Injection Analysis* (1988) 2<sup>nd</sup> Ed., John Wiley & Sons.
- [۲] S. D. Kolev, I. D. McKelvie, *Advances in flow injection analysis and related techniques* (2008), Elsevier.
- [۳] N. Hoffmann, *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering* (2014), Elsevier.
- [۴] E. Fuentes, C. Cid, M. E. Báez (2015) *Talanta*, 134, 8-15.



## معرفی دستگاه هیدروسیرکولاتور خنک کننده و کنترل مصرف آب مبردهای آزمایشگاهی

سالار عباسوند<sup>۱\*</sup>، نسترن مولایی<sup>۱</sup>

۱- دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشگاه زنجان

Salar\_abbasvand@yahoo.com

### چکیده

در آزمایشگاه های تحقیقاتی شیمی، زیست شناسی و کشاورزی، گاهی از مواد شیمیایی استفاده می شود که هنگام واکنش، دمای بالایی تولید می کند که جهت کنترل دمای این واکنش، از راحت ترین روش که همان استفاده از مبردهای آزمایشگاهی متصل به شیر آب شهری می باشد، استفاده می شود. همچنین در آزمایشگاه های بزرگ تحقیقاتی مشاهده می کنیم که چندین واکنش را به طور همزمان برای خنک کردن به شیرهای آب شهری متصل کرده اند که مصرف آب را چندین برابر افزایش می دهد. با توجه به بررسی های انجام شده در یک واکنش شیمیایی، مشاهده می کنیم که بسته به واکنش انجام شده دماهای متفاوتی را تولید می کنیم که برای سرد کردن این واکنش های شیمیایی باید شدت دبی آب مصرفی را نیز به نسبت واکنش تنظیم کنیم. از طرفی دیگر گاهی برای یک واکنش شیمیایی طولانی مدت و دما بالا لازم است، یک هفته مبرد آزمایشگاهی را به آب شهری متصل باشد که در این مدت حجم بسیار زیادی از آب در جهت خنک کردن این واکنش مصرف می شود. بدین منظور جهت کنترل مصرف آب مراکز تحقیقاتی دستگاه هیدروسیرکولاتور خنک کننده و کنترل مصرف آب مبردهای آزمایشگاهی را معرفی می کنیم.

کلمات کلیدی: مبردهای آزمایشگاهی، کنترل مصرف آب، آزمایشگاه، آب، خشکسالی، تحقیقاتی





#### ۱- مقدمه

ذخایر آب از منابع تجدیدشونده محسوب شده و فرآیند تجدیدپذیری آن به تبعیت از چرخه آب در طبیعت برمی گردد. با این وجود، مقدار آبی که از این طریق در سطح کره زمین یا در هر محدوده جغرافیایی مشخص پدید می آید، صرف نظر از تغییرات بین سالی، معین و ثابت است. به بیان دیگر، مقدار آب تجدیدشونده ای که سطح کره زمین، هم اکنون و به طور سالانه دریافت می کند، برابر همان آبی است که شاید هزاران سال پیش و از بدو به وجود آمدن تمدن های بشری دریافت کرده است. این در حالی است که توزیع مکانی و زمانی مقدار آب تجدیدشونده کاملاً متغیر بوده و متناسب با توزیع جمعیت و نیازهای آبی جوامع بشری نیست. با ورود به هزاره سوم و همزمان با افزایش جمعیت به ویژه در کشورهای در حال توسعه، تقاضا برای آب به منظور تأمین نیازهای جمعیتی افزایش قابل ملاحظه ای کرده است. این موضوع به ویژه در مناطقی از جهان که به صورت طبیعی همواره با کمبود آب مواجه بودند، بیشتر حایز اهمیت است [۱].

از مجموع کل آب های جهان، ۹۷/۴ درصد آن را آب شور دریاها و اقیانوس ها تشکیل می دهد که به دلیل شوری در عمل قابل استفاده نیستند. ذخایر آب شیرین تنها ۲/۶ درصد کل حجم ذخایر آب های سطح زمین را تشکیل می دهد که بخش بیشتر آن به صورت یخ در قطب های کره زمین و یخچال های طبیعی و آب های زیرزمینی وجود دارد. به این ترتیب، از مجموع آب های کره زمین تنها ۰/۰۱۴ درصد آن قابل استفاده بوده و در واقع، حیات آدمی وابسته به همین مقدار ناچیز آب است. در واقع، تمام برنامه ریزی های بشر باید با توجه به این محدودیت ها صورت پذیرد [۱] [۲].

معضل کم آبی به عنوان یکی از چالش های مهم بشر، در تمام جوامع جهانی بوده است. تاثیر این بحران نه تنها در اقتصاد بلکه روی ساختارهای اجتماعی تاثیر مستقیمی دارد. کاهش نرخ رشد اقتصادی، کاهش فرصت های شغلی، کاهش سطح درآمد، کاهش حجم تولید محصولات کشاورزی، از بین رفتن دام، کاهش ذخایر آبی زیرزمینی و غیره همگی بخشی از مشکلاتی است که همراه بحران آب ایجاد می شود. از نظر جغرافیایی کشورهای منطقه خاورمیانه و آسیای مرکزی با بیشترین کاهش در منابع آب فیزیکی جهت مصرف جوامع خود مواجه هستند [۳].

ایران به عنوان یکی از کشورهای منطقه خشک خاورمیانه در مقایسه با متوسط جهانی میزان بارندگی آن کمتر از یک سوم و تبخیر آن در حدود سه برابر پتانسیل جهانی است. با توجه تحقیقات انجام شده، نتایج مطالعات حاکی از آن است که تا سال ۲۰۴۰ میلادی ایران در رتبه ۱۳ تنش آبی جهان قرار خواهد گرفت [۴] [۵].

خلاصه تحلیل بارش، دما، خشکسالی توسط بولتن های آمار سازمان هواشناسی کشور در سال ۱۴۰۱ نشان می دهد که میانگین بارش دریافتی سال زراعی در سطح کشور تا روز پایانی تیر حدود ۱۶۴/۳ میلی متر و میانگین بلندمدت آن

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



در همین دوره ۲۲۹/۴ میلی متر است یعنی ۶۵/۱ میلی متر (۲۸/۴ درصد) کمتر از نرمال دریافت شده است. همچنین میانگین دمای کشور در سال زراعی جاری از تاریخ ۱۴۰۰/۷/۱ تا ۱۴۰۱/۷/۱ به اندازه ۱/۲ درجه سلسیوس بیشتر بوده است و دمای تمام استان ها نسبت به بلندمدت بی هنجاری مثبت داشته است. در مورد خشکسالی باید اشاره کرد که بر اساس شاخص SPEI دوازده ماهه منتهی به پایان تیر ۱۴۰۱ در مجموع ۹۱/۸ درصد از مساحت کشور با درجات مختلف خشکسالی کوتاه مدت و ۷ درصد از مساحت کشور با شرایط نرمال همراه بوده است. بر اساس شاخص SPEI ۱۲۰ ماهه منتهی به پایان تیر ۱۴۰۱ در مجموع حدود ۹۳/۴ درصد از مساحت کشور با درجات مختلف خشکسالی بلندمدت و ۶ درصد نرمال مواجه بوده است [۶] [۷] [۸].

### ۲- مصرف آب در دانشگاه و مراکز تحقیقاتی - آزمایشگاهی و راه کارهای بهینه سازی آن

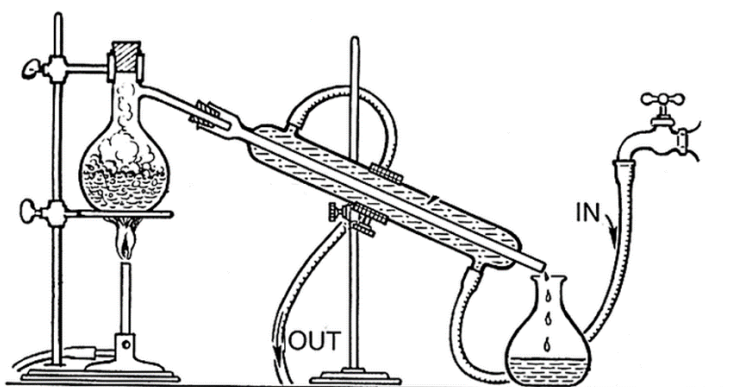
برای مثال مصرف آب دانشگاهی را بررسی می کنیم. مصرف آب دانشگاه به سه بخش کلی پردیس دانشگاه، خوابگاه ها و مراکز تحقیقاتی تقسیم می شود. بخش اول، نوع مصرف آب در پردیس دانشگاه مشابه مصارف سازمانی شامل فضاهای سبز، آب شرب، غذاخوری و سرویس های بهداشتی می باشد. بخش دوم مربوط به خوابگاه ها است که شامل مصارف آب به ظرف شویی، لباس شویی، حمام و توالت است. بخش سوم که مربوط به مراکز آزمایشگاهی، پژوهشی و مزارع تحقیقاتی است [۹].

بررسی حجم مصرفی آب در آزمایشگاه های تحقیقاتی به ویژه در دانشگاه های نشان می دهد که در این آزمایشگاه ها وسایل و دستگاه هایی وجود دارد که باعث اتلاف آب در حجم بسیار زیادی می شود. یکی از مهم ترین وسایل موجود در آزمایشگاه که باعث هدر رفت آب می شود مبرد آزمایشگاهی است. مبرد آزمایشگاهی (Condenser) یکی از ابزارهای مهم آزمایشگاهی می باشد که به منظور سرد کردن بخار حاصل از واکنش های شیمیایی و تبدیل آن ها به مایع استفاده می شود. این وسیله بیشتر در فرایند تقطیر و برای سرد کردن بخارات حاصل از تقطیر مخلوط چند مایع به منظور جداسازی آن ها به کار می رود. این ابزار شیشه ای از دو لوله که به صورت مارپیچی در داخل یک مخزن شیشه ای اصلی قرار دارند، تشکیل شده است. این وسیله شیشه ای یک ورودی آب دارد که بعد از حرکت آب از ورودی و پایین آوردن دمای لوله مارپیچ از قسمت خروجی مبرد، خارج می شود. در حین انجام این فرآیند آب لوله داخلی، با جذب حرارت بخار ایجاد شده از واکنش را کنترل می کند و دوباره آن را مایع کرده و به واکنش برمی گرداند.

در آزمایشگاه های تحقیقاتی و با توجه به بالا بودن زمان سنتز و واکنش شیمیایی، راحت ترین و ارزان ترین مایع ها به منظور کنترل میزان گرمای فرآیند استفاده از آب قابل شرب شهری است (شکل ۱). برای راحتی معمولاً در مراکز



تحقیقاتی و دانشگاه ها مدار گردش آب مبرد را به آب شهری و از طرفی خروجی آن را به سینک ظرف شویی که متصل به کانال فاضلاب است قرار می دهند و بدین منظور باعث افزایش هدرروی آب در محیط می شود. به عبارتی برای خنک کردن یک واکنش، حجم بالایی از آب قابل شرب و تصویه شده را همزمان به فاضلاب منتقل می کنیم. هر سال در دانشگاه ها شاهد هزینه های زیاد در پرداخت قبض آب آزمایشگاه، ایجاد شدن رسوب در داخل لوله ها، استهلاک لوله ها و تعویض لوله های آب منتهی به فاضلاب، نشت آب از درز لوله ها در طول زمان و ایجاد رطوبت در سقف آزمایشگاه ها و اتاق های زیر آزمایشگاه و غیره هستیم. در همین راستا دستگاهی طراحی کرده ایم که علاوه بر کنترل حرارت واکنش ها از هدر رفتن آب قابل شرب در مراکز تحقیقاتی جلوگیری کند.



شکل ۱- نقشه اتصال مبرد آزمایشگاهی در انجام واکنش های شیمیایی

### ۳- معرفی دستگاه

"دستگاه هیدروسیرکولاتور خنک کننده و کنترل مصرف آب مبردهای آزمایشگاهی" (شکل ۲) با توجه به آن که یک وسیله ی کاربردی در آزمایشگاه می باشد در حد امکان ویژگی و شرایط خاصی را می طلبد. دستگاه طراحی شده یکی از دستگاه های مهم آزمایشگاه های تحقیقاتی به ویژه شیمی، زیست شناسی و کشاورزی که همیشه مصرف فراوان آب در طول انجام آزمایش و سنتز وجود دارد، محسوب می شود. برخی از ویژگی های این دستگاه به صورت زیر بیان می کنیم:

- ۱- ساخت کلیه قطعات مورد استفاده در دستگاه با وسایل تولید داخل (تولید ملی).
- ۲- هوشمندسازی مراحل خنک سازی در طول انجام واکنش شیمیایی.
- ۳- رساندن هدر رفتن آب به صورت چشم گیری به حداقل.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۴- امکان جابه جایی آسان در تمامی محوطه آزمایشگاه.

۵- استفاده از بدنه ی کاملاً ضد آب و مقاوم در برابر مواد شیمیایی خورنده مثل اسیدها و موادی از این دست.

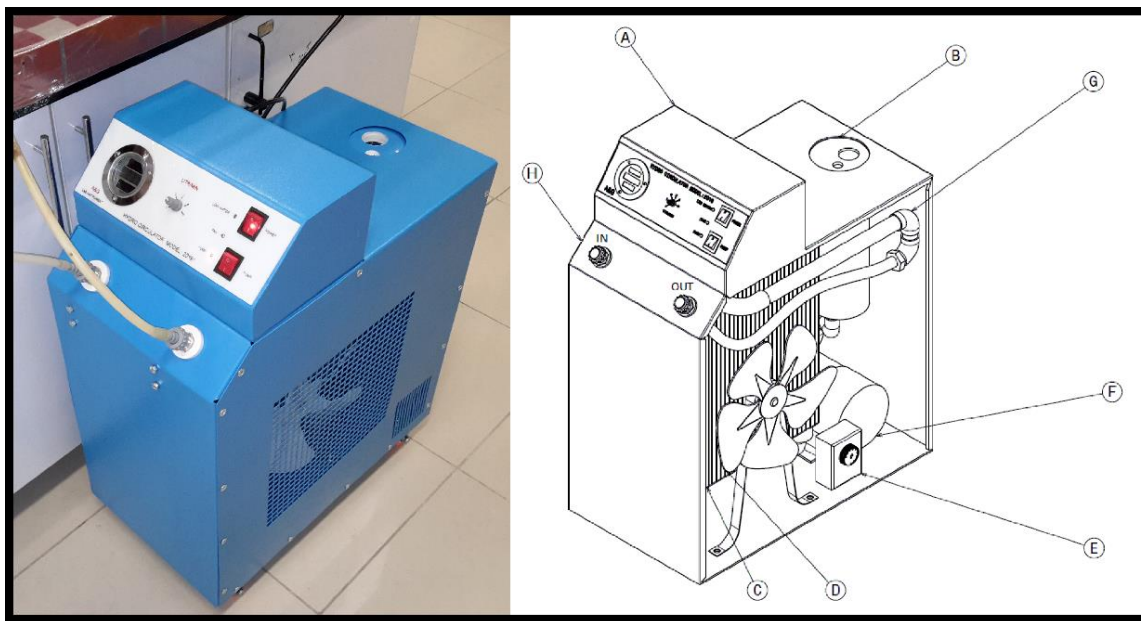
۶- کنترل دستی توسط آزمایشگر در مورد دبی (شدت) آب مصرفی در آزمایشگاه.

۷- توان مصرفی بسیار کم این دستگاه که در حالت عادی کارکرد به اندازه ۲۰ وات.

۸- مانیتورینگ دمایی.

۹- نگهداری راحت توسط دانشجویان.

۱۰- پایین بودن هزینه های نگهداری و عدم پیچیدگی آن.



شکل ۲- دستگاه هیدروسیرکولاتور خنک کننده و کنترل مصرف آب مبردهای آزمایشگاهی

۱-۳- قسمت های مختلف دستگاه

این دستگاه از دو بخش اصلی تشکیل شده است: ۱- بخش بدنه اصلی ۲- بخش سیستم الکتریکی.

این دو بخش اصلی دارای قسمت های مختلفی می باشند که با جزئیات به توصیف آن می پردازیم.

۱-۱-۳- بخش بدنه اصلی



بدنه اصلی دارای ۷ قسمت مهم به شرح زیر می باشد:

۱) مخزن آب: در داخل دستگاه یک مخزن آب استوانه ای شکل قرار داده ایم که محل ذخیره مایع سردکننده مورد استفاده در دستگاه می باشد. مایع سردکننده می تواند مایعات مختلفی باشد که ساده ترین و ارزان ترین مایع آب مقطر است که در هر آزمایشگاهی همیشه در دسترس می باشد. تفاوت اصلی آب مقطر و آب معمولی در میزان ناخالصی های موجود می باشد. به طبع بعد از تقطیر آب معمولی و تولید آب مقطر میزان ناخالصی های آن به حداقل رسیده است. مکان مخزن در شکل ۲ با (B) مشخص شده است. ترکیبات موجود در آب عبارتند از: نیترات و نیتريت، آهن و منگنز، جامدات معلق، سولفات، فسفات، کلراید، فلوراید، کلسیم و سدیم و عناصر ناچیز دیگر. علت ایجاد رسوب در لوله ها، انباشته شدن موادی مانند کربنات سدیم، سولفات کلسیم، سولفات منیزم و ... در داخل لوله ها می باشد. این مواد معدنی از طریق آب به لوله کشی ساختمان وارد شده و در قسمت های مختلف لوله رسوب می کند. آب مقطر به دلیل نداشتن املاح و مواد سنگین، مانع از رسوب بستن در قسمت های مختلف دستگاه شده و طول عمر دستگاه را بالا می برد.

۲) پمپ آب: به طور کلی پمپ به دستگاهی گفته می شود که انرژی مکانیکی را از یک منبع خارجی گرفته و به سیالی که از آن عبور می کند، انتقال دهد. در نتیجه، انرژی سیال پس از خروج از این دستگاه (پمپ) افزایش می یابد. در پمپ ها تغییرات انرژی سیال همواره به صورت تغییر فشار سیال مشاهده می گردد. از پمپ ها برای انتقال سیال به یک ارتفاع معین و یا جابجایی آن در یک سیستم لوله کشی و یا هیدرولیک استفاده می نمایند. ما در این سیستم از پمپ های خطی استفاده کرده ایم که از گروه پمپ های گریز از مرکزی (سانتریفیوژی) می باشد. محل قرارگیری پمپ در شکل ۲ با (F) مشخص شده است. این پمپ ها ویژگی هایی دارند که استفاده از آن را در این دستگاه مجاز می کند. این ویژگی ها عبارتند از:

- ۱- سیرکوله کردن آب گرم و سرد از بازه دمایی ۱۰- تا ۱۳۰ درجه سانتی گراد.
- ۲- دور موتور این نوع الکترو پمپ ها ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ دور می باشد.
- ۳- جنس بدنه این پمپ ها غالباً از چدن و استیل می باشد که برای کارهای طولانی در آزمایشگاه مناسب است.
- ۴- این نوع پمپ ها به جهت مصرف بهینه انرژی دارای رده بندی مصرف A و B می باشند.
- ۵- یکی از ویژگی های مهم این نوع پمپ ها کم صدا بودن آن است.

۳) رادیاتور: رادیاتور دستگاهی است در سیستم خنک کننده موتور که حجم زیادی از آب این سیستم را در تماس نزدیک با هوا نگه می دارد تا انتقال حرارت از آب به هوا به خوبی و به سرعت امکان پذیر باشد. همچنین می توان گفت رادیاتور



وسيله ای است که برای نگهداری مقدار زیادی آب در مجاورت حجم بزرگی از هوا به کار می رود، به طوری که حرارت بتواند از آب به رادیاتور و از رادیاتور به هوا منتقل شود.

ما در این طرح از دو رادیاتور عمودی با توجه به ورودی و خروجی دستگاه به صورت سری و روبه روی هم قرار داده ایم. فاصله موجود در بین دو صفحه رادیاتور برای انتقال گرم و حرارت بسیار مناسب می باشد. نکته قابل توجه دیگر که بسیار با اهمیت می باشد، مکان و ارتفاع رادیاتورها می باشد که حتماً باید سطح رادیاتورها از قسمت بالایی پایین تر از سطح مخزن اصلی آب باشد تا طبق اثرات موجود در بحث سیالات و ظروف مرتبته، در حالت عادی مایع موجود در رادیاتور پایین تر از مخزن آب قرار گیرد و حتی کمک به این موضوع که هوا داخل رادیاتور نماند. محل رادیاتور در شکل ۲ با (C) مشخص شده است

۴) پنکه یا فن: فن به دستگاهی گفته می شود که هوا را به جریان می اندازد. فن ها از لحاظ کاربردی جهت کشیدن هوا، دمیدن هوا یا گردش هوا مورد استفاده قرار می گیرند. فن در قسمت جلوی رادیاتور نصب شده و به وسیله موتور خود می چرخد و باعث مکیدن هوا از لای پره های رادیاتور می شود که باعث کاهش دما می شود. فن پروانه ای ساده ترین نوع فن محوری است که در این دستگاه از این وسیله بهره بردیم. محل فن در شکل ۲ با (D) نشان داده شده است.

۵) ترموستات: ترموستات کنترل کننده الکتریکی خودکار است و برای تنظیم دما در فضای بسته، معمولاً آن را به دستگاه های گرم یا سردساز متصل می کنند، تا با قطع و وصل دستگاه، آن فضا را در دمای تنظیم شده ثابت نگه دارد. هنگامی که دما به نقطه تنظیم برسد، ترموستات مدار برقی دستگاه را قطع می کند و وقتی دما ۳ الی ۵ درجه از نقطه تنظیم پایین تر رود، دوباره مدار را وصل می کند و دستگاه روشن می شود. به طور کلی ترموستات برای تنظیم درجه حرارت مایعات، گازها و جامدات در دستگاه های گرم یا سردساز در بخش های مختلف زیر مورد استفاده قرار می گیرد. محل ترموستات در شکل ۲ با (E) مشخص شده است.

ترموستات سه نقش مهم را ایفا می کند :

- ۱- کمک به دستگاه جهت زودتر رسیدن به درجه حرارت مورد نظر.
- ۲- تنظیم درجه حرارت سیستم برای جلوگیری از دمای بیش از حد.
- ۳- محدود کردن جریان برای افزایش کارایی سیستم خنک کننده.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

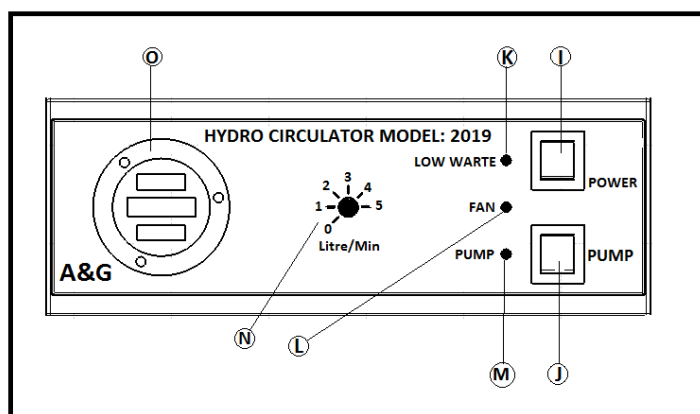


۶) لوله ها و شلنگ اتصال: یکی از مهمترین اجزای دستگاه لوله های اتصال و شلنگ ها می باشد. از مخزن اصلی تا رادیاتور و از رادیاتور تا مخزن توسط لوله ها و شلنگ های آب به همدیگر متصل شده اند و وظیفه انتقال سیال در این شبکه را برعهده دارد. بخشی از محل لوله ها و شلنگ در شکل ۲ با (G) نشان داده شده است.

۷) ورودی و خروجی: در دستگاه دو سرشیری ورودی و خروجی تعبیه کرده ایم. در شیر سمت راست OUT آب سرد خارج می شود و وارد مدار سیال یا مسیر مبردهای آزمایشگاهی می شود و بعد از طی کردن مسیر مبردها و دریافت دمای بالای موجود در لوله های واکنش، وارد قسمت ورودی IN دستگاه شده و از آنجا وارد مخزن اصلی می شود و توسط پمپ دوباره از مسیر رادیاتورها گذشته و دوباره با از دست دادن دمای خودش به مسیر خروجی باز می گردد. دو سرشیری ورودی و خروجی در شکل ۲ با (H) نشان داده شده است.

۲-۱-۳- بخش سیستم الکتریکی

بدنه اصلی دستگاه دارای یک قسمت فوقانی می باشد که سیستم برق (الکترونیکی) دستگاه است. که در شکل ۲ با حرف (A) مشخص کرده ایم. قسمت الکترونیکی دستگاه دارای یک صفحه نمایش است که در روی صفحه کلیدهای روشن و خاموش، کلید پمپ، چراغ های هشدار، سلکتور کنترل شدت دبی آب و ترمومتر قرار دارد، که در ادامه به توضیح هر یک از این کلیدها و سلکتورها می پردازیم.



شکل ۳- صفحه نمایش دستگاه

در شکل ۳ صفحه نمایش و کنترل دستگاه را مشاهده می کنید.

دگمه (POWER) در شکل ۳ با نماد (I) جهت روشن و خاموش کردن دستگاه می باشد.



دگمه (PUMP) در شکل ۳ با نماد (J) جهت روشن و خاموش پمپ استفاده می شود و زمانی که پمپ در حال حرکت است چراغ (M) روشن می باشد و به آزمایشگر نشان می دهد که پمپ فعال است.

یکی از کارهایی که در این دستگاه انجام شده هوشمندسازی حجم آب می باشد. در قسمت چراغ (LOW WATER) که روی شکل ۳ با نماد (K) نشان داده شده است و زمانی حجم آب در مخزن اصلی از حد مشخص شده کم شود دستگاه شروع به صدای هشدار می کند و این موضوع را به اطلاع آزمایشگر می رساند که حجم پایین آب ممکن است پمپ را بسوزاند و حتماً باید با اضافه کردن حجم آب مخزن، حجم آن را به حد مجاز برساند.

قسمت ترمومتر دستگاه در شکل ۳ با نماد (O) مشخص شده است که میزان دمای موجود در آب را بعد از سرد کردن واکنش های بسیار بالا را نشان می دهد. در این دستگاه حد مجاز و قابل قبول دمای آب موجود در مخزن را روی دمای اتاق که ۲۵ الی ۳۰ درجه می باشد طراحی شده است که زمانی اگر دمای آب بعد از کلی زمان سرد کردن بالاتر از ۳۰ درجه شود، فن شروع به سرد کردن می کند و هنگامی فن در حال حرکت باشد، چراغ (FAN) که با نماد (PUMP) بیان شده روشن خواهد شد.

در این دستگاه یک سلکتور کنترل شدت دبی آب نیز تعبیه شده است که در آن آزمایشگر بر اساس نوع واکنش و سنتز انجام گرفته شدت آب مصرفی را از ۱ الی ۵ لیتر در دقیقه کنترل می کند که کاملاً در اختیار آزمایشگر می باشد. و در شکل ۳ با نماد (N) مشخص شده است. این نکته را باید یادآوری کنیم نوع واکنش های انجام شده در آزمایشگاه باهم متفاوت بوده و هر کدام میزان دمای متفاوتی دارد که هر چقدر شدت جریان آب بیشتر یا کمتر شود در میزان سرد کردن واکنش موثر خواهد بود.

منابع

[۱] اسماعیل محمدجانی، نازنین یزدانیان، (۱۳۹۳) تحلیل وضعیت بحران آب در کشور و الزامات مدیریت آن، فصلنامه روند، شماره های ۶۵ و ۶۶

[۲] صدیقه ببران، نازلی هنربخش، (۱۳۸۷) بحران وضعیت آب در ایران و جهان. فصلنامه راهبرد، سال شانزدهم، شماره ۴۸

[۳] United Nation Developments of Economic and Social Affairs (UNDESA) (2012). *World Water Development Report 4*, World Water Assessment Programme (WWAP)

[۴] A. Maddock, R. S. Young, P. Reig, (2015) Ranking the world's most water-stressed countries in 2040, world resources institute online ([www.wri.org](http://www.wri.org))

[۵] پرویز یوسفی، (۱۳۹۴) بحران آب، دومین همایش ملی راهکارهای پیش رو بحران آب در ایران و خاورمیانه.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



[۶] بولتن بارش کشور، سازمان هواشناسی کشور - مرکز ملی اقلیم و مدیریت بحران خشکسالی، سال آبی ۱۴۰۱-۱۴۰۰،

گزارش ۳۱۳

[۷] بولتن دمای کشور، سازمان هواشناسی کشور - مرکز ملی اقلیم و مدیریت بحران خشکسالی، سال آبی ۱۴۰۱-۱۴۰۰،

گزارش ۳۱۳

[۸] بولتن تحلیل بارش، دما و خشکسالی در سال آبی جاری ۱۴۰۱-۱۴۰۰ و پیش بینی ماهانه و فصلی، سازمان هواشناسی

کشور

[۹] سید جمال الدین هاشمیان، (۱۳۹۵) راهکارهای صرفه جویی در مصرف آب در دانشگاهها و کاربرد مجدد آب، اولین

همایش ملی دانشگاه سبز



## راکتور پلاسمایی اصلاح کننده محلول آبی

فاطمه بهارلونزاد<sup>۱\*</sup>، محمدعلی محمدی<sup>۱</sup>، محمدصادق ذاکر حمیدی<sup>۱</sup>، سیده ترگل نقیب زاده<sup>۱</sup> و محدثه موسوی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده فیزیک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران [f.baharlou@tabrizu.ac.ir](mailto:f.baharlou@tabrizu.ac.ir)

### چکیده

از آنجا که پلاسماهای غیر حرارتی فشار اتمسفری مورد مطالعه برای کاربردهای مختلف در فرآوری مواد، فناوری های کنترل آلودگی و کاربردهای بیولوژیکی و پزشکی قرار گرفتند با پیشرفت کاربرد این پلاسماها در زمینه اصلاح آب، فناوری پلاسما غیر حرارتی به عنوان یک فرآیند پاک با پتانسیل عملکرد همچون فیلترها، ضد عفونی کننده ها و مواد شیمیایی مطرح شد. در این مقاله یک راکتور پلاسمایی طراحی شده تحت عنوان دستگاه پلاسما الکترولیز، با اعمال یک تخلیه تابان فشار اتمسفری DC برای گازهای آرگون، اکسیژن و نیتروژن بر روی یک محلول آبی عمل کرده که به صورت تابش الکترون و یون های مثبت بر فاز مایع آبی بطور جداگانه در پلاسماهای آندی و کاتدی در راکتور تک سلول و هم در هر بخش راکتور جفت سلول بود. نتایج تجربی حاصل نشان دادند که نحوه طراحی راکتور و همچنین گاز تولیدی پلاسما قابلیت ایفای نقش جهت تغییر و کنترل خواص اسیدی - قلیایی و رسانایی الکتریکی مایعات از جمله آب را داشتند.

کلمات کلیدی: پلاسما آندی، پلاسما کاتدی، رسانایی الکتریکی، pH



#### ۱. مقدمه

پلازما به عنوان چهارمین حالت ماده توسط ویلیام کروکس در سال ۱۸۷۹ شناسایی شد. در این دیدگاه، اتم های گازی به صورت جداگانه به الکترون ها و یون های دارای بار مثبت تقسیم می شوند [۱]. در برهمکنش پلازما - مایع که به عنوان یک حوزه تمرکز فزاینده مهم در زمینه علم و فناوری پلازما به شمار می آید پلازما در برهمکنش با مایعات، یک لایه مایع سطحی بسیار واکنش پذیر تولید می کند که فرآیندها در آن توسط الکترون ها، یون ها، فوتون ها و رادیکال های حاصل از اعمال پلازما هدایت می شوند. در این سیستم، الکترون ها و یا یون ها در پلاسمای فاز گاز تولید و به فاز مایع منتقل می شوند و گاهی اوقات توسط میدان های الکتریکی به سطح مشترک تزریق می شوند. این لایه سطحی با سیستم های الکتروشیمیایی معمولی مقایسه می شود که در آن الکترودهای جامد به صورت مستقیم در محلول قرار می گیرند. ناحیه سطحی پلازما - مایع با ضخامت تا چند ده نانومتر، شرایط تبدیل های شیمیایی منحصر به فردی را ممکن می سازد که با الکترولیز معمولی دست نیافتنی هستند. برهمکنش های پلازما - مایع را می توان به عنوان جایگزین الکتروود فلزی در سلول واکنش با پلاسمای فاز گازی در نظر گرفت که این شکل از الکتروشیمی بدون الکتروود است. از اینرو این روش به عنوان الکتروشیمی محلول مبتنی بر پلازما (PDSE) گامیده می شود [۲] که در آن آب اسیدی شده توسط پلازما (AWPP)  $H^+$  و آب قلیایی شده توسط پلازما (BWPP)  $OH^-$  به عنوان زیر مجموعه ای از (PDSE) تعریف می کنیم.

به منظور کیفیت سنجی و آنالیز آب با توجه به کاربردهای مد نظر، خواص مختلفی را در نظر می گیرند که از آن جمله می توان به pH و رسانایی الکتریکی (EC)  $10^6$  اشاره کرد. pH از مقدار ۰ تا ۱۴ یک پارامتر مهم کیفیت آب برای تعیین خاصیت اسیدی و قلیایی یک محلول آبی است. محلول اسیدی دارای pH کمتر از ۷ و  $7 \sim$  pH نشان دهنده محلول خنثی است. در همین حال، pH بیشتر از ۷ نشان دهنده محلول قلیایی است. pH بالا یا پایین بی دلیل آب برای مصارف خانگی و آب آشامیدنی ایمن نیست. این امر در مورد موجودات آبی نیز صدق می کند. اگر آب خیلی اسیدی یا قلیایی باشد، می تواند منجر به مرگ آنها شود [۳].

<sup>8</sup> Plasma-Driven Solution Electrolisis

<sup>8</sup> Acidic Water via plasma Participation

<sup>8</sup> Basic Water via Plasma Participation

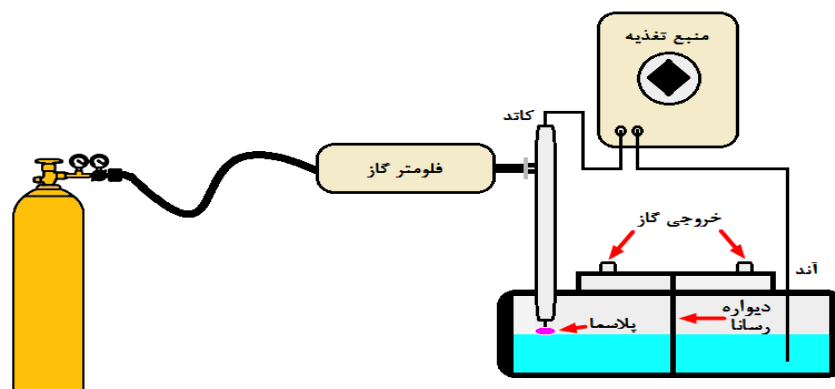
<sup>8</sup> Electrical Conductivity <sup>6</sup>



رسانایی الکتریکی به توانایی جریان الکتریکی در آب اشاره دارد که مقدار رسانایی آب اغلب در طول زمان ثابت باقی می ماند. بنابراین، هرگونه تغییر در رسانایی، احتمال آلودگی آب در اثر واکنش شیمیایی با آب را به تصویر می کشد [۳].

اگرچه ممکن است به منابع در حد یک محقق دسترسی نداشت، با چند آزمایش ساده می توان به دریافت ایده ای از کیفیت یک آب خاص دست یافت. ما در این پژوهش با استفاده از یک چیدمان پلاسمایی دوکاره با کارایی هایی متفاوت و تزریق سه گاز آرگون، نیتروژن و اکسیژن در یک بازه زمانی یکسان به مطالعه و مقایسه پارامترهای pH و EC پرداختیم و محلول حاصل از اعمال پلازما را بر طبق تغییرات پارامترهای مذکور به دو نوع AWPP و BWPP دسته بندی کردیم. ۲. روش شناسی تحقیق

راکتور پلاسمایی طراحی شده جهت تغییر در خواص اسیدی و قلیایی و رسانایی الکتریکی آب، در شکل ۱ نمایش داده شده است. راکتور به صورت تک سلول و یا جفت سلول به کار برده می شود. میله های تنگستنی استوانه ای با قطر خارجی ۲mm به عنوان الکترود به کار می روند. الکترود خارج از آب در فاصله ی ۱mm از سطح آب قرار می گیرد. جهت اتصال جریان الکتریکی بین دو نیم سلول در در راکتور نوع جفت سلول، دیواره رسانای از جنس هیدروژل انتخاب می شود. راکتور در حجم ۲۰۰mlit با آب شیر در دمای اتاق پر شده و پلازما توسط گاز مورد نظر با یک منبع تغذیه ی DC در ولتاژ  $V=9kV$  مابین الکترود و سطح مایع در دو حالت نمایش داده شده در شکل ۱ تولید می شود. در هر بار آزمایش، سه گاز اکسیژن، آرگون و نیتروژن با فلوی ۵۰sccm از داخل لوله شیشه ای حول الکترود پلازما ساز جریان می یابد. اندازه گیری مقادیر عددی pH محلول ها با pH متر رومیزی (WTW Lab-pH Meter inoLab® pH 7110) و اندازه گیری هدایت نیز با هدایت سنج رومیزی شرکت (WTW Cond7110)، صورت می پذیرد. آزمایش ها در مدت زمان ۵min انجام می شود.



(الف)

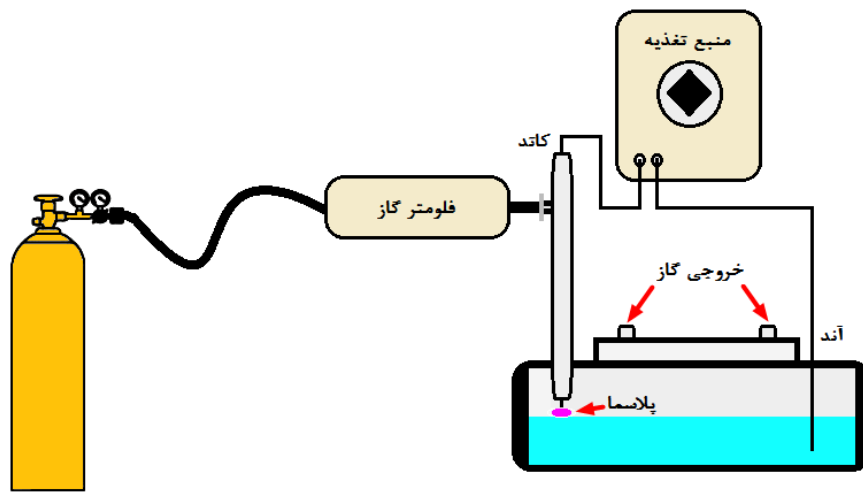


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



(ب)

شکل ۱. راکتور پلاسمایی طراحی شده.

### ۳. مدل سازی، بررسی و تجزیه تحلیل

تماس پلاسما با مایعات منجر به واکنش های شیمیایی پیچیده و تولید طیف گسترده ای از گونه های فعال می شود. تابش الکترون از پلاسما به تولید یون هیدروکسید کمک می کند در حالی که تابش یون مثبت در تولید یون هیدروژن مشارکت می کند. پلاسما در سمت آند موجب واکنش های اکسیداسیون با تحویل یون های مثبت از پلاسما به محلول می شود. تابش یون مثبت از طریق به ترتیب یونیزاسیون مولکول های آب توسط یون های پر انرژی در سطح مایع و برخورد انتقال بار قادر به تولید یون هیدروژن به شکل مستقیم یا غیرمستقیم در فاز مایع است [۴]



الکترون به عنوان اساسی ترین گونه پلاسما نیز قادر به ایجاد واکنش های شیمیایی بسیاری در سطح مشترک مابین پلاسما و مایع است. در اثر تابش الکترون حاصل از تخلیه تابان DC به سطح محلول در فشار اتمسفر، تعداد قابل توجهی الکترون های محلول در آب در سطح مایع تولید می شوند. در صورتی که انرژی این الکترون ها بالا باشد با مولکول های



آب واکنش نشان داده و می توانند منجر به تحریک، تفکیک و یا یونیزاسیون آب شوند در حالی که در انرژی پایین، به شکل الکترون های هیدراته، در آب حل می شوند. الکترون های هیدراته از طریق باز ترکیب مرتبه ی دوم با آب به سرعت واکنش داده، یون هیدروکسید و گاز هیدروژن تشکیل می دهند [۵]



تغییرات خواص آب بر اساس pH و EC بر اثر اعمال پلاسماهای به ترتیب آندی و کاتدی سه گاز آرگون، نیتروژن و اکسیژن در راکتور تک سلولی در جداول ۱ و ۲ ارائه می شوند.

جدول ۱. نحوه تغییرات خواص اسیدی A، قلیایی B، افزایش EC<sup>↑</sup>، کاهش EC<sup>↓</sup> و نوع AWPP یا BWPP پلاسما الکترولیز محلول آبی تحت اعمال پلاسما آندی AP تک سلولی.

گاز کاربردی	خواص	AP, Cathode
Ar	pH	A
	EC	↑
	PE	AWPP
N <sub>2</sub>	pH	A
	EC	↑
	PE	AWPP
O <sub>2</sub>	pH	A
	EC	↑
	PE	AWPP

جدول ۲. نحوه تغییرات خواص اسیدی A، قلیایی B، افزایش EC<sup>↑</sup>، کاهش EC<sup>↓</sup> و نوع AWPP یا BWPP پلاسما الکترولیز محلول آبی تحت اعمال پلاسما کاتدی CP تک سلولی.

گاز کاربردی	خواص	AP, Cathode
Ar	pH	A
	EC	↑
	PE	AWPP

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



N <sub>2</sub>	pH	A
	EC	↑
	PE	AWPP
O <sub>2</sub>	pH	A
	EC	↑
	PE	AWPP

تغییرات خواص آب بر اساس pH و EC بر اثر اعمال پلاسماهای به ترتیب آندی و کاتدی سه گاز آرگون، نیتروژن و اکسیژن در راکتور جفت سلولی در جداول ۳ و ۴ ارائه می شوند.

جدول ۳. نحوه تغییرات خواص اسیدی A، قلیایی B، افزایش EC<sup>↑</sup>، کاهش EC<sup>↓</sup>

و نوع AWPP یا BWPP پلاسما الکترولیز محلول آبی

تحت اعمال پلاسما آندی AP جفت سلولی.

گاز کاربردی	خواص	AP, Anode	AP, Cathode
Ar	pH	A	B
	EC	↓	↑
	PE	AWPP	BWPP
N <sub>2</sub>	pH	A	B
	EC	↓	↑
	PE	AWPP	BWPP
O <sub>2</sub>	pH	A	B
	EC	↑	↓
	PE	AWPP	BWPP

جدول ۴. نحوه تغییرات خواص اسیدی A، قلیایی B، افزایش EC<sup>↑</sup>، کاهش EC<sup>↓</sup>

و نوع AWPP یا BWPP پلاسما الکترولیز محلول آبی

تحت اعمال پلاسما کاتدی CP جفت سلولی.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



گاز کاربردی	خواص	CP, Cathode	CP, Anode
Ar	pH	B	A
	EC	↑	↑
	PE	BWPP	AWPP
N <sub>2</sub>	pH	B	A
	EC	↑	↑
	PE	BWPP	AWPP
O <sub>2</sub>	pH	B	A
	EC	↑	↑
	PE	BWPP	AWPP

#### ۴. نتیجه گیری

با طراحی های متنوع راکتور تولید پلاسما می توان مسیر جدیدی از الکتروشیمی را ایجاد کرد که بر اساس واکنش های ممکن بین الکترون ها و یون های مثبت حاصل از اعمال پلاسما بر آب تعریف می شود. این راکتورها دارای پتانسیل توسعه در مقیاس های آزمایشگاهی و تجاری جهت تغییر مشخصه های آب هستند. می توان با انتخاب انواع گازها و طرح های گوناگون تولید پلاسما، به خواص متفاوت اسیدی و قلیایی و رسانایی الکتریکی در آب دست یافت.

#### ۵. منابع

- [1] A. Fridman., Plasma Chemistry, (2008) Cambridge University Press.
- [2] P. J. Bruggeman, et al (2021) *Journal of Applied Physics*, 129, 200902.
- [3] N. A. Razman, et al (2022) *Int. J. Environ. Sci. Technol.*
- [4] F. Tochikubo, et al (2014) *J. Phys.: Conf. Ser.* 565 012010.
- [5] P. J. Bruggeman, et al (2016) *Plasma Sources Sci. Technol.* 25, 053002.

## کاربرد میکروسکوپ رامان کنفوکال در شناسایی میکروپلاستیک ها

سید مسعود اعتضاد<sup>۱\*</sup>، مریم رباطمیلی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>پژوهشگاه رنگ، پژوهشکده مواد رنگزا، گروه پژوهشی محیط زیست و رنگ، etezad-ma@icrc.ac.ir

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

پژوهشگاه رنگ، آزمایشگاه مرکزی، [robotmeily-ma@icrc.ac.ir](mailto:robotmeily-ma@icrc.ac.ir)

### چکیده

امروزه با گسترش تکنولوژی، آلودگی حاصل از حضور پلاستیک ها در محیط های آبی و خاکی در سراسر جهان رو به گسترش است. ورود این آلاینده ها به محیط زیست و زنجیره غذایی محققان را با نگرانی جدی مواجه ساخته است. این امر نیاز به وجود روش های دقیق و استاندارد و در حین حال سریع جهت آنالیز میکروپلاستیک ها را هر چه بیشتر پررنگ نموده است. بدین ترتیب با استفاده از قابلیت های کلیدی و نرم افزاری دستگاه های آنالیز آزمایشگاهی می توان تا حدی آلودگی ناشی از وجود میکروپلاستیک ها و خطرات ناشی از حضور آنها در زنجیره غذایی را در آینده با وضع قوانین مناسب جهت محدود کردن تولید و استفاده پلاستیک ها، نظارت و کنترل کرد. در این پژوهش سعی شده به معرفی دستگاه رامان کنفوکال میکروسکوپی بعنوان یک تکنیک دقیق و سریع برای شناسایی میکروپلاستیک ها و مقایسه آن با سایر تکنیک ها پرداخته شود.

کلمات کلیدی: میکروسکوپ رامان کنفوکال، طیف سنجی رامان، ساختار مولکولی، میکروپلاستیک، آلودگی های زیست-محیطی

### مقدمه

تولید عظیم میلیون ها تن پلاستیک در سال، در سراسر جهان در نتیجه افزایش تقاضای استفاده از کالاهای یکبار مصرف و همچنین تجزیه پذیری کم پلیمرها، منجر به تجمع انبوهی از زباله ها پلاستیکی در زیستگاه های طبیعی شده است [۱]. علیرغم دوام پلیمرهای مصنوعی، اقلام پلاستیکی بزرگ در نتیجه تجزیه مکانیکی ناشی از ساییدگی توسط ماسه و سایر مواد یا امواج می توانند تحت فرآیندهای تکه تکه شدن قرار گیرند و توسط فرآیندهای فتوشیمیایی ایجاد

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شده توسط نور UV-B تحریک شده و بدین ترتیب سبب تولید و پخش میکروپلاستیک ها در طبیعت شوند. قطعات پلاستیکی کوچکتر، با قطر ۵ میلیمتر یا کمتر، به عنوان میکروپلاستیک طبقه بندی می شوند [۲]. میکروپلاستیک ها می توانند آلاینده های آلی پایدار (Persistent organic pollutants: POPs) و همچنین فلزات سنگین را از آب و رسوبات جذب کنند. این میکروپلاستیک ها وارد زنجیره غذایی شده و بدین ترتیب حیات وحش و در نهایت انسان ها را با خطرات بسیار جدی مواجه می سازند. شناسایی و تعیین کمیت میکروپلاستیک ها از چالش های تحلیلی مهم به شمار می رود. نبود روش های استاندارد و مشخص آزمایشگاهی، مقایسه مطالعات مختلف را دشوار می کند. امروزه مطالعات بسیاری در زمینه شناسایی میکروپلاستیک ها انجام شده است [۳]. طیفسنجی های رامان، مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) و جرمی مدت هاست که برای آنالیز پلیمرها مورد استفاده قرار می گیرند و بنابراین این تکنیک ها ابزاری دقیق برای شناسایی میکروپلاستیک ها هستند.

### مبانی نظری و پیشینه تحقیق

شناسایی و تعیین کمیت میکروپلاستیک ها از چالش های تحلیلی مهم به شمار می رود. نبود روش های استاندارد و مشخص آزمایشگاهی، مقایسه مطالعات مختلف را دشوار می کند. اکثر مطالعات تحقیقاتی انجام شده تا به امروز با دسته بندی بصری ذرات بوسیله میکروسکوپ نوری برای جداسازی میکروپلاستیک ها از سایر زباله ها می شد. محدودیت اصلی مرتب سازی بصری، اندازه ذرات است، زیرا هر چه اندازه کوچکتر باشد، تشخیص میکروپلاستیک از ذرات مزاحم دشوارتر است بنابراین، ذرات مرتب شده بر اساس سایز بایستی از تکنیک هایی که امکان شناسایی مناسب پلاستیک ها را ممکن می سازد، مانند تکنیک های طیفسنجی مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند [3]. بعضی از این روش ها کارایی کمتری داشته و بعضی از آنها مانند پیرولیز- کروماتوگرافی گازی- طیفسنجی جرمی (Pyrolysis-GC/MS) مخرب می باشند. مطالعات اخیر نشان می دهد که تکنیک های طیفسنجی مانند رامان و طیفسنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) در شناسایی و کمی سازی میکروپلاستیک ها، حساسیت و دقت بیشتری دارند و آنالیز سریع و قابل اعتماد را ممکن می سازند [۴].

### روش شناسی تحقیق

هر دو طیفسنجی رامان و FTIR قادر به شناسایی میکروپلاستیک ها هستند اما سه مزیت عمده سبب شده تا تکنیک رامان نسبت به FTIR برتری یابد. اولین مورد این است که در طیفسنجی رامان از لیزرهای با طول موج زیرمیکرون به عنوان منبع نور استفاده می شود به همین دلیل این تکنیک قادر به تفکیک ذرات با اندازه ۱ میکرون یا



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



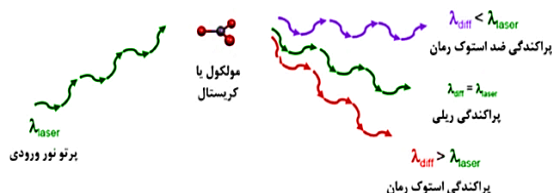
کمتر است. در صورتیکه در FTIR از نور مادون قرمز میانی به عنوان منبع استفاده می شود و در نتیجه یک محدوده طول

Raman	ATR-FTIR	Pyro-GC-MS	
پراکندگی	جذب	کروماتوگرافی و طیف سنجی جرمی	اساس روش
در اکثر موارد نیاز به آماده سازی نمونه نمی باشد	نمونه روی کریستال الماس نصب شده و فشرده می شود (مخرب)	نمونه کاملاً پیرولیز می شود (مخرب)	نمونه گیری
✓ حساس به ارتعاش مولکولی بر اساس تغییر ممان دو قطبی	✓ حساس به ارتعاش مولکولی بر اساس تغییر گشتاور دو قطبی	حساس به ساختار مولکولی بر اساس تجزیه به قطعات (نتایج کمی)	مزایا
✓ حساس به زنجیره اصلی پلیمر	✓ حساس به زنجیره های جانبی پلیمری		
✓ رزولوشن فضایی کمتر از ۱ میکرون	✓ وجود کتابخانه های طیفی کامل		
احتمال تداخل نشر فلورسانسی	احتمال جذب آب	زمان اندازه گیری طولانی نیاز به مقدار زیاد نمونه	معایب

موجی را ایجاد می کند که توانایی شناسایی ذرات کمتر از ۱۰ میکرون را از دست می دهد. دوم اینکه برخلاف سیستم های IR، میکروسکوپ های رامان با میکروسکوپ های نور سفید جفت شده اند که مشاهده ذرات را تسهیل می کنند. سومین مورد سهولت نمونه گیری است [۴].

جدول ۱. مقایسه تکنیک های Pyro-GC-MS، Raman و ATR-FTIR [۵]

### ۳-۱- اساس روش طیف سنجی رامان



طیف سنجی رامان یک تکنیک آنالیز شیمیایی غیر مخرب است که اطلاعات دقیقی از ساختار شیمیایی، فاز، پلی مورفی (Morphy Poly)، ساختار کریستالی و برهمکنش های مولکولی فراهم می کند. اساس طیف سنجی رامان

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

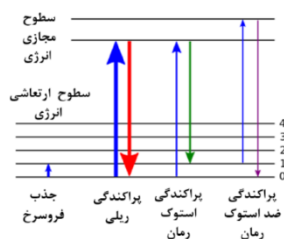
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



برهمکنش نور با پیوند شیمیایی موجود در نمونه است. تکنیک رامان، پراکندگی نور توسط پرتو ورودی از یک منبع شدید نور لیزر است. بیشتر نور پراکنده شده دارای طول موج یکسان با منبع لیزر است و اطلاعات مفیدی ارائه نمی کند که به آن پراکندگی رایلی (Rayleigh) می گویند (شکل ۱). با این حال میزان کمی از نور (حدود  $10^{-7}$  فوتون) با طول موج های مختلف پراکنده می شود که به ساختار شیمیایی نمونه مربوط است و به آن پراکندگی رامان می گویند (شکل ۲). یک طیف رامان تعدادی پیک دارد که نشان دهنده شدت و موقعیت طول موج نور پراکنده شده رامان است. هر پیک متناسب با یک ارتعاش پیوند مولکولی خاص، شامل پیوند های مجزا مانند C-H، C-O، C=C، C-C و غیره و همچنین پیوند گروهی مانند مدهای شبکه است [۶].

شکل ۱. تفاوت بین پرتوی نور ورودی و نور پراکنده شده، نوع ارتعاش مولکول



شکل ۲. نمودار سطوح انرژی در طیف رامان

### ۳-۲- آنالیز میکروپلاستیک ها با استفاده از میکروسکوپ رامان کنفوکال

نمونه های میکروپلاستیک جمع آوری شده حاوی مواد معدنی (مانند شن و ماسه)، مواد آلی (مانند فیلم زیستی) و مواد غیر سنتزی (مانند الیاف طبیعی) هستند این مواد غیر پلاستیک باید از میکروپلاستیک ها جدا شوند تا کمترین تداخل در طیفسنجی نمونه ایجاد شود. آلودگی های آلی از طریق هضم اسیدی، بازی و آنزیمی حذف و نمونه ها بر اساس اندازه، شکل و رنگ مرتب می شوند [۹]. نمونه ها روی سطح مناسب تثبیت شده و طیف گیری با تنظیم بهترین شرایط بمنظور کاهش تداخل با پخش رامان انجام می شود. با توجه به افزایش گسترگی نمونه های مورد آنالیز کتابخانه های

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

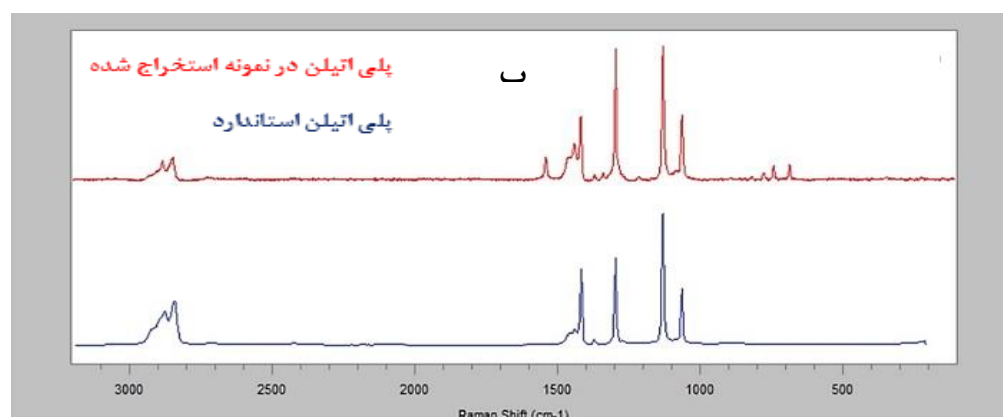
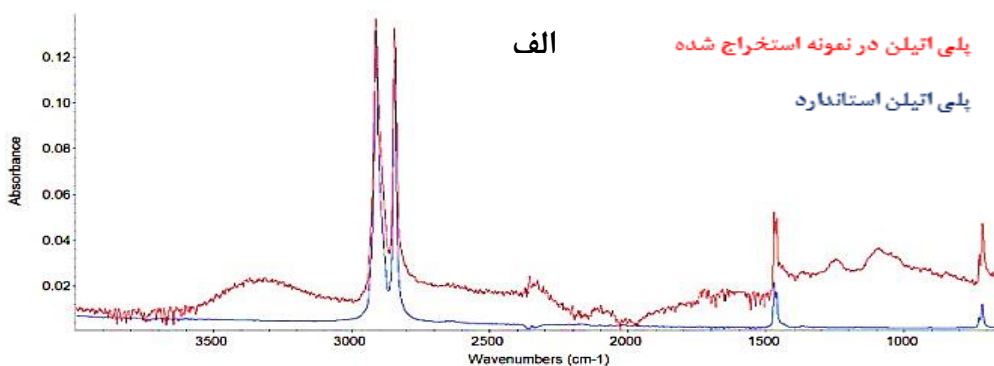
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



طیفی رامان هرروزه در حال گسترش و تکمیل شدن هستند بطوری که بانک اطلاعاتی بطور مجزا در کتابخانه های طیفی رامان به میکروپلاستیک ها با نام کتابخانه ذرات پلاستیک اختصاص داده شده است [۱۰]. طیف رامان حاصل از نمونه ی حاوی میکروپلاستیک پلی اتیلنی و پلی اتیلن استاندارد (خالص) در شکل ۳ آورده شده است. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می گردد طیف رامان نسبت به طیف FTIR نمونه مشاهده شده از تفکیک پذیری (رزولوشن) بالاتری برخوردار است.

شکل ۳. طیف های حاصل از نمونه ی میکرو پلاستیک پلی اتیلنی استخراج شده و پلی اتیلن استاندارد (الف) طیف FTIR (ب) طیف رامان







## نتیجه گیری

رامان کنفوکال میکروسکوپی بر مبنای دریافت اطلاعات از پدیده پراکنش نور در برخورد با ماده استوار است. امروزه این روش کاربردهای زیادی در حوزه های مختلف از جمله پزشکی، داروسازی، صنایع غذایی، علوم دفاعی و دیگر صنایع داشته است. هم چنین این روش اطلاعات مهمی از ساختار مولکولها در اختیار می گذارد بطوریکه باندهای رامان را می توان به نوعی اثر انگشت یک ترکیب دانست.

شباهت ها و تفاوت های روش پراکنش نوری رامان با روش طیف سنجی جذبی مادون قرمز باعث شده است تا از این دو روش برای مطالعه دقیق تر ساختاری یک ترکیب و به صورت مکمل یکدیگر استفاده شود. طیف سنجی رامان اطلاعات بسیار دقیق و ارزشمندی را از ساختار میکروپلاستیک های استخراج شده در طبیعت با کمترین میزان نمونه و بدون تخریب و با بیشترین سرعت در اختیار می گذارد.

## مراجع

- [1] J.S. Hanvey, P.J. Lewis, J.L. Lavers, N.D. Crosbie, K. Pozo, B.O. Clarke (2017), *Analytical Methods journal*, 9, 1369.
- [2] M. Cole, P. Lindeque, C. Halsband, T.S. Galloway (2011), *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2588.
- [3] O. Setälä, V. Fleming-Lehtinen, M. Lehtiniemi (2014), *Environmental Pollution*, 185, 77-83.
- [4] J. LiXua, K., Thomasb, Z. LuocAoife, A. Gowena (2019), *Analytical Methods journal*, 119, 1-11.
- [5] S. Huppertsberg, T.P. Knepper (2018), *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 410 6343.
- [6] H. Butler, (2016), *Nature Protocols*, 11, 664.
- [7] S. Kühn, B. Van Werven, A. Van Oyen, A. Meijboom, E.L.B. Rebolledo, J.A. Van Franeker, (2017), *Marine Pollution Bulletin*, 115 86.
- [8] L. Hermabessiere, I. Paul-Pont, A.-L. Cassone, C. Himber, J. Receveur, R. Jezequel, M. El Rakwe, E. Rinnert, G. Riviere, C. Lambert, A. Huvet, A. Dehaut, G. Duflos, P. Soudant (2019), *Environmental Pollution*. 250, 807.



## معرفی سلول های مایع طراحی شده برای میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی در جا/بهنگام

نویسنده: ساناز شبیکه\*

لیسانس الکترونیک، کارشناس آزمایشگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری دانشگاه شیراز

عضو کارگروه تخصصی میکروسکوپ الکترونی عبوری شبکه آزمایشگاهی فناوری های راهبردی معاونت علمی و فناوری ریاست

جمهوری

[researchers4u@yahoo.com](mailto:researchers4u@yahoo.com)

چکیده:

میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)<sup>۸</sup> همیشه به عنوان یکی از مهمترین ابزار برای بررسی و مشاهده مستقیم نانو ساختار نمونه های مختلف در حوزه های تحقیقاتی متنوع ( نظیر: زیست، علم مواد، شیمی، و فیزیک) در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است، یکی از اصلی ترین نیازمندی ها جهت مشاهده و تصویربرداری از نمونه ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری مرسوم (CTEM)<sup>۸</sup> آنگیری کامل نمونه های مذکور بوده تا از وقوع هر گونه مشکلی هنگام کار کردن تحت شرایط خلاء فوق العاده بالا جلوگیری به عمل آید. معمولاً نمونه ها پس از طی کردن مراحل آماده سازی برای بررسی شدن تحت میکروسکوپ الکترونی عبوری مرسوم در واقع از محیط طبیعی خود خارج شده و به صورت تثبیت شده درون CTEM قرار می گیرند. در این صورت محققان و پژوهشگران اطلاعات پویا و بلادرنگ ارزشمندی را از دست می دهند. مشاهده و تصویربرداری در جا/بهنگام از نمونه ها درون محیط طبیعی خود (در اینجا محیط مایع مد نظر بوده) با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری رویای دیرینه محققان این حوزه بوده است. اخیراً با پیشرفت های چشمگیر به وقوع پیوسته در زمینه ساختار CTEM، مشاهده و تصویربرداری از نمونه ها درون محیط طبیعی شان دیگر یک رویا نبوده و با استفاده از سلول مایع درون نگهدارنده نمونه TEM امکان پذیر می باشد. پژوهشگران با این تجهیزات پیشرفته قادرند اطلاعات پویا در جا/بهنگامی که پیش تر امکان دسترسی به آنها وجود نداشت را به دست آورند (اطلاعاتی نظیر: رشد، کوچکی غیر عادی و آسیب های سلول های زیستی؛ ترکیب، ریخت شناسی، توزیع اندازه، و تجمع/تفکیک نانوذرات؛ رشد و ساختار بلور؛ و ...). دستیابی به اطلاعات فوق الذکر با استفاده از میکروسکوپ الکترونی

<sup>8</sup> Transmission Electron Microscopy (TEM)

<sup>8</sup> Conventional Transmission Electron Microscopy (CTEM)

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



عبوری محیطی درجا/بهنگام مجهز به سلول مایع منجر به حصول درک عمیق تر و فراتری از واکنش ها و ساختارهای هر یک از نمونه ها می شود. در این مقاله، انواع سلول های مایع مختلف طراحی شده برای میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام به طور جامع و تفصیلی مورد بررسی قرار گرفته و معرفی می شوند.

کلمات کلیدی: میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام؛ سلول مایع؛ سلول مایع محیطی باز؛ سلول مایع مهر و موم شده.





#### مقدمه:

میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) یکی از قدرتمندترین و ضروری ترین ابزار برای مشخصه یابی مواد بوده که اطلاعات شیمیایی و ساختاری بسیار مهمی را در رابطه با آنها ارائه می دهد. در TEM معمولاً پرتو الکترونی با انرژی بین ۶۰ KeV الی ۳۰۰ KeV از نمونه ای جامد، تثبیت و آگیری شده نازکتر از ۰.۵ um واقع درون نگهدارنده نمونه عبور می کند. آنگاه فاز و دامنه الکترون های عبوری از نمونه به گونه ای اصلاح شده که تصویر نهایی حاوی اطلاعاتی مؤثر درباره نمونه باشد. در سال های اخیر، پیشرفت های چشمگیری در حوزه میکروسکوپ الکترونی عبوری به وقوع پیوسته است. همزمان با ظهور TEM (STEM) <sup>۸</sup> با ابراهای اصلاح شده که طیف سنجی و تصویربرداری اتمی را امکان پذیر نموده، هم اکنون دستیابی به قابلیت تصویربرداری از نمونه ها درون محیط مایع با مقیاس زیر نانومتر یا اتمی نیز تسهیل شده است. میکروسکوپ الکترونی عبوری قدرت تفکیک پذیری مکانی و زمانی بی نظیری را در مقایسه با دیگر روش های موجود در رابطه با بررسی ساختار و واکنش های نمونه ها درون فاز مایع فراهم می آورد. قدمت تصویربرداری از نمونه ها درون محیط مایع با استفاده از TEM به سال ۱۹۳۴ بازگشته، زمانی که مارتون از نمونه های زیستی به صورت ساندریج شده بین دو فویل آلومینیومی تصویربرداری می کرد. البته در چند دهه بعد از فعالیت های مارتون، به دلیل چالش های فنی مربوط به جداسازی نمونه مایع/نمونه درون محیط مایع از محیط با خلاء بالا میکروسکوپ الکترونی عبوری پروژه های پژوهشی در این حوزه محدود گشت (یک CTEM به منظور به حداقل رساندن پراکندگی الکترون ها به خلاء بالا ( $10^{-6}$  torr یا بالاتر) درون قسمت ستون خود نیازمند است). به طور کلی از زمان اختراع میکروسکوپ الکترونی عبوری، هدف پژوهشگران بررسی و تصویربرداری از نمونه های مایع و نمونه های درون محیط مایع به سادگی میکروسکوپ نوری و قدرت تفکیک پذیری مکانی بسیار بالاتر بوده است. میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام مجهز به سلول مایع به حوزه تحقیقاتی بسیار جالبی تبدیل شده که توجه بسیاری از حوزه های دیگر نظیر: علم مواد، علم شیمی، فیزیک و زیست را به خود جلب کرده است. مایعات دربرگیرنده فشار بخار پایین یا مایعات کپسوله شده توسط مواد دیگر را می توان بدون تمهیدات خاصی بررسی نمود. اما بررسی اکثر نمونه های مایع، خصوصاً آنهایی که دربرگیرنده آب بوده به راهبردهای دیگری نیاز دارند. نخستین سیستم ابداع شده برای این چنین نمونه ها از یک محفظه محیطی باز درون ناحیه نگهدارنده نمونه TEM استفاده کرده است. این محفظه با استفاده از پمپ کنترل اختلاف فشار به منظور ایجاد محیطی خیس برای نمونه که شامل مایع و بخار بوده میزان فشار این قسمت را در حد ۰.۲ bar نگاه داشته و در عین حال فشار بقیه قسمت های TEM را در پایین ترین حد ممکن تنظیم می کند. در این محفظه از مایعات با فشار بخار پایین استفاده می شود. البته

<sup>8</sup> Scanning Transmission Electron Microscopy (STEM)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



کنترل دقیق ضخامت مایع در محفظه محیطی مایع باز دشوار بوده و همین امر دستیابی به قدرت تفکیک پذیری در مقیاس نانومتر را برای فیلم/غشاءهای مایع نازک تر از  $1\ \mu\text{m}$  با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی را چالش برانگیز می کند. به همین دلیل، با توجه به پیشرفت های اخیر در حوزه فناوری فیلم/غشاء نازک، نانوتولید و تصویربرداری منجر به حصول سیستمی پیشرفته تر با عنوان سلول مایع مهر و موم شده گردید. در ابتدا از فویل های کربنی نازک و ورقه های گرافنی نازک برای تولید سلول مایع مهر و موم شده استفاده می گردید. به تدریج فیلم/غشاءهای سیلیکونی<sup>9</sup> ( $\text{SiN}^9$ ) با ضخامت تقریبی  $20\ \text{nm}$  الی  $100\ \text{nm}$ ) مستقر روی ریز تراشه های سیلیکونی به دلایلی نظیر: تولید آسان، ترکیب و ضخامت همگن، و فراهم آوردن پنجره های مستحکم برای سلول های مایع از محبوبیت بالایی برخوردار شدند. فناوری های پردازش استاندارد سیلیکون قابلیت تعبیه الکترودهای مختلف درون ریز تراشه های مورد نظر را فراهم آورده که این امر طیف آزمون های قابل اجرا را افزایش می دهد. البته این رویکرد نیز دارای عیوب و چالش هایی نیز می باشد. یکی از مهمترین چالش ها، ایجاد توازن میان اندازه پنجره، ضخامت مایع، و ضخامت خود پنجره جهت دستیابی به بهترین قدرت تفکیک پذیری تصویر و میدان دید می باشد. هر چقدر میزان ضخامت لایه مایع و پنجره کاهش یابد، قدرت تفکیک پذیری بهینه تر می شود. البته باید توجه داشت که پنجره بیش از اندازه نازک تحت خلاء خم شده و ضخامت مایع در مرکز پنجره را افزایش می دهد. یکی از چالش های دیگر، ضخامت پنجره سلول مایع مهر و موم شده بوده که خود قدرت تفکیک پذیری را کاهش می دهد. یکی دیگر از چالش ها، شکل گیری ناخواسته حباب درون سلول مایع مهر و موم شده می باشد. اخیراً با پیشرفت های انجام پذیرفته در حوزه نانوتولید سلول مایع، قابلیت تصویربرداری از نمونه های مایع/نمونه های درون محیط مایع ساندویچ شده بین دو غشاء فوق نازک با قدرت تفکیک پذیری زیر نانومتر با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی به صورت درجا/بهنگام امکان پذیر شده است. در شکل ۱ روش ها و پیکربندی های مختلف موجود برای تصویربرداری TEM فاز مایع با یکدیگر مقایسه شده اند. امروزه بسیاری از محققان به سادگی سلول های مایع خانگی ساخته و همچنین به پیشرفته ترین سلول های مایع تجاری نیز دسترسی دارند.

<sup>9</sup> Silicon nitride

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

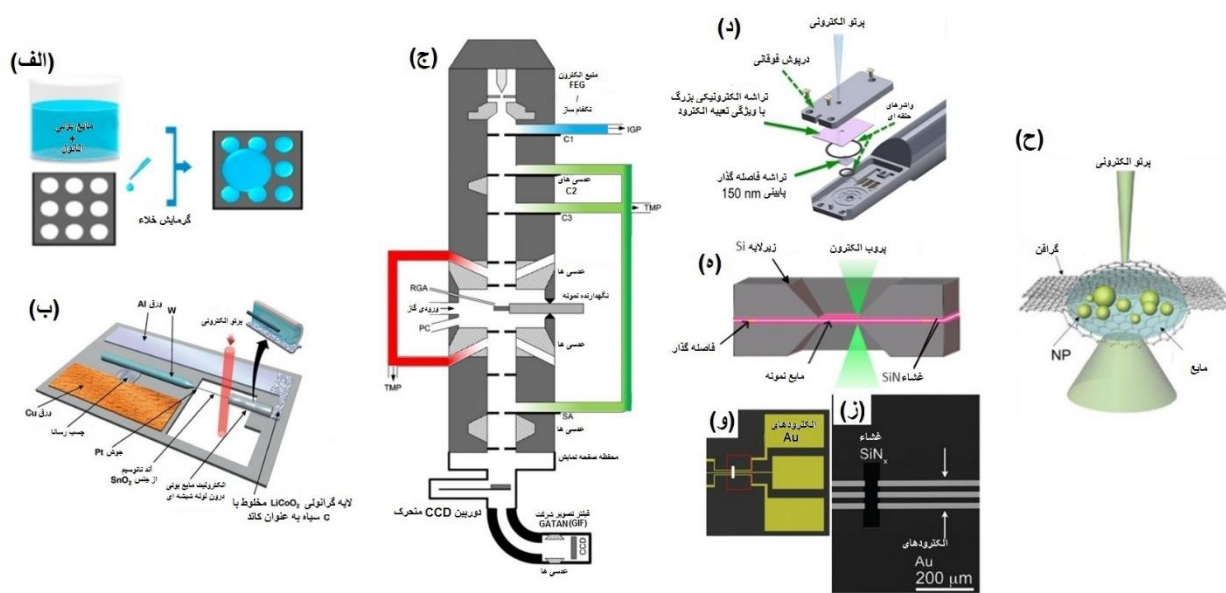
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



### تصویربرداری فاز مایع توسط TEM



مزایا :	مزایا :	مزایا :	مزایا :
آماده سازی آسان نمونه	آماده سازی آسان نمونه	آماده سازی نسبتاً آسان نمونه	تصویربرداری با TEM استاندارد
تصویربرداری با TEM استاندارد	قابلیت به کارگیری نگهدارنده نمونه TEM استاندارد	تصویربرداری با TEM استاندارد	تنوع فراوان در انتخاب مایعات
قدرت تفکیک پذیری بالا	بسیارسیگنال الکتریکی با نگهدارنده نمونه ویژه TEM	تنوع فراوان در انتخاب مایعات	قدرت تفکیک پذیری مناسب
قابلیت به کارگیری نگهدارنده نمونه TEM استاندارد (الف)	جریان مایع کنترل شده با نگهدارنده نمونه ویژه TEM	جریان مایع کنترل شده	نگهدارنده نمونه TEM استاندارد
با بهای بسیار گران الکتریکی با نگهدارنده نمونه ویژه TEM (ب)	قدرت تفکیک پذیری بالا	بسیارسیگنال الکتریکی	
		دسترسی پذیری به صورت تجاری	
معایب :	معایب :	معایب :	معایب :
محدودیت در انتخاب مایعات	نیاز به TEM ویژه	افت قدرت تفکیک پذیری	آماده سازی چالش برانگیز نمونه
	محدودیت در انتخاب مایعات	نگهدارنده نمونه ویژه TEM	عدم جریان مایع
			عدم وجود بهای بسیار گران الکتریکی
			عدم دسترسی پذیری به صورت تجاری

شکل ۱: مقایسه روش ها و پیکربندی های مختلف برای تصویربرداری TEM فاز مایع [۱]. (الف): فیلم / لایه های مایع یونی قرار گرفته درون حفره های میکرومتری حاصل شده از کشش سطحی مناسب برای تصویربرداری TEM [۲]. (ب): شماتیک طراحی یک باتری مینیاتوری با





الکترولیت مبتنی بر مایع یونی برای تصویربرداری درون TEM [۳]. (ج): شماتیک ستون TEM مجهز به سیستم پمپ کنترل اختلاف فشار با سه مرحله مختلف پمپاژ (لوله های هر مرحله با رنگ متفاوت در شکل نمایش داده شده اند) که دستیابی به محفظه نمونه با فشار بالا را امکان پذیر می سازد [۴]. (د): شماتیک قسمت نوک نگهدارنده TEM فاز مایع درجا/بهنگام [۵]. (ه): شماتیک سلول مایع تولید شده از دو تراشه سیلیکون/سیلیکون نیتريد [۶]. (و): تراشه سیلیکونی با الکترودهای تعبیه شده در ابعاد میکرون [۷]. (ز): تصویر SEM با بزرگنمایی بالا از محدوده مستطیل قرمز رنگ شکل (و). (ح): شماتیک سلول مایع برای TEM. نمونه میان دو ورق گرافنی محصور شده است [۸].

تاکنون از میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام مجهز به سلول مایع در حوزه های تحقیقاتی همچون: رشد و هسته زایی نانوذرات؛ ردیابی حرکت نانوذرات در مایع؛ واکنش های با منشاء الکتروشیمیایی نظیر: رسوب، خوردگی و انتقال یون؛ شکل گیری حباب و نانوقطرات مایع؛ کانی سازی زیستی؛ مواد آلی؛ و مواد زیستی نظیر: پروتئین ها و سلول های کامل درون آب مایع [۹]. پیکربندی این مقاله به صورت ذیل می باشد. در بخش ۱، اصول کارکرد میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام مجهز به سلول مایع شرح داده می شود. بخش ۲، اصول کارکرد سلول محیطی مایع باز مورد استفاده درون میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام موجود در بازار را بررسی می کند. در بخش ۳ نیز انواع سلول های مایع مهر و موم شده مورد استفاده درون میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام معرفی شده و کارکرد، مزایا و معایب آنها با یکدیگر مقایسه می شود. در بخش ۴ نیز نتیجه گیری این مقاله ارائه می گردد.

۱. معرفی و شرح اصول کارکرد میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام مجهز به سلول مایع بسیاری از فرآیندهای صنعتی و طبیعی به پردازش اطلاعات نمونه های مایع/نمونه های درون محیط مایع نیازمند هستند. به دلیل دشوار بودن انجام این نوع آزمون ها توسط روش های مشخصه یابی مرسوم، دستیابی به جزئیات در مقیاس نانو این اطلاعات به سختی امکان پذیر بوده و دقت بالایی نیز حاصل نمی شد. به همین منظور به رویکردی مستقیم و آسان تر برای مشاهده و بررسی دقیق این نوع فرآیندها نیاز بود. میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام مجهز به سلول مایع به عنوان یک بستر تصویربرداری در نظر گرفته شده که قابلیت مشاهده و بررسی درجا/بهنگام این نوع فرآیندها را توسط ساندویچ کردن لایه فوق نازکی از نمونه مایع میان دو فیلم/غشاء نازک عبوردهنده الکترون و جدا کردن آن از محیط دربرگیرنده خلاء بالا درون TEM را فراهم می آورد. با استفاده از این نوع TEM، می توان به پرسش هایی که تاکنون به دلیل عدم وجود امکانات جوابی برای آنها نبود پاسخ داد. پرسش هایی نظیر: چگونه اتم های حل شونده فاز جامد را تشکیل می دهند؟ نانو مواد چگونه به منظور تشکیل ساختارهای دوبعدی (2D) و سه بعدی (3D) با مشخصه های

<sup>9</sup> Scanning Electron Microscopy (SEM)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

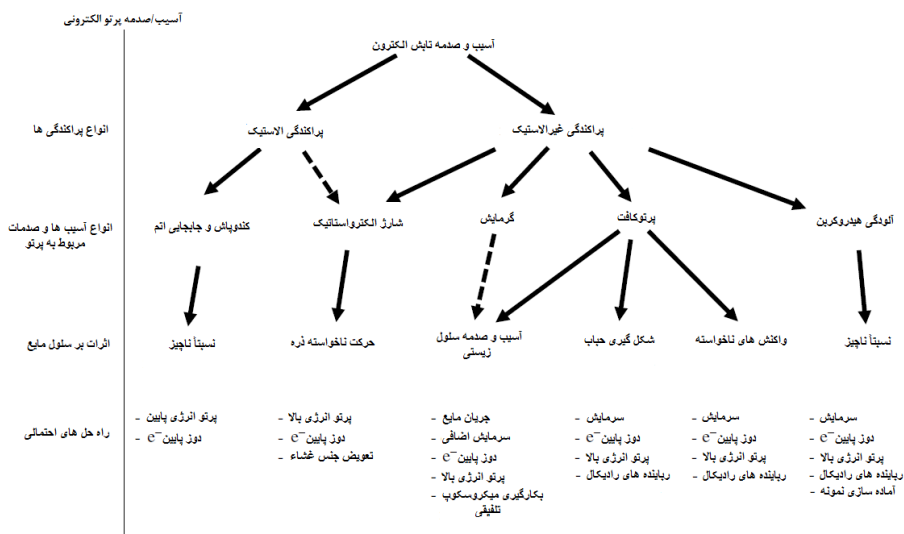
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



منحصربفرد دگرگون شده یا خودآرایی می کنند؟ چگونه کمپلکس های درشت مولکولی زیستی بزرگ از زیرواحدهای تکی شکل گرفته و ساختار خود را به گونه ای اصلاح نموده که عملکرد خاصی را انجام دهند؟ میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام مجهز به سلول مایع قدرتمندترین ابزاری است که قابلیت بررسی اینگونه پرسش ها و دیگر فرآیندهای شیمیایی، فیزیکی، و زیستی در محیط مایع را از طریق تصویربرداری مستقیم وابسته به زمان در مقیاس نانو دارا می باشد. تلاش برای تصویربرداری از نمونه ها درون محیط مایع تاریخچه ای قدیمی داشته، به صورتیکه نخستین سلول مایع تجاری در سال ۱۹۴۴ ساخته و عرضه شد. در روزهای نخستین از این سلول مایع برای تصویربرداری از کلوئیدها، بلورهای پروتئینی، و ریزسازواره ها استفاده می گردید. البته در آن روزها علاوه بر پایین بودن قدرت تفکیک پذیری/رزولوشن مکانی تصاویر حاصل شده، نگاه داشتن مایعات درون سلول مایع به منظور جلوگیری از وقوع تداخل با محیط خلاء بالا داخل TEM نیز چالش برانگیز بود (در اغلب موارد سلول های مایع پر از بخار آب می شدند). علاوه بر چالش های مذکور، پرتو الکترونی نیز آسیب ها و صدماتی را بر نمونه درون سلول مایع تحمیل نموده و منجر به وقوع آرتیفکت می شود. این آرتیفکت ها در کیفیت و قدرت تفکیک پذیری تصویر نهایی تأثیر بسزایی دارند. در شکل ۲، صدمات و آسیب های حاصل از تابش پرتو الکترونی بر سلول مایع و راه حل های احتمالی برای رفع آنها به طور جامع شرح داده شده است.



شکل ۲: انواع مختلف آسیب ها/صدمات پرتو الکترونی و تأثیر آنها بر سلول مایع TEM (خطوط نقطه چین نماینده تأثیر نسبتاً ناچیز می باشند) [۱].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



با توجه به پیشرفت های چشمگیری که اخیراً در حوزه طراحی و تولید سلول های مایع به وقوع پیوسته می توان طیف گسترده ای از آزمون های در مقیاس نانو را که قبلاً انجام آنها برای نمونه های مایع /نمونه های در محیط مایع امکان پذیر نبوده را اجرا کرد. برخی از این آزمون ها عبارتند از: تصویربرداری درجا/بهنگام از فرآیند نهشت/رسوب دهی الکتریکی درون الکترولیت های مایع، رشد نانوذرات کلوئیدی، ساختارهای سلولی سلول های کامل درون آب، دینامیک/پویایی شناسی نانوقطرات آب، خودآرایی نانوذرات، رشد چارچوب/قالب های فلز-آلی، و ساختار گروه درشت مولکول ها. ترکیب میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام مجهز به سلول مایع با دیگر روش های پیشرفته میکروسکوپ الکترونی نظیر: تصویربرداری با قدرت تفکیک پذیری اتمی به کمک TEM با ابزاری اصلاح شده، آشکارسازی سریع الکترون و نگاشت مشخصه های الکترونیکی و شیمیایی با روش طیفسنجی پراکندگی انرژی اشعه ایکس (EDX) <sup>۲</sup> و طیفسنجی افت انرژی الکترون (EELS) <sup>۳</sup> منجر به وقوع پیشرفت های بسیاری شده است. به عنوان مثال، استفاده از این روش ها به همراه میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام مجهز به سلول مایع قابلیت بررسی هسته زایی و مراحل اولیه رشد نانوذره با قدرت تفکیک پذیری اتمی، ساختار و ساختار شیمیایی فازهای میانی الکترولیت جامد (SEIs) <sup>۴</sup> در طول فرآیند نهشت/رسوب دهی الکتریکی لیتیوم، و ساختار و پیوند مایعات را فراهم آورده است. در حال حاضر دو نوع سلول مایع تجاری مرسوم که در میان پژوهشگران از محبوبیت بالایی برخوردار بوده عبارتند از: سلول محیطی مایع باز و سلول مایع مهر و موم شده [۱۰]. هر یک از این سلول ها به صورت تفصیلی در بخش های ذیل شرح داده شده اند.

۲. معرفی و شرح اصول کارکرد سلول محیطی مایع باز مورد استفاده درون میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام

یکی از رویکردهایی که توسط آن می توان نمونه مایع یا نمونه درون محیط مایع را با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام بررسی نمود، بکارگیری سلول محیطی مایع باز بوده که نیازمند اعمال برخی اصلاحات در قسمت ستون TEM و محفظه نگهدارنده نمونه می باشد. در شکل ۳ نگهدارنده نمونه مخصوص سلول مایع محیطی باز، برشی عرضی از آن جهت درک بهتر موقعیت سلول محیطی مایع باز، و همچنین نمایی از داخل سلول محیطی مایع باز نمایش داده شده است.

<sup>۱</sup> energy-dispersive x-ray (EDX)

<sup>۲</sup> electron energy-loss spectroscopy (EELS)

<sup>۳</sup> solid-electrolyte interphases<sup>۴</sup>(SEIs)



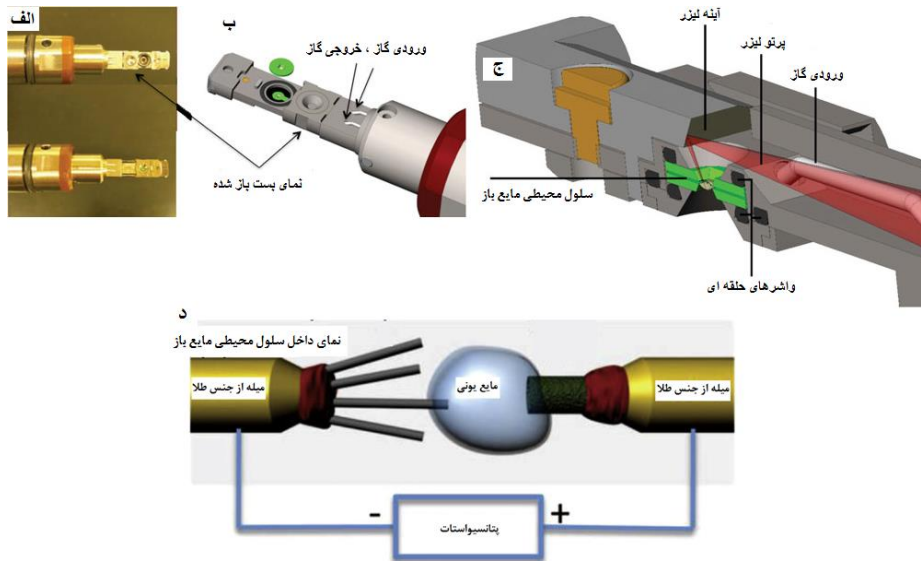
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۳: بررسی طراحی نگهدارنده حاوی سلول محیطی مایع باز. (الف): نوک نگهدارنده درجا/بهنگام پیش از نصب پنجره های مورد نظر (تصویر بالایی) و پس از نصب پنجره های مذکور و قرار دادن بست مورد نیاز جهت مهر و موم کردن سلول محیطی (تصویر پایینی) [۱۱]. (ب): جایگذاری فاصله گذار و پنجره های از جنس نیتريد درون سلول محیطی [۱۱]. (ج): برشی عرضی از نگهدارنده دربر گیرنده: سلول محیطی حاوی نمونه، لوله گاز ورودی، و لیزر متمرکز شده به همراه آینه مربوطه مستقر بالای سلول محیطی مذکور نمایش داده شده است [۱۱]. (د): نمایی از داخل سلول محیطی مایع باز طراحی شده برای مایع یونی دربرگیرنده فشار بخار پایین [۱۲].

مایعات مورد استفاده در این نوع سلول ها نیز باید در برابر خلاء بالا مقاوم باشند، که همین امر تعداد مایعات قابل بررسی تحت چنین شرایطی را محدود می سازد. اکثر تحقیقات انجام پذیرفته توسط سلول های محیطی مایع باز در زمینه آلیاژهای مایع و مایعات یونی صورت پذیرفته که هر دوی آنها نسبت به خلاء بالا مقاوم می باشند. به منظور بهره مندی از رویکرد سلول محیطی مایع باز اتمسفر گازی درون محفظه نگهدارنده نمونه TEM باید بالاتر از فشار بخار اشباع مایع مورد نظر نگاه داشته شده، که این امر از تبخیر مایع مربوطه از نمونه مورد استفاده جلوگیری به عمل می آورد. فشار بخار اشباع تابعی از نوع مایع بوده و همراه با دما تغییر می کند. در صورت استفاده از سلول محیطی مایع باز می بایست از مایعات با فشار بخار پایین استفاده کرد. حفظ فشار مورد نیاز در محفظه نگهدارنده نمونه از طریق بکارگیری سیستم پمپ کنترل اختلاف فشار امکان پذیر می باشد. این سیستم فشار درون محفظه نگهدارنده نمونه را در حد بالاتر از فشار

<sup>9</sup> Environmental Cell (E-cell)<sup>5</sup>

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

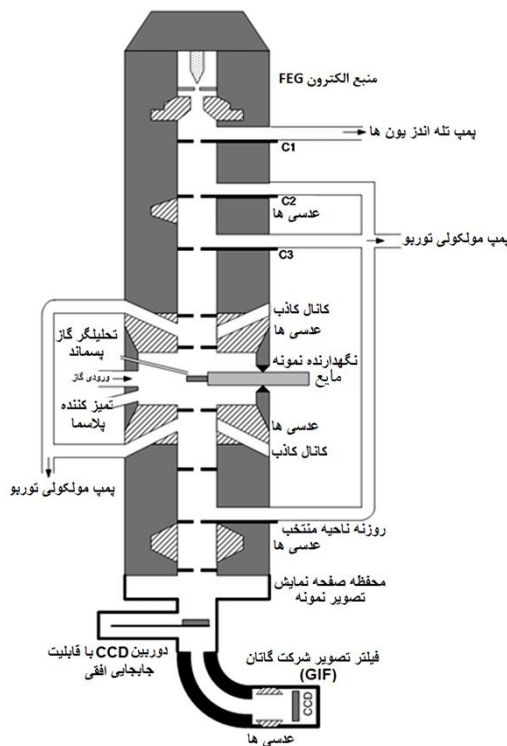
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



حول تفنگ الکترونی و ستون TEM (که می بایست همیشه در شرایط خلاء بالا نگاه داشته شود) تنظیم می کند. در دهه ۱۹۷۰، استفاده از TEM مجهز به سلول محیطی مایع باز دربرگیرنده سیستم پمپ کنترل اختلاف فشار برای بررسی نمونه های مایع /نمونه های درون محیط مایع به تدریج رواج پیدا کرد. تصویری از ساختار میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی دربرگیرنده سیستم پمپ کنترل اختلاف فشار جهت استفاده از سلول محیطی مایع باز در شکل ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۴: شماتیک برش عرضی از سیستم پمپ کنترل اختلاف فشار تعبیه شده درون ستون میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام جهت فراهم آوردن قابلیت بکارگیری سلول محیطی مایع باز در قسمت محفظه نگهدارنده نمونه [۱۳].

در آن دهه این نوع TEMها معمولاً قادر به ایجاد فشار گاز تقریباً برابر با  $20 \sim \text{ Torr}$  حول نمونه بودند. البته برخی از طراحی ها فشار مورد نظر حول نمونه را تا  $760 \text{ Torr}$  بالا برده، اما باید توجه داشت که قدرت تفکیک پذیری مکانی در فشارهای بالا گازی افت می کند. از نخستین سلول های محیطی مایع باز اصولاً برای بررسی نمونه های زیستی استفاده می گردید، این نمونه ها در تمام مراحل حتی هنگام وارد شدن به محفظه نگهدارنده نمونه میکروسکوپ الکترونی می بایست درون محیط طبیعی حاوی مایع منحصربفرد خود نگهداری می شدند. البته اکنون نمونه های زیستی اکثراً

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری کرایو (انجمادی) نمودار بررسی قرار گرفته و سلول های محیطی مایع باز نیز عموماً برای بررسی موادی نظیر: نانوبلورها با قدرت تفکیک پذیری بالا در محیطی با فشار گاز پایین ( $<20 \text{ Torr}$ ) استفاده می شود. در صورت استفاده از سلول محیطی مایع باز جهت پایدار نگاه داشتن مایع بکاربرده شده باید دما و فشار به دقت کنترل شوند. در روزهای نخستین استفاده از این نوع سلول به دلیل دشوار بودن کنترل ضخامت و هندسه مایع مورد نظر از محبوبیت بالایی برخوردار نبود. اما اخیراً، این رویکرد با استفاده از مایعات یونی فشار پایین به عنوان الکترولیت در زمینه مشخصه یابی الکتروشیمیایی نانوباتری جهت حصول بینشی عمیق تر در رابطه با فرآیندهای شارژ و دشارژ محبوبیت خود را در میان پژوهشگران باز پس گرفته است. مزایای استفاده از سلول محیطی مایع باز عبارتند از: عدم وجود محدودیت هندسی مربوط به رعایت فاصله الزامی بین پنجره ها همانند رویکرد سلول مایع مهر و موم شده، ارائه انعطاف پذیری بیشتر در زمینه موقعیت و انواع آشکارسازها و محرک های خارجی مورد استفاده برای پروب و تحلیل نمونه ها، و عدم وجود ریسک پارگی پنجره سلول مایع و وقوع نشتی به قسمت خلاء بالا محفظه نگهدارنده نمونه [۱۴]. این مزایا نیز به نوبه خود، بسیاری از پژوهشگران را برای بررسی نمونه های خود به صورت درجا/بهنگام با استفاده از سلول محیطی مایع باز ترغیب کرده اند. اما یکی از مهمترین عیوب این نوع سلول که تنها قابلیت استفاده از مایعات با فشار بخار پایین را ارائه کرده، محققان را بر آن داشته که جهت حذف این محدودیت نوع دیگری از سلول مایع را ابداع نموده که در بخش ذیل به بررسی آن پرداخته شده است.

### ۳. معرفی و شرح اصول کارکرد انواع سلول های مایع مهر و موم شده مورد استفاده درون میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام

به منظور بررسی نمونه های مایع /نمونه های درون مایعات فرار یا مایعات با فشار بخار مختلف با استفاده از TEM به طراحی ویژه ای برای سلول مایع و محفظه نگهدارنده نمونه نیاز است. جهت دستیابی به قابلیت بررسی اکثریت نمونه های مایع یا نمونه های درون محیط مایع با فشار بخار پایین الی بالا می بایست از سلول مایع مهر و موم شده استفاده کرد. در شکل ۵ تصاویر ترتیبی درجا/بهنگام تهیه شده از نمونه موجود درون محیط مایع توسط سلول مایع مهر و موم شده نمایش داده شده است.

<sup>9</sup> Cryo Transmission Electron<sup>6</sup>Microscopy



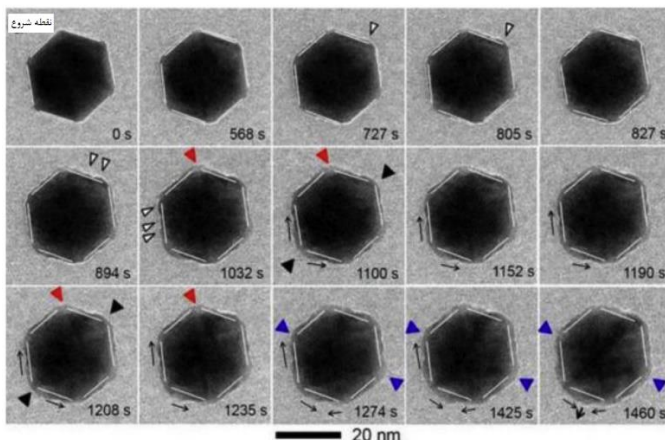
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



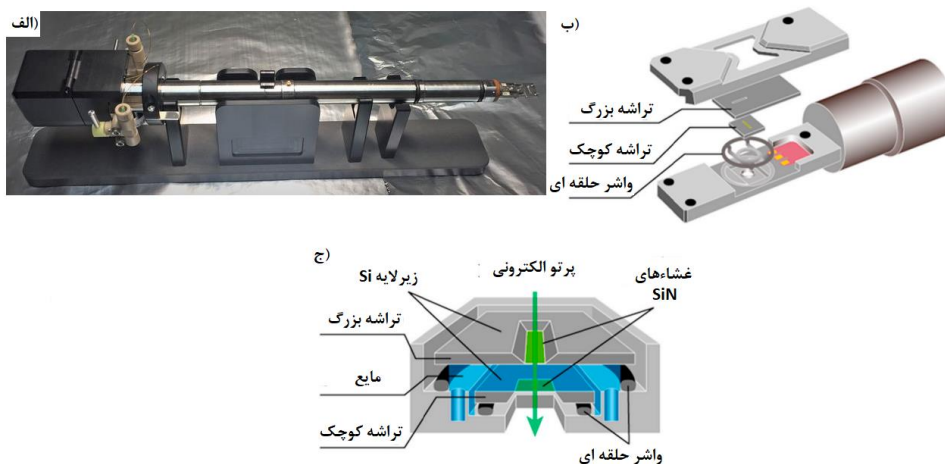
شکل ۵: تصاویر ترتیبی از فرآیند رشد درجا/بهنگام نانوذره طلا (Au) روی تک نانوذره بیست وجهی پلاتینیوم (Pt) در زمان های متوالی بر حسب ثانیه. مثلث های درون تصاویر نماینده تغییر سطحی در گوشه بلور پلاتینیوم (Pt) هستند [۱۵].

این نوع سلول، مایع قرار گرفته درون خود را توسط دو غشاء/فیلم بالایی و پایینی مهر و موم شده از خلاء بالا موجود درون TEM جدا می سازد. این سلول علاوه بر ارائه قابلیت عبور دادن الکترون ها، همچنین باید میدان دید گسترده ای را نیز برای کاربر فراهم آورد. غشاءهای کپسوله/پوشینه ساز این نوع سلول باید بسیار نازک بوده و برای عبور دادن هر چه بیشتر الکترون ها از جنس موادی دربرگیرنده اتم های سبک ساخته شوند. البته این نوع سلول ها باید مستحکم نیز باشند، زیرا اختلاف فشار میان مایع موجود در فشار اتمسفری/جوی یا بالاتر و خلاء حاضر درون TEM خصوصاً وقتی که ناحیه پنجره سلول مذکور بزرگ باشد، منجر به وارد آمدن تنش و فشار به غشاء مربوطه و برآمدگی/بیرون زدگی به سمت محیط خلاء می شود. این تنش و فشار احتمالاً منجر به ایجاد شکاف در سلول شده و همین امر باعث نشت مایع مورد نظر به درون سیستم خلاء می شود. لازم به ذکر است که فرآیند برآمدگی/بیرون زدگی باعث افزایش ضخامت مایع شده و در نتیجه قدرت تفکیک پذیری را تقلیل می دهد. بنابراین غشاء بکاربرده شده در این نوع از سلول ها علاوه بر اینکه باید تا حد امکان نازک بوده و در عین حال حداکثر میزان الکترون را عبور دهد، می بایست برای به حداقل رساندن فرآیند برآمدگی/بیرون زدگی نیز از مدول یانگ<sup>۹</sup> بالایی برخوردار باشد. هندسه سلول باید شامل ناحیه های پنجره نسبتاً کوچک و همچنین غشاءهای بکاربرده شده نیز نزدیک به یکدیگر و فضای بین آنها قابل کنترل باشد. نیازمندی های مکانیکی برای سلول های مهر و موم شده منجر به استفاده از موادی نظیر: دی اکسید سیلیکون، نیتريد سیلیکون، نیتريد

<sup>9</sup> Young's modulus



بور شش ضلعی، یا گرافن برای ساختن آنها می شود. گرافن از اکثر جوانب ماده ای ایده آل می باشد. اما در صورت تمایل به افزودن ویژگی هایی نظیر: الکترودها، قابلیت جاری بودن مایعات، و المنت های گرمایی و همچنین دستیابی به قابلیت کنترل فضای بین دو غشاء این نوع سلول ها به طور مرسوم در روش های تجاری ریزساخت برای تولید انبوه سلول های مایع مهر و موم شده از مواد دیگری استفاده می شود. سلول های مایع مهر و موم شده تجاری معمولاً متشکل از یک جفت تراشه سیلیکونی بوده که هر یک دارای غشاء ای نازک هستند و قادر به ارائه طیفی گسترده از کاربردها می باشند (مراجعه به شکل ۶).



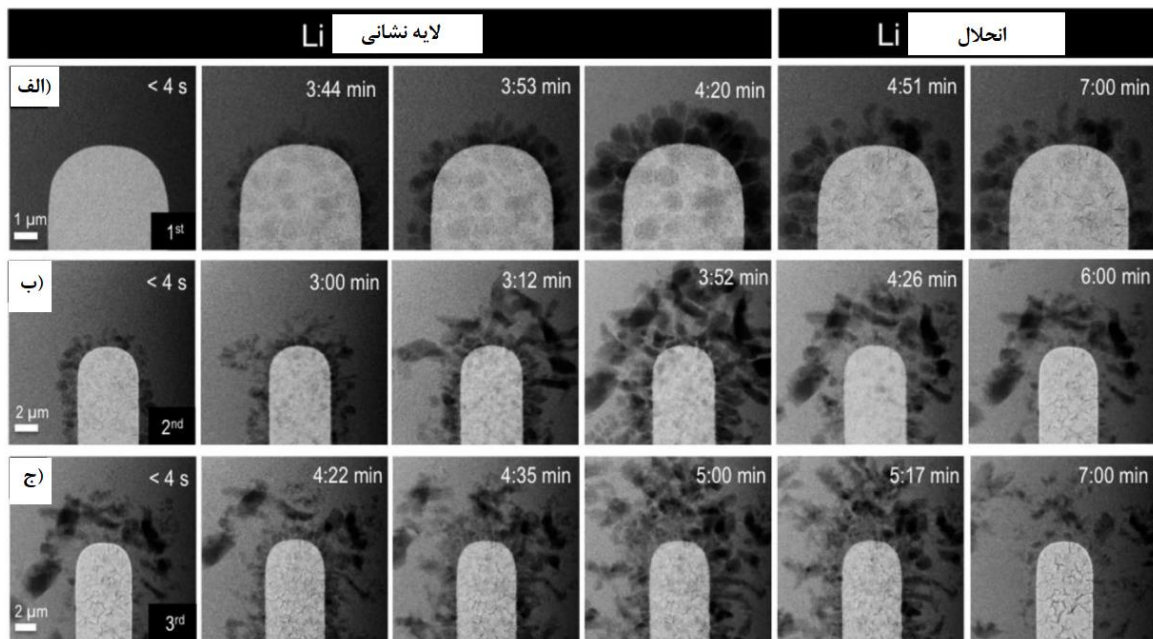
شکل ۶: الف): تصویر دنیای واقعی از نگهدارنده نمونه مورد استفاده برای سلول مایع مهر و موم شده از جنس تراشه سیلیکونی.  
ب): شماتیک پیکربندی نوک نگهدارنده نمونه (الف) محل استقرار سلول مایع مهر و موم شده. ج): نمای برش عرضی از خود سلول مایع مهر و موم شده از جنس تراشه سیلیکونی [۱۶].

از لحاظ تجاری و کاربرد در حال حاضر بهترین مواد برای ساخت غشاء های سلول های مایع مهر و موم شده نیتريد سیلیکون  $Si_xN_y$  می باشد. یک سیستم کامل برای سلول مایع مهر و موم شده TEM شامل نگهدارنده نمونه نیز می شود. این نگهدارنده نمونه را می توان طوری طراحی کرد که دارای درگاه های مخصوص برای ساختن مایعات مورد نظر، قرار دادن اتصالات الکتریکی برای الکترودها، یا تعبیه المنت های گرمایی درون تراشه های سلول مایع مهر و موم شده باشند. نخستین نوع از سلول های مایع مهر و موم شده دربرگیرنده تراشه، حاوی دو تراشه سیلیکونی بود که هر یک از این تراشه ها به نوبه خود دارای یک پنجره بودند، فضای میان این دو پنجره توسط یک لایه فاصله گذار کنترل گردیده و هر دو تراشه مورد نظر نیز توسط چسب به یکدیگر متصل شده بودند. اهمیت وارد ساختن محرک خارجی از طریق





الکترودها و روزنه ها از همان ابتدا آشکار بود، به همین دلیل هنگام تولید در هر یک از این سلول ها قابلیت اندازه گیری درجا/بهنگام ویژگی های الکتروشیمیایی با استفاده از دو یا سه الکتروود تعبیه شده است (مراجعه به شکل ۷).



شکل ۷: تصاویر ترتیبی بر حسب زمان از فرآیند لایه نشانی و انحلال لیتیوم (Li) درون رابط/واسط موجود میان الکتروود فعال پلاتینیوم (Pt) و الکتروولیت  $\text{LiPF}_6/\text{PC}$  در طول: الف) نخستین، ب) دومین، و ج) سومین چرخه شارژ/دشارژ [۱۷].

این نوع سلول ها ثابت بوده، آنها مایع مورد نظر را درون خود مهر و موم کرده و در عین حال قابلیت تصویربرداری با قدرت تفکیک پذیری بالا را نیز فراهم می آورند. علاوه بر فرآیندهای الکتروشیمیایی، محققان قادر بودند درباره موضوعات دیگری نظیر: کمیت سنجی توزیع نانوذرات درون مایع، بررسی ماندگاری باکتری ها تحت تابش پرتو الکترونی، و آزمودن فرآیند سنتز نانوذرات ناشی از القاء پرتو الکترونی نیز از این سلول کمک بگیرند. در شکل ۸ تصاویر لحظه ای و ترتیبی استخراج گردیده از ویدئو تهیه شده به صورت درجا/بهنگام با استفاده از سلول مایع مهر و موم شده میکروسکوپ الکترونی عبوری از فرآیند رشد ناهمگن نانوذرات نقره نمایش داده شده است. در شکل ۹ نیز از رفتار نانوذرات الکتروکاتالیست PtCu قبل و بعد از اعمال ۱۵۰ چرخه پتانسیل  $\text{V/s}$  ۰.۵ و گذشت ۱۰ ثانیه به صورت درجا/بهنگام فیلم برداری شده و نتایج به صورت تصاویر لحظه ای آغازین و پایانی نمایش داده شده است. تصاویر درج شده درون شکل ۹، ابتدا و انتهای ویدئو تهیه شده از فرآیند رفتار نانوذرات مذکور در برابر اعمال محرک خارجی را



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

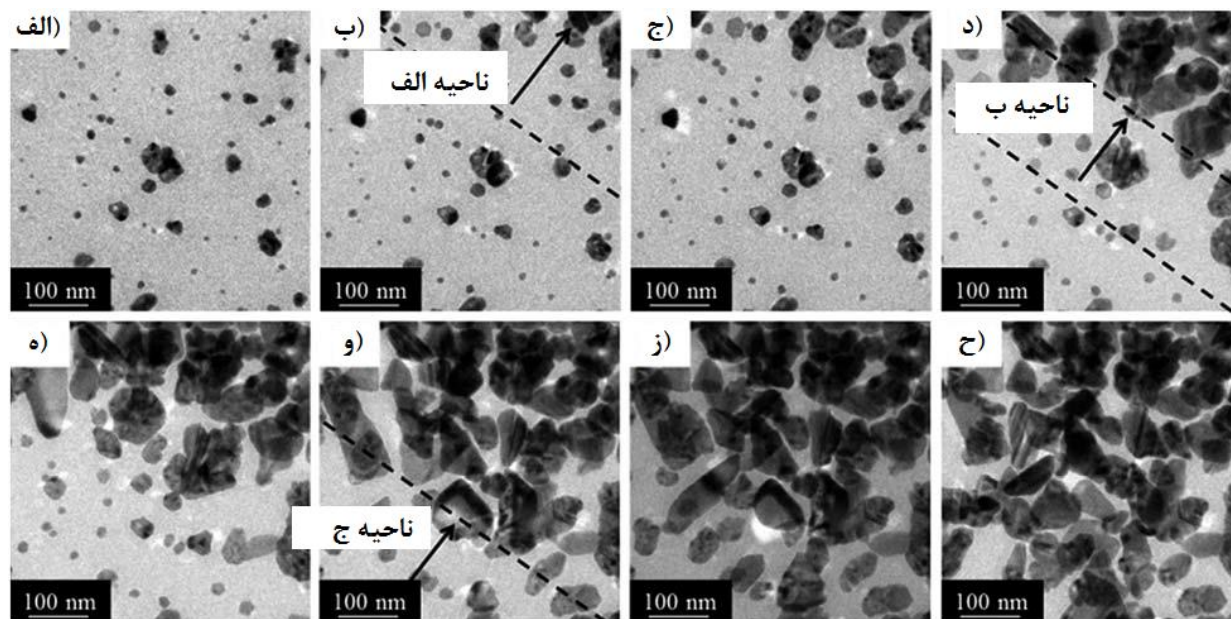
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



نمایش داده، لذا به منظور مشاهده ویدئو اصلی و حصول درکی بهتر از رفتار نانوذرات مربوطه در گذر این ۱۰ ثانیه لطفاً به مرجع شماره [۱۹] مراجعه فرمایید.



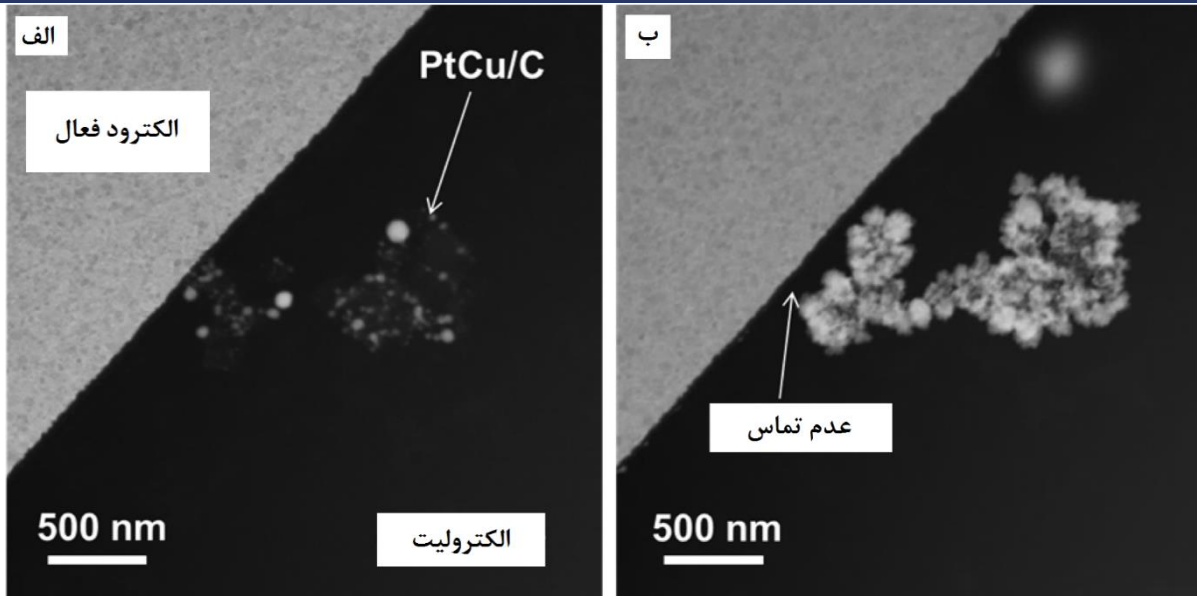
شکل ۸: تصاویر لحظه ای استخراج گردیده از ویدئو تهیه شده به صورت درجا/بهنگام با استفاده از سلول مایع مهر و موم شده میکروسکوپ الکترونی عبوری از فرآیند رشد ناهمگن نانوذرات نقره به ترتیب در زمان های: الف) ۵ ثانیه، ب) ۳۵ ثانیه، ج) ۴۰ ثانیه، د) ۵۵ ثانیه، ه) ۶۰ ثانیه، و) ۷۰ ثانیه، ز) ۷۵ ثانیه، و ح) ۹۵ ثانیه. همانطور که مشهود بوده فرآیند رشد در ناحیه الف تصاویر از نواحی دیگر بیشتر است [۱۸].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۹: نمایش رفتار نانوذرات الکتروکاتالیست<sup>۹</sup> PtCu/C متصل به غشاء<sup>۹</sup> SiN<sub>x</sub> درون محیط الکتروولیت<sup>۱۰</sup> HClO<sub>4</sub> توسط تصاویر لحظه ای حاصل گردیده از ویدئو تهیه شده به صورت درجا/بهنگام با استفاده از سلول مایع مهر و موم شده میکروسکوپ الکترونی عبوری (الف) قبل از اعمال ۱۵۰ چرخه پتانسیل ۰.۵ V/s و (ب) بعد از اعمال ۱۵۰ چرخه پتانسیل ۰.۵ V/s و گذشت ۱۰ ثانیه [۱۹].

اخیراً با افزودن یک ورودی و خروجی به سلول مایع مهر و موم شده و همچنین اضافه کردن سیستم پمپ مایع از طریق لوله های فوق نازک درون نگهدارنده نمونه TEM، عملیات جاری ساختن مایعات درون سلول مایع مربوطه و تصویربرداری درجا/بهنگام از آن با موفقیت انجام پذیرفته است. به منظور دستیابی به قدرت تفکیک پذیری بالا برای تصاویر تهیه شده از مایعات، استفاده از حالت تصویربرداری میدان تاریک حلقوی زاویه بالا (HAADF) <sup>۱۱</sup> درون STEM جهت آشکارسازی نانوذرات دارای Z بالا درون نمونه مایع دربرگیرنده Z پایین بهترین گزینه می باشد. با توجه به پیشرفت های به وقوع پیوسته در حوزه فناوری، هم اکنون دستیابی به قدرت تفکیک پذیری در این حوزه در مقیاس آنگستروم امکان پذیر می باشد. سلول های مایع مبتنی بر تراشه های ریزساخت را می توان به طور کلی به دو دسته تقسیم کرد.

<sup>۹</sup> Platinum-copper	8	
<sup>۹</sup> Silicon Nitride	9	
<sup>۱</sup> Perchloric acid	0	0
<sup>۱</sup> high angle annular dark field (HAADF)		1

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



دسته اول از یک جفت تراشه سیلیکونی دارای پنجره‌هایی ساخته شده از غشاءهای بسیار نازک عبوردهنده الکترون تشکیل شده‌اند. تراشه‌ها در این دسته به صورت ساندویچ روی یکدیگر قرار می‌گیرند. این دسته از سلول‌های مایع مهر و موم شده مرسوم‌ترین و محبوب‌ترین نوع محسوب می‌شوند. دسته دوم سیستم تراشه یکپارچه نام داشته، که در آن کانالی که قرار است دربرگیرنده نمونه مایع/نمونه درون محیط مایع باشد روی یک تراشه ساخته می‌شود. هر یک از این دو دسته دارای مزایا و معایب مخصوص به خود می‌باشند. چالش‌های مربوط به دسته اول عبارتند از: تضمین تنظیم دقیق و کنترل کردن فاصله بین پنجره‌ها. پیکربندی یکپارچه در مقایسه با نوع تراشه ساندویچی دارای فرآیند تولید ریزساخت پیچیده‌تری بوده، اما در عوض از طریق به حداقل رساندن اندازه پنجره و در نتیجه عیب برآمدگی/بیرون‌زدگی کنترل بیشتری را در زمینه هندسه سلول مایع ارائه می‌دهد. سلول‌های مایع مهر و موم شده دیگری نیز وجود داشته که بدون استفاده از فرآیند ریزساخت نظیر: سلول مایع گرافنی و محفظه‌های مایع مبتنی بر نانولوله تولید می‌شوند. در کل مواد به کار رفته برای تولید هر نوع سلول مایع مهر و موم شده که قرار است در TEM به کار گرفته شود می‌بایست سه نیازمندی را برطرف نماید: (۱) باید قادر به عبور دادن حداکثر الکترون‌ها باشد، (۲) انعطاف‌پذیری آن باید به اندازه‌ای باشد که از به وقوع پیوستن عیب برآمدگی/بیرون‌زدگی جلوگیری کند، و (۳) باید با روش‌های اتاق پاک کنونی سازگار باشد. برای اکثر سیستم‌های تحقیقاتی و تجاری استفاده از سلول‌های مایع مبتنی بر  $\text{Si}_x\text{N}_y$  ترجیح داده می‌شود. دیگر موادی که تاکنون برای ساخت سلول‌های مایع مهر و موم شده استفاده گردیده عبارتند از: گرافن، اکسید گرافن، نیتريد بور شش ضلعی (hBN)،<sup>۱</sup> نیتريد سیلیکون استوکیومتری،<sup>۲</sup> ذی اکسید سیلیکون، و پلیمری به نام پلی ایمید. در شکل ۱۰ انواع مختلف سلول‌های مایع مهر و موم شده تولید شده با مواد و ساختار مختلف نمایش داده شده است.

<sup>1</sup> hexagonal boron nitride (hBN)

2

<sup>1</sup> stoichiometric

0

3



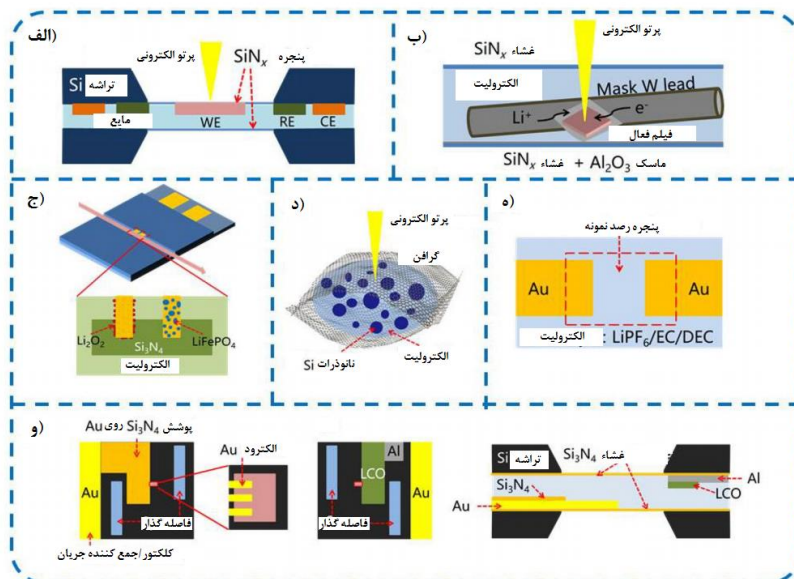
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۱۰: پیکربندی انواع مختلف سلول های مایع مهر و موم شده موجود تولید گردیده با مواد متنوع برای تصویربرداری از نمونه های مایع /نمونه های درون محیط مایع با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا/بهنگام [۲۰].

از بین تمام مواد نام برده در قسمت فوق، با استفاده از گرافن و hBN می توان سلول مایع مهر و موم شده فوق العاده نازک تولید نمود که در TEM حداقل کنتراست را نمایش می دهند. البته این دو نوع ماده هنوز به طور کامل با روش های کنونی اتاق پاک سازگار نیستند. با وجودیکه مواد مورد نیاز را می توان خرید یا درون اتاق پاک سنتز نمود، هنوز فرآیند تولید قطعات تجدیدپذیر در مقیاس ویفر با پنجره هایی از جنس گرافن، اکسید گرافن یا hBN هنوز به فرآیندی استاندارد تبدیل نشده است. نیتريد سيليكون استوكيومتری ( $Si_3N_4$ ) نسبت به گرافن و hBN دارای مدول یانگ پایین تری بوده، اما به دلیل حصول سختی و مقاومت مورد نیاز در مقایسه با آنها در قالبی ضخیم تر مورد استفاده قرار می گیرد.  $Si_3N_4$  با اکثر روش های اتاق پاک استاندارد سازگار بوده و به همین دلیل غشاء/فیلم آمورف<sup>۴</sup> (یا چندبلوری<sup>۵</sup>) عبوردهنده الکترون آن به سادگی درون این گونه اتاق ها قابل تولید می باشد. روش استاندارد مرسوم ایجاد غشاء/فیلم های نازک  $Si_3N_4$  روی ویفر سیلیکونی با استفاده از فرآیند رسوب بخار شیمیایی فشار پایین (LPCVD) <sup>۶</sup> درون یک کوره با افزایش

<sup>1</sup> amorphous	0	4
<sup>1</sup> polycrystalline	0	5
<sup>1</sup> low pressure chemical vapour deposition (LPCVD)		6

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



دما تا سطح معین انجام می پذیرد. لازم به ذکر است که در جریان روند تولید مذکور سیلیکون به دلیل دمای بالا منبسط شده و در زمان خنک شدن عدم تطابق میان ضریب های انبساط حرارتی غشاء و ویفر مذکور منجر به وقوع تنش درون غشاء بدست آمده می شود. بنابراین با توجه به عیب فوق الذکر، استفاده از نیتريد سیلیکون غیر استوکیومتری با ضریب انبساط حرارتی منطبق بهتر به جای  $Si_3N_4$  استوکیومتری ترجیح داده می شود. در  $Si_xN_y$  نسبت سیلیکون به نیتروژن معمولاً ۲:۱ می باشد. از این ماده به طور گسترده در ساخت غشاء سلول مایع مهر و موم شده استفاده می شود. در مقایسه با  $Si_3N_4$  استوکیومتری ساختار آمورف این ماده مدول یانگ را به طور قابل توجهی تا حدی کاهش داده که قابل مقایسه با ماده دی اکسید سیلیکون می باشد. دی اکسید سیلیکون ( $SiO_2$ ) نسبت به برخی از مواد ذکر شده در قسمت بالا از مدول یانگ پایین تری برخوردار بوده، و همچنین در مقایسه با  $Si_3N_4$  نیز حاوی تنش پسماند بسیار کمتری می باشد. از این نوع ماده در ساخت سلول مایع مهر و موم شده برای برخی از آزمون ها استفاده شده است. دلیل اصلی عدم محبوبیت آن در مقایسه با نیتريد سیلیکون مربوط به نرخ زدایش نسبتاً بالا درون هیدروکسید پتاسیوم (KOH) است. یکی دیگر از مواد مورد استفاده جهت ساخت سلول مایع مهر و موم شده پلی ایمید است. پلی ایمید نسبت به تمام مواد فوق الذکر از پایین ترین مدول یانگ برخوردار بوده لذا بیشتر از تمام آنها دچار فرآیند برآمدگی/بیرون زدگی می شود. این ماده با اکثر روش های اتاق پاک نیز سازگار نمی باشد. همچنین ضخامت استاندارد آنها برای طراحی سلول های مایع مهر و موم شده جهت تصویربرداری با قدرت تفکیک پذیری بالا حدود ۱۵۰ nm است. پیش از کشف گرافن از کربن آمورف به عنوان ماده اصلی برای ساخت پنجره سلول های مایع مهر و موم شده (در قالب غشاء های نازک روی نگهدارنده های فلزی درون محفظه نگهدارنده با پنجره هایی دربرگیرنده فاصله زیاد) استفاده می گردید. این نوع سلول ها برای تصویربرداری از نمونه های زیستی از محبوبیت بالایی برخوردار بودند. اما کربن آمورف به دلیل عدم قابلیت سازگاری و یکپارچگی با رویه های ریزساخت استاندارد به طور گسترده مورد استفاده قرار نمی گیرد. البته پردازش گرافن نیز دشوار بوده اما مزایای دیگرش آن را به گزینه ای محبوب برای برخی از کاربردها تبدیل کرده است. گرافن خصوصیات مکانیکی بی نظیری داشته و از آنجاییکه رسانا بوده از شارژ شدن نمونه جلوگیری به عمل می آورد. گرافن به عنوان مانعی مؤثر در برابر آب محسوب می شود. با توجه به اینکه ضخامت لایه آن تک اتمی بوده لذا سهمش در فرآیند پراکندگی پرتو الکترونی نزدیک به صفر است و در نتیجه قدرت تفکیک پذیری را بهینه می سازد. سلول های مایع مهر و موم شده گرافنی با استفاده از رویکردهای بدون لیتوگرافی به گونه ای ساخته شده که سلول های تاو لی را تشکیل می دهند. هنگامی که یک قطره میکروسکوپی از مایعی معین میان دو ورقه گرافنی بهم چسبیده قرار گیرد به این نوع سلول های مایع مهر و موم شده سلول های تاو لی می گویند. چنین سلول هایی نتایج بسیار مطلوبی نظیر: قدرت تفکیک پذیری زیر آنگستروم برای

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



تف جوشی و سنتز نانوذرات، و تصویربرداری با قدرت تفکیک پذیری بالا از ساختارهای زیستی ارائه می دهند. در حال حاضر، رویه های ریزساخت گرافن هنوز غیر استاندارد بوده و برای حصول نتایج مطلوب تر به زمان نیاز است. بنابراین یکپارچه سازی مزایای گرافن با عاملیت سلول های مایع مهر و موم شده تهیه شده با روش ریزساخت نظیر: جاری ساختن مایع و اتصالات الکتریکی دشوار است. البته روشی نوین و آزمایشی برای لایه نشانی قطره ای غشاء های اکسید گرافن ارائه شده که احتمال دارد قابلیت ایجاد و یکپارچه سازی پنجره های نازک با ضخامت اتمی را برای سلول های مایع مهر و موم شده داشته باشد. چندین سال پیش از ظهور سلول های مایع گرافنی تاولی چندین گروه از محققان با موفقیت مایعات مختلف را درون نانولوله های کربنی محبوس ساخته و از آنها درون TEM تصویربرداری کردند. با استفاده از این نوع سلول های مهر و موم شده می توان از دینامیک مایع مورد نظر تصویربرداری کرد اما دستیابی به کنترل کافی جهت ارائه نتایج تجدید پذیر دشوار است. عملیات وارد ساختن مایعات به سلول های مایع مهر و موم شده از جنس نانولوله های کربنی به سختی انجام شده و این نوع سلول های مایع تنها برای طیف محدودی از آزمون ها که به جاری شدن مایعات و اعمال بایاس الکتریکی در حین آزمون نیازمند نبوده کاربرد دارند. از نانولوله های دیگری از جنس: نیتريد بور، دی اکسید سیلیکون، و اکسید منیزیم نیز برای ساخت سلول های مایع مهر و موم شده استفاده شده است. با توجه به عیوب ذکر شده در رابطه با این نوع سلول های مایع باید در نظر داشت که یکی از مزایای آنها ارائه قابلیت بررسی نمونه با موازی قرار دادن رابط مایع/زیر لایه با پرتو الکترونی می باشد [۲۱].

### نتیجه گیری

از زمان اختراع میکروسکوپ الکترونی عبوری، تلاش های بسیاری در زمینه تصویربرداری آسان از آب، نمونه های مایع، دیگر محلول ها، و نمونه های درون محیط مایع با استفاده از این دستگاه صورت پذیرفته است (مارتون ۱۹۳۴). با توجه به این حقیقت که CTEM از نمونه های بسیار نازک تثبیت و کاملاً آبدگیری شده تصویربرداری نموده و دارای قدرت تفکیک پذیری مکانی در مقیاس نانومتر و قدرت تفکیک پذیری زمانی در حد میلی ثانیه بوده لذا در برخی موارد با ایجاد تغییراتی در ساختار آن و بکارگیری سلول مایع درون آن می توان علاوه بر اطلاعات مرسوم نظیر: مشخصه یابی ساختاری و تحلیل عنصری به مشاهده و بررسی رفتار درجا/بهنگام پرداخت و در عین حال به جزئیات پویای ارزشمند درباره نمونه های مایع/نمونه های درون محیط مایع نیز دست پیدا کرد. به تدریج، استفاده از TEM برای بررسی فاز مایع به روشی مؤثر تبدیل شده است. با در نظر گرفتن پیشرفت های فنی اخیر در زمینه ریزساخت می توان امیدوار بود که به زودی شاهد ظهور رویکردهایی مدرن برای دستیابی به اطلاعات ارزشمند درباره نمونه های مایع و نمونه های درون محیط





مایع خواهیم بود. با دسترس پذیر شدن تجاری سلول های مایع و سازگاری کاربرد آنها با تقریباً تمام میکروسکوپ های الکترونی عبوری موجود در بازار می توان مسائل مربوط به نمونه های مایع و نمونه های درون محیط مایع حوزه های علم مواد، فیزیک، شیمی، الکتروشیمی، و زیست که هنوز برای پژوهشگران به عنوان معما محسوب شده را حل نمود. در واقع بررسی درجا/بهنگام تکامل ساختاری نمونه های مایع /نمونه های درون محیط مایع با قدرت تفکیک پذیری در مقیاس نانومتر اطلاعات بسیار مهمی را برای طیف گسترده تری از مسائل علمی نظیر: مرزها در کاتالیز و الکتروشیمی، پویایی شناسی و ساختارهای نمونه های زیستی، رشد نانومواد، فیزیک تشعشع، خوردگی و زدایش اکسایشی، فیزیک سیال، و فرآیندهای محیطی فراهم می آورد. در حال حاضر بیشتر تمرکز در این حوزه به سوی انتخاب بهترین مواد برای ساخت سلول های مایع، مقاوم سازی بهتر مواد غشاء آنها، و تعبیه محرک های خارجی نظیر: بایاس الکتریکی، جریان مایع، و گرما درون این نوع سلول ها (برای فراهم آوردن شرایط هر چه بیشتر مشابه دنیای واقعی) معطوف شده است. به منظور حصول نتایج بسیار بهتر از سلول های مایع علاوه بر موارد مذکور می بایست به اثرات پرتو الکترونی، اثر ضخامت و جاری بودن مایع و حتی نوع مواد تشکیل دهنده پنجره سلول های مایع نیز توجه نمود.

منابع و مراجع:

- [1] P. Shengda, C. Gong and A. W. Robertson (2020). *R Soc Open Sci.* 2020 Jan; 7(1): 191204.
- [2] Miyata T, Mizoguchi T. 2017. *Ultramicroscopy* 178, 81-87.
- [3] C. M. Wang et al. (2010). *J. Mater. Res.* 25, 1541-1547.
- [4] T. W. Hansen, J. B. Wagner, R. E. Dunin-Borkowski (2010). *Mater. Sci. Technol.* 26, 1338-1344.
- [5] B. L. Mehdi et al. (2015). *Nano Lett.* 15, 2168-2173.
- [6] K. L. Jungjohann, J. E. Evans, J. A. Aguiar, I. Arslan, N. D. Browning (2012). *Microsc. Microanal.* 18, 621-627.
- [7] R. L. Sacci, N. J. Dudley, K. L. More, L. R. Parent, I. Arslan, N. D. Browning, R. R. Unocic (2014). *Chem. Commun.* 50, 2104-2107.
- [8] J. M. Yuk, H. K. Seo, J. W. Choi, J. Y. Lee (2014). *ACS Nano* 8, 7478-7485.
- [9] H.G. Liao and H. Zheng (2016), *Annu. Rev. Phys. Chem.* 2016. 67:719-47.
- [10] U. Mirsaidov, J.P. Patterson, H. Zheng, and Guest Editors (2020), *MRS BULLETIN*, VOLUME 45, ISSUE 9, pp. 704-712.
- [11] F. Wu, N. Yao (2015). *ELSEVIER, Nano Energy* 13, 735-756.
- [12] T. Xu, L. Sun (2016). *ELSEVIER, Superlattices and Microstructures* xxx, 1-11.
- [13] J. B. Wagner, F. Cavalca, C. D. Damsgaard, L. D.L. Duchstein, T. W. Hansen (2012). *ELSEVIER, Micron* 43, 1169-1175.
- [14] B. D. A. Levin, D. Haiber, Q. Liu, and P. A. Crozier (2020). *Microscopy and Microanalysis* (2020), 1-5.
- [15] J. Wu, W. Gao, J. Wen, D. J. Miller, P. Lu, J. M. Zuo, H. Yang (2015). *Nano Lett.* 15 (4) 2711-2715.
- [16] Y. Sasaki, K. Yoshida, T. Kawasaki, A. Kuwabara, Y. Ukyo, Y. Ikuhara (2021). *Journal of Power Sources* 481, 228831.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- [17] B. L. Mehdi, J. Qian, E. Nasybulin, C. Park, D. A. Welch, R. Faller, H. Mehta, W. A. Henderson, W. Xu, C. M. Wang (2015). *Nano Lett.* 15 (3) 2168-2173.
- [18] T. Y. Ahn, S. P. Hong, S. I. Kim and Y. W. Kim (2015). *RSC Adv.*, 2015, 5, 82342.
- [19] N. Hodnik, G. Dehm, K. J. J. Mayrhofer (2016). *Acc. Chem. Res.* 49, 9, 2015-2022.
- [20] X. Wu, S. Li, B. Yang, C. Wang (2019). *Electrochemical Energy Reviews* 2, 467-491.
- [21] E. Jensen and K. Mølhave, Liquid Cell Electron Microscopy (2016), *Cambridge University Press*.



## ارزیابی خواص ساختاری و نوری نانومیله اکسید روی با استفاده از آنالیزهای دستگاهی DRS و BET، SEM، XRD

امیر زابری<sup>۱</sup>، فهیمه حوری آباد صبور<sup>۲\*</sup>، بهروز میرزایی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- هیات علمی گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

\*نویسنده مسئول مکاتبات: [f.saboor@uma.ac.ir](mailto:f.saboor@uma.ac.ir)

### چکیده

اکسید روی یکی از مهم ترین نیمه رساناهای اکسید فلزی به شمار می رود که دارای طیف وسیعی از خواص با کاربردهای بالقوه است. تهیه نانوذرات و نانومیله های اکسیدروی به دلیل کاربرد وسیع در زمینه های حسگری، پزشکی، زیستی، فوتوکاتالیست و ترانزیستو توسط محققین زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است. اندازه، مورفولوژی و ترکیب شیمیایی مواد نیمه رساناها از جمله عوامل مهم در تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی آنها هستند. در این پژوهش نانو میله های اکسید روی به روش هیدروترمال، درون یک اتوکلاو ساده استیل با پوشش تفلونی، با استفاده از پیش ماده استات روی دو آبه در حضور اتیل دی آمین سنتز شد. تاثیر pH محلول سنتز بر مورفولوژی و اندازه ذرات مورد بررسی قرار گرفت. از روش آنالیز سطح BET، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) پراش پرتو ایکس (XRD) و طیفسنجی بازتابی پراکنده (DRS) برای ارزیابی نمونه ها استفاده شد. نانو میله های اکسید روی سنتز شده در pH=13 با میانگین قطر حدود ۲۱۹/۸ نانومتر، انرژی شکاف باند ۳/۲۱ و بالاترین سطح ویژه نسبت به دو نمونه دیگر ساخته شد. کلمات کلیدی: نانومیله، اکسید روی، هیدروترمال





## مقدمه

اکسید روی یک ترکیب صنعتی مهم، کم هزینه و سازگار با محیط زیست است [۱]. اکسید روی یک نیمه رسانای نوع n با شکاف باند مستقیم ۳/۳۷eV و انرژی پیوند اکسیتونی ۶۰meV است که در کاربردهای مختلف مانند حسگری گاز، آشکارسازی نور، سلول فوتوالکتروشیمیایی و باتری لیتیوم-یون مورد مطالعه قرار گرفته است [۲،۳]. با این حال، دارای معایب خاصی است که استفاده عملی از آن را محدود می کند. به عنوان مثال، ZnO نمی تواند نور مرئی را جذب کند، بنابراین عملکرد آن به عنوان فوتوکاتالیست بسیار محدود است، زیرا نور UV تنها ۵ درصد از طیف های خورشیدی را نشان می دهد [۴]. نانوساختارهای اکسیدروی با مورفولوژی های مختلف، از جمله نانونوار، نانومیل، نانوسیم، نانومکعب، ساختارهای سلسله مراتبی و غیره با روش های مختلفی سنتز شده اند [۵-۸]. نانوساختارهای یک بعدی مانند نانومیلها، نانوسیمها، نانولوله ها و نانو پین ها به دلیل کارایی در درک مفاهیم فیزیکی و انتشار میدانی در کاربردهای تجاری مانند صفحه تخت گسیل میدانی، مورد توجه قرار گرفته اند [۹]. تعدادی از روش های سنتز مانند سل-ژل، اسپری پیرولیز، رسوب فیزیکی بخار، روش حلال گرمایی و هیدروترمال برای سنتز نانوذرات اکسید روی استفاده شده است. در این میان، واکنش های شیمی تر، مانند فرآیندهای حلال گرمایی و هیدروترمال، بسیار جذاب هستند زیرا فرآیندی نسبتاً ساده، کارآمد و ارزان هستند [۱۰]. هدف اصلی این پژوهش سنتز اکسید روی در pH های مختلف با استفاده از روش هیدروترمال و بررسی تاثیر این پارامتر بر روی خواص نانو میله های اکسید روی می باشد.

## روش کار تجربی

در این روش ابتدا استات روی دو آبه ( $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ ) به مقدار مشخصی در آب دیونیزه حل شده و در حمام التراسونیک به مدت ۶ دقیقه قرار گرفت. سپس به مقدار مشخص از اتیلن دی آمین به محلول استات روی اضافه شد تا PH محلول به ۹ رسید. اتیلن دی آمین به عنوان عامل کنترل کننده مورفولوژی میله ای شکل عمل می کند. برای تغییر PH به میزان لازم از سدیم هیدروکسید به محلول فوق اضافه شد و توسط همزن مغناطیسی با دور ۶۰۰rpm در دمای محیط به مدت ۳۰ دقیقه همزده شد. محلول سنتز حاصل شده به اتوکلاو استیل ضد زنگ با جداره تفلونی منتقل شد. نمونه ها در PH های ۹، ۱۱ و ۱۳ سنتز و به ترتیب ZnO-9، ZnO-11، ZnO-13 نامگذاری شد. پس از گذشت زمان سنتز، اتوکلاو در دمای محیط سرد و رسوب حاصل شده توسط سانتریفیوژ با دور ۱۰۰۰۰rpm جداسازی و چندین مرتبه با آب دیونیزه و اتانول شستشو داده شد. جامد بدست آمده نهایی آن در دمای ۶۰-۷۰ درجه سانتی گراد خشک شد.

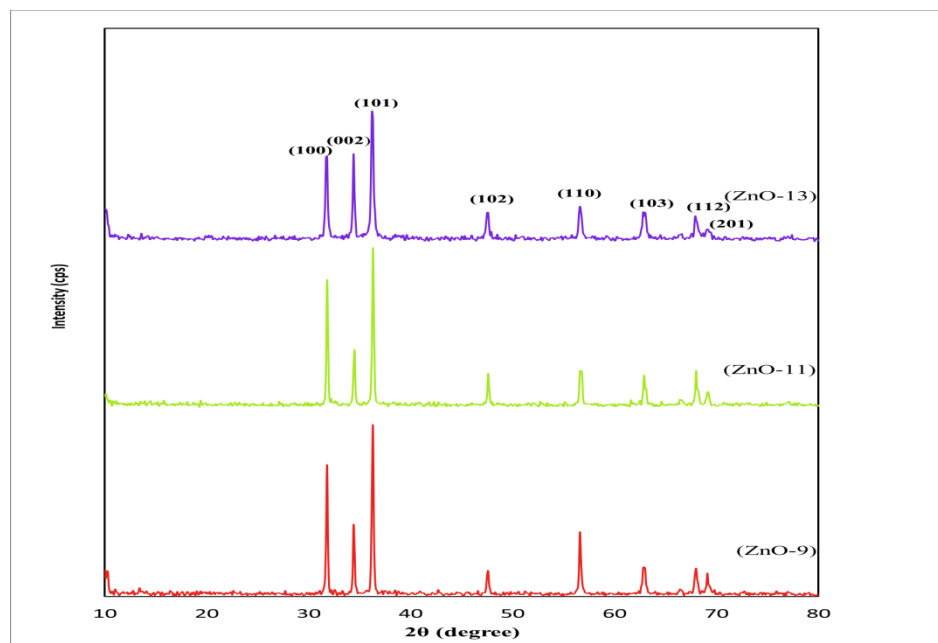


## نتایج و بحث

شکل ۱ الگوهای پراش اشعه ایکس (XRD) نمونه های ZnO-13، ZnO-11، ZnO-9 سنتز شده با روش هیدروترمال را نشان می دهد. طبق کارت JCPDS (شماره ۱۴۵۱-۳۶) همه پیک های مشاهده شده در الگوها را می توان به اکسیدروی با ساختار ورتزیت میله های شش ضلعی نمایه کرد. هیچگونه پیک ناخالصی تشخیص داده نمی شود که نشان می دهد نمونه های اکسید روی با خلوص بالا سنتز شده اند. جدایی پیک ها بسیار خوب است که نشان دهنده ی تک فاز بودن ساختار کریستالی است. اندازه بلورک در سه نمونه بر اساس الگوی پراش و با استفاده از رابطه دبی-شرر (Debye-Scherer) محاسبه شد:

$$D = \frac{0.94\lambda}{\beta \cdot \cos\theta} \quad (1)$$

در این رابطه D اندازه بلورک و واحد آن برابر با واحد  $\lambda$  است.  $\beta$  عرض پیک در نصف ارتفاع شدت بیشینه (FWHM) بر حسب رادیان،  $\lambda$  طول موج پرتو ایکس حدود  $0.154$  نانومتر است و  $\theta$  مکان پیک روی محور افقی می باشد. بر این اساس میانگین اندازه بلورک برای سه نمونه به ترتیب  $41/33$ ،  $39/37$  و  $29/88$  نانومتر بدست آمده است.



شکل ۱- الگوهای پراش اشعه ایکس (XRD) نمونه های ZnO-13، ZnO-11، ZnO-9

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

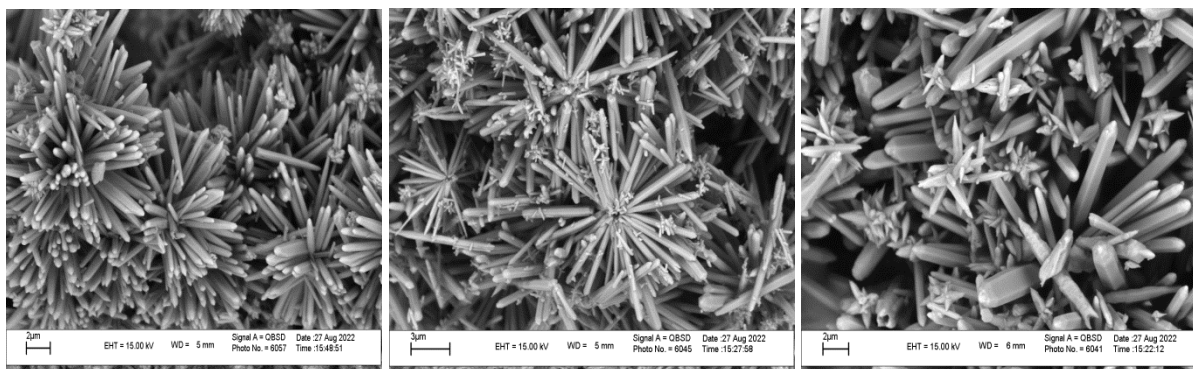
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲ تصاویر SEM آرایه های نانو میله اکسید روی با pH های مختلف را نشان می دهد. نانو میله های اکسید روی به شکل یک منشور شش ضلعی و نانو میله های با نوک مداد مانند هستند. قطر نانومیله های اکسید روی حدود ۱۴۱/۳ تا ۲۸۹/۳ است. این نانومیله ها در pH=۱۳ شروع به چسبیدن مجدد در ساختارهای گل مانند می کنند.



(ج)

(ب)

(الف)

شکل ۲- تصاویر SEM مربوط به پودرهای سنتز شده اکسید روی در سه pH مختلف (الف) ZnO-9 (ب) ZnO-11 (ج) ZnO-13

نتایج تعیین مساحت سطح ویژه و قطر میانگین تخلخل برای نانو میله های اکسید روی سنتز شده در سه pH مختلف که با استفاده از آنالیز جذب-واجذب نیتروژن و به روش BET به دست آمده، در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱: نتایج حاصل از آنالیز سطح به روش BET برای پودر های سنتز شده اکسید روی

نمونه	سطح ویژه (متر مربع بر گرم)	قطر میانگین تخلخلها (نانومتر)
ZnO-9	۱/۳	۴/۵
ZnO-11	۱/۶	۳/۴
ZnO-13	۲/۸	۲/۱





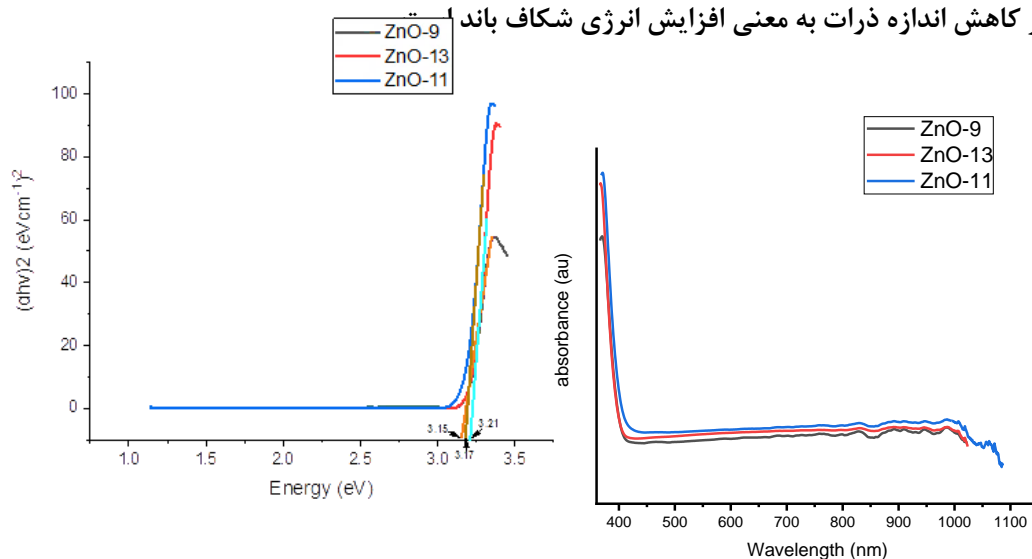
طیفسنجی بازتابی پراکنده (DRS) یک تکنیک طیفسنجی پایه و پر کاربرد برای آنالیز شکاف باند مواد نیمه رسانا

بودری است. از طیف DRS انرژی شکاف باند نمونه ها با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:

$$E=h\nu=1.2398 / (\lambda/1000) =1240/\lambda \quad (2)$$

$$(\alpha h\nu)^2 = ((1-f) / 100) * 1.2398(\lambda / 1000)^2 \quad (3)$$

که  $h$  ثابت پلانک،  $\nu$  ثابت،  $\lambda$  طول موج پیک هر ماده سنتز شده،  $\alpha$  عدد ثابت برابر  $2/302$ ،  $c$  سرعت نور و  $f$  بازتاب است. در شکل ۳ با رسم نمودار  $(\alpha h\nu)$  بر حسب Energy و خط مماس بر منحنی، محل برخورد خط مماس با محور انرژی نشان دهنده انرژی شکاف باند می باشد. بر این اساس، انرژی شکاف باندها در نمونه های ZnO-9، ZnO-11، ZnO-13 به ترتیب  $3/15$ ،  $3/17$ ،  $3/21$  الکترون ولت محاسبه شد. با افزایش pH محیط سنتز، مساحت سطح ویژه افزایش و اندازه ذرات کاهش می یابد. با ریز شدن اندازه ذرات حرکت اکسیتون ها محدود می شود به طور کلی انتقال طیف نوری به انرژی های بالاتر در اثر کاهش اندازه ذرات به معنی افزایش انرژی شکاف باند





(ب)

(الف)

شکل ۳- (الف) نمودارهای DRS نمونه های ZnO-9، ZnO-11، ZnO-13 (ب) نمودارهای (hv) بر حسب Energy نمونه های ZnO-9،

ZnO-13، ZnO-11

### نتیجه گیری

در این تحقیق، نانو میله های اکسید روی با استفاده از روش هیدروترمال در سه pH مختلف ۹، ۱۱ و ۱۳ سنتز شد. با توجه به الگوی پراش پرتو ایکس در تمام نمونه های سنتز شده اکسید روی با خلوص و کریستالینیتی بالا سنتز شد. براساس طیف SEM می توان گفت که اکسید روی ساخته شده از ذرات میله ای شکل به قطر حدود ۱۴۱/۳ تا ۲۸۹/۳ نانومتر سنتز شده است. با توجه به نتایج آنالیز طیفسنجی بازتابی پراکنده (DRS) می توان نتیجه گرفت که با افزایش pH محیط سنتز، انرژی شکاف باند افزایش می یابد که به دلیل اثرات کوانتومی است. بر این اساس مشخص گردید که در pH=۱۳ پایین ترین اندازه بلورک، بیشترین مساحت سطح و بیشترین گاف انرژی حاصل شده است.

### تقدیر و تشکر

این پروژه با حمایت مادی شرکت گاز استان اردبیل به شماره قرارداد ۲۳۵۶۸۳ در حال انجام می باشد.

### منابع

- [۱] V.Gurylev, &T.P. Perng (2021) *Journal of the European Ceramic Society*, 41, 4977-4996.
- [۲] K.M. Lee, C.W. Lai, K.S. Ngai, J.C. Juan (2016) *Water Res*, 88 , 428-448.
- [۳] J. Theerthagiri, S. Salla, R.A. Senthil, P. Nithyadharseni, A. Madankumar, P. Arunachalam, T. Maiyalagan, H.S. Kim (2019) *Nanotechnology*, 30, 392001 .
- [۴] Y.H. Liang, M.W. Liao, M. Mishra, T.P. Perng (2019) *Int. J. Hydrogen Energy* 44, 19162-19167.
- [۵] A. Othonos, E. Lioudakis, U. Philipose, E. Ruda Harry (2007) *Appl. Phys. Lett*, 91, 241113- 241115
- [۶] X.D. Wang, C.J. Summers, Z.L. Wang (2004) *Nano Lett*, 4, 423-426
- [۷] Z.L. Wang (2005) *J. Mater. Chem*, 15, 1021- 1024
- [۸] W.L. Xu, M.J Zheng, G.Q. Ding, W.Z. Shen (2005) *Chem. Phys. Lett*, 411, 37-42
- [۹] S. Senda, M. Sakai, Y. Mizuta, S. Kita, and F. Okuyama (2004) *Appl. Phys. Lett*, 85, 56-79
- [۱۰] M. Rajamathi, R. Seshadri (2002) *Curr. Opin. Solid State Mater. Sci*, 6 , 337-345.



## فیلتر و فشرده سازی مجموعه داده های متابولومیکس کروماتوگرافی مایع - طیف سنجی جرمی با استفاده از روش ناحیه مورد علاقه (ROI)

زهرا حیدری<sup>۱</sup>، مریم خوشکام<sup>۱\*</sup>

<sup>۱</sup> گروه شیمی کاربردی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی

\*khoshkam@uma.ac.ir

### چکیده

تجزیه و تحلیل مجموعه داده های حاصل از تکنیک های کروماتوگرافی (مایع یا گازی) جفت شده با طیف سنج جرمی در مطالعات متابولومیکسی، یک کار چالش برانگیز در طیف گسترده ای از رشته ها باشد، زیرا نیازمند پردازش بسیار گسترده ی حجم وسیعی از داده ها است. بسته های مختلف تجزیه و تحلیل چنین داده هایی در چند سال اخیر برای تسهیل این تجزیه و تحلیل ها ایجاد شده است. با این حال، بیشتر این استراتژی ها شامل تراز کروماتوگرافی و شکل دهی قله هستند و اغلب هر «ویژگی» (یعنی یک پیک کروماتوگرافی) را با اندازه گیری منحصر به فرد نسبت جرم به بار مرتبط می کنند. بنابراین، توسعه یک استراتژی تجزیه و تحلیل داده های جایگزین که برای اکثر انواع مجموعه داده های طیف سنجی جرمی قابل استفاده باشد هنوز یک چالش در زمینه متابولومیکس است. بزرگ ترین چالشی که در این جا وجود دارد این است که داده های کروماتوگرافی حجیم و پیچیده هستند و تجزیه و تحلیل این داده ها به راحتی امکان پذیر نیست، به همین دلیل یک سری روش ها برای کاهش حجم این داده ها مورد نیاز است که در رایانه قابل کنترل باشند. در این مطالعه، یک رویکرد جایگزین به نام ROI جهت فیلتر و فشرده سازی مجموعه داده های کروماتوگرافی مایع طیف سنجی جرمی مربوط به یک سری داده های حذفی اسید چرب آمید هیدرولاز (FAAH) در مغز و نخاع موش استفاده شد. این داده ها مربوط به ۱۲ موش در دو گروه می باشد. داده های کروماتوگرافی مایع طیف سنجی جرمی به کمک ROI فشرده سازی شده و داده ها با استفاده از محیط برنامه نویسی و محاسباتی متلب [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com) تجزیه و تحلیل شدند. ROI داده را از طریق جستجوی مناطق مورد علاقه در دامنه ی نسبت جرم به بار، در حالی که ساختار



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



اصلی داده حفظ شده است را به یک ماتریس داده از ویژگی ها تبدیل می کند بدون از دست دادن اطلاعات مربوط به بعد جرمی داده. روش استفاده شده در اینجا مزایای فیلتر و فشرده سازی داده ها را بر اساس جستجوی ویژگی های ناحیه مورد علاقه بدون از دست دادن دقت طیفی، ترکیب می کند. این روش دارای مزایای زیادی از جمله عدم نیازمندی انجام هم تراز پیچ کروماتوگرافی یا مدل سازی است. در حال حاضر از فشرده سازی ROI به عنوان یک گام اولیه برای تشخیص پیک و / یا ادغام استفاده می کنند. به طور کلی، در این مطالعه سودمندی روش کمومتریکسی ROIMCR برای تجزیه و تحلیل داده های متابولومیک غیر هدفمند کروماتوگرافی مایع طیف سنجی جرمی را تأیید می کند [۱، ۲]

کلمات کلیدی: Metabolomics ، Regions of interest (ROI)، LC-MS Data analysis

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### 1. مقدمه

در این مطالعه، یک استراتژی تجزیه و تحلیل داده ها به نام ROI توصیف شده است که برای فیلتر، فشرده سازی و حل مجموعه داده های متابولومیک LC-MS طراحی شده است. فیلتر کردن و فشرده سازی داده ها بدون از دست دادن دقت طیفی با جستجوی ROI انجام می شود. پس از اولین مرحله فشرده سازی داده ها از طریق جستجوی ROI، پروفایل های به دست آمده برای تعیین اینکه آیا به درستی با ویژگی های داده اصلی مطابقت دارند ارزیابی می شوند. جستجوی ROI بر روی یک نمونه LC-MS منفرد (یک مجموعه داده) یا بر روی چندین نمونه LC-MS (مجموعه داده های متعدد) انجام می شود و سپس، ماتریس های داده ROI تقویت شده ستونی ایجاد می کند. پیاده سازی ROI در محیط محاسباتی و تجسم قدرتمند MATLAB است که به طور مکرر در زمینه شیمی سنجی و توسعه نرم افزار علمی و فناوری با تمام مزایای آن و تعداد زیادی جعبه ابزار در حال حاضر استفاده می شود. در این مطالعه، نمونه ای از عملکرد استراتژی ROI در تجزیه و تحلیل مجموعه داده های حذفی اسید چرب آمید هیدرولاز (FAAH) نمونه های نخاع و مغز موش که مربوط به شش موش نوع وحشی (WT) و شش موش ناک اوت (KO) بود، ارائه شد. این مجموعه داده های خام در قالب CDF موجود هستند. [3]

هدف از روش جستجوی ROI اسکن مناطق حاوی ردیابی جرم مورد علاقه است. در این روش سه پارامتر قابل تنظیم است که عبارتند از (1) آستانه سیگنال، (2) قدرت تحمل خطای جرمی<sup>1</sup> و (3) حداقل رخداد. مفهوم این پارامترها در شکل 1 نشان داده شده است. پارامتر اول به معنی انتخاب داده هایی با شدت بیشتر از مقدار آستانه (شکل 1)، پارامتر دوم به معنی محدوده جرم قابل قبول یا تحمل خطای جرم و پارامتر سوم به معنی حداقل تعداد گونه هایی که در یک محدوده می توان در نظر گرفت می باشد. این سه پارامتر متغیرهای ورودی مورد نیاز برای یک جستجوی ROI هستند.

هنگامی که پارامترهای ورودی معرفی شدند، الگوریتم ROI، جست و جوی ROI را با استفاده از مراحل زیر انجام می دهد:

<sup>1</sup> Signal threshold	0	7
<sup>1</sup> Mass error tolerance	0	8
<sup>1</sup> Minimum occurrence	0	9

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



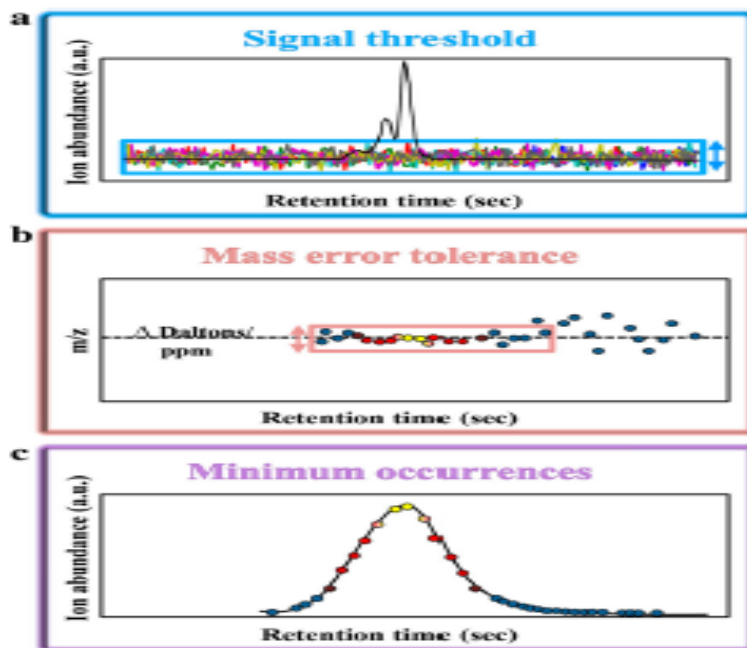
۱. مقادیر  $m/z$  مرتبط با شدت بیشتر از مقدار آستانه سیگنال (به عنوان مثال ۰.۱-۱٪ از میانگین/حداکثر شدت سیگنال) را در اولین اسکن جستجو می کند.

۲. خوشه هایی از مقادیر  $m/z$  محصور در تحمل خطای جرم خاص را در همان اسکن جستجو می نماید.

۳. میانگین جرم (یا به طور متناوب جرم میانه) همه مقادیر  $m/z$  طبقه بندی شده در همان خوشه ( $mzroi$ ) را محاسبه می نماید.

۴. مقادیر میانگین جرم را از کمترین به بالاترین مقادیر مرتب کرده و در آخر مراحل ۱ تا ۴ را برای اسکن های باقیمانده تکرار نموده، آنها را در محدوده تحمل خطای جرم ادغام و مقادیر میانگین جرم محاسبه شده را به روز می نماید.

لازم به ذکر است که خوشه هایی انتخاب می شوند که دارای حداقل تعداد وقوع مقادیر  $m/z$  هستند. سپس فضاهای خالی را در ماتریس نهایی MSROI حذف کرده، آنها را به جای مقادیر تصادفی با مقدار آستانه متوسط، مانند ۱٪ از مقدار شدت آستانه استفاده شده در مرحله ۱، جایگزین می نماید.



شکل ۱. پارامترهای لازم برای تعریف ROI (a). آستانه سیگنال، (b) قدرت تحمل خطای جرمی و (c) حداقل وقوع



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

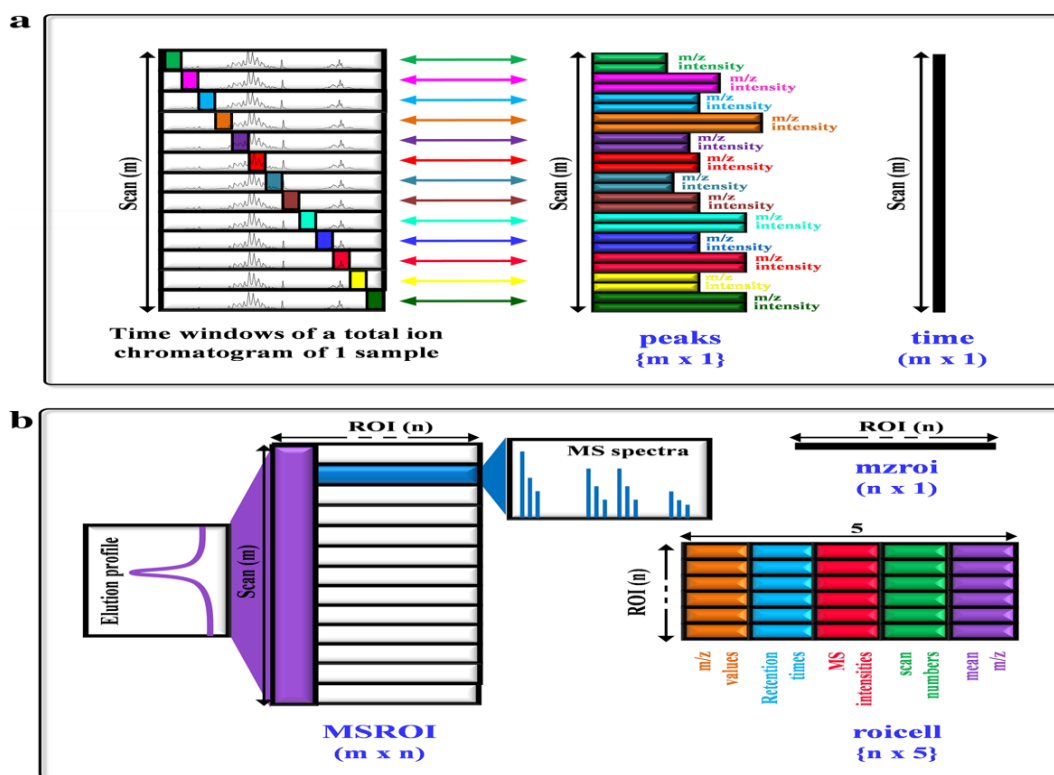
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



جستجوی ROI سه خروجی به دست می دهد که در شکل ۲ نمایش داده شده است. یک بردار حاوی مقادیر میانگین نهایی به نام "mzroi"، یک ماتریس داده تازه مرتب شده حاوی طیف های جرمی هر اسکن در ردیف های آن و کروماتوگرام های ROI در ستون های آن "MSROI" و نهایتا یک آرایه سلولی به نام "roicell" که حاوی اطلاعاتی در مورد مقادیر m/z، زمان های ماندگاری، شدت طیف جرمی، اعداد اسکن و مقدار میانگین/میانگین محاسبه شده نسبت جرم به بار برای هر ROI می باشد.



شکل ۲. تصویر شماتیک متغیرهای ورودی (a) و خروجی (b)

همانطور که در بالا بیان شد، برخی از پارامترها باید قبل از جستجو برای ROI بهینه شوند. مثال ارائه شده در جدول ۱ نتایج جستجوی ROI را پس از تنظیم مقادیر متمایز برای یکی از سه پارامتر ورودی، در حالی که مقادیر دو پارامتر دیگر را بدون تغییر حفظ می کند، نشان می دهد. در همه موارد، سه مقدار متمایز برای پارامتر مورد آزمایش قرار می گیرد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۱۰ برابر بیشتر از مقدار توصیه شده، و ۱۰ برابر کمتر از مقدار پیشنهادی. در مورد اول، جایی که تأثیر آستانه بر جستجوی ROI ارزیابی شد و به طور خاص، ما یک مقدار متوسط ۷۵۰ را انتخاب کردیم. به عنوان مقدار بهینه مقادیر بالاتر و پایین تر آزمایش شده (به ترتیب ۷۵۰۰ و ۷۵۰، ۷۵) انتخاب شدند. تا به وضوح نشان دهند که کاهش در مقدار آستانه، تعداد فزاینده ای از مقادیر ROI، همراه با افزایش قابل توجهی در زمان محاسبه ایجاد می کند. در حالی که افزایش در مقدار آستانه منجر به تغییرات معکوس می شود. بنابراین، مقدار آستانه باید با احتیاط تنظیم شود زیرا می تواند کیفیت داده ها را با حذف نویز افزایش دهد، اما مقادیر آستانه نامتعادل ممکن است منجر به از دست دادن اطلاعات شود. در واقع، این پارامتر به صورت بصری از خروجی های گرافیکی بهتر ارزیابی می شود تا اطمینان حاصل شود که منجر به کاهش نویز بدون از دست دادن سیگنال یا تغییر شکل می شود. در مورد دوم (جدول ۱)، مطالعه اثر یک انحراف جرم قابل قبول بر جستجوی ROI سه گزینه آزمایش شده با مقادیر  $mzerror$  ۰,۵، ۰,۰۵ و ۰,۰۰۵ مطابقت داشتند. در این مورد، با مقدار  $mzerror$  0.005 Da/e، پیک های مربوط به همان یون به قسمت های مجزا تقسیم شدند، در حالی که برای مقدار بیشتر از ۰,۵ Da/e، وضعیت معکوس رخ داد و پیک های مربوط به مجزا یون ها به سیگنال کروماتوگرافی یکسانی فرو می روند. بنابراین، مقدار  $mzerror$  بهینه روی ۰,۰۵ Da/e تنظیم شد. مقادیر بالاتر و پایین تر آزمایش شده (به ترتیب ۰,۵ و ۰,۰۰۵ Da/e) مجدداً انتخاب شدند تا به راحتی تأثیرات آنها بر انتخاب ROI نهایی را تجسم کنند. مشابه پارامتر آستانه، کاهش مقدار  $mzerror$  تعداد ROI ها را افزایش داد. با این حال، در این مورد، افزایش تعداد ROI به اندازه پارامتر آستانه چشمگیر نبود و زمان محاسبه سپری شده برای همه محاسبات نسبتاً ثابت بود. در مورد سوم ارزیابی اثر حداقل رخدادهای در جستجوی ROI، سه مقدار آزمایش شده با ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ مطابقت دارند. هنگام در نظر گرفتن نتایج به دست آمده برای سه مقدار آزمایش شده، همان روند مشاهده شده برای پارامترهای دیگر دوباره شناسایی شد، زیرا زمانی که مقادیر کمترین تعداد رخداد کاهش یافت، تعداد ROI بیشتری به دست آمد. با توجه به پارامتر  $mzerror$ ، افزایش تعداد ROI مشاهده شده در حداقل تعداد رخدادها کمتر از پارامتر آستانه بود، و زمان محاسباتی سپری شده در سه محاسبه مشابه بود. مثال ارائه شده در اینجا به وضوح اهمیت بهینه سازی مناسب پارامترهای ROI را قبل از استفاده از روش نشان می دهد.

جدول ۱. تعداد ROI و زمان محاسبات حاصل از جستجوهای ROI انجام شده با سه مقدار متفاوت از پارامترهای ورودی (آستانه سیگنال در واحدهای مطلق، a.u.، تحمل خطای جرم در Da/e، و حداقل تعداد رخدادها).

پارامترهای ROI	قدرت تحمل سیگنال	تعداد ROI	زمان
----------------	------------------	-----------	------

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### محاسباتی

۰,۸	۵۵	۷۵۰۰	
۱,۸	۳۰۰	۷۵۰	آستانه سیگنال
۸,۸	۱۳۵۷	۷۵	
	۲۶۷		
۱,۸		۰,۵	
	۳۰۰		
۲,۰		۰,۰۵	تحمل خطای جرم
	۳۵۶		
۲,۰		۰,۰۰۵	
۱,۷	۲۳	۱۰۰	
۱,۹	۳۰۰	۱۰	حداقل تعداد رخداد ها
۱,۹	۴۴۹	۱	

در این مطالعه نشان داده شده است که استراتژی جستجوی ROI، جهت فیلتر کردن و فشرده سازی داده های دو بعدی، یک رویکرد قدرتمند برای تجزیه و تحلیل مجموعه داده های متابولویکی LC-MS است. از یک طرف، مزیت اصلی انجام مراحل فیلتر کردن و فشرده سازی ROI، ظرفیت به حداقل رساندن ابعاد اولیه داده ها (گیگابایت ذخیره سازی) و در عین حال جلوگیری از هرگونه از دست دادن دقت طیفی است. از سوی دیگر، مزایای اصلی امکان شناسایی فوری شیمیایی متابولیت ها بر اساس اطلاعات طیف جرمی ارائه شده در تجزیه و تحلیل، درجه بالای تفسیرپذیری نتایج، ارزش افزوده به عنوان یک روش پیش پردازش که نیازی به مدل سازی پیک یا تراز کروماتوگرافی برای آنالیز همزمان چندگانه نمونه ها ندارد، همچنین استراتژی تراز پیک مورد نیاز نیست. روش استفاده شده یک جایگزین قدرتمند برای سایر روش های کم قدرت از جمله روش binning و windowing برای فشرده سازی داده های موجود است. یکی از نقاط ضعف اصلی Binning، بازسازی در دقت طیفی ناشی از کمپانی داده ها در بعد نسبت جرم به بار است که مانع

<sup>1</sup> Peak alignment



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شناسایی نهایی متابولیت ها می شود. علاوه بر این، در اغلب موارد، فشرده سازی انجام شده با Binning کافی نیست و پنجره های دیگر لازم است. در مقایسه با پرونده های Binning، هیچ کاهش در میزان قدرت تفکیک طیفی به عنوان یک برنامه کاربردی از روش جستجوی ROI رخ نمی دهد. این روش، نسبت به روشهای دیگر از جمله Binning، روش موثری به نظر می آید و میتواند جایگزین روش های پیچیده دیگری باشد [۳]

منابع

- [1] E. Gorrochategui, J. Jaumot, R. Tauler, (2019) *BMC bioinformatics* , 20(1) 1-17.
- [2] R. Tauler, E. Gorrochategui, J. Jaumot , (2015) *Protocols exchange* 1-28.
- [3] C.A. Smith, E.J. Want, G. O'Maille, R. Abagyan, G. Siuzdak, (2006) *Analytical Chemistry* 78(3) 779-787.



## آزمایشگاه انرژی و محیط زیست معتمد سازمان حفاظت محیط زیست: دانشگاه محقق

### اردبیلی

میثم نجفی ارشادی<sup>۱</sup>، عسگر مینایی<sup>۲</sup>، هادی غائبی<sup>۳\*</sup>، وحید خرم<sup>۴</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۵</sup>

۱، ۲، ۳ و ۵ - آزمایشگاه انرژی و محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

hghaebi@uma.ac.ir

۴ - دانشجوی دکتری رشته آلودگی های محیط زیست، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

### چکیده

امروزه با گسترش صنایع و افزایش استفاده از سوخت های فسیلی، سنجش و پایش آلاینده های زیست محیطی و کنترل و ممانعت از ورود آنها به محیط زیست به عنوان یکی از مهمترین اصول توسعه پایدار شناخته می شود که در کشور ما مطابق با اهداف برنامه چهارم و پنجم توسعه به آن توجه جدی شده است. مطابق با بند الف ماده ۱۱ این قانون و به منظور ارتقای کمی و کیفی پایش های محیط زیست و به منظور کاهش عوامل آلوده کننده و مخرب زیست محیطی، کلیه واحدهای بزرگ تولیدی، صنعتی، خدماتی و زیربنایی مکلف به انجام طرح خوداظهاری می باشند که این طرح بنا به اصل برون سپاری امور تصدی گری توسط آزمایشگاه های معتمد انجام می گیرد. آزمایشگاه های معتمد محیط زیست به عنوان بازوان سازمان حفاظت محیط زیست در امر بررسی و پایش آلودگی های محیط زیست شناخته می شوند و کلیه امور مربوط به کنترل و ممانعت از ورود مواد آلاینده به محیط زیست مطابق با نتایج پایش آزمایشگاه های معتمد از واحدهای مورد پایش است. در همین راستا، آزمایشگاه انرژی و محیط زیست گروه مهندسی مکانیک دانشگاه محقق اردبیلی به منظور تامین نیازهای واحد های صنعتی استان اردبیل با بهره مندی از امکانات و تجهیزات نوین آزمایشگاهی در حوزه پایش آلودگی های محیط زیست در زمینه هوا و صدا، موفق به اخذ گواهی آزمایشگاه معتمد محیط زیست از سوی سازمان حفاظت محیط زیست کشور شده است که هدف از این مقاله معرفی تجهیزات و امکانات آزمایشگاه معتمد محیط زیست دانشگاه محقق اردبیلی می باشد.

کلمات کلیدی: آزمایشگاه محیط زیست، حفاظت محیط زیست، انرژی، آلودگی هوا، سنجش آلودگی



## مقدمه

جهان امروز با استفاده بیش از حد از منابع طبیعی و استحصال مفرط از ذخایر طبیعی با اضمحلال آن روبه رو می باشد. هماکنون تقاضای بالا برای محصولات جدید و همچنین مصرف زدگی در جوامع انسانی موجب شده است تا حجم وسیعی از این منابع هر روزه در قالب پسماند هدر رود و یا با ورود به طبیعت موجب آلودگی آن و در نتیجه به صورت یک تهدید بالقوه ظهور نماید. استفاده از منابع طبیعی و حاکم بودن فرایند خطی در چرخه تولید باعث می شود که منابع طبیعی علاوه بر هدرروی بالا به صورت مواد آلاینده ظهور پیدا کنند. آلاینده های هوا، خاک، آب و سایر آلودگی های محیط زیستی از جمله اثرات و تبعات حاصل از بی توجهی به مقوله فرایند تولید و جلوگیری یا کنترل آلاینده های محیط زیستی است که هر ساله علاوه بر پیامدهای جبران ناپذیری که در سطح کلان محیط زیست وارد می کند، موجب می شود تا انسان های بسیاری در طی مواجهه با آنها جان خود را از دست دهند [۱].

با توجه به افزایش روند توسعه صنایع در کشور نیاز به فعالیت آزمایشگاه ها جهت پایش عوامل زیست محیطی امری ضروری می باشد که در نتیجه سازمان حفاظت از محیط زیست اقدام به ارایه مجوز به فعالان در این حوضه چه از قبیل بخش خصوصی و دولتی نموده است [۱].

مطابق بند الف ماده ۶۱ قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی دولت مکلف است طرح خوداظهاری برای پایش منابع آلوده کننده را آغاز نماید. کلیه واحدهای تولیدی، خدماتی و زیر بنایی باید بر اساس دستورالعمل سازمان حفاظت محیط زیست، نسبت به نمونه برداری و اندازه گیری آلودگی ها و تخریب های خود از طریق یکی از آزمایشگاه های محیط زیست استان مربوطه اقدام و نتیجه را به سازمان مذکور ارائه دهند [۲].

آزمایشگاه معتمد آزمایشگاهی است که در بخش خصوصی یا دولتی فعال بوده و توانایی آن جهت سنجش یک یا چند پارامتر محیط زیستی بر اساس ضوابط و مقررات جاری مورد تایید سازمان حفاظت محیط زیست کشور قرار گرفته است. طبق قانون خود اظهاری اداره کل محیط زیست هر استان از واحدهای صنعتی درخواست گزارش خود اظهاری می کند. واحدهای صنعتی از یکی از آزمایشگاه های معتمد محیط زیست درخواست می کند تا نسبت به پایش خود اظهاری خود اقدام کند.

در این راستا، آزمایشگاه انرژی و محیط زیست گروه مهندسی مکانیک دانشگاه محقق اردبیلی به منظور تامین نیازهای واحد های صنعتی استان اردبیل با بهره مندی از امکانات و تجهیزات نوین آزمایشگاهی در حوزه پایش آلودگی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



های محیط زیست در زمینه هوا و صدا، موفق به اخذ گواهی آزمایشگاه معتمد محیط زیست از سوی سازمان حفاظت محیط زیست کشور شده است.

از اهداف و مزایای راه اندازی این آزمایشگاه، ارتقا و توسعه آزمایشگاه های معتمد محیط زیست در سطح استان توسط سازمان حفاظت محیط زیست، کاهش هزینه های جاری واحدهای صنعتی و غیرصنعتی استان، رونق اقتصادی و نیز اشتغالزایی برای افراد بومی، ارتقای وضعیت پایش و نظارت های کنترلی در صنایع مستقر در سطح استان از نظر آلودگی های زیست محیطی بصورت مطلوب و ضابطه مند است.

هدف از این مقاله معرفی تجهیزات و امکانات آزمایشگاه معتمد محیط زیست دانشگاه محقق اردبیلی می باشد.

### آشنایی با تجهیزات آزمایشگاه

آزمایشگاه معتمد محیط زیست گروه مهندسی مکانیک دانشگاه محقق اردبیلی با هدف سنجش و پایش میزان آلاینده های هوا، تجهیزات زیر را دار می باشد

### ۱-۲- آنالایزر گازهای حاصل از احتراق مدل Seitron CHEMIST 600

دستگاه آنالایزر گاز دوشکل به احتراق مدل CHEMIST 600 با قابلیت و کیفی بالا جهت اندازه گیری ۶ گاز شامل  $CO_2$ ،  $CO$ ،  $H_2S$ ،  $NO$ ،  $NO_2$  (مورد استفاده صنایع و آزمایشگاه ها مرطوب قرار میگیرد).

دستگاه CHEMIST 600 گویا وسیله پیشرفته بوی تجزیه و تحلیل گازها احتراق در موارد زیر می باشد:

- کوره های کوچک (با سوخت نفت گاز، چوب و زغال گند)
- گویا بخا و بویلرها صنایع و ساختمانی
- بخای گازی آبگرمگ و پکیج



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۱. آنالایزر گازهای حاصل از احتراق مدل Seitron CHEMIST 600

گازها و پارامترهای اندازه گیری شده بزرگ دستگازر جلی ۱ آورده شده است.

جدول ۱. مشخصات گازها و پارامترهای اندازه گیری شده با دستگاه آنالایزر گازهای حاصل از احتراق مدل Seitron CHEMIST

600

MEASUREMENT	SENSOR	RANGE	RESOLUTION	ACCURACY
O <sub>2</sub>	Electrochemical sensor	0 .. 25.0% vol	0.1% vol	±0.2% vol
CO Low range with H <sub>2</sub> compensation	Electrochemical sensor	0 .. 500 ppm	0.1 ppm	±2 ppm ±5% measured value
NO	Electrochemical sensor	0 .. 5000 ppm	1 ppm	±5 ppm ±5% measured value
NO <sub>x</sub>	Calculated			
NO <sub>2</sub>	Electrochemical sensor	0 .. 1000 ppm	1 ppm	±5 ppm ±5% measured value
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	Pellistor sensor	0 .. 5.00% vol	0.01% vol	±0.25% vol
CO <sub>2</sub>	Calculated	0 .. 99.9% vol	0.1% vol	
H <sub>2</sub> S	Electrochemical sensor	0 .. 500 ppm	0.1 ppm	±5 ppm ±5% measured value
Air temperature	TcK sensor	-20.0 .. 1250.0 °C	0.1 °C	±0.5 °C ±0.5% measured value
Flue gas temperature	TcK sensor	-20.0 .. 1250.0 °C	0.1 °C	±0.5 °C ±0.5% measured value
Pressure (draft & differential)	Piezoelectric sensor	-10.00 .. +200.00 hPa	0.01 hPa	±1% measured value ±0.02 hPa ±1% measured value
Differential temperature	Calculated	0 .. 1250.0 °C	0.1 °C	
Air index	Calculated	0.00 .. 9.50	0.01	
Excess air	Calculated	0 .. 850 %	1 %	
Stack loss	Calculated	0.0 .. 100.0 %	0.1 %	
Efficiency	Calculated	0.0 .. 100.0 %	0.1 %	
Efficiency (condensing)	Calculated	0.0 .. 120.0 %	0.1 %	

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



#### ۲-۲- دوربین ترموگرافی Olip ThermoCam P200

دوربین ترموگرافی P200 با رزولوشن ۱۶۰×۱۲۰ پیکسل و دوربین ترموگرافی P500 با رزولوشن ۳۸۴×۲۸۸ پیکسل از سری P دوربین های شرکت OLIP دارای بدنه مقاوم در برابر ضربه از فاصله ۲ متری و طراحی ارگونومیک از جمله محبوبترین دوربین های مناسب جهت بازرسی و ممیزی انرژی به شمار می روند. کاربری آسان و کیفیت بالای صفحه نمایش، باتری لیتیومی با قابلیت ۳.۵ ساعت کارکرد مداوم، امکان گزارش گیری در نرم افزار حرفه ای و رایگان این دوربین، فوکوس دستی و قابلیت نصب لنزهای فواصل دور، همگی از مهمترین ویژگی های این دوربین ها به شمار می روند که در نهایت منجر به ثبت تصاویر با کیفیت بالا و سرعت فوق العاده بازرسی و گزارش گیری می گردند. تصویری از این دوربین در شکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۲. دوربین ترموگرافی Olip ThermoCam P200

#### ۲-۳- صوت سنج CESVA مدل SC310

صدا سنج CESVA SC310 به منظور اندازه گیری شدت صوت و نمایش مقدار اندازه گیری شده به کاربر بکار می رود. صدا سنج فوق داری یک میکروفون، پردازشگر الکترونیکی و صفحه نمایش می باشد. میکروفون قادر به تشخیص تغییرات کوچک در فشار هوای ناشی از صوت بوده و تغییر آنها را به سیگنال های الکتریکی تبدیل می کند. این سیگنال



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ها سپس توسط مدار الکترونیکی پردازش شده و نمایشگر میزان سطح صدا را بر حسب دسی بل نمایش می دهد. صدا سنج CESVA SC310 کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف از جمله صداشناسی و تحلیل صوت، صنایع ماشین سازی ، حمل و نقل، محیط زیست، پزشکی و غیره کاربرد دارد. تصویری از این دستگاه در شکل ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۳. صوت سنج CESVA مدل SC310

#### ۴-۲- جریان سنج اولتراسونیک مدل TUF-2000S

فلومتر آلتراسونیک TUF-2000S یک نوع جریان سنج است که سرعت مایع را با اولتراسوند اندازه گیری می کند تا از این روش ، حجم را محاسبه کند. فلومتر التراسونیک TUF-2000S سیگنال های آلتراسونیک توسط ترانسدیوسرهای که در اطراف بدنه فلومتر قرار دارند تولید و به درون سیال در حال حرکت منتقل می کند. در روش Transient time مدت زمان رفت و برگشت سیگنال در درون سیال Time of flight اندازه گیری گردیده و فلومتر بر اساس اختلاف زمان رفت و برگشت امواج بین دو سنسور ، سرعت سیال را محاسبه می نماید.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۴. جریان سنج اولتراسونیک مدل TUF-2000S

#### ۲-۵- لوکس متر یا نورسنج لوترون مدل LM-81LX

نورسنج یا لوکس متر LM-81LX برند لوترون، یک لوکس سنج حرفه ایی سبک و کوچک می باشد و به راحتی با یک دست قابل حمل است. این تجهیز دارای یک مدار میکروپروسسوری داخلی است که حداکثر دقت را فراهم می کند. این دستگاه قابلیت ذخیره مقادیر ماکزیمم و مینیمم را دارد. لوکس متر LM-81LX قابلیت اندازه گیری تا ۲۰,۰۰۰ لوکس را دارا می باشد. این تجهیز گواهینامه های ISO-9001 ، CE و IEC1010 را اخذ نموده است.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

شکل ۵. لوکس متر یا نورسنج لوترون مدل LM-81LX

### ۲-۶- دورسنج (تاکومتر) تماسی و نوری لوترون مدل DT-2230

دورسنج تماسی و لیزری (نوری - غیر تماسی) کمپانی لوترون یکی از تجهیزات نگهداری برای موتور های الکتریکی می باشد که برای سنجش دور موتور بر حسب RPM استفاده می شود. Dt-2230 دارای سری مخروطی و دایره ای برای اندازه گیری های تماسی در حالات مختلف و حالت لیزری برای اندازه گیری های غیر تماسی می باشد صفحه نمایش LCD کریستالی و قابلیت اتصال به کامپیوتر دیگر ویژگی مهم این دستگاه می باشد.



شکل ۶. دورسنج (تاکومتر) تماسی و نوری لوترون مدل DT-2230

### ۲-۷- تحلیلگر کیفیت توان MA-PA3

تحلیلگر کیفیت توان MA-PA3 ابزاری قدرتمند جهت بررسی و تحلیل پارامترهای مرتبط با ولتاژ، جریان، کیفیت توان و انرژی در سیستم های قدرت سه فاز و تک فاز است. این دستگاه به منظور داده برداری از سیگنالهای آنالوگ ولتاژ تا محدوده ۶۰۰ ولت و جریان تا محدوده ۲۰۰۰ آمپر از طریق آداپتورهای کلمپی طراحی و ساخته شده است. داده های نمونه برداری شده توسط این دستگاه با سرعت نمونه برداری بالا و به صورت همزمان، از تمامی کانال های ورودی دریافت شده و در لحظه مورد تحلیل قرار می گیرند تا پارامترهای مرتبط با کیفیت ولتاژ، جریان، توان و انرژی بدست آیند. این پارامترها عبارتند از دامنه، فاز، مقدار موثر ورودی های ولتاژی و جریانی، توان اکتیو و راکتیو، فرکانس، هارمونیک ها تا مرتبه ۵۰ و انرژی که به طور آنلاین قابل مشاهده و ذخیره سازی می باشند. این امکان فراهم شده است تا بتوان از طریق واسط Ethernet داده های دریافت شده را روی نرم افزار mPAS مشاهده و ثبت کرد. این نرم افزار، امکانات بسیار زیادی از جمله امکان مشاهده آنلاین تمامی سیگنالهای ولتاژی و جریانی و تمامی پارامترهای محاسبه



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شده را در اختیار کاربر قرار می دهد. همچنین این امکان فراهم شده است تا بتوان هر یک از پارامترهای مورد نظر را در محدوده زمانی دلخواه ذخیره نمود.



شکل ۷. تحلیلگر کیفیت توان MA-PA3

#### منابع

- [۱] فرشید کریمی، (۱۳۹۸) کنفرانس ملی بهداشت و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل.
- [۲] پایگاه اینترنتی سازمان حفاظت محیط زیست، <https://www.doe.ir>



## مطالعه و بررسی آلودگی صوتی صنایع کوچک با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست - مطالعه موردی: کارخانه شن و ماسه

عسگر مینایی مزرعه خلف<sup>۱</sup>، وحید خرم<sup>۲</sup>، هادی غایبی<sup>۳\*</sup>، علی نعمت الهزاده<sup>۴</sup>

۱- استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- دانشجوی دکتری رشته آلودگی های محیط زیست، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۳- دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، [hghaebi@uma.ac.ir](mailto:hghaebi@uma.ac.ir)

۴- استاد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

### چکیده

امروزه گسترش صنایع مختلف و افزایش شهرنشینی باعث ایجاد انواع مختلف آلودگی های محیط زیستی در شهرها شده است. یکی از انواع آلودگی ها، آلودگی صوتی می باشد. آلودگی صوتی سبب بروز ناراضیاتی های جسمی، روحی و روانی در افراد می شود. به همین دلیل سازمان حفاظت محیط زیست اقدام به تدوین دستورالعملها و قوانین برای کنترل و پیشگیری از آلودگی صوتی نموده است. بر اساس تبصره ۴ ماده ۱۱ قانون هوای پاک؛ کلیه مراکز و واحدهای صنعتی و تولیدی حسب تشخیص سازمان حفاظت محیط زیست مکلفند نسبت به نمونه برداری و اندازه گیری آلودگی هوا، در فاصله زمانی ممکن و در چهارچوب خوداظهاری، در پایش اقدام نمایند. طرح خوداظهاری در پایش در راستای اصل ۴۴ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران و به موجب بند الف ماده ۶۱ قانون برنامه چهارم توسعه کشور مطرح گردیده، با استفاده از توانایی آزمایشگاه های معتمد سازمان حفاظت محیط زیست انجام می شود. در مقاله حاضر ابتدا قوانین لازم برای پایش آلودگی صوتی محیط زیست توسط آزمایشگاه معتمد محیط زیست برای مراکز صنعتی و کارگاهی بیان شده شده است. در ادامه یک کارگاه شن و ماسه برای بررسی موردی انتخاب شده و با تعیین چهار ایستگاه در محل کارگاه، تراز معادل صوت در هر چهار ایستگاه اندازه گیری شده است. نتایج اندازه گیری نشان داد که مقادیر هر چهار ایستگاه در محدوده مجاز قرار دارند.

کلمات کلیدی: آلودگی هوا، آلودگی صوتی، صوت سنج، محیط زیست



## مقدمه

افزایش شهرنشینی و گسترش صنایع سبب وجود مشکلات جدیدی از جمله آلودگی هوا شده است. انتشار یک یا چند آلاینده اعم از آلاینده های جامد، مایع، گاز، پروتون های یون ساز و غیر یون ساز، بو و صدا در هوای آزاد، به صورت طبیعی یا انسان ساخت، به مقدار و مدتی که کیفیت هوا را به گونه ای تغییر دهد که برای سلامتی انسان و موجودات زنده، فرآیندهای بوم شناختی یا آثار و ابنیه زیان آور بوده و یا سبب از بین رفتن یا کاهش سطح رفاه عمومی شود، آلودگی هوا نامیده می شود. یکی از شکل های آلودگی هوا، آلودگی صوتی است. صدا یا صوت عبارت است از امواج طولی که از ارتعاش سریع اجسام و مواد اعم از جامد، مایع و گاز تولید می شود. در سال های اخیر مطالعات مختلف بر روی پیامدهای نامطلوب آلودگی صوتی در جهان انجام گرفته است [1]. پخش و انتشار هر گونه صوت، صدا و ارتعاش مربوط، بیش از حد مجاز و مقرر در فضای باز (غیر سرپوشیده) آلودگی صوتی نامیده می شود. منابع آلودگی صوتی گاه ثابت هستند مانند نیروگاه ها، پالایشگاه ها، کارخانه ها، کارگاه ها و گاه متحرک هستند مانند خودروهای سواری، موتورسیکلت ها، حمل و نقل هوایی، زمینی و ریلی. در زمینه پیشگیری و کنترل آلودگی صوت در دنیا اتفاق نظر وجود دارد. آلودگی صوتی به طور اجتناب ناپذیری در محیط زیست و محیط کار تولید و منتشر می گردد. به طوری که حتی در کشورهای توسعه یافته صنعتی هنوز هم یکی از معضلات عمده مدیریت زیست محیطی شهری، موضوع آلودگی صدا است. علاوه بر مخاطراتی که برای مواجهه با صدا برشمرده اند، وجود آلودگی صوتی در محیط دلیل اتلاف انرژی توسط منابع مختلف شهری و صنعتی است و از دیدگاه بهینه سازی مصرف انرژی نیز باید این موضوع مد نظر قرار گیرد [2].

در کشور ما نیز مطالعات متعددی در زمینه اندازه گیری آلودگی صوتی در شهرها و مراکز صنعتی انجام گرفته است. قنبری و همکاران [1] به اندازه گیری تراز فشار صوتی در دو ایستگاه مختلف در شهر تبریز پرداختند. نتایج نمونه برداری های آنها نشان داد که در هر دو ایستگاه بررسی شده میانگین تراز فشار صوتی بیشتر از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کشور آمریکا است. اویسی و همکاران [3] به اندازه گیری تراز فشار صوتی در مناطق مختلف مسکونی-تجاری یزد پرداختند. نتایج مشاهدات آنها نشان داد که در تمامی مناطق میزان آلودگی صوتی بیشتر از حد استاندارد یعنی 60 دسی بل بوده است. در ادامه تاثیر آلودگی صوتی بر سلامت روانی شهروندان با روش پرسش نامه ای بررسی شد. رحیمی و همکاران [4] به بررسی آلودگی صوتی منطقه 16 تهران با استفاده از اندازه گیری در 46 ایستگاه در سه بازه زمانی صبح، ظهر و شب پرداختند. نتایج اندازه گیری توسط آنها نشان داد که بیشترین میانگین تراز معادل صوت 83 دسی بل مربوط به بزرگراه است و به همین دلیل حداقل فاصله لازم مناطق مسکونی از بزرگراه ها 30 متر بیان شد. حداقل میانگین تراز معادل صوت 58 دسی بل در مناطق مسکونی اندازه گیری شد. نصیری و همکاران [5] به بررسی آلودگی صوتی تجهیزات در منطقه نفتی لاوان پرداختند و اثر محصورسازی تجهیزات مولد صدا را بر کاهش تراز فشار





صوتی بررسی کردند. نتایج نشان داد که با محصورسازی تجهیزات مولد صدا می توان تراز فشار صوتی را تا حد قابل قبولی کاهش داد، اما این روش نیز محدودیت هایی بر روی تجهیزات دارد که باید به آنها توجه کرد. حاجی زاده و همکاران [۶] به مطالعه موردی آلودگی صوتی در پالایشگاه پنجم مجتمع پارس جنوبی پرداختند. بدین منظور در قسمت های مختلف پالایشگاه تراز فشار صوتی بر حسب دسی بل در شبکه وزنی A اندازه گیری شد. اندازه گیری ها مطابق استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران به صورت تراز معادل صوت در مدت زمان ۳۰ دقیقه انجام گردید. نتایج نشان داد که در بعضی واحدها تراز معادل صوتی بیشتر از مقدار استاندارد است.

قوانین و مقررات موجود در زمینه آلودگی صوتی:

به دلیل اثرات نامطلوب جسمی، روحی و روانی آلودگی صوتی، موضوع کنترل و پیشگیری آلودگی هوا از جمله آلودگی صوتی صنایع یکی از اهداف سازمان حفاظت محیط زیست است. این سازمان در سال ۹۶ بر اساس اصل ۱۲۳ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران قانون هوای پاک را به صورت یک لایحه تقدیم مجلس شورای اسلامی کرده و در نهایت این لایحه به تصویب رسیده است. طبق ماده ۲۹ این قانون؛ ایجاد هر گونه آلودگی صوتی توسط منابع ثابت و متحرک ممنوع است. همچنین طبق تبصره ۴ ماده ۱۱ این قانون؛ کلیه مراکز و واحدهای صنعتی و تولیدی حسب تشخیص سازمان حفاظت محیط زیست مکلفند نسبت به نمونه برداری و اندازه گیری آلودگی هوا، در فاصله زمانی معین و در چهارچوب خوداظهاری، در پایش اقدام نمایند [۷]. طرح خوداظهاری در پایش با استفاده از توانایی آزمایشگاه های معتمد سازمان حفاظت محیط زیست انجام می گردد. آزمایشگاه معتمد محیط زیست، آزمایشگاهی است که توانایی آن جهت سنجش پارامترهای زیست محیطی بر اساس ضوابط و مقررات جاری، مورد تایید سازمان حفاظت محیط زیست قرار گیرد [۸]. یکی از بخش های فعالیت آزمایشگاه های معتمد محیط زیست، بررسی و پایش آلودگی صوتی در کارگاهها و مراکز صنعتی حائز شرایط مشخص شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست است. بر اساس آیین نامه اجرایی ماده ۲۹ قانون هوای پاک (مصوبه هیئت محترم وزیران)؛ در خصوص آلودگی صوتی، حدود مجاز برای پهنه های مختلف (بر حسب نوع منطقه) تصویب گردیده که به شرح جدول ۱ می باشد [۹].

در این جدول مقدار مجاز تراز معادل صوت  $Leq$  با اندازه گیری در محدوده زمانی ۳۰ دقیقه در شبکه وزنی A برای پهنه های مختلف ارائه شده است.

جدول ۱- حدود مجاز آلودگی صوتی در پهنه های مختلف

ردیف	نوع منطقه	روز: ۷ صبح الی ۱۰ شب $Leq(30),dB(A)$	شب: ۱۰ شب الی ۷ صبح $Leq(30),dB(A)$
۱	پهنه مسکونی	۵۵	۴۵

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



۵۰	۶۰	پهنه مختلط (تجاری- مسکونی)	۲
۵۵	۶۵	پهنه تجاری-اداری	۳
۶۰	۷۰	پهنه فعالیت (مسکونی- صنعتی)	۴
۶۵	۷۵	پهنه صنعتی	۵

همچنین طبق دستورالعمل سنجش میزان صدا در محیط آزاد که توسط سازمان حفاظت محیط زیست تهیه شده است، رعایت موارد زیر در اندازه گیری تراز معادل صوت ضروری است [۱۰]:

- دستگاه اندازه گیری کننده تراز فشار صوت باید قابلیت اندازه گیری تراز معادل فشار صوت Leq را داشته باشد. در محیط های باز به دلیل متغیر بودن صدا نمی توان از تراز لحظه ای استفاده کرد و باید از تراز معادل فشار صوت Leq یعنی میانگین زمانی تغییرات تراز فشار صوت استفاده کرد. استاندارد Leq را در ۳۰ دقیقه اعلام نموده اند.
- برای اطمینان از صحت کار اندازه گیری توسط تراز سنج لازم است قبل و بعد از هر اندازه گیری دستگاه کالیبره شود.
- قبل از اندازه گیری باید یک نقشه جامع از محل تهیه کرده و پس از تعیین ایستگاه های اندازه گیری بر روی نقشه اقدام به اندازه گیری شود.
- در زمان اندازه گیری در محیط های باز عوامل جوی نظیر باد شدید و باران که بر تراز فشار صوت موثر هستند وجود نداشته باشند.

دستگاه مورد استفاده در اندازه گیری تراز صوتی:

دستگاه استفاده شده برای اندازه گیری تراز فشار صوتی، صوت سنج CESVA مدل SC310 است. صدا سنج CESVA SC310 به منظور اندازه گیری شدت صوت و نمایش مقدار اندازه گیری شده به کاربر بکار می رود. صدا سنج فوق داری یک میکروفون، پردازشگر الکترونیکی و صفحه نمایش است. میکروفون قادر به تشخیص تغییرات کوچک در فشار هوای ناشی از صوت بوده و تغییر آنها را به سیگنال های الکتریکی تبدیل می کند. این سیگنال ها سپس توسط مدار الکترونیکی پردازش شده و نمایشگر میزان سطح صدا را بر حسب دسی بل نمایش می دهد. صدا سنج CESVA SC310 کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف از جمله صداشناسی و تحلیل صوت، صنایع ماشین سازی، حمل و نقل، محیط زیست، پزشکی

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



و... دارد. این دستگاه قابلیت اندازه گیری مقادیر لحظه ای تراز فشار صوتی، مقدار بیشینه تراز فشار صوت، مقدار کمینه تراز فشار صوت و همچنین مقدار تراز معادل صوتی Leq را در یک مدت زمان معین دارد. این دستگاه مجهز به یک دستگاه کالیبره است که برای کالیبره کردن تراز صوتی اندازه گیری شده قبل از هر اندازه گیری به کار می رود. این دستگاه قابلیت اندازه گیری تراز فشار صوتی را در هر سه شبکه وزنی A، C و Z را دارد. در شبکه وزنی A این دستگاه می تواند در محدوده ۲۴-۱۳۷ دسی بل تراز فشار صوتی را اندازه گیری کند. این دستگاه همچنین قابلیت ترسیم تغییرات تراز فشار صوت را بر حسب زمان بر روی نمایشگر خود دارد. این صوت سنج در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. دستگاه صوت سنج مدل SC310 CESVA

#### مطالعه موردی : کارخانه شن و ماسه

برای مطالعه موردی یک کارخانه شن و ماسه انتخاب شد که در فاصله ۲۰ کیلومتری شهر اردبیل قرار دارد. با توجه به فاصله این کارخانه از شهر اردبیل و نواحی مسکونی و طبق حدود مجاز ارائه شده در آیین نامه اجرایی ماده ۲۹ قانون هوای پاک، پهنه مورد عمل برای محل این واحد، پهنه صنعتی در نظر گرفته شده است و مطابق جدول ۱، تراز معادل صوتی در ایستگاه های مورد سنجش در محل این کارخانه نباید از ۷۵ دسی بل تجاوز کند. ابتدا یک نقشه از محل این



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



کارخانه تهیه شده و چهار ایستگاه مختلف برای اندازه گیری تراز معادل صوتی بر روی نقشه مشخص شد که این چهار ایستگاه عبارتند از: ۱- جنب ایستگاه پمپاژ ۲- ورودی کارخانه ۳- محل استقرار تجهیزات ۴- محل دپوی شن و ماسه. در ادامه مقدار تراز فشار صوت بیشینه، کمینه و تراز معادل صوت در بازه زمانی ۳۰ دقیقه اندازه گیری شد. برای نمونه در شکل ۲ صفحه نمایشگر صوت سنج برای ایستگاه چهارم در حین اندازه گیری نشان داده شده است. با توجه به شکل زیر مشاهده می شود که مقدار تراز صوتی بیشینه در شبکه وزنی A برابر ۷۴/۴ دسی بل، مقدار تراز صوتی کمینه برابر با ۵۳/۸ دسی بل و تراز معادل صوتی برابر با ۶۰/۴ دسی بل است.



شکل ۲- صفحه نمایشگر صوت سنج برای ایستگاه چهارم در حین اندازه گیری

همچنین در جدول ۲ مقادیر اندازه گیری تراز صوتی بیشینه، کمینه و تراز معادل صوت در شبکه وزنی A نشان داده شده است. با توجه به مقادیر Leq(dB) مشاهده می شود که تراز معادل صوت در این کارخانه در محدوده مجاز قرار دارد.

جدول ۲: مقادیر تراز صوتی بیشینه، کمینه و تراز معادل صوت در شبکه وزنی A برای کارخانه شن و ماسه مورد مطالعه

نام ایستگاه	Lmin(dB)	Lmax(dB)	Leq(dB)	محدوده
ایستگاه اول: جنب ایستگاه پمپاژ	۵۵/۲	۶۵/۲	۵۹/۲	مجاز
ایستگاه دوم: ورودی کارگاه	۵۶/۲	۸۳	۵۸/۲	مجاز

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مجاز	۶۴/۹	۸۶/۶	۶۰/۶	ایستگاه سوم: محل استقرار تجهیزات
مجاز	۶۰/۴	۷۴/۴	۵۳/۸	ایستگاه چهارم: محل دیوی شن و ماسه

### ۱- منابع

- [۱] محمد قنبری، کاظم ندافی، محمد مسافری، مسعود یونسیان، حسن اصلانی، (۱۳۹۰)، بررسی آلودگی صوتی شهر تبریز در مناطق تجاری و مسکونی - تجاری پرتراфик، ۴ (۳)، ۳۸۴-۳۷۵.
- [۲] آلودگی صوتی، آلودگی-صوتی / <https://www.doe.ir/?generaltext/178348/106652>.
- [۳] الهام اویسی، عباس اسماعیلی ساری، محمود قاسمپوری، پرویز آزاد فلاح، (۱۳۸۶)، بررسی تأثیر آلودگی صوتی ناشی از ترافیک بر سلامت عمومی و روانی شهروندان یزد، ۳۳ (۴۳)، ۵۰-۴۱.
- [۴] فاطمه رحیمی، ابوالقاسم صادقی، نیارکی مصطفی قدوسی، (۱۳۹۸)، ارزیابی آلودگی صوتی منطقه ۱۶ تهران، ۱۷ (۴)، ۱۷۹-۱۹۲.
- [۵] پروین نصیری، مهدی زارع، فریده گابابایی، (۱۳۸۶)، بررسی آلودگی صوتی در منطقه نفتی لاوان و تعیین اثر محصور سازی منابع مولد صدا بر کاهش تراز فشار صدا، ۴ (۴)، ۵۶-۴۹.
- [۶] مهدی حاجی زاده، اکبر رضایی، عطاله قاسمی، جواد قیصریان فرد، مطالعه و ارزیابی آلودگی صوتی در صنایع نفت و گاز (مطالعه موردی پالایشگاه پنجم مجتمع گاز پارس جنوبی)، همایش سراسری بهداشت و ایمنی کار - ۱۳۹۲.
- [۷] قانون هوای پاک، <https://rrk.ir/Laws/ShowLaw.aspx?Code=13501>.
- [۸] معاونت محیط زیست انسانی-دفتر پایش فراگیر محیط زیست، (۱۳۹۸)، ضوابط خود اظهاری در پایش آلودگی محیط زیست و شیوه نامه های آزمایشگاههای معتمد، سازمان حفاظت محیط زیست.
- [۹] آیین نامه اجرایی ماده ۲۹ قانون هوای پاک، مصوبه شماره ۸۴۴۰۱/ت/۵۵۰۶۹ هـ مورخ ۱۳۹۷/۶/۲۷ هیئت محترم وزیران.
- [۱۰] زهره کسمایی، امینه دانشیار، (۱۳۹۵)، دستورالعمل سنجش میزان صدا در محیط زیست، آزمایشگاه مرجع سازمان حفاظت محیط زیست ایران.



## بررسی استفاده از دستگاه آنالیزور گازهای احتراق Seitron Chemist 606S برای اندازه گیری گازهای آلاینده از دودکش های واحدهای صنعتی به منظور بررسی استانداردهای زیست محیطی

عسگر مینایی مزرعه خلف<sup>۱</sup>، سولماز عبدالله زاده<sup>۲</sup>، هادی غایبی<sup>۳\*</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۴</sup>،

۱- استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- کارشناسی ارشد، سازمان حفاظت محیط زیست استان آذربایجان غربی

۳- دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، [hghaebi@uma.ac.ir](mailto:hghaebi@uma.ac.ir)

۴- استاد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

### چکیده

آلودگی هوا یکی از معضلاتی است که به دلیل افزایش جمعیت شهرها و گسترش صنایع روز به روز شدیدتر شده است. یکی از شکل های آلودگی هوا، انتشار گازهای حاصل از احتراق سوخت های فسیلی در محیط است. احتراق سوخت های فسیلی باعث انتشار گازهایی چون مونو اکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، دی اکسید گوگرد، ذرات آلاینده، هیدروکربن های نسوخته و ... می شود که برای سلامت انسان و محیط زیست مضر هستند. به همین دلیل سازمان حفاظت زیست اقدام به کنترل و پایش گازهای خروجی از دودکش های صنایع، کارگاه ها و کارخانه های کوچک بزرگ در قالب طرح خوداظهاری کرده است. پایش گازهای خروجی از دودکش های صنایع به کمک آزمایشگاه های معتمد محیط زیست صورت می پذیرد. این آزمایشگاه ها باید مجهز به یک آنالیزور گازهای احتراق باشند که قابلیت اندازه گیری شش گاز حاصل از احتراق را داشته باشد. دستگاه Seitron Chemist 606S متعلق به آزمایشگاه انرژی و محیط زیست دانشگاه محقق اردبیلی یکی از این دستگاه هاست که در مطالعه حاضر دقت این دستگاه با یک دستگاه آنالیزور متعلق به آزمایشگاه مرجع محیط زیست بررسی شده است.

کلمات کلیدی: آلودگی هوا، گازهای آلاینده، آنالیزور گازهای احتراق، محیط زیست





## مقدمه

مسأله آلودگی هوا بخصوص در شهرهای بزرگ که از تنوع منابع آلاینده هوا از قبیل خودروها، صنایع، وسایل گرمایشی و منابع متفرقه از قبیل سوزاندن پسماندها، فعالیتهای ساختمانی و تجاری برخوردار می باشند. طی چند دهه اخیر شدت یافته و الزاماً نگرانیهای عمیقی را سبب گردیده است. انتشار یک یا چند آلاینده اعم از آلاینده های جامد، مایع، گاز، پروتون های یون ساز و غیر یون ساز، بو و صدا در هوای آزاد، به صورت طبیعی یا انسان ساخت، به مقدار و مدتی که کیفیت هوا را به گونه ای تغییر دهد که برای سلامتی انسان و موجودات زنده، فرآیندهای بوم شناختی یا آثار و ابنیه زیان آور بوده و یا سبب از بین رفتن یا کاهش سطح رفاه عمومی شود، آلودگی هوا نامیده می شود [1]. منابع آلودگی هوا می توانند ثابت باشند مانند کارخانه ها، کارگاه های کوچک و بزرگ، نیروگاه ها و یا متحرک باشند مانند خودروها و موتورسیکلت ها. یکی از انواع آلاینده های هوا، گازهای آلاینده خروجی از اگزوز خودروها و دودکش های صنایع مختلف مانند کارخانه ها، کارگاه ها و نیروگاه ها است. هدف مقاله حاضر بررسی دقت دستگاه آنالیزور گازهای احتراق در اندازه گیری گازهای آلاینده خروجی از دودکش کارگاه های کوچک مانند کارگاه آجرپزی است. بیشتر این کارگاه ها با سوخت گاز طبیعی یا گازوئیل کار می کنند. از جمله متداول ترین گازهای آلاینده ی تولید شده در این کارگاه ها می توان به موارد زیر اشاره کرد [2]:

- گاز مونو اکسید کربن CO: منوکسید کربن گازی است بی رنگ و بی بو که حتی در تراکم های بسیار کم نیز برای انسان و سایر جانوران خطرناک است. این گاز بیشتر در اثر احتراق ناقص سوخت های فسیلی تولید می شود. هنگامی که در فرایند سوخت مواد آلی، اکسیژن حاضر جهت احتراق کم باشد، منوکسید کربن تشکیل می شود. طبق برآورد سازمان بهداشت جهانی مقدار تولید منوکسید کربن در جهان به طور تقریبی ۲۶۰۰ میلیون تن در سال برآورد گردیده است که ۶۰٪ این مقدار توسط فعالیتهای انسانی تولید می شود. مواد موجود در خاک می تواند مقداری از این CO را جذب نموده و مقداری نیز در اثر فعل و انفعالات به CO<sub>2</sub> تبدیل می شود.
- اکسیدهای نیتروژن: از میان هفت اکسید نیتروژن شناخته شده موجود در هوای محیط، اکسید نیتریک (NO) و دی اکسید نیتروژن (NO<sub>2</sub>) از آلوده کننده های مهم هوا به شمار می روند. دی اکسید نیتروژن گازی است مرئی با رنگ قهوه ای مایل به زرد یا قهوه ای مایل به قرمز که طی فرایندهای پیچیده اتمسفر به ذرات معلق نیترات (NO<sub>3</sub>) تبدیل می شود. به علاوه دی اکسید نیتروژن نیز همچون اکسید نیتریک یکی از آلاینده های اصلی مه دود است. این گاز در شهرها به علت فعالیتهای انسانی از غلظت بالایی برخوردار است. احتراق سوخت ها در دمای بالا سبب تولید این آلاینده می شود. این دو گاز اثر مستقیم بر آلودگی هوا ندارند بلکه در صورتیکه با هوای مرطوب ترکیب شوند، این گازها با هوای مرطوب تولید اسید سیتریک می نمایند که در این حالت موجب پوسیدگی شدید فلزات می شوند. از طرفی چنانچه غلظت NO<sub>2</sub> و حدود ۲۵ppm برسد قابلیت دید را به میزان قابل توجهی کاهش خواهد



داد. اگر گیاهان به مدت ۱۰ الی ۱۲ روز در معرض هوای محتوی  $5 \text{ ppm NO}_2$  قرار بگیرند رشد آنها بسیار کاهش می یابد.

- دی اکسید گوگرد: گاز دی اکسید گوگرد، بی رنگ، غیر آتش زا و بی بو است که در سطح کره زمین در تراکم های پایین وجود دارد. هنگامی که غلظت آن بین  $3-1 \text{ ppm}$  در اتمسفر باشد، بر حس چشایی اثر خواهد گذاشت و در مقادیر بالاتر از  $3 \text{ ppm}$  بوی بدی به همراه خواهد داشت. وقتی  $\text{SO}_2$  در اتمسفر منتشر شود، در جریان واکنش های پیچیده به صورت ذرات معلق سولفات ( $\text{SO}_4$ ) در می آید. برخی از سوخت های فسیلی مانند زغال سنگ و مواد نفتی سنگین (نفت کوره و گازوییل) حاوی مقادیر زیادی گوگرد می باشند که این گوگرد در اثر احتراق به شکل گاز دی اکسید گوگرد در فضا پخش می شود. خودروهای دیزلی با وجود سهم اندک در ترافیک عامل انتشار تقریباً تمامی دی اکسید گوگرد از منابع متحرک می باشند. طبق برآورد سازمان بهداشت جهانی به طور تقریبی ۲۹۴ میلیون تن از این گاز در سطح جهان تولید می شود که حدود نیمی از این مقدار از منابع طبیعی (فعالیت آتش فشان) تولید می شود و نیم دیگر آن توسط فعالیت های انسانی به وجود می آید که اساساً در اثر احتراق سوخت های فسیلی است. دی اکسید گوگرد معمولاً در اتمسفر تبدیل به تری اکسید گوگرد و تری اکسید گوگرد تبدیل به اسید سولفوریک می شود. اکسیدهای گوگرد در صورتی که در هوایی قرار نگیرند که ذرات معلق در آن وجود داشته باشند و رطوبت نسبی نیز نسبتاً بالا باشد، شدیدترین اثر نامطلوب را بر آلوده نمودن محیط زیست خواهند داشت. در زمینه اندازه گیری و تجزیه و تحلیل گازهای آلاینده از دودکش های کارگاه ها و کارخانه جات مطالعات متعددی در دنیا و ایران صورت گرفته است. بانارکار و همکاران [3] به بررسی گازهای آلاینده خروجی از دودکش صنایع کوچک و همچنین کیفیت هوای اطراف دودکش ها پرداختند. برای مطالعه موردی یک کارگاه آجرپزی با سوخت ذغال سنگ انتخاب شد. اکسیدهای نیتروژن، اکسید گوگرد و ذرات معلق خروجی از دودکش اندازه گیری شده است. مقدار  $\text{SO}_2$  در دودکش در محدوده  $9-7 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$  و مقدار  $\text{NO}_2$  در دودکش در محدوده  $29-14 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$  اندازه گیری شده است. احمدی شهرویور و همکاران [4] به بررسی و ارزیابی تجربی آلاینده های خروجی از دودکش یک کارخانه روغن نباتی در شمال ایران پرداختند. ابتدا اندازه گیری ها برای سوخت گازوئیل برای دو نوع دودکش متفاوت انجام شد، اندازه گیری ها نشان داد که در صورت استفاده از سوخت گازوئیل در هر دو دودکش مقادیر  $\text{CO}$ ،  $\text{SO}_2$  و  $\text{NO}_x$  بالاتر از حد مجاز استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست است. در مرحله بعد با تغییر سوخت از گازوئیل به گاز طبیعی و استفاده از اسکرابر تر دوباره مقادیر آلاینده ها اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که با تغییر سوخت کوره به گاز طبیعی و استفاده از اسکرابر مقادیر آلاینده های اشاره شده در محدوده مجاز قرار گرفتند. زارعی و یزدی [5] به اندازه گیری تجربی آلاینده های  $\text{CO}$ ،  $\text{SO}_2$ ،  $\text{HC}$  و  $\text{NO}_x$  در ۲۰ کوره آجرپزی پرداختند که با سوخت مازوت کار می کردند. نتایج نشان داد که میزان تولید  $\text{SO}_2$  در حد بسیار بالایی است. به همین دلیل محققین پیشنهاد تبدیل سوخت این واحدها از مازوت به گاز طبیعی را دادند. برهانی و نور پور [6] به اندازه گیری آلاینده های  $\text{CO}$ ،  $\text{SO}_2$ ،  $\text{HC}$  و  $\text{NO}_x$  از تعدادی از دودکش واحدهای تولیدی ایزوگام



در شهر دلیجان پرداختند. برای اندازه گیری از دستگاه آنالیزور گازهای احتراق Testo350 استفاده کردند. اندازه گیری ها در دو فصل تابستان و زمستان انجام گرفت. میانگین مقدار تولید آلاینده ها در فصل زمستان بیشتر از فصل تابستان بود و مقدار CO بیشتر از استاندارد مجاز گزارش شد. رضی آبادی و حسنی [7] به اندازه گیری آلاینده های CO، SO<sub>2</sub>، HC و NO<sub>x</sub> از یک کارخانه لاستیک سازی پرداختند. سوخت مصرفی این کارخانه به صورت عمده گاز مصرفی است ولی در روزهای سرد سال از گازوئیل نیز به عنوان سوخت استفاده شده است. مقادیر اندازه گیری شده آلاینده ها با استاندارد سازمان محیط زیست مقایسه شده و مقدار کمتر از حد مجاز گزارش شد.

#### قوانین و مقررات موجود در زمینه آلاینده های دودکش

موضوع کنترل و پیشگیری آلودگی هوا از جمله کنترل آلاینده های خروجی از دودکش های صنایع یکی از اهداف سازمان حفاظت محیط زیست می باشد. این سازمان در سال ۹۶ بر اساس اصل ۱۲۳ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران قانون هوای پاک را به صورت یک لایحه تقدیم مجلس شورای اسلامی کرده و در نهایت این لایحه به تصویب رسیده است. همچنین طبق ماده ۱۱ تبصره ۴ این قانون کلیه مراکز، واحدهای صنعتی و تولیدی حسب تشخیص سازمان حفاظت محیط زیست مکلفند نسبت به نمونه برداری و اندازه گیری آلودگی هوا، در فاصله زمانی ممکن و در چهارچوب خوداظهاری، در پایش اقدام نمایند [1]. طرح خوداظهاری در پایش نیز با استفاده از توانایی هایی آزمایشگاه های معتمد محیط زیست انجام می شوند. آزمایشگاه معتمد محیط زیست، آزمایشگاهی است که توانایی آن جهت سنجش پارامترهای زیست محیطی بر اساس ضوابط و مقررات جاری، مورد تایید سازمان حفاظت محیط زیست قرار گیرد [8]. یکی از آزمایشگاه های معتمد زیست، آزمایشگاه هوا و صدا می باشد. یکی از فعالیت های این آزمایشگاه بررسی و پایش آلاینده های خروجی از دودکش های کارگاه ها و مراکز صنعتی مشخص شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست است. همچنین طبق دستورالعمل اندازه گیری گازهای خروجی دودکش که توسط سازمان محیط زیست تهیه شده است، آنالیزور گازهای احتراق لازم برای بررسی آلاینده های دودکش های واحد صنعتی باید دارای حداقل شش سنسور اندازه گیری با دقت قابل قبول برای گازهای احتراق باشد که این گازها شامل CO، O<sub>2</sub>، NO، NO<sub>2</sub>، H<sub>2</sub>S، SO<sub>2</sub> و HCL یا NH<sub>3</sub> باشد. [9] همچنین رعایت موارد زیر در اندازه گیری ضروری است:

- نمونه برداری باید از مکان مناسب در فاصله ای بین 2d (d: قطر دودکش) از محل ورود گازها و 0.5d از بالادست جریان (نوک دودکش) صورت گیرد.
- در دودکش هایی که رقیق سازی انجام می دهند باید اندازه گیری قبل از رقیق سازی انجام شود.
- دستگاه قبل از قرار دادن در دودکش باید Autozero گردد.
- استاندارد مدت زمان اندازه گیری برای هر صنعت متفاوت است (حداقل آن ۱۵ دقیقه است).





### دستگاه مورد استفاده برای آنالیز گازهای احتراق

دستگاه آنالایزر گاز دودکش یا احتراق برند Seitron مدل Chemist 606S با قابلیت و کیفیت بالا جهت اندازه گیری ۶ گاز که شامل گازهای CO، O<sub>2</sub>، CxHy، NO، NO<sub>2</sub> و SO<sub>2</sub> مورد استفاده صنایع و آزمایشگاه های مرتبط قرار می گیرد. این دستگاه در آزمایشگاه انرژی و محیط زیست دانشگاه محقق اردبیلی موجود است. این دستگاه همچنین دارای سنسور اندازه گیری دما و فشار دودکش نیز است. همچنین مقدار CO<sub>2</sub> را نیز محاسبه می کند. این دستگاه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. دستگاه آنالیزور گازهای احتراق برند Seitron مدل Chemist 606S

دستگاه Chemist 606S یک وسیله پیشرفته برای تجزیه و تحلیل گازهای احتراق در موارد زیر می باشد:

- کوره های کوچک ( با سوخت نفت، گاز، چوب و زغال سنگ)
- دیگ بخار و بویلرهای صنعتی و ساختمانی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



### • بخاری گازی، آبگرم کن و پکیج

این دستگاه قابلیت اتصال به گوشی به همراه از طریق بلوتوث را دارد. دستگاه همچنین قابلیت اتصال به کامپیوتر را دارد. در حالت اتصال به کامپیوتر و گوشی همراه هوشمند می توان به صورت خودکار و در بازه های زمانی مشخصات اقدام به داده برداری کرده و داده ها را در دستگاه کامپیوتر یا گوشی هوشمند ذخیره نمود. مشخصات سنسورهای Chemist 606S و دقت هر کدام از این سنسور در جدول ۱ بیان شده است.

جدول ۱. نوع، محدوده اندازه گیری و دقت سنسورهای دستگاه آنالیزور Chemist 606S

MEASUREMENT	SENSOR	RANGE	RESOLUTION	ACCURACY	
O <sub>2</sub>	Electrochemical sensor	0- 20.0% vol	0.1% vol	±0.2% vol	
CO	Electrochemical sensor	0- 500 ppm	0.1 ppm	±2 ppm ±5% measured value	0 - 40.0 ppm 40.1 - 500.0 ppm
NO	Electrochemical sensor	0- 5000 ppm	1 ppm	±5 ppm ±5% measured value	0 - 100 ppm 101 - 5000 ppm
NO <sub>x</sub>	Calculated				
NO <sub>2</sub>	Electrochemical sensor	0- 1000 ppm	1 ppm	±5 ppm ±5% measured value	0- 100 ppm 101 - 1000 ppm
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	Pellistor sensor	0 - 5.00% vol	0.01% vol	±0.25% vol	
CO <sub>2</sub>	Calculated	0 - 99.9% vol	0.1% vol		
SO <sub>2</sub>	Electrochemical sensor	0- 500 ppm	0.1 ppm	±5 pp ±5% measured val	0- 100.0 ppm 100.1 - 500.0 ppm
Air temperature	TcK sensor	-20.0- 1250.0 °C	0.1 °C	±0.5 °C ±0.5% measured value	0 - 100 °C 101 - 1250 °C
Flue gas temperature	TcK sensor	-20.0- 1250.0 °C	0.1 °C	±0.5 °C ±0.5% measured value	0 - 100 °C 101 - 1250 °C
Pressure (draft & differential)	Piezoelectric sensor	-10.00- +200.00 hPa	0.01 hPa	±1% measured value ±0.02 hPa ±1% measured value	-10.00 - -2.01 hPa -2.00 - +2.00 hPa ±201 - +200.00 hPa

بررسی دقت دستگاه Testo 350 با Seitron chemist 606S دستگاه



برای بررسی دقت دستگاه آنالیزور گازهای احتراق دقت این دستگاه پس از کالیبراسیون با یک دستگاه آنالیزور گازهای احتراق مدل Testo 350 مقایسه و اعتبار سنجی شد. مقایسه دو دستگاه در دودکش یک کارگاه آجرپزی انجام گرفت. در جدول ۲ مقادیر اندازه گیری شده هر توسط هر دو آنالیزور نمایش داده شده اند. با توجه به مقادیر دو جدول مشاهده می شود که دستگاه آنالیزور Seitron chemist 606S از دقت قابل قبولی برخوردار است.

جدول ۲. مقایسه مقادیر گازهای احتراق با استفاده از دو دستگاه آنالیزور مختلف

اختلاف %	Testo 350	Seitron chemist 606S	پارامتر
۰/۹۹	۲۰/۲	۲۰/۴	O2 (%)
۲۵	۰/۴	۰/۳	CO2 (%)
۴/۳	۶۹	۶۶	CO (ppm)
۰	۵	۵	NO (ppm)
۰	۵	۵	NOx (ppm)
۸/۲	۳۶/۶	۳۳/۶	Tair (°C)
۱/۸	۸۴/۳	۸۲/۸	Tflue (°C)

منابع

[۱] قانون هوای پاک، <https://rrk.ir/Laws/ShowLaw.aspx?Code=13501>.

[۲] گروه بررسی آلودگی هوا، گروه-بررسی-آلودگی-هوا/621226/?portal/home/ <https://nacc.doe.ir/portal/home/?621226/?portal/home/>

[3] A. D. Bhanarkar, D. G. Gajghate, and M. Z. Hasan, (2002), Assessment of air pollution from small scale industry, *Environmental Monitoring and Assessment*, 80(2) , 125–133.

[4] Ali Almasi, Fateme Asadi, Mitra Mohamadi, Frogh Farhadi, Zahra Atafar, Razieh Khamutian, Ahmad Mohamadi, (2017), Evaluation of Pollutants Emission from Stack Vegetable Oil Factory in North of Iran, *Journal of Environmental Health Engineering*, 4(3), 185–192.

[۵] هادی زارعی محمود آبادی، مهدیه یزدی، (۱۳۹۱)، بررسی سهم و نقش کوره های آجرپزی در آلودگی هوای استان یزد، نشریه مدیریت و برنامه ریزی محیط زیست، ۴، ۳۲–۲۵.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- [۶] فائزه برهانی، علیرضا نورپور، (۱۳۹۸)، اندازه گیری انتشار آلودگی هوا خروجی از دودکش واحدهای تولید عایق رطوبتی (ایزوگام) دلیجان، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۲، ۷۱-۵۸.
- [۷] میلاد رضی آبادی، فاطمه حسنی، (۱۳۹۸)، رزیابی انتشار آلاینده های گازی خروجی از دودکش های کارخانه های لاستیک سازی ( مطالعه موردی کارخانه ایران یاسا تایر و رابر)، مطالعات علوم محیط زیست، ۴(۱)، ۹۴۵-۹۵۳.
- [۸] معاونت محیط زیست انسانی-دفتر پایش فراگیر محیط زیست، (۱۳۹۸)، ضوابط خود اظهاری در پایش آلودگی محیط زیست و شیوه نامه های آزمایشگاه های معتمد، سازمان حفاظت محیط زیست.
- [۹] فاطمه ابراهیمی، ونداد متولی، میراحمد سیدی صاحباری، (۱۳۹۵)، اندازه گیری گازهای خروجی دودکش، آزمایشگاه مرجع سازمان حفاظت محیط زیست ایران.



## مروری بر دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا

علی هم‌رنگ<sup>۱\*</sup>، اسلام پور بشیر<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی رشته شیمی کاربردی دانشگاه محقق اردبیلی، A.hamrang@student.uma.ac.ir

۲- دانشیار گروه شیمی دانشگاه محقق اردبیلی

### چکیده

کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا روشی است که برای جداسازی ترکیبات مخصوصاً ترکیبات بیولوژیکی بسیار پر کاربرد است. این روش یک فن بسیار تنوع پذیر است که می تواند برای اندازه گیری هر تجزیه شونده غیر گازی به شرط آن که در حلال آلی یا آبی قابل حل باشد به کار می رود. همین قابلیت باعث شده است که یکی از مهم ترین روش های تجزیه ای بشمار آید. دو شیوه اصلی کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا عبارت اند از فاز نرمال و فاز معکوس، همچنین در سیستم های کروماتوگرافی با ایجاد تغییراتی در مواد پرکننده و شوینده ها می توان جداسازی هایی بر اساس ممانعت اندازه و قدرت مبادله یون ها انجام داد.

کلمات کلیدی: کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا، فاز متحرک، فاز ثابت، جداسازی.



## مقدمه

کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا یکی از روش های بسیار متداول در جداسازی، شناسایی و اندازه گیری اجزای یک مخلوط است به عنوان مثال برای جداسازی ترکیبات شیمیایی یا شناسایی اجزا تشکیل دهنده یک نمونه بیولوژیکی استفاده می شود و در میان روش های جداسازی بیشترین رشد و کارایی را داشته است [۱]. از دلایل رشد این روش می توان به قدرت تفکیک و حساسیت بالا، قابلیت اندازه گیری ترکیبات غیر فرار و حساس به دما و اندازه گیری کمی آنالیت ها اشاره کرد. در روش های مختلف کروماتوگرافی یک فاز ساکن و یک فاز متحرک وجود دارد که اجزای مختلف نمونه در فاز متحرک حل شده و از فاز ساکن عبور می کنند. با توجه به میزان برهم کنش اجزا نمونه با فاز ساکن، اجزاء در زمان های متفاوتی از ستون خارج می شوند که باعث جداسازی اجزای نمونه می شود. در روش های HPLC<sup>۱</sup>، حلال تحت فشارهای بالا تا ۴۰۰ اتمسفر که توسط پمپ ها تامین می شود، نمونه را در طول ستون حرکت می دهد، اجزای نمونه با فاز ساکن موجود در ستون واکنش داده و بر اساس سرعت جریان های مختلف ایجاد شده، جداسازی اجزا صورت می گیرد. به طور کلی قطبیت حل شونده به فاز متحرک بسیار نزدیک است و با فاز ساکن اختلاف دارد [۲].

### ۱- انواع HPLC بر اساس سیستم فاز

انواع کروماتوگرافی مایع بر اساس سیستم فاز مورد استفاده و توانایی جداسازی انواع ترکیبات دسته بندی می شود. این روش ها از کارایی بالاتر و توانایی آنالیز نمونه های پیچیده تری نسبت به روش های دیگر کروماتوگرافی برخوردارند. به دلیل وجود روش های مختلف جداسازی در HPLC که مکمل یکدیگر هستند، دامنه کاربردی آن از ماکرومولکول ها تا یون های معدنی وسعت دارد. انتخاب مناسب ترین روش آنالیز، پیچیده و به عوامل متنوعی وابسته است و با تغییراتی در فاز متحرک و فاز ساکن می توان جداسازی های گوناگونی انجام داد که مهم ترین عامل در تعیین روش، اندازه و قطبیت مولکول ها است. به طور کلی ۴ دسته اصلی HPLC عبارتند از: کروماتوگرافی فاز نرمال، کروماتوگرافی فاز معکوس، کروماتوگرافی تبادل یونی، کروماتوگرافی طرد اندازه [۳].

### الف- کروماتوگرافی فاز نرمال

جداسازی هایی که در آن فاز ساکن (که معمولاً سیلیکا است) قطبی و فاز متحرک که حلال آلی است غیر قطبی می باشد را توصیف می کند. مشخصه اصلی این روش این است که میزان قطبیت آنالیت ها چه مقدار است و با ستون چه مقدار برهمکنش دارد. موادی که قطبیت کمتری دارند سریع تر از ستون خارج می شوند و مواد قطبی

<sup>1</sup> High-performance liquid chromatography



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



تر زمان بازداری بیشتری دارند. در این روش فاز متحرک را پس از جداسازی به آسانی می توان تبخیر نمود و به همین علت کروماتوگرافی فاز نرمال نقش مهمی در آزمایشگاه سنتز مواد آلی به منظور جدا کردن محصولات واکنش دارد [۳].

### ب- کروماتوگرافی فاز معکوس

این روش دارای فاز ساکن غیرقطبی است که معمولاً از پیوند خوردن استخلاف های آلکیل به سطح سیلیکا تهیه می شوند (مانند اکتا دسیل سیلان و سیلیکای پیوندی با فنیل) و دارای فاز متحرک قطبی مانند آب، استون و استونیتریل است. در این روش برخلاف فاز نرمال، قطبی ترین گونه در ابتدا خارج می شود و افزایش قطبیت فاز متحرک زمان شویش را کاهش می دهد. در اکثر کاربردهای کروماتوگرافی فاز معکوس شویش را با یک فاز متحرک قطبی مانند محلول آبی با غلظت های متفاوتی از حلال هایی مانند متانول، استونیتریل یا تتراهیدروفوران انجام می دهند. به علت تکرارپذیری و پایداری بیشتر روش فاز معکوس روش غالب در HPLC است [۳] و [۴].

### ج- کروماتوگرافی تبادل یونی

این روش که اغلب کروماتوگرافی یونی نامیده می شود اولین بار در دهه ۱۹۷۰، هنگامی که مشاهده شد مخلوط های کاتیونی و آنیونی را می توان به آسانی در ستون های HPLC پر شده با رزین های تبادل کاتیونی و آنیونی جدا کرد ابداع شد [۴]. کروماتوگرافی تبادل یونی معروف ترین روش کروماتوگرافی برای جداسازی پروتئین ها است. در پروتئین ها، پلی نوکلئوتیدها و ماکرومولکول های زیستی دارای بخش های باردار هستند و می توانند با تبادلگرهای یونی اندرکنش داشته باشند [۵]. از این روش برای جداسازی یون های فلزات واسطه، لانتانیدها و اکتینیدها نیز استفاده می شود. در این روش فاز ساکن از ترکیب سیلیکاتی بی اثر تشکیل شده که بر روی سطح آن بر اساس نوع آنالیت گروه های اسیدی یا بازی به طور شیمیایی قرار داده شده است. یون ها بر اساس مقدار بار و نوع بار و وابسته به pH با شوینده های مختلف جداسازی می شوند [۳].

### د- کروماتوگرافی طرد اندازه

این کروماتوگرافی با نام های کروماتوگرافی ژل صافی یا ژل تراوا نیز نامیده می شود، روش توانمندی برای آنالیز گونه های با وزن مولکولی زیاد است. فاز ثابت حاوی حفرات و منافذ کوچک (حدود ۱۰ میکرومتر) است که مولکول های ماده حل شده و حلال می توانند به درون آنها نفوذ کنند. کوچک ترین مولکول ها به طور کامل به



منافذ نفوذ کرده و مولکول های متوسط به بخشی از منافذ نفوذ کرده و مولکول های بزرگ تر نمی توانند به درون منافذ نفوذ کنند در نتیجه بزرگ ترین مولکول ها اول شسته می شوند و از ستون خارج می شوند همچنین در این روش هیچ بر همکنش فیزیکی و شیمیایی بین آنالیت ها و فاز ساکن رخ نمی دهد و تغییرات زمان بازداری وابسته به اندازه ذرات آنالیت می باشد.

## ۲- معرفی اجزا دستگاه HPLC

دستگاه HPLC از بخش های متنوعی تشکیل شده است که بر اساس نوع نمونه تجزیه ای می توان در برخی از قطعات تغییراتی انجام داد. قسمت های اصلی دستگاه HPLC عبارتند:

### الف- مخازن حلال ها

محتویات فاز متحرک در ظروف شیشه ای یا فولاد ضدزنگ قرار داده می شود. در HPLC فاز متحرک یا حلال مخلوطی از اجزای مایع قطبی و غیرقطبی متفاوت خواهد بود [۲]. جداسازی می تواند با یک نوع حلال انجام شود که به آن شویش تک توانی می گویند و یا می توان از دو یا چند نوع حلال مختلف با نسبت ترکیب های متفاوت استفاده کرد. همچنین می توان عبور حلال از ستون را برنامه ریزی کرد که در هر مرحله چه نوع حلالی و با چه نسبتی وارد ستون شود. مخازن حلال معمولاً برای جداسازی گازهای محلول مزاحم که تداخل ایجاد می کنند به تجهیزاتی مجهزند که با دمیدن گازهای بی اثر خروج گازهای محلول مزاحم را تسریع می کنند. همچنین به منظور صاف کردن حلال از ذرات گردوغبار سیستم هایی تعبیه شده است تا از گرفتگی پمپ ها و ستون ها جلوگیری کنند [۴].

### ب- پمپ

به منظور انتقال حلال و نمونه به درون ستون و ایجاد فشار در سیستم از پمپ ها استفاده می شود. مواد پرکننده در ستون های HPLC از ذرات بسیار ریز تهیه شده اند و در مقابل عبور حلال مقاومت می کنند بنابراین از پمپ ها برای ایجاد فشار باید استفاده کرد. در جداسازی های تجزیه ای با ستون هایی حاوی ذرات با قطر ۳ تا ۱۰ میکرون و سرعت جریان حلال ۰/۱ تا ۱۰ میلی لیتر در دقیقه و فشارهایی تا حدود ۴۰۰ بار لازم است. همچنین پمپ ها باید سرعت جریان تکرارپذیر داشته باشند تا زمان بازداری پایدار باشد. بدین منظور پمپ هایی متفاوتی با ویژگی های خاصی تهیه شده اند. در تهیه پمپ ها باید موادی به کار گرفته شود که نسبت به حلال ها مقاوم باشند، می توان برای تهیه پمپ ها از استیل ضدزنگ درجه ۳۱۶ یا پمپ های تماماً غیرفلزی پلاستیکی یا سرامیکی استفاده کرد.



### ج- تزریق کننده

تزریق نمونه به دستگاه را به دو روش دستی یا خودکار می توان انجام داد. در روش خودکار نمونه در ظروف مخصوصی قرار داده می شود و در محل مخصوص قرار می گیرد و پس از اعلام اپراتور دستگاه نمونه تزریق می شود. در روش دستی از سرنگ هایی با ظرفیت های مختلف استفاده می شود [۶].

### د- ستون ها

ستون های کروماتوگرافی مایع معمولاً از فولاد ضدزنگ با منفذ یکسان ساخته می شود. گاهی از لوله های شیشه ای نیز استفاده می شود که در فشارهای کمتر از ۲۰ بار مناسب است. ستون های گوناگون با ابعاد مختلف به بازار عرضه می شوند [۲]. طول ستون های اصلی در حدود ۱۰ تا ۳۰cm بوده و درون ستون با موادی که به دو حالت پوسته دار یا متخلخل است پر می کنند. اندازه این مواد پرکننده بر کیفیت جداسازی تأثیر بسیار زیادی دارد و اندازه هایی در محدوده ۳ تا ۵ میکرومتر دارند. ستون ها می توانند قطبی یا غیرقطبی باشند. نمونه پس از ورود به داخل ستون بر اساس میزان قطبیت اجزا مختلف با ستون و تفاوت زمان بازداری از یکدیگر جدا می شوند [۶].

### ح- آشکارسازها

آشکارسازها بر اساس ویژگی های آنالیت موردنظر مانند توانایی جذب در ناحیه ماورا بنفش، فلورسانس، هدایت، اکسیداسیون - احیا، انتخاب می شوند. ویژگی های مهم آشکارسازها عبارتند از: تکرارپذیری، گزینش پذیری، حساسیت، اقتصادی بودن، پایداری در HPLC هر دو فاز می توانند ترکیبات آلی باشند در نتیجه، تمام آشکارسازها باید نسبت به یک نوع آنالیت در مقابل حلال حساسیت بالاتری داشته باشند. روش های آشکارسازی بر اساس اندازه گیری یکی از خواص فیزیکی ترکیب آلی یا معدنی موجود در محلول به کار گرفته شده، تا مقدار آنالیت موجود در محلول به دست آید. انتخاب یک آشکارساز برای تجزیه یک نمونه ویژه بستگی به ساختمان تجزیه شونده و مزاحمت های موجود در آن یا در حلال دارد. انتخاب حلال و آشکارساز مناسب از اهمیت بسزایی برخوردار است. بسیاری از ترکیبات نمی توانند به طور مستقیم به آشکارسازها پاسخ دهی داشته باشند بنابراین به کمک روش های مشتق سازی می توان آنالیت های موردنظر را به گونه هایی تبدیل کرد که نسبت به یک آشکارساز دارای انتخاب پذیری هستند [۷].

### ۳- بحث و نتیجه گیری:





اساس کلی کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا میزان برهمکنش های آنالیت با ستون کروماتوگرافی است. ترکیبات بر اساس خواص فیزیکی خود با فاز ساکن اتصال برقرار کرده و سپس بر اساس برهمکنش با فاز متحرک شسته می شوند و از ستون خارج می شوند. در این روش برای آنالیز ترکیبات باید اطلاعاتی در مورد نمونه در دسترس انجام دهنده آزمایش باشد. این اطلاعات به آزمایشگر کمک می کند تا نتایج بهتر و دقیقی به دست آورد، این اطلاعات شامل حلالیت نمونه قطبی یا غیرقطبی بودن نمونه طول موج جذبی و... باشد. بر اساس اطلاعات اولیه و با تغییراتی در ستون کروماتوگرافی و تعیین نوع ستون متناسب برای آنالیز نمونه و یا تغییر در نسبت حلال های قطبی و غیرقطبی و نحوه آشکارسازی و انتخاب نوع آشکارساز مناسب نتایج دقیق تری به دست آورد.

منابع

- [1] F., Blum (2014) *British Journal of Hospital Medicine* , 75, 18-21.
- [2] M., Thammana (2016) *Pharmaceutical Analysis* , 5, 22-28
- [3] S., Roger Malcolm (1943) *Gas and Liquid Chromatography in Analytical Chemistry (Wiley)*, 1st.
- [4] A., Skoog , F., Holler , R., Crouch (2018) *Principles of Instrumental Analysis (Cengage Learning)*, 7th.
- [5] R., Hahn , A., Jungbauer (2009) *Chapter 22 Ion-Exchange Chromatography*, 349-371.
- [6] H., Hatami , F., Yazdankhah (2016) *New publications in scientific laboratories of Iran*, 2, 75-83
- [7] R.P.W., Scott (1986) *Liquid Chromatography Detectors (Elsevier Science)*, 2th.

مروری بر روش های آزمایشگاهی مورد استفاده در بررسی چارچوب های آلی-فلزی

مهدی خدائی\*، فاروق نصیری

<sup>1</sup>دانشجوی کارشناسی رشته شیمی کاربردی، دانشگاه محقق اردبیلی؛ m.khodaii@student.uma.ac.ir

<sup>2</sup>استاد شیمی آلی، دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



چارچوب های آلی-فلزی مرز مشترک بین شیمی آلی و شیمی معدنی هستند؛ زیرا در این چارچوب ها از واحدهای فلزی یا خوشه های معدنی و گروه های آلی به عنوان لیگاند (Linker) استفاده می شود که در نتیجه اتصال آن ها به هم مواد متخلخل با حفره های معین تشکیل می شود. روش های سنتز متفاوتی را می توان در خصوص ساختارهای آلی-فلزی به کار گرفت که بررسی خواص ترکیبات از اهمیت بالایی برخوردار است؛ در واقع شناخت ویژگی های MOF ها وابسته به بررسی خواص آن ها و مهارت پژوهشگر در تفسیر نتایج حاصل از آنالیزهای مربوطه دارد. در این مقاله مروری کوتاه به روش های آزمایشگاهی مرسوم جهت چارچوب های آلی-فلزی خواهیم داشت.

کلمات کلیدی: چارچوب های آلی فلزی، BET، FTIR، TGA، SEM.

### مقدمه

نسبت حجمی فضای خالی ماده ی متخلخل به حجم کل ماده، تخلخل نامیده می شود. ماده ای که دارای تخلخلی بین ۰٫۲ تا ۰٫۹۵ باشد، به آن ماده متخلخل می گویند. این مواد دارای حفره های با اشکال متفاوت هستند که از این بین می توان به اشکال کروی، استوانه ای، شکاری، قیفی شکل و یا آرایش شش گوشه اشاره کرد. چارچوب های آلی-فلزی (Metal Organic Frameworks: MOFs) دسته ای از مواد متخلخل هستند که امروزه به دلیل خواص و ویژگی های جالب شان مورد توجه بسیاری از پژوهشگران بوده اند. در واقع می توان چارچوب های آلی-فلزی را مرز مشترک بین شیمی آلی و شیمی معدنی دانست؛ زیرا در این چارچوب ها از واحدهای فلزی یا خوشه های معدنی و گروه های آلی به

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



عنوان لیگاندها (Linker) استفاده می شود که در نتیجه اتصال آن ها به هم مواد متخلخل با حفره های معین تشکیل می شود [۱]. در سال ۱۹۶۵، تامیک (Tomic) اولین نمونه MOF را سنتز کرد. اما ترکیب سنتز شده تامیک در آن سال ها مورد توجه قرار نگرفت [۲] تا اینکه اصطلاح چارچوب های فلزی-آلی در سال ۱۹۹۵ برای اولین بار توسط عمریاقی (Omar Yaghi) برای ترکیبات کوردیناسیونی به کار برده شد که برهمکنش گسترده فلز-لیگاند دارند و نیز دارای ساختار سه بعدی متخلخل می باشند [۳]. در سال ۱۹۹۹ عمریاقی و همکارانش موفق به سنتز ساختاری مبتنی بر فلز روی و لیگاند کربوکسیلات شدند که دارای تخلخل ۶۱٪ و سطح لانگمیر  $2900 \frac{m^2}{g}$  بود [۴]. همچنین در سال ۲۰۰۴، MOF-177 را معرفی کرد که دارای سطح  $5340 \frac{m^2}{g}$  و تخلخل ۸۰٪ با حفرات بزرگ به اندازه  $10,8 \text{ \AA}$  و ظرفیت جذبی بالا در حدود ۱۱,۶ درصد وزنی نسبت به هیدروژن بود [۵]. بعدها استوکس (Stock) و بیسواس (Biswas) در مورد توسعه روش های سنتزی چارچوب های آلی-فلزی پیش قدم شدند [۶]. چارچوب های آلی-فلزی پلیمرهای کوردیناسیونی متخلخل هستند که می توانند شبکه های یک بعدی، دوبعدی و سه بعدی ایجاد کنند. از این بین چارچوب های آلی-فلزی که تخلخل دائم دارند از اهمیت بیشتری برخوردارند، زیرا با توجه به کاربردهای مختلف می توان مولکول های متفاوت را درون حفره آنها قرار داد [۷]. این حفره ها می توانند اندازه و شکل مشخصی داشته باشند. مورفولوژی این ترکیبات وابسته به نوع فلز و نوع لیگاند استفاده شده در سنتز است بنابراین می توان این ترکیبات را از لحاظ اندازه حفرات نیز مورد بررسی قرار داد که در این صورت در سه دسته ماکرومتخلخل (با قطر بیش از ۵۰ نانومتر)، مزومتخلخل (با قطر ۲-۵۰ نانومتر) و میکرومتخلخل (با قطر کمتر از ۲ نانومتر) تقسیم کرد [۸]. روش های سنتز متفاوتی را می توان در خصوص چارچوب های آلی-فلزی به کار گرفت اما بررسی و شناسایی این ترکیبات از اهمیت بالایی برخوردار است؛ در واقع شناخت ویژگی های MOF ها در گرو شناسایی آنها و مهارت پژوهشگر در تفسیر نتایج حاصل از آنالیزهای مربوطه دارد. در ادامه به کاربرد برخی از تجهیزات آزمایشگاهی قابل استفاده در شناسایی چارچوب های آلی-فلزی خواهیم پرداخت.

### الف-آنالیز BET

BET در سال ۱۹۳۸ توسط سه دانشمند برونر (Brunauer)، امت (Emmett)، تالر (Teller) ارائه شد که براساس جذب و واجذب گاز نیتروژن توسط سطح ماده است [۹]. با استفاده از ایزوترم های جذب و واجذب گاز نیتروژن مطابق با BET می توان بیان کرد که نمونه دارای چه نوع حفراتی است. از طرفی دیگر، از طریق جذب و واجذب های انجام شده می توان یکنواختی اندازه حفرات را نیز براساس نمودارهای BJH به دست آمده از آنالیز BET بررسی نمود [۱۰]. آنالیز انجام شده توسط این دستگاه می تواند اطلاعاتی نظیر حجم حفرات، میانگین قطر حفرات و سطح ویژه را نیز مورد بررسی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



قرارداد [۱۱]. بنابراین براساس اندازه حفرات به دست آمده می توان MOFها را از لحاظ اندازه حفرات در سه دسته  
ماکرومتخلخل، میکرومتخلخل و نانومتخلخل قرار داد [۸].

### ب- آنالیز FTIR

طیف سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (Fourier Transform Infrared) به دلیل ویژگی های قابل توجه از قبیل وضوح،  
سرعت و محدودیت های تشخیص تکنیک غالب در شناسایی ترکیبات است. مزیت عمده روش FTIR نسبت به سایر  
روش های طیف سنجی این است که تقریباً همه ترکیبات جذب و واجذب در ناحیه طیفی IR نشان می دهند و براساس  
این ویژگی می توان آن ها را هم از نظر کمی و هم از نظر کیفی آنالیز کرد [۱۲]. هر ماده ای، طیف مادون قرمز مخصوص خود  
را دارد که مانند اثر انگشت آن ماده می باشد. در این روش با بررسی برهمکنش موج الکترومغناطیس در محدوده مادون  
قرمز با نمونه، ساختار، گروه های عاملی و پیوندهای موجود در نمونه تعیین می شود؛ در واقع انرژی موجود در نور مادون  
قرمز باعث ارتعاش مولکول ها شده که با اندازه گیری فرکانس این ارتعاشات ساختار ماده شناسایی می شود. از آنالیز  
FTIR می توان در شناسایی نوع پیوندهای موجود در ساختار ماده مورد استفاده قرار بگیرد. در این آنالیز بلورهای نمونه  
به همراه KBr کوبیده شده و در مرحله بعد به شکل قرص به دستگاه FTIR منتقل و آنالیز انجام می شود [۱۳].

### ج- آنالیز TGA

این روش مبتنی بر تغییرات وزن بر حسب تغییرات دما است. دستگاه TGA، دارای کوره کوچکی است که قابلیت برنامه  
ریزی دمایی را دارد و از طرفی دستگاه تغییرات وزن نمونه را با حساسیتی بالا اندازه گیری می کند و این تغییرات را به  
صورت سیگنال هایی به قسمت ثبت اطلاعات یا واحد پردازش دستگاه فرستاده و این تغییرات به شکل گراف هایی ثبت  
می شوند. تغییرات فیزیکی اندازه گیری شده توسط یک تبدیل کننده (Transducer) به یک جریان الکتریکی تبدیل  
شده و به بخش نمایش نتایج منتقل می شود. در صورتی که ویژگی فیزیکی نمونه در هنگام گرمایش تغییر قابل ملاحظه  
داشته باشد روش آنالیز حرارتی برای آنالیز و شناسایی آن بسیار مفید خواهد بود. از آنجایی که بررسی کاربرد MOFها  
نیازمند بررسی خواص آنها است در نتیجه می توان اینطور برداشت کرد که این آنالیز می تواند روشی مناسب برای بررسی  
پایداری حرارتی چارچوب های آلی-فلزی می باشد [۱۳-۱۴، ۸].

### د- آنالیز SEM

میکروسکوپ الکترونی روبشی (Scanning Electron Microscope)، می تواند جزئیات و پیچیدگی هایی که با  
میکروسکوپ نوری غیر قابل دسترسی هستند را مورد بررسی قرار دهد. در این آنالیز از اعمال پرتوهای الکترون (با انرژی  
بالا) در محدوده بین ۳۰۰۰۰-۱۰۰ الکترون ولت استفاده می شود. منبع الکترون می تواند رشته نازک تنگستنی باشد.  
در مسیر حرکت الکترون لتهایی به کار برده می شود تا فشرده سازی و هدایت متمرکز الکترون بر روی نمونه به خوبی



انجام شود [۱۵]. در نهایت با برخورد باریکه الکترون به نمونه، پرتوهای الکترونی از سطح خارج خواهند شد که توسط آشکارسازها دریافت می شوند. آشکارساز سیگنال را تولید و طرح کلی آنالیز را به نرم افزار منتقل می کند. این روش تحت خلا شدید صورت می گیرد، زیرا وجود هوا در مسیر الکترون می تواند مانع از برخورد الکترون به نمونه شده و واکنش های جانبی ناخواسته صورت گیرد. این روش عموماً جهت بررسی مورفولوژی مواد به کار می رود که چارچوب های آلی-فلزی نیز از این قاعده مستثنی نیستند و این روش می تواند یکی از موثرترین روش های بررسی مورفولوژی چارچوب های آلی-فلزی باشد [۱۶-۱۸، ۱۳].

نتیجه گیری:

روش های آنالیز متفاوتی برای بررسی و شناسایی چارچوب های آلی-فلزی وجود دارد که این روش ها در حال توسعه هستند. در این مقاله روش های مرسوم برای بررسی خواص MOF ها مرور شد؛ اما شایان ذکر است که این روش ها تنها روش های بررسی خواص این ترکیبات نمی باشند و می توان روش های دیگری را نیز استفاده کرد که براساس نوع چارچوب های آلی-فلزی یا هدف پژوهش می تواند متفاوت باشد. در این بین از روش BET، می توان اطلاعاتی نظیر اندازه حفرات، قطر حفرات را استخراج نمود. از سوی دیگر روش SEM، می تواند مورفولوژی چارچوب را به خوبی مورد بررسی قرار دهد اما پایداری حرارتی نیز از اهمیت بالایی برخوردار است که به روش TGA می توان آن را بررسی نمود. روش FTIR نیز می تواند در بررسی نوع پیوندها به کار گرفته شود.

منابع:

- [۱] O. M. Yaghi, and et al, *Metal-Organic Frameworks and Covalent Organic Frameworks*. 2019. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=8WWNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR17&dq=MetalOrganic+Frameworks+and+Covalent+Organic+Frameworks&ots=ueq2tKfaUA&sig=xkgecvNrcIDFfgddpSctziBsKp4I>
- [۲] سارا آفتاب قره باغ، "استفاده از مواد متخلخل آلی - فلزی به عنوان جاذب در فاضلاب ها،" سومین کنفرانس بین المللی علوم 1400 پایه و علوم مهندسی.
- [۳] معصومه غیاث آبادی فراهانی، علی خانلرخانی، "چارچوب های آلی - فلزی موادی برای قرن ۲۱،" ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی مواد و متالوژی 1396.
- [۴] R. B. Getman, Y. S. Bae, C. E. Wilmer, and R. Q. Snurr, "Review and analysis of molecular simulations of methane, hydrogen, and acetylene storage in metal-organic frameworks," *Chemical Reviews*, vol. 112, no. 2. pp. 703–723, Feb. 08, 2012. doi: 10.1021/cr200217c.
- [۵] D. Saha and S. Deng, "Hydrogen adsorption on metal-organic framework MOF-177," *Tsinghua Sci. Technol.*, vol. 15, no. 4, pp. 363–376, Aug. 2010, doi: 10.1016/S1007-0214(10)70075-4.
- [۶] A. Bétard and R. A. Fischer, "Metal-organic framework thin films: From fundamentals to applications," *Chemical Reviews*, vol. 112, no. 2. pp. 1055–1083, Feb. 08, 2012. doi:



10.1021/cr200167v.

- [۷] K. S. Lin, A. K. Adhikari, K. C. Chang, M. T. Tu, and W. Lu, "Hydrogen adsorption in metal organic frameworks by hydrogen spillover," in *Catalysis Today*, Apr. 2011, vol. 164, no. 1, pp. 23–27. doi: 10.1016/j.cattod.2010.11.015.
- [۸] پوریا زرشناس, "چارچوب های آلی فلزی؛ چطور، چرا، چگونه؟، سومین کنفرانس بین المللی فناوری های نوآورانه در زمینه علوم، مهندسی و تکنولوژی، ۱۳۹۹
- [۹] D. Dollimore, P. Spooner, and A. Turner, "The bet method of analysis of gas adsorption data and its relevance to the calculation of surface areas," *Surface Technology*, vol. 4, no. 2. pp. 121–160, 1976. doi: 10.1016/0376-4583(76)90024-8.
- [۱۰] مصطفی امانی, "تخلخل سنجی نانوذرات مزو متخلخل سیلیکایی توخالی با استفاده از گاز نیتروژن," چهاردهمین همایش علمی دانشجویی مواد و متالورژی ایران 1396.
- [۱۱] با ساختار حفرات چند مرتبه ای, "هفدهمین کنگره ZIF-8 - حسین عزالدین نژادیان, "سننتز با بازده بالا چارچوب آلی فلزی 1400. ملی مهندسی شیمی
- [۱۲] Z. Bacsik, J. Mink, and G. Keresztury, "FTIR spectroscopy of the atmosphere. I. Principles and methods," *Appl. Spectrosc. Rev.*, vol. 39, no. 3, pp. 295–363, Dec. 2004, doi: 10.1081/ASR-200030192.
- [۱۳] فیروزه باوندپور چله, "سننتز و شناسایی چارچوب های فلزی – آلی دارای پایه فلز آلومینیوم," دومین همایش ملی تکنولوژی 1393. های نوین در شیمی و پتروشیمی
- [۱۴] F. H. Wei, D. Chen, Z. Liang, S. Q. Zhao, and Y. Luo, "Synthesis and characterization of metal-organic frameworks fabricated by microwave-assisted ball milling for adsorptive removal of Congo red from aqueous solutions," *RSC Adv.*, vol. 7, no. 73, pp. 46520–46528, 2017, doi: 10.1039/c7ra09243a.
- [۱۵] A. Mohammed and A. Abdullah, "SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM): A REVIEW," *November 7-9*, pp. 78–85, 2018.
- [۱۶] Fang Zheng, Lihang Chen, , Rundao Chen, Zhiguo Zhang, Qiwei Yang, Yiwen Yang ,Baogen Su, Qilong Ren, Zongbi Bao, "A robust two-dimensional layered metal-organic framework for efficient separation of methane from nitrogen," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 281, pp. 119911, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.seppur.2021.119911.
- [۱۷] فاطمه قانقرمه, "سننتز چارچوب آلی فلزی بر پایه فلز نیکل جهت حذف رنگ متیلن بلو از محلول آبی," هفدهمین کنگره ملی 1400. مهندسی شیمی
- [۱۸] F. Wei, D. Chen, Z. Liang, and S. Zhao, "Comparison study on the adsorption capacity of rhodamine B, congo red, and orange II on Fe-MOFs," *Nanomaterials*, vol. 8, no. 4. 2018. doi: 10.3390/nano8040248.





## ارزیابی رفتار خوردگی پوشش های نانوکامپوزیتی هوشمند سل-ژل با استفاده از تکنیک الکترو نوسانی روبشی (SVET)

رقیه صمدیان فرد<sup>۱</sup>، داود سیف زاده<sup>۲\*</sup>

۱- دانشگاه محقق اردبیلی، r\_samadianfard@uma.ac.ir

۲- دانشگاه محقق اردبیلی، seifzadeh@uma.ac.ir

### چکیده

توسعه سیستم های پوشش ضد خوردگی هوشمند با قابلیت آزادسازی کنترل شده بازدارنده های خوردگی به یکی از موضوع های مورد توجه محققین در سال های اخیر تبدیل شده است. افزودن مستقیم بازدارنده های خوردگی به درون پوشش های ضد خوردگی ویژگی محافظتی آنها را تضعیف می کند و ترکیبات بازدارنده خوردگی در مدت زمان خیلی کم از پوشش رها شده و نمی توانند محافظت طولانی مدت ارائه دهند. به همین دلیل در سال های اخیر به جای افزایش مستقیم بازدارنده به داخل پوشش ضد خوردگی، از تثبیت و یا بارگذاری ترکیبات بازدارنده خوردگی در نانو حامل ها استفاده می شود تا اینکه آزادسازی بازدارنده های خوردگی بصورت کنترل شده و هوشمند و در اثر محرک های خارجی از قبیل تغییرات pH و ... انجام گیرد. در این میان، طراحی پوشش های ضد خوردگی هوشمند از جمله پوشش های سل-ژل هوشمند برای حفاظت از خوردگی آلیاژهای منیزیم بسیار مورد توجه قرار گرفته است. جهت بررسی قابلیت آزادسازی هوشمند بازدارنده های خوردگی، می توان از آزمون الکترو نوسانی روبشی (SVET) استفاده کرد که در این مقاله مختصراً توضیح داده شده است.

کلمات کلیدی: خوردگی-آلیاژ منیزیم-سل ژل نانوکامپوزیتی-پوشش هوشمند- SVET



## مقدمه

خوردگی به عنوان پدیده ای مضر شناخته می شود که هر ساله خسارات قابل توجهی (بالغ بر ۳ درصد تولید ناخالص داخلی هر کشور) به اقتصادهای جهانی وارد می کند. لذا اعمال روش های نوین و موثر حفاظت از خوردگی فلزات از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. آلیاژهای منیزیم به عنوان سبک ترین مواد ساختاری بطور گسترده در صنایع مختلف از جمله حمل و نقل، هوافضا و الکترونیک مورد توجه قرار گرفته است. این فلز علیرغم دارا بودن برخی از خصوصیات قابل توجه، فعالیت الکتروشیمیایی بالایی دارند و به شدت نسبت به خوردگی در محیط های خورنده حساس می باشند. همین امر کاربردهای گسترده آن ها را در موقعیت هایی که مقاومت خوردگی مناسبی مورد نیاز است، محدود می کند. از این رو، بهبود مقاومت در برابر خوردگی منیزیم از اهمیت بالایی برخوردار است. می توان مقاومت خوردگی منیزیم را از طریق آلیاژسازی با عناصر مناسب افزایش داد. البته عیب اصلی آلیاژسازی این است که خوردگی میکرو گالوانیکی منیزیم افزایش می یابد زیرا ناخالصی ها و فازهای ثانویه به عنوان مکان های فعال کاتدی عمل می کنند. استفاده از پوشش های ضد خوردگی رایج ترین، آسان ترین و در بسیاری از موارد کم هزینه ترین روش جهت ایجاد مانعی قوی در مقابل عوامل خورنده می باشد. در سال های اخیر، نوع خاصی از پوشش ها موسوم به پوشش های سل-ژل مورد توجه قرار گرفته است که به دلیل طبیعت سازگار با محیط زیست، سادگی روش اعمال، چسبندگی بسیار عالی به سطح و مقاومت خوردگی مناسب بسیار مورد توجه قرار گرفته است. برای سنتز این پوشش ها از هیدرولیز و تراکم پی در پی ترکیبات آلکوکسیدی استفاده می شود. از آنجایی که مرحله هیدرولیز برای آلکوکسی سیلان ها به آرامی صورت می گیرد، در این مرحله برای افزایش سرعت هیدرولیز از کاتالیزورهای اسیدی یا بازی استفاده می شود که طی این مرحله گروه های آلکوکسی به گروه های سیلانول تبدیل می شوند. و در مرحله تراکم از واکنش گروه های سیلانول با خودشان ماکرومولکول های حاصله منجر به تشکیل پوشش سل ژل سیلانی خواهد شد. مشکل ذاتی پوشش های سل-ژل نقص، ترک و تخلخل ذاتی آن ها می باشد که مقاومت خوردگی آنرا کاهش می دهد. به دلیل اینکه محلول الکترولیت خورنده می توانند در مدت زمان کوتاهی از طریق نقص ها و ترک های سطح پوشش عبور کرده و به سطح بستر آلیاژی مورد نظر رسیده و منجر به ایجاد خوردگی موضعی در محل مورد نظر شود. استفاده از نانوذرات برای بهبود مقاومت خوردگی پوشش های سل-ژل به عنوان یک استراتژی موثر برای بهبود خواص این پوشش ها است که در سال های اخیر به طور نسبتاً گسترده برای نانو ساختارهای مختلف از جمله سیلیس، بوهمیت، گرافن اکسید، نانولوله کربنی چند جداره، آلومینا و مونتموریلونیت مورد مطالعه قرار گرفته است و در کل نتیجه پژوهش های منتشر شده در منابع علمی حاکی از اثرات مطلوب افزودن نانوذرات بر روی مقاومت خوردگی پوشش های سل-ژل می باشد. یکی از راهکارهای دیگر برای بهبود مقاومت خوردگی پوشش های سل-ژل استفاده از بازدارنده های خوردگی در داخل پوشش سل ژل می باشد که به عنوان مکانیزم مکمل

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



حفاظتی داخل پوششها اضافه می گردند. این ترکیبات با مکانیزمهای مختلف به راحتی با جذب در مکانهای فعال کاتدی از خوردگی فلزات جلوگیری می کنند. از مهارکننده های خوردگی متداول که در محافظت از آلیاژهای منیزیم استفاده شده اند می توان به ۸- هیدروکسی کوئینولین، ۲- مرکاپتو بنزوتیازول، پایه شیف و سورفاکتانتها اشاره کرد. افزودن این ترکیبات به پوشش های سل-ژل می تواند بصورت فعال از سطح منیزیم محافظت کند. اما، افزودن مستقیم بازدارنده ها به پوشش راه کار مناسبی نیست چرا که امکان رهاسازی کنترل نشده آنها به دلیل انحلال در محیط های خورنده و همچنین امکان فعل و انفعالات شیمیایی نامطلوب با ماتریس سیلیس وجود دارد. به همین دلیل، توسعه سیستم های پوشش هوشمند با انتشار کنترل شده بازدارنده های خوردگی تحت عوامل مختلف داخلی و خارجی مانند تغییر pH در روند خوردگی، بعنوان یک استراتژی بسیار مناسب در این زمینه تحقیقاتی می باشد. اخیراً استفاده از نانوحامل های مختلف مانند گرافن اکسید، نانولوله های کربنی، مونتموریلونیت، سیلیس، نانولوله های هالوژیت، زیرکونیا و غیره در پوشش های سل-ژل برای آزادسازی کنترل شده بازدارنده ها پیشنهاد شده است [۱].

برای تعیین حساسیت به pH نانو حامل های حاوی بازدارنده و نیز بررسی آزاد سازی هوشمند بازدارنده های خوردگی در حین وقوع فرایند خوردگی از روش ها و تجهیزات مختلفی از جمله روش تکنیک الکترو نوسانی روبشی (SVET) استفاده می شود. از این روش شیخ الاسلامی و همکاران [۲] عملکرد محافظت در برابر خوردگی پوشش حاوی دو نوع بازدارنده های خوردگی سازگار با محیط زیست را بر روی زیر لایه Al-Zn در محلول ۵ درصد وزنی کلرید سدیم در دمای محیط با استفاده از تکنیک الکترو ارتعاشی اسکن مورد بررسی قرار دادند. نتایج SVET نشان داد با محتوای حجمی مشابه بازدارنده ها، سیستم حاوی بنزوتریازول چگالی جریان آندی کمتر و کاهش جرم کمتر را در مدت زمان ۲۴ ساعت نشان می دهد در نتیجه محافظت در برابر خوردگی نسبت به سیستم سیلیکا تبادل یونی کلسیم دارد که دلیل این رفتار به توانایی بهتر گونه های بنزوتریازول در غیرفعال کردن یکنواخت مناطق کاتدی در مقایسه با سیلیس کلسیم مربوط می شود. در کار پژوهشی دیگر نیما و همکاران [۳] کارایی خود ترمیمی پوشش های حاوی میکروکپسول ها را با استفاده از تکنیک الکترو ارتعاشی روبشی با ایجاد خراش روی سطح پوشش داده شده، مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعات SVET نشان داد که چگالی جریان در مرحله اولیه افزایش و پس از ۲۴ ساعت، کاهش می یابد، که نشان دهنده تشکیل فیلم پلیمری پسیو و عملکرد میکروکپسول ها در جهت خود ترمیمی پوشش مورد نظر می باشد.

### ۲-آزمون الکترو نوسانی روبشی (SVET)

آزمون SVET از جمله روش های الکتروشیمیایی محلی در مطالعه خواص محافظت از خوردگی پوشش ها در ناحیه خراش ایجاد شده می باشد و می تواند عملکرد آزادسازی هوشمند بازدارنده های خوردگی در این ناحیه را مورد بررسی قرار دهد. این روش الکتروشیمیایی جریان های آندی و کاتدی را در محل وقوع خوردگی اندازه گیری و نقشه های هر



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



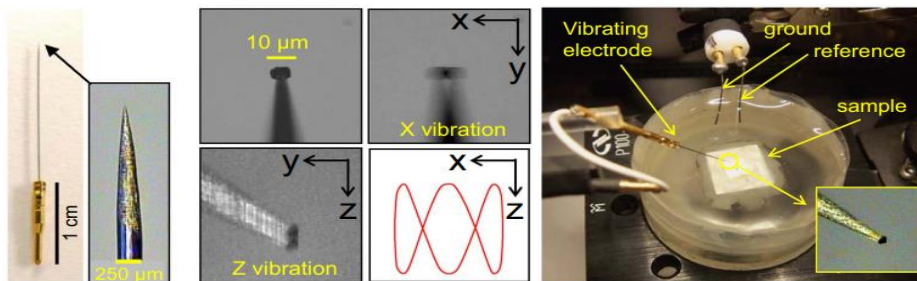
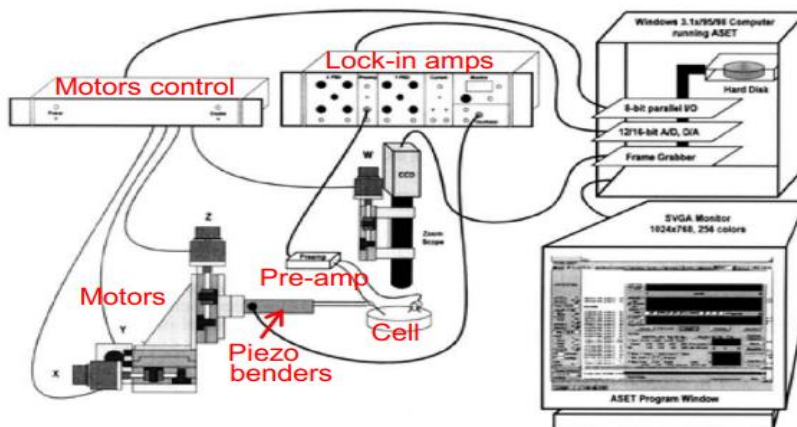
دو جریان آندی و کاتدی را به صورت دو بعدی در نواحی خوردگی مورد نظر ارائه می دهد. با استفاده از این آزمون، می توان عملکرد آزادسازی هوشمند بازدارنده های خوردگی پوشش های مورد نظر را در زمان های مختلف غوطه وری از طریق مقایسه مقادیر کل جریان های انتگرال گیری شده کاتدی و آندی بدست آورد. پوشش هایی که در ناحیه خراش و محل وقوع خوردگی دارای جریان های آندی و کاتدی کمتری باشند، از عملکرد بالاتری در رابطه با آزادسازی هوشمند بازدارنده های خوردگی و جذب آن در محل مورد نظر برخوردار می باشند. علاوه بر این با استفاده از این آزمون می توان مکانیسم های مربوط به نحوه آزادسازی هوشمند بازدارنده های خوردگی در ناحیه خراش مورد نظر در زمان های مختلف غوطه وری را بدست آورد که در این حالت اگر بازدارنده های خوردگی با افزایش زمان رهایش کنترل شده و هوشمند داشته باشند، جریان های آندی و کاتدی کاهش می یابند. همچنین نوع بازدارندگی این عوامل را نیز می توان به راحتی و با دقت بالایی از طریق تاثیر آن ها بر روی مقادیر جریان های آندی و کاتدی بررسی کرد. برای بدست آوردن برخی از این اطلاعات می توان از آزمون های الکتروشیمیایی دیگر همچون آزمون طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی، پلاریزاسیون و نویز الکتروشیمیایی هم استفاده کرد. اما این آزمون های الکتروشیمیایی عموماً " برای ارزیابی خواص الکتروشیمیایی در یک سطح مشخص کاربرد دارند و نمی توانند بصورت موضعی و در یک ناحیه خاص انجام شوند. به همین دلیل روش مناسبی برای بررسی مکانیسم و عملکرد آزاد سازی هوشمند بازدارنده های خوردگی به صورت موضعی در یک ناحیه خاص نمی باشند. بهترین روش جهت ارزیابی و بررسی تاثیر بازدارنده های خوردگی در پوشش های هوشمند ضد خوردگی استفاده از روش های الکتروشیمیایی SVET می باشد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱. سیستم SVET و سل الکتروشیمیایی برای آزمایش SVET

در شکل ۱ تصویری از سیستم SVET نشان شده است که الکتروود نوسانی از جنس پلاتین با نوک کروی تشکیل شده است. در هنگام تست پروب فقط بصورت عمودی ارتعاش می کند اما جهت اسکن از طریق محور X و Y به صورت افقی انجام می گیرد. جهت انجام تست SVET ابتدا نمونه های فلزی پوشش داده شده قبل از غوطه وری در الکتروولیت خورنده، با استفاده از تیغ جراحی، بر روی پوشش خراش ایجاد شده و سپس بجز ناحیه خراش بقیه سطح نمونه ها پوشش داده می شود. آزمون الکتروود نوسانی روبشی بر روی نمونه ها پس از مدت زمان معین غوطه وری در محلول الکتروولیت خورنده انجام می گیرد و جریان های آندی و کاتدی در ناحیه خراش هر چند ساعت یکبار اندازه گیری می شود و نقشه های جریان آندی و کاتدی در ناحیه خراش رسم می شود. سپس تغییرات چگالی کل جریان های کاتدی و آندی بدست آمده از طریق انتگرال گیری توزیع چگالی جریان های کاتدی و آندی در سطح روبش شده با گذشت زمان محاسبه می شود.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

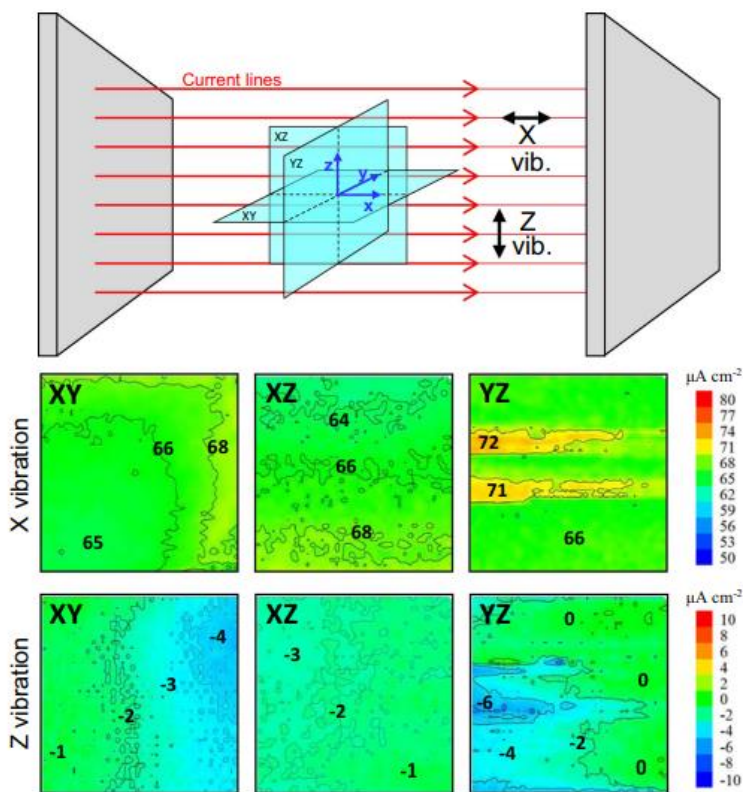
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



اندازه گیری SVET در یک سل الکتروشیمیایی برای نقشه هایی از چگالی جریان اندازه گیری شده توسط دو ارتعاش (X و Z) در سه صفحه XY، XZ و YZ متعامد در شکل ۲ نشان داده شده است. برای هر صفحه، نقشه های چگالی جریان شناسایی شده توسط ارتعاشات پروب X و Z (به ترتیب موازی و عادی با جهت جریان) ارائه شده اند که برای چگالی جریان ثابت در نقشه های حاصل از ارتعاش در تراز با شار جریان (ارتعاش X) و چگالی جریان در نقشه های ارتعاش Z انحرافات کوچکی از مقادیر مورد انتظار مشاهده می شود که به نظر می رسد نشان دهنده یک ناهماهنگی کوچک در سطح اسکن با توجه به مسیر فعلی بین الکترودهای موازی است. حتی در برخی مواقع انحرافات محلی بزرگتر مشاهده می شود (به عنوان مثال نقشه های YZ) که نشان می دهد حتی در سیستم های ساده با جریان ثابت، مقادیر اندازه گیری شده می توانند نوساناتی داشته باشند که این احتمالاً به دلیل تاثیر بخش الکترونیکی منبع جریان یا مدار اندازه گیری می باشد.

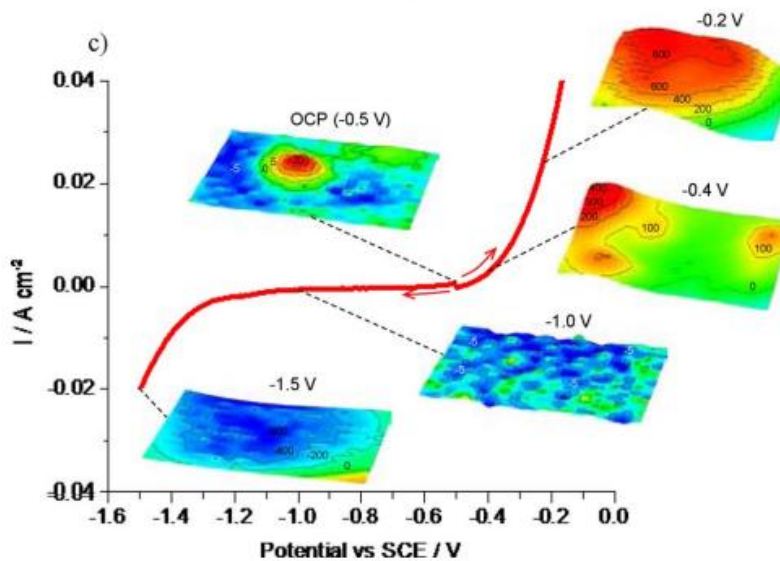
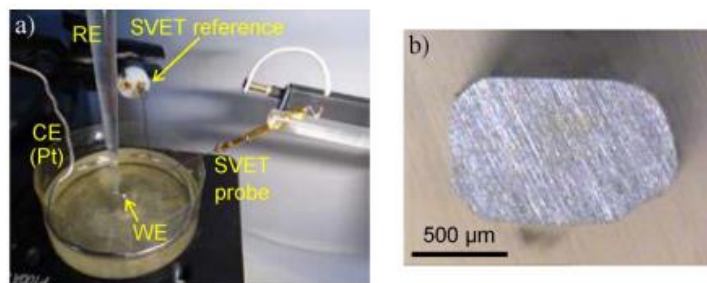






شکل ۲. نقشه‌ها جریان اندازه‌گیری شده توسط دو ارتعاش (z و x) در سه صفحه XY، YZ و XZ

۳- اعمال پلاریزاسیون خارجی (پتانسیواستاتیک یا گالوانوستاتیک) در روش SVET فرآیند خوردگی نمونه‌های مورد استفاده در روش SVET اغلب بطور طبیعی و بدون اعمال پلاریزاسیون خارجی صورت می‌گیرد. اما با این حال می‌توان نمونه‌ها را با استفاده از یک پتانسیواستات پلاریزه کرد و با روش SVET جریان‌های مرتبط را اندازه‌گیری کرد. همانطور که در شکل ۳ برای نمونه آهن خالص نقشه‌های SVET در پتانسیل‌های ثابت مختلف نشان داده شده است. در پتانسیل مدار باز، مناطق آندی و کاتدی روی سطح توزیع می‌شوند اما پلاریزاسیون آندی یا کاتدی به ترتیب باعث اکسیداسیون یا کاهش می‌شود که جریان به طور تصاعدی با مازاد پتانسیل تغییر می‌کند





شکل ۳- a) سل الکتروشیمیایی برای اندازه گیری SVET با پتانسیواستاتیک b) نمونه آهن خالص در ماتریس اپوکسی c) نقشه های SVET به دست آمده با نمونه پلاریزه شده در پتانسیل های مختلف

#### ۴- محدودیت های اندازه گیری در روش SVET

استفاده از روش SVET برای تعیین مکانیسم خوردگی دارای یکسری محدودیت های تکنیکی هست. به همین دلیل در اغلب موارد منجر به عدم تطابق جریان های مثبت و منفی ثبت شده می شود.

۱) اندازه گیری ها با پروب در سطح انجام نمی شود، بلکه در فاصله معینی از بالای آن، معمولاً ۱۰۰-۲۰۰ میکرومتر انجام می شود. همانطور که در شکل ۴a نشان داده شده است، SVET جریان هایی را که بین آندها و کاتدها در زیر ارتفاع اندازه گیری جریان می یابد، نمی تواند ثبت کند.

۲) جریانی که از صفحه اندازه گیری بالا و از آن عبور می کند دوباره از همان صفحه به سطح باز می گردد. مسیر برگشت اگر خارج از ناحیه نقشه برداری شده باشد آن جریان اندازه گیری نخواهد شد، همانطور که در شکل ۴b نشان داده شده است.

۳) سطح نویز در محلول های معمولی مورد استفاده برای آزمایش (۰,۱-۰,۰۱ مولار) حدود  $2 \mu\text{Acm}^{-2}$  است. با توجه به حساسیت این تکنیک جریان های پایین تر از این مقدار قابل اندازه گیری نیستند. برای نمونه ای با فعالیت آندی که بصورت موضعی است جریان به راحتی قابل تشخیص است، در حالیکه برای فعالیت کاتدی با توجه به اینکه در بقیه سطح پخش می شود، چگالی جریان کمتر از حد تشخیص می شود.

۴) جریان در سه جهت در فضا جریان دارد. اما SVET فقط یک یا دو مورد از آن ها را اندازه گیری می کند و معمولاً فقط از جزء Z استفاده می شود. در نتیجه، چگالی جریان ارائه شده کمتر از جریان واقعی است.

۵) حرکت پروب SVET و در بعضی مواقع خود ارتعاش می تواند انتقال اکسیژن به سطح را افزایش دهد. در آندها، این اثر کوچک است، اما هنگامی که پروب در بالای کاتدها اسکن می شود، و فعالیت کاتدی را اندازه گیری می کند، دقیقاً در همان زمان انتقال واکنش دهنده کاتدی ( $\text{O}_2$ ) را افزایش می دهد. این ممکن است منجر به تخمین بیش از حد این فعالیت و عدم تعادل بین جریان های آندی و کاتدی در نقشه شود [4].

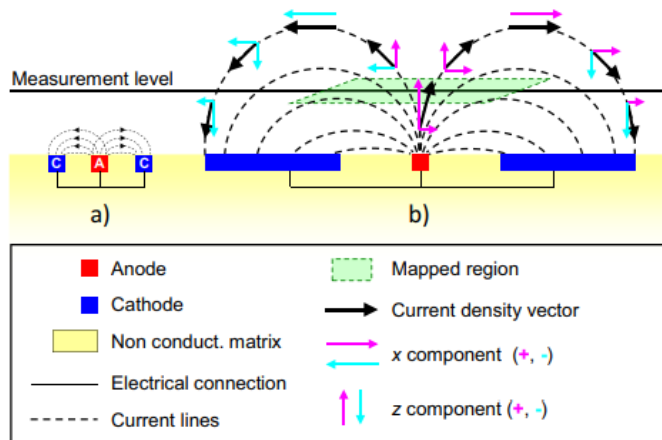
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۴. طرحی با برخی محدودیت های اندازه گیری SVET

### ۵- نتیجه گیری

پوشش های نانوکامپوزیتی هوشمند سل-ژل با قابلیت آزادسازی کنترل شده بازدارنده های خوردگی در اثر محرک های خارجی از قبیل تغییرات pH و ... برای حفاظت از خوردگی آلیاژهای منیزیم بسیار مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از این پوشش ها برای بررسی عملکرد آنها در محافظت از خوردگی فلزات تحت شرایط مختلف نیازمند انجام دقیق مطالعات سینتیکی پدیده خوردگی به منظور بدست آوردن سرعت خوردگی فلزات می باشد. از آنجایی که تقریباً تمام فرآیندهای خوردگی ماهیت الکتروشیمیایی دارند، روش های الکتروشیمیایی به عنوان بهترین گزینه جهت بررسی و تشخیص کارآمد فرآیند خوردگی در نظر گرفته می شوند که طبق توضیحات اشاره شده و مزایای روش SVET نسبت به روش های الکتروشیمیایی دیگر جهت ارزیابی رفتار خوردگی و عملکرد آزادسازی هوشمند بازدارنده های خوردگی به صورت موضعی و در یک ناحیه خاص استفاده از تکنیک الکتروود نوسانی روبشی (SVET) مناسب می باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات ارزنده دانشگاه محقق اردبیلی جهت فراهم نمودن زمینه لازم برای این پژوهش تشکر و قدردانی می گردد.

منابع



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- [1] Samadianfard, R., Seifzadeh, D., & Habibi-Yangjeh, A. (2021). *Surface and Coatings Technology*, 419, 127292.
- [2] Sheikholeslami, S., Williams, G., McMurray, H. N., Gommans, L., Morrison, S., Ngo, S., & Gao, W. (2021). *Corrosion Science*, 192, 109813.
- [3] Neema, S., Selvaraj, M., Raguraman, J., & Ramu, S. (2013). *Journal of applied polymer science*, 127(1), 740-747.
- [4] Bastos, A. C., Quevedo, M. C., Karavai, O. V., & Ferreira, M. G. S. (2017) *Journal of The Electrochemical Society*, 14, 164.



## ایمنی، سلامت و مدیریت دفع پسماند در آزمایشگاه

نرجس رستمی\*<sup>۱</sup>، محمد انوار<sup>۲</sup>

۱- دانشگاه تبریز، دانشجوی دکتری مدیریت منابع خاک

narjes.rostami@ut.ac.ir

۲- دانشگاه محقق اردبیلی، دانشجوی دکتری و دانش آموخته کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، کارشناس مسئول و مدیر کیفی آزمایشگاه مرکزی، اردبیل، خیابان دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، معاونت پژوهش و فناوری، آزمایشگاه مرکزی

### چکیده

برنامه مدیریت پسماند شامل مراحل تفکیک در محل تولید، جمع آوری و برچسب گذاری، بی خطر سازی، بسته بندی، ذخیره سازی، حمل و نقل از محل تولید و بارگیری و دفع نهایی می باشد. در مواقعی که منابع مختلفی برای تولید انواع مختلف پسماند وجود دارد تصمیم گیری در مورد انتخاب روش مناسب دفع مهم می باشد. خصوصیات متنوع پسماندهای خطرناک سبب پیچیده شدن مشکل مدیریت این پسماندها می شود. زیرا انواع مختلف پسماندها به روش های مدیریتی، تصفیه و دفع گوناگونی نیاز دارند. اجرای دفع پسماندهای شیمیایی تولید شده در آزمایشگاه ها بخصوص آزمایشگاه دانشگاهی نیاز به مدیریت پسماندهای خطرناک هستند. از آنجایی که حفظ ایمنی و سلامت کارشناسان و کارکنان آزمایشگاه از اهمیت بالایی برخوردار است، یکی از مهم ترین کارهایی که در زمینه مدیریت صحیح پسماند می توان انجام داد، اجرای تمامی مراحل جمع آوری و دفع پسماند می باشد. به منظور جلوگیری از اثرات زیان آور پسماندهای آزمایشگاهی تدوین یک سند قانونی برای هدایت عملیات در آزمایشگاه های صنعتی، دانشگاهی و پژوهشی ضروری می باشد.

کلمات کلیدی: مدیریت، پسماند خطرناک، ایمنی، آزمایشگاه.

### مقدمه

با توجه به تعریف سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) پسماند، به عنوان مواد زائد جامد، مایع و گاز (غیر از فاضلاب) که بطور مستقیم یا غیر مستقیم حاصل فعالیت بوده و از نظر تولید کننده دور ریز است، تعریف می شود.

<sup>1</sup> Environmentally Preferable Purchasing



پسماندها، براساس مشخصه در دو گروه خطرناک Hazardous و غیر خطرناک Non Hazardous تقسیم بندی شده است. اولین بار در ابتدای دهه ۱۹۸۰ در ایالات متحده امریکا پسماند خطرناک با توجه به اینکه جزء یکی از موارد ذکر شده در موارد زیر باشد تعریف شد: ۱- پسماندهایی که حداقل دارای یکی از خواص پسماند خطرناک از جمله خوردگی، قابلیت انفجار، قابلیت اشتعال، اکسید کننده، مضر، تحریک کننده، سمیت یا بیماری زا بی که از طریق آزمایش نمودن پسماند بر اساس روش های مورد تایید (EPA) تعیین شده است باشد و برای انسان و محیط زیست به تنهایی یا در حین نگهداری و حمل و نقل خطرناک هستند. ۲- مخلوط پسماند غیر خطرناک و خطرناک نیز به عنوان پسماند خطرناک طبقه بندی می شود [۱]. دفع این پسماندهای خطرناک نیاز به برنامه مدیریتی دارد که شامل مراحل تفکیک یا جداسازی در محل تولید، جمع آوری و برچسب گذاری، انتقال تا محل، بی خطر سازی یا آمایش، بسته بندی، انتقال به محل دفع نهایی می باشد. پسماندهای آزمایشگاهی در مقایسه با پسماندهای صنعتی در حجم کم ولی تنوع زیاد تولید می شوند و از نظر معیار خطر پذیری دارای خصوصیت خوردگی، سمیت، اشتعال پذیری و واکنش پذیری می باشند به همین دلیل در گروه پسماندهای خطرناک قرار می گیرند. برای جلوگیری از خسارت های وارده به انسان و محیط زیست، این پسماندها نیازمند مدیریت صحیح می باشند [۱].

#### ۱-۱ انواع پسماند آزمایشگاهی

باتوجه به زمینه کاری آزمایشگاه ها انواع پسماند در آزمایشگاه ها تولید می شود. از این رو لازم است پیش از اقدام برای مدیریت پسماندهای آزمایشگاهی آشنایی با انواع پسماند تولید شده در محیط آزمایشگاه ها صورت گیرد. انواع پسماند مدیریت های خاص خود را دارد که در دفع پسماند ملاحظه می گردد [۱]. انواع پسماند آزمایشگاهی در ۷ گروه به شرح زیر می باشد. ۱- پسماندهای خانگی و عادی؛ حجم زیادی از پسماندهای تولید شده در فضای آزمایشگاه شامل پسماندهای جامد، بخش های اداری و غیر فنی می باشد. این گروه پسماند باید در محل تولید با روش اصولی و صحیح از پسماندهای عفونی تفکیک شوند. این مواد زائد جامد معمولی یا شبه خانگی باید در کیسه های مجزا به عنوان پسماند عادی جمع آوری و جهت دفع تحویل شهرداری گردد. ۲- پسماندهای عفونی؛ این دسته از پسماندهای آزمایشگاهی شامل باکتری ها، قارچ ها، انگل ها کشت های میکروبی، حیوانات آزمایشگاهی آلوده و ... که به شدت بیماری زا بوده و جزء پسماندهای آلوده می باشند. زباله های عفونی باید در کیسه های مقاوم در سطل زرد رنگ با برچسب پسماند عفونی و خطرناک جمع آوری و جهت بی خطر سازی اتوکلاو گردد. جهت بررسی و صحت عملکرد اتوکلاو باید از اندیکاتورهای شیمیایی و بیولوژیک استفاده و مستندات کنترل کیفی را نگهداری نمود. ۳- پسماندهای آزمایشگاهی تیز و برنده؛ پسماندهایی نظیر سرسوزن، لانس، تیغه اسکالپل، تیغه میکروتوم، شیشه های شکسته، سرسمپلر، لام و غیره که می توانند آلوده یا غیر آلوده باشند و باعث ایجاد جراحت در بدن انسان می شوند. در صورتی که پسماندهای تیز و برنده



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



آلوده باشند علاوه بر ایجاد جراحت موجب انتقال آلودگی نیز می گردند. اینها باید در ظروف ایمن و مقاوم (به رنگ زرد جمع آوری و پس از پر شدن ۳/۴ آن، جهت اتوکلاو و بی خطر سازی منتقل گردد. ۴- پسماندهای شیمیایی؛ این نوع پسماند شامل انواع مواد و معرف های شیمیایی آزمایشگاهی، کیت های تشخیصی، مواد ضد عفونی کننده، مواد خورنده و سوزاننده، مواد آتش زاء، مواد سمی، سرطان زاء، واکنش زاء، قابل انفجار و غیره را شامل می شود. این پسماند با برچسب پسماند شیمیایی در سطل های سفید یا قهوه ای جمع آوری می گردد. جهت بی خطر سازی تحویل شرکت های مربوطه شده و بطور عمده در کوره سوزانده می شوند. ۵- پسماندهای آسیب شناسی تشریحی؛ این نوع پسماندها شامل بافت ها، قطعات، اجزای بدن انسان و غیره می باشند که جهت آزمایش های آسیب شناسی به آزمایشگاه ارسال می شود. ۶- پسماند پرتوزا؛ این پسماندهای آزمایشگاهی حاوی مواد پرتوزای پرخطر می باشند. جهت دفع باید در شرایط استاندارد تحویل سازمان انرژی اتمی گردند. ۷- پسماند ترکیبی؛ پسماند ترکیبی می تواند حاوی پسماندهای شیمیایی، عفونی و پرتوزا باشد که در مراکز پژوهش بیشتر تولید می شود و نیازمند مدیریت پسماندهای آزمایشگاهی پیچیده و دشواری می باشد [۲].

### ۲-۲- مدیریت پسماندهای آزمایشگاهی

به منظور جلوگیری از اثرات زیان آور پسماندهای آزمایشگاهی و جهت حفظ سلامت کارکنان آزمایشگاه باید دستورالعمل ویژه ای در مورد مدیریت پسماندهای آزمایشگاهی تدوین شود. هدف از مدیریت پسماندهای خطرناک اطمینان یافتن از جداسازی و جمع آوری، بی خطر سازی و تصفیه، بسته بندی، حمل و نقل، دفع ایمن و مناسب این پسماندها است. سازمان های مختلفی از جمله بانک جهانی، سازمان بهداشت جهانی، سازمان حفاظت محیط زیست و جنگل داری رهنمودهایی را برای مدیریت پسماندهای خطرناک ارائه کرده اند. از آنجایی که حفظ ایمنی و سلامت آزمایشگاه از اهمیت بالایی برخوردار است، مسئول ایمنی آزمایشگاه با همکاری مسئول فنی و سایر کارکنان موظف است در ارتباط با رعایت نکات ایمنی در آزمایشگاه و همچنین مدیریت پسماند برنامه جامع و کاملی تدوین کرده و تمام پرسنل را موظف به اجرای آن گرداند. یکی از مهم ترین کارهایی که در زمینه مدیریت صحیح پسماند می توان انجام داد، اجرای تمامی مراحل جمع آوری و دفع پسماند می باشد. اجرای مراحل فوق باید با در نظر گرفتن عملکرد و وسعت کاری آزمایشگاه و همچنین نوع کاربری و فعالیت های آزمایشگاه طراحی گردد. به علاوه کلیه نکات ایمنی آزمایشگاه و همچنین نحوه جمع آوری پسماندها باید مکتوب بوده و در اختیار تمام پرسنل اعم از فنی و خدماتی قرار گیرد و به آنها آموزش داده شود [۳]. در مواقعی که منابع مختلفی برای تولید انواع مختلف پسماندهای خطرناک وجود دارند، تصمیم گیری در مورد انتخاب روش مناسب جمع آوری و دفع آنها کار ساده ای نیست. خصوصیات متنوع پسماندهای خطرناک سبب پیچیده شدن مشکل مدیریت این پسماندها می شود. زیرا انواع



مختلف پسماندها به روش های مدیریتی، تصفیه و دفع گوناگونی نیاز دارند [۱]. در برنامه ی مدون مدیریت پسماندهای آزمایشگاهی باید به موارد زیر توجه شود: -برآوردی از میزان تقریبی تولید پسماند، - نحوه اجرای مراحل دفع پسماند به ترتیب ذکر شده، - نظارت کافی بر میزان مواد و وسایل مصرفی، - جداسازی پسماندهای عادی از پسماندهای ویژه در مبداء تولید، - تدوین روش های صحیح نمونه گیری و آموزش جهت کاهش موارد نمونه گیری، - استفاده از مواد و وسایل کم خطر در حین کار برای نمونه، - استفاده از وسایل حفاظتی مخصوصا دستکش مقاوم و غیر قابل نفوذ، ماسک، روپوش، پیش بند مخصوص و غیره برای انجام تمام مراحل فرایند جمع آوری و دفع پسماندها.

آزمایشگاه های مراکز دانشگاهی در زمینه مدیریت پسماندهای خطرناک در مقایسه با آزمایشگاه های صنعتی دارای چالش های متعددی هستند. با توجه به اینکه در این آزمایشگاه ها و دیگر مراکز آموزشی چندین نوع پسماند از مواد شیمیایی در مقادیر کمی تولید می شود و تعداد دانشجویان در این مراکز رو به افزایش است. در حالی که تولیدکنندگان پسماندهای صنعتی معمولا مقادیر زیادی از چند نوع پسماند را تولید می کنند. بنابراین تبعیت آزمایشگاه های مراکز دانشگاهی از الزامات تولیدکنندگان موجود مشکل خواهد بود. اخیرا سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا یک بخش جدیدی به الزامات تولیدکننده های تولید پسماند خطرناک (قانون بازیافت و حفظ منبع<sup>۱</sup> RCRA) با عنوان بخش K افزوده است. این مقررات جدید به آزمایشگاه های دانشگاه ها و دیگر مراکز آموزشی انعطاف پذیری لازم را جهت مدیریت و تعیین پسماندهای خطرناک را می دهد. [۴]. در بیست ساله گذشته برنامه های مدیریت پسماند از فعالیت های داوطلبانه تا برنامه های مدون محلی در مراکز آموزش عالی کشور های صنعتی آغاز گردیده است. به نحوی که برخی از مراکز آموزش عالی عمدتا بر روی برنامه های بازیافت و کاهش پسماند تمرکز داشته و موفقیت هایی را در این زمینه کسب نموده اند. در ایالات متحده آمریکا ۸۰ درصد از دانشگاه ها دارای برنامه مدون مدیریت پسماند هستند [۵]. پسماندهای فلزات سنگین از جمله آرسنیک As و جیوه Hg براساس کاتالوگ پسماند اروپا<sup>۱</sup> جزو پسماندهای بالقوه شناخته می شوند. بنابراین در دفع پسماند این مواد آزمایشگاهی ملاحظات لازم انجام شود [۶].

#### مبانی نظری

کلاس های عملی آزمایشگاه شیمی پسماند مواد شیمیایی تولید می کنند که باید با روش های ایمن و قابل قبول از نظر زیست محیطی بازیافت یا دفع شوند. کارشناسان چنین کلاس هایی باید از روش های دفع مناسب آگاه باشند. بسیاری از مواد شیمیایی خطرناک را می توان با تکنیک های ساده و کارآمد تصفیه کرد تا پسماندهای غیر سمی و غیر خطرناک

<sup>1</sup> Resource Conservation and Recovery Act

4

<sup>1</sup> EuropeanwasteCatalogue2001

5

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



تشکیل شوند. یک جایگزین برای دفع با سوزاندن، بسته بندی برای دفع پسماند استفاده از یک شرکت دفع تجاری است. در پنج سال گذشته، گروهی در دانشگاه آبرتا روش های آزمایشگاهی را برای دفع برخی از مواد شیمیایی خطرناک یا سمی که معمولاً مورد استفاده قرار می گیرند، توسعه داده و آزمایش کرده اند. ایده آل آنها این بود که این مواد شیمیایی را به محصولاتی تبدیل کنند که می توان آنها را با خیال راحت در فاضلاب شستشو داد، در پسماندهای معمولی انداخت، یا حداقل راحت تر حمل کرد لازم به ذکر است که آنچه را که می توان در زهکش شستشو داد، در نهایت توسط مقررات محلی کنترل می شود [۷]. چندین مورد از این روش ها، همراه با مروری بر مدیریت پسماندها و مواد شیمیایی مازاد، شرح داده شد. در تکنیک های عمومی برای دفع پسماند یا مواد شیمیایی اضافی قبل از انجام هر یک از تکنیک ها باید از محافظ شخصی مناسب مانند عینک، دستکش و روپوش آزمایشگاهی استفاده شود.

به عنوان مثال، حلال های هالوژنه مانند کلروفرم، تترا کلرید کربن و دی کلرومتان را می توان با هم مخلوط کرد و به عنوان نمک های هالوژنه نامگذاری کرد. به طور مشابه، حلال های قابل اشتعال غیر هالوژنه مانند اتر نفت، دی اتیل اتر، تولوئن و متانول را می توان ترجیحاً در ظرفی با صفحه نسوز مخلوط کرد و به عنوان حلال های غیر هالوژنه برچسب گذاری کرد. این ضایعات قبل از ارسال برای دفع باید بسته بندی و مطابق با دستورات کشف کننده برچسب گذاری شوند [۶].

خنثی سازی اسید پایه؛ ضایعات یا اسیدهای معدنی رقیق اضافی مانند اسید کلریدریک، اسید سولفوریک، اسید نیتریک یا اسید استیک را می توان با ضایعات یا محلول های رقیق اضافی هیدروکسید سدیم، هیدروکسید پتاسیم یا سایر بازهای رقیق خنثی کرد. آب باید به محلول های اسید یا باز اضافه شود تا زمانی که قدرت آنها از ۱ مولار بیشتر نباشد. سپس در حین هم زدن یا به گونه ای که اختلاط موثر اتفاق می افتد، به آرامی به اسید اضافه می شود. در صورت لزوم، یخ باید به محلول اضافه شود تا دمای آن کمتر از ۴۰ درجه سانتی گراد باشد. pH محلول مخلوط نهایی باید حدود ۷ یا خنثی باشد. اگر فقط اسید زائد برای دفع در دسترس باشد، می توان آن را با رقیق سازی تا کمتر از ۱ مولار و به دنبال آن افزودن آهسته کربنات سدیم جامد (خاکستر سودا) یا هیدروکسید سدیم ۵ درصد، با اختلاط مؤثر، تا زمانی که محلول خنثی شود. به همین ترتیب، اگر فقط پایه ضایعاتی باشد باید به کمتر از ۱ مولار یا با غلظت ۰.۵٪ رقیق شود و هیدروکلریک یا اسید استرک به آرامی با هم زدن اضافه شود.

تخلیه با آب؛ کاهش حجم محلول های رقیق نمک های معدنی هنگامی که آزمایشی حجم زیادی از محلول آبی رقیق حاوی یون های فلزات سنگین سمی را به دست می دهد که نباید در زهکش شسته شوند، محلول را می توان در یک ظرف تبخیر بزرگ (یا ظرف دیگری قرار داد. سطح زیادی از محلول در هود بخار قرار گرفته و اجازه داده می شود تا تبخیر شود. باقیمانده بسته بندی شده و برای دفع برچسب گذاری می شود.





بازیافت حلال: در جایی که مقدار قابل توجهی از حلال در یک آزمایش استفاده می شود، جمع آوری حلال در آزمایشگاه در ظرف هایی با علامت گذاری خاص و تقطیر آن برای میش در آزمایش بعدی می تواند از نظر اقتصادی امکان پذیر باشد. زمان انجام آن حلال هایی مانند دی کلرومتان، الکل ها و اتر نفتی به خوبی با این روش کار می کنند. تقطیرها باید در هود بخار انجام شود، با یادآوری اینکه الکل ها و اتر نفتی قابل اشتعال هستند.

واکنش های دفع خاص برخی از مواد شیمیایی را می توان با تصفیه ساده در آزمایشگاه دفع یا بازیافت کرد. عوامل اکسید کننده قوی محلول های ترکیباتی مانند پرمنگنات پتاسیم، کلرات سدیم، برومات سدیم، یدات سدیم، پریودات سدیم، سدیم اورسولفات. برای جلوگیری از واکنش کنترل نشده در سیستم لوله کشی باید قبل از ریختن در زهکشی کلسیم حذف شود. کاهش را می توان با درمان با یک محلول آبی ۱۰٪ تازه تهیه شده از هیسولوفیت سدیم انجام داد [۸].

#### نتیجه گیری

حضور دانشجویان به عنوان بخشی از آموزش رسمی خود، برای شرکت در جلسات آزمایشگاهی ضروری هست. این کلاس های عملی به دانشجویان کمک می کند تا نظریه های آموخته شده را با جزئیات بیشتری بررسی کنند و می تواند علاقه به حوزه موضوعی را بهبود بخشد [۱]. بنابراین کلاس های آزمایشگاهی به عنوان بخش مهمی از برنامه درسی در نظر گرفته می شود. شیمی یکی از این حوزه های موضوعی است که در آن اغلب مواد شیمیایی خطرناک به طور گسترده در جلسات آزمایشگاه استفاده می شود. در این کلاس ها، دانشجویان با مواد شیمیایی با انواع و خواص متفاوت آشنا می شوند و از آنها استفاده می کنند. در حالی که این مواد می توانند خطرناک باشند و خطرات فعلی سلامتی، فیزیکی و محیطی را نیز به همراه داشته باشند [۹]. قرار گرفتن در معرض چنین مواد شیمیایی می تواند منجر به سوختگی های شیمیایی، سوزش پوست و چشم، سردرد، اختلالات اندام، سرطان و حتی مرگ شود. وابسته به شدت، این مواد می تواند اثرات قابل توجهی بر توانایی فرد برای ادامه کار تأثیر بگذارد و ممکن است کیفیت زندگی را کاهش دهند. همچنین اثرات منفی بالقوه ناشی از انتشارات تصادفی و شیوه های دفع نادرست، بر محیط زیست و گسترش جمعیت انسانی را نباید نادیده گرفت. طبق گزارش وزارت دفاع ژاپن انتشار متیل جیوه در خلیج میناماتا، ژاپن، توسط شرکت Chisso در دهه ۱۹۵۰، توسط یک ماده شیمیایی که منجر به یک فاجعه زیست محیطی شد. ملاحظات ایمنی برای همه افرادی که در معرض مواد بالقوه خطرناک قرار دارند، موضوعی است، افرادی که به طور معمول با مواد شیمیایی کار می کنند، از جمله دانشجویان و افرادی که در آزمایشگاه ها کار می کنند، بیشتر در معرض خطر هستند. اگرچه خطرات مرتبط با کار آزمایشگاه شیمیایی وجود دارد، این خطرات بالقوه با ایجاد سیستم هایی برای اطمینان از مدیریت ایمن کاهش می یابد. استفاده از تکنیک های نامناسب می تواند منجر به حوادث در محیط آزمایشگاه شود [۹]. درمان و همکاران گزارش کردند به مدت سه سال، ۴۹ درصد از جراحات در محوطه دانشگاه در تایوان مربوط به استفاده نادرست از مواد شیمیایی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



در کلاس های آزمایشگاهی استاندارد بود [۱۰]. برای به حداقل رساندن وقوع حوادث و کاهش خطرات در محیط های آزمایشگاهی، مهم است که همه افراد شاغل در آن در مورد ایمنی شیمیایی آموزش ببینند. ایمنی شیمیایی نتیجه ترکیبی از نگرش و اقدامات ایمن علاوه بر رعایت دقیق قوانین است. همانطور که در بالا بیان شد، ایمنی شیمیایی به طور طبیعی برای افراد ایجاد نمی شود، و باید از طریق آموزش مداوم آموزش داده شود [۱۱]. با توجه به مطالعات صورت گرفته اکثرا در آزمایشگاه های مراکز دانشگاهی بیشتر تاکید در حوزه ایمنی و سلامت صورت گرفته در حالیکه تأکید کمتری در مورد پسماند تولید شده در آزمایشگاه انجام شده است. اگرچه تلاش هایی برای بهبود ایمنی در محل کار از طریق چارچوب قانونی OSH صورت گرفته است، هیچ قانون استاندارد خاصی برای کنترل عملکرد آزمایشگاه ها وجود ندارد. در سال ۲۰۱۴، مؤسسه ایمنی آزمایشگاهی LSI یک دوره مدیریت ایمنی آزمایشگاهی را در پردیس سنت آگوستین دانشگاه هند غربی UWI در ترینیداد برگزار کرد که تکنسین ها و مدیران آزمایشگاه، دانشجویان و مدرسان را هدف قرار داد. میزبانی این دوره باعث شد تا موضوع ایمنی آزمایشگاه شیمیایی به صورت محلی مورد بحث قرار گیرد و انگیزه های برای برنامه هایی برای تقویت عملکرد ایمنی و امکان بهبود مستمر در این زمینه ایجاد شود [۱۲].

در ایالات متحده امریکا حدود ۸۰ درصد دانشگاه ها دارای برنامه مدیریتی مدون برای پسماند هستند. در دانشگاه تورنتو اکثر پسماندهای شیمیایی بازیافت می شوند، برای مثال ۱۰۰ درصد پسماندهای آلی تولید شده در این دانشگاه از طریق فرایندهای مختلفی بازیافت می شوند همچنین بسته به ترکیب شیمیایی ترکیبات غیر آلی حدود ۵۰ الی ۷۰ درصد آنها نیز بازیافت می شوند [۴].

غنی و همکاران در باز دیدهایی که از دانشگاه های مختلف انجام دادند، گزارش کردند که مدیریت پسماندهای خطرناک آزمایشگاهی در هیچ یک از این دانشگاه ها به صورت مطلوب انجام نمی گیرد، اما دانشگاه هایی که دارای کمیته پیگیری، از نظر مدیریت جمع آوری HSE و تیم دفع پسماندهای خطرناک وضعیت بهتری را نسبت به بقیه دارند. به عنوان مثال دانشگاه صنعتی شریف هم دارای کمیته HSE و هم کمیته نظارت و پیگیری است. آزمایشگاه های HSE شیمی این دانشگاه دارای برنامه جمع آوری و دفع مواد زاید جامد بودند که در این برنامه نحوه جمع آوری و حمل و نقل مواد ذکر شده بود و همچنین این مواد در ظروف مخصوص جمع آوری می شدند که این ظروف دارای علائم هشدار دهنده است و ناظر آزمایشگاه بر روی حمل و نقل و جمع آوری مواد زاید نظارت دارد. نکته دیگر این که در این دانشگاه کارگرانی که وظیفه حمل و نقل مواد زاید خطرناک را به عهده دارند متمایز از کارگرانی هستند که وظیفه جمع آوری مواد زاید شهری را انجام می دهند. این کارگران در زمینه جمع آوری این مواد آموزش کافی داده شده اند اما متأسفانه با انجام کلیه این اقدامات سازمانی برای تحویل پسماندهای خطرناک تولید شده در این دانشگاه وجود ندارد و کلیه این پسماندها در بخشی از دانشگاه دپو



می شود. در حالی که در دانشگاه تربیت مدرس و کمیته های پیگیری و نظارت و HSE وجود نداشتند و با توجه به اینکه این واحد جزو دانشگاه های تحصیلات تکمیلی است کلیه آزمایشگاه های آن فاقد کارشناس شیمی ثابت در آزمایشگاه است. در این مرکز همان کارگرانی که وظیفه جمع آوری مواد زاید شهری را به عهده دارند وظیفه جمع آوری مواد زاید خطرناک را نیز به عهده دارند. در برخی از آزمایشگاه های دانشگاه خواجه نصیر که دارای برنامه جمع آوری مواد زایدند وضع به همین ترتیب بوده است. در دانشگاه های تهران، تربیت معلم، شهید بهشتی، الزهرا و علم و صنعت هیچ کدام از این کمیته ها وجود نداشت و دیگر این که در کلیه این دانشگاه ها دفع مواد زاید طبق استاندارد صورت نمی پذیرد. علاوه بر این یکی دیگر از دلایل مدیریت ضعیف پسماندهای خطرناک در محیط های آزمایشگاهی نبود یک برنامه مدون و چهارچوب کلی و اختصاصی در سطح ملی است [۱۳].

#### 4- پیشنهاد

اجرای آموزش ایمنی دفع پسماند شیمیایی و سلامت زیست محیطی در محیط آزمایشگاه دانشگاهی گام مهمی در آماده سازی دانشجویان برای محیط کار می باشد. آزمایشگاه های شیمی در اکثر دانشگاه ها به دو دسته آموزشی و تحقیقاتی تقسیم بندی می شوند. آزمایشگاه های شیمی دانشگاه هایی که تحت پوشش وزارت علوم هستند سطح وسیعی از آزمایشگاه ها را تشکیل می دهند. این آزمایشگاه ها پسماندهای شیمیایی خطرناک متعددی را تولید می کنند، بنابراین همانند سایر تاسیسات تولید کننده پسماندهای خطرناک دانشگاه ها نیز می بایست از قوانین و مقررات پسماندهای خطرناک تبعیت نماید. با توجه به اهمیت حفظ محیط زیست و سلامت و ایمنی تا کنون مطالعات پژوهشی بسیار کمی در این زمینه در ایران انجام گرفته است، انجام چنین مطالعه ای در سطح کشور الزامی است. بررسی متون مختلف نیز حاکی از فقدان یا کمبود چنین داده هایی در سطح بین المللی است. البته چنین به نظر می رسد که به دلیل هزینه های بالایی که باید برای مدیریت پسماندهای خطرناک در محیط های آموزشی صرف شود تمایلی برای انجام این کار در مراکز وجود ندارد. بنابراین برنامه های مدیریتی مدرن از نقطه نظر حفاظت محیط زیست پسماندها بایستی دارای کارایی تکنیکی، راندمان اقتصادی و مقبولیت اجتماعی باشند.

تدوین یک سند قانونی برای هدایت عملیات در آزمایشگاه های صنعتی، دانشگاهی و پژوهشی برای کاهش خطر و ایمنی در دفع پسماند در برنامه آموزشی رسمی، یک برنامه ایمنی آزمایشگاهی که به دانشجویان اجازه می دهد فعالانه برای حفظ محیط آزمایشگاهی ایمن شرکت کنند، باید توسعه یابد.

منابع

۲- استاندارد ISIRI-ISO 15189



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۱۳- مریم غنی، فریدهگ ل بابایی، علیرضا اکبرزاده باغبان، حسن اصلانی، ناصر محرم نژاد. (۱۳۹۰) سلامت و محیط زیست، ۴، ۳۵۱-۳۵۶.

۴- آزمایشگاه مرجع سلامت، (۱۳۹۹)، نحوه آمایش و امحاء پسماندهای آزمایشگاهی، ۴، ۱.

- 1- Adane, Legesse., Abeje, Asmamaw., (2012. *World Appl. Sci. J.* 16 (2), 290–299.
- 3-Ashbrook PC. (2001). *ChemicalHealthandSafety*.;8(5):27-29.
- 5-VegaCAD.BenitezSO, RamírezBarretoME. (2008), *WasteManagement*.;28:52126.
- 6-Turkish Regulations. Turkey: Official Gazette; 1993.
- 7- MeKusick. Blaine C. J. *Chem Educ*, 1984 (;*National Academy Wsshington*,. 1983: 61, A152.
- 8-Armour, M. A. (1988). *Journal of Chemical Education*, 65(3), A64.
- 9-Ryder, Guy, 2014. ILO Director-General: Curbing Chemical Risks in the Workplace.
- 10-Draman, Sarifah F.S., Daik, Rusli, Abdullah, Mohd L., 2010. *International Conference on Science and Social Research*, 5–7 .1305–1308.
- 11-USCSB (United States Chemical Safety and Hazard Investigation Board), 2011. Experimenting with Danger. YouTube video, 24:04, posted by “USCSB,” October 19, 2011.
- 12-Walters, A. U., Lawrence, W., & Jalsa, N. K. (2017). *Safety science*, 96, 161-171.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

## مروری بر کاربردها و روش های آنالیز عنصری

### \* رقیه فکری<sup>۱</sup>، اسداله اسدی<sup>۲</sup>

1- r.fekri@uma.ac.ir - دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی

2- asady@uma.ac.ir - دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه زیست شناسی

### چکیده

با افزایش چشمگیر پیشرفت های موجود در حوزه های مختلف، لزوم وجود تکنیک های دقیق، قوی و پیشرفته برای شناسایی عناصر و پیوندهای موجود در ترکیبات تولید شده بیشتر احساس می شود. به خاطر اینکه خصوصیات شیمیایی و فیزیکی یک محصول به غلظت، ساختار مواد اولیه و نوع پیوند وابسته است، تکنیک های آنالیز و شناسایی مواد ارزشمند می باشد. این روش ابزار مناسبی برای شناسایی ویژگی های یک ماده در کنترل کیفیت محصولات صنعتی، غذایی، شیمیایی، دارویی می باشد. همچنین برای مبارزه با آلودگی های آب، هوا، زیست محیطی، ویروس ها و ... لازم است که ساختار و نوع عناصر موجود در ترکیبات آلوده کننده دقیقاً شناسایی، آنالیز و بررسی شود. آنالیز عنصری روشی است که برای شناخت عناصر ترکیبی و حتی ایزوتوپی نمونه ای از برخی از مواد مانند مایعات بدن، آب آشامیدنی، فاضلاب، مواد معدنی، ترکیبات شیمیایی، شیشه، پزشکی و غیره قرار می گیرد. در این مطالعه به مرور، بررسی و مطالعه کاربردها و روش های آنالیز عنصری پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: آنالیز عنصری، آلودگی های زیست محیطی، تجزیه مواد



## مقدمه

در چند دهه ی اخیر، پیشرفت های زیادی در مورد علم مواد و توسعه ی روش های نو برای شناخت آن ها صورت گرفته است. امروزه انواع ساختارهای مصنوعی و طبیعی با خواص مختلف سنتز شده اند. آنالیز عنصری<sup>۱</sup> آزمایشی است که جهت بررسی، شناسایی و تعیین کمیت و کیفیت عناصر در یک نمونه استفاده می شود. این روش شامل مجموعه ای از ابزارهای مورد استفاده در بررسی و شناسایی ماهیت ترکیبات شیمیایی در حوزه های گوناگون است. در واقع می توان گفت که یکی از روش های پرکاربرد و مهم برای آنالیز عناصر موجود در هر نمونه می باشد و ابزار مهمی برای تعیین خلوص ترکیبات به حساب می آید. احتمال دستکاری داده ها یکی از معایب این ابزار می باشد، چون به دلخواه می توان داده ها را تغییر داد و هیچ الزامی برای اثبات دقیق بودن داده ها وجود ندارد [۱-۲].

ترکیباتی مانند ترکیبات چند حلقه ای مختلف، هتروسیکلیک ها، پلی هالوژن های دارای حلقه های آروماتیک، کمپلکس های پیچیده، ترکیبات آلی فلزی، مواد حاوی نیتروژن و غیره که در نتیجه توسعه شیمی آلی سنتز و با ساختار پیچیده مشخص می شوند، برای شناخت پایداری حرارتی و شیمیایی، ساختار، خواص، قابلیت احتراق، فراریت، رطوبت سنجی، ناپایداری در نور و غیره نیاز به شناخت عناصر و پیوندهای موجود در این ترکیبات می باشد. تعیین ترکیب عنصری این ترکیبات شرط اصلی برای شناسایی آن ها و تایید خلوص آن ها می باشد [۳]. کربن، هیدروژن و نیتروژن که جز عناصر اصلی یک ماده آلی هستند معمولاً با استفاده از آنالایزهای تجاری موجود مانند CHN و CHNS تعیین می شوند بدین صورت که ماده آلی تحت تجزیه اکسیداتیو و کاهش انجام می گیرد و با تشکیل محصولات نهایی آب، دی اکسید کربن، نیتروژن و دی اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن و گوگرد شناسایی می شوند [۴-۵]. آلودگی های آب و خاک با فلزات سنگین یکی از مشکل مهم زیست محیطی به شمار می رود که در مناطق مختلف وجود چنین فلزاتی باعث آلودگی محصولات مصرفی مثل مواد غذایی و دارویی و آب آشامیدنی می شود. جهت کاهش خطرات بهداشتی ناشی از قرار گرفتن در معرض وجود چنین مواد سمی، توجه دقیق بر غلظت فلزات در نمونه های متفاوت ضروری است [۶-۷]. بنابراین، داشتن یک درک کلی از اصول اساسی روش های مختلف تحلیل عنصری لازم و ضروری است. این مقاله مروری بر برخی از تکنیک های آنالیز عنصری می باشد.

۱- مباحث نظری

۲- آنالیز عنصری XRF

<sup>1</sup> Elemental analysis



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



برای شناسایی عناصر شیمیایی نمونه‌ها، آنالیز XRF<sup>۲</sup> (طیف‌سنجی فلورسانس پرتو ایکس) مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس این روش به این صورت است که با تابش پرتوهای ایکس اولیه که انرژی زیادی دارند، پرتوهای ایکس مشخص که از سطح نمونه‌ها منتشر می‌شود شناسایی می‌شوند. در واقع زمانی که اتم‌ها برانگیخته می‌شوند و در ترازهای الکترونی اتم‌ها، الکترون‌ها انتقال پیدا می‌کنند، باعث تولید پرتو ایکس ثانویه می‌شوند. به عبارت دیگر، پرتو ایکس به نمونه می‌تابد و می‌توان عناصر موجود در نمونه مورد آنالیز را با تعیین طول موج پرتو ایکس ثانویه تولید شده شناسایی کرد. [۸-۹].

### ۲-۲ ولتامتری

ولتامتری، روش وابسته به زمان است که با اعمال پتانسیل متغیر بر الکتروود کار و اندازه گرفتن جریان الکتریکی موجود در آن اطلاعات یک آنالیت را می‌توان بدست آورد. این روش، یکی از روش‌های حساس و مهم جهت اندازه‌گیری و بررسی کمی عناصر است. لازم به ذکر است که این روش می‌تواند جهت اندازه‌گیری غلظت‌های پایین استفاده شود [۱۰-۱۱]. تاکنون مقالات زیادی در مورد اندازه‌گیری فلزات سنگین و واسطه بر روی سطوح و یا محلول‌ها با این روش ارائه شده است [۱۲]. با استفاده از این روش می‌توان آنالیز عنصری که شناسایی طیف گسترده‌ای از عناصر را ممکن می‌سازد، را به صورت کیفی و یا کمی هم انجام داد [۱۳].

### ۲-۳ طیف سنجی جرمی<sup>۱۱۷</sup>

طیف سنج جرمی دستگاهی است که در ابتدا از نمونه مورد آزمایش یون ایجاد می‌کند و سپس شروع به جداسازی یون‌های ایجاد شده بر اساس نسبت جرم به بار در فاز گازی می‌کند. مقالات علمی بسیاری، طیف سنج جرمی را یک روش بسیار حساس برای بررسی ساختار بیومولکول‌ها دانسته‌اند. ساختار اصلی طیف سنج جرمی عبارتند از: منبع یونی که لازمه تولید یون از نمونه می‌باشد، آنالیزور جرمی که برای جدا سازی یون‌ها بر اساس نسبت جرم به بار استفاده می‌شود، آشکارساز برای ثبت تعداد یون‌هایی که از آخرین آنالیزور خارج می‌شوند و همچنین یک کامپیوتر برای پردازش داده‌ها و ثبت سیگنال می‌باشد. طیف جرمی، نوعی نمودار سیگنال یونی به عنوان تابعی از نسبت جرم به بار است [۱۴-۱۵].

### ۲-۴ آنالیز عنصری CHNSO

<sup>1</sup> Mass Spectrometry



دستگاه آنالیز عنصری CHNSO جهت تعیین در صد عناصر کربن، هیدروژن، نیتروژن، گوگرد و اکسیژن موجود در نمونه های آلی و معدنی در صنایع مختلف دارویی، غذایی، کشاورزی و غیره استفاده می شود [۱۶]. در نتیجه با تعیین در صد این عناصر در ترکیب، می توان فرمول تجربی ترکیبات مورد آنالیز را محاسبه کرد. لازم به ذکر است با استفاده از روش احتراق جهت شکستن مواد راحت تر می شود آنالیز نمونه ها را انجام داد. گاز اکسیژن و هلیوم گازهایی هستند که در این دستگاه استفاده می شوند [۱۷-۱۹].

#### ۲-۵ طیف سنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی ICP-MS<sup>۱</sup>

یکی از مهم ترین روش های اندازه گیری میزان غلظت بسیاری از عناصر فلزی و نافلزی، اسپکتروسکوپی ICP-MS است که اساس این روش اندازه گیری جرمی می باشد. مهم ترین مزیت های این دستگاه شامل: آنالیز همزمان چندین عنصر بدون تداخل طیفی و شیمیایی، حد تشخیص پایین برای بسیاری از عناصر و حساسیت زیاد می باشد. همچنین توانایی تشخیص ایزوتوپ های عناصر از مزایای دیگر این دستگاه می باشد [۲۰]. نکته مورد توجه در این است که ورودی دستگاه به صورت محلول شفاف یا مایع می باشد. در این صورت جهت بررسی نمونه های جامد لازم است که ابتدا ماده جامد در حلال مناسب حل شود [۲۱].

#### ۲- نتیجه گیری

آنالیز عنصری روشی است که در آن یک نمونه شیمیایی به عنصرهای سازنده خود تبدیل می شود و آزمایشی جهت تعیین کمیت عناصر در یک نمونه از مواد مانند آب آشامیدنی، مایعات بدن، مواد دارویی، مواد غذایی و غیره محسوب می شود.

منابع

<sup>1</sup> Inductively coupled plasma mass spectrometry



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

- [1] S. M. Rodrigues, M. Otero, A. A. Alves, J. Coimbra, M. A. Coimbra, E. Pereira, A. C. Duarte (2011) *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 548-562.
- [2] W. Kandjoller, J. Theiner, B. K. Keppler, Ch. R. Kowol (2022) *Inorg. Chem. Front.*, 9, 412 – 416.
- [3] V. P. Fadeeva, V. D. Tikhova, and O. N. Nikulicheva (2008) *Journal of Analytical Chemistry*, 63, 1197–1210.
- [4] A. C. Aiken, P. F. DeCarlo, J. L. Jimenez (2007) *Anal. Chem.*, 79, 8350–8358.
- [5] V. P. Fadeeva, V. D. Tikhova, O. N. Nikulicheva (2008) *Journal of Analytical Chemistry*, 63, 1094-1106.
- [6] A. B. M. Helaluddin, R. S. Khalid, M. Alaama, S. A. Abbas (2016) *Pharmaceutical Research*, 15, 427-434.
- [7] L. M. Plum, L. Rink, H. Haase (2010) *Environ Res Public Health*, 7, 1342-1365.
- [8] L. D. Viguerie, V. A. Sole, P. Walter (2009) *Anal Bioanal Chem.*, 395, 2015-2020.
- [9] R. Klockenkamper, A. von Bohlen, L. Moens (2000) *X-Ray Spectrom.*, 29, 119–129.
- [10] G. Sanna, M. IPilo, P. O. Piu, A. Tapparo, R. Seeber (2000) *Analytica Chimica Acta*, 415, 165-173.
- [11] J. Wang (1994) *Techniques and Instrumentation in Analytical Chemistry*, 15, 129-145.
- [12] A. Zeng, E. Liu, S. N. Tan, S. Zhang (2020) *J. Gao, Electroanalysis*, 14, 1294-1298.
- [13] G. Liu, X. Yang, H. Zhang, L. Fu (2020) *J. Electrochem. Sc.*, 15, 5395 – 5403.
- [14] S. Maher, F. P. Jjunju, S. Taylor (2015) *Rev. Mod. Phys.*, 87, 113–135.
- [15] R. J. C. Brown, M. J. T. Milton (2005) *Trends in Analytical Chemistry*, 24, 266-274.
- [16] L. P. Eksperiandova, O. I. Fedorov, N. A. Stepanenko (2011) *Microchemical Journal.*, 99, 235-238.
- [17] V. P. Fadeeva, V. D. Tikhova, and O. N. Nikulicheva (2008) *Journal of Analytical Chemistry*, 63, 1197–1210.
- [18] M. Thompson (2008) CHNS Elemental Analysers, The Royal Society of Chemistry.
- [19] M. N. Islam, M. R. A Beg (2004) *Bioresource Technology*, 92, 181-186.
- [20] A. A. Ammann (2007) *J. Mass Spectrom.*, 42, 419 – 427.
- [21] S. Tanner, V. Baranov, D. Bandura (2002) *Spectrochimica Acta.*, 57, 1361–1452.





## مروری بر ویژگی ها و کاربردهای دستگاه طیف سنجی جذب اتمی

\* رقیه فکری<sup>۱</sup>، اسداله اسدی<sup>۲</sup>

1- r.fekri@uma.ac.ir - دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی

2- asady@uma.ac.ir - دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه زیست شناسی

### چکیده

با ورود روش های نوین سنتز ترکیبات شیمیایی و دارویی به دنیای گسترده ی علوم امروزی، یکی از لازمه های بررسی و تحقیق در مورد ساختار این ترکیبات، مطالعه ی عناصر تشکیل دهنده ی آن و تعیین غلظت این عناصر است. غلظت عناصر فلزی موجود در یک نمونه را با دقت بالایی با روش طیف سنجی جذب اتمی<sup>۱</sup> می توان بدست آورد. در این روش طیف سنجی که در شیمی تجزیه عموماً برای تعیین غلظت یک عنصر خاص در یک نمونه مورد استفاده قرار می گیرد، جذب اشعه نوری توسط اتم در فاز گازی و برهم کنش نور با اتم های آزاد، برای اندازه گیری کمی عناصر شیمیایی انجام می شود. طیف سنجی به صورت یک روش نو، نه فقط برای نور مرئی بلکه بسیاری از اشکال تابش ها که دارای طول موج های متفاوتی می باشند استفاده می شود. این تحقیق به بررسی و مرور ویژگی ها و کاربردهای دستگاه طیف سنجی جذب اتمی پرداخته است.

کلمات کلیدی: طیف سنجی جذب اتمی، فاز گازی، تعیین غلظت عناصر

<sup>1</sup> Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)



## ۱- مقدمه

طیف سنجی جذب اتمی، یک تکنیک تحلیلی است که از طول موج های الکترومغناطیسی که از منبع نور می آیند استفاده می کند. عناصر مختلف این طول موج های متمایز را جذب می کنند. این عمل، تصویری از غلظت یک عنصر خاص در هر ماده یا مایعی که در حال آزمایش است را ارائه می دهد. این تکنیک برای بسیاری از کاربردها حساسیت کافی را دارد و نسبتا بدون تداخل است که عموما برای اندازه گیری فلزات سنگین مورد استفاده قرار می گیرد [۱]. با ظهور تکنولوژی و پیشرفت های علمی برای بسیاری از مباحث، دستگاه هایی اختراع و ثبت شده که می تواند نظریه های موجود در علم را به صورت عملی به ما نشان دهد که یکی از این دستگاه ها طیف سنجی جذب اتمی می باشد. می توان گفت پایه و اساس طیف سنجی، واکنش بین نور و ماده است و در واقع از امواج برای مطالعه کمی و کیفی ماده بهره می گیرد. در این روش، به طور دقیق می توان غلظت عنصر را زمانی که زیر یک پی پی ام غلظت داشته باشد با دقت کامل اندازه گیری نمود یعنی برای اندازه گیری غلظت عناصر با کمترین غلظت در حد پی پی ام می توان استفاده کرد [۴-۲].

## ۲- مباحث نظری

### ۲-۱ اصول فن جذب اتمی

در طیف سنجی جذب اتمی، زمانی که نور به اتم های آزاد در فاز گازی برخورد می کند با این اتم ها برهم کنش می دهد. به این صورت که در ترازهای انرژی کوانتیده، الکترون با انرژی مشخص به دور هسته حرکت می کند و این الکترون ها در بسامدهای خاصی بین این ترازهای الکترونی یا مدارهای الکترونی با نشر یا جذب فوتونها جابه جا می شوند. شرط لازم برای انتقال الکترون از ترازهای الکترونی پایین به ترازهای الکترونی بالا، جذب فوتون و یا فرکانسهای جذبی که برای هر عنصر منحصر به فرد می باشد است، یعنی طول موج مشخصی برای هر فلز وجود دارد که هر فلز آن را جذب می کند. اساس این کار به این صورت است که الکترون هایی که در حالت پایه قرار دارند با جذب نور که توسط اتم ها انجام می شود، به سطح انرژی بالاتر که حالت برانگیخته می باشد انتقال پیدا می کنند، لازم به ذکر است که این اتم های آزاد انرژی نور را در سطحی از انرژی که با انرژی لازم برای برانگیختن الکترون برابر است، جذب می کنند که برای گستره ای از طول موج ها این جذب اتفاق نمی افتد و به همین علت باعث تولید طیف پهن نمی شود [۷-۵ و ۱۲].

### ۲-۲ تکنیک های متداول در طیف سنجی جذب اتمی

دستگاه جذب اتمی در آزمایشگاه ها با آنالیز و بررسی طیف گسترده ای از فلزات مورد استفاده قرار می گیرد. در روش طیف سنجی جذب اتمی برای تعیین غلظت عناصر به اندازه گیری میزان جذب نور که توسط اتم های عنصر مورد آنالیز صورت می گیرد نیاز می باشد. معمولا طیف سنجی جذب اتمی در آزمایشگاه ها برای سنجش و آزمایشی کیفیت ماده مورد نظر، با آنالیز فلزات سنگین موجود در آنالیت استفاده می شود [۸]. در طیف سنجی جذب اتمی سه روش معمول

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



وجود دارد که در هر مورد از این روش ها مزایا و معایب وجود دارد. لازم به ذکر است که هر روش جذب اتمی در مراکز کاربردی خودش روش موثری به حساب می آید. در جدول ۱ سه روش معمول که در طیف سنجی جذب اتمی وجود دارد، نشان داده شده است. نکته مورد توجه در این است که در دستگاه جذب اتمی با تکنیک شعله [۹] دقت تشخیص عناصر فلزی در حد ppm و در روش کوره [۱۰] و هیدرید ژنراتور [۱۱] در حد ppb است.

جدول ۱. تکنیک های متداول در طیف سنجی جذب اتمی

نام تکنیک	نام لاتین	کاربردها	مزایا و معایب
تکنیک طیف	Flame	متداول ترین روش	سیستم های شعله برای جذب
سنجی جذب اتمی	Atomic Absorption	اندازه گیری مقادیر کم	اتمی دارای نتایج عالی، ساده، ارزان، راحت و بسیار کارآمد هستند. این
شعله	Spectroscopy	فلزات بوده است.	شیوه آنالیز با دستگاه جذب اتمی بسیار
		حساسیت نسبتاً خوبی	سریع و نمونه دهی بسیار ساده را فراهم
		مختلف فلزی دارد.	می نماید. ۱۲۰
طیف سنجی	Graphite Furnace	جهت تشخیص مقادیر	در روش طیف سنجی کوره
جذب اتمی با کوره	Atomic	بسیار کم از فلزات سنگین	گرافیتی بجای شعله یک تیوپ
گرافیتی	Spectroscopy	در بسیاری از ماتریس ها	گرافیتی که با استفاده از نیروی

محدودیت اصلی روش شعله در آنالیز جذب اتمی اینست که سیستم شعله و نیولایزر نسبتاً سیستم کم راندمانی هستند. امکان دستیابی به<sup>۱۲</sup> امکان آنالیز همزمان چند عنصری. نیز با به کار بردن مخلوط استیلن و اکسیژن وجود دارد، اما چندان متداول نیست °C دماهای بالاتر از ۳۰۰۰ در طیف سنجی جذب اتمی شعله وجود ندارد. این روش حساسیت مناسبی برای اندازه گیری غیر فلزات، فلزات لانتانیدها و اکتینیدها ندارد.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



الکتروسیسته گرم می شود، استفاده می

گرد.د. ۱۳۱

حساسیت بالا و تداخل بسیار کم

جهت تشخیص

Hydride  
Vapor

طیف سنجی

آرسنیک، بیسموت،

Generator  
Atomic

جذب اتمی با

ژرمانیوم، سرب، آنتیموان،

Absorption  
spectroscopy

ژنراتور بخار هیدرید

قلع، تلوریم و جیوه

### ۲-۳ اصول پایه طیفسنجی جذب اتمی

در طیف سنجی جذب اتمی، نمونه های مورد آنالیز باید به صورت محلول باشند که ماده مورد آنالیز به صورت عنصری کاهش می یابد و تبخیر شده و در معرض تابش منبع نور، قرار می گیرد. مواردی که برای اصول پایه طیفسنجی جذب اتمی می توان در نظر گرفت عبارتند از: الف) جذب نور توسط اتم ها صورت می گیرد. ب) طول موجی که هر عنصر دریافت می کند متفاوت می باشد و مختص همان عنصر است. ج) میزان نور جذب شده به غلظت اتم های جذب کننده نور (غلظت عنصر مورد نظر در نمونه محلول)، بستگی دارد [۱۲].

### ۲-۴ قانون بیر لامبرت

در دستگاه جذب اتمی یکی از قانون های مورد توجه قانون بیر لامبرت می باشد. در این قانون میزان غلظت ماده ای که تابش بر روی آن صورت می گیرد با میزان جذب ارتباط دارد. یعنی هنگامی که مولکول هایی با طول موج مشخص نور را جذب می کنند زیاد باشد، جذب نیز افزایش می یابد. بر اساس این قانون تعداد اتم هایی که در محیط، نور را جذب می کنند با نور جذب شده رابطه مستقیم دارد. نور  $I_0$  از محیطی با طول  $L$  و غلظت  $C$  عبور می کند. همچنین در این معادله  $A$  شدت جذب و  $K$  ضریب جذب تعریف می شود [۱۳].

دقت تکنیک طیف سنجی جذب اتمی با کوره گرافیتی به مکانیزم اتم سازی آن بستگی دارد و سطح اتم سازی به عواملی از قبیل طبیعت<sup>۱۳</sup> شیمیائی آنالیت عنصر مورد نظر، دمای اتم سازی، آنالیت باقیمانده در تیوپ، گونه های گاز داخل تیوپ و خود کوره گرافیتی وابسته است.



A= KCL

معادله (۱)

### ۳- نتیجه گیری

امروزه به دلیل پیشرفت های علمی و تکنولوژی های جدید در حوزه های مختلف تحقیقاتی، دستگاه هایی اختراع شده اند که می تواند نظریه های موجود در علم را به صورت عملی و تجربی به ما منعکس کنند. دستگاه طیف سنجی جذب اتمی یکی از این دستگاه ها به حساب می آید که برای اندازه گیری غلظت عناصر فلزی در مواد مختلف استفاده می شود و روز به روز هم به صورت پیشرفته تر و کارآمد تر سامان دهی می شود. امروزه طیف سنجی جذب اتمی یک روش موثر در شیمی تجزیه، صنایع غذایی، دارویی، شیمیایی و غیره محسوب می شود که در شناسایی اتم ها و آنالیز عنصری استفاده می شود. از کاربردهای مهم دستگاه طیف سنجی جذب اتمی، استفاده از آن برای تعیین غلظت عناصر موجود در آب آشامیدنی، مواد غذایی [۱۴]، آرایشی [۱۵]، پزشکی [۱۶] و یا موارد دیگر می باشد.

منابع

- [1] A. Mbiri, A. Onditi, N. Oyaró, E. Murago (2011) *Journal of Agriculture Science and Technology*, 13, 107-115.
- نشر دانشگاهی. مرکز [۲] داگلاس آروید اسکوگ، تیمونی نیمن، جیمز هولر، اصول تجزیه دستگاهی (۱۳۸۴) تهران،
- [3] G. D. Christian (1969) *Analytical Chemistry*, 41, 24-40.
- [4] M. Zafar, M. A. Khan, M. Ahmad, G. Jan, Sh. Sultan, K. Ullah, S. Kh. Marwa, F. Ahmad, A. Jabee, A. Nazir, A. M. Abbasi, Z. Rehman, Z. Ullah (2010) *Journal of Medicinal Plants Research*, 4, 1987-199.
- [5] B Welz, M. G. R. Vale, E. R. Pereira, I. N. B. Castilho, M. B. Dessuy (2014) *J. Braz. Chem. Soc.*, 25, 799-821.
- [6] G. Baumbach, T. Limburg, J. W. Einax (2013) *Microchem. J.*, 106, 106- 295.
- [7] A. Walsh (1956) *Spectrochimica Acta*, 7, 108-117.
- [8] A. Maurya, L. Kesharwani, M. K. Mishra (2018) *Applied Science & Engineering Technolog*, 45, 1188-1192.
- [9] A. Gaspar, H. Berndt (2000) *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 55, 587-597.
- [10] H. M. Jiang, Zh. P. Yun, Y. Zhao, X. Hu, H. Zh. Lian (2012) *Talanta*, 94, 251-256.
- [11] M. H. A. Zavar, M. Chamsaz, A. Youssefi, M. Aliakbari (2005) *Analytica Chimica Acta*, 546, 126-132.
- [12] B.N. Paul, S. Chanda, S. Das, P. Singh, B.K. Pandey, S.S.Gir (2014) *The Beats of Natural Sciences*, 1, 1-17.
- [13] D. Calloway (1997) *Journal of Chemical Education*, 74, 760-761.
- [14] D. Citak, M. Tuzen (2010) *Food and Chemical Toxicology*, 48, 1399-1404.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[15] E. O. Amartey, A. B. Asumadu-Sakyi, C. A. Adjei, F. K. Quashie, G. O. Duodu, N. O. Bentil (2011) *Journal of Pharmacology and Toxicology*, 192-198.

[16] H. Uddin, R. S. Khlid, M. Alaama, A. M. Abdulkader, A. Kasmuri, S. A. Abbas (2016) *Journal of Analytical Science and Technology*, 7, 1-7.





## بررسی عوامل تاثیرگذار بر کیفیت اندازه گیری میدان سرعت به روش سرعت سنجی تصویری ذرات (PIV)

رضا صادقی دودران<sup>۱\*</sup>، مصطفی نبی پور<sup>۲</sup>، سیدعلی اکبر صالحی نیشابوری<sup>۳</sup>، سید حسین مهاجری<sup>۴</sup>

۱- دکتری، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران (Reza\_s329@yahoo.com)

۲- دکتری، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- استاد، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۴- استادیار، دانشکده فنی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

### چکیده

در دو دهه اخیر با توجه به محدودیت های روش های قدیمی اندازه گیری میدان جریان و با پیشرفت تجهیزات اپتیکی، استفاده از ابزارهای اندازه گیری میدان جریان مبتنی بر پردازش تصاویر گسترش یافته است. روش سرعت سنجی تصویری ذرات (PIV) به دلیل اطلاعات خروجی منظم و متراکم، یکی از موفق ترین این روش ها می باشد. انتخاب صحیح اجزای دستگاه PIV در بدست آوردن داده هایی با کیفیت بالا و قیمت تمام شده محصول تاثیر بسزایی دارد. برای فهم بهتر این موضوع، در این مقاله عوامل تاثیرگذار بر کیفیت اندازه گیری میدان جریان به روش سرعت سنجی تصویری ذرات (PIV) بررسی شده و میدان جریان در اطراف یک مانع با استفاده از PIV ساخته شده، اندازه گیری شد. نتایج حاصله نشان داد که در حالت تصویربرداری به صورت S&Q، بی نظمی شدیدی در بردارهای سرعت بخصوص در نواحی با میزان آشفتگی بالا مشاهده می شود که این بی نظمی با افزایش ابعاد پنجره کاوش نیز از بین نمی رود. بنابراین برای بدست آوردن داده های با کیفیت، تراکم و دقت بالا، توصیه می شود تصویربرداری در حالت RAW انجام شود. همچنین مقایسه مقادیر اندازه گیری شده با دستگاه PIV با نتایج آزمایشگاهی محققین قبلی نشان داد که دستگاه حاضر قادر به اندازه گیری سرعت طولی و شدت آشفتگی طولی با دقت مطلوب می باشد.

کلمات کلیدی: الگوی جریان، کانال باز، اندازه گیری میدان جریان، سرعت سنج صوتی داپلر، سرعت سنج تصویری ذرات.



مقدمه

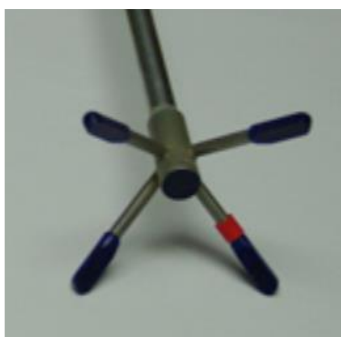
بررسی فرایندهای حاکم بر جریان سیال توسط دو روش تحقیق آزمایشگاهی و محاسبات تئوری انجام می شود. اطلاعات دقیق در مورد یک فرایند فیزیکی غالباً توسط اندازه گیری عملی بدست می آید. اندازه گیری میدان و مشخصه های جریان و بررسی پارامترهای آشفتگی با وجود ماهیت تصادفی در طراحی سازه های مرتبط با سیال، بحث انتقال و رسوب گذاری و همچنین پایداری سازه ها حایز اهمیت می باشد. سیستم های اندازه گیری میدان جریان به دو دسته کلی سیستم های اندازه گیری نقطه ای و سیستم های اندازه گیری کلی تقسیم می شوند. سیستم هایی که به صورت نقطه ای سرعت جریان را برداشت می کنند، در موقعیت هایی کاربرد دارند که اطلاعات یک نقطه یا مجموع های از نقاط مورد نیاز باشد که از جمله این سیستم ها می توان به  $LDA^{12}$ ،  $UA^{13}$ ،  $LDV^{14}$ ،  $ADV^{15}$  و ... اشاره کرد. سیستم های مبتنی بر اندازه گیری کلی میدان جریان معمولاً شامل دستگاه هایی است که به صورت تصویربرداری و با استفاده از پردازش تصاویر، سرعت قسمت های مختلف میدان را اندازه گیری می کنند که از جمله آن ها سیستم های  $PTV^{16}$ ،  $PIV^{17}$  و ... می باشند.

دستگاه سرعت سنج صوتی داپلر  $ADV^{18}$  روش های پر کاربرد اندازه گیری میدان جریان به صورت نقطه ای می باشد که در مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی محققین قبلی در کانال های باز بصورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته است [۱-۳]. این دستگاه برای اولین بار در سال ۱۹۹۳ توسط شرکت سونتک  $ADV^{18}$  ارائه شده و بطور گسترده برای اندازه گیری مولفه های سه بعدی جریان آشفتده مورد استفاده قرار گرفته است. نسل جدید این سرعت سنج ها با ابعاد حسگر کوچکتر، با ارسال موج صوتی با فرکانس ۱ تا ۲۰۰ هرتز از یک فرستنده به سمت یک حجم نمونه گیری  $ADV^{18}$  که در فاصله ۵ سانتی متری فرستنده واقع شده است) و دریافت امواج برگشتی توسط سه یا چهار شاخک گیرنده، سرعت ذرات داخل حجم نمونه گیری را اندازه گیری می کند (شکل ۱-الف). اساس عملکرد این ابزار، پدیده داپلر شیفت بوده و فرض بر آن است که ذرات داخل حجم نمونه گیری با سرعتی برابر با سرعت جریان حرکت می کنند [۴]. حسگرهای این ابزار در دو نوع پایین نگر  $ADV^{18}$  و جانب نگر  $ADV^{18}$  بوده و برای اندازه گیری در قسمت های مختلف میدان مورد استفاده قرار می گیرند (شکل ۱-ب).

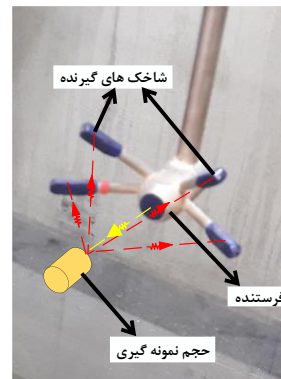
1	Laser Doppler Anemometry	2	2
1	Ultrasonic Anemometry	2	3
1	Laser Doppler Velocimetry	2	4
1	Acoustic Doppler Velocimetry	2	5
1	Particle Tracking Velocimetry	2	6
1	Particle Streak Velocimetry	2	7
1	Particle Image Velocimetry	2	8
1	Acoustic Doppler Velocimetry ( $ADV^{18}$ )	2	9
1	Sontek	3	0
1	Sample volume	3	1
1	Down looking	3	2
1	Side looking	3	3



ب). با وجود محاسن دستگاه ADV (سادگی استفاده از آن، قابلیت اندازه گیری مولفه های سه بعدی جریان با فرکانس نمونه برداری مناسب)، معایب و محدودیت هایی از جمله محدودیت هندسی (ابعاد و اندازه شاخک ها)، محدودیت فاصله (فاصله ۵ سانتی متری فرستنده دستگاه از حجم نمونه گیری و عدم وجود مانع در این فاصله)، محدودیت فرکانس (از ۱- ۲۰۰ هرتز) و محدودیت دمایی (۴- تا ۴۰ درجه سانتی گراد) برای آن گزارش شده است [۵].



(ب)



(الف)

نسبت به فرستنده و شاخک های گیرنده و ب) شمای کلی ADV شکل ۱. الف) موقعیت حجم نمونه گیری دستگاه پایین نگر و جانب نگر ADV سرعت سنج

مطالعات گذشته حاکی از آن است که پدیده داپلر نویز<sup>۱</sup> و پدیده هم اثر سازی سیگنال<sup>۲</sup> و منشأ اصلی داده های نادرست در دستگاه سرعت سنج صوتی داپلر می باشد [۶]. محققین نشان دادند هر چند این دستگاه در اندازه گیری سرعت میانگین دارای دقت مناسبی می باشد ولی در اندازه گیری پارامترهای آشفتگی از جمله تنش های رینولدز و انرژی جنبشی آشفتگی از دقت کافی برخوردار نیست [۷، ۸]. نبی پور و همکاران (۱۳۹۷) با مقایسه داده های اندازه گیری شده با دستگاه ADV و دستگاه سرعت سنج تصویری ذرات<sup>۳</sup> شرایط یکسان نشان دادند علی رغم دقت مناسب دستگاه سرعت سنج صوتی در اندازه گیری سرعت طولی، این دستگاه در اندازه گیری سرعت های قائم و عرضی دارای خطای قابل توجهی می باشد [۹]. صادقی دودران و همکاران (۱۳۹۸) با بررسی اثر حضور دستگاه ADV در ساختار جریان گزارش کردند که علاوه بر خطاهای ذاتی دستگاه سرعت سنج صوتی، حضور حسگرهای دستگاه در داخل جریان، به صورت یک مانع عمل نموده و می تواند موجب تغییر الگوی جریان و تشدید آشفتگی در نزدیکی شاخک های دستگاه شود. همچنین بررسی های ایشان نشان داد که اثر تداخلی ADV در اندازه گیری سرعت های ثانویه شدیدتر از سرعت طولی جریان

<sup>1</sup> Doppler Noise 3 4

<sup>1</sup> Aliasing of Signal 3 5

<sup>1</sup> Particle Imaging Velocimetry (PIV) 6



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



می باشد. همچنین گزارش کردند که حضور سرعت سنج صوتی باعث کاهش ۳۰ درصدی مقادیر تنش برشی رینولدز  $u'v'$  در محدوده حجم نمونه گیری می شود [۱۰].

در دو دهه اخیر با توجه به محدودیت های روش های قدیمی، اثر تداخلی ابزارهای اندازه گیری میدان جریان بخصوص ADV و با پیشرفت تجهیزات اپتیکی و افزایش وضوح تصاویر و سرعت تصویربرداری دوربین های دیجیتال، استفاده از تجهیزات اپتیکی برای اندازه گیری میدان جریان سیالات مورد توجه محققان قرار گرفته است و این روش جایگزین روش های پرهزینه قدیمی شده است. روش سرعت سنجی تصویری ذرات به دلیل اطلاعات خروجی منظم و مترکم، یکی از موفق ترین روش ها در اندازه گیری میدان سرعت لحظه ای جریان در این زمینه می باشد.

خرید دستگاه PIV به دلیل قیمت بالا، عدم امکان واردات به دلیل مشکلات تحریم و عدم ارائه خدمات پس از فروش از سوی شرکت های سازنده خارجی امکان پذیر نمی باشد. دستگاه PIV متشکل از اجزای مختلفی از جمله دوربین، منبع نور، ذرات ردیاب و پردازش تصاویر می باشد. مشخصات فنی و انتخاب صحیح اجزای دستگاه PIV در بدست آوردن جواب های منطقی و صحیح، کیفیت داده های اندازه گیری شده و قیمت تمام شده محصول تاثیر بسزایی دارد که در مطالعات قبلی توجه چندانی بدان نشده است.

در ایران نیز با وجود پیشرفت های صورت گرفته در زمینه تصویربرداری و وجود دوربین هایی با قابلیت های تصویربرداری با وضوح بالا، به دلیل محدودیت و عدم آشنایی محققین با نحوه راه اندازی دستگاه PIV و عوامل موثر بر کیفیت داده ها، روش های اندازه گیری میدان جریان مبتنی بر پردازش تصویر گسترش محدودی داشته و در تحقیقات به ندرت مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین ضروری است مطالعه جامعی در مورد عوامل موثر بر انتخاب اجزای دستگاه PIV و راه اندازی آن صورت گیرد. هدف اصلی در تحقیق حاضر بررسی عوامل موثر بر انتخاب مناسب تجهیزات مورد نیاز در راه اندازی دستگاه PIV می باشد. بدین منظور دستگاه PIV در دانشگاه تربیت مدرس راه اندازی شده و عوامل مختلف در کیفیت داده های اندازه گیری میدان جریان آشفته در اطراف یک پوشش گیاهی در کانال آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است که در ادامه شرایط آزمایشگاهی توضیح داده می شود.

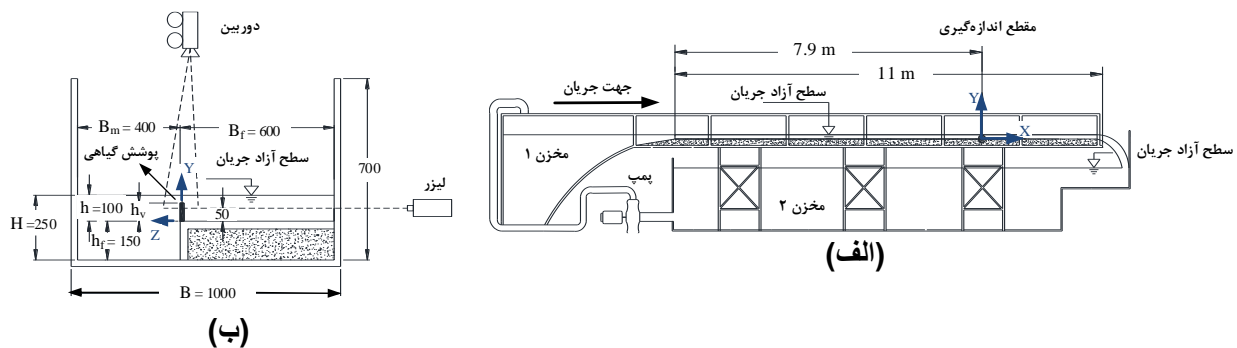
### مواد و روش ها

آزمایش ها در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه تربیت مدرس در یک کانال باز مستقیم به طول ۱۱، عرض ۱ و ارتفاع ۰/۷ متر انجام شد. کانال آزمایشگاهی مذکور، یک کانال عریض با مقطع مرکب می باشد که مقطع طولی و عرضی آن در شکل



۲ نشان داده شده است. جداره های جانبی و کف کانال از جنس شیشه بوده و برای تصویربرداری از جریان، مناسب می باشند.

در این مطالعه، محور  $X$  موازی بستر بوده و در جهت راستای طولی جریان اصلی و به سمت پایین دست مثبت می باشد. محور  $Y$  عمود بر جهت جریان در راستای قائم بوده و جهت مثبت آن از بستر به سمت بالا می باشد. در نهایت محور  $Z$  در راستای عرضی بوده و مبداء آن دیواره سمت راست کانال می باشد. برای کنترل عمق آب، از یک سرریز قابل تنظیم در انتهای کانال استفاده شد و عمق آب توسط یک عمق سنج دیجیتالی نقطه ای تعیین گردید. دبی در ورودی کانال، با استفاده از شیر تنظیم دبی خروجی از پمپ کنترل شده و به وسیله یک دبی سنج الکترومغناطیسی اندازه گیری شد. به منظور حذف تلاطم در ابتدای کانال از صفحه های موازی آرام کننده جریان در ورودی کانال استفاده شده است. مقطع اندازه گیری در  $7/9$  متری از ورودی کانال قرار داشته و شرایط توسعه یافتگی جریان در مقطع اندازه گیری توسط نبی پور و همکاران (۲۰۱۷) مورد بررسی و تایید قرار گرفته است [۱۱].



شکل ۲. الف) مقطع طولی و ب) مقطع عرضی کانال در مطالعه حاضر (کلیه ابعاد در شکل ب بر حسب متر است) شرایط هیدرولیکی آزمایش های انجام شده به طور خلاصه در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس محاسبات انجام شده مقدار عدد رینولدز جریان در مقیاس ساقه  $Re = U_{avg}D/\nu$  که در آن  $U_{avg}$  سرعت متوسط جریان،  $D$  شعاع هیدرولیکی و  $\nu$  لزجت سینماتیکی می باشد) و فرود جریان  $Fr = U_{avg}/\sqrt{gD_H}$  که در آن  $g$  شتاب ثقل و  $D_H$  قطر هیدرولیکی می باشد) به ترتیب برابر  $3900$  و  $0/19$  می باشد. بنابراین جریان در کانال مرکب مطالعه حاضر دارای رژیم کاملاً آشفته و زیر بحرانی می باشد. عمق جریان در سیلابدشت و کانال اصلی به ترتیب برابر  $10$  و  $25$  سانتی متر می باشد که در شکل ۲-ب به ترتیب به نمادهای  $h$  و  $H$  نمایش داده شده است.

#### جدول ۱. شرایط هیدرولیکی آزمایش ها

پارامترها	محدوده تغییرات
-----------	----------------

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



$h$ (m)	0.1
$H$ (m)	0.25
$Q$ ( $m^3/s$ )	0.039
$U_{avg}$ (m/s)	0.24
$D$ (m)	0.015
$D_H$ (m)	0.16
$Fr$ (-)	0.19
$Re$ (-)	$2.6 \times 10^4$

پوشش گیاهی مورد استفاده در این تحقیق به صورت میله صلب استوانه‌ای از جنس پلاستیک می‌باشد که در لبه سیلابدشت ( $Z=60\text{cm}$ ) نصب شده است (شکل ۲-ب). قطر میله استوانه‌ای (پوشش گیاهی)  $1/5$  سانتی‌متر و ارتفاع آن  $7$  سانتی‌متر می‌باشد که به ترتیب با نماد  $h_p$  و  $D$  در شکل ۲-ب نمایش داده شده است.

برای اندازه‌گیری غیرتداخلی میدان جریان در اطراف پوشش گیاهی تک ساقه، از دستگاه سرعت‌سنجی تصویری ذرات به صورت دوبعدی و دومولفه‌ای در صفحه افقی  $X-Z$  استفاده شد. صفحه افقی برداشت شده در میانه عمق سیلابدشت قرار دارد که به صورت خط چین در شکل ۲-ب نمایش داده شده است. علاوه بر صفحات افقی (موازی کف کانال)، این دستگاه قابلیت برداشت سرعت در صفحات عمودی (موازی جداره‌های کانال) را نیز داراست. در برداشت از صفحات افقی، نور لیزر از کنار کانال موازی با کف کانال تابانده شده و دوربین از بالا در راستای عمود بر صفحه لیزر، تصاویر ذرات را برداشت می‌کند (شکل ۳-الف). در برداشت از صفحات عمودی جای لیزر و دوربین عوض می‌شود (شکل ۳-ب). نکته مهم در تنظیمات دوربین و لیزر این است که صفحه روشن شده در سیال، کاملاً عمود بر راستای تصویربرداری دوربین باشد. انتخاب مشخصات فنی مناسب دوربین و لیزر مورد استفاده در این دستگاه در بخش نتایج و بحث بررسی خواهد شد.



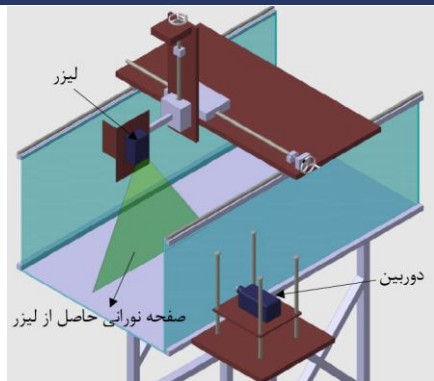
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

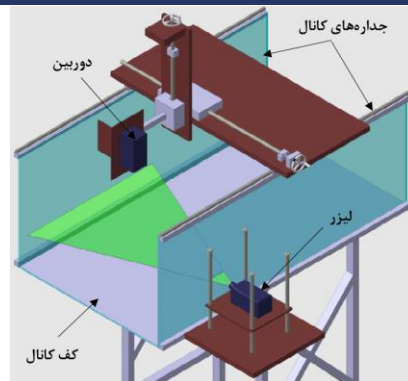
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



(ب)



(الف)

شکل ۳. نحوه جانمایی دوربین و لیزر در (الف) برداشت صفحات افقی و (ب) برداشت صفحات قائم

### نتایج و بحث

استفاده از ابزارهای اندازه گیری تصویری جریان در مقایسه با ابزارهای پر کاربرد قبلی مانند سیستم سرعت سنج صوتی داپلر (ADV) دارای دو مزیت عمده است. اول اینکه روش های اندازه گیری تصویری جریان، غیر تداخلی بوده و قسمتی از ابزار اندازه گیری درون جریان قرار نمی گیرد. در ثانی با استفاده از روش مذکور به جای اندازه گیری نقطه ای سرعت می توان میدان جریان را در یک صفحه به صورت همزمان برداشت نمود و علاوه بر کاهش زمان اندازه گیری، امکان بررسی همزمان تغییرات زمانی و مکانی ساختارهای جریان وجود دارد. در میان روش های اندازه گیری تصویری میدان جریان، روش PIV به دلیل اطلاعات خروجی منظم و متراکم، نسبت به دیگر روش ها از کاربرد بیشتری برخوردار است.

در روش PIV مکان هندسی ذرات کوچک به نام ردیاب که در داخل سیال به صورت شناور قرار دارند، در زمان های مختلف، ثبت و با استفاده از جابجایی زمانی آن ها، مقدار سرعت موضعی جریان تعیین می شود. همانطور که اشاره شد، اندازه گیری میدان جریان با استفاده از روش PIV از چند مرحله تشکیل می شود که عبارتند از:

- ذرات ردیاب درون سیال ریخته شده و این ذرات با استفاده از نورپردازی در یک سطح (یک حجم با ضخامت کم)، قابل رویت و تصویربرداری می شوند.
- یک منبع نور صفحه ای با ضخامت کم مانند صفحه نور لیزر، سطح مورد نظر را در گام های زمانی مشخص یا به صورت پیوسته روشن می کند.
- ابزار تصویربرداری پرسرعت و با کیفیت بالا (دوربین دیجیتال) تصاویر را به صورت متوالی برداشت و ذخیره می کند.



- با استفاده از ابزار پردازش تصویر (برنامه های کامپیوتری) تصاویر برداشت شده به بردارهای سرعت تبدیل می شوند [۱۲].

در ادامه به تفکیک در خصوص هر یک از اجزاء دستگاه PIV و مبانی تئوریک آن ها بحث خواهد شد.

### ۱-۳ دوربین

دوربین مورد استفاده در روش PIV باید از نوع دیجیتال باشد تا خروجی آن به صورت اطلاعات عددی ذخیره شود. معیارهایی که در انتخاب دوربین مناسب برای استفاده در روش PIV باید مد نظر قرار گیرد عبارت اند از: کیفیت مناسب تصویر، سرعت برداشت تصاویر بالا، قابلیت فیلم برداری خام ۱۰۸۰p برخی قابلیت های عمومی دوربین های حرفه ای مانند تعویض لنز، قابلیت تغییر سرعت شاتر و تنظیم دیافراگم.

سرعت تصویربرداری تابع دو عامل فرکانس طبیعی پدیده مورد مطالعه و سرعت تصویربرداری مورد نیاز برای محاسبه همبستگی بین دو پنجره کاوش است. بدیهی است که سرعت تصویربرداری دوربین نباید از فرکانس طبیعی پدیده مورد مطالعه کمتر باشد. بنابراین با شناسایی فرکانس پدیده مورد مطالعه، باید سرعت تصویربرداری مناسب انتخاب شود. از طرف دیگر هر چه سرعت جریان عبوری بیشتر باشد، در الگوریتم محاسبه بردار سرعت در روش PIV، جستجو برای پیدا کردن دسته ذرات متناسب در عکس های متوالی باید در سطح بزرگتری صورت گیرد که در این شرایط حجم عملیات محاسباتی به شدت افزایش می یابد. برای کاهش محاسبات در سرعت جریان بالا، بایستی سرعت برداشت تصویر زیاد شود تا پنجره جستجو کوچکتر و میزان محاسبات کمتر گردد. از سوی دیگر اگر سرعت جریان نسبت به سرعت تصویربرداری دوربین بسیار کم باشد، به طوری که بین هر دو عکس متوالی، کمتر از یک پیکسل جابه جایی صورت گیرد، باید سرعت برداشت تصویر کاهش یابد. بنابراین سرعت تصویربرداری جریان باید متناسب با سرعت جریان و فرکانس پدیده مورد بررسی انتخاب شود.

از جمله پارامتر مهم دیگر در تعیین مشخصات دوربین مدت زمان نورگیری (مدت باز بودن دیافراگم) می باشد که با توجه به حساسیت آزمایش ها انتخاب می شود. اگر سرعت ذرات ردیاب شناور در جریان زیاد و زمان نورگیری مقدار بزرگی باشد، تصویر کشیده شده و یک نقطه به صورت خط دیده می شود. در این حالت باید زمان نورگیری را کاهش داد.

1	Resolution	3	7
1	Frame rate	3	8
1	Raw	3	9
1	Shutter speed	4	0
1	Exposure Time	4	1

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



با کاهش زمان نورگیری، جابجایی ذره در بازه زمانی موردنظر کاهش می یابد. لازم به ذکر است که زمان نورگیری و سرعت تصویربرداری دوربین مستقل از هم نبوده و مدت زمان نورگیری از فاصله زمانی بین دو عکس متوالی کوچکتر است.

دوربین مورد استفاده در دستگاه PIV ساخته شده مدل FS700 ساخت شرکت سونی می باشد. این دوربین توان فیلمبرداری با حالت های Slow Motion, Slow and Quick (S&Q), Super Slow Motion و RAW با وضوح تصویر 2K (2048x1080 پیکسل) و 4K (4096x2160 پیکسل) را داراست. در صورت استفاده از کارت حافظه معمولی مثل SD card می توان همه حالت های فیلمبرداری به غیر از حالت RAW را با مدت زمان محدود (6-12 ثانیه) ذخیره سازی کرد. در صورت استفاده از رابط NEX-IRF5، یک دستگاه ضبط کننده AXS-R5 و یک کارت حافظه AXS، می توان زمان فیلم برداری دوربین را بطور قابل توجهی افزایش داد و همچنین فیلم برداری با حالت RAW انجام داد. نمایی از دوربین مورد استفاده به همراه ضبط کننده AXS-R5 و رابط NEX-IRF5 در شکل 4-الف و کارت حافظه AXS در شکل 4-ب نمایش داده شده است. در حقیقت تفاوت کارت حافظه ها در نحوه ذخیره سازی داده ها، سرعت ذخیره سازی آن ها و متراکم کردن داده ها می باشد. در حقیقت در حالت RAW هیچگونه کاهش کیفیت در ذخیره سازی داده های هر پیکسل صورت نمی گیرد.



(ب)



(الف)

و (ب) کارت AXS-R5 و دستگاه ضبط کننده NEX-IRF5 شرکت سونی به همراه رابط FS700 شکل 4. الف) دوربین مدل همرا با دستگاه کارت خوان AXS-A512S24 حافظه

به منظور انتخاب حالت مناسب تصویربرداری، تصاویر در دو حالت RAW و Slow & Quick (S&Q) با وضوح 2K با فرکانس 240 فریم بر ثانیه در اطراف پوشش گیاهی برداشت و با یکدیگر مقایسه شد. در شکل 5-الف برداشت صفحه افقی در اطراف پوشش گیاهی با حالت RAW و در شکل 5-ب و ج همان صفحه با حالت برداشت S&Q با ابعاد پنجره های کاوش مختلف نمایش داده شده است. با توجه به شکل 5 مشخص است که در حالت S&Q، بی نظمی شدیدی در بردارهای سرعت بخصوص در نواحی با میزان آشفتگی بالا (پایین دست پوشش گیاهی) مشاهده می شود. این بی نظمی در بردارهای



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

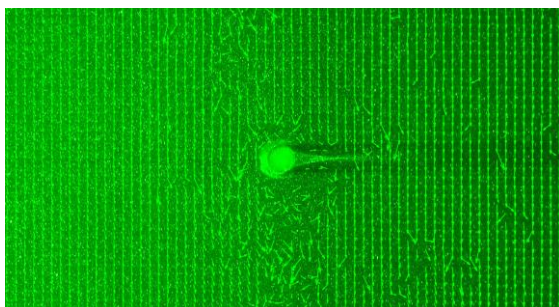
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

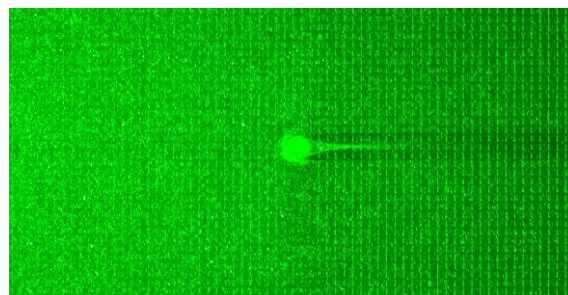
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



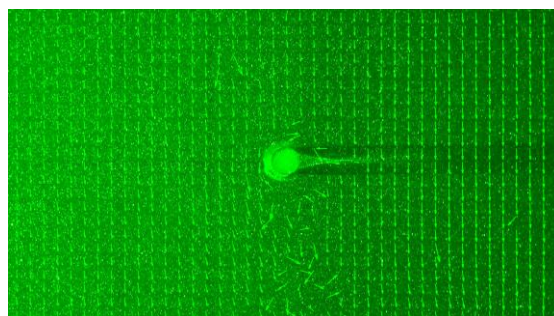
سرعت حتی با افزایش ابعاد پنجره کاوش (افزایش فاصله بردارهای سرعت) در نواحی با شدت آشفتگی بالا (پایین دست پوشش گیاهی) از بین نمی رود. بنابراین برای بدست آوردن داده های با کیفیت، تراکم و دقت بالا استفاده از فیلم برداری حالت RAW ضروری می باشد.



(ب)



(الف)



(ج)

شکل ۵. نمونه ای از بردارهای به دست آمده از دستگاه PIV در حالت فیلم برداری الف: RAW با پنجره کاوش  $120 \times 60 \times 60$ ، ب:

S&Q با پنجره کاوش  $120 \times 60 \times 60$  و ج: S&Q با پنجره کاوش  $180 \times 90 \times 90$

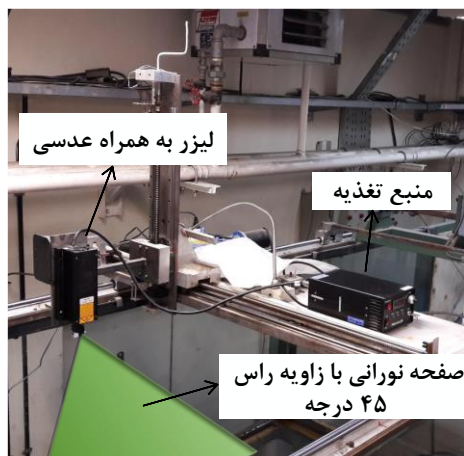
۲-۳ منبع نور

برای برداشت عکس های با کیفیت مناسب، باید یک صفحه با ضخامت کم از سیال را روشن و از ذرات موجود در آن صفحه تصویربرداری نمود. بهترین روش تولید نور با شدت مناسب و یکنواخت، استفاده از نور لیزر است [۱۱]. برای انتخاب نوع لیزر و لنز استوانه ای باید توان، فرکانس قطع و وصل (پالسی یا پیوسته بودن)، رنگ و ضخامت صفحه نورانی را تعیین کرد. توان لیزر را می بایست بر اساس نوع کاربرد و همچنین میزان خطر آن برای چشم و بدن انسان انتخاب



نمود. در شرایطی که نیاز به نور لیزر با شدت بالا باشد، لیزر پالسی آئنااسب تر است. اما برای تامین نور لیزر با شدت های کم و متوسط، نیازی به استفاده از لیزرهای پالسی (با تجهیزات ذخیره انرژی و تنظیمات زمانی لیزر) نبوده و در این حالت می توان از یک لیزر پیوسته  $4\text{W}$  بهره برد. حساسیت دوربین ها به رنگ سبز نسبت به دیگر رنگ ها بیشتر است (مشابه عملکرد چشم). بنابراین بهتر است لیزر با نور سبز استفاده شود تا با توان کمتر، تصویربرداری با کیفیت بالا قابل انجام باشد. همچنین برای جلوگیری از تغییر شدت نور لیزر در طی آزمایش می بایست از لیزر حالت جامد  $4\text{W}$  استفاده نمود.

در دستگاه PIV مورد استفاده در تحقیق حاضر برای روشن کردن صفحه مورد نظر از دستگاه تولیدکننده لیزر حالت جامد و با موج پیوسته مدل MGL-N-532 از شرکت CNI چین استفاده شده است. این لیزر دارای توان قابل تنظیم از صفر تا  $2/15\text{W}$  و نور سبز رنگ پیوسته با طول موج  $532\text{nm}$  نانومتر شلیک می کند. همچنین در انتهای لیزر یک عدسی وجود دارد که نور لیزر را به یک صفحه با زاویه راس  $45^\circ$  درجه تبدیل می کند در شکل ۶ نمایی از لیزر مورد استفاده در تحقیق حاضر نمایش داده شده است.



شکل ۶. لیزر موج پیوسته شرکت CNI با نور سبزرنگ و با زاویه راس  $45^\circ$  درجه

### ۳-۳ ذرات ردیاب

ذراتی که در سرعت سنجی تصویری به عنوان ردیاب مورد استفاده قرار می گیرند، باید دارای خاصیت انعکاس نور کافی، چگالی نزدیک به چگالی سیال، غیرچسبنده، غیرفرسایشی و از لحاظ شیمیایی خنثی باشند. به طور کلی ذرات باید به اندازه کافی کوچک

<sup>1</sup> Pulsed Laser	4	2
<sup>1</sup> continuous Laser	4	3
<sup>1</sup> Solid State	4	4



باشند که باعث تغییر در جریان نشده و همراه با سیال حرکت کنند. از طرف دیگر ذرات می بایست آنقدر بزرگ باشند که نور را بازتاب داده و در تصویر رویت شوند. به طور معمول برای تعیین هر بردار سرعت حدود ۱۰ ذره در پنجره کاوش لازم است [۱۲]. ذرات جامد مانند پلی استر یا شیشه (با قطر بین ۱۰ تا ۱۰۰ میکرون)، پودر آلومینیوم (با قطر بین ۲ تا ۷ میکرون)، گرانول (با قطر بین ۱۰ تا ۵۰۰ میکرون) یا ذرات مایع از جنس روغن های مختلف (با قطر بین ۵۰ تا ۵۰۰ میکرون) و یا گاز مانند حباب های اکسیژن (با قطر بین ۵۰ تا ۱۰۰۰ میکرون) در سرعت سنجی مایعات استفاده می شوند. ذرات ردیاب جامد معمولاً به سختی پراکنده می شوند و تمایل به تجمع کنار هم دارند. برای حل این مشکل می توان از افزودنی های جداکننده ذرات مانند مواد دترجنت استفاده نمود. ابعاد ذرات ردیاب باید به گونه ای انتخاب شوند که زمان پاسخ ذره کوچک تر از کوچکترین مقیاس زمانی جریان باشد. برای کنترل این موضوع، عدد استوکس ذرات ( $Stk$ ) به صورت زیر تعریف می شود [۱۱]:

$$Stk = \frac{t_p}{t_k} \quad \text{معادله ۱}$$

که در آن  $t_k$  مقیاس زمانی کولموگرو و  $t_p$  مقیاس زمانی ذره می باشند که به صورت زیر محاسبه می شوند:

$$t_k = \sqrt{\frac{v}{\varepsilon}} \quad \text{معادله ۲}$$

$$t_p = \frac{\rho_p}{\rho_f} \frac{d_p^2}{18 \nu} \quad \text{معادله ۳}$$

که در آن  $\nu$  لزجت سینماتیکی سیال،  $\varepsilon$  نرخ اتلاف انرژی آشفتگی،  $\rho_p$  چگالی ذرات،  $\rho_f$  چگالی سیال و  $d_p$  قطر ذرات هستند. برای بیشتر جریان ها مقدار نرخ اتلاف انرژی با دقت مناسب قابل پیش بینی نیست. بر اساس تجربه و بسته به سرعت متوسط جریان، می توان بیشینه مقدار بسامد نوسانات آشفتگی که متناسب با  $\frac{1}{t_k}$  است، را بین  $10^{-3}$  تا  $10^{-6}$  هر تیز در نظر گرفت. هرچه عدد استوکس کوچک تر باشد، دقت ردیابی ذرات بیشتر است. برای  $Stk \gg 1$  با کاهش ناگهانی سرعت، ذرات ردیاب از مسیر جریان منحرف می شوند. برای  $Stk \ll 1$  ذرات بسیار نزدیک خطوط جریان حرکت می کنند و اگر  $Stk \ll 0.1$  باشد، خطای ردیابی کمتر از ۱ درصد خواهد بود [۱۳].

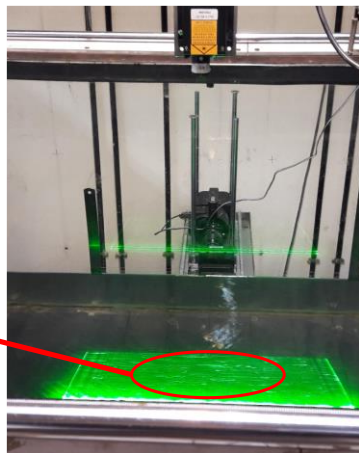
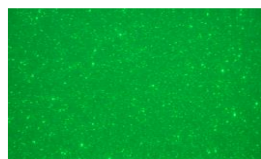
نوع ذرات بکار رفته در تحقیق حاضر از نوعی ماده رزینی بنام پلیولایت با ابعاد ۳۰۰ تا ۶۰۰ میکرومتر می باشد. این ماده با چگالی ۱/۰۳ گرم در سانتیمتر مکعب و بازتاب خوب نور لیزر، شرایط مناسب برای استفاده به عنوان ذرات ردیاب در روش سرعت سنجی تصویری را دارد. در شکل ۷ ذرات پلیولایت قبل از اضافه شدن به جریان و در حین انجام آزمایش ها نشان داده شده است. عدد استوکس ذرات پلیولایت در تحقیق حاضر در حدود  $Stk \ll 0.01$  می باشد که نشان از خطای ردیابی بسیار پایین این ذرات

<sup>1</sup> Pliolite





می باشد. ذرات پلاویلایت توسط پژوهشگران دیگر مانند ژانگ و نف (۲۰۱۱) نیز در روش سرعت سنجی تصویری ذرات استفاده شده است [۱۴].



شکل ۷. ذرات پلاویلایت و بازتاب نور لیزر در حین انجام آزمایشها

### ۳-۴ پردازش تصاویر

برای پردازش تصاویر، دو عکس متوالی با هم مقایسه شده و حرکت ذرات مورد بررسی قرار می گیرد. در روش PIV به جای ردیابی تک تک ذرات (روش لاگرانژی)، حرکت یک دسته از ذرات بررسی می شود (روش اولری). در این روش عکس ها به ماتریس هایی از اعداد تبدیل می شوند که هر پیکسل از تصویر دارای یک عدد شدت نور در ماتریس مورد نظر است.

در روش PIV تصاویر به نواحی کوچکی به نام سطوح کاوش<sup>۱۲</sup> تقسیم می شوند [۱۲]. برای یافتن بردارهای سرعت در دو تصویر متوالی باید به دنبال دسته ذرات مشابه در دو تصویر بود. برای این منظور از رابطه همبستگی استفاده می شود. برای انجام این کار نیازی به جستجوی کل عکس دوم نیست، بلکه یک ماتریس بزرگتر به نام ماتریس جستجو<sup>۱۳</sup> اطراف ماتریس کاوش تعریف می شود و جستجو در آن انجام می گیرد. لذا در ماتریس عکس دوم ماتریسی جستجو می شود که بیشترین همبستگی را با پنجره کاوش در عکس اول داشته باشد. در نهایت براساس فاصله بین مراکز دو ماتریس و مدت زمان تصویربرداری دو تصویر متوالی، بردار سرعت نقطه مرکزی ماتریس اول محاسبه می شود.

<sup>1</sup> Interrogation Areas

4

6

<sup>1</sup> Search Window

4

7



انتخاب ابعاد بزرگ سطوح کاوش موجب افزایش فاصله بردارهای سرعت<sup>۱۴</sup> از دست رفتن اطلاعات جریان شده و انتخاب ابعاد کوچک سطوح کاوش موجب بروز خطا خواهد شد. زیرا در سطوح کوچک، تعداد ذرات کمتر بوده و الگوی ذرات ممکن است به راحتی تکرار شود. کوچک شدن بیش از حد پنجره جستجو باعث می شود که ذرات از آن خارج شده و نتوان الگوی ذرات را در تصویر دوم پیدا نمود. از سوی دیگر در صورت بزرگ بودن پنجره جستجو، اندازه محاسبات به شدت افزایش می یابد.

پردازش و تحلیل تصاویر در تحقیق حاضر با استفاده از نرم افزار پی آی وی لب (PIV Lab) انجام شد [۱۵]. با انتخاب سطوح کاوش به ابعاد ۶۰×۶۰ پیکسل و ماتریس جستجو به ابعاد ۱۲۰ پیکسل، فاصله بردارهای سرعت بدست آمده در هر یک از صفحه های اندازه گیری حدود ۳ میلی متر می باشد.

#### بررسی عملکرد دستگاه سرعت سنج PIV ساخته شده

عملکرد دستگاه PIV حاضر ابتدا توسط نبی پور و همکاران (۱۳۹۶) مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس گزارش ایشان برای پارامتر  $u^+ = u/u_{*b}$  سرعت برشی کف می باشد، اختلاف میانگین داده های اندازه گیری از مقادیر تئوری برابر ۰/۰۵ و جذر میانگین مربعات خطا<sup>۱۶</sup> برابر ۰/۰۹ می باشد. ایشان با توجه به مقادیر ناچیز خطا نتیجه گرفتند دستگاه PIV در تحقیق حاضر در اندازه گیری سرعت طولی دارای دقت مناسبی است [۱۶].

علاوه بر این به منظور بررسی عملکرد دستگاه PIV در برداشت سرعت طولی و شدت آشفتگی جریان در اطراف مانع، برداشت سرعت با استفاده از این دستگاه در صفحه افقی در میانه عمق جریان با حضور پوشش گیاهی (مانع) صورت گرفت و با نتایج محققین قبلی در محدوده رینولدز مطالعه حاضر مقایسه شد. لورنسو و همکاران (۱۹۹۳) و اوانجی و همکاران (۱۹۹۶) ساختار جریان در میانه عمق را در اطراف سیلندر استوانه ای با رینولدز در مقیاس ساقه برابر با Red=3900 با استفاده از PIV و سیم داغ در یک صفحه افقی بررسی کرده اند [۱۷، ۱۸]. با توجه به اینکه رینولدز در مقیاس ساقه در تحقیق حاضر (Red=3600) با مقدار رینولدز مطالعات لورنسو و همکاران (۱۹۹۳) و اوانجی و همکاران (۱۹۹۶) در یک محدوده قرار دارد بنابراین ساختار گردابه ها در آن ها مشابه خواهد بود [۱۹].

پروفیل عرضی سرعت طولی در ناحیه دنباله در پایین دست پوشش گیاهی با نتایج آزمایشگاهی لورنسو و همکاران (۱۹۹۳) مقایسه شده و در شکل ۸-الف نمایش داده شده است. مقایسه پروفیل های سرعت طولی در این شکل نشان می دهد که داده های اندازه گیری شده با دستگاه PIV مشابه نتایج محققین قبلی بوده و حتی در برآورد طول ناحیه

<sup>1</sup> Spatial Resolution

4

8

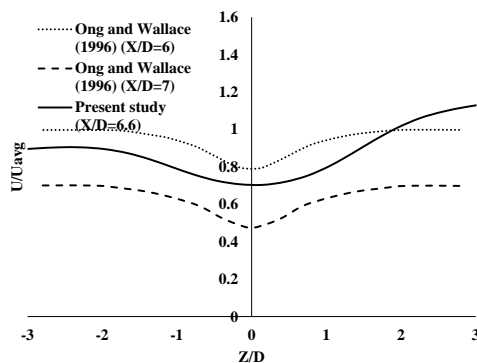
<sup>1</sup> RMSE

4

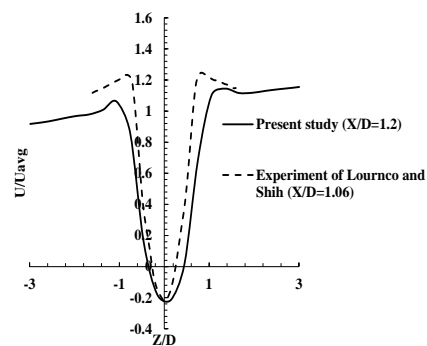
9



چرخشی در پایین دست پوشش گیاهی دارای اختلاف اندکی می باشند. علاوه بر این پروفیل عرضی سرعت طولی در خارج از ناحیه دنباله در پایین دست پوشش گیاهی با نتایج اوانجی و همکاران (۱۹۹۶) مقایسه شده و در شکل ۸-ب نمایش داده شده است. همانطور که مشخص است نتایج تحقیق حاضر در  $X/D=6.6$  در بین نتایج اوانجی و همکاران (۱۹۹۶) در محدوده  $X/D=6$  و  $X/D=7$  قرار دارد که نشان از دقت بالای دستگاه حاضر می باشد. دلیل اختلاف منحنی ها در شکل مذکور بخصوص در ناحیه  $Z/D > 2$  به نوع متفاوت کانال در تحقیق حاضر (کانال مرکب) و مطالعه اوانجی و همکاران (۱۹۹۶) (کانال ساده) بازمی گردد که بحث درباره آن خارج از اهداف تحقیق حاضر می باشد.

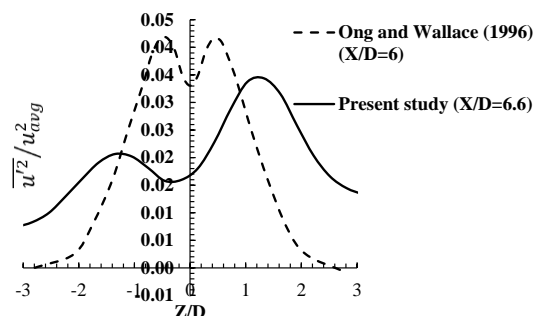


(ب)



(الف)

شکل ۸. مقایسه نتایج تحقیق حاضر با نتایج سایر محققین در میانه عمق جریان علاوه بر این منحنی شدت آشفتگی طولی در پشت پوشش گیاهی در تحقیق حاضر با نتایج آزمایشگاهی اوانجی و همکاران (۱۹۹۶) مقایسه شده و در شکل ۹ نمایش داده شده است. با توجه به شکل مشخص است منحنی شدت آشفتگی در مطالعه حاضر الگویی مشابه به مطالعه قبلی دارد و PIV حاضر در برآورد نقاط اوج شدت آشفتگی به درستی عمل می کند. دلیل نقاط اوج نامتقارن به نوع کانال در در تحقیق حاضر مرتبط است که خارج از اهداف مطالعه حاضر می باشد.



شکل ۹. مقایسه شدت آشفتگی طولی بدون بعد در تحقیق حاضر با مطالعه اوانجی و همکاران (۱۹۹۶)





## ۱۶- نتیجه گیری

امروزه با پیشرفت تجهیزات اپتیکی، استفاده از دستگاه های اندازه گیری میدان جریان مبتنی بر پردازش تصاویر رو به گسترش می باشد. دستگاه سرعت سنج تصویری ذرات به دلیل خروجی منظم و متراکم یکی از رایج ترین و موفق ترین این ابزار در اندازه گیری میدان جریان می باشد. مطالعه حاضر به بررسی عوامل موثر بر کیفیت داده های آزمایشگاهی حاصل از این دستگاه می پردازد. در این تحقیق حالت های مختلف تصویربرداری و پارامترهای دخیل در پردازش تصاویر بررسی شده و با استفاده از دستگاه PIV میدان جریان در اطراف یک مانع (پوشش گیاهی) در کانال مرکب اندازه گیری شد. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که تصویربرداری در حالت S&Q مناسب برای PIV نبوده و حتی با بزرگتر کردن ابعاد پنجره کاوش بی نظمی در بردارهای سرعت در نواحی با شدت آشفتگی بالا مشاهده می شود. بنابراین توصیه می شود برای اندازه گیری میدان جریان با استفاده از PIV، تصاویر به صورت RAW برداشت شود. همچنین مقایسه نتایج حاصل از PIV در پایین دست یک مانع با نتایج محققین قبلی نشان داد که داده های اندازه گیری شده با این دستگاه دارای دقت مناسبی بوده و در برآورد طول ناحیه چرخشی و همچنین برآورد شدت آشفتگی عملکرد مطلوبی دارد.

## منابع

1. Chanson, H., *Acoustic Doppler velocimetry (ADV) in the field and in laboratory: practical experiences*. 2008.
2. Golpira, A., A. Baki, and A.H. Azimi, *Effects of sampling configurations of acoustic Doppler velocimeter (ADV) on turbulence measurements around large roughness elements*. Acta Geophysica, 2022; p. 1-17.
3. Safarzadeh, A., S.A.A. Salehi Neyshabouri, and A.R. Zarrati, *Experimental investigation on 3D turbulent flow around straight and T-shaped groynes in a flat bed channel*. Journal of Hydraulic Engineering, 2016. **142**(8): p. 04016021.
4. Kraus, N.C., A. Lohrmann, and R. Cabrera, *New acoustic meter for measuring 3D laboratory flows*. Journal of Hydraulic Engineering, 1994. **120**(3): p. 406-412.
5. AS, N., *Vectorino Velocimeter User Guide*. 2004.
6. Wahl, T.L., *Discussion of "Despiking acoustic doppler velocimeter data" by Derek G. Goring and Vladimir I. Nikora*. Journal of Hydraulic Engineering, 2003. **129**(6): p. 484-487.
7. Hurther, D. and U. Lemmin, *A correction method for turbulence measurements with a 3D acoustic Doppler velocity profiler*. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2001. **18**(3): p. 446-458.
8. Voulgaris, G. and J.H. Trowbridge, *Evaluation of the acoustic Doppler velocimeter (ADV) for turbulence measurements*. Journal of atmospheric and oceanic technology, 1998. **15**(1): p. 272-289.
9. Nabipour, M., et al., *Experimental study of side looking ADV probe accuracy in a turbulent flow field*. Modares Mechanical Engineering, 2018. **18**(1): p. 406-412.
10. در میدان جریان آشفته در کانال مرکب. (ADV) فیزیکی دستگاه سرعت سنج صوتی جانب نگر بررسی اثر حضور. صادقی دودران et al., (12) مهندسی مکانیک مدرس, 2019. **19**: p. 2945-2953.
11. Nabipour, M., et al., *Study on turbulent flow in a compound channel with shallow overbank using Particle Image Velocimetry*. Modares Mechanical Engineering, 2017. **17**(8): p. 164-172.
12. Raffel, M., C.E. Willert, and J. Kompenhans, *Particle image velocimetry: a practical guide*. Vol. 2. 1998: Springer.
13. Tofighi, M.A., *Effect of aquatic plants on hydrodynamic and dispersion in the wave motion*, in *Civil Engineering*. 2013, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

14. Zhang, X. and H.M. Nepf, *Exchange flow between open water and floating vegetation*. Environmental Fluid Mechanics, 2011. **11**(5): p. 531-546.
15. Thielicke, W. and E. Stamhuis, *PIVlab—towards user-friendly, affordable and accurate digital particle image velocimetry in MATLAB*. Journal of open research software, 2014. **2**(1).
16. Nabipour, M., *Experimental study of bed particle motion affected by turbulence structures in rectangular shallow compound channel*, in *Civil Engineering*. 2018, Tarbiat Modares University.
17. Lourenco, L., *Characteristics of the plane turbulent near wake of a circular cylinder*. A particle image velocimetry study, 1993.
18. Ong, L. and J. Wallace, *The velocity field of the turbulent very near wake of a circular cylinder*. Experiments in fluids, 1996. **20**(6): p. 441-453.
19. Kravchenko, A.G. and P. Moin, *Numerical studies of flow over a circular cylinder at  $Re D= 3900$* . Physics of fluids, 2000. **12**(2): p. 403-417.



## ارزیابی رفتار ابرخازنی با استفاده از تکنیک الکتروشیمیایی

رها هادی<sup>۱\*</sup>، حسین هادی<sup>۲</sup>، مهدی خدائی<sup>۳</sup>، علی همزنگ<sup>۳</sup>

۱. دکتری شیمی آلی دانشگاه محقق اردبیلی، [raha.ha.90@gmail.com](mailto:raha.ha.90@gmail.com)

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه محقق اردبیلی

۳. دانشجوی کارشناسی شیمی کاربردی دانشگاه محقق اردبیلی

### چکیده

در ۲۵ سال آینده، تقاضای انرژی با افزایش مداوم مصرف سوخت های فسیلی به حداقل ۳۵٪ بیش از مقدار مصرف کنونی خواهد رسید. این مسئله فشارهای زیادی را بر منابع انرژی های تجدیدناپذیر وارد می کند و به میزان زیادی آب و هوای زمین را تحت تأثیر قرار می دهد. سیستم های ذخیره سازی انرژی الکتریکی کاربرد گسترده ژنراتورهای انرژی تجدیدناپذیر (باد و موج دریا) را ممکن می سازد. باتری های لیتیومی-یونی (Lithium-ion battery) و ابرخازن ها (Supercapacitor) با چگالی انرژی و توان بالا، قابلیت جابه جایی و چرخه عمر (Cycling life) مطلوب، هسته های تکنولوژی آینده هستند. در نتیجه امروزه رشد و پیشرفت چشمگیری در سیستم های ذخیره انرژی در قالب افزایش دانسیته توان و دانسیته انرژی سیستم های ذخیره انرژی اتفاق افتاده است. تولید توان از منابع انرژی تجدید پذیر جدید شامل خورشید، باد و ژئوترمال به دلیل نوسانات زیاد در الکتربسیستیه تولیدی همیشه با چالش هایی روبه رو بوده است. پمپ هیدرو، ذخیره انرژی مغناطیسی ابررسانا، ذخیره هیدروژن و ذخیره انرژی الکتروشیمیایی راه حل های پیشنهادی جایگزین و یا رقابتی برای ذخیره انرژی می باشند. از میان آنها، لوازم ذخیره سازی انرژی الکتروشیمیایی از جمله باتری ها، خازن های معمولی و خازن های الکتروشیمیایی امروزه جزو تکنولوژی های ذخیره انرژی الکتریکی پیشتاز هستند. جهت مطالعه رفتار ابرخازنی، می توان از آزمون الکتروشیمیایی استفاده کرد که در این مقاله مختصراً توضیح داده شده است.

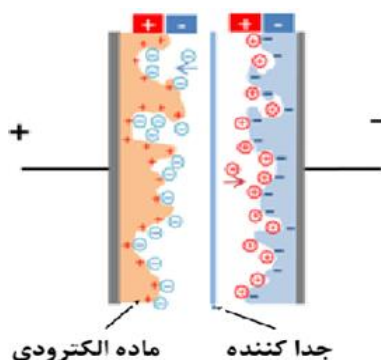
کلمات کلیدی: ابرخازن-الکتروشیمیایی-ولتامتری چرخه ای-شارژ-دشارژ-امپدانس الکتروشیمیایی





## مقدمه

به دلیل توان پایین باطری ها و پیل های سوختی و نیاز مبرم به سیستم های ذخیره انرژی با توان بالا توجه بیشتری به ابرخازن ها اختصاص داده شد. ساختار ابرخازن ها در شکل زیر نشان داده شده است (شکل ۱).



شکل ۱. شماتیک ابرخازن

مشابه با ساختار ساندویچی خازن ها، ابرخازن ها از دو الکتروود بسیار متخلخل ساخته شده اند. این دو الکتروود در یک الکتروولیت فرو برده می شوند و توسط یک غشای دی الکتریک که به آنها اجازه عبور می دهد، جدا می شوند. وقتی یک میدان الکتریکی خارجی به این وسیله اعمال می شود، بارهای مثبت و منفی روی سطح دو الکتروود جمع می شوند. به دلیل جاذبه بین بارهای مخالف، یون ها در محلول الکتروولیت از یک جداکننده عبور می کنند و به داخل حفرات الکتروودها می رسند. الکتروودها به گونه ای مهندسی شده اند که از باز ترکیب بار آنها جلوگیری می شود. از طرفی یک لایه دوگانه بار در هر الکتروود تشکیل می شود. برای دستیابی به دانسیته انرژی و ظرفیت بالاتر، مواد متخلخل با مساحت سطح بیشتر و فاصله کمتر بین الکتروودها در ابرخازن ها مطلوب هستند. با پیروی از همان اصول خازن ها، ابرخازن ها از الکتروودهایی با مساحت سطح بالا و غشای نازک به عنوان لایه دی الکتریک استفاده می کنند. در نتیجه ظرفیت به طور قابل توجهی بهبود می یابد. به علاوه با مقاومت سری معادل پایین که با خازن های معمولی قابل مقایسه است، آن ها می توانند دانسیته توان بسیار بالایی را نگه دارند. [۱] عملکرد ابرخازن ها به میزان زیادی بستگی به عوامل زیر دارد:

- پایداری بالای چرخه الکتروشیمیایی
- شارژ - دشارژ سریع

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### • نرخ خود تخلیه پایین

#### ۱۷- انواع ابرخازن

به طور کلی ابرخازن ها بر اساس نحوه ذخیره بار به ابرخازن های لایه دوگانه الکتروشیمیایی، ابرخازن های فارادایی و ابرخازن های هیبریدی تقسیم می شوند [۲-۳].

#### ۲-۱ اجزای ابرخازن

به طور کل یک ابرخازن شامل الکتروود، الکترولیت و جداکننده می باشد.

#### مواد الکتروودی

ویژگی های الکتریکی یک ابرخازن به وسیله انتخاب مواد الکتروودی تعیین می گردد. ذخیره بار به صورت ذخیره در لایه دوگانه یک مکانیزم سطحی می باشد و ویژگی های سطحی مواد الکتروودی تأثیر بسیار زیادی بر روی ظرفیت ایجاد می کند. بسیاری از موادی که برای الکتروود استفاده می شوند شامل کربن، اکسیدهای فلزی و پلیمرهای هادی و هیبریدها می باشد. [۴]

#### الکترولیت ها

انتخاب الکترولیت در ابرخازن های لایه دوگانه الکتروشیمیایی برای انتخاب مواد الکتروودی بسیار مهم می باشد. پتانسیل سل در ابرخازن ها به ولتاژ شکست الکترولیت ها و همچنین به دانسیته انرژی وابسته می باشد. دانسیته توان نیز به مقاومت سری معادل وابسته است که آن نیز به هدایت الکتریکی الکترولیت وابسته می باشد. به طور کل دو نوع الکترولیت در ابرخازن های لایه دوگانه الکتروشیمیایی به کار برده می شود: الکترولیت های آلی و آبی. [۵-۶] الکترولیت های معمول مورد استفاده در ابرخازن های تجاری معمولاً از الکترولیت های آلی استفاده می کنند. در سل هایی که از الکترولیت های آلی استفاده می کنند، معمولاً ولتاژ کاری در حدود ۲/۵ ولت می باشد. مقاومت الکترولیت های آلی تقریباً بالا می باشد که سبب محدود کردن دانسیته توان سل می شود. الکترولیت های آبی دارای بازه پتانسیل پایین، در حدود یک ولت هستند. اما هدایت بهتری نسبت به الکترولیت های آلی دارند. ظرفیت ابرخازن های لایه دوگانه الکتروشیمیایی به شدت به انتخاب الکترولیت وابسته است. [۶،۷]

#### جدا کننده ها

جدا کننده ها نقش اتصال الکتریکی بین دو الکتروود را برقرار می کنند و همچنین اجازه عبور یون ها را که سبب انتقال بار می شود، می دهند. [۶]



### ۳- کاربردهای ابرخازن

نیاز به منابع انرژی جایگزین یکی از مهمترین چالش های رودررو با علم و تکنولوژی در قرن بیست و یکم می باشد تولید و استفاده از انرژی پایدار دوستدار محیط زیست و بازدهی بالا یکی از مهمترین مسائل در کل دنیا می باشد. کاربردهای قابل حمل، ثابت و حمل و نقل از جمله کاربردهایی هستند که نیاز به سطح بالایی از انرژی را دارند. دستگاه های ذخیره سازی و تبدیل انرژی الکتروشیمیایی نظیر باتری ها، سلول های سوختی و ابرخازن ها به عنوان منابع ضروری برای تامین انرژی جایگزین هستند در میان پیشرفت وسایل ذخیره سازی و تبدیل انرژی الکتروشیمیایی ابرخازن ها به عنوان دستگاه های تکمیلی امکان پذیر شناخته می شوند. آنها دسته جدیدی در میان سایر تکنولوژی های ذخیره سازی انرژی هستند.

برای بررسی خواص الکتروشیمیایی و ابرخازنی مواد مورد مطالعه، از آنالیزهای ولتامتری چرخه ای (CV)، شارژ-دشارژ گالوانواستاتیک در جریان ثابت (GCD) و آنالیز اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) استفاده می شود. بدین منظور، سیستم های سه الکترودی و سل دو الکترودی به کار برده می شود.

#### ۳-۱ روش ولتامتری چرخه ای (CV)

ولتامتری چرخه ای یک ابزار مهم الکتروشیمیایی است که برای مطالعه خاصیت الکتروفعال بودن مواد مناسب است. در این روش پتانسیل پیمایشی شکل مثلثی به خود می گیرد، یعنی ابتدا پتانسیل به طور خطی از  $E_1$  به  $E_2$  افزایش می یابد و سپس با همان سرعت به نقطه آغازی  $E_1$  کاهش داده می شود. در حین پیمایش پتانسیل، جریان های متناظر با آن ثبت می گردد. از رسم شدت جریان بر حسب پتانسیل، منحنی ولتامتری چرخه ای یا ولتاگرام چرخه ای حاصل می گردد. به دلیل اعمال یک روبش مستقیم به الکتروود کار در ابتدا و سپس اعمال روبش در جهت مخالف این تکنیک را ولتامتری چرخه ای نامگذاری کرده اند. اگر سرعت روبش پتانسیل به اندازه کافی زیاد باشد، ابتدا جریان تا حدی زیاد شده و سپس افت جریان مشاهده می شود. این افت جریان به این دلیل رخ می دهد که سرعت واکنش الکتروود خیلی بیشتر از سرعت انتشار گونه به سطح الکتروود می باشد، بنابراین نمودارهای موجی شکل دارای ماکسیمم جریان با این تکنیک حاصل می آید. پس از اعمال روبش معکوس پتانسیل در صورتی که گونه مورد بررسی دارای واکنش اکسایش-کاهش برگشت پذیر باشد، شدت جریانی در جهت عکس روبش مستقیم به دست خواهد آمد [۸].

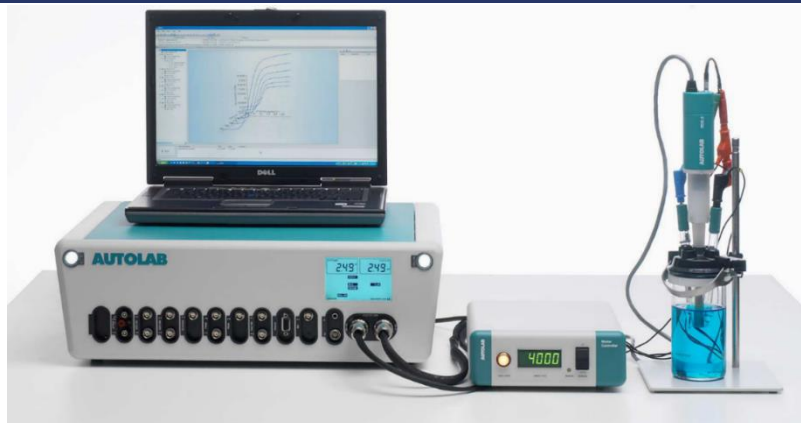


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲. دستگاه اتولاب برای آنالیزهای الکتروشیمیایی

### ۲-۳ طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS)

طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی یکی از مهمترین روش های مطالعه سیستم های الکتروشیمیایی، از جمله ابرخازن-ها می باشد.

EIS مقاومت های سلول در لایه فصل مشترک الکترولیت و الکتروود و فرآیند نفوذ بار اندازه گیری می کند. اندازه گیری های EIS معمولاً در سیستم سه الکترودی انجام می شود.

یک سلول الکتروشیمیایی شامل اجزای مداری مختلف است. بنابراین، استفاده از مفهوم امپدانس برای سیستم الکتروشیمیایی، بسیار دقیق تر و مهمتر است. امپدانس، مفهوم مقاومت در مدارهای AC را توسعه می دهد و برخلاف مقاومت که فقط دارای اندازه است، دارای اندازه و فاز می باشد

### نمودارهای Nyquist و Bode

نمودار بُد یکی از پرکاربردترین نمودارها در انواع رشته ها است. در این نمودار محور عمودی "لوگاریتم اندازه ی امپدانس" و یا "فاز امپدانس" بوده و محور افقی نیز لوگاریتم فرکانس را نشان می دهد. مزایای نمودار بُد مشاهده لبه فاز است، که در آن سیستم ناپایدار می شود. بنابراین، برای مطالعه سنسورها، فیلترها، ترانزیستورها در قطعات الکترونیکی بسیار مفید است.

نمودار قسمت موهومی امپدانس نسبت به قسمت حقیقی آن، که در فرکانس های مختلف اندازه گیری شده باشند، در منابع مختلف به نام نمودار نایکوئیست Nyquist شناخته می شود. این نمودار برای تشخیص پایداری سیستم های دارای

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

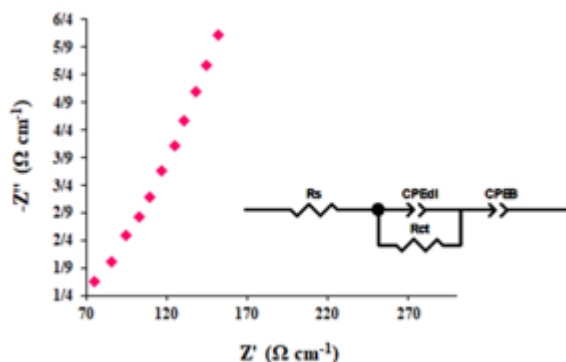


فیدبک مناسب است. در بین این دو نوع نمایش، نمودار نایکوئیست به علت راحتی تجزیه و تحلیل مکانیسم واکنش فعال غالباً در بررسی رفتار ابرخازنی مورد استفاده قرار می گیرد.

### مدار امیدانسی

مدل مداری برای EIS شامل عناصر مدار الکتریکی مانند مقاومت ها (R)، خازن ها (C) و ظرفیت خازن (CPE) می باشد. یک مدل مدار بهینه از نظر فیزیکی باید معنی دار باشد و تعداد متغیرها را به حداقل برساند.

با رسم بخش حقیقی امیدانس ( $Z'$ ) در راستای محور X و بخش موهومی ( $Z''$ ) آن در راستای محور Y نمودار نایکوئیست حاصل می شود. اولین نقطه بر روی محور X مقدار مقاومت ESR را نشان می دهد که این مقاومت به عوامل مختلفی از جمله مقاومت داخلی الکتروود، مقاومت سطحی و مقاومت الکتروولیت وابسته است. همچنین دیگر پارامترهای مدار معادل فیت شده شامل  $CPEd_i$  و  $CPEB$  مربوط به ظرفیت های خازنی لایه دوگانه و اکساکاهشی می باشد.  $R_{ct}$  نشان دهنده مقاومت الکتروشیمیایی الکتروود می باشد [۹] (شکل ۳)



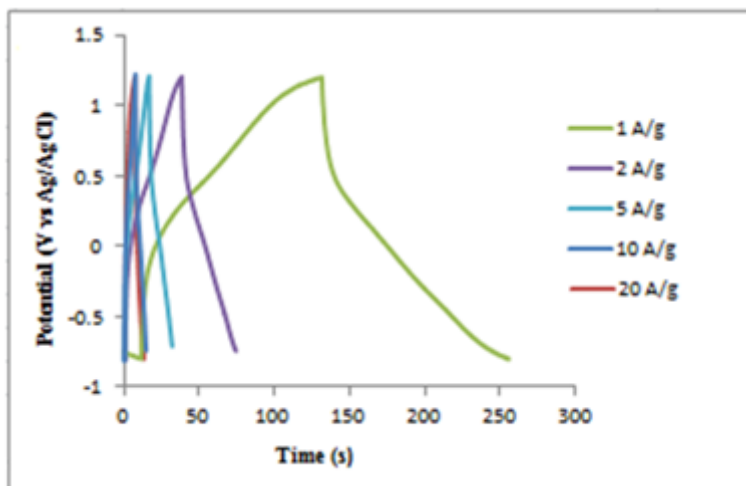
شکل ۳. مدار امیدانس الکتروشیمیایی

### ۳-۳ مطالعات رفتار ابرخازنی با استفاده از تکنیک شارژ-دشارژ

به منظور انجام بررسی هایی در زمینه بازدهی و اطمینان از صحت عملکرد باتری های تولید شده، فرآیند شارژ و دشارژ باتری ها از طریق تکنیک پتانسیل سنجی (ChronoPotentiometry) شبیه سازی می گردد. این تکنیک شامل اعمال جریانی مشخص با مقدار مثبت به منظور شارژ و پس از آن اعمال جریانی منفی به منزله فرآیند دشارژ در بازه های زمانی مناسب است.



شکل ۴ منحنی های شارژ-دشارژ اندازه گیری شده نانوکامپوزیت bA-Fc/rGO در محدوده پتانسیل ۱/۴-۰/۸- ولت نسبت به الکتروود استاندارد Ag/AgCl نشان می دهد. حالت متقارن و خطی منحنی ها بیانگر برگشت پذیری فرایند شارژ-دشارژ در الکتروودها می باشد. با توجه به شکل ۴ مشاهده می شود بیشترین زمان شارژ-دشارژ در کمترین چگالی جریان صورت می گیرد. همچنین در این چگالی جریان نیز نمودار تقریبا شکل مثلثی دارد که نشان دهنده خازن ایده آل می باشد. مقدار کم انحنا در این نمودارها مربوط به تاثیر خاصیت فروسن می باشد [۱۰].



شکل ۴. نمودار شارژ-دشارژ در دانسیته جریان های مختلف برای نانوکامپوزیت bA-Fc/rGO

#### نتیجه گیری

در سال های اخیر، ابرخازن ها (SCs) به عنوان یک سیستم ذخیره انرژی پاک شناخته شده و با توجه به ویژگی های منحصر به فرد خود مانند دانسیته بالا، سرعت شارژ-دشارژ بالا، هزینه نگهداری کم و طول عمر زیاد مورد توجه قرار گرفته اند. امروزه ابرخازن ها در مدارهای مختلف الکترونیکی و سیستم های الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته اند. برای بررسی و مطالعه رفتار الکتروشیمیایی می توان از آنالیزهای الکتروشیمیایی مانند ولتامتری چرخه ای (CV) و طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) استفاده کرد.

تشکر و قدردانی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



بدین وسیله از زحمات ارزنده دانشگاه محقق اردبیلی جهت فراهم نمودن زمینه لازم برای این پژوهش تشکر  
و قدردانی می گردد.

### منابع

1. Bose, S., et al., *Carbon-based nanostructured materials and their composites as supercapacitor electrodes*. Journal of Materials Chemistry, 2012. 22(3): p. 767-784.
2. Halper, M.S. and J.C. Ellenbogen, *Supercapacitors: A brief overview*. The MITRE Corporation, McLean, Virginia, USA, 2006: p. 1-34.
3. Hashemi, M., et al., *The Use of an Electrocatalytic Redox Electrolyte for Pushing the Energy Density Boundary of a Flexible Polyaniline Electrode to a New Limit*. Nano Energy, 2017.
4. Frackowiak, E. and F. Beguin, *Carbon materials for the electrochemical storage of energy in capacitors*. Carbon, 2001. 39(6): p. 937-950.
5. Schneuwly, A. and R. Gally, *Properties and applications of supercapacitors: From the state-of-the-art to future trends*. Rossens, Switzerland, 2000.
6. Sharma, P. and T. Bhatti, *A review on electrochemical double-layer capacitors*. Energy conversion and management, 2010. 51(12): p. 2901-2912.
7. Ghenaatian, H., M. Mousavi, and M. Rahmanifar, *High performance hybrid supercapacitor based on two nanostructured conducting polymers: Self-doped polyaniline and polypyrrole nanofibers*. Electrochimica acta, 2012. 78: p. 212-222.
8. RezaTeimuri-Mofrad, Raha Hadi, Hassan Abbasi, Elmira Payami, Saeed Neshad, *Green synthesis of carbon nanotubes@tetraferrocenylporphyrin/copper nanohybrid and evaluation of its ability as a supercapacitor*, Journal of Organometallic Chemistry, 2019, 899,120915.
9. Raha Hadi, Hassan Abbasi, Iraj Ahadzadeh, and Reza Teimuri-Mofrad, *Synthesis, characterization and electrochemical study of 4-azidobutylferrocene-grafted reduced graphene oxide-polyaniline nanocomposite for supercapacitor applications*, ChemistrySelect, 2020, 5, 1–10.
10. Hadi, R., Rahimpour, K., Payami, E. and Teimuri-Mofrad, R., 2020. *Design and green synthesis of 1-(4-ferrocenylbutyl) piperazine chemically grafted reduced graphene oxide for supercapacitor application*. Applied Organometallic Chemistry, 34(11), p.e5946.



## نقش پارامترهای فرایند خشک شدن پاششی در تهیه پودر از گیاهان دارویی

بهنام فیروزی<sup>۱\*</sup>، فاطمه احمدپور<sup>۲</sup>

۱- فارغ التحصیل دکترای بیوتکنولوژی گیاهی و کارشناس آزمایشگاه مرکزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

Behnamfrz@Gmail.Com

۲- دانشجوی دکترای اصلاح نباتات- ژنتیک مولکولی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

### چکیده

حدود ۸۰ درصد از جمعیت جهان از گیاهان دارویی به عنوان مراقبت های اولیه بهداشتی استفاده می کنند. بر همین اساس، بازار گیاه دارویی روز به روز و به طور تصاعدی در حال رشد است. در حال حاضر، تولید داروهای گیاهی با کارایی مناسب، ایمنی و کیفیت ثابت یک چالش مهم است. داروهای گیاهی به شکل خشک شده به دلیل پایداری بالاترشان نسبت به نمونه های مایع در اولویت هستند. فن آوری خشک کردن پاششی پرکاربردترین فرآیند برای تولید محصول خشک شده از عصاره های مایع گیاهان دارویی است. این پودرها برای استفاده به شکل داروی جامد باید دارای خواص فیزیکی و شیمیایی (مانند محتوای رطوبت، میزان رطوبت پذیری، اندازه ذرات، چگالی، غلظت مواد مؤثره) و مکانیکی (مانند جریان پذیری و تراکم پذیری) ویژه ای باشند. علاوه بر این، بازده بالای فرآیند و کیفیت خوب پودر را می توان با انتخاب پارامترهای مناسب در طول فرایند خشک شدن به دست آورد. پارامترهای بهینه به شدت تحت تأثیر ماهیت شیمیایی عصاره گیاه دارویی قرار دارند. در این مقاله مروری به ارائه راهنمای کلی برای فهم نقش پارامترهای فرآیند خشک شدن پاششی بر خواص محصول و بازده فرآیند پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: گیاهان دارویی، خشک کن پاششی، پارامترهای فرآیند

### ۱- مقدمه

به هر گونه گیاهی که برای اهداف دارویی و درمانی استفاده می شود اصطلاحاً «گیاه دارویی» گفته می شود [۱]. این گیاهان اساس مراقبت های اولیه بهداشتی درصد زیادی (۹۵-۷۰ درصد) از کل جمعیت جهان را تشکیل می دهند. به طور خاص، بیشترین استفاده از آن ها در کشورهای فقیر و یا در حال توسعه شامل آفریقا، آسیا، آمریکای لاتین و خاورمیانه



وجود دارد. علاوه بر این، بین ۷۰ تا ۹۰ درصد از مردم ساکن در کشورهای توسعه یافته (کانادا، فرانسه، آلمان و ایتالیا) نیز از گیاهان دارویی به عنوان داروهای مکمل، جایگزین یا غیرمتمعارف استفاده می کنند [۲].

گیاهان دارویی را می توان به عنوان مکمل های غذایی یا به عنوان فیتوداروها<sup>۱</sup> ثبت کرد. توجه به این نکته حائز اهمیت است که مکمل های غذایی نمی توانند به عنوان دارو در نظر گرفته شوند زیرا نیازی به تأیید قبل از بازاریابی ندارند. از سوی دیگر، فیتوداروها باید ایمنی، اثربخشی و کیفیت ثابت را مانند سایر داروهای شیمیایی را به اثبات برسانند. فیتوداروها را می توان از یک گیاه یا مخلوطی از چند گیاه تشکیل داد و معمولاً به شکل های دوز طبیعی یا دارویی ارائه می شود. در حال حاضر، گرایش به استفاده از عصاره های گیاهی استاندارد در فیتوداروها است، به عنوان مثال، لازم است که عصاره حاوی غلظت معینی از یک یا چند ماده فعال یا یک ترکیب نشانگر در صورت ناشناخته بودن ماده مؤثره باشد [۳]. به طور کلی، فیتوداروها دارای میزان کمتری از عوارض جانبی هستند و هزینه کمتری نسبت به داروهای شیمیایی دارند. این ها دلایلی است که چرا تعداد زیادی از مردم فیتوداروها را برای درمان بیماری های مختلف انتخاب می کنند [۴]. در نتیجه، بازار گیاهان دارویی به طور تصاعدی در حال افزایش است و بخش قابل توجهی از کل بازار دارویی جهان را دربر گرفته است [۲، ۳]. در سراسر جهان، میزان رشد سالانه بازار گیاه دارویی حدود ۵-۱۵ درصد با درآمد سالانه ۶۰ میلیارد دلار آمریکا است [۵].

عصاره های خشک شده گیاهان دارویی بیشتر از اشکال مایع آن ها ترجیح داده می شوند زیرا مواد جامد (برای مثال پودر گیاه دارویی) هزینه ذخیره سازی اندک و پایداری مواد مؤثره بیشتری دارند [۶]. به طور کلی، عصاره های خشک شده گیاهان دارویی، مواد رطوبت گیری هستند که این امر منجر به کاهش خواص فیزیکی و مکانیکی می شوند [۷]. در واقع، سیالیت و تراکم پذیری خوب پودر به ویژگی هایی برای پر کردن کپسول، فشرده سازی قرص یا بسته بندی فله ای نیاز دارد [۸]؛ بنابراین، برای صنعت داروسازی گیاهی، تولید پودر عصاره گیاهان دارویی یک چالش بزرگ است، علاوه بر این نیاز به: کنترل کیفیت گیاه دارویی خام و فرآیند استخراج و به حداقل رساندن از دست دادن مواد مؤثره در طول فرآیند خشک کردن وجود دارد. علاوه بر این، عصاره های خشک شده باید دارای خواص فیزیکی و مکانیکی کافی باشند تا به صورت دوز دارویی توزیع شوند [۹]. برای مثال وجود هرگونه سموم آفت کش ها و/یا فلزات سنگین و سایر ترکیبات شیمیایی موجود در گیاه دارویی که می توانند سمی، آلرژی زا باشند یا با سایر داروها تداخل داشته باشند باید کنترل گردد [۱۰-۳]. ثانیاً، فرآیندهای استخراج مرحله مهمی برای به دست آوردن یک گیاه دارویی با کیفیت رضایت بخش (محتوای کافی از مواد مؤثره) است. برای فرآیند استخراج، می توان از حلال های آلی (به عنوان مثال اتانول، متانول و استون) یا آب استفاده کرد. به ویژه، استفاده از آب در دماهای نسبتاً پایین (کمتر از دمای جوش) ترجیح داده می شود





زیرا در این حالت استخراج اجزای سمی موجود در گیاه به حداقل می‌رسد [۱۱]. تبدیل عصاره گیاه دارویی مایع به محصول جامد مستلزم انتخاب فرآیند خشک شدن مناسب است.

چندین روش مختلف برای تولید گیاهان دارویی خشک شده به وسیله پاشش (SD-MP<sup>۱</sup>)، مانند انجماد، بستر مایع و خشک کردن پاششی گزارش شده است [۱۲]. از بین این تکنیک‌ها، خشک کردن پاششی پرکاربردترین فرآیند در خشک کردن عصاره گیاهان دارویی است زیرا امکان تولید پودر را طی یک عملیات ساده، مستمر و نسبتاً کم‌هزینه فراهم می‌کند. مدت زمان حضور ذرات در خشک‌کن تنها چند ثانیه (۳۰-۵ ثانیه) است، بنابراین این فناوری برای خشک کردن عصاره گیاهان دارویی و سایر مواد حساس به دما بدون از دست دادن قابل توجه مواد مؤثره و یا طعم آن‌ها توصیه می‌شود [۱۳]. فرآیند خشک کردن پاششی شامل چندین مرحله است [۱۴]:

۱) عصاره مایع گیاه دارویی از یک مخزن ذخیره به اتمایزر<sup>۲</sup> (که معمولاً در بالای محفظه خشک کردن قرار دارد) با استفاده از پمپ به خشک‌کن وارد می‌شود (شکل ۱). در مورد مرحله اتمیزاسیون، انواع مختلفی از اتمایزرها مانند نازل دو سیالی، اتمایزر دوآر (چرخشی) و نبولایزر اولتراسونیک وجود دارد. برای تولید قطرات ریز (۱۰-۱۰۰ میکرومتر)، از نازل‌های دو سیالی یا دو تایی استفاده می‌شود. در این اتمایزرها، مایع و هوای فشرده از راه‌های مختلف وارد نازل شده و با هم از نوک نازل خارج می‌شوند. از سوی دیگر، اتمایزرهای دوآر یا چرخشی با استفاده از انرژی گریز از مرکز یک چرخ دوآر را با سرعت بالا چرخانده، و قطرات بزرگ‌تر از ۲۰۰ میکرومتر تولید می‌کنند. نبولایزرهای اولتراسونیک با استفاده از انرژی ارتعاشی اولتراسونیک قطراتی بین ۱۰-۱ میکرومتر را فراهم می‌کنند [۱۵].

۲) قطرات اتمیزه شده توسط یک گاز داغ (معمولاً هوا) خشک می‌شوند و تبخیر حلال منجر به تشکیل ریزذرات می‌شود. خشک‌کن‌ها می‌توانند الگوهای جریان هوای متنوعی از جمله الگوی جریان متضاد (برهم خورنده) و جریان مختلط با توجه به جهت اتمیزه شدن مایع داشته باشند. الگوی هم‌جریانی برای مواد حساس به حرارت ترجیح داده می‌شود زیرا گرم‌ترین هوا با حداکثر رطوبت قطرات برخورد می‌کند [۱۶]. به طور کلی، هوای اتمسفری گرم می‌شود و مجبور به گردش در خشک‌کن با یک سیستم فشار منفی یا مثبت می‌شود. شکل (۱) خشک‌کن پاششی فشار منفی هم‌زمان را نشان می‌دهد.

۳) ذرات خشک توسط یک سیکلون از هوای خشک‌کن جدا شده و در ظرفی جمع‌آوری می‌شوند (شکل ۱).

<sup>1</sup> Spray Dried- Medicinal Plants

<sup>۱</sup> قطعه‌ای در خشک‌کن‌های پاششی که مایع و گاز را مختلط کرده و سپس باعث ایجاد ذرات ریز به صورت اسپری می‌شود.

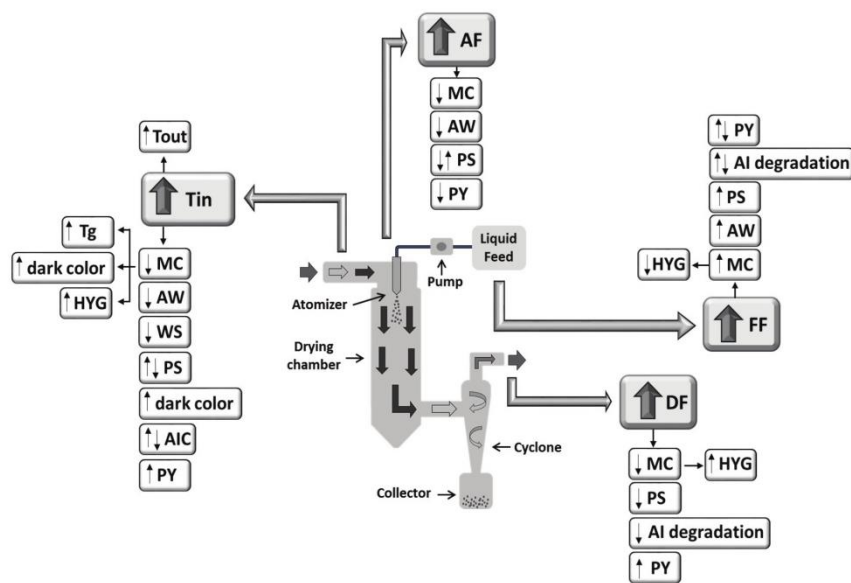
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۱- تأثیر شرایط عملیاتی خشک کردن پاششی بر پاسخ های ارزیابی شده برای SD-MP

شرایط عملیاتی که در فرآیند خشک کردن پاششی دخیل هستند عبارتند از: دمای هوای ورودی ( $T_{in}$ )، جریان سیال مایع<sup>۱</sup> (FF)، جریان اتمیزاسیون گاز<sup>۲</sup> (AF) / فشار اتمیزاسیون<sup>۳</sup> (AP) و جریان هوای خشک کردن<sup>۴</sup> (DF).

ترکیب سیال مایع یک متغیر کلیدی است. در برخی موارد، عصاره قبل از خشک شدن غلیظ می شود تا مقدار حلال تبخیر شده برای کنترل محتوای جامد کاهش یابد. علاوه بر این، برخی از مواد حامل برای بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی و شیمیایی پودرها و/یا افزایش بازده فرآیند در سیال مایع گنجانده می شوند. معمولاً حامل هایی که بیشتر برای خشک کردن گیاهان دارویی استفاده می شوند عبارتند از: سیلیکون دی اکسید ( $SiO_2$ )، مالتودکسترین (MD)، صمغ عربی (AG)، پروتئین آب پنیر (WP)، بتاسیکلودکسترین (BCD) و اینولین [۲۰-۸].

<sup>1</sup> Feed Flowrate	5	3
<sup>1</sup> Atomization Flowrate	5	4
<sup>1</sup> Atomization Pressure	5	5
<sup>1</sup> Drying Air Flowrate	5	6



توجه به این نکته حائز اهمیت است که تعداد زیادی از مقالات مرتبط با خشک کردن پاششی آب میوه و سبزیجات برای استفاده به عنوان مکمل غذایی وجود دارد که در آن ها به ویژه محتوای ترکیبات آنتی اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گرفت. با این حال، تعداد انتشارات مربوط به خشک کردن پاششی گیاهان دارویی که در آن ها فعالیت فارماکولوژیکی (داروشناسی) گیاهان مربوطه بعد از خشک شدن گزارش شود، نسبتاً کمیاب است. در این مقالات، شرایط عملیات و حامل های خشک کننده کاملاً متفاوتی (پارامترهای فرآیند) برای به دست آوردن عصاره خشک شده با خواص مناسب برای استفاده به عنوان داروی گیاهی مورد استفاده قرار گرفتند.

همان طور که قبلاً ذکر شد، روش استخراج گیاهان دارویی یک گام کلیدی برای به حداکثر رساندن مواد فعال در خوراک مایعی است که باید خشک شود. استخراج با استفاده از مخلوط های هیدروالکلی روشی است که بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد. در واقع، استخراج ترکیبات فنلی زمانی که از حلال های قطبی خالص یا در ترکیب با آب (مانند آب، اتانول، متانول، پروپانول، استون) استفاده می شود، بازده بالایی می دهد [۲۱].

فرآیند خشک کردن اسپری و کیفیت پودر گیاه دارویی را می توان با دست کاری شرایط عملیاتی (مانند  $T_{in}$ ، FF، AF و DF) و نوع و غلظت حامل ها تا حدی کنترل کرد. طرح های آماری تجربی عمدتاً به منظور بررسی تأثیر متغیرهای مختلف به طور همزمان (به عنوان مثال نوع حامل/غلظت) بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی مختلف پودرها مورد استفاده قرار می گیرد. علاوه بر این، از این طرح ها برای یافتن بهترین سطوح متغیرها برای به دست آوردن محصول با ویژگی های بهینه نیز استفاده می شود [۲۲]. به طور کلی، روش سطح پاسخ<sup>۵</sup> (RSM) پرکاربردترین روش برای بهینه سازی فرآیند خشک کردن است. این روش شامل مجموعه ای از روش های ریاضی و آماری برای تولید یک مدل تجربی با هدف بهینه سازی پاسخ ها (متغیرهای خروجی) است که تحت تأثیر متغیرهای مستقل مختلف (متغیرهای ورودی) قرار می گیرد. این طراحی شامل چندین آزمایش با مقادیر مختلف برای متغیرهای ورودی برای شناسایی تأثیر آن ها بر پاسخ های خروجی است؛ بنابراین، قبل از اعمال RSM، نیاز به انجام یک طراحی آزمایشی برای تعریف منطقه آزمایشی مورد بررسی وجود دارد [۲۳-۲۵].

<sup>1</sup> Process Parameters 5 7

<sup>1</sup> Response Surface Methodology 8





از جمله پاسخهایی که بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته اند، عبارت اند از: محتوای رطوبت<sup>۱</sup> (MC)، فعالیت آب (AW)<sup>۲</sup>؛ حلالیت در آب<sup>۳</sup> (WS)، رطوبت سنجی<sup>۴</sup> (HYG)، اندازه ذرات متوسط<sup>۵</sup> (PS)، چگالی ظاهری<sup>۶</sup> (DB)، دمای انتقال شیشه ای<sup>۷</sup> (Tg)، رنگ، بازده فرآیند<sup>۸</sup> (PY)، دمای خروجی<sup>۹</sup> (Tout)، محتوای مواد فعال<sup>۱۰</sup> (AIC) و فعالیت آنتی اکسیدانی<sup>۱۱</sup> (AA).

## ۲- تأثیر متغیرهای ورودی بر روی پودر انتخابی و پاسخهای فرآیند

### ۲-۱- دمای ورودی هوا (Tin)

Tin پارامتر عملیاتی مستمری است که تأثیر آن بر محصول و خواص فرآیند متفاوت است. طبق مقالات گزارش شده، دمای ورودی بر بسیاری از پاسخها مانند MC، Tout، AW، HYG، Tg، WS، DB، رنگ، PY، AIC و PS تأثیر گذاشت. در خشک کردن پاششی گیاهان دارویی، Tin در محدوده دمای ۸۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد مورد بررسی قرار گرفته است. مقادیر بسیار پایین Tin می تواند برای تبخیر مؤثر حلال سیال مایع کافی نباشد. از طرف دیگر، سطوح حرارتی بسیار بالا می تواند باعث تخریب مواد مؤثره سیال گردد.

در همه تحقیقات انجام گرفته، تأثیر مثبت و مورد انتظار Tin بر Tout ثابت شده است، یعنی هر چه Tin بیشتر باشد، Tout نیز بالاتر است [۲۶، ۲۷]. علاوه بر این، در تمام مطالعات یک رابطه معکوس بین Tin و MC گزارش شد. مقادیر بالاتر Tin سرعت انتقال حرارت بین هوای گرم و قطرات را بهبود می بخشد، بنابراین سرعت تبخیر حلال افزایش می یابد در حالی که MC (محتوای رطوبت) پودر کاهش می یابد [۲۸]. با توجه به تأثیر Tin بر MC، مقادیر بالاتر Tin منجر به مقادیر پایین تر AW می شود. پودرهایی با MC کمتر، AW کمتری دارند، پس تمایل بیشتری به جذب آب از محیط دارند، بنابراین مقادیر

1	Moisture Content	5	9
1	Water Activity	6	0
1	Water Solubility	6	1
1	Hygroscopicity	6	2
1	Particle Size	6	3
1	Bulk Density	6	4
1	Glass Transition Temperature	6	5
1	Process Yield	6	6
1	Outlet Temperature	6	7
1	Active Ingredients Content <sup>6</sup>	6	8
1	Antioxidant Activity	6	9



بالاتر  $T_{in}$  به نفع تولید پودرهای با قدرت هیگروسکوپیک (جاذب رطوبت) بیشتر است. علاوه بر این، مقادیر کمتر MC منجر به تولید پودرهایی با  $Tg$  بالاتر در نتیجه وجود محتوای آب کمتر که به عنوان نرم کننده عمل می کند، می شود [۱۸]. همچنین یک رابطه معکوس بین  $T_{in}$  و  $WS$  به عنوان یک روند کلی در مقالات بررسی شده یافت شد. مشخص شده است که  $T_{in}$  با  $DB$  پودر مرتبط است. هرگز و همکاران [۲۹] گزارش کردند که سطوح پایین  $T_{in}$  منجر به تولید پودرهایی با  $DB$  های کم می شود. این اثر با  $MC$  در ارتباط بود. در واقع، پودرهای به دست آمده با استفاده از  $T_{in}$  پایین تر،  $MC$  بالاتری داشته و تمایل بیشتری به تشکیل آگلومرا (توده) نشان دادند.

$T_{in}$  بر رنگ پودرها نیز تأثیر می گذارد، نمونه هایی که در سطوح بالایی از  $T_{in}$  خشک می شوند، پودرهایی تیره تر از ماده خام تولید می کنند. این اثر را می توان برحسب  $MC$  پودر کمتری که در محصولات به دست آمده با استفاده از  $T_{in}$  بالاتر (پودرهای غلیظ تری به دست می آید) و/یا وجود واکنش های تخریب مانند کاراملی شدن برخی قندها (که باعث قهوه ای شدن مواد خشک شده می شود) توضیح داد.

گزارش شده است که افزایش  $T_{in}$  باعث تخریب بیشتر مواد فعال یا کاهش  $AIC$  شده است. نگوین و فام [۳۰]، واردین و یاسار [۳۱]، کورتس-روخاس و همکاران [۳۲] و... کاهش محتویات کل فنول و فلاونوئیدها را با افزایش سطح  $T_{in}$  گزارش کردند. در مقابل، برخی نویسندگان نیز دریافته اند که افزایش  $T_{in}$  باعث افزایش محتوای فنلی کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی  $SD-MP$  می شود. محققان توضیح دادند که در  $T_{in}$  بالا، واکنش های شیمیایی می تواند رخ دهد که یکی از این واکنش ها، واکنش میلارد است. محصولات حاصل از این واکنش دارای ظرفیت آنتی اکسیدانی بسیار بالایی هستند که باعث افزایش محتوای فنلی کل می شود [۳۳].  $T_{in}$  همچنین تأثیر مهمی بر  $PY$  داشت. به طور کلی، با افزایش  $T_{in}$ ،  $PY$  افزایش می یابد. دمای هوای ورودی بالاتر به تبخیر حلال کمک می کند و چسبندگی ذرات در محفظه خشک کن یا سیکلون را به حداقل می رساند [۳۳-۱۸].

## ۲-۲- جریان سیال مایع (FF)

دومین پارامتر عملیاتی که در تولید  $SD-MP$  بیشتر مورد بررسی قرار گرفته بود  $FF$  (مقدار جریان سیال) بود.  $FF$  بر چندین خروجی مانند  $MC$ ،  $AW$ ،  $HYG$ ،  $PS$ ،  $DB$ ،  $AIC$  و  $PY$  تأثیر گذاشت.  $FF$  های بالا پودرهایی با  $MC$  بالا تولید می کنند، در واقع، افزایش  $FF$  سرعت جریان حلال برای تبخیر شدن را افزایش می دهد و زمان ماندن قطرات در محفظه خشک کردن را کاهش می دهد. با توجه به رطوبت سنجی  $SD-MP$ ،  $FF$  بالاتر منجر به پودرهایی با  $MC$  و  $AW$  بالاتر و در نتیجه با تمایل جزئی به جذب آب از محیط می شود [۳۴]. در مورد  $PS$ ،  $FF$  بالاتر قطراتی با قطرهای بالاتر تولید می کند که منجر

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



به ذرات بزرگ تر می شود [۲۶]. یک همبستگی معکوس بین FF و تخریب AIC توسط Tee و همکاران گزارش شده است. البته، اثر FF بر تخریب اجزای فعال (AIC) یکسان نبود. این بستگی به سطوح PP انتخاب شده و ماهیت شیمیایی گیاهان دارویی مورد مطالعه داشت. بوتلر و همکاران [۳۵] یک رابطه مثبت بین FF و PY پیدا کردند، بدین صورت که هر چه FF بالاتر باشد PY بهتر است. این اثر را می توان به تشکیل ذرات بزرگ تر نسبت داد؛ بنابراین با افزایش FF، بازده سیکلون بهتری انتظار می رود. در مقابل، گالو و همکاران [۳۶] و تی و همکاران [۳۴] اثر معکوس را گزارش کردند. در این مورد، نویسندگان استدلال کردند که FF بالا PY را کاهش می دهد زیرا تبخیر حلال کاملاً کامل نبود و چسبندگی نمونه را روی دیواره های محفظه افزایش می داد.

### ۲-۳- جریان و فشار اتمیزاسیون گاز (AF و AP)

فشار گاز در تمام مقالات مرور شده ثابت نگه داشته شده بود؛ اما جریان گاز متغیر بود. مشخص شد که AF بر پاسخ های زیر تأثیر می گذارد: MC، AW، PS، سیالیت و PY. فقط یک مقاله گزارش داد که AF بر محتوای ماده فعال (AIC) تأثیر می گذارد، با این حال، علت اثر مشاهده شده مورد بررسی قرار نگرفت [۳۷]. مقادیر بالاتر AF ذرات کوچک تر تولید می کند [۳۶]؛ بنابراین، سطح قطرات کل باعث بهبود انتقال حرارت و نرخ تبخیر حلال می شود. به این دلیل، AF های بالاتر به نفع تولید پودرهایی با مقادیر MC و AW کمتر است

تی و همکاران [۳۴] گزارش کردند که DF های بالاتر پودرهایی با MC کمتر و در نتیجه با تمایل رطوبت بالاتر تولید می کردند. همچنین مطابق مقالات بررسی شده، مشخص گردید وقتی از DF های بالاتر استفاده می شود، تخریب مواد فعال (AIC) کمتر است، این رفتار به زمان ماندگاری کمتر ذرات در خشک کن نسبت داده می شود.

استفاده از حامل ها به عنوان کمک کننده های خشک کن عصاره های گیاهان دارویی بسیار رایج است (جدول ۱). در واقع، از مجموع مقالات بررسی شده در این بررسی، تنها دو مقاله از هیچ ماده اضافی برای بهبود فرآیند خشک کردن استفاده نکردند. یکی از حامل های مورد استفاده بیشتر  $\text{SiO}_2$  است. جالب است توجه است که در همه مقالات بررسی شده موافق این نکته بودند که پودره های خشک شده با اسپری تولید شده با درصد بالاتری از این حامل، MC و رطوبت-گیری کمتر، سیالیت بهتر و تخریب جزئی مواد فعال را نشان دادند.

پودره های گیاه دارویی خشک شده با اسپری را می توان برای پر کردن کپسول یا فشردن سازی به عنوان قرص داروهای گیاهی استفاده کرد. همان طور که قبلاً ذکر شد، برای هر دو شکل دوز، SD-MP نیاز به جریان و خواص تراکم پذیری کافی دارد. برای مثال نگوین و فام [۳۰] قرص های جوشان حاوی SD-MP گیاه *Cynara scolymus* تولید کردند و زمان جوش (زمان حل شدن کامل قرص) و زمان نگهداری گاز (زمان ناپدید شدن گاز) را کنترل کردند. در این





مورد، نویسندگان فرآیند به کار گرفته شده برای تولید قرص را گزارش نکردند؛ بنابراین، تولید یک SD-MP با سطح استاندارد مواد فعال، پایداری فیزیکی و شیمیایی مناسب و خواص مکانیکی کافی برای تبدیل پودر به شکل دوز دارویی، چالش مهمی در تولید فیتوداروها است.

### ۳- نتیجه گیری

خشک کن پاششی فناوری مناسبی برای تولید SD-MP به روشی سریع، ساده و اقتصادی است. سطوح پارامترهای فرایند خشک کردن به شدت بر کیفیت محصول تأثیر می گذارد. دمای ورودی ( $T_{in}$ ) پارامتر عملیاتی است که بیشترین تأثیر را بر خواص فیزیکوشیمیایی و مکانیکی پودر دارد. به ویژه، اگر  $T_{in}$  افزایش یابد: الف) MC، AW، WS و تمایل به تشکیل آگلومرها کاهش می یابد، ب) Tg، رنگ، Tout، HYG و PY، افزایش می یابند، ج) روند غیر یکسانی برای AIC و PS گزارش شد. هنگامی که FF افزایش می یابد: الف) MC، AW و PS افزایش می یابد، ب) HYG کاهش می یابد و ج) روند غیر یکسانی برای AIC و PY گزارش شد. با افزایش AF، مقدار MC، AW و PY کاهش می یابد، در حالی که PS می تواند افزایش یا کاهش یابد. در مورد DF، اگر مقدار آن افزایش یابد MC، PS، تخریب AI و PY کاهش می یابد و HYG افزایش می یابد. نوع و غلظت حامل نیز متغیرهای کلیدی در فرایند خشک کردن پاششی هستند.  $SiO_2$  و MD (مالتودکسترین) رایج ترین حامل ها برای خشک کردن عصاره گیاهان دارویی بودند. به عنوان یک قاعده کلی، اگر غلظت حامل افزایش یابد، MC، رنگ تیره، تخریب HYG، AI کاهش می یابد، در حالی که WS، PY و FLOW (سیالیت) افزایش می یابد. برای خشک کن های پاششی در مقیاس آزمایشگاهی، محدوده های زیر برای شرایط عملیاتی گزارش شده است:  $T_{in}$  ۸۰-۲۰۰ درجه سانتی گراد، جریان سیال (FF) ۵-۱۷ میلی لیتر در دقیقه، جریان اتمیزاسیون (AF) ۶-۵۰ لیتر در دقیقه و جریان هوای خشک کن (DF) ۳۲-۳۸ مترمکعب در ساعت. البته ذکر این نکته ضروری است که بهترین پارامترهای فرآیند به ماهیت شیمیایی گیاه دارویی و حامل بستگی دارد. به همین دلیل، تولید عصاره خشک جدید با کیفیت خوب نیاز به کار آزمایشی زیادی برای بهینه سازی پارامترهای مذکور دارد.

### منابع

- [1] F. Carmona, A.M.S. Pereira (2013) *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 23(2), 379-385.
- [2] M. Robinson, M.X. Zhang, *Traditional medicine: global situation, issues, and challenges* (2011) 3<sup>rd</sup> ed. Geneva: World Health Organization.
- [3] B. David, J.L. Wolfender, D.A. Dias (2014) *Phytochemistry Reviews*, 14(2), 299-315.
- [4] B. Kopp (2015) *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 165(11-12), 215-216.
- [5] S. Banerjee, A. Mitra (2012) *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4(1), 47-52.

- [6] C.R.F. Souza, I.A. Schiavetto, F.C.F. Thomazini, W.P. Oliveira (2008) *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 25(1), 59-69.
- [7] H.H.Y. Tong, S.Y.S. Wong, M.W.L. Law, K.K.W. Chu, A.H.L. Chow (2008) *International Journal of Pharmaceutics*, 363(1-2), 99-105.
- [8] L. Gallo, M.V. Ramírez-Rigo, J. Piña, V. Bucalá (2015) *Chemical Engineering Research and Design*, 104, 681-694.
- [9] A.M. Goula, K.G. Adamopoulos (2010) *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11(2), 342-351.
- [10] E.M. Pferschy-Wenzig, R. Bauer (2015) *Epilepsy & Behavior*, 52, 344-362.
- [11] V. Farzaneh, I.S. Carvalho (2015). *Industrial Crops and Products*, 65, 247-258.
- [12] C. Pop, F. Ranga, F. Fetea, C. Socaciu (2013) *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, 70(1), 95-103.
- [13] O.W. Oliveira, P.R. Petrovick (2010) *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 20(4), 641-650.
- [14] A. Sosnik, K.P. Seremeta (2015) *Advances in Colloid and Interface Science*, 223, 40-54.
- [15] K. Masters, *Spray Drying Handbook* (1979). 3<sup>rd</sup> ed. London: George Godwin Limited.
- [16] A.S. Mujumdar, *Handbook of Industrial Drying* (2006). 3<sup>rd</sup> ed. Singapore: CRC Press.
- [17] S.N. Bhusari, K. Muzaffar, P. Kumar (2014) *Powder Technology*, 266, 354-364.
- [18] L.D. Daza, A Fujita, C.S. Fávaro-Trindade, J.N. Rodrigues-Ract, D. Granato (2016) *Food and Bioproducts Processing*, 97, 20-9.
- [19] L. Medina-Torres, R. Santiago-Adame, F. Calderas, J.A. Gallegos-Infante et al. (2016) *Industrial Crops and Products*, 90, 1-8.
- [20] I. Tontul, A. Topuz (2017) *Trends in Food Science and Technology*, 63, 91-102.
- [21] D.P. Xu, Y. Li, X Meng, et al. (2017) *International Journal of Molecular Sciences*, 18(1), 20-31.
- [22] D. Krishnaiyah, A. Bono, R. Sarbatly, R. Nithyanandam, S.M. Anisuzzaman (2015) *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 27(1), 26-36.
- [23] E. Horuz, A. Altan, M. Maskan (2012) *Drying Technology*, 30(7), 787-798.
- [24] H. Vardin, M. Yasar (2012) *International Journal of Food Science & Technology*, 47(1), 167-176.
- [25] A.A. Santana, L.E. Kurozawa, R.A. De Oliveira, K.J. Park (2013) *Drying Technology*, 31, 825-836.
- [26] D.F. Cortés-Rojas, C.R.F. Souza, W.P. Oliveira (2015) *Chemical Engineering Research and Design*, 93, 366-376.
- [27] S.P. Tan, T.C. Kha, S.E. Parks (2015) *Powder Technology*, 281, 65-75.
- [28] S. Quek, N. Chok, P. Swedlund (2007) *Chemical Engineering and Processing*, 46, 386-392.
- [29] E. Horuz, A. Altan, M. Maskan (2012) *Drying Technology*, 30(7), 787-798.
- [30] V.T. Nguyen, Q.T. Pham (2011) *International Journal of Food Engineering*, 7(1), 1-15.
- [31] H. Vardin, M. Yasar (2012) *International Journal of Food Science & Technology*, 47(1), 167-176.
- [32] D.F. Cortés-Rojas, C.R.F. Souza, W.P. Oliveira (2015) *Chemical Engineering Research and Design*, 93, 366-376.
- [33] F.J. Morales, S. Jiménez-Pérez (2001) *Food Chemistry*, 72, 119-25.
- [34] L.H. Tee, A. Luqman Chuah, K.Y. Pin, A. Abdull Rashih, Y.A. Yusof (2012) *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 4(3), 1833-1841.
- [35] D. Alvarenga Botrel, S. Vilela Borges, R. Victória de Barros Fernandes, A. Dantas Viana et al (2012) *International Journal of Food Science & Technology*, 47(11), 2289-2296.
- [36] L. Gallo, J.M. Llabot, D. Allemandi, V. Bucalá, J Piña (2011) *Powder Technology*, 208, 205-214.



[37] S.M. Araruna, A.H. Silva, K.M. Canuto, E.R. Silveira, L.K.A.M. Leal (2013) *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 23(1), 132-137.

## دستگاه شبیه ساز خورشیدی و مشخصه یابی جریان - ولتاژ ابزارهای فتوولتاییک

المیرا صادقیلر<sup>۱\*</sup>، صغری میرارشادی<sup>۲</sup>، فرهاد ستاری<sup>۳</sup>

۱- گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل. Email: [elmira.sadeghiii@yahoo.com](mailto:elmira.sadeghiii@yahoo.com)

۲- گروه علوم مهندسی، دانشکده فناوری های نوین، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

۳- گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

### چکیده

سیستم های فتوولتاییک به علت عدم ایجاد آلودگی برای محیط زیست و طول عمر زیاد برای تامین انرژی الکتریکی در حوزه های مختلف از جمله تصویربرداری های پزشکی، اماکن صنعتی و مسکونی بهترین گزینه هستند. در عین حال بررسی سیستم های فتوولتاییک از جمله سلول های خورشیدی و آشکارسازهای نوری در شرایط معمولی به علت نوسانات جوی و دمای متغیر محیط در ساعات مختلف شبانه روز محدودیت هایی ایجاد می کند. اگر شدت تابش خورشید یکنواخت نباشد، نقاط داغ روی سطح ابزار فتوولتاییک رخ می دهد، در نتیجه منجر به دمای بالای موضعی می شود که کارایی و بازده آن را کاهش می دهد. بنابراین برای مطالعه، بررسی و آزمایش سیستم های فتوولتاییک از جمله آشکارسازهای نوری و سلول های خورشیدی از دستگاه شبیه ساز خورشیدی می توان بهره برد که در شرایط مختلف کنترل پذیر و تکرار پذیر می باشد. در ادامه به بررسی دستگاه های شبیه ساز خورشیدی و مشخصه یابی جریان - ولتاژ موجود در آزمایشگاه در دانشگاه محقق اردبیلی می پردازیم.

کلمات کلیدی: شبیه ساز خورشیدی، ابزارهای الکترونیک نوری، سیستم های فتوولتاییک، مشخصه یابی جریان - ولتاژ.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

یکی از مسایل بحث برانگیز مسئله انرژی است و انرژی خورشیدی یکی از منابعی است که به شدت به کاهش مصرف انرژی منجر می شود. دستگاه شبیه ساز خورشیدی دستگاهی است که با استفاده از آن می توان پارامترهای خورشیدی را در ابزارهای الکترونیکی نوری اندازه گیری کرده و با ذخیره اطلاعات شبیه سازی کرد. با استفاده از این دستگاه امکان بررسی های مختلف و طراحی آزمایش های جدید در شرایط مختلف و تحت کنترل امکان پذیر شده است. این دستگاه در زمینه هایی همچون انرژی های تجدید پذیر و طراحی مواد فعال نوری کاربرد دارد و قابلیت هایی همچون مدوله کردن نور و کالیبراسیون نسبتاً آسان و همچنین گستردگی طیف ناحیه فرابنفش و... را دارا می باشد. انتخاب منبع نور مناسب برای توسعه و گسترش شبیه ساز خورشیدی بسیار مهم است. منابع نور مورد استفاده در شبیه سازهای خورشیدی عبارتند از قوس کرین، بخار سدیم با فشار بالا، قوس آرگون، لامپ هالوژن - کوآرتز و LED [1].

اکنون LEDها به صورت گسترده ای در شبیه سازهای خورشیدی به کار برده شده اند. در مقایسه با منابع نور دیگر، LED دارای مزایایی همچون هزینه پایین و مصرف الکتریسیته کمتر است، در مقایسه با سایر منابع نور مؤثرتر هستند. آنها دارای روشنایی عالی بوده، طول عمرشان خوب بوده و خروجی شبیه ساز خورشیدی بر پایه ی LED می تواند به سادگی و با صحت بالا در کمتر از چند میلی ثانیه کنترل شود [2]. LEDها اولین بار به عنوان منبع نور در شبیه ساز خورشیدی ساخته شده توسط کوراگو و همکارانش در سال ۲۰۰۳ به کار گرفته شد [3]. عملکرد شبیه ساز خورشیدی با منبع LED برای دامنه طول موج ۴۰۰ - ۱۱۰۰nm مناسب می باشد. در شکل ۱ تصویری از دستگاه شبیه ساز خورشیدی نشان شده است.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱: تصویری از دستگاه شبیه ساز خورشیدی

این دستگاه دارای محدوده ی طیفی ۱۰۰۰-۳۶۰ نانومتر است. مساحت ناحیه تابش در حدود ۸۰ سانتی متر مربع می باشد. و محدوده شدت قابل کنترل خودکار تا  $1000 \text{ w/m}^2$  است. دقت شدت قابل کنترل حدود ۳ درصد می باشد و شدت واقعی در لحظه (real time) بروی نمایشگر نشان داده می شود. این دستگاه مجهز به سلول استاندارد به منظور کنترل دقیق شدت است و کنترل دمای نمونه با استفاده از فن انجام می گیرد.

#### اندازه گیری جریان - ولتاژ

زمانی که شدت شبیه ساز خورشیدی برطیف و شدت استاندارد منطبق شود می توان مشخصات جریان - ولتاژ را اندازه گیری کرد که این کار با استفاده از یک سلول مرجع برای ابزار خاصی که مورد ارزیابی قرار می گیرد انجام می شود. اگر نرخ جاروب ولتاژ برای دستگاه فتوولتاییک مورد بررسی بیش از حد باشد ضریب پرشوندگی (Fill factor) و بازده (EQE) به صورت مصنوعی بالا می رود بنابراین ابزار مورد بررسی می بایست روی یک صفحه دارای دمای تست استاندارد یعنی ۲۵ تا ۲۸ درجه سانتیگراد باشد. دمای صفحه را می توان توسط آب یا ترموالکتریک کنترل کرد و نیز دمای دستگاه را می توان با

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



یک ترموکوپل یا ترمیستور اندازه گیری کرد. برقراری تماس با ابزار فتوولتاییک بوسیله یک صفحه خلا را می توان از طریق سوار کردن یک برد مدار از جنس نیکل یا طلا (تماس ولتاژ) و یک شکاف میان صفحه خلا (تماس جریان) ایجاد کرد. سطح تماس جریان بیش از حد کوچک باعث ازدیاد گرمایش می شود که ضریب پرشوندگی و بازده را کاهش می دهد. وقتی که تماس با ابزار مورد بررسی حاصل می شود باید مقاومت میان تماس های جریان و ولتاژ اندازه گیری شود و این مقاومت باید کمتر از ۵ اهم باشد. برای ارزیابی سریع ابزارهای فتوولتاییک می توان از چسب نقره که واسط مفیدی برای چسباندن سیم ها می باشد، استفاده کرد. به علت جریانهای زیاد چسباندن سیم ها با لحیم یا با متصل کننده ی فرا صوت برای ارزیابی ابزارهای فتوولتاییک ضروری است [۴].

### منابع

- [1]Deepak,P., Srivastava, S., Malvi, C.S (2020) Light sources selection for solar simulators: A review, *International Conference on Recent Advances in Mechanical Engineering*, 6 (2), 28-46.
- [2]Kohraku,S., Kurokawa,K(2003) New methods for solar cells measurement by LED solar simulator. *In 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, 2, 1977-1980.
- [3]Bliss, M., Bettsand,T.R.,Gottschalg, R(2008) September. Advantages in using LEDs as the main light source in solar simulators for measuring PV device characteristics. *In Reliability of Photovoltaic Cells, Modules, Components, and Systems*, 7048, 45-55.

Deepak, P. K. (1986) solar simulators and I-V measurement methods. *solar cells*, 18(3-4), 251-260

International Conference on Recent Advances in Mechanical Engineering, Northumbria University, Newcastle upon Tyne, UK



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## شناسایی فوتوکاتالیزورها جهت احیاء ترکیبات نیتروآروماتیک با استفاده از دستگاه TEM

رسول پیروی، محمدرضا زمانلو<sup>۱\*</sup>، سیامک اتابک<sup>۱</sup>

۱- اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی-کاربردی (zamanlou@yahoo.com)

### چکیده

به طور کلی ترکیبات نیتروآروماتیک به علت سمی بودن، خطری زیادی برای محیط زیست دارند و سالانه مقدار زیادی از این مواد وارد چرخه محیط زیست می شود. اخیراً از فوتوکاتالیزورهایی استفاده می شود که از طریق احیای آنها، علاوه بر کاهش خطرات زیست محیطی، سبب تولید آنیلین ها می شوند که فواید زیادی دارند. در این بررسی کوتاه، به بررسی آنالیز TEM فوتوکاتالیزورهایی که سبب احیای نیتروآروماتیک ها می شوند به صورت خلاصه پرداختیم. کلمات کلیدی: فوتوکاتالیزور، TEM، نیتروبنزن، احیا و آنیلین



### مقدمه

میکروسکوپ الکترونی عبوری (Transmission electron microscope) ابزاری ویژه برای تعیین ساختار و مورفولوژی مواد محسوب می شود که مطالعات ریزساختاری مواد با قدرت تفکیک بالا و بزرگنمایی خیلی زیاد را امکان پذیر می سازد. علاوه بر این از این میکروسکوپ برای مطالعات ساختارهای بلور، تقارن، جهت گیری و نقائص بلوری می توان استفاده نمود. این موارد سبب شده است که TEM امروزه به عنوان یک ابزار بسیار مهم در بسیاری از تحقیقات پیشرفته پزشکی، فیزیک، شیمی، بلورشناسی، علم مواد و زیست شناسی شناخته شود.

اساس عملکرد این میکروسکوپ مشابه میکروسکوپ های نوری است با این تفاوت که به جای پرتوی نور، در آن از پرتوی الکترون استفاده می شود. آنچه که می توان با کمک میکروسکوپ نوری مشاهده کرد، بسیار محدود است در حالی که با استفاده از الکترون ها به جای نور، این محدودیت از بین می رود. وضوح تصویر در TEM هزار برابر بیشتر از یک میکروسکوپ نوری است.

استفاده از TEM می توان جسمی به اندازه چند آنگستروم را مشاهده کرد. برای مثال می توانید اجزای موجود در یک سلول یا مواد مختلف در ابعادی نزدیک به اتم را مشاهده کنید.

در واقع TEM نوعی پروژکتور نمایش اسلاید در مقیاس نانو است که در آن پرتویی از الکترون ها از تصویر عبور داده می شود. الکترون هایی که از جسم عبور می کنند به پرده فسفر سانس برخورد کرده سبب ایجاد تصویر از جسم روی پرده می شوند. قسمت های تاریک تر بیانگر این امر هستند که الکترون های کمتری از این قسمت عبور کرده اند (این بخش از نمونه چگالی بیشتری دارد) و نواحی روشن تر مکان هایی هستند که الکترون بیشتری از آنها عبور کرده است (بخش های با چگالی کمتر) [1].



شکل ۱: تصویر دستگاه TEM

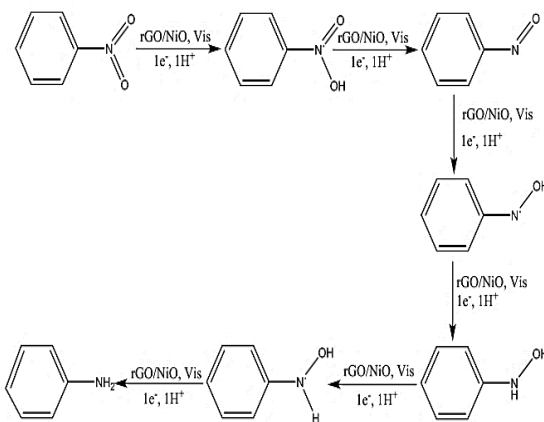


### فوتوکاتالیزورها

فوتوکاتالیزور، حاصل الحاق کاتالیزور و فوتوشیمی می باشد. به کار بردن نور و کاتالیزور برای سرعت بخشیدن به تبدیل های شیمیایی در فرآیندهای فوتوکاتالیزوری ضروری می باشد. نقش فوتوکاتالیزور مانند نقش کلروفیل در فتوسنتز است. در واکنش های معمولی مولکول ها در اثر نور برانگیخته می شوند و باعث انجام واکنش می شوند. اما در واکنش های فوتوکاتالیزوری نور باید توسط فوتوکاتالیزور جذب شود [2].

اخیرا از فوتوکاتالیزورها در احیای نیتروبنزن ها استفاده شده و نتایج حاصل نشان از کارایی بالای فوتوکاتالیزورها در جهت احیای ترکیبات نیتروبنزنی داشته است.

از نانوذره های نیکل اکسید بر روی گرافن اکسید فوتوکاتالیزور بسیار عالی تهیه شد و این فوتوکاتالیزور دارای قابلیت بازیابی بسیار عالی بود که تحت شرایط نور مرئی و در حضور سدیم بوروهیدرید به عنوان عامل هیدروژن، فرآیند احیای نیتروبنزن ها انجام گرفت و آنیلین ها با بازده بسیار بالایی بدست آمدند [3].



شکل ۲: کاهش فوتوکاتالیستی نیتروبنزن با استفاده از فوتوکاتالیزور rGO/NiO

فوتوکاتالیزور Ag تثبیت شده بر روی گرافن اکساید کاهش یافته در جهت تولید آنیلین از طریق احیای نیتروبنزن استفاده شد. نانوذرات نقره با موفقیت به شکل فلزی بر روی گرافن اکساید تثبیت شد. نانوکامپوزیت دارای باند شکاف کوچک بود که این قابلیت باعث افزایش تحرک حامل بار و نیز توانایی بالا باعث کاهش نیتروبنزن به آنیلین شد. کاهش نیتروبنزن به آنیلین در طی مدت زمان ۴ ساعت به میزان ۱۰۰ درصد بود و همچنین فوتوکاتالیزور استفاده شده قابلیت بازیابی بسیار خوبی داشت به طوری که بعد از پنج بار استفاده مجدد قابل استفاده بود [4].



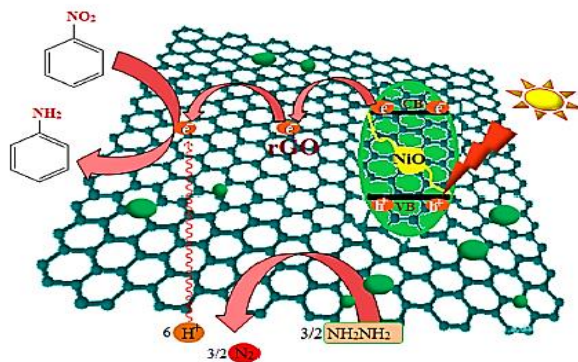
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

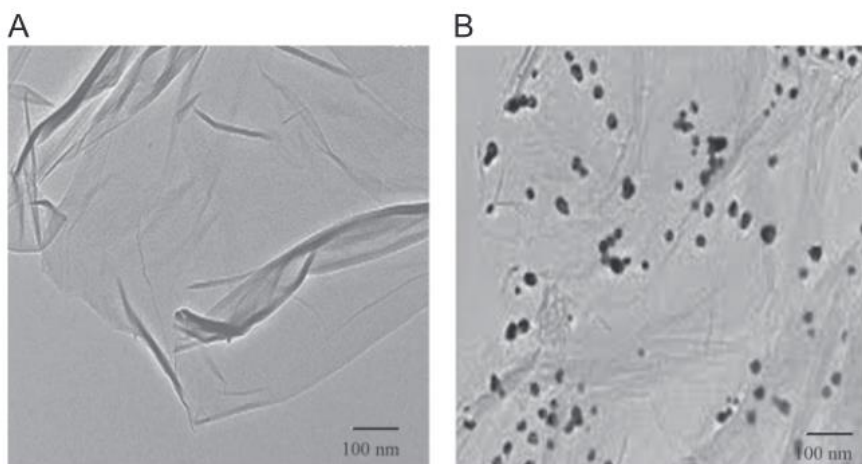
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



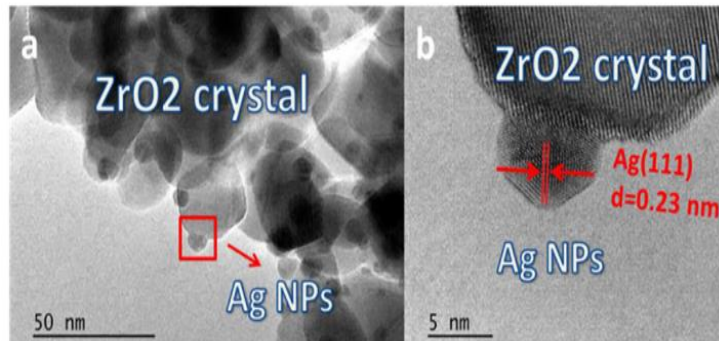
شکل ۳: مسیر پیشنهادی کاهش نیتروبنزن به آنیلین

تصویر TEM، نانوصفحات GO شکل پوسته مانند را نشان می دهد (کامپوزیت اکسید گرافن) (شکل ۴- A). شکل ۴- B نانو ذرات نقره را نشان می دهد که به صورت نقطه تاریک رسوب می کنند.



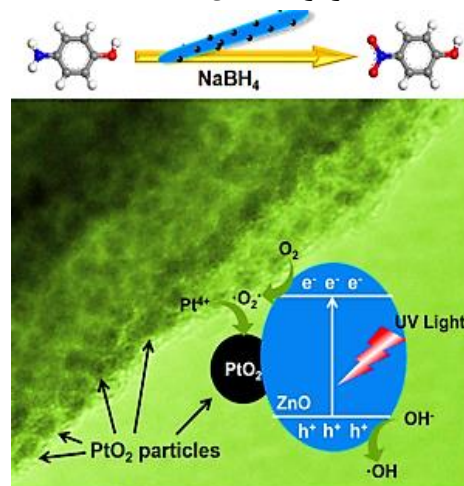
شکل ۴: تصاویر TEM مربوط به گرافن اکسید احیا شده (۴- A) و Ag-RGO (۴- B)

کاهش انتخابی ترکیبات نیتروآروماتیک به ترکیبات آروماتیک با استفاده از نانوذرات آلیاژ Ag و  $ZrO_2$  به عنوان فوتوکاتالیزور انجام شد. این فرآیند تحت تابش دهی نور مرئی انجام شد و هنگامی که ترکیبات نیتروآروماتیک در حضور نانو ذرات Ag,  $ZrO_2$  و تابش دهی نور مرئی قرار گرفتند، بیشترین میزان در صد محصولات تولیدی از این فرایند ترکیبات آروماتیک بود [5].



شکل ۵: تصاویر TEM مربوط به نانوذرات Ag-ZrO<sub>2</sub>

کاهش فوتوکاتالیزوری ۴-نیترو فنول با استفاده از نانوذرات PtO<sub>2</sub> پراکنده شده بر روی نانوذرات ZnO انجام شد. طبق نتایجی که گزارش شد، برای کاهش ۴-نیترو فنول در حضور هر یک از کاتالیزورها (ZnO or PtO<sub>2</sub>) که به طور جداگانه برای بررسی فعالیت فوتوکاتالیزوری ترکیب اصلی بررسی شد، میزان تبدیل نسبت به وقتی که ترکیب PtO<sub>2</sub>/ZnO به عنوان فوتوکاتالیزور استفاده شد، کمتر بود (شکل ۶) [6].



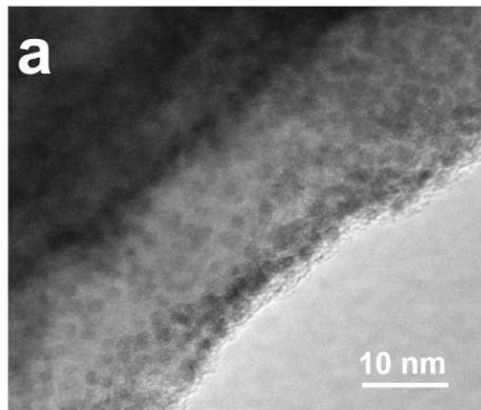
شکل ۶: مکانیسم احتمالی کاهش فوتوکاتالیزوری ۴-نیترو فنول با PtO<sub>2</sub>/ZnO

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۷: تصویر TEM از PtO<sub>2</sub>/ZnO پس از ده واکنش مکرر

### نتیجه گیری

میکروسکوپ های الکترونی عبوری، ابزارهایی ویژه در مشخص نمودن ساختار و مورفولوژی مواد می باشند. نتایج بررسی و تحقیقات نشان می دهد که استفاده از این دستگاه کمک شایانی در بررسی و شناسایی ترکیبات به خصوص فوتوکاتالیزورها می کند.

### منابع

1. Rubin, Matthew A., et al. "TEM analysis of the nanostructure of normal and osteoporotic human trabecular bone." *Bone* 33.3 (2003): 270-282.
2. Ameta, Rakshit, et al. "Photocatalysis." *Advanced oxidation processes for waste water treatment*. Academic Press, 2018. 135-175.
3. Ramu, A. G., et al. "Synthesis of porous 2D layered nickel oxide-reduced graphene oxide (NiO-rGO) hybrid composite for the efficient electrochemical detection of epinephrine in biological fluid." *Environmental Research* 200 (2021): 111366.
4. Qusti, A. H., R. M. Mohamed, and M. Abdel Salam. "Photocatalytic synthesis of aniline from nitrobenzene using Ag-reduced graphene oxide nanocomposite." *Ceramics International* 40.4 (2014): 5539-5546.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

۵. Maham, Mehdi, Mahmoud Nasrollahzadeh, and S. Mohammad Sajadi. "Facile synthesis of Ag/ZrO<sub>2</sub> nanocomposite as a recyclable catalyst for the treatment of environmental pollutants." *Composites Part B: Engineering* 185 (2020): 107783.

۶. Yang, Xiaoyan, et al. "Photoinduced in situ deposition of uniform and well-dispersed PtO<sub>2</sub> nanoparticles on ZnO nanorods for efficient catalytic reduction of 4-nitrophenol." *ACS applied materials & interfaces* 10.27 (2018): 23154-23162.



## سنتز هتروسیکل های پنج عضوی با استفاده از امواج فراصوت

حامد قادری<sup>۱\*</sup>، محمدرضا زمانلو<sup>۱</sup>

۲- اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی-کاربردی (zamanlou@yahoo.com)

### چکیده

ترکیبات هتروسیکلیک آلنج عضوی یک ساختار حلقوی با حداقل یک نوع هترو اتم متفاوت در حلقه می باشند. نیتروژن، اکسیژن و گوگرد رایج ترین هترو اتم ها هستند. حلقه های هتروسیکلیک پنج عضوی خواص بیولوژیکی و دارویی زیادی دارند. امواج فرا صوت یک روش عالی برای فعال سازی و تسریع سنتز آلی به عنوان همچنین یک روش عالی برای سنتز حلقه های پنج عضوی برای به دست آوردن عملکرد بهتر، واکنش های اکتصادی و سازگار با محیط زیست است. امواج فرا صوت انجام بسیاری از واکنش های شیمیایی و حتی برخی از واکنش هایی که تحت روش های معمولی قابل دستیابی نیستند را سبب می شود. در این بررسی کوتاه، مهم ترین روش های سنتز فراصوت هتروسیکل های پنج عضوی را به صورت خلاصه ارائه کردیم.

<sup>1</sup> Hetrocyclic



## مقدمه

کلمه اولتراسونیک یا Ultrasonic به معنای فراصوت است. محدوده فرکانسی شنوایی افراد متفاوت است و با بالا رفتن سن این بازه کاهش می یابد. محدوده فرکانس شنوایی از سان ۲۰ هرتز تا ۲۰۰۰۰ هرتز است. محدوده فرکانسی امواج فراصوت ۴۰ کیلو هرتز تا چندین مگا هرتز می باشد. به این نکته باید توجه کرد که اصطلاح "فراصوت"، با "مافوق صوت" به انگلیسی ((Supersonic که برای سرعت بالاتر از سرعت صوت استفاده می شود، متفاوت است. امواج فراصوت همانند امواج دیگر خواص شکست، پراش، بازتاب و عبور دارند. این امواج به سه روش مکانیکی، مغناطیسی و الکتریکی ایجاد میشوند.

حمام فراصوت با توانایی امواج مکانیکی - صوتی با فرکانسی بالاتر از حد شنوایی انسان. یکی از کاربردهای مهم امواج التراسونیک استفاده از ضربه ناشی از کاویتاسیون ایجاد شده توسط آن در فرآیند شستشوی التراسونیک می باشد. اصول کلی این روش مبتنی بر غوطه وری قطعات مورد نظر در یک مایع واسطه می باشد که این مایع توسط یک مولد امواج فراصوت با فرکانس و شدت بسیار بالایی مرتعش شده و هنگامی که کاویتاسیون به وجود آمده عمل شستشو و پاک کردن قطعه را انجام می دهد. استفاده از امواج مافوق صوت بدلیل خواصی که دارند بعضاً کاربردهای متنوع و جالبی دارند. دستگاه پاک کننده التراسونیک با استفاده از امواج مافوق صوت ذرات چربی و آلودگی هایی را که روی سطح جسم قرار گرفته جدا کرده و جسم را پاک می کند. یک سیستم پاک کننده التراسونیک شامل ۳ قسمت اصلی است: منبع تغذیه، ترانسدایوسر (پیزوالکتریک) و محفظه. اعمال سیگنال ورودی از منبع تغذیه به یک پیزوالکتریک باعث ارتعاش آن شده و انتقال این نو سان از جداره محفظه به مایع درون آن می تواند مولکول های مایع را تحت تاثیر قرار داده و پدیده کاویتاسیون را به وجود آورد. کاویتاسیون نتیجه ضربان در فرآیند شستشو التراسونیک است که با تغییر فرکانس ورودی منبع تغذیه پدیدار شده و می تواند تاثیرات مختلفی روی جسم مورد شستشو بگذارد.

[1].

<sup>1</sup> cavitation



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۸: شمای حمام فراصوت

#### سنتر ترکیبات هتروسیکلی با استفاده از امواج فراصوت

هترو سیکل ها در بسیاری از زمینه های علوم (از جمله آلی، معدنی، زیست آلی، کشاورزی، صنعتی، دارویی و شیمی دارویی، و همچنین علم مواد) اهمیت فراوانی دارند. یک رویکرد به خصوص جذاب مبتنی بر واکنش های هتروسیکل سازی با استفاده از امواج فراصوت در بسترهای عامل دار مناسب است که می تواند سنتر انتخابی هتروسیکل های دارای عملکرد بالا را با استفاده از مواد اولیه در دسترس تحت شرایط ملایم و انتخابی امکان پذیر سازد. استفاده از امواج فراصوت برای پیشبرد واکنش های شیمیایی سونوشیمی نامیده می شود. اثرات فراصوت مشاهده شده در طی واکنش های آلی ناشی از کاویتاسیون است، فرآیندی فیزیکی که حفره های گازی و بخاری را در یک مایع تحت تابش ایجاد می کند، بزرگ می کند و منفجر می کند. کاویتاسیون باعث ایجاد دما و فشار محلی بسیار بالا در داخل حباب ها (حفره ها) می شود که منجر به جریان آشفته مایع و افزایش انتقال جرم می شود [2].

کاربردهای فراصوت در تشکیل حلقه های هتروسیکلیک پنج عضوی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

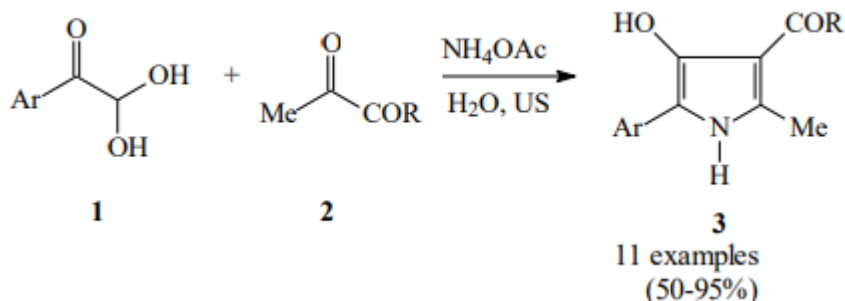
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

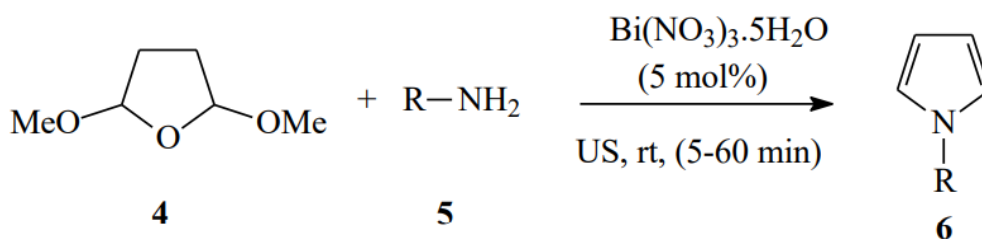


استرهای ۵-آریل-۴-هیدروکسی-۱-پیرول-۳-کربوکسیلیک اسید (3) از طریق واکنش سه جزئی آریل گلیوکسال هیدرات جایگزین شده (1) و ترکیبات- $\beta$  دی کربونیل (2) در حضور استات آمونیوم در آب سنتز شدند (محصولات با عملکرد خوب و بدون نیاز به خالص سازی به دست آمدند) (شماي ۲) [4].



شکل ۹: روش سنتز استرهای ۵-آریل-۴-هیدروکسی-۱-پیرول-۳-کربوکسیلیک اسید با استفاده از امواج فراصوت

یک سری از مشتقات پیرول جایگزین شده با N (6) از واکنش ۲،۵-دی متوکسی تتراهیدروفوران (4) با آمین های مختلف (5) در حضور مقدار کاتالیزوری (۵ مول درصد) از بیسموت نیترات پنتا هیدرات تحت تابش اولتراسونیک سنتز شدند (شکل ۳) [5].



شکل ۱۰: روش سنتز مشتقات پیرول از طریق امواج فراصوت

سنتز سه جزئی بدون کاتالیزور بسیار موثر و سریع مشتقات ۳،۵-دی هیدرو-۵-ایمینو-۲-متیل فوران ۴،۳-دی کربوکسیلات از واکنش ایزوسیانیدها (7) و دی آلکیل استیلن دی کربوکسیلات ها (8) در حضور انیدرید استیک در  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  تحت تابش فراصوت (شکل ۴) [6].





# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

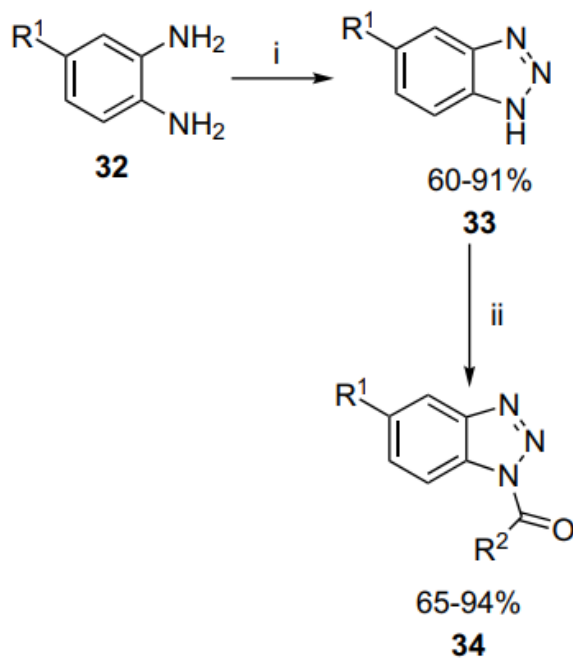
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



دست آمدند. سپس محصولات (33) تحت یک واکنش آسیلا سیون تحت امواج فرا صوت قرار گرفتند تا ۱- آسیلا بنزوتریازول (34) به دست آید [8].



$R^1 = \text{H, Me, Cl and PhC(O)}$

i:  $\text{NaNO}_2, \text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ , ...).

ii:  $\text{R}^2\text{COX, CH}_2\text{Cl}_2$  or  $(\text{CH}_3\text{CO, ...})$ .

شکل ۵: سنتز H-benzotriazoles (33) از O-phenylenediamine (32) و نیتريت سدیم در اسید استیک توسط امواج فرا صوت

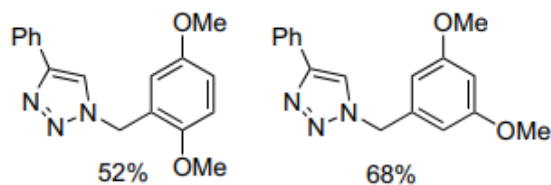
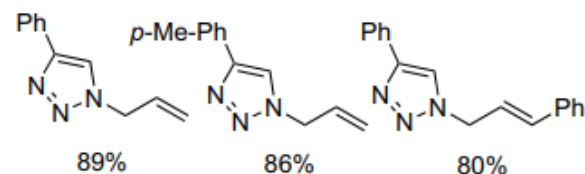
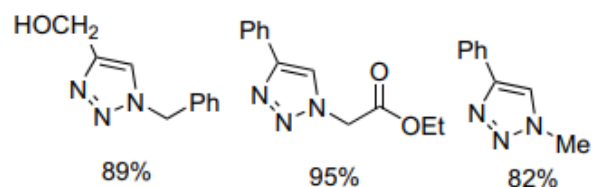
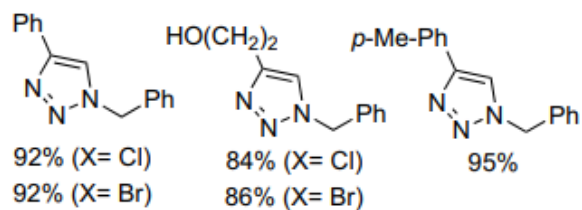
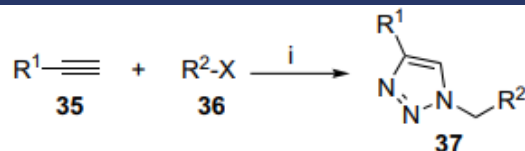
۱.۲ و ۳- تری آزول (37) و ۴- دو استخلافی با موفقیت از آزید سدیم، آلکین های انتهایی (35) و آلکیل/آریل هالیدهای (36) سنتز شدند (شکل ۶). محیط آبی تحت تابش ایالات متحده در دمای اتاق به مدت ۱۵ تا ۳۰ ساعت. همه محصولات با بازده خوب تا عالی، با گزینش منطقه ای بالا به دست آمدند [9].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



i:  $NaN_3$ ,  $H_2O$ , r.t.,  $CuI$  (10 mol%),  $CH_2Cl_2$ ).

شکل ۶: روش سنتز ۲، ۳ و ۴-تری آزول دو استخلافی از طریق امواج فراصوت

### نتیجه گیری

در این گزارش، ما روش های سنتز حلقه های هتروسیکلیک را با امواج فراصوت را بررسی کردیم. در مقایسه با روش های مرسوم، امواج فراصوت مزایای متعددی از جمله افزایش سرعت واکنش، انتخاب پذیری، زمان واکنش کوتاه تر، بازده بالاتر و تکنیک سازگار با محیط را فراهم می کند.

منابع



## روش کجدال، روشی با سیر تحول کاربردی در زمینه اندازه گیری نیتروژن (ازت N)

محمد انوار<sup>۱\*</sup>

۱- دانشگاه محقق اردبیلی، دانشجوی دکتری و دانش آموخته کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، کارشناس مسئول و مدیر کیفی آزمایشگاه مرکزی، اردبیل، خیابان دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، معاونت پژوهش و فناوری، آزمایشگاه مرکزی، کد پستی ۵۶۱۹۹۱۳۱۳۱، شماره تماس ۰۹۱۰۴۱۳۳۱۲۲، ایمیل: anvar@uma.ac.ir

### چکیده

با توجه به فاکتورهای نظیر جهانی بودن، دقت و قابلیت تکرار، روش کجدال بوسیله دستگاه کجدال به یک روش شناخته شده بین المللی به منظور تخمین محتوای ازت و پروتئینی در مواد مختلف و یک روش استاندارد جهانی تبدیل شده است. که تمامی روش های دیگر نیز با آن سنجیده می شود. از دستگاه کجدال همچنین به منظور ارزیابی خاک ها، فاضلاب ها، کودها، مواد غذایی، گیاهان و سایر مواد استفاده می شود. اساس روش، اندازه گیری ازت کل موجود در نمونه مورد آزمایش بوده و در صورت نیاز به مقدار پروتئین موجود در ماده از روابط بین میزان ازت کل و پروتئین استفاده و محاسبه می شود. روش کجدال علی رغم ابداع توسط جوهان کجدال در سال ۱۸۸۳ و گذشتن قریب به ۱۴۰ سال از آن، همان اصول اولیه خود را حفظ کرده و تبدیل به یک روش بین المللی در آنالیز شیمیایی شده است. ولی به مدد فناوری و تجهیزات آزمایشگاهی سیر تکاملی بسیار جالبی را طی کرده و پیوسته دانشمندان، متخصصین دستگاهی و شرکت های مختلف بین المللی بر روی کیفیت روش، سرعت و دقت آن و همچنین افزایش تعداد نمونه قابل اندازه گیری در طی یک روز و یک بازه زمانی قابل انجام آزمایش کار کرده و دستگاه های به روز تری را به دنیا و دانشگاه ها و آزمایشگاه های آنالیز شیمیایی ارائه کرده اند. تجهیزات بسیار ساده و ابتدایی آزمایشگاه جوهان کجدال و طی زمان طولانی و دقت پایین آزمایشات آن زمان، رفته رفته تبدیل به دستگاه های چندگانه و سپس نیمه اتوماتیک و تمام اتوماتیک گشته و خطای انسانی آزمایش را نیز به حداقل ممکن کاهش داده و زمان انجام را بهبود بخشیده و تعداد نمونه ها را به حداکثر ممکن افزایش داده است.

کلمات کلیدی: روش - کجدال - کدال - نیتروژن.





## مقدمه

پروتئین ها ترکیبات آلی پیچیده ای هستند که وزن مولکولی زیادی بین پانصد تا چند میلیون دارند. ساختمان آن ها عموماً از ۵۳٪ کربن، ۲۳٪ اکسیژن، ۱۶٪ نیتروژن یا ازت، ۷٪ هیدروژن و کمتر از ۱٪ گوگرد و فسفر تشکیل شده است. در ارزیابی کیفیت پروتئین موجود در مواد غذایی، معمولاً از اندازه گیری پروتئین خام استفاده می شود.

روش کلدال یا کجلدال روشی در شیمی تجزیه می باشد که از آن به منظور تعیین و مشخص سازی و آنالیز و تشخیص نیتروژن در مواد مختلف استفاده می شود. رایج ترین روش برای اندازه گیری کل ازت موجود در مواد مختلف و به تبع آن محاسبه پروتئین خام، روش کجلدال است، که برای اولین بار در سال ۱۸۸۳ توسط دانشمند دانمارکی به نام جوهان کجلدال (JOHAN KJELDAHL) ارائه گردید و تاکنون از این روش برای تعیین میزان ازت استفاده می شود. در روش کجلدال، اندازه گیری ازت کل به سه مرحله کلی هضم، تقطیر و تیتراسیون تقسیم بندی می شود. ساختار اصلی کجلدال از حرارت دادن ماده اصلی مورد نظر با اسید سولفوریک می باشد. که ماده آلی را بر اساس اکسیداسیون تجزیه می کند تا به دنبال آن نیتروژن کاهش یابد و به صورت سولفات آمونیم آزاد شود.

### ۱- مبانی نظری

به منظور برآورد درصد ازت، ابتدا نمونه مورد نظر را توسط اسید سولفوریک هضم نموده، و ازت موجود به صورت سولفات آمونیوم تبدیل می گردد. سپس ازت موجود در سولفات آمونیوم را به صورت آمونیاک آزاد و توسط اسیدبوریک به بورات آمونیوم تبدیل نموده و با استفاده از اسیدسولفوریک ۱/۱. نرمال آن را تیترا می نماییم و آنگاه با محاسبه اسید مصرفی مقدار ازت بدست می آید.

هضم:

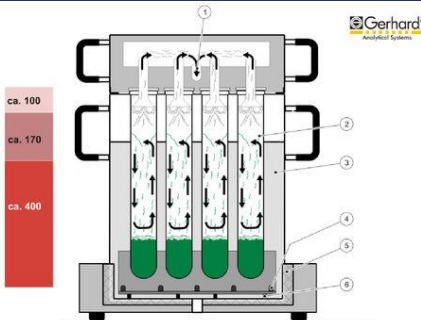
مقداری از نمونه مورد نظر را داخل تیوپ های مخصوص ریخته و اسید و کاتالیزور را بر روی آن اضافه کرده و در اجاق های مخصوص که اکنون الکتریکی هستند بصورت صعودی تا دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد حرارت داده و به اصطلاح هضم می نماییم. قابل ذکر است، میزان نمونه به درصد پروتئین رابطه مستقیم دارد. جهت تسریع در عملیات هضم، مخلوط کاتالیز سولفات مس و سولفات پتاسیم و دی اکسید سلیوم اضافه می کنیم. جهت انجام آزمایش، مدت ۲/۵ الی ۲۴ ساعت مورد نیاز است. و رنگ سبز مایل به آبی یا سفید محلول، نشان دهنده اتمام واکنش هضم است (شکل ۱).

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

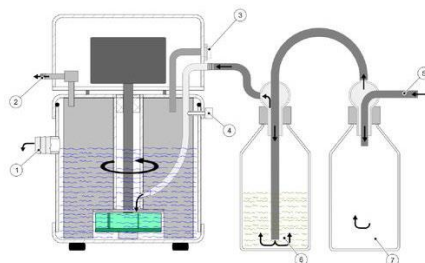
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۱. سیستم هضم کج‌دال

برای تصفیه گازهای متصاعد شده از سیستم هضم و درون تیوپ‌ها نیز سیستمی طراحی شده است که با مکش گازها از بالای تیوپ‌ها بدون اینکه ذره ای از گازها به محیط آزمایشگاه متشر شود و خنثی سازی آن درون ظرف محتوی آب شهری و تخلیه به مرور درون فاضلاب آزمایشگاه عمل می‌کند (شکل ۲).



شکل ۲. سیستم تصفیه گازهای تصعید شده از مرحله هضم

### تقطیر:

محلول بدست آمده از مرحله هضم را بعد از سرد شدن با مقداری آب مقطر رقیق کرده و در یک سمت دستگاه تقطیر قرار می‌دهیم، در سمت دیگر دستگاه ظرفی حاوی اسید بوریک ۲٪ و معرف‌های قرمز و سبز را نیز قرار داده و به آرامی مقداری محلول NaOH را به لوله هضم اضافه می‌کنیم. محلول مورد استفاده برای هیدروکسید سدیم بصورت غلیظ ۴۰٪ و یا ۳۲٪ بسته به نوع ماده مورد آزمایش متغیر است. افزودن NaOH به محلول، باعث متصاعد شدن گاز آمونیاک شده و بعد از انجام عملیات تبرید، آمونیاک مایع وارد ظرف اسید بوریک می‌شود. برای تهیه معرف زمانی که تغییر رنگ از قرمز به سبز مشاهده شد، بورات آمونیوم حاصل گردیده است. معرف تیتراسیون ترکیبی از اسید بوریک، متیل رد و برومو کرزول گرین می‌باشد. در آخر جهت اطمینان، لوله‌های دستگاه را با آب مقطر شستشو می‌دهیم.



## تیتراسیون:

در این مرحله اسید سولفوریک ۱/۰ نرمال را به صورت قطره ای از طریق لوله مدرج بورت به محلول بورات آمونیوم اضافه می کنیم. زمانی که محلول از رنگ سبز به قرمز تغییر رنگ داد، حجم اسید مصرفی را در نظر می گیریم. درصد ازت موجود در نمونه از طریق روابط روش محاسبه می کنیم.

## ۲- بررسی و تجزیه تحلیل

در بررسی روش کجدال و اجرای آن در آزمایشگاه ها در طول سالیان سال تغییر خاصی رخ نداده است و اساس روش همان است که توسط جوهان کجدال ارائه شده است. اما در اجرای روش و مقدار مواد مصرفی و زمان های انجام و یا ترکیبات برخی مواد ترکیبی یا محلول ها و یا غلظت آنها بر اساس نوع ماده در حال اندازه گیری و یا نوع دستگاه و یا خصوصیات مناطق مختلف ماده استخراج شده از آنها بروز رسانی هایی صورت گرفته است. برای مثال در مورد خاک بسته به نوع خاک و بافت آن و تجربه مقدار ازت موجود در خاک مناطق مختلف در میزان مواد مصرفی و زمان برخی مراحل مثل هضم و تقطیر تغییراتی صورت می گیرد. این مساله در مورد گیاه و کود و انواع فاضلاب نیز صادق است. برخی غلظت های محلول های تیتراسیون نیز بر اثر مقدار ازت موجود در ماده ممکن است تغییر کند. برای مثال ممکن است بر اساس بیش بود یا کمبود میزان ازت در خاک غلظت اسید سولفوریک مصرفی برای تیتراسیون ۱/۰ یا ۰/۱ یا ۰/۰۵ نرمال و میزان مصرف اسید سولفوریک غلیظ در ابتدای هضم که ممکن است ۹۵٪ یا ۹۸٪ باشد بین ۱۰ میلی لیتر تا ۲۰ میلی لیتر بر اساس درصد خلوص متغیر شود. یا بر اساس نوع پودر شده ماده اولیه برای خاک یا گیاه یا مواد غذایی و یا غیره میزان کاتالیزور یا نسبت ترکیب کاتالیزور تغییر کند. بهترین تصمیم گیری در این مورد علاوه بر اجرای روش های علمی، تجربه آزمایش و همچنین انجام آزمون های متعدد با ترکیبات، نسبت ها و زمان بندی ها است تا یک متد ثابت برای نوع ماده به دست آید و بایستی همیشه اصل سیال بودن روش را در نظر گرفت که بر اساس تجربیات نویسنده مقاله در مورد خاک، گیاه، کود، فاضلاب، مواد غذایی و ... در مناطق مختلف اقلیمی، آب و هوایی و ژئومورفولوژی تجربه و استفاده شده است.

مساله دیگر در روش کجدال که البته به اجرای روش و دقت و سرعت و تعداد نمونه قابل اندازه گیری مربوط می شود، نوع دستگاه مورد استفاده است. تجهیزات مصرفی جوهان کجدال در عصر خود عبارت از بالن و چراغ الکلی و شیشه آلات ابتدایی بود که بر اساس اینکه ترکیب و تجزیه مواد مختلف خصوصا کاربرد اسید سولفوریک غلیظ و همچنین سود غلیظ انجام می شد از ایمنی چندانی نیز برخوردار نبود و کمترین بی دقتی موجب بروز انفجار، آتش سوزی و پخش قطعات شیشه ای شکسته و پاشش اسید و باز قوی به اطراف علی الخصوص چشم و صورت و لباس آزمایشگر می شد. به مرور زمان همزمان با کار بر روی صحت و دقت روش، بر روی تجهیزات قابل استفاده نیز کار شد و به مرور دستگاه های ابتدایی و نیمه اتوماتیک و هم اکنون تمام اتوماتیک ابداع و عرضه شد.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



یک مشکل و چالش نیز زمان آنالیز و تعداد نمونه بود. با توجه به اینکه عملیات هضم و تقطیر و تیتراسیون باید پیوسته بوده و مخصوصا زمان هضم بسیار طولانی است و همچنین زمانی نیز در روش دستی و نیمه اتوماتیک باید برای سرد شدن صرف شود، برپا نمودن سری های متعدد برای آنالیز با توجه به اینکه برای هر نمونه یکسری کامل تجهیزات لازم بود هم زمان بر بوده و هم مستلزم صرف هزینه زیاد و همچنین اشغال فضای زیادی از آزمایشگاه می شد. این چالش به مرور با تعبیه اجاق های پر تعداد برای مرحله هضم چاره جویی شد و همزمان ۶ و بعدا ۱۲ و ۳۶ و ۴۸ و هم اکنون اجاق هایی با تعداد ۱۰۰ ظرفیت همزمان هضم نمونه ساخته شده است. چالش بعدی تقطیر تک تک این نمونه ها بود و بعد از آن تیتراسیون نمونه ها که روش دستی آن با خطای انسانی تشخیص تغییر رنگ و تعیین پایان تیتراسیون نیز همراه بود. مشکل این بخش خطای انسانی با تبدیل روش انسانی به روش تمام اتوماتیک دستگاهی چاره جویی شد ولی همچنان مشکل انجام تک تک نمونه ها توسط اپراتور و جاگذاری در داخل دستگاه باقی بود که خود با خطراتی همراه بود. تکان داده شدن ناگزیر تیوپ های مخصوص هنگام جابجایی از اجاق هضم به درون دستگاه تقطیر مشکل و خطر بزرگی بود که هم اکنون نیز با توجه به اینکه دستگاه مورد استفاده اکثر مراکز دنیا بخصوص کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه از آن نوع است همچنان پابرجاست و لازم است کلیه اصول ایمنی و همچنین استفاده از وسایل حفاظت فردی نظیر روپوش، دستکش و عینک محافظ رعایت شود.

اما با توجه به توسعه و تحول بسیار سریع دستگاه های آنالیز مختلف با هر روش دیگر که چالش بزرگ آنها نیز اندازه گیری تعداد بالای نمونه بود با دستگاه های جانبی کمک کننده جاگذاری نمونه داخل دستگاه، نظیر دستگاه های اسپکتروفتومتر، جذب اتمی، GC، ICP، GC/MS و یا TOC و CHNSO، هم اکنون پیشرفته ترین نوع دستگاه کجلدال ارائه شده، قابلیت هضم همزمان ۱۰۰ نمونه و همچنین جاگذاری به ترتیب این نمونه ها داخل دستگاه تقطیر و تیتراسیون تمام اتوماتیک و همچنین محاسبه تمام آنالیزها و انتقال داده به کامپیوتر و چاپ آن را دارا می باشد که تحول بزرگی محسوب می شود. از بابت زمان بندی هم بسیار سریع بوده و حجم و فضای اشغالی توسط دستگاه نیز بسیار کمتر از برپایی ۱۰۰ سیستم تکی کجلدال جوهان کجلدال می باشد. اما مستلزم صرف هزینه بسیار گزاف و خرید از کمپانی های بین المللی که این دستگاه را تولید کرده اند می باشد. و مساله دیگر هزینه نگهداری این دستگاه ها نیز می باشد که شامل هزینه بالای قطعات یدکی و سرویس های دوره ای است.

### ۳- نتیجه گیری

دانش بشری پیوسته در حال توسعه و تحول و پیشرفت بوده است. این مساله در تمام مسائل و بخش ها صادق است. در مبحث آزمایشگاه و فناوری و روش و تجهیزات آزمایشگاهی هم همینطور می باشد. دانشمندان علوم کاربردی و متخصصین دستگاهی و تجهیزاتی بعنوان مکمل همدیگر در خدمت علم و بشریت بوده اند. البته در برخی زمان ها و یا

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

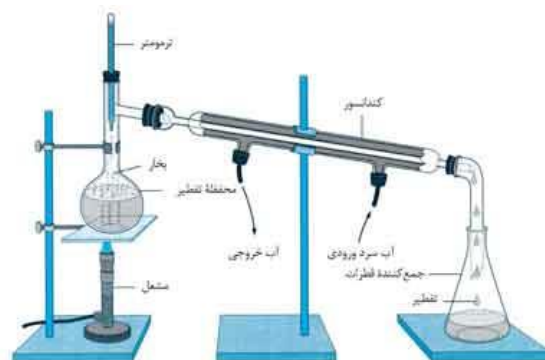
### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مکان ها دانشمندان خودشان همزمان در نقش متخصصین و سازندگان دستگاهی نیز به ایفای نقش پرداخته اند ولی کثرت علوم و همچنین گستردگی علوم مهندسی در ساخت ابزار و همچنین گسترش تجهیزات پیشرفته و هوشمند نظیر سنسورها، هشداردهنده ها، تجهیزات رباتیک و هیدرولیک و پنوماتیک و همچنین تحولات علوم مهندسی، الکترونیک، کامپیوتر و دیجیتال، هیدرولیک، هوش مصنوعی و علوم رمز و کدنویسی فرمان های انجام دهنده برای دستگاه ها به کمک تسهیل کارهای آزمایشگاهی، افزایش صحت و دقت آنالیزها و همچنین کاهش زمان و کاهش مصرف مواد و انرژی و راحتی کار دانشمندان و متخصصین علوم آزمایشگاهی شده است. این امر مخصوصا در برخی شاخه هایی که سرعت در ارائه نتایج و تحلیل آنها مانند علوم پزشکی و آزمایشگاه های تشخیص طبی بسیار حیاتی و ضروری می باشد، نقش و اثر خود را بخوبی نشان می دهد. سیر تحول روش کجدال و همچنین روند توسعه دستگاه های انجام دهنده این روش در دنیا نیز مثال بارزی از این مساله است.



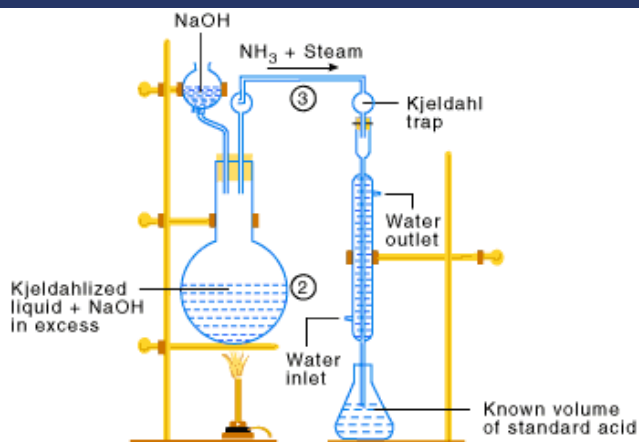
شکل ۳. شمایی از سیستم کجدال دستی مورد استفاده جوهان کجدال

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۴. شمایی از سیستم کجداال دستی مورد استفاده جوهان کجداال

	مرحله هضم
(۱)	$H_2SO_4 \uparrow + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$
(۲)	سولفات آمونیوم $(NH_4)_2SO_4 \rightarrow H_2SO_4$ + ازتالی
	مرحله تقطیر
(۱)	$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow 2NH_3 \uparrow + Na_2SO_4 + 2H_2O$
(۲)	$NH_3 \uparrow + H_3BO_3 \rightarrow NH_4H_2BO_3$
	مرحله تیتراسیون
(۱)	$NH_4H_2BO_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + H_3BO_3$

شکل ۵. مراحل شیمیایی روش کجداال در اندازه گیری ازت کل





# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شکل ۶. دستگاه تمام اتوماتیک کجدال



شکل ۷. دستگاه تمام اتوماتیک کجدال با قابلیت آنالیز همزمان ۱۰۰ نمونه و جاگذاری اتوماتیک

### منابع

- [1] J. Kjeldahl., (1883) *Zeitschrift für Analytische Chemie, C.W. Kreidels Verlag* Page 366-382 "Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in Organischen Körpern."
- [2] C. Gerhardt., (1914) *Illustration from catalogue from 1914.*
- [3] Dr. H. Hadorn, Ch. Obrist, *Systematische (1973) Ver-suche mit verschiedenen Katalysatoren für den Kjeldahl-Aufschluß, Deutsche Lebensmittel Rundschau, Volume 3, page 109/114.*
- [4] [www.gerhardt.de](http://www.gerhardt.de)
- [۵] محمدجعفر ملکوتی، روش های تجزیه خاک و آب و گیاه (۱۳۷۵)، تهران، انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب.
- [۶] منوچهر زرین کفش، روش های آنالیز خاک (۱۳۷۸) تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۷] منوچهر مفتون، آزمایشگاه حاصلخیزی خاک (۱۳۷۸) شیراز، انتشارات دانشگاه شیراز.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[۸] محمدرضا حق پرست تنها، حاصلخیزی خاک و کود (۱۳۷۸) رشت، انتشارات دانشگاه گیلان.

[۹] محمد انوار، روش های تجزیه خاک (۱۴۰۱) اردبیل، انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی.

[۱۰] محمد انوار، (۱۴۰۱-۱۳۷۸) رشت، اردبیل، تهران، تجربیات آزمایشگاهی.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری







## کاربرد دستگاه نانودراپ در تعیین کمیت و کیفیت DNA استخراج شده از خویشاوندان وحشی گندم

علی سجاد بکائی<sup>۱</sup>، امید سفالیان<sup>۲\*</sup>، بهزاد سرخی الله<sup>۳</sup> و علی اصغری<sup>۲</sup>

[sofalian@gmail.com](mailto:sofalian@gmail.com)

- ۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۳- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده:

به منظور بررسی و تعیین کمیت و کیفیت تعداد ۳۴۵ نمونه DNA استخراج شده از خویشاوندان وحشی گندم در آزمایشگاه بخش تحقیقات ژنتیک و بانک ژن گیاهی ملی ایران واقع در کرج از دستگاه نانودراپ مدل Thermo ND-1000 استفاده گردید و اطلاعات مربوط به میزان غلظت نمونه ها بر اساس نانوگرم و همچنین جذب طول موج های ۲۳۰، ۲۶۰ و ۲۸۰ نانومتر قرائت گردید و نسبت ۲۶۰ به ۲۸۰ و همچنین ۲۶۰ به ۲۳۰ به منظور بررسی کیفیت DNA استخراج شده از خروجی دستگاه تهیه شد که در اکثر موارد کیفیت قابل قبولی از نمونه ها بدست آمد به نحوی که اعداد نسبت ۲۶۰ به ۲۸۰ بین ۱/۸ تا ۲/۲ و همچنین اعداد نسبت ۲۶۰ به ۲۳۰ نیز بین اعداد ۱/۸ تا ۲ برای نمونه ها مشاهده شدند که این نشان از کیفیت بالای DNA های استخراج شده در این آزمایش بود. همچنین سرعت انجام کار توسط این روش بسیار سریع تر از دیگر روش های بررسی کمیت و کیفیت ماده ژنتیکی استخراج شده بود لذا بهره گیری از این دستگاه به کلیه آزمایشگاه های زیستی و مولکولی پیشنهاد می شود.

کلمات کلیدی: DNA، نانودراپ، کمیت، کیفیت



#### مقدمه:

نانودراپ یک دستگاه اسپکتروفتومتر آزمایشگاهی رایج است. با این دستگاه اسپکتروفتومتری می توان چندین نمونه را در کمتر از یک دقیقه با دقت و قابلیت تکرار بالا اندازه گیری نمود. نانو دراپ بر اساس قانون بیر و لامبرت (Beer-Lambert law) عمل می کند. وقتی نور تک رنگ (نور با طول موج خاص) از یک محلول عبور می کند، معمولاً بین غلظت املاح و شدت نور منتقل شده رابطه کمی وجود دارد، یعنی هرچه نمونه غلظت بیشتری داشته باشد، نور کمتری نیز از طریق آن منتقل می شود.

سیستم نگهداری نمونه در اسپکتروفتومتری NanoDrop از کشش سطحی استفاده می کند تا نمونه را در جای خود بین دو فیبر نوری نگه دارد. این امکان اندازه گیری نمونه های بسیار غلیظ بدون نیاز به رقت را فراهم می کند. سادگی استفاده از NanoDrop برای اندازه گیری RNA و DNA حیرت انگیز است. نانو دراپ دستگاهی قدرتمند و پیشرفته برای اندازه گیری غلظت DNA و RNA است. برای آزمایشگاه هایی که تقاضای زیادی برای تجزیه و تحلیل نمونه دارند، این ابزار یک راه حل مقرون به صرفه است که در مدت زمان بسیار کوتاهی هزینه خود را پرداخت خواهد کرد. هر نمونه ای که در آزمایشات مختلف مورد استفاده قرار می گیرد نیاز به سنجش غلظت دارد. هیچ گاه نمی توان بدون اطلاع از غلظت یک ماده حل شده در یک محلول اقدام به اعمال هرگونه آزمایشی بر روی آن نمونه کرد. و تکنیک نانو دراپ یکی از بهترین راه های سنجش غلظت مواد مختلف حل شده در یک حلال می باشد.

این دستگاه براساس طول موج عبوری از نمونه مورد نظر غلظت و کیفیت DNA را تعیین می کند. این دستگاه متصل به رایانه

است و نتایج حاصل را به صورت عددی و ترسیم نمودار نشان می دهد. در این روش تعیین خصوصیات کیفی DNA با خواندن نسبت  $A_{260}/A_{280}$  صورت می گیرد که در آن میزان جذب نور برای DNA در طول موج 260 nm اندازه گیری و مقدار DNA تعیین می شود. بهترین حالت  $OD_{260}/OD_{280}$  حدود  $1.8-2$  است که مقادیر کمتر از  $1/8$  نشانه آلودگی پروتئینی و دیگر جذب کننده های اشعه ماوراء بنفش است. نسبت بیشتر از 2 هم نشانه وجود RNA زیاد در نمونه است

از نانو دراپ می توان برای تعیین خلوص نمونه استفاده کرد. نسبت  $A_{260}/A_{280}$  را برای تشخیص آلودگی پروتئینی و آلودگی RNA در مورد نمونه های DNA و نسبت  $A_{260}/A_{230}$  را برای تشخیص آلودگی با نمک های شوتروپیک،

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

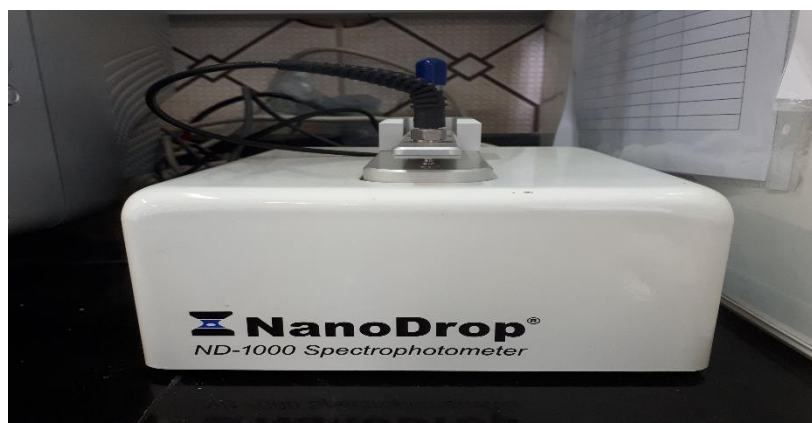


شوینده های

غیر یونی و فنل استفاده شود.

روش کار:

در این بررسی DNA تعداد ۳۴۵ نمونه از خویشاوندان وحشی گندم توسط روش (Saghai-Marroof et al., 1984) در آزمایشگاه بخش تحقیقات ژنتیک و بانک ژن گیاهی ملی ایران در سال ۱۴۰۰ استخراج گردید که به منظور بررسی کمیت و کیفیت DNA استخراج شده از دستگاه نانودراپ مدل Thermo ND-1000 استفاده گردید که منظور بهره مندی از خروجی داده های دستگاه مربوطه از نرم افزار Exel استفاده گردید.



نتایج:

در این تحقیق اطلاعات مربوط به میزان غلظت DNA ۳۴۵ نمونه بر اساس نانوگرم و همچنین جذب طول موج های ۲۳۰، ۲۶۰ و ۲۸۰ نانومتر توسط دستگاه نانو دراپ قرائت گردید و نسبت های ۲۶۰ به ۲۸۰ و همچنین ۲۶۰ به ۲۳۰ به منظور بررسی کیفیت DNA استخراج شده از خروجی دستگاه تهیه شد که در اکثر موارد کیفیت قابل قبولی از نمونه ها بدست آمد به نحوی که اعداد نسبت ۲۶۰ به ۲۸۰ بین ۱/۸ تا ۲/۲ و همچنین اعداد نسبت ۲۶۰ به ۲۳۰ نیز بین اعداد ۱/۸ تا ۲ برای نمونه ها مشاهده شدند که این نشان از کیفیت بالای DNA های استخراج شده در این آزمایش بود. با توجه به شکل ۱ در منحنی بایستی یک پیک در ۲۶۰ نانومتر وجود داشته باشد که نشان دهنده وجود اسیدهای نوکلئیک است و هیچ قله ای در جای دیگر وجود نداشته باشد و اگر پیک های دوگانه یا جابجایی در منحنی وجود داشته باشد، وجود علائم ناخالصی می باشد.



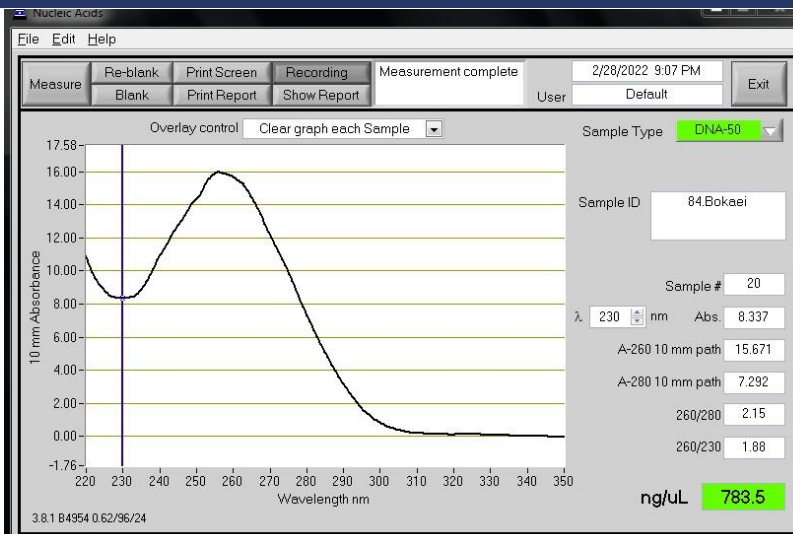
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۱. تصویری از گراف و اطلاعات دستگاه نانودراپ در بررسی نمونه ی DNA

همچنین در تفسیر اطلاعات بدست آمده از نانودراپ نسبت ۲۶۰ به ۲۸۰ نشان دهنده میزان خالص بودن نمونه از آلودگی پروتئینی است. از آنجایی که پروتئین ها در ۲۸۰ نانومتر جذب می شوند، نسبت کم ۲۶۰ به ۲۸۰ نشان دهنده وجود مقادیر بالای پروتئین نسبت به اسیدهای نوکلئیک است. نسبت ۲۶۰ به ۲۳۰ نیز مقداری است که نشان دهنده خلوص نمونه

نمک ها و سایر آلاینده هایی است که می توانند در ۲۳۰ نانومتر جذب شوند.

برای بهبود نسبت های ۲۶۰ به ۲۸۰، بهترین کار این است که پروتئین های آلوده را حذف کنیم. بنابراین، استفاده بیشتر از آنزیم های پروتئیناز K و تغییر پروتکل آزمایشی می تواند کمک کننده باشد و اگر نسبت ۲۶۰ به ۲۳۰ کم باشد، بهتر است مراحل شستشوی بیشتر در طول فرآیند استخراج ماده ژنتیکی صورت پذیرد تا به حذف آلودگی ها کمک کند. با این حال، انجام این کار همچنین می تواند منجر به از دست دادن مقداری اسید نوکلئیک شود. اما، از دست دادن مقدار کمی ماده ژنتیکی برای داشتن نمونه های خالص از آلودگی بهتر می باشد. و در کل استفاده از نانو دراپ به دلیل سرعت و دقت انجام کار نسبت به سایر روش های بررسی کمی و کیفیت ماده ژنتیکی استخراج شده همچون الکتروفورز توصیه می گردد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



منابع:

Beer-Lambert law in Oxford Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology (2)Length: 114 words

Saghai-Marooif, M. A., K. M. Soliman, R. A. Jorgensen and R. W. Allard. (1984). Ribosomal DNA sepacerlength polymorphism in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location and population dynamics. Proc. Nat. Ac. Sci. USA. 81: 8014–8019.



## بررسی انواع روش های چربی گیری با استفاده از دستگاه سوکسله

\*مرحمت قربانی زاده

کارمند دانشگاه محقق اردبیلی، مسئول آزمایشگاه های ژنتیک دام و تغذیه دام دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی

چکیده

دستگاه سوکسله در اصل برای استخراج چربی ها از مواد جامد طراحی شده بود با این حال استخراج سوکسله به استخراج چربی ها محدود نشده است. از سوکسله برای استخراج ترکیبات مدنظر که حلالیت محدودی در یک حلال داشته باشند و همچنین نا خالصی های آن ها در حلال نامحلول باشند نیز استفاده می شود. در صورتی که ترکیب مورد نظر حلالیت قابل توجهی در یک حلال داشته باشد می توان با یک تصفیه ساده ترکیب را از مواد نامحلول جدا کرد. دستگاه سوکسله به رغم طراحی های متفاوت با سلیقه شرکت ها بر اساس شستشوی کامل چربی یا ترکیبات مدنظر برای استخراج از مواد کار می کند. بازده استخراج چربی در دستگاه سوکسله به عوامل زیادی مثل اندازه ذرات نمونه، زمان چربی گیری و نوع حلال بستگی دارد.

کلمات کلیدی: سوکسله، چربی گیری، Ether extract





## مقدمه

دستگاه استخراج سوکسله Soxhlet extrac یکی از ابزارهای آزمایشگاهی است که توسط شیمیدان آلمانی فرانس فون سوکسله در سال ۱۸۷۹ میلادی اختراع شد. این وسیله آزمایشگاهی که معمولاً از شیشه ساخته می شود، برای جداسازی چربی ها (لیپیدها) از مواد جامد مورد استفاده قرار می گیرد. این دستگاه در اصل برای استخراج لیپید از یک ماده جامد طراحی شده است. به طور معمول، استخراج سوکسله هنگامی استفاده می شود که ترکیب مورد نظر دارای حلالیت محدودی در یک حلال باشد و ناخالصی در آن حلال نامحلول باشد. این اصل اجازه می دهد تا عملیات بدون نظارت در حالی که به طور کارآمد مقدار کمی حلال را بازیافت کنید تا مقدار بیشتری از مواد را حل کنید. در این بین از دستگاه های استفاده در آزمایشات بیشتر از دو روش شستشوی سیفونی و شستشوی قطره ای استفاده می شود.

### ۱-۲- بخش های مختلف دستگاه سوکسله

- منبع حرارتی: که اغلب از هیترهای الکتریکی برای جوشاندن حلال استفاده می شود.
- بالن محلول: که در بالای منبع حرارتی قرار گرفته و حلال در داخل آن گرم می شود.
- فلاسک: یا محل قرارگیری نمونه و انگشتانه.
- مبرد: که اغلب با استفاده از جریان آب سرد بخارات حاصل از جوشش حلال را سرد و به فلاسک منتقل می کند.



<sup>1</sup> Franz von Soxhlet

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

### نمای کلی از دستگاه سوکسله

#### ۳-۱- آماده سازی نمونه و روش کار

به طور معمول مواد جامدی که حاوی مقداری از ترکیب مورد نظر هستند در داخل یک انگشتانه (کارتوش) که از یک کاغذ صافی ضخیم درست شده است پر شده و در اتاقک اصلی استخراج جا گذاری می شود. سوکسله استخراج کننده روی یک فلاسک حاوی حلال مورد استفاده قرار می گیرد سوکسله مجهز به یک کندانسور است. حلال در حال برگشت به پایین گرم می شود. بخار حلال به وسیله بازوی تقطیر به بالا منتقل می شود و سر ریز آن به اتاقک انگشتانه حاوی مواد جامد می ریزد کندانسور باعث می شود که هر قطره بخار سرد شده حلال به داخل محفظه حاوی ماده جامد برگردد. حلال گرم به آرامی محفظه حاوی ماده جامد را پر می کند. مقداری از ترکیب مورد نظر در حلال گرم حل می شود. وقتی که مخزن سوکسله به طور کامل پر شد این محفظه، به صورت خودکار توسط سیفون جانبی تعبیه شده، تخلیه می شود و حلال دوباره به داخل محفظه تقطیر می ریزد. شاید لازم باشد که این چرخه ساعت ها یا روزها تکرار شود. در هر چرخه بخشی از مواد غیر فرار در حلال حل می گردند. پس از چرخه های زیاد ترکیب مورد نظر در ظرف تقطیر غلیظ می شود. مزیت این سیستم این است که به جای استفاده از مقدار زیادی از حلال، همان حلالی که از داخل نمونه عبور کرده دوباره بازیافت می شود. پس از استخراج، حلال با استفاده از یک اواپراتور گردنده حذف می شود و حاصل کار، ترکیب مورد نظر است. بخش غیر محلول از جامد، داخل انگشتانه باقی می ماند که معمولاً دور انداخته می شود.

اما در روش شستشوی قطره ای نمونه های آماده شده در داخل انگشتانه قرار گرفته و حلال پس از بخش مبرد به صورت قطره قطره بر روی نمونه ها ریخته و چربی را شستشو میدهد. مدت زمان آزمایش حداقل ۴ ساعت طول می کشد و چربی های نمونه مد نظر را به تدریج شسته و در بالن جمع آوری می کند. بعد از ۴ ساعت شیر جمع آوری حلال بسته شده تا بخارات حلال توسط مبرد سرد شده و جمع آوری گردد. بعد از تخلیه حلال و باز کردن دستگاه چربی و حلال باقی مانده در داخل بالن حلال آماده انجام آزمایشات دیگر مثل تبخیر حلال در اواپراتور و یا آزمایشات دیگر است. همچنین برای به دست آوردن درصد چربی باید حلال حتماً از داخل نمونه ها بخار شود که می توان از آن استفاده کرد.

برای محاسبه میزان چربی می توان به دو صورت عمل کرد یکی اندازه گیری اختلاف وزن بالن حلال که حلال آن پس از بازیافت و خشک شدن در آن اندازه گیری می شود و دیگری استفاده از اختلاف وزن نمونه و انگشتانه که قبل و بعد از دستگاه در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت توزین می شود.

بعد از به دست آوردن اختلاف بین قبل و بعد از چربی گیری با استفاده از فرمول زیر میزان چربی محاسبه خواهد شد :

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



$$\text{وزن بالن قبل سوکسله} - \text{وزن بالن بعد سوکسله} = \frac{\text{درصد چربی نمونه}}{\text{نمونه وزن}} * 100$$

همچنین بر اساس بررسی روش محاسباتی درصد چربی می توان به جای وزن بالن از اختلاف وزن کار توش و نمونه استفاده نمود.

### نتیجه گیری

بر اساس مطالعات حاضر هیچ اختلافی بین چربی استخراج شده در دو روش غرق آبی و قطره ای مشاهده نشده است. میزان چربی استخراج شده در سوکسله به طور مستقیم با اندازه ذرات و مدت زمان استخراج در ارتباط است.

### پیشنهاد

چون در دستگاه برای خنک و تبرید بخار حاصل از جوشاندن حلال از آب استفاده می شود و عموماً در روش کار دستگاه به مدت ۴ ساعت کار می کند پیشنهاد می شود برای خنک سازی بخارات از دستگاه های خنک کننده گازی که راندمان بهتری هم برای دستگاه خواهند داشت را بررسی کنند.

### منابع

- [۱] دکتر جمال سیف دواتی، دکتر رضا سیدشیری، اصول آزمایش های مقدماتی علوم دامی (۱۳۹۷)، جهاد دانشگاهی.
- [۲] N. Y. İskender, N. Kahrıman, G. Tosun, S. Terziođlu, Ş. A. Karaođlu, N. Yaylı (2013)“ Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils from the Aerial Parts of Astragalus hamzaogluı Extracted by Hydrodistillation and Microwave Distillation” Records of Natural Products, 7(3), 177-183. [۵] M. Nozari A., H. Basharnavaz, S. H. Kamali (2020) *Navel aspects in Iranian scientific laboratories*, 4, 27-32.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[۳] R. Kacem, Z. Meraihi (2006) "Effects of essential oil extracted from *Nigella sativa* (L.) Seeds and its main components on human neutrophil elastase activity", journal-pharmaceutical society of japan, 126(4), 301.

[۴] Andreja ,H., Majda, H., Zeljko, K and Davorin, B.2000. Comparison of antioxidative and synergistic effects of rosemary extract with " - tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil. Food Chemistry 2000. 71(2): 233-229.



## داده های سنجش از دور فضایی ابزاری برای شناسایی، برآورد و نقشه برداری ویژگی های خاکها

حمیدرضا متین فر<sup>۱\*</sup>، زیبا مقصودی<sup>۲</sup>

۱- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان (matinfar.h@lu.ac.ir)

۲- دانشجوی دکتری مدیریت منابع خاک و ارزیابی اراضی، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

### چکیده

سابقه و هدف: برآورد سریع و مقرون به صرفه ویژگی های خاک برای پایش و ثبت وضعیت خاکها باهدف اجرای شیوه های درست مدیریت اراضی ضروری است. با توجه به اینکه اندازه گیری های آزمایشگاهی مرسوم پرهزینه و زمان بر هستند و نمی توانند برای مجموعه داده بزرگ مناسب در نظر گرفته شوند. این مطالعه با هدف بررسی کارایی سنجنده های طیفی در محدوده دامنه های طیفی مادون قرمز، مرئی و مادون قرمز نزدیک برای تخمین ویژگی های خاک به عنوان جایگزینی برای اندازه گیری های مرسوم و همچنین مروری کوتاه بر مطالعات قبلی که در این زمینه ارائه شده است، انجام گرفت.

مواد و روش ها: توسعه زیر ساخت های اطلاعاتی سبب دسترسی سریع و آسان به پایگاه های داده های سنجش از دور نظیر Earth Explorer، Sentinel Hub و سرویس مدیریت اورژانس کوپرنیک (Copernicus open access Hub) شده است. از طریق این پایگاه ها کاربران می توانند به آخرین تصاویر ماهواره ای ارسال شده و یا تصاویر بایگانی شده در طول موج های مادون قرمز، مرئی، مادون قرمز نزدیک و ... دسترسی داشته باشند. از ترکیب و نسبت گیری باندی این داده ها شاخص های بارز کننده وضعیت پوشش گیاهی، پوشش گیاهی و خاک به همراه وضعیت مواد مادری خاک قابل استخراج است.

نتایج: با استفاده از تکنیک های مختلف پردازش داده می توان شاخص های سنجش از دوری مانند شاخص های پوشش گیاهی شامل NDVI، RVI و SAVI و یا شاخص های مواد مادری را از تصاویر ماهواره ای در محدود طیفی مادون قرمز نزدیک، مرئی و مادون قرمز استخراج کرد. همچنین از این داده ها برای نقشه برداری از ویژگی های مختلف خاک مانند کربن آلی، کربنات کلسیم معادل، شوری، درصد شن و رس و سایر ویژگی ها در دو دهه اخیر، در بسیاری از مناطق دنیا بر اساس سنجنده های مختلف و روش های متنوع گسترش آنها استفاده شده است.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



نتیجه گیری: بطور کلی با توجه به اینکه داده های سنجش از دور از منابعی ارزان و با دسترسی آسان قابل استخراج می باشند می توانند به عنوان ابزاری کارا جهت سنجش و پایش وضعیت خاک ها با اهداف آمایش سرزمین و برنامه ریزی کاربردی مدنظر قرار گیرند.

کلمات کلیدی: سنجش از دور، پایگاه داده مکانی، نسبت گیری بانندی، شاخص های پوشش گیاهی.





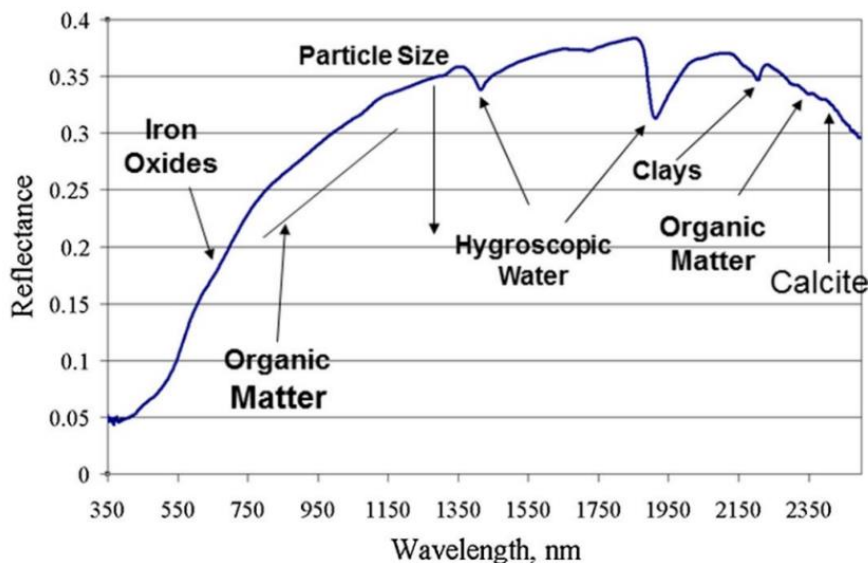
## مقدمه

خاک یک منبع طبیعی است که تمام منابع طبیعی دیگر مانند مزارع، محصولات زراعی و دامی، جنگل ها، آب آبیاری و غیره به آن وابسته هستند. امروزه در مواجهه با جمعیت در حال رشد، نگرانی فزاینده ای در مورد امنیت خاک وجود دارد [۸]. بنابراین توجه به وضعیت و نحوه مدیریت خاک ها به عنوان مبنای اصلی تامین کننده غذای بشر به صورت جدی در دستور کار سازمان های جهانی قرار گرفته است تا به این نگرانی پاسخ داده شود [۲]

در این راستا، مشاهدات سنجش از دور نوری و به ویژه طیف سنج انعکاسی در مقیاس سنجش از راه دور، که به آن طیف سنجی تصویربرداری<sup>(۴)</sup> (IS) یا تصویربرداری فراطیفی<sup>(۵)</sup> گفته می شود، تکنیک های قدرتمندی برای سنجش و پایش تغییرات سطح خاک هستند [۵]. پیش بینی ویژگی های خاک از مقیاس مزرعه تا مقیاس جهانی، با در نظر گرفتن ویژگی های خاص متفاوت حسگرهای سنجش از دور به عنوان ابزار آزمایشگاهی قدرتمند به دست آمده است [۲۶].

طیف تابش خاک<sup>(۶)</sup> مجموعه ای از مقادیری است که در هر باند طیفی (A) از نسبت تابش<sup>(۷)</sup> (E) و جریان تابندگی<sup>(۸)</sup> (L) در بیشتر ناحیه طیفی تابش خورشیدی به دست می آید [۵]. اطلاعات انعکاس، برای شناسایی مواد براساس ماهیت انعکاس ارائه شده استفاده می شود. در شکل ۱، یک طیف معمولی خاک را ارائه شده است. مشاهده می شود که در منطقه مرئی و مادون قرمز نزدیک (Vis-NIR: 400-1100 نانومتر) انتقال الکترونیکی عمدتاً در اکسیدهای آهن با مواد آلی که به بخش شیب طیف اشاره دارد غالب است. در منطقه امواج کوتاه مادون قرمز (SWIR: 1100-2500 نانومتر) ملکول های آب در رطوبت سنجی نقش عمده ای در ۱/۴ و ۰/۱۹ میکرومتر ایفا می کنند که در آن کانی های رسی و کلاسیت به ترتیب حدود ۲/۲ و ۲/۳ میکرومتر هستند. طول موج ها ممکن است بر اساس ساختار کانی ها و شکل کریستالی و خلوص آنها متفاوت باشند.

1	Imaging spectroscopy	7	4
1	Hyperspectral imaging	7	5
1	Soil reflectance spectrum	7	6
1	Radiance	7	7
1	Irradiance Fluxes	7	8



شکل ۱. یک طیف خاک (Haploxeraif) [۵]

امروزه بیش از هزاران ماهواره فعال به دور زمین می چرخند که بسته به هدف، به یک یا چند سنجنده یا ابزار سنجش از دور مجهز هستند. این سنجنده ها برای جمع آوری داده های مشاهده ای مختلف از سطح زمین با وضوح مکانی و زمانی متفاوت بر روی ماهواره ها قرار دارند [۱۲]. ماهواره های پایش کننده تغییرات زمین برای بررسی منابع سطحی، تحقیقات محیط زیستی، پیش بینی وضعیت محصول و نظارت بر رخدادهای طبیعی توسعه یافته اند. ماهواره لندست ۸ در حال حاضر پرکاربردترین ماهواره پایش زمینی در جهان است. نقشه های خاک تولید شده با تصاویر ماهواره ای با وضوح مکانی، طیفی و زمانی مختلف، متفاوت خواهند بود. وضوح مکانی با اندازه پیکسل مرتبط است که تصاویر با وضوح کم یا زیاد را به ترتیب با اندازه پیکسل بزرگ و کوچک مشخص می کند [۲۱]. انتخاب سنجنده های مناسب برای نقشه برداری خاک مهم است زیرا هر سنجنده مزایا و ویژگی های خاص خود را دارد [۶]. به طور کلی سنجنده های با وضوح زمانی بالا پوشش وسیعی را با وضوح مکانی کمتر تولید می کنند در حالی که سنجنده های با وضوح مکانی بالا در پوشش مکانی و وضوح زمانی محدود هستند [۲۳]. لندست ۸ که به آن LCDM نیز گفته می شود دو سنجنده ای اصلی را حمل می کند: تصویربردار عملیاتی زمین (OLI) و سنجنده مادون قرمز حرارتی (TIRS). استفاده از طیف سنج آزمایشگاهی نسبت به روش های سنتی آزمایشگاهی برای تخمین ویژگی های خاک ارزان تر و سریع تر است؛ زیرا اطلاعات توسط امواج

<sup>1</sup> operational land imager 7  
<sup>1</sup> thermal infrared sensor 8

9

0

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مرئی و مادون قرمز نزدیک و امواج کوتاه مادون قرمز منتقل می شوند. تصاویر ماهواره ای MODIS با وضوح مکانی کم اما زمانی بالا و میدان دید با زاویه دید وسیع توسط محققان برای نقشه برداری خاک استفاده شده است [۱۱]. سنجنده های ماهواره ای سنتینل مانند S2 با وضوح مکانی ۱۰ تا ۶۰ متر نیز برای پیش بینی ویژگی های مختلف خاک مانند کربن آلی (SOC) [۴]، نیتروژن کل خاک [۲۵] و شوری خاک [۱۶] استفاده شده اند. مقایسه عملکرد مدل های پیش بینی خاک بر اساس سنجنده های مختلف، درک ما را از قابلیت ها و مزایای این حسگرها در نقشه برداری خاک بهبود می بخشد. بنابراین، انتخاب سنسورهای ماهواره ای مناسب در نقشه برداری رقومی خاک نیازمند تلاش های بیشتر از طریق ارزیابی سنجنده های مختلف برای بهبود نقشه برداری خاک است. بدین منظور متخصصین علوم کشاورزی و منابع طبیعی اقدام به توسعه زیر ساخت های لازم در قالب آزمایشگاه های سنجنش از دور و سامانه اطلاعات مکانی در مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی نموده اند تا بتوانند به طور ویژه بر روی محصولات و داده های سنجنش از دور و طیفی تحقیق و بررسی نمایند و در نهایت از نتایج خروجی آن ها جهت مدل سازی و پیش بینی ویژگی ها و یا کلاس خاک استفاده نمایند. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی انواع داده های طیفی و منابع سنجنش از دور در اندازه گیری و پیش بینی ویژگی های خاک صورت پذیرفته است.

### زیر ساخت اطلاعات

دو دهه اخیر، چالش های عمده مربوط به توسعه زیرساخت های موثر برای نمایش، سازمان دهی و هماهنگ سازی صحیح داده ها و همچنین پیوند کارآمد آن ها با یکدیگر بود و پیشرفت در چارچوب پایش زمین، علم محاسبات و ظرفیت ذخیره سازی انبوه و سرعت شبکه همراه با تعریف های استاندارد فراداده کافی، ضروری به نظر می رسید. اما امروزه پیشرفت های قابل توجهی در جمع آوری داده ها، سخت افزار و نرم افزار منجر به ارائه چندین سرویس نقشه برداری وب آنلاین مانند Google Earth و یا NASA's world wind شده است که دسترسی به تصاویر ماهواره ای و پردازش آن ها را برای میلیون ها کاربر تسهیل کرده است. در ادامه به برخی از این پایگاه های داده اشاره شده است:

### سرویس مدیریت اورژانس کوپرنیک (Copernicus open access Hub)

در حال حاضر، Copernicus Open Access Hub جدیدترین تصاویر ماهواره ای رایگان از تمامی Sentinel های فعال را برای کاربران به ارمغان می آورد: تصاویر راداری از Sentinel-1، تصاویر چند طیفی نوری Sentinel-2، محصولات خشکی Sentinel-3 برای نظارت بر محیط زیست، جو و داده های کیفیت هوا از Sentinel-5P. بنابراین Copernicus Open Access Hub را می توان به عنوان منبعی برای همه تصاویر ماهواره ای رایگان Sentinels توصیه کرد (شکل ۲-الف).

### Sentinel Hub



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

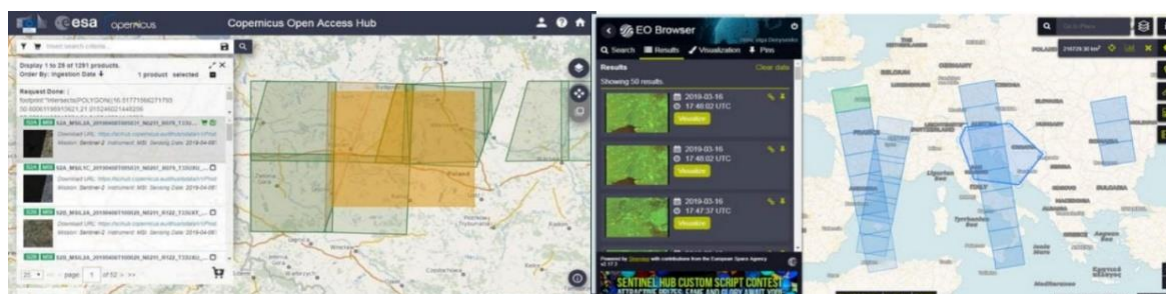


یکی از پرکاربردترین پورتال ها برای دسترسی به داده های ماهواره ای است. از طریق Sentinel Hub، کاربران می توانند به همه محصولات Sentinel به محض در دسترس قرار گرفتن دسترسی داشته باشند. این همچنین شامل مجموعه ای از تصاویر ماهواره ای تاریخی (بایگانی) می شود. Sentinel Hub همچنین به کاربران امکان دسترسی به محصولات Landsat و MODIS را می دهد (شکل ۲-ب).

### USGS Earth Explorer

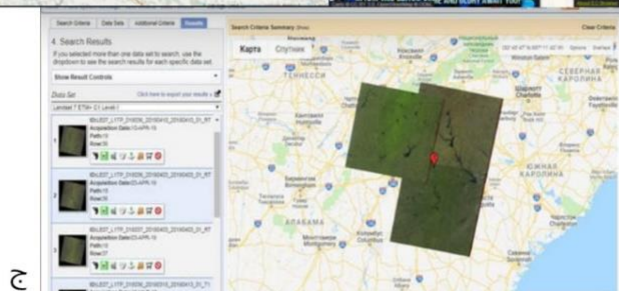
Earth Explorer یک سامانه و پایگاه مکانی رایگان برای دسترسی به تصاویر ماهواره ای Landsat می باشد. Landsat یک برنامه مشترک ناسا و سازمان زمین شناسی آمریکا (USGS) است که طولانی ترین رکورد مستمر مبتنی مکانی از فضا به زمین را ارائه می دهد. اولین تصاویر بیش از ۴۰ سال قدمت دارند. ماهواره Landsat-8، آخرین ماهواره در این ماموریت، در سال ۲۰۱۳ به فضا پرتاب شد و در حال حاضر دومین ماهواره با وضوح بالا برای داده های نوری است (شکل ۲-ج).

از مزایای این پایگاه های داده می توان به استفاده سریع و رایگان از داده های ماهواره ای و برخی از تصاویر با بالاترین وضوح موجود اشاره کرد. همچنین مدل های رقومی ارتفاع و تصاویر سنتینل با دوره بازگشت ۵ روزه از محبوب ترین داده های موجود در این پایگاه های داده است که افراد می توانند به راحتی به آن ها دسترسی داشته باشند.



الف

ب



ج

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



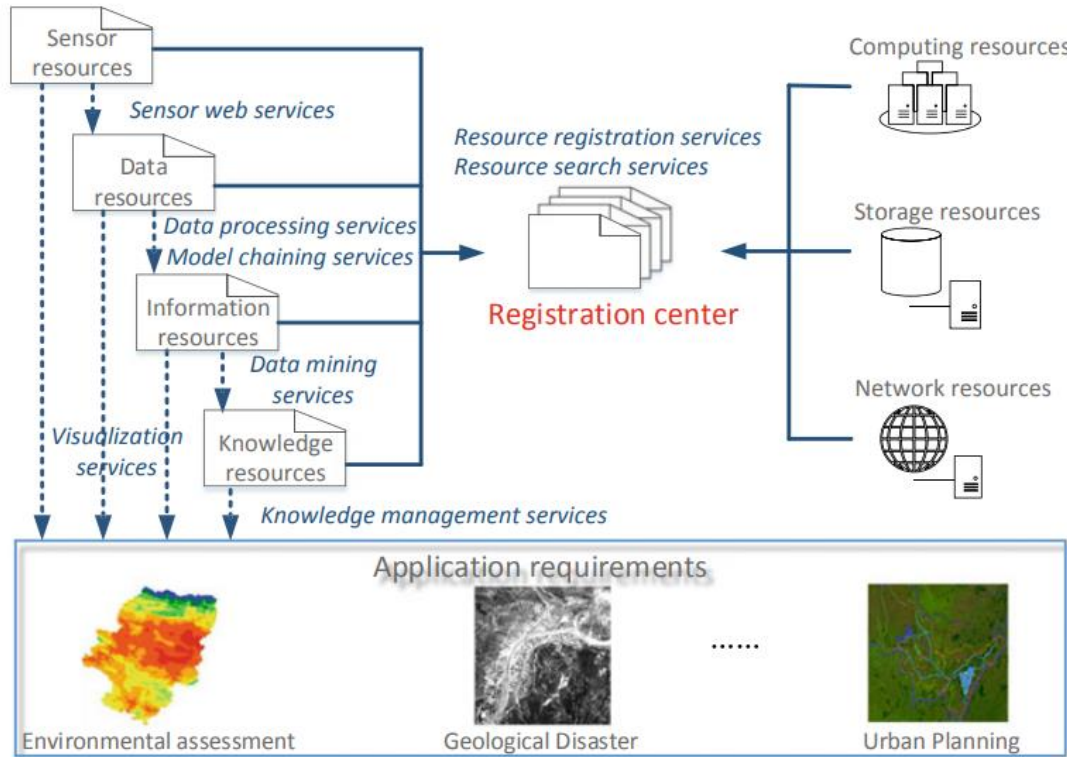
شکل ۱. الف محیط سامانه Copernicus open access Hub. ب. محیط سامانه Sentinel Hub. ج. محیط سامانه USGS Earth Explorer

### مواد و روش ها

#### کاربرد شاخص های سنجش از دور در سنجش های محیطی

با در دسترس بودن آسان و پیشرفت در وضوح تصاویر ماهواره ای، تلاش های مطالعاتی بیشتری در سال های اخیر در زمینه استخراج ویژگی ها از تصاویر ماهواره ای انجام شده است. این ویژگی ها عمدتاً شامل سازه ها و تأسیسات (مانند ساختمان ها، پل های هوایی، فرودگاه ها و غیره)، کاربری زمین<sup>۸۱</sup>، پوشش زمین<sup>۸۲</sup>، طبقه بندی پوشش گیاهی (به عنوان مثال کشاورزی، جنگل داری، محیط زیست، معدنی)، سازه های آبی، مکان چاه ها، انواع خاک های سطحی، کانال ها، خطوط لوله و غیره است [۷]. استخراج ویژگی را می توان در درجه اول به عنوان یک تکنیک پردازش تصویر تعریف کرد که برای شناسایی و طبقه بندی روابط متقابل استفاده می شود. همانگونه که در شکل ۳ نشان داده شده است برای استخراج یک ویژگی، تمام منابع از جمله منابع محاسباتی (CPU، حافظه، ذخیره سازی و شبکه)، داده های سنجش از دور، پردازش تصاویر، انتخاب ویژگی ها، مدل ها و الگوریتم ها به یکدیگر مرتبط می شوند و در نهایت ویژگی مورد نظر را می توان استخراج کرد.

1	. Land use	8	1
1	. Land cover	8	2



شکل ۲. چارچوب مفهومی نقشه برداری رقومی خاک با استفاده از داده های سنجش از دور [۹]

### نتایج و یافته ها

#### استخراج شاخص های سنجش از دوری

بسیاری از شاخص های سنجش از دوری مانند شاخص های پوشش گیاهی، رطوبت خاک، تبخیر و تعرق، دمای سطح زمین و همچنین شاخص های مرتبط با مواد مادری را می توان از تصاویر ماهواره ای استخراج کرد. پوشش گیاهی دارای طیف بازتابی در مناطق طول موج تحت پوشش باندهای ۱ و ۲ لندست ۸ هستند. در ناحیه طیفی تحت پوشش باند ۴، اکسیدهای آهن (هماتیت و گوتیت) و کانی های رسی بازتاب بالایی دارند و برعکس، کلروفیل پوشش گیاهی سبز به شدت تابش را در طول موج های قرمز جذب می کند (باند ۴). همچنین مناطق طیفی تحت پوشش باندهای ۶ و ۷ معمولاً در تشخیص کانی های رسی استفاده می شوند [۱۴].



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شاخص های پوشش گیاهی شاخص های مؤثری هستند که وضعیت پوشش گیاهی روی زمین را منعکس کرده و شرایط اکولوژیکی را توصیف می کنند. شاخص های پوشش گیاهی که معمولاً مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از: شاخص نسبت گیاهی (RVI)، شاخص تفاضلی پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)، شاخص پوشش گیاهی تنظیم شده خاک (SAVI) و غیره. همچنین شاخص های رس (CI)، شاخص کربنات (CaI) و شاخص شوری (SI) نماینده مواد مادری می باشند (جدول ۱). با توسعه سریع فناوری های فضایی، داده های سنجش از راه دور به روز فراوان تر و در دسترس تر می شوند. برخی از محققان از محصولات شامل استخراج شاخص پوشش گیاهی از داده های ماهواره مودیس (MODIS) همراه با داده های هواشناسی برای بررسی تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی منطقه ای مورد استفاده قرار می گیرند [۱۵ و ۱۸].

جدول ۱. برخی از پرکاربردترین شاخص های سنجش از دور مستخرج از نسبت گیری بانندی

نماد	نام	فرمول	رفرنس
NDVI	Normalized Different Vegetation Index	$NIR-Red/NIR+Red$	[۱۹]
RVI	Ratio Vegetation Index	$(NIR /Green)$	[۱۷]
TSAVI	Transformed soil adjusted vegetation index	$(s(NIR-s*Red-a))/(a*NIR+Red-a*s+X*(1+s2))$	[۱۳]
SI	Salinity Index	$\sqrt{green * red}$	[۲۲]
CL	Clay Index	$SWIR1/SWIR2$	[۱۰]
CaI	Carbonate Index	$Red/Green$	[۳]

نقشه برداری ویژگی های خاک



نقشه برداری از ویژگی های سطح خاک از طریق سنجش از دور در محدوده ی طیفی Vis-NIR-SWIR در اوایل دهه ۲۰۰۰ ظاهر شد. از آن زمان، در بسیاری از محیطها و برای بسیاری از ویژگی های خاک بر اساس سنجنده های مختلف و روش های متنوع گسترش یافته است. امروزه، این روش معمولاً در خاک های بدون پوشش گیاهی و در مناطق تحت کشت و دارای پوشش گیاهی استفاده می شود. یکی از مطالعات اخیر با استفاده از تصاویر لندست ۷ توسط Shan و همکاران [۲۰] انجام شد. آن ها از مدل های رگرسیون خطی چندگانه<sup>۱</sup> (MLR) و رگرسیون وزنی جغرافیایی<sup>۲</sup> (GWR) برای پیش بینی کربنات کلسیم خاک استفاده کردند و نشان دادند که مدل GWR با دقت و صحت بیشتر نسبت به مدل MLR موفق به پیش بینی کربنات کلسیم شد. پیش از آن ها Zeraatpishah و همکاران [۲۴] از تصاویر مدل رقومی ارتفاع ASTER و تصاویر ماهواره لندست ۸ برای نقشه برداری سه ویژگی کربنات کلسیم معادل، درصد رس و کربن آلی خاک استفاده کردند و نتیجه گرفتند شاخص های پوشش گیاهی استخراج شده از تصاویر لندست در پیش بینی کربنات کلسیم و کربن آلی خاک دارای بیشترین میزان اهمیت هستند این در حالی است که شاخص های توپوگرافی در پیش بینی رس موثرتر هستند. موسوی و همکاران [۱] نیز از تصاویر لندست ۸ برای پیش بینی شوری خاک در پنج عمق استاندارد جهانی استفاده نمودند و نتایج آن ها حاکی از این بود که در اعماق سطحی داده های سنجش از دوری و در اعماق زیر سطحی پارامترهای توپوگرافی بیشترین ارتباط را با تغییرات شوری داشتند. Castaldi و همکاران [۴] به مقایسه قابلیت تصاویر سنجش از دور ماهواره سنتینل ۲ و داده های داده های سنجش از دور ابرطیفی هواپرد<sup>۳</sup> در پیش بینی کربن آلی خاک پرداختند. نتایج آن ها نشان داد که دقت پیش بینی به دست آمده توسط داده های سنتینل ۲ کمی کمتر از داده های سنجش از دور ابرطیفی هواپرد بود اما بررسی تغییرپذیری مکانی نقشه های SOC به دست آمده از تصاویر سنتینل ۲ نشان داد که وضوح این نقشه ها برای توصیف تغییرپذیری SOC کافی است.

#### نتیجه گیری

در این مطالعه به بررسی اهمیت و نقش تصاویر ماهواره ای و داده های سنجش از دور به عنوان ابزاری کارا در سنجش و پایش وضعیت ویژگی های خاک از جمله کربن آلی پرداخته شد. بطور کلی با توجه به اینکه داده های سنجش از دور از منابعی ارزان و با دسترسی آسان قابل استخراج می باشند می توانند به عنوان ابزاری کارا جهت سنجش و پایش خصوصیات با اهداف آمایش سرزمین و برنامه ریزی کاربردی مدنظر قرار گیرند. آزمایشگاه های سنجش از دور با

<sup>1</sup> Multiple linear regression <sup>8</sup> 3  
<sup>1</sup> Geographically weighted regression 4  
<sup>1</sup> airborne hyperspectral remote sensing data 5



استفاده از ابزارهای سنجش از دور و با استفاده از تکنیک های جمع آوری اطلاعات از روی سطح زمین برای یافتن ویژگی های خاک در باندهای مختلف تصاویر ماهواره ای و استخراج آن ها کمک شایانی به تهیه نقشه های خصوصیات خاک ها نموده و امکان بروزرسانی نقشه های خاک با حداقل هزینه را فراهم می نماید که از این نظر کاربرد آن ها به عنوان یک ابزار سنجنده مکانی می تواند بصورت جدی مورد توجه محققین قرار گیرد.

#### منابع

- [1] سیدروح اله موسوی، امید سرمیدیان، بوگارت پاتریک (۲۰۲۱) تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۲ (۷)، ۱۹۱۵-۱۹۲۹.
- [۲].T Angelopoulou., A. Balafoutis., G. Zalidis., D. Bochtis (2020) *Sustainability*, 12(2), 443.
- [3] J.L. Boettinger., R.D. Ramsy, J.M. Bodily, N.J. Cole, S. Kienast-Broen, S.J. Nield, A.M. Saunders, A.K. Stun (2008) [Digital Soil Mapping with Limited Data](#), 193-202
- [4] F. Castaldi., A. Hueni, S. Chabrillat, K. Ward, G. Buttafuoco, B. Bomans, K. Vreys, M. Brell, B. van Wesemael (2019) *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 147, 267-282.
- [5] S. Chabrillat., E. Ben-Dor, J. Cierniewski, C. Gomez, T. Schmid, B. van Wesemael (2019) *Surveys in Geophysics*, 40(3), 361-399.
- [6] J.Cui, X. Zhang, M. Luo (2018) *Remote Sens*, 10 (7), 1047.
- [7] S. Dhingra., D. Kumar (2019) *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 9(3), 1720.
- [8] FAO and ITPS (2015) *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome.
- [9] J. Gong., H. Wu, T. Zhang, Z. Gui, Z. Li, L. You, J. Yu (2012) *Geo-spatial Information Science*, 15(2), 73-84.
- [10] T. Hengl (2009) *University of Amsterdam*, Amsterdam.
- [11] T. Hengl., J.M. de Jesus, R.A. MacMillan, N.H. Batjes, G.B.M. Heuvelink, E. Ribeiro, A. Samuel-Rosa, B. Kempen, J.G.B. Leenaars, M.G. Walsh, M.R. Gonzalez (2014) *PLoS One*, 9 (8), 105992.
- [12] Huang, Y., Chen, Z. X., Tao, Y. U., Huang, X. Z., & Gu, X. F. (2018). Agricultural remote sensing big data: Management and applications. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(9), 1915-1931.
- [13] M. Ließ., J. Schmidt, B. Glaser (2016) *PLoS ONE*, 11(4).
- [14] J. Li., Y. Pei, S. Zhao, R. Xiao, X. Sang, C. Zhang (2020) *Remote Sensing*, 12(7), 1130.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- [15] L. Li., M. Tian, H. Liang, Y. Chen, C. Feng, K. Qu, J. Qian (2018) *Journal of Ecology and Rural Environment*, 34(7), 584-591.
- [16] R.S. Morgan., M.A. El-Hady., I.S. Rahim (2018) *Indian Journal of Agricultural Research*, 52. (5)
- [17] F.F. Muhsoni., A.B. Sambah., M. Mahmudi., D.G.R. Wiadnya (2018) *GEOMATE Journal*, 14(45), 42-51.
- [18] J. Qi., S. Niu, L. Ma, H. He (2016) *J. Ecol. Rural Environ*, 32, 757-766.
- [19] J.W. Rouse, R.H. Hass, J.A. Schell, D.W. Deering (1973) *NASA SP*, 351, 309-371.
- [20] M. Shan, S. Liang, H. Fu, X. Li, Y. Teng, J. Zhao, Z. Ma (2021) *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 120(1), 17-30.
- [21] N. E. Silvero., J. A. J. Demattê, de Souza Vieira, F. A. de Oliveira Mello, M. T. A. Amorim, R. R. Poppiel, B. R. Bonfatti (2021) *Geoderma*, 397, 115089.
- [22] F.Wang., X. Chen, G. Luo, J. Ding, X. Chen (2013) *Journal of Arid Land*, 5(3), 340-353.
- [23] C.Y. Zeng, A.X. Zhu, F. Qi, J.Z. Liu, L. Yang, F. Liu, F.L. Li (2019) *Eur. J. Soil Sci*, 70 (1), 174-184.
- [24] M. Zeraatpisheh., S. Ayoubi, A. Jafari, S. Tajik, P. Finke (2019) *Geoderma*, 338, 445-452.
- [25] Y. Zhang., B. Sui, H. Shen, L. Ouyang (2019) *Electron. Agric*, 160, 23-30.
- [26] T. Zhou., Y. Geng, C. Ji, X. Xu, H. Wang, J. Pan, A. Lausch (2021) *Science of The Total Environment*, 755, 142661.



## طیف سنجی بازتابی مرئی - مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی ابزاری ارزان و سریع در اندازه

### گیری خصوصیات خاکها

حمید رضا متین فر

دانشیار گروه علوم ومهندسی خاک ، دانشگاه لرستان، matinfar.h@lu.ac.ir

سابقه و هدف : تجزیه و تحلیل خصوصیات خاک با استفاده از تکنولوژی آزمایشگاهی قدیمی در بعضی موارد می تواند بسیار گران و اغلب وقت گیر باشد، و در این حالت باید به فکر جایگزین کردن این روش ها با روش های پیش بینی ویژگی های خاک بود (۱، ۲). به عنوان یک نتیجه این چنین می توان گفت که بالا بودن قیمت تجزیه و تحلیل خصوصیات خاک، اغلب باعث می شود که یا تعداد نمونه های مورد مطالعه کم و یا سطح مورد مطالعه گسترده باشد. هدف از این تحقیق بررسی قابلیت طیف سنجی بازتابی در محدوده های مرئی (Vis)، مادون قرمز نزدیک (NIR)، و مادون قرمز میانی (MIR) برای پیش بینی ویژگی های خاک است.

مواد و روشها : تکنیک های طیف سنجی در دو حالت آزمایشگاهی و مزرعه ای، محتوای آب خاک، بافت خاک، کربن خاک ، ظرفیت تبادل کاتیونی، کلسیم و منیزیم (قابل تبادل)، نیتروژن کل (N)، pH، غلظت فلزات و شبه فلزات، توده میکروبی و فعالیت آن را به خوبی برآورد می کنند.

نتایج : به طور کلی، پیش بینی های انجام شده توسط طیف مادون قرمز میانی نسبت به مرئی-مادون قرمز نزدیک مناسب تر است، اما با این حال طیف مرئی-مادون قرمز نزدیک برای تعدادی از ویژگی ها (مثلا بیولوژیکی) از مادون قرمز میانی برتری دارد. به نظر می رسد که پیش بینی های میدانی برای پارامترهایی همچون رس، آب، کربن آلی، فسفر قابل استخراج و نیتروژن و کربن کل، مشابه روش های آزمایشگاهی بوده، ولی به این نکته توجه کرد که در مطالعه میدانی مسائلی مانند ناهمگونی نمونه، رطوبت و زبری سطح بر روی اندازه گیری ها تاثیر گذارند. در هنگام استفاده از روش طیف سنجی بازتابی به عواملی همچون الف) ماهیت متغیر پیش بینی شده، ب) کیفیت و انطباق آن با روش های مرجع آزمایشگاهی و ج) ارائه هر چه بهتر داده های ناشناخته توسط مجموعه واسنجی مورد استفاده؛ دقت کرد.

نتیجه گیری: یک پتانسیل غیر قابل انکار برای استفاده از دامنه طیفی مرئی مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی برای برآورد سریع و کم هزینه خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی هم در آزمایشگاه طیف سنجی و هم در مزرعه برای سنجش خاک وجود دارد. دامنه گسترده ای از خصوصیات خاک می تواند با استفاده از بازتابش طیف برآورد شود.

کلیدواژه ها: مادون قرمز متوسط، مادون قرمز نزدیک ، پیش بینی، خاک، طیف سنجی، مرئی



## مقدمه

تجزیه و تحلیل خصوصیات خاک با استفاده از تکنولوژی آزمایشگاهی قدیمی در بعضی موارد می تواند بسیار گران و اغلب وقت گیر باشد، و در این حالت باید به فکر جایگزین کردن این روش ها با روش های پیش بینی ویژگی های خاک بود [۱، ۲]. به عنوان یک نتیجه این چنین می توان گفت که بالا بودن قیمت تجزیه و تحلیل خصوصیات خاک، اغلب باعث می شود که یا تعداد نمونه های مورد مطالعه کم و یا سطح مورد مطالعه گسترده باشد. در این حالت برخی داده های به دست آمده حاوی اطلاعات کمی در مورد تغییرات مکانی خاک هستند. با توجه به مطالب بیان شده، گسترش روش های سریع و مقرون به صرفه ضروری به نظر می رسد و روش های جایگزین مانند روش های طیفسنجی در محدوده های طیفی ماورای بنفش، مرئی، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز میانی و یا ترکیبی از این روش ها؛ پتانسیل خوبی برای تعیین خصوصیات خاک دارند [۳، ۴].

مطالعات قبلی عمدتاً بر استفاده از روش های مرئی-مادون قرمز نزدیک (Vis-NIR) (۵-۹)، مادون قرمز میانی (MIR) [۳]، ماورای بنفش-مرئی-مادون قرمز نزدیک (UV-Vis-NIR) و مادون قرمز نزدیک (NIR) [۱۰-۱۱] برای تجزیه و تحلیل خاک تاکید داشتند. از جمله کارهای انجام شده می توان به پیش بینی کربن خاک با استفاده از طیفسنجی مادون قرمز [۷، ۸] و تکنیک های مختلف مادون قرمز متوسط برای ارزیابی حاصلخیزی خاک [۹] اشاره کرد.

علی رغم مطالعات گسترده ای که در زمینه پیش بینی ویژگی های خاک با استفاده از داده های مربوط به طیف های ماورا بنفش، مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز متوسط انجام شده است؛ تحقیقات بیشتری برای پاسخ به تعدادی از سوالات حیاتی که هنوز وجود دارند مورد نیاز است. پاسخ به این سوالات برای ایجاد تعادل بین ارزیابی و توسعه روش های طیفسنجی کم هزینه و قابل اعتماد، ضروری است:

۱. چه چیزهایی را می توان پیش بینی کرد و نحوه انجام این پیش بینی ها چیست؟
  ۲. کدام محدوده طیفی برای این پیش بینی مناسب ترین هستند؟
  ۳. برای هر پارامتر در دامنه طیفی مرئی-مادون قرمز چند نمونه از این پیش بینی ها گزارش شده است؟
  ۴. عملکرد واسنجی در دو حالت آزمایشگاهی و مزرعه ای چگونه است؟
- هدف اصلی این مقاله، تلاش برای پاسخ به این سوالات است.





در این تحقیق، بررسی در مورد دقت پیش بینی های گزارش شده برای خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک با استفاده از روش های مادون قرمز میانی، مادون قرمز نزدیک و مرئی-مادون قرمز نزدیک ارائه می دهیم. برای این منظور چند مطالعه با استفاده از محدوده تک طیفی ماورای بنفش و مرئی و همچنین ترکیبی از این طیفها را مورد ارزیابی قرار داده ایم و در نهایت براساس یافته های این بررسی، توصیه هایی برای استفاده از طیفسنجی بازتابی (به عنوان ابزاری کمی) برای علم خاک ارائه می کنیم.

#### طیفسنجی بازتابی مرئی - مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی

علاقه شدید به استفاده از طیفسنجی بازتابی مادون قرمز برای پیش بینی خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک وجود دارد که به خاطر سریع و ارزان بودن این روش است. از دیگر ویژگی های روش های طیفی بازتابی، غیرمخرب بودن این روش است و به همین دلیل برای خاک های جوان تر مناسب اند و این طیفها همچنین زمینه تجزیه و تحلیل بسیاری از ویژگی های خاک را فراهم می کنند [۳، ۶، ۱۰، ۱۱]. علاوه بر این، روش های پیش بینی طیفسنجی بازتابی ویژگی هایی مانند میزان آماده سازی کم نمونه، عدم استفاده از مواد مضر برای محیط زیست [۳، ۱۱] و قابلیت مطابقت ساده با حسگرهای دستگاهی (مانند Vis-NIR) [۱۰، ۱۵] را دارا بوده و بنابراین استفاده از این روش در سال های اخیر گسترش یافته است.

طیف مادون قرمز خاک شامل اطلاعات گسترده ای در مورد شیمی مولکولی و ترکیباتی است که این ترکیبات به عنوان یک منبع مهم و طولانی مدت شناسایی؛ برای درک بهتر خاکها به عنوان یک سیستم زیست محیطی [۶، ۱۲] استفاده میشوند. بنابراین، طیفسنجی مرئی و مادون قرمز برای ارزیابی کلی ترکیبات آلی خاک (SOM)، کیفیت خاک (ظرفیت، عملکرد)، نقشه برداری، طبقه بندی و حاصلخیزی [۱۳ و ۱۴] مورد استفاده قرار گرفته می گیرند.

طیفسنجی مادون قرمز به جذب تابش در فرکانس های ارتعاشی مولکولی وابسته است. این فرکانس ها می توانند به صورت ارتعاشاتی برای گروه های عاملی مانند C-H، N-H و O-H (که حاوی هیدروژن هستند)، گروه های شامل اتم های سنگین تر، C-C، N-O، C-N، C-O (موجود در مواد آلی) و همچنین پیوندهای AL-O، Fe-O و Si-O (موجود در مواد معدنی) [۳، ۱۴] اتفاق بیفتند. ارتعاشات ترکیبی اتم های نسبتا سبک که شامل هیدروژن هستند، در محدوده مادون قرمز نزدیک (۷۰۰-۲۵۰۰ نانومتر، ۴۰۰۰-۱۴۰۲۸۶  $\text{cm}^{-1}$ ) بوده است و با این حال باندهای اضافی گروه های اتمی سنگین تر، در محدوده مادون قرمز میانی (۲۵۰۰-۲۵۰۰۰ نانومتر، ۴۰۰-۴۰۰۰  $\text{cm}^{-1}$ ) جذب می شوند. جذب انتقالی الکترونیکی در اشعه ماوراء بنفش (۲۵۰-۴۰۰ نانومتر، ۲۵۰۰۰-۴۰۰۰۰  $\text{cm}^{-1}$ ) و در محدوده مرئی (۴۰۰-۷۰۰ نانومتر، ۱۴۰۲۸۶-۲۵۰۰۰  $\text{cm}^{-1}$ ) انجام می شود. محدوده مادون قرمز برای یک نمونه مشخص؛ به صورت دو واحد طول موج (نانومتر) و عدد موج [۱۰] <sup>(۱)</sup>

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



( $\text{cm}^{-1}$ ) تعریف می شود که این دو واحد به ترتیب در بخش مرئی-مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی مورد استفاده قرار می گیرند.

فرکانس های اصلی و طول موج جذبی طیف مادون قرمز میانی و مرئی-مادون قرمز نزدیک برای اجزای اصلی خاک در جدول ۱ آمده است که شامل کوارتز، کانی های رس (کائولینیت، اسمکتیت / ایلایت)، کربنات ها، اکسی هیدروکسیدها آهن و آلومینیوم، اکسیدهای آهن و ماده آلی خاک هستند. در مطالعه ویسکاسا راسل و بوهرنرز [۱۵] برای پیش بینی مقادیر کربن آلی خاک، pH و محتوای رس از طیف مرئی-مادون قرمز نزدیک استفاده می شود. طیف مورد استفاده در زمان پیش بینی مواد معدنی که اکثرا حاوی اکسید آهن هستند (به عنوان مثال هماتیت، گوتیت) از نوع مرئی می باشد [۱۶]. ماده آلی خاک (که به طور معمول تیره است) در طیف مرئی می تواند جذب گسترده ای داشته باشد [۵]

جدول ۱ - طول موجهای مناسب محدوده های مرئی-مادون قرمز نزدیک و میانی برای اغلب ویژگی های

### خاک

	Soil component	Wavenumbers ( $\text{cm}^{-1}$ )	Wavelengths (nm)	References
MIR	Quartz (sand)	1100-1000	9,091-10,000	(16, 29)
	Clay minerals	3690 3620	2,710 2,762	(16, 29, 31)
		Kaolinite 3620-3630 and 3400-3300	2,755-2,762 and 2,941-3,030	(16, 29, 31)
		Smectite and illite		
	Carbonates	1430 and 2520	6,993 and 3,968	(16, 29, 31)
	Iron oxides	600-700	14,286-16,667	(29)
	Iron oxyhydroxides	3100, 900, 800	3,226, 11,111, 12,500	(29)
		Organic matter	2950-2850 Alkyl (-CH <sub>2</sub> )	3,413-3,509
		1670 and 1530 Protein amide (OC-NH)	5,992 and 6,535	(16, 29, 31)
		1720 Carboxylic acid (COOH)	5,814	(16, 29, 31)
		1630 Water associated	6,135	(16, 29, 31)
	Vis-NIR	Water	1600 and 1400	6,250 and 7,143
Carboxylate anion (-COO <sup>-</sup> )				
Clay minerals		1600-1570 Aromatic groups	6,250-6,369	(29)
		Keolinite		
	Water	7143 and 5263	1,400 and 1,900	(31, 104, 194)
	Clay minerals	7143 and 4545	1,400 and 2,200	(31)



طیفسنجی مادون قرمز نزدیک مزایایی نظیر هزینه کمتر و قابلیت حمل دستگاه را دارد و نمونه ها را می توان در ظروف شیشه ای و در حضور آب اسکن کرد. با این وجود، ناحیه مادون قرمز نزدیک به کوارتز حساس نیست و همچنین همپوشانی و تداخل باندها در زمان استفاده از مادون قرمز نزدیک باعث می شود که تشخیص پیک ها نسبت به زمان استفاده از مادون قرمز متوسط سخت تر باشد [۶، ۸]. در مقایسه با مادون قرمز نزدیک، پیک ها در مادون قرمز میانی اغلب شدیدتر بوده و در این حالت اطلاعات طیفی بیشتری در اختیار کاربر قرار می دهد [۳، ۱۷، ۱۸]. به عنوان مثال، طول موج های ۱۴،۲۸۶-۱۶،۶۶۷ نانومتر اکسید آهن با دیگر کانی های خاک همپوشانی دارند و این امر شناسایی آن ها را دشوار می کند. طول موج های ۶،۲۵۰-۶،۳۶۹ نانومتر  $\text{COO}^-$  و آب با گروه های آروماتیک همپوشانی دارند (۳۵). طیف های مادون قرمز متوسط ماده آلی خاک در حضور بسیاری از مواد معدنی، از جمله گروه های Si-O در کوارتز و گروه های C-O در کربنات ها پیچیده می شود [۶].

پیش بینی ویژگی های خاک در خاک های ناشناخته می تواند با توجه به مقایسه طیف های به دست آمده از نمونه و داده های آزمایشگاهی مرجع به دست آید. بعضی از ویژگی های خاک (مانند کربنات ها، ماده آلی و اکسید آهن) می توانند به طور مستقیم بر اساس وجود پیوندهای شیمیایی مشخص یا مولکول هایی که در طول موج های خاص، طول موج را جذب می کنند، پیش بینی شوند. از سوی دیگر، واسنجی ممکن است بر اساس همبستگی بین ویژگی مورد اندازه گیری و ترکیبات در طول موج های فعال - مرئی - مادون قرمز باشد. این همبستگی ها زمانی استفاده می شوند که حالت هایی مانند الف) فعال نبودن بعضی از عناصر فلزی در طیف مرئی - مادون قرمز، ب) ضعیف بودن تشخیص پیک ها و ج) هم پوشانی پیک های نمونه با پیک های موجود در ماتریکس خاک وجود داشته باشند.

#### نتیجه گیری

یک پتانسیل غیر قابل انکار برای استفاده از دامنه طیفی مرئی مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی برای برآورد سریع و کم هزینه خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی هم در آزمایشگاه طیف سنجی و هم در مزرعه برای سنجش خاک وجود دارد.

دامنه گسترده ای از خصوصیات خاک می تواند با استفاده از باز تابش طیف برآورد شود (جدول ۲).

جدول ۲ - خصوصیات قابل برآورد خاک به روش اسپکتروسکوپی در محدوده طیفی مرئی - مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی

خاکدانه ها و پایداری آنها

محتوی رطوبتی خاک



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### توزیع اندازه ذرات خاک

وزن مخصوص ظاهری، شن، سیلت، رس و سطح ویژه ذرات

کربن آلی و ماده آلی خاک

ظرفیت تبادل کاتیونی

عناصر ماکرو و میکرو

کانی های خاک

هدایت الکتریکی خاک

واکنش خاک و نیاز آهکی

آلودگی خاک

بیومس میکروبی

گروه های میکروبی خاک

فعالیت های آنزیمی خاک

از همه خصوصیات خاک برآوری توسط طیف سنجی خاک، مقدار ۵۴، ۳۰ و ۴۳ درصد توسط مادون قرمز میانی، مادون قرمز نزدیک و دامنه طیفی مرئی - مادون قرمز نزدیک به ترتیب  $R^2$  بالاتر از ۰/۸ (کالیبراسیون به طور متوسط موفق) را نشان داد که با در نظر گرفتن دقت برآورد ها و تعداد نمونه های برآورد برای مواردی که در ادامه آورده می شود فقط می تواند غیر قابل اعتماد در نظر گرفته شود: محتوی آب خاک، رس، شن، کربن آلی، کربن غیر آلی، کربن آلی کل خاک یا مواد آلی خاک، کربن کل و C/N، ظرفیت کاتیون تبدالی کلسیم و منیزیم قابل تبادل و رس، فعالیت های آنزیمی زیست توده میکروبی، کربن آلی و معدنی شدن کربن و نیتروژن. نواحی طیفی مناسب تر برای برآورد خصوصیات خاک، مادون قرمز میانی، مادون قرمز نزدیک و دامنه طیفی مرئی مادون قرمز نزدیک می باشد. بیشتر این مطلب بر روی سه ناحیه طیفی تمرکز کرده است.

بهترین برآورد خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در دامنه طیفی مادون قرمز میانی دیده می شود. اگرچه انتخاب بهترین دامنه طیفی به نوع خاک بستگی دارد. توسعه دامنه های طیفی برای ترکیبات مختلف خاک معمولاً پیشرفتی در برآورد در مقایسه با دامنه های تک طیفی نداشته است. برای خصوصیات فیزیکی مادون قرمز میانی و مادون قرمز نزدیک دامنه های طیفی مفیدتری هستند. در مورد خصوصیات شیمیایی، مادون قرمز میانی با دامنه طیفی مرئی - مادون قرمز نزدیک مناسب تشخیص داده شده است. چون اطلاعات مفید مربوط به کربن آلی خاک و زیست توده میکروبی خاک می تواند با کانی های خاک که در ناحیه مادون قرمز میانی جذب شده اند، پوشیده شود.



پروتکل های آمادگی خاک مشابه و روش های آزمایشگاهی باید برای همه نمونه های استفاده شده در یک مدل (مثل کربن آلی کل خاک) مشابه و روش های اندازه گیری ذرات) و فقط برای داده های آزمایشی با کیفیت بالا استفاده شود (دقت مدل های طیف سنجی و برآورد به طور مضری روی داده های آزمایشی با وضوح ضعیف یا کم اثر می گذارد. به عنوان مثال آن هایی که به نشانه گذاران زیستی میکروبی خاص مربوط هستند). در ارتباط با تجهیزات و طیف ما مجبور به انتخاب وسایل مناسب تری برای کاربرد (قابل تحرک بودن، صحت، خطا و ثبت اطلاعات طیفی و دامنه) انتخاب نواحی طیفی که نسبت به ترکیبات خاک حساس تر باشد (مثال دامنه طیفی مرئی مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی) و برای بعضی آنالیزها (نیترژن معدنی) و استفاده تکنیک های مناسب پردازش طیف های اندازه گیری شده.

طیف نمونه های خاک لازم است به طور صحیح اطلاعات با داده های تجزیه شده تطابق داده شوند. ابتدا ما نیاز به تفسیر صحیح اطلاعات طیفی مربوط به مدل داریم برای مثال (پیک های کربنات اگر ما بخواهیم pH خاک را برآورد کنیم) حذف خطا و یا قسمت های نامربوط از طیف و تبدیل داده های مربوط (مثل تغییر شکل لگاریتم داده های آزمایشگاهی و همبستگی خطی). ارزیابی روش های مدل سازی چند متغیره مربوط (به عنوان مثال رگرسیون حداقل مربعات جزئی، شبکه های عصبی بردارها) بر طبق تجربه استفاده کننده و خصوصیات متغیر برای مدل و متغیر کمکی که به آسانی قابل استفاده هستند (مثل pH، محل، نوع گیاه و ارتفاع از سطح دریا) که در طیف مادون قرمز به خوبی نشان داده شده است

فهرست منابع

[1] Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S., and Papendick, R.I. (1986). *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50: 1031–1036.

[2] Minasny, B., McBratney, A.B., and Bristow, K.L. (1999). *Geoderma*, 93: 225–253.

[3] Janik, L.J., Merry, R.H., and Skjemstad, J.O. (1998) *Aust. J. Exp. Agric.*, 38: 681–696.

[4] Viscarra Rossel, R.A., Adamchuk, V.I., Sudduth, K.A., McKenzie, N.J., and Lobsey, C. (2011). *Adv. Agron.*, 113: 237–282.

[8] Stenberg, B., Viscarra Rossel, R.A., Mouazen, A.M., and Wetterlind, J. (2010). *Adv. Agron.*, 107: 163–215.

[6] Viscarra Rossel, R.A., Walvoort, D.J.J., McBratney, A.B., Janik, L.J., and Skjemstad, J.O. (2006). *Geoderma*, 131: 59–75.

[7] Bellon-Maurel, V. and McBratney, A. (2011). *Soil Biol. Biochem.*, 43: 1398–1410.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- [8] Reeves, J.B., III. (2010) *Geoderma*, 158: 3–14.
- [9] Du, C. and Zhou, J. (2009). *Environ. Chem. Lett.*, 7: 97–113.
- [10] Nguyen, T.T., Janik, L.J., and Raupach, M. (1991). *Aust. J. Soil Res.*, 29: 49–67.
- [11] Reeves, J.B., III, McCarty, G.W., and Meisinger, J.J. (1999). *J. Near Infrared Spectrosc.*, 7: 179–193.
- [12] Viscarra Rossel, R.A., Chappell, A., De Caritat, P., and Mckenzie, N.J. (2011)  
. *Eur. J. Soil Sci.*, 62:442–453.
- [13] Joffre, R., Ågren, G.I., Gillon, D., and Bosatta, E. (2001). *Oikos*, 93: 451–458.
- [14] Viscarra Rossel, R.A., Rizzo, R., Demattê, J.A.M., and Behrens, T. (2010). *Soil Sci. Soc. Am.J.*, 74: 1293–1300.
- [15] Viscarra-Rossel, R.A. and Behrens, T. (2010). *Geoderma*, 158: 46–54.
- [16] Sherman, D.M. and Waite, T.D. (1985). *Am. Mineral.*, 70: 1262–1269.
- [17] Reeves, J.B., III, McCarty, G.W., and Reeves, V.B. (2001). *J. Agric. Food Chem.*, 49: 766–772.
- [18] Grinand, C., Barthès, B.G., Brunet, D., Kouakoua, E., Arrouays, D., Jolivet, C., Caria, G., and Bernoux, M. (2012). *Eur. J. Soil Sci.*, 63: 141–151.





## تأثیر قرق بر تنفس میکروبی تحریک شده خاک (مطالعه موردی: مرتع شغال دره، شهرستان نمین استان اردبیل)

مینا حسین نژاد جدیدی<sup>۱\*</sup>، اردوان قربانی<sup>۲</sup>، مهدی معمری<sup>۳</sup>، اکبر قویدل<sup>۴</sup>، فرید دادجو<sup>۵</sup>، نرجس رستمی<sup>۶</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی مرتع، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

m.hoseinnezhad@student.uma.ac.ir

۲- استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۴- دانشیار گروه علوم مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۵- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی مرتع، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۶- دانشجوی دکتری مدیریت منابع خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

### چکیده

توسعه و بهره برداری بیش از حد از اکوسیستم های طبیعی و تغییر در استفاده از اراضی، تأثیر منفی قابل توجهی بر کیفیت خاک دارد. از این رو، درک کیفیت خاک برای نشان دادن مراحل بالقوه مدیریت صحیح خاک برای تولید و کشاورزی پایدار مهم است. تنفس میکروبی تحریک شده شاخص مناسبی برای نشان از میزان جمعیت فعال میکروبی خاک است. پژوهش با هدف بررسی تأثیر قرق بر میزان فعالیت میکروارگانیسم های خاک با تعیین تنفس میکروبی تحریک شده خاک در منطقه شغال دره نمین واقع در استان اردبیل انجام شد. با استفاده از یک بستره و تحریک آن تنفس میکروبی به سرعت افزایش می یابد که در این پژوهش با استفاده از روش آلف و نانوییتری و با کمک بستره (گلوکز مایع) تنفس میکروبی تحریک شده برآورد شده است و نتایج حاصل از آن در نرم افزار spss و با استفاده از آزمون t مستقل برآورد شد و نتایج نشان داد مقدار این پارامتر در دو عرصه داخل و خارج قرق دارای تفاوت معنی داری است. کلمات کلیدی: تنفس میکروبی تحریک شده خاک، محرومیت از چرا، مدیریت مرتع، تخریب خاک.



## مقدمه

حدود ۴۰ درصد از اراضی دنیا را مراتع اشغال می کنند که بیش از ۱۰ درصد کربن آلی خاک در آن ذخیره شده است [۱]. مراتع به دلیل مساحت و توانایی بالا در جذب و ذخیره کربن، خدمات اکوسیستمی مهمی از جمله حفظ آب، ترسیب کربن و کاهش تغییرات آب و هوا را ارائه می دهند [۲]. تخمین زده می شود که بیش از ۲۳ درصد مراتع جهان تخریب شده است که علت اصلی این تخریب را می توان به چرای بی رویه نسبت داد [۱]. مراتع تخریب شده نه تنها بر بقای دام، بلکه به طور بالقوه بر تغییرات آب و هوا، ترسیب کربن و بدنبال آن بر فعالیت میکروبی خاک تأثیر می گذارند [۳]. مطالعات نشان می دهد سلامت اکوسیستم های مرتعی به شدت به استراتژی های مدیریت مرتع بستگی دارد [۴]. از روش های مدیریتی اصلاحی مهم در مراتع، عملیات قرق مراتع می باشد که بر کیفیت خاک، پوشش گیاهی و شرایط محیطی مرتع اثر گذار می باشد [۵]. حصارکشی با شبکه برای حذف دام و محرومیت از چرا (قرق) به طور گسترده ای برای احیای مراتع تخریب شده در سراسر جهان استفاده می شود. سوء مدیریت نه تنها باعث کاهش بهره وری، تنوع و ذخیره سازی کربن آلی خاک در مراتع شده، بلکه انتشار  $CO_2$  از خاک را نیز افزایش می دهد. چرا در تمام طول سال به طور قابل توجهی باعث کاهش زیست توده، تنوع و ذخیره کربن اکوسیستم می شود [۶]. در حال حاضر، اکثر مراتع در معرض چرای بی رویه هستند که نه تنها تنوع زیستی و پایداری مراتع را تهدید می کنند، بلکه ساختار و عملکرد اکوسیستم را تغییر می دهند [۷]. تغییرات ناشی از چرا با دینامیک کربن خاک و بدنبال آن اندازه جامعه میکروبی و تنفس میکروبی خاک مرتبط است [۸].

تنفس خاک توسط میکروارگانیسم ها و ریشه ها مسیر اصلی انتقال کربن از خاک به جو است. از این رو تنفس خاک فرآیند اکوسیستمی کلیدی است که چرخه کربن را در اکوسیستم های زمینی تنظیم می کند. مدیریت خاک اثر مهمی بر تنفس خاک و حساسیت تبادل دی اکسید کربن در سطح اکوسیستم و تغییر عواملی که اندازه جمعیت یا فعالیت موجودات تنفسی و فتوسنتز کننده را تغییر می دهند، دارد [۹]. چرای فصلی که یک روش مدیریتی است، در بیشتر مراتع جهان مورد استفاده قرار گرفته است و می تواند کیفیت خاک، چرخه مواد مغذی و همچنین تنوع زیستی پوشش گیاهی در اکوسیستم های مرتعی را تغییر دهد [۱۰]. چن و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند، چرا در فصل گرم تنفس خاک را در یک مرتع نیمه خشک کاهش می دهد، در حالی که وانگ و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که چرا در فصل سرد به طور قابل توجهی تنفس خاک را در مراتع آلپ افزایش داد. مطالعات اخیر نشان می دهد تغییرات در اندازه جامعه میکروبی به دلیل اختلالات اکوسیستم صورت می گیرد [۱۱]. در نتیجه تغییرات ناشی از چرا در جامعه میکروبی خاک یک مکانیسم اساسی مهم برای پاسخ های تنفس میکروبی به چرا می باشد [۱۲]. مطالعات متعددی اثرات چرا بر تنفس میکروبی خاک را بررسی کرده اند [۱۳-۱۴-۱۵].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



نتایج وانگ و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که چرای سبک، متوسط و سنگین به طور قابل توجهی تنفس خاک را نسبت به عدم چرا در سال ۲۰۱۰ افزایش داد، اما شدت چرا تأثیر کمی بر تنفس خاک در سال ۲۰۱۱ داشت. با افزایش شدت چرا، تنفس خاک ۱۰٪ تا ۱۷٪ در سایت چرای سنگین کاهش یافت. در حالیکه میزان تنفس خاک در سایت با چرای سبک ۲۳٪ تا ۳۰٪ افزایش یافت. آنها بیان کردند تجزیه و تحلیل مدل سازی معادلات ساختاری نشان داد که شدت چرا به طور غیرمستقیم بر تنفس میکروبی پایه خاک با تغییر کربن زیست توده میکروبی خاک تأثیر می گذارد [۱۶].

گوا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که محرومیت از چرا اثر مثبتی بر تنفس خاک داشته و موجب بهبود این خصوصیت در خاک شده است [۱۷]. در حالیکه جیا و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند محرومیت از چرا و قرق مرتع هیچ تأثیری بر میزان تنفس خاک نداشت [۱۵]. چن و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند قرق مرتع تأثیر منفی بر تنفس خاک داشت و میزان آن در خاک کاهش یافت [۸]. ژائو و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند شدت چرا با تغییر غلظت بستره، تغییر محتوای آب و تعادل انرژی خاک و افزایش فشردگی خاک توسط عبور دام به عنوان یک مکانیسم بحرانی بالقوه در نظر گرفته می شود که بر اندازه جامعه میکروبی خاک و تنفس میکروبی خاک تأثیر می گذارد [۲]. مطالعه انجام شده در فلات تبت نشان داده است که چرا به طور قابل توجهی اندازه کل جامعه میکروبی را کاهش می دهد، که با کاهش متناظر در تنفس خاک همراه است [۸].

تنفس میکروبی خاک دومین منبع بزرگ انتشار جریان کربن از اکوسیستم های زمینی به جو است، اما اثرات چرا در تنفس میکروبی خاک تا حد زیادی نامشخص است [۸]. انتشار کربن از خاک ده برابر بیشتر از شار کربن ناشی از سوزاندن سوخت های فسیلی است. بنابراین، یک تغییر کوچک در تنفس خاک می تواند به طور قابل توجهی غلظت  $CO_2$  را در جو تغییر دهد [۱۸]. اگرچه تعداد فزاینده ای از مطالعات نشان داده اند که استراتژی های مدیریت چرا به تنظیم خدمات اکوسیستم مرتع کمک می کند. اما تأثیر مدیریت چرا بر تنفس میکروبی خاک در منطقه مطالعاتی به خوبی درک نشده است. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی اثر محرومیت از چرای دام و مدیریت مرتع (قرق) بر میزان تنفس میکروبی تحریک شده انجام گردید.

روش شناسی تحقیق

۱-۲- منطقه مطالعاتی

پژوهش با هدف بررسی اثرات قرق بر میزان تنفس میکروبی تحریک شده با بستره خاک انجام شد. به منظور انجام این پژوهش، دو سایت قرق و خارج از قرق در نظر گرفته شد. در هر سایت سه ترانسکت صد متری با فواصل مشخص





پنجاه متر از هم در منطقه شغال دره، شهرستان نمین واقع در استان اردبیل با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی انتخاب شد. نمونه برداری به روش تصادفی-سیستماتیک انجام شد. تعداد ۱۸ نمونه ی خاک دست خورده به صورت سطحی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک، زمانی که رطوبت خاک در محدوده رطوبت ظرفیت مزرعه بود برداشت و موقعیت آن ها با استفاده از GPS ثبت گردید. نمونه ها در پلاستیک مشکی در حالتی که کمترین تهویه و نور دیدگی صورت گیرد نگهداری و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه ها جهت اندازه گیری خصوصیات زیستی در یخچال نگهداری و در طی مدت زمان کمتر از ۲۵ روز خصوصیت زیستی (تنفس میکروبی تحریک شده) اندازه گیری گردید. منطقه مطالعاتی دارای اقلیم نیمه خشک، سرد و مرطوب با میانگین بارندگی ۳۲۹ میلی متر بوده و در ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ متر قرار دارد [۱۹].

#### ۲-۲- اندازه گیری تنفس میکروبی تحریک شده با بستره (SIR)<sup>۴</sup>:

به منظور اندازه گیری تنفس میکروبی تحریک شده با بستره در خاک، مقدار ۵۰ گرم از نمونه ی خاک مرطوب تازه، با یک میلی لیتر گلوکز ۱٪ احیاء شده (به طوری که در همه ی قسمت های نمونه خاک گلوکز به طور یکنواخت و یکسان پخش شود) و در یک ظرف کاملاً عایق بندی شده حاوی سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال به مدت ۶ ساعت در دمای ۲۸ درجه سانتی گراد انکوبه گردید. بعد از مدت زمان ۶ ساعت محتویات بشر با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تیترا شد. سپس میزان تنفس میکروبی تحریک شده با بستره بر اساس روش آلیف و نانی پیری طبق رابطه ی زیر محاسبه گردید [۲۰]

$$\frac{(V1 - V2) * NHCL * 22}{md} \quad (1)$$

V1 حجم اسید مصرفی برای نمونه شاهد (ml)، V2 حجم اسید مصرفی برای نمونه خاک (ml)، N نرمالیتت اسید کلریدریک و ۲۲ کی والان گرم CO2 می باشد.

#### ۲-۳- تجزیه آماری

بررسی نرمال بودن داده ها با آزمون کلموگروف- اسمیروف با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام گرفت. تجزیه و تحلیل داده ها و آزمون مقایسه میانگین به روش t مستقل با نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام شد.

<sup>1</sup> Substrate Induced Respiratiōn



### ۱۸- نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد، میزان تنفس میکروبی تحریک شده با بستره در دو سایت قرق و خارج قرق منطقه‌ی شغال دره در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. با توجه به نمودار مقایسه‌ی میانگین (شکل ۱) میزان تنفس میکروبی تحریک شده با بستره در سایت خارج از قرق نسبت به سایت قرق کاهش یافته است. میانگین تنفس میکروبی تحریک شده با بستره در سایت خارج از قرق  $1/50 \text{ (mgCO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{day}^{-1})$  و در سایت قرق  $1/96 \text{ (mgCO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{day}^{-1})$  به دست آمد. این تفاوت در بین سایت‌ها ناشی از تخریب سایت خارج از قرق توسط فعالیت‌های انسانی، عبور دام و چرا می‌باشد.

نتایج این مطالعه نشان داد نوع مدیریت مرتع می‌تواند بر میزان تنفس میکروبی تحریک شده مؤثر باشد. در پژوهشی مشابه گوا و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند چرا سبب کاهش تنفس میکروبی خاک شده است [۲۱] در حالیکه چن و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند محرومیت از چرا (قرق) سبب کاهش تنفس میکروبی خاک نسبت به مرتع تحت تأثیر چرا داشت. از پارامترهای مهم که بر میزان تنفس میکروبی خاک اثرگذار می‌باشد می‌توان ماده آلی خاک را نام برد. این نتایج متناقض را می‌توان به فرآیندهای پیچیده ناشی از فصل چرا نسبت داد.

جدول ۱ - تجزیه واریانس اثر قرق بر تنفس میکروبی تحریک‌شده در داخل و خارج قرق

متغیر	داخل قرق	خارج قرق	آماره t
تنفس میکروبی تحریک شده با بستره	$1/0 \pm 96/04$	$1/0 \pm 50/07$	$5/30^{**}$

\*\* معنی‌داری در سطح ۰/۰۱

### ۱۹- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده در منطقه شغال دره می‌توان نتیجه گرفت پارامتر تنفس میکروبی تحریک‌شده پس از اجرای قرق و منع ورود دام به منطقه باعث بهبود و افزایش این مشخصه شد از این رو می‌توان نتیجه گرفت اجرای قرق در این منطقه مثبت و اثرات ثمربخشی به جای گذاشته است.



## 5- منابع

[۱۹] شاهین شفائی گنزق، اردوان قربانی، مهدی معمری، اکبر قوبدل، احسان زندی اصفهان (۱۳۹۹) مرتع و آبخیزداری، ۲، ۳۴۷-۳۶۵.

[۱] Dlamini, P., Chivenge, P., & Chaplot, V. (2016). Overgrazing decreases soil organic carbon stocks the most under dry climates and low soil pH: A meta-analysis shows. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221, 258-269.

[۲] Zhou, G., Zhou, X., He, Y., Shao, J., Hu, Z., Liu, R., Zhou, H., Hosseinibai, S., 2017. Grazing intensity significantly affects belowground carbon and nitrogen cycling in grassland ecosystems: a meta-analysis. *Glob. Change Biol.* 23, 1167–1179.

[۳] Qu, T. B., Du, W. C., Yuan, X., Yang, Z. M., Liu, D. B., Wang, D. L., & Yu, L. J. (2016). Impacts of grazing intensity and plant community composition on soil bacterial community diversity in a steppe grassland. *PloS one*, 11(7), e0159680.

[۴] Hu, Z., Li, S., Guo, Q., Niu, S., He, N., Li, L., & Yu, G. (2016). A synthesis of the effect of grazing exclusion on carbon dynamics in grasslands in China. *Global Change Biology*, 22(4), 1385-1393.

[۵] Ren, C., Chen, J., Deng, J., Zhao, F., Han, X., Yang, G., ... & Ren, G. (2017). Response of microbial diversity to C: N: P stoichiometry in fine root and microbial biomass following afforestation. *Biology and fertility of soils*, 53(4), 457-468.

[۶] Li, Y., Lin, Q., Wang, S., Li, X., Liu, W., Luo, C., ... & Li, X. (2016). Soil bacterial community responses to warming and grazing in a Tibetan alpine meadow. *FEMS microbiology ecology*, 92(1), fiv152.

[۷] Zhou, G., Zhou, X., He, Y., Shao, J., Hu, Z., Liu, R., ... & Hosseinibai, S. (2017). Grazing intensity significantly affects belowground carbon and nitrogen cycling in grassland ecosystems: A meta-analysis. *Global change biology*, 23(3), 1167-1179.

[۸] Chen, J., Zhou, X., Wang, J., Hruska, T., Shi, W., Cao, J., ... & Luo, Y. (2016). Grazing exclusion reduced soil respiration but increased its temperature sensitivity in a Meadow Grassland on the Tibetan Plateau. *Ecology and Evolution*, 6(3), 675-687.

[۹] Kooch, Y., Moghimian, N., Wirth, S., & Noghre, N. (2020). Effects of grazing management on leaf litter decomposition and soil microbial activities in northern Iranian rangeland. *Geoderma*, 361, 114100.





- [۱۰] Metzger KL, Coughenour MB, Reich RM, Boone RB (2005) Effects of seasonal grazing on plant species diversity and vegetation structure in a semi-arid ecosystem. *J Arid Environ* 61:147–160
- [۱۱] Chen, J., Luo, Y., Li, J., Zhou, X., Cao, J., Wang, R. W., ... & Zhou, L. (2017). Costimulation of soil glycosidase activity and soil respiration by nitrogen addition. *Global Change Biology*, 23(3), 1328-1337.
- [۱۲] Shi, B., Gao, W., Jin, G., 2015. Effects on rhizospheric and heterotrophic respiration of conversion from primary forest to secondary forest and plantations in northeast China. *Eur. J. Soil Biol.* 66, 11–18.
- [۱۳] Frank, A.B., Liebig, M.A., Hanson, J.D., 2002. Soil carbon dioxide fluxes in northern semiarid grasslands. *Soil Biol. Biochem.* 34, 1235–1241.
- [۱۴] Cao G, Tang Y, Mo W, Wang Y, Li Y, Zhao X (2004) Grazing intensity alters soil respiration in an alpine meadow on the Tibetan plateau. *Soil Biol Biochem* 36:237–243.
- [۱۵] Jia B, Zhou G, Wang F, Wang Y, Weng E (2007) Effects of grazing on soil respiration of *Leymus Chinensis* Steppe. *Clim Change* 82:211–223.
- [۱۶] Wang, Z., Wan, X., Tian, M., Wang, X., Chen, J., Chen, X., ... & Hou, F. (2020). Grazing season alters soil respiration in a semiarid grassland on the Loess Plateau. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 118(2), 177-191.
- [۱۷] Cao, G., Tang, Y., Mo, W., Wang, Y., Li, Y., & Zhao, X. (2004). Grazing intensity alters soil respiration in an alpine meadow on the Tibetan plateau. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(2), 237-243.
- [۱۸] Jiang, Y., Wang, B., Wang, Y.R., and Yang, Q.P. (2010). Soil respiration in subtropical forests and model simulation of its relationships with soil temperature and moisture content. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 21 (7), 1641-164.
- [۲۰] Alef A. and Nannipieri P (1995) *Academics Press*. UK. 567 pp.
- [۲۱] Guo, N., Wang, A., Allan Degen, A., Deng, B., Shang, Z., Ding, L., and Long, R. (2018). Grazing exclusion increases soil CO<sub>2</sub> emission during the growing season in alpine meadows on the Tibetan Plateau. *Atmospheric Environment*, 74 (1), 92-98.



## سنتر مشتقات جدید ۱-فنیل-۱-تترازول-۵-تیول با استفاده از واکنش مایکل تحت شرایط بدون حلال و جداسازی، تفکیک، تجزیه و تحلیل محصولات با استفاده از کروماتوگرافی ستونی

سیامک اتابک<sup>۱\*</sup>، غلامحسن ایمانزاده<sup>۱</sup>، رقیه اصغرزاده<sup>۱</sup>

۳- اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی-کاربردی smkatabak@gmail.com

### چکیده

بیشتر واکنش های شیمیایی درحلال های آلی مختلف انجام می گیرند. متأسفانه برخی از این حلال های سمی در آزمایشگاه های شیمیایی و صنایع مورد استفاده قرار می گیرند و می توانند یک مشکل بسیار جدی برای سلامت انسان و همچنین آسیب های زیست محیطی از طریق آلودگی را سبب شوند. به همین دلیل بی شک بهترین راه حل، انجام واکنش در شرایط بدون حلال است. با توجه به اهمیت و نقش دارویی ۱-فنیل-۱-تترازول-۵-تیول (PHtt)، در این کار تحقیقاتی مشتق های جدید PHtt، از واکنش آن با استرهای  $\beta,\alpha$ -غیراشباع و آکریلونیتریل در حضور باز  $K_2CO_3$  و TBAB به عنوان محیط یونی، تحت شرایط بدون حلال سنتز شدند و. برای جداسازی محصول ها از ستون شیشه ای کروماتوگرافی حاوی سیلیکاژل ۶۰ میکرون (مش ۲۳۰-۲۴۰) که در آن ۱۵ الی ۳۰ گرم سیلیکاژل به ازای یک گرم ماده به کار رفت، استفاده شد. شناسایی محصولات توسط آنالیزهای FT-IR,  $^1H$  NMR,  $^{13}C$  NMR انجام گرفت.

کلمات کلیدی: کروماتوگرافی ستونی، ۱-فنیل-۱-تترازول-۵-تیول (PHtt)، افزایش مایکل، استرهای آکریلات و شرایط بدون حلال



## ۱- مقدمه

کروماتوگرافی ستونی (شکل ۱) یکی از روش های کروماتوگرافی است که به کمک فاز ساکن جهت جداسازی، تفکیک و تجزیه و تحلیل انواع ترکیبات پیچیده آلی کاربرد دارد. این نوع از کروماتوگرافی جایگاه ویژه ای در آماده سازی و کنترل واکنش ها در سنتز آلی دارد. در کروماتوگرافی ستونی ذره بین دو فاز مایع و جامد پخش می شود. در این تکنیک، فاز ساکن در داخل لوله ای باریک که ستون نامیده می شود ثابت می شود. سپس، فاز متحرک به کمک نیروی گرانش یا با استفاده از یک نیروی خارجی حاصل از پمپ از درون ستون عبور می کند. به عبارتی فاز ساکن، یک جامد است که اجزای مایعی (فاز متحرک یا حلال) را که از آن عبور می نماید را به صورت انتخابی در سطح خود جذب می کند. نیروهایی که سبب جذب سطحی در این نوع کروماتوگرافی می شوند، در واقع همان نیروهایی هستند که باعث جذب در مولکول ها می شوند (مثل نیروهای ایجاد کمپلکس، پیوند هیدروژنی، نیروهای واندر والس و جاذبه های الکترواستاتیکی. نحوه عمل کروماتوگرافی ستونی نیز همچون سایر روش های کروماتوگرافی است. در حقیقت برای جداسازی مخلوط با این نوع کروماتوگرافی، ستون را با یک جسم جامد فعال مثل آلومینا یا سیلیکاژل پر نموده و مقداری از نمونه مایع را روی آن قرار می دهند. نمونه مورد نظر در ابتدا در بالای ستون کروماتوگرافی جذب شده و در ادامه حلال استخراج کننده را در داخل ستون عبور می دهند. فاز متحرک، اجزای نمونه را با خود جابجا می کند. ذرات با تمایل جذب پایین تر، نسبت به ذرات با چسبندگی بیشتر، تندتر حرکت نموده و سریعتر از ستون خارج می شود. در نهایت به دلیل تفاوت سرعت حرکت آنها، جداسازی انجام می شود. به طور کلی هدف این کروماتوگرافی، ظاهر شدن نقاطی است که به خوبی از هم جدا شوند [۱].

## اساس کروماتوگرافی ستونی

معمولا کروماتوگرافی ستونی به سه دلیل روش بسته بندی ساده، فشار کاری کم و همچنین هزینه کم برای ابزار اهمیت فراوانی دارد. این کروماتوگرافی براساس اجزا، به شرح زیر است.

- 1) جاذب های مناسب (فاز ساکن یا فاز ثابت)
- 2) حلال ها یا مخلوط های حلال به عنوان فاز متحرک یا فاز شوینده
- 3) مولکول های نمونه یا آنالیت [۲].

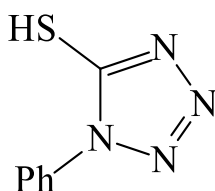


شکل ۱: شمای مربوط به کروماتوگرافی ستونی



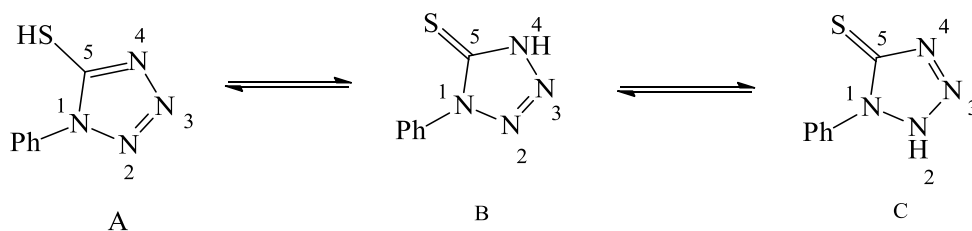


توجه به تترازول ها با گسترش دامنه کاربردهای عملی این ترکیب ها روز به روز در حال افزایش است. تترازول ها در اجزای بعضی از داروها، مواد انرژی زا و ترکیب های مولد گاز وجود دارند و در برخی زمینه های دیگر نیز استفاده می شوند. از مشتق های تترازول می توان به تترازول-۵-تیول های ۱-استخلاف شده اشاره کرد. تترازول-۵-تیول های ۱- استخلاف شده گروهی از ترکیب های ناجور حلقه می باشند که به طور گسترده در سنتز ترکیب های دارویی و ترکیب های فعال بیولوژیکی طبیعی مورد استفاده قرار می گیرند [۳]. از تترازول-۵-تیول های ۱- استخلاف شده می توان به ۱-فنیل-۱- H- تترازول-۵-تیول (شکل ۲) اشاره کرد که عمدتاً در سنتز ترکیب های دارویی مورد استفاده قرار می گیرد [۴].



شکل ۲: ساختار مربوط به ۱-فنیل-۱- H- تترازول-۵-تیول.

توتومریزاسیون PHtt به سه صورت می باشد (شکل ۳). بر اساس داده های موجود، ۱-فنیل-۱- H- تترازول-۵-تیون در کریستال و در محلول ترجیحاً به شکل تیون وجود دارد. بدیهی است، وضعیت تعادل توتومریزاسیون B مورد بررسی قرار نگرفته است. اما، با توجه به برخی از داده های غیرمستقیم و نتایج محاسبات کوانتومی-شیمیایی، توتومر B از نظر ترمودینامیکی پایدارتر است [۵].

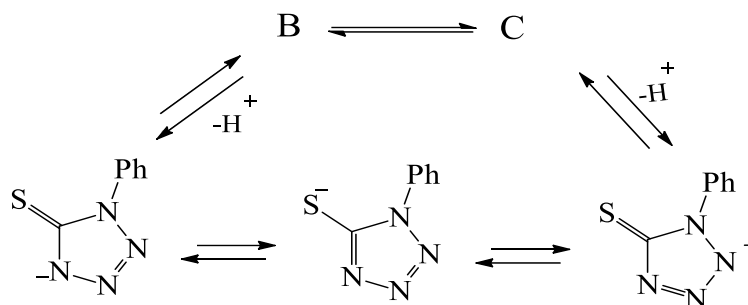


شکل ۳: توتومریزاسیون در PHtt

یون های تترازولاتی که با پروتون زدایی از تیون های B و C تشکیل شده اند توسط ساختارهای رزونانسی زیر نشان داده می شوند (شکل ۴). واکنش این آنیون ها از طریق آلکیلاسیون و یا واکنش با سایر الکتروفیل ها می تواند سبب تولید سه مشتق ایزومری (-N<sub>4</sub>, -S-, -N<sub>2</sub>) شود. با این حال، به دلیل عدم وجود داده های سیستماتیک<sup>۱</sup> اثر ساختار بستر، ماهیت گروه آلکیله کننده، ویژگی های محیط واکنش و سایر عوامل در تخمین جهت آلکیلاسیون یون های تترازولات دشوار است [۵].

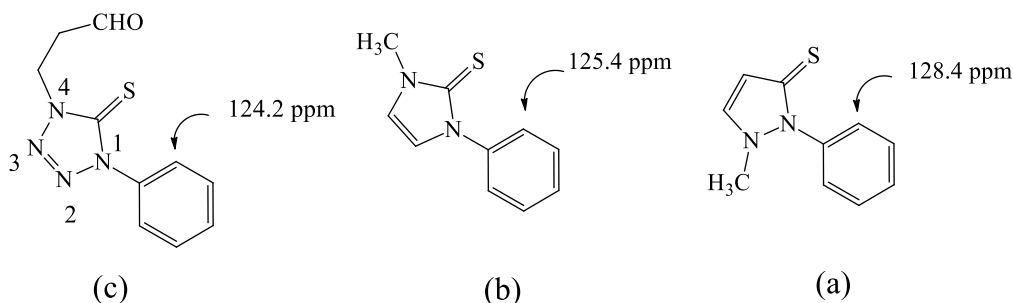
<sup>1</sup> Tautomerization

<sup>2</sup> Systematic



شکل ۴: ساختارهای رزونانسی یون های تترازولاتی.

لابه<sup>۱</sup> و همکارانش در سال ۱۹۷۵ در کار تحقیقاتی خود که مربوط به واکنش افزایش مایکل PHtt بود، از دو مدل (شکل ۵-  
a و b) برای اثبات انجام نپذیرفتن واکنش از موقعیت N<sub>2</sub> استفاده کردند که با مطابقت تقریبی جابجایی شیمیایی کربن های  
موقعیت اورتو PHtt آلکیله شده توسط آکرلونیل (شکل ۵- c) با مدل (شکل ۵- b)، به این نتیجه رسیدند که واکنش از  
موقعیت N<sub>2</sub> نمی تواند انجام گیرد [۶].



شکل ۵: ساختار مدل های مربوطه (a و b) و PHtt آلکیله شده از موقعیت N<sub>4</sub> (c).

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

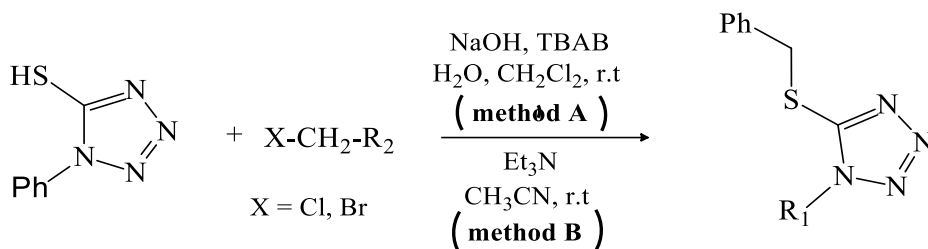
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



در سال ۲۰۱۴ کارابانوویچ<sup>۲</sup> و همکارانش با بررسی و پژوهش، دسته جدیدی از ترکیب های انتخابی ضد بیماری سل فعال در برابر میکوباکتریوم های حساس به دارو و مقاوم به چند دارو را سنتز کردند. در این پژوهش، PHtt توسط آلکیل هالیدها و بنزیل هالیدهای مختلف به صورت انتخابی از موقعیت S آلکیل شده. آلکیلاسیون از دو طریق (روش A و روش B) می تواند پیش رود و محصول ها در هر دو، با بازده یکسانی تولید می شوند (شکل ۶) [۷].



شکل ۶: روش آلکیلاسیون H-1-تترازول-۵-تیول های ۱-استخلاف شده از موقعیت S.

در سال ۱۹۷۹ کروتاک<sup>۱</sup> و همکارانش واکنش افزایش مایکل PHtt را به اتن سولفونیل فلوراید (ESF) مورد مطالعه قرار دادند (شکل ۷). نوع جهت گیری واکنش به انتخاب حلال وابسته است، به طوری که در حلال دی متیل فرم آمید، محصول N<sub>4</sub>-مایکل تشکیل می شود و در حلال استیک اسید، محصول S-مایکل تشکیل می شود. همچنین اگر به محصول S-مایکل باز سدیم هیدروکسید اضافه شود، واکنش در جهت برگشت تولید PHtt پیش می رود. نوع جهت گیری واکنش به انتخاب حلال وابسته است [۸].

<sup>1</sup> La'abe

<sup>2</sup> Karbanovich

<sup>3</sup> Mycobacterium

<sup>4</sup> Alkylation

<sup>1</sup> Krutak

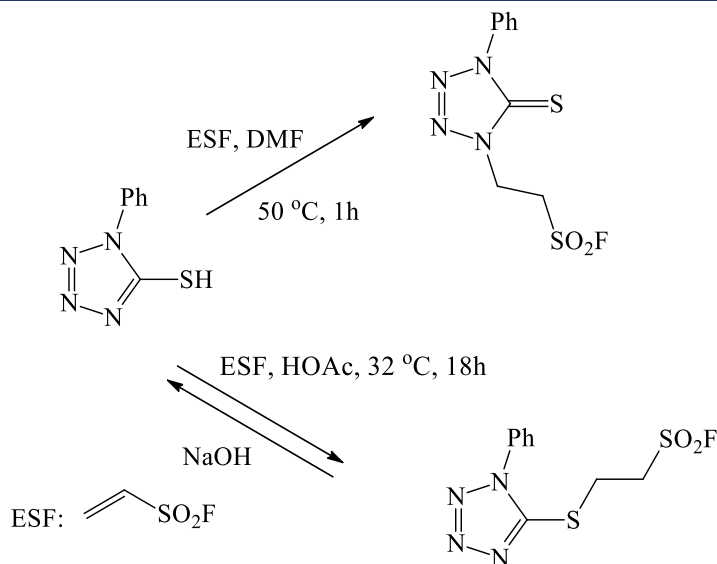


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۷: واکنش افزایش مایکل PHTt را به اتن سولفونیل فلوراید (ESF)

در سال ۱۹۷۵ لابه و همکارانش واکنش PHTt با ترکیب های  $\alpha,\beta$ -غیر اشباع را در دو شرایط مختلف (یکی در حلال تتراهیدروفوران و در حضور باز تری اتیل آمین و دیگری فقط در حلال تتراهیدروفوران) از طریق واکنش باز تری اتیل آمین بررسی کردند (شکل ۸)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

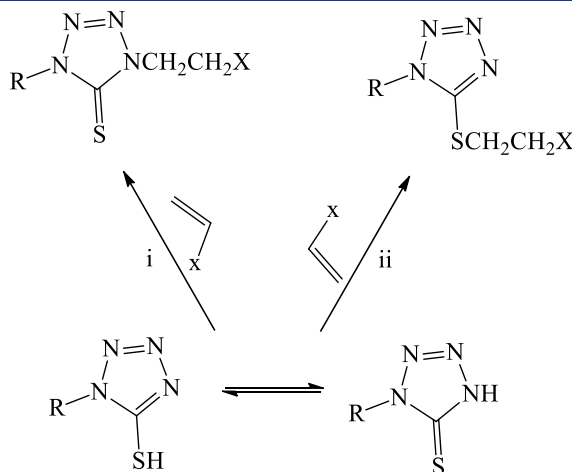
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



X: CHO, COMe, CO<sub>2</sub>Me, CN

R: Ph, PhCH<sub>2</sub>

(i) Et<sub>3</sub>N, THF, 80 °C, 1h-3weeks

(ii) THF, r.t, 2 month

شکل ۸: اکنش PHtt با ترکیب های  $\alpha,\beta$ -غیر اشباع

بسیاری از واکنش های شیمیایی که نقش اساسی در تامین نیازهای بشر دارند، در حلال انجام می گیرند. بنابراین حلال ها نقش اساسی در انجام واکنش های شیمیایی ایفا می کند. ولی در کنار مزایا، معایبی نیز دارند که می توان به میلیون ها تن ضایعات شامل فرآورده های جانبی واکنش ها، کاتالیزورها و حلال های مصرف شده اشاره کرد. حلال های آلی به طور گسترده، هم در سنتز های شیمیایی و هم در تکنیک های استخراج مورد استفاده قرار گرفته اند و تا اندازه ای که جایگزین آب نیز شده اند، آثار زیان بخش حلال های آلی بر سلامت انسان و محیط زیست سبب شده که توجه شیمیدانان به جستجوی تکنولوژی های سبز جلب شود. یکی از مهمترین تکنیک ها برای انجام واکنش های شیمیایی، شرایط بدون حلال می باشد. هدف از این پژوهش، بررسی و مطالعه واکنش PHtt با ترکیب های  $\alpha,\beta$ -غیر اشباع در حضور باز K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> و TBAB به عنوان محیط واکنش، در شرایط بدون حلال و سبز بود.

### روش کار برای افزایش S-مایکل PHtt به استر های آکریلات

۱ میلی مول (۰/۱۷۸ گرم) PHtt، ۱ میلی مول (۰/۳۲ گرم) TBAB و ۱ میلی مول (۰/۱۳۸ گرم) K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> در یک بالن ۲۵ میلی لیتری ریخته می شوند و توسط میله همزن خوب مخلوط می شوند. ۲ میلی مول از استر آکریلات مورد نظر به بالن اضافه می شود. واکنش در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی گراد) به مدت ۲۴ ساعت قرار می گیرد. پیشرفت واکنش با کاغذ TLC دنبال می شود. مخلوط واکنش پس از سپری شدن مدت زمان لازم به وسیله ۲۰ میلی لیتر کلروفرم استخراج شده و توسط کلسیم کلرید خشک می شود. محصول توسط کروماتوگرافی ستونی با حلال اتیل استات و n-هگزان با نسبت درصدهای ۲۰ و ۸۰ به صورت پیوسته جداسازی می شود (شکل ۹).

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

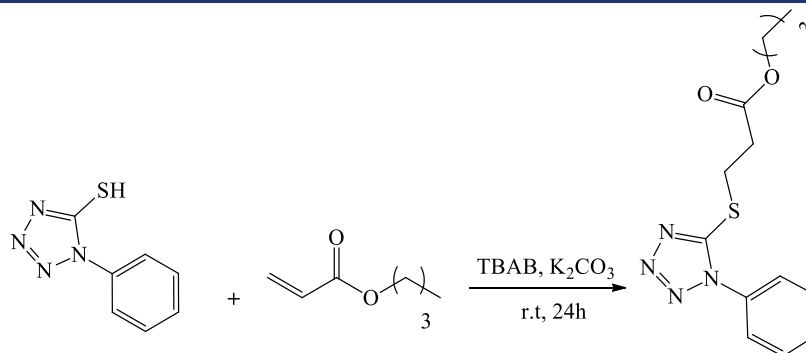
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

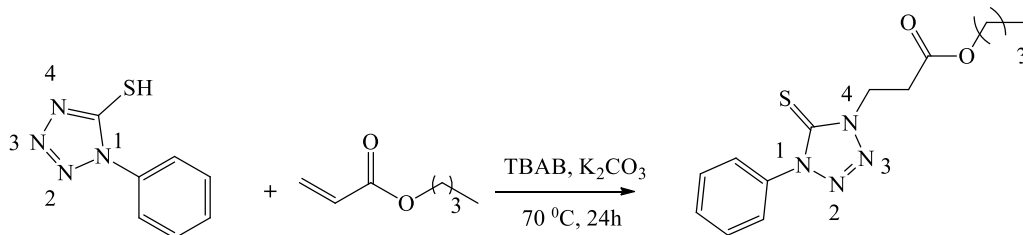
www.LabUMA2022.ir



شکل ۹: واکنش PHtt با بوتیل آکریلات (به عنوان مدل) در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی گراد) و زمان ۲۴ ساعت.

### ۱-۳- روش کار برای افزایش $N_4$ -مایکل PHtt به استرهای آکریلات

۱ میلی مول (۰/۱۷۸ گرم) PHtt، ۱ میلی مول (۰/۳۲ گرم) TBAB و ۱ میلی مول (۰/۱۳۸ گرم)  $K_2CO_3$  در یک بالن ۲۵ میلی لیتری ریخته می شوند و توسط میله همزن خوب مخلوط می شوند. ۲ میلی مول از استر آکریلات مورد نظر یا آکریلونیتریل به بالن اضافه می شود. واکنش در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار می گیرد. پیشرفت واکنش با کاغذ TLC دنبال می شود. مخلوط واکنش پس از سپری شدن مدت زمان لازم به وسیله ۲۰ میلی لیتر کلروفرم استخراج شده و توسط کلسیم کلراید خشک می شود. محصول توسط ستون کروماتوگرافی با حلال اتیل استات و  $n$ -هگزان با نسبت درصدهای ۱۵ و ۸۵ به صورت پیوسته جداسازی می شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: واکنش PHtt با بوتیل آکریلات (به عنوان مدل) در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد) و زمان ۲۴ ساعت.

### نمونه ای از تحلیل طیف های ترکیب های سنتز شده

ساختار محصول های سنتز شده را طیف های  $^1H$  NMR،  $^{13}C$  NMR و IR تایید می کنند. با استفاده از محصول شکل (۹) به عنوان الگو برای واکنش استر های آکریلات با PHtt، به ویژگی های طیف  $^1H$  NMR در شکل (۱۰) و در شکل (۱۱) به ویژگی های طیف  $^{13}C$  NMR این ترکیب اشاره شده است.

در طیف  $^1H$  NMR مربوط به این ترکیب، پیام موجود در ۱/۰۷ ppm مربوط به هیدروژن های متیلی (a) می باشد و به صورت سه تایی با ثابت کوپلاژ ۷/۴ Hz ظاهر شده است. پیام موجود در ۱/۰۲ ppm مربوط به هیدروژن های متیلنی (b)



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



می باشد که با ثابت کوپلاژ  $7/4 \text{ Hz}$  و به صورت شش تایی ظاهر شده است. پیام ظاهر شده در  $1/76 \text{ ppm}$  مربوط به هیدروژن های متیلنی (c) است که به صورت پنج تایی و با ثابت کوپلاژ  $6/7 \text{ Hz}$  می باشد. پیام مربوط به هیدروژن های متیلنی (d) در  $3/12 \text{ ppm}$  ظاهر شده که به صورت سه تایی است و ثابت کوپلاژ آن  $6/6 \text{ Hz}$  می باشد. پیام موجود در  $3/78 \text{ ppm}$  مربوط به هیدروژن های متیلنی مجاور گوگرد (e) است و به صورت سه تایی بوده و ثابت کوپلاژ آن  $6/6 \text{ Hz}$  می باشد. پیام مربوط به هیدروژن های متیلنی مجاور اکسیژن (f) در  $4/26 \text{ ppm}$  که به صورت سه تایی با ثابت کوپلاژ  $6/7 \text{ Hz}$  ظاهر شده است. پیام موجود در  $7/71 \text{ ppm}$  مربوط به هیدروژن های حلقه آروماتیک می باشد که به صورت یکتایی ظاهر شده است. شکل (۳-۲) طیف  $^{13}\text{C NMR}$  این ترکیب را نشان می دهد. ۱۲ نوع کربن در این طیف مشاهده می شود. کربن متیلی (a) در  $13/7 \text{ ppm}$  ظاهر شده است. جابجایی شیمیایی کربن های متیلنی (b, c) از چپ به راست به ترتیب  $19/2 \text{ ppm}$  و  $30/7 \text{ ppm}$  می باشد. جابجایی شیمیایی مربوط به کربن های متیلنی متصل به گروه کربونیل (f)، گوگرد (g) و اکسیژن استری (d) به ترتیب  $34/1 \text{ ppm}$ ،  $28/3 \text{ ppm}$  و  $65/0 \text{ ppm}$  می باشد. کربن حلقه تترازول (h) در  $154/0 \text{ ppm}$  ظاهر شده است. پیام گروه کربونیل استر (e) در  $171/5 \text{ ppm}$  ظاهر شده است. جابجایی شیمیایی مربوط به کربن های حلقه آروماتیک (i, j, k, l)، از چپ به راست به ترتیب  $123/9 \text{ ppm}$  و  $129/9 \text{ ppm}$  و  $130/3 \text{ ppm}$  و  $133/7 \text{ ppm}$  می باشد. از مهم ترین صفت مشخصه در طیف IR این ترکیب می توان به ارتعاش کششی گروه کربونیل استر اشاره کرد که در ناحیه  $1736 \text{ cm}^{-1}$  به صورت یک پیک قوی ظاهر شده است (شکل ۱۲).

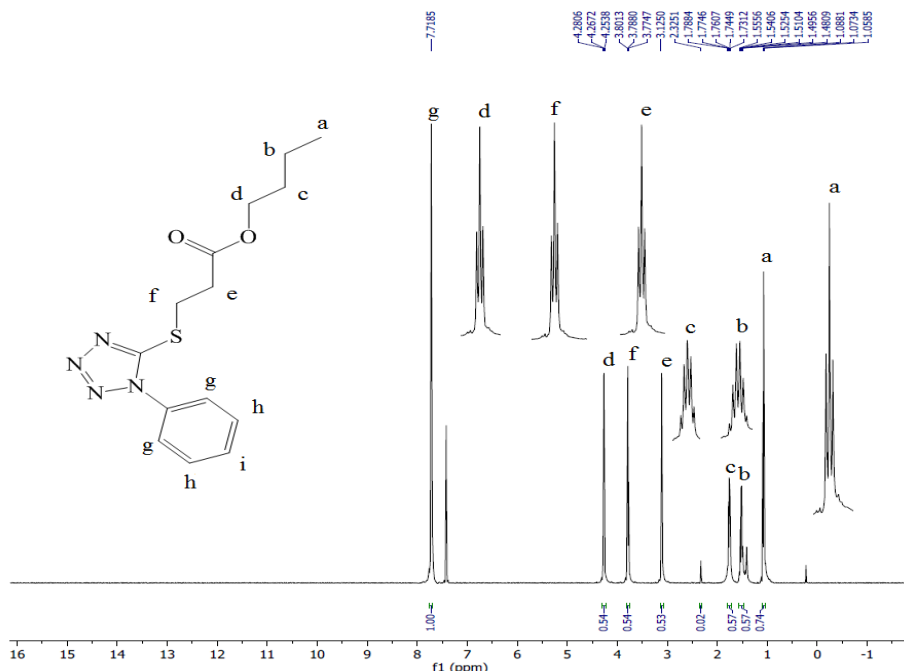
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

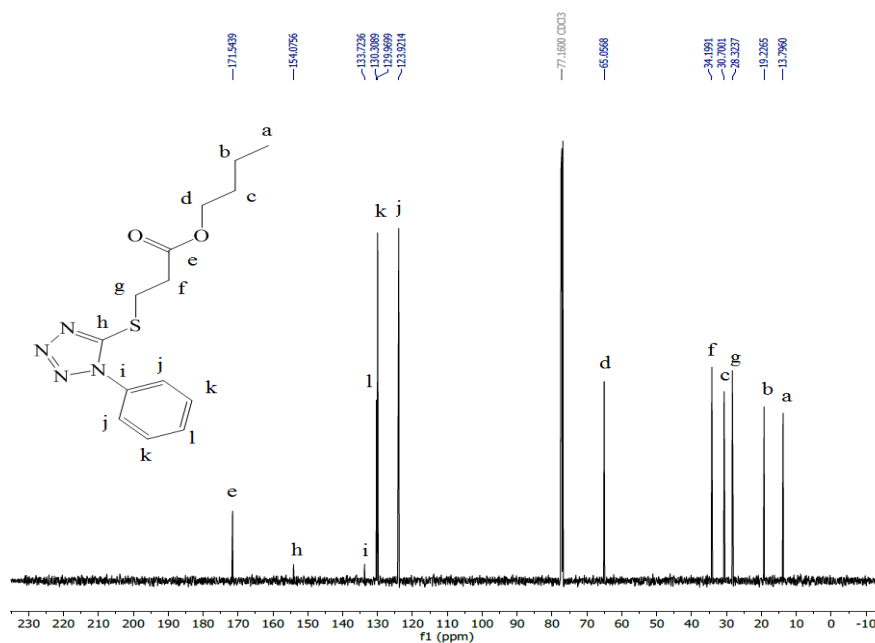
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱۰: طیف  $^1H$  NMR (500 MHz,  $CDCl_3$ ) محصول شکل (۹)



شکل ۱۱: طیف  $^{13}C$  NMR (125 MHz,  $CDCl_3$ ) محصول شکل (۹)

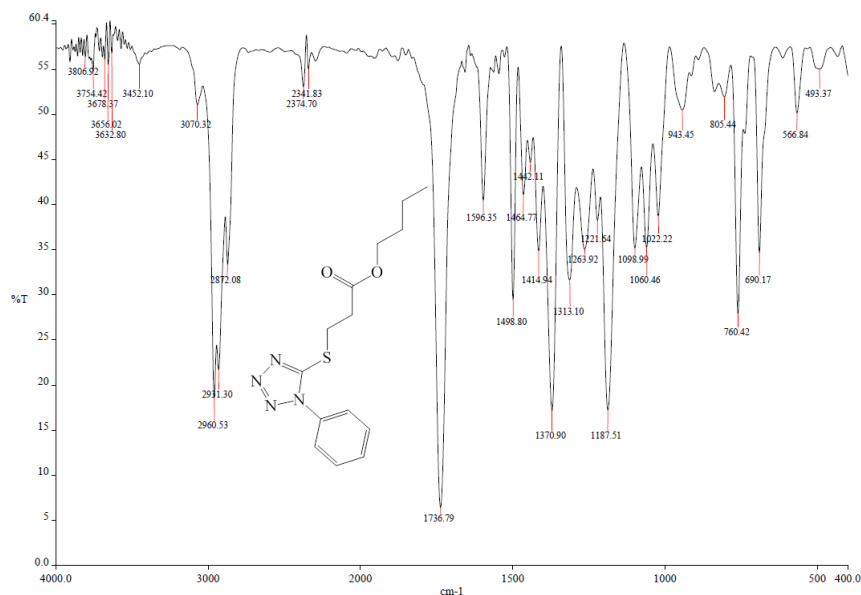
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۱۲: شکل ۳-۳: طیف FT-IR محصول شکل (۹)

با استفاده از محصول شکل (۱۰) به عنوان الگو برای واکنش استرهای آکریلات با PHTt، به ویژگی های طیف  $^1\text{H NMR}$  در شکل (۱۳) و در شکل (۱۴) به ویژگی های طیف  $^{13}\text{C NMR}$  این ترکیب اشاره شده است.

در طیف  $^1\text{H NMR}$  مربوط به این ترکیب، پیام موجود در  $0.93\text{ ppm}$  مربوط به هیدروژن های متیلی (a) می باشد و به صورت سه تایی با ثابت کوپلاژ  $7/3\text{ Hz}$  آشکار شده است. پیام موجود در  $1.37\text{ ppm}$  مربوط به هیدروژن های متیلنی (b) می باشد که با ثابت کوپلاژ  $7/3\text{ Hz}$  و به صورت شش تایی ظاهر شده است. پیام ظاهر شده در  $1.62\text{ ppm}$  مربوط به هیدروژن های متیلنی (c) می باشد که به صورت پنج تایی و با ثابت کوپلاژ  $6/7\text{ Hz}$  می باشد. پیام مربوط به هیدروژن های متیلنی (d) در  $3.05\text{ ppm}$  ظاهر شده و به صورت سه تایی با ثابت کوپلاژ  $7/6\text{ Hz}$  می باشد. پیام موجود در  $4.14\text{ ppm}$  مربوط به هیدروژن های متیلنی مجاور اکسیژن (e) می باشد و به صورت سه تایی و با ثابت کوپلاژ  $6/7\text{ Hz}$  ظاهر شده است. پیام مربوط به هیدروژن های متیلنی مجاور نیتروژن (f) در  $4.65\text{ ppm}$  می باشد که به صورت سه تایی آشکار شده و ثابت کوپلاژ آن  $7/6\text{ Hz}$  می باشد. پیام موجود در  $7.48-7.51\text{ ppm}$  مربوط به هیدروژن های حلقه آروماتیک (i) می باشد که به صورت چند تایی ظاهر شده است. پیام مربوط به هیدروژن های حلقه آروماتیک (h) در  $7.55\text{ ppm}$  ظاهر شده است و به صورت سه تایی و با ثابت کوپلاژ  $8/3\text{ Hz}$  مشاهده می شود. پیام موجود در  $7.96\text{ ppm}$  مربوط به هیدروژن های آروماتیک (g) می باشد که به صورت دو تایی و با ثابت کوپلاژ  $8/3\text{ Hz}$  ظاهر شده است. شکل (۳-۴) طیف  $^{13}\text{C NMR}$  این ترکیب را نشان می دهد. ۱۲ نوع کربن در این طیف مشاهده می شود. کربن متیلی (a) در  $14.0\text{ ppm}$  ظاهر شده است. جابجایی شیمیایی کربن های متیلنی (b, c) به ترتیب  $19.4\text{ ppm}$  و  $32.3\text{ ppm}$  می باشد. جابجایی شیمیایی مربوط به کربن های متیلنی متصل به گروه کربونیل، اکسیژن استری و نیتروژن به ترتیب  $30.9\text{ ppm}$ ،  $65.5\text{ ppm}$  و  $44.3\text{ ppm}$  می باشد. پیام مربوط به کربن حلقه نترازول (h) در  $163.6\text{ ppm}$  ظاهر شده است. پیام گروه کربونیل استر در  $170.3\text{ ppm}$  ظاهر شده است. برای کربن های حلقه آروماتیک (i, j, k, l)، جابجایی شیمیایی به ترتیب از چپ به راست



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

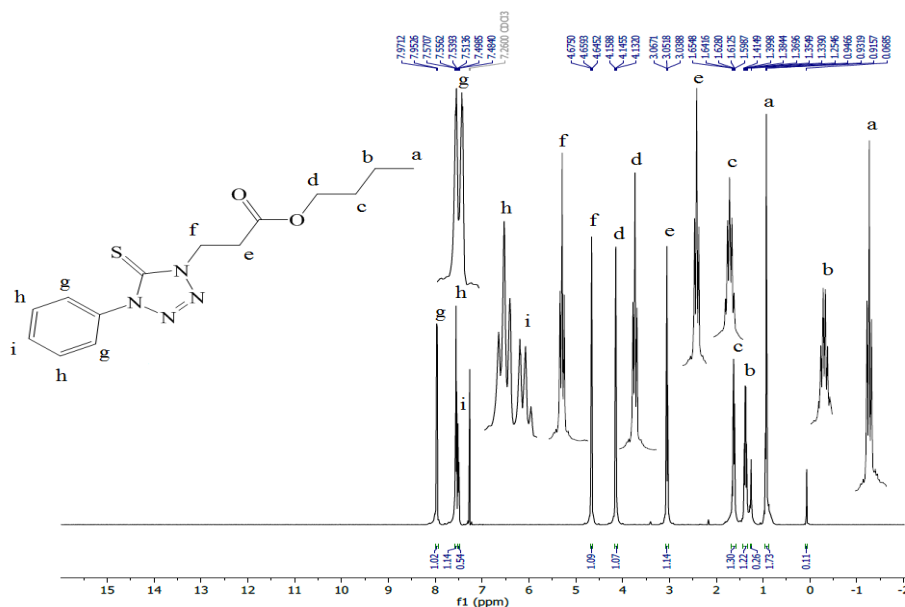
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

۱۲۴/۰ و ۱۲۹/۶ ppm و ۱۳۰/۰ ppm و ۱۳۵/۱ می باشد. از مهم ترین صفت مشخصه در طیف IR این ترکیب می توان به ارتعاش کششی گروه کربونیل استر اشاره کرد که در ناحیه  $1733\text{ cm}^{-1}$  به صورت یک پیک قوی ظاهر شده است (شکل ۱۵).



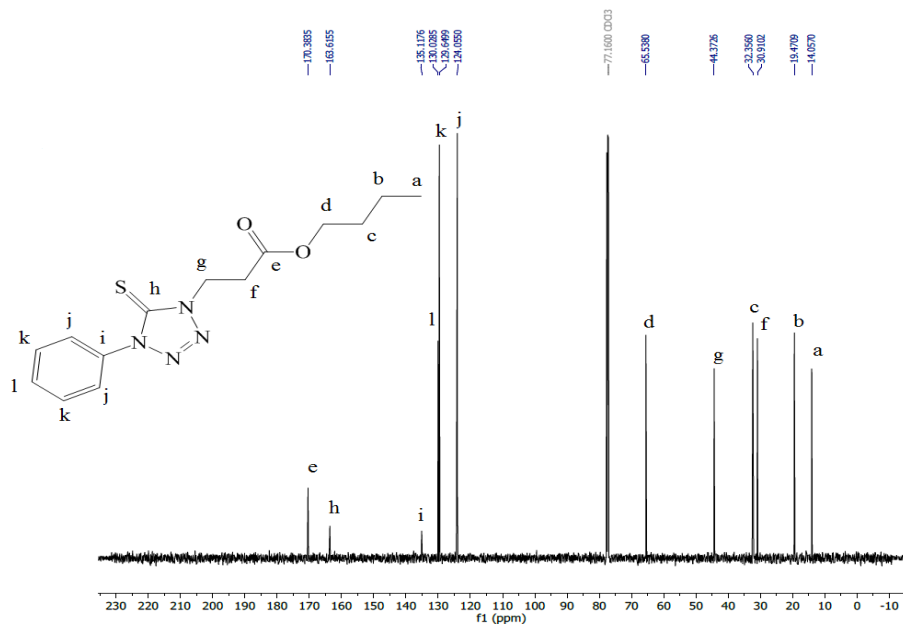
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

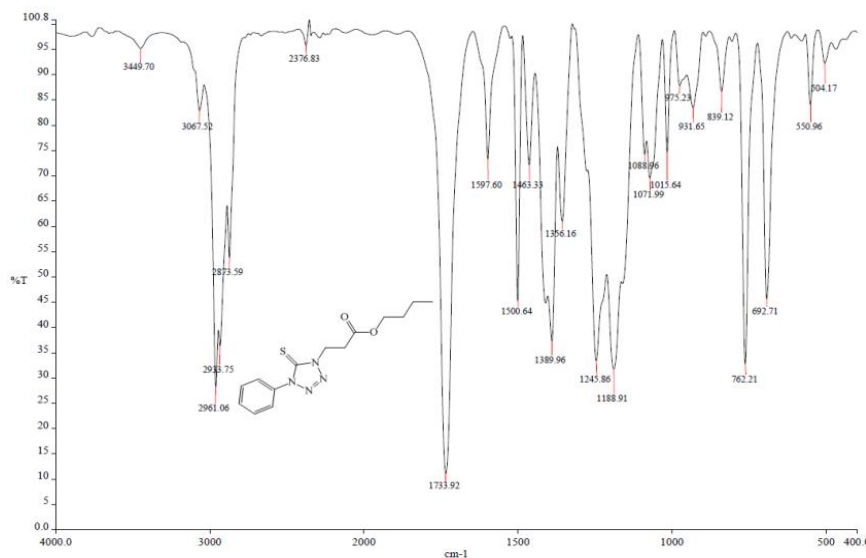
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۱۴: طیف  $^{13}C$  NMR (125 MHz,  $CDCl_3$ ) محصول شکل (۱۰)



شکل ۱: طیف FT-IR محصول شکل (۱۰)

مقادیر بهینه جهت سنتز محصول های S-مایکل و  $N_4$ -مایکل شامل PHtt، استر بوتیل آکریلات،  $K_2CO_3$  و TBAB با نسبت های مولی ۱:۲:۱:۱ می باشد. دمای بهینه برای محصول S-مایکل ۲۵ درجه سانتی گراد و برای محصول  $N_4$ -

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مایکل ۷۰ درجه سانتی گراد و زمان بهینه برای هر دو نوع محصول ۲۴ ساعت می باشد. با در دست داشتن شرایط بهینه برای انجام واکنش های S-مایکل و N4-مایکل، این واکنش با سایر استرهای آکریلات تکرار شد تا دامنه عمل آن مشخص شود (جدول ۱).

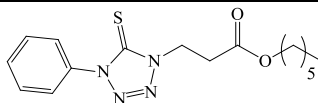
جدول ۱: محصول های واکنش PHtt با ترکیب های  $\alpha,\beta$ -غیر اشباع در حضور  $K_2CO_3$  و TBAB در دو دمای ۲۵ و ۷۰ درجه سانتی گراد و زمان ۲۴ ساعت.

بازده (%)	محصول	دما (°C)	ترکیب $\alpha,\beta$ -غیر اشباع	ردیف
۹۰		۲۵		۱
۸۰		۷۰		۲
۹۰		۲۵		۳
۸۰		۷۰		۴
۹۰		۲۵		۵
۸۰		۷۰		۶
۸۰		۲۵		۷

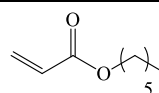




۷۰



۷۰



۸

### نتیجه گیری

مشتق های جدید PHtt توسط واکنش افزایش S-مایکل به استرهای آکریلات در حضور TBAB و  $K_2CO_3$ ، در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی گراد) و زمان ۲۴ ساعت توسط کروماتوگرافی ستونی با بازده بالایی بدست آمدند و همچنین مشتق های جدید PHtt توسط واکنش افزایش  $N_4$ -مایکل به استرهای آکریلات در حضور TBAB و  $K_2CO_3$ ، در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد و زمان ۲۴ ساعت با بازده بالایی بدست آمدند. واکنش PHtt با استرهای فومارات در حضور TBAB و  $K_2CO_3$  در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد انجام شد و به جای واکنش افزایش مایکل، واکنش جانشینی هسته دوستی دو مولکولی ( $SN_2$ ) انجام گرفت و محصول ها توسط کروماتوگرافی ستونی با بازده بسیار خوبی بدست آمدند. بهترین شرایط برای واکنش های ذکر شده، شرایط بدون حلال است.

### منابع

۱. Coskun, O., *Separation techniques: Chromatography*. North Clin Istanb, 2016. 3(2): p. 156-160.
۲. Vorbeck, M.L. and G.V. Marinetti, *Separation of glycosyl diglycerides from phosphatides using silicic acid column chromatography*. Journal of Lipid Research : (۱)۶ . ۱۹۶۵ ,p. 3-6.
۳. Myznikov, L.V., et al., *Mechanism of the zinc-catalyzed addition of azide ion to unsaturated compounds: Synthesis of 5-substituted 1H-tetrazoles from nitriles and of 1-substituted 1H-tetrazole-5-thiols from isothiocyanates*. Russian Journal of General Chemistry, 2017. 87(4): p. 731-738.
۴. Fujimoto, M., et al., *Process Development and Pilot-Scale Synthesis of Cefotetan*. Organic Process Research & Development, 2004. 8(6): p. 915-919.
۵. Koldobskii, G.I., A. Hrabalek, and K.A. Esikov-۱, *Substituted 5-Alkyl(aryl)sulfanyl tetrazoles and Their Derivatives*. Russian Journal of Organic Chemistry, 2004. 40(4): p. 447-461.
۶. L'Abbe, G., et al., *Synthesis of 1,4-disubstituted tetrazoline-5-thiones*. The Journal of Organic Chemistry, 1976. 41(1): (۰ p. 1875-1876.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



۷. Karabanovich, G., et al., *1-Substituted-5-[(3,5-dinitrobenzyl)sulfanyl]-1H-tetrazoles and their isosteric analogs: A new class of selective antitubercular agents active against drug-susceptible and multidrug-resistant mycobacteria*. Eur J Med Chem, 2014. **82**: p. 324-40.
۸. Krutak, J.J., et al., *Chemistry of ethenesulfonyl fluoride. Fluorosulfonylethylation of organic compounds*. The Journal of Organic Chemistry, 1979. **44**(22): p. 3847-3858.



## ذخیره سازی گاز در چارچوب های آلی-فلزی اصلاح شده

نوید محمدی، مجید صفاجو جهانخاندلو<sup>۱\*</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- استاد تمام گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

### چکیده

روند حاضر مصرف انرژی در جهان، از لحاظ اقتصادی و زیست محیطی روندی غیرمطمئن و بی ثبات است. با توجه به انتشار بی رویه گاز دی اکسید کربن که از مهم ترین گازهای گلخانه ای است، نیاز به اتخاذ روش هایی برای کاهش این گاز وجود دارد. هیدروژن به عنوان یکی از منابع انرژی، جایگزینی مناسب برای سوخت های پایه کربنی معرفی شده است. به دلیل عدم آلاینده گی زیست محیطی، هیدروژن سوخت آینده بشر خواهد بود. دانسیته انرژی گاز هیدروژن از بنزین بیشتری است و در فرآیند سوختن آن دی اکسید کربن تولید نمی شود. اولین گام در استفاده درست و مناسب از این منبع عظیم انرژی، ذخیره سازی آن جهت بکارگیری در بخش های مختلف صنعتی و خانگی و یا حتی به منظور تسهیل صادرات آن است. استفاده از جاذب ارزان قیمت یکی از موثرترین راهکارهای کم کردن آلودگی هوا و نیز جذب این انرژی می باشد. یکی از روش های ذخیره سازی آن، جذب بر روی دسته ای از جاذب ها به نام چارچوب های آلی-فلزی است. در این مقاله مروری بر انواع چارچوب های آلی-فلزی جاذب هیدروژن انجام شده است.

کلمات کلیدی: هیدروژن، چارچوب های آلی-فلزی، ذخیره سازی هیدروژن، جاذب هیدروژن





#### مقدمه

افزایش مصرف سوخت های فسیلی و نشر گازهای گلخانه ای ناشی از احتراق این سوخت ها، نگرانی هایی را از نظر تامین مطمئن انرژی و تغییرات آب و هوایی به همراه دارد [۱]. گاز طبیعی همواره به عنوان یکی از مهمترین منابع تامین کننده انرژی مورد نیاز بشر مورد توجه بوده است به گونه ای که هم اکنون حدود ۲۷٪ انرژی مصرفی در کل دنیا از این منبع انرژی تامین می گردد. از میان منابع تجدید پذیر انرژی، می توان به انرژی خورشیدی، انرژی هسته ای و انرژی های آبی و بادی اشاره کرد. گاز هیدروژن به عنوان سوخت پاک و حامل انرژی مطرح است که چگالی انرژی بالاتری نسبت به سایرین (۱۲۲kJ/g) دارد. در دما و فشار محیط، هیدروژن گازی بی بو، بی رنگ و غیر سمی است. در میان عناصر کمترین دانسیته و بیشترین ضریب نفوذ را دارد و ظرفیت حرارتی ویژه آن بالاست. پس از هلیوم، کمترین دمای ذوب و جوش را هیدروژن دارد [۲]. ارزش حرارتی بر پایه وزن این گاز ۳۳/۳ kWh/kg است. در حالی که این مقدار برای بنزین حدود ۱۱/۱ برآورد می شود [۳]. علاوه براین، توسعه اقتصاد هیدروژنی برای مقابله با گرمایش جهانی نیز موثر است. پیش از تحقیقات گسترده بر روی هیدروژن، سوخت های فسیلی منبع عمده تامین انرژی محسوب می شدند [۴]. اما از دهه ۱۹۷۰، مطالعات گسترده ای در زمینه تولید هیدروژن انجام شد و نتایج قابل توجهی به دست آمد [۵]. هیدروژن در دسترس ترین عنصر در جهان است، زیرا ۷۵٪ از کل عناصر موجود در جهان است. هیدروژن به عنوان سوخت اصلی در حال و آینده پذیرفته شده است و جایگزین مناسبی برای سوخت های فسیلی است [۶]. مطالعات پیشین ادعا می کند که تا سال ۲۰۵۰، هیدروژن می تواند سوخت ۱۵ تا ۲۰ میلیارد کامیون و ۴۰۰ میلیون خودرو را تامین کند که حدود ۲۰٪ از کل وسایل نقلیه است [۷].

علی رغم تمامی پیشرفت های صورت گرفته در حوزه هیدروژن، ذخیره کارآمد هیدروژن به شیوه ایمن و اقتصادی بزرگترین چالش در سناریوی کنونی است [۸]. ذخیره هیدروژن در سیلندرها فشار بالا یکی از متداول ترین روش ها برای ذخیره آن است. با این حال، چگالی کم ذخیره سازی در مقایسه با بنزین (حتی در فشارهای بسیار بالا، ۷۰۰ الی ۸۰۰ بار)، هزینه بالای تجهیزات متراکم سازی، افت فشار درون سیلندرها ذخیره سازی و از همه مهم تر، ایمنی پایین سبب شده است تا پژوهشگران به بررسی سایر روش ها برای ذخیره سازی هیدروژن روی آورند. ذخیره سازی هیدروژن به شکل مایع از دیگر روش های معقول به جهت ذخیره سازی هیدروژن است که در مقایسه با ذخیره سازی هیدروژن در سیلندرها فشار بالا، ظرفیت دو برابری را ارائه می دهد (در شرایط مشابه، چگالی دو برابری در ظرفیت ذخیره سازی دارد). اما این روش نیز، بدلیل هزینه بالای فرآیند مایع سازی، تلفات ناشی از تبخیر هیدروژن، و همچنین ایمنی کم، نتوانسته جایگاه مطلوبی در ذخیره سازی هیدروژن در مقیاس گسترده کسب نماید. بر اساس پژوهش های صورت گرفته، ذخیره هیدروژن در حالت جامد از طریق جذب فیزیکی و جذب شیمیایی نسبت به ذخیره هیدروژن در حالت فشرده و یا مایع ترجیح داده می شود. این برتری، ناشی از چگالی بالای ذخیره سازی در این روش، عدم وجود اتلاف چشمگیر و فشار پایین تر مخزن ذخیره سازی در مقایسه با دو روش دیگر است که در نهایت منجر به ایمنی بالاتر ذخیره سازی

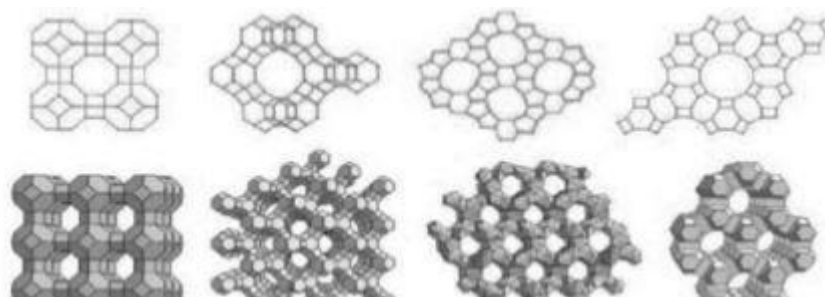


می گردد [۸]. از این رو، طی سالیان اخیر، مواد متخلخلی بر پایه زئولیتها، کربن فعال و چارچوب های آلی-فلزی<sup>۱</sup> ساخته شده اند.

### انواع جاذب های مرسوم هیدروژن

#### • زئولیت ها

می توان زئولیت ها را یکی از اولین جاذب های متخلخل صنعتی دانست. این ترکیب ماده بلورین حفره دار، متشکل از چهاروجهی هایی است که تمام رئوس آن مشترک است. هر چهاروجهی تنها به ۴ عدد چهاروجهی متصل می شود و یک چارچوب سه بعدی را تشکیل می دهد. زئولیت ها بطور گسترده ای در صنعت برای تصفیه آب، به عنوان کاتالیزور و برای تهیه مواد پیشرفته، همچنین تولید پاک کننده های لباس، پزشکی، کشاورزی و جداسازی و همچنین ذخیره گاز کاربرد دارد [۹]. شکل ۱-نمایی از ساختار این جاذب را نشان می دهد.



شکل ۱-نمایی از ساختار زئولیت ها

#### • کربن فعال

شاید کربن فعال را بتوان پرکاربردترین جاذب صنعتی دانست. این جاذب به دلیل سنتز ارزان و قابلیت استفاده در اکثر فرآیندهای جذب سطحی توانسته است جایگاه مطلوبی در فروش صنایع پیدا کند. کربن فعال به دلیل سطح داخلی قابل توجه، ظرفیت جذب بالا، قابلیت فعال سازی مجدد سطح و همچنین قیمت پایین در مقایسه با جاذب های غیر آلی، ماده منحصربه فردی می باشد [۹].

#### • سیلیکاژل

سیلیکاژل یک پلیمر سه بعدی است که از واحدهای چهاروجهی دی اکسید سیلیسیم تشکیل شده است. از ویژگی های این ماده می توان به غیرسمی بودن، بدون بو و غیرقابل اشتعال بودن، غیرقابل حل در آب و حلال ها و نیز ساختار

<sup>1</sup> Metal-Organic Framework (MOF)



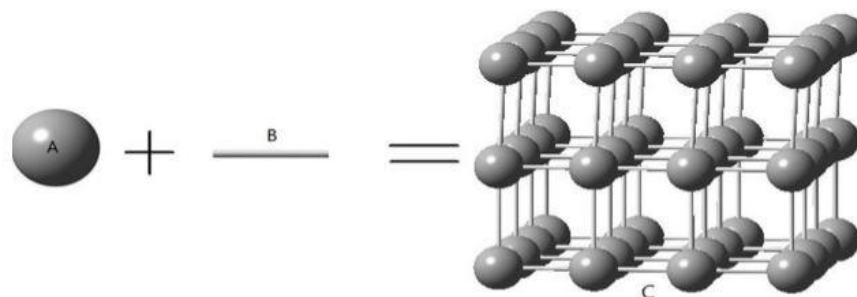
پایدار آن اشاره کرد. از موارد استفاده این ماده متخلخل می توان در زمینه های کاتالیزور، ماده خشک کن یا در کروماتوگرافی اشاره کرد. از این ماده بیشتر برای جذب رطوبت استفاده می شود. سیلیکاژل جاذب خوبی برای جذب آب، الکل، فنول ها، آمین ها و غیره است که این کار را از طریق اتصال پیوندهای هیدروژنی انجام می دهد [۹].

• آلومینای فعال

نوعی جاذب سطحی که از آلومینیوم هیدروکسید تشکیل شده است. این ماده دارای منافذ و سطح ویژه بسیار زیادی است که سبب می شود انواع مایعات و گازها را بدون تغییر در حالت ساختاری خود جذب نماید. این جاذب قابلیت احیا دارد و در هنگام غوطه ور شدن در آب و رطوبت، شوک حرارتی، انقباض و انبساط مقاوم است. از این جاذب در صنایع خشک کن برای جذب رطوبت از هوای فشرده، فلوتور زدایی، تولید هیدروژن پراکسید، کاتالیست و بعنوان جاذب سطحی در جداسازی هوا استفاده می شود [۹].

• چارچوب های آلی-فلزی

در پایان سال ۱۹۹۰ یک ماده متخلخل جدید با نام چارچوب آلی-فلزی در زمینه مواد متخلخل بوجود آمد که گروه جدیدی را برای شیمی متخلخل ارائه کرده است. در دهی گذشته محققان با این ساختار جدید رو به رو شده اند که بسیار متخلخل است و در بعضی از مقالات اشاره به برخی ساختار های آن شده است که حدود ۹۰ درصد فضای داخلی آن ها، فضای خالی بوده و این فضای داخلی یک پتانسیل بالا برای جذب سوپسترا از جمله گاز هیدروژن فراهم می کند [۱۰]. این مواد یک ساختار با شبکه گسترده هستند که توسط اتصال یون فلز مرکزی و پل هایی از لیگاند های آلی تشکیل می شوند. این مواد به علت ایجاد یک شبکه سه بعدی و با تولید سطح ویژه داخلی بالا، امکان به دام انداختن گاز هیدروژن را در این ساختار سه بعدی خود فراهم می کنند و پیش بینی ها حاکی از جذب بسیار بالا در این دسته از مواد است. شکل ۲ شمایی از ساختار یک چارچوب آلی-فلزی است که A به عنوان اتم های فلزی قرار گرفته در ساختار سه بعدی MOF است و B به عنوان گروه های آلی می باشد که به عنوان اتصال دهنده یا پل عمل کرده و فلزات را به یکدیگر پیوند می دهند و یک ساختار سه بعدی متخلخل ایجاد می کند [۱۱].



شکل ۲-نمایی از یک چارچوب آلی-فلزی





ابتدا این تامیک<sup>۳</sup> بود که این دسته از مواد را شناسایی کرد و چارچوب های آلی-فلزی نامید، با این حال تا زمان یاغی و همکارانش<sup>۴</sup> توجه ویژه ای به این مواد معطوف نبود. یاغی اولین MOF بر پایه روی (Zn) را سنتز کرد و آن را MOF-5 نامید. همچنین این چارچوب ها موادی در فاز کریستالی دارای اندازه حفراتی میکرو تا مزو هستند که انعطاف و پویایی کریستالی مناسبی برای آن ها گزارش شده است [۱۲]. این مواد به علت تنوع بسیار ساختاری، سطح ویژه بسیار بالا و اندازه حفرات قابل تنظیم به عنوان جاذب مطرح هستند. همچنین در این دسته مواد نمونه های با پایداری حرارتی و رطوبتی مناسب نیز گزارش شده است که این پایداری از طریق قدرت پیوند بین لینکر و فلز شناخته می شود. از طرف دیگر این مواد به علت حفرات پراکنده و خواص شیمیایی، قابلیت ترکیب با سایر مواد از جمله کربن فعال، گرافن اکساید و نانوذره فلزات را دارند [۱۳-۱۵].

#### روش های سنتز چارچوب های آلی-فلزی

روش های متنوعی برای سنتز این نوع از مواد به کار برده می شود که از جمله این روش ها می توان به روش تبخیر حلال، روش نفوذ، حلال گرمایی، مایکروویو، اولتراسونیک (فراصوت) و الکترولیز شیمیایی اشاره کرد. از میان روش های مذکور، هر چند روش حلال گرمایی دارای کاربرد وسیع تری است اما به علت مدت نسبتاً طولانی مورد نیاز (حدود چندین روز) گرایش ها به سمت استفاده از روش های سریع تر مانند مایکروویو در حال افزایش است [۱۶].

#### • روش تبخیر حلال

در این روش مرحله رشد کریستال در محلول اشباع انجام می شود که با افزایش دما انحلال پذیری نیز افزایش می یابد. کریستال های تشکیل شده با سرد کردن در محلول ظاهر می شوند که قابل جداسازی می باشند [۱۷].

#### • روش نفوذ

اساس این روش در تماس قرار دادن اجزاء مختلف به صورت آرام است. جهت تماس آرام اجزاء مختلف باهم می توان از نفوذ حلال مایع استفاده کرد. در این روش ابتدا دو لایه با چگالی های مختلف تشکیل می شود، یکی شامل محصولات در حلال و دیگری حلال تعلیقی است که این دو لایه با یک لایه حلال از یکدیگر جدا شده اند. حلال تعلیقی به آرامی در لایه جدا کننده نفوذ می کند و رشد کریستال ها در سطح میانی اتفاق می افتد. روش دیگر تماس آرام واکنش دهنده ها نفوذ آرام واکنش دهنده و جداسازی با استفاده از یک مایع فیزیکی است. به عنوان مثال در این روش گاهی از ژل های مختلف جهت کاهش سرعت نفوذ و جلوگیری از تعلیق مواد توده ای استفاده می شود. [۱۸ و ۱۹].

#### • روش حلال گرمایی

<sup>1</sup> Tomic 9 3

<sup>1</sup> Yaghi and co-workers 9 4



این روش که برای سنتز زئولیت ها نیز بسیار به کار برده می شود دارای دمای عملیاتی در محدوده ۸۰ الی ۲۶۰ درجه سلسیوس می باشد. عملیات حرارت دهی در داخل یک محیط بسته (اتوکلاو) و توسط آون حرارتی انجام می شود. سرعت سرد کردن در نحوه رشد کریستال ها بسیار موثر است ۷ مقاله ۱۰۰۴. البته در این روش باید توجه داشت که مرحله صاف کردن و خشک کردن MOF ها باید با دقت زیادی انجام شود، زیرا این مواد دارای تخلخل و سطح فعال بالایی هستند، به طوری که به راحتی ۵۰ تا ۱۵۰ درصد وزنی حلال را در ساختارشان جذب می کنند. بنابراین پیشنهاد شده است که پیش از فعال سازی در دمای بالا، نسبت بالایی از حلال آب جذب شده تحت شرایط ملایمی از فشار و دما حذف گردد [۲۰].

• روش مایکروویو و اولتراسونیک

استفاده از امواج مایکروویو و اولتراسونیک (مافوق صوت) در مرحله حرارت دهی به جای استفاده از آون حرارتی، اصلی ترین تفاوت عملی این دو روش به روش (حلال- گرمایی) است. هر دو روش مایکروویو و اولتراسونیک علاوه بر کاهش چشمگیر زمان سنتز مواد، امکان کنترل شکل و اندازه ذرات تولید شده را نیز به خوبی فراهم می آورند. اندازه ذرات با تغییر غلظت پیش ماده قابل کنترل می باشد [۲۱].

• روش الکترولیز شیمیایی

در این روش چند صفحه از فلز مورد نظر (مانند مس) با ضخامت معین (در حد میلی متر) به عنوان آند در یک محلول حاوی اتصال دهنده مورد نظر (مانند اسید کربوکسیلیک) همراه با یک حلال قطبی (مانند متانول) و کاتد مس قرار داده می شود تا مجموعاً سل الکتروشیمیایی مورد نظر را تشکیل دهند. سل در یک مدت زمان معین (حدود یک ساعت) و در یک شدت معین از ولتاژ و آمپر قرار داده می شود تا رسوبات MOF تشکیل گردد. بعد از جداسازی رسوبات و خشک نمودن آن ها جاذب مورد نظر حاصل می گردد [۲۲].

باید توجه داشت که یکی از پارامترهای مهم تهیه ی جاذب میزان برگشت پذیری گاز جذب شده در شرایط مورد نظر است. هر چه واجد بی بیشتر باشد به این معنی است که جاذب دارای مزیت بیشتری از نظر سینتیکی می باشد و همچنین نشان می دهد که جذب شونده بصورت کاربردی و فیزیکی، جذب سطحی شده است که مساعدترین نوع جذب برای کاربردهای صنعتی است. میزان واجد بی برای یک ماده باید در دمای معینی گزارش شود و بر اساس پیش بینی های سازمان انرژی آمریکا، برای اولین واجد بی با ایستی حداقل ۹۰ درصد و در انتهای دوره کارایی جاذب حداقل ۶۰ درصد باشد. با افزایش فشار، جذب هیدروژن افزایش می یابد. این پدیده بدین علت رخ می دهد که فشار بالا، مولکول های گاز را به سوی فاصله نزدیک تری تا سطح جاذب سوق می دهد [۲۳ و ۲۴ و ۲۵].

اولین بار آقای یاغی و همکارانش، بین سال های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۲ به جذب هیدروژن بر روی چارچوب های آلی-فلزی پرداختند. آن ها به نوع خاصی از چارچوب به نام MOF-5 کار می کردند که از اتصال بین لیگاند ۱ و ۴ بنزن دی کربولیک اسید (BDS) یا همان ترفتالیک اسید، و خوشه فلزی  $Zn_4O(-COO)_6$  ساخته می شد. آن ها برای این MOF-5 مقدار جذب هیدروژن را ۱/۳ wt% (درصد وزنی به درصد وزن هیدروژن جذب شده به ازای واحد وزن جاذب گویند) در دمای ۷۷ کلوین و فشار اتمسفری گزارش کردند. آن ها همچنین با تغییر لیگاند و استفاده از لیگاند های طولی تر



کربوکسیلیک اسید، ساختار جاذب و میزان جذب هیدروژن هر یک را بررسی کردند. آن چه آن ها مشاهده کردند افزایش سطح ویژه و میزان جذب هیدروژن با افزایش طول لیگاند بود [۲۶ و ۲۷].

در پژوهش دیگری کاور و همکارانش در سال ۲۰۱۶، به بررسی جذب دی اکسید کربن و هیدروژن بر روی چارچوب ZIF-8 (لیگاند ۲ متیل ایمیدازول و فلز روی) و نمونه دو فلزی آن با فلز کبالت و روی پرداختند. آن ها با تغییر نسبت نمک فلز کبالت و روی، چارچوب هایی با درصد مختلف از دو فلز سنتز کردند. مطابق نتایج کسب شده، با دو فلزی شدن جاذب، قابلیت تنظیم اندازه حفرات آن فراهم شد. همچنین حجم حفرات و سطح ویژه نمونه، دست خوش تغییر شد و در برخی درصدها از فلز کبالت، مقدار بهینه تری نشان داد. مطابق نتایج ایشان، نمونه دو فلزی بیشترین سطح ویژه و جذب دی اکسید کربن و هیدروژن را داشته است. نکته قابل توجه دیگر، آن بوده که نمونه های تک فلزی میزان جذب کمتری نسبت به نمونه های دو فلزی داشته اند [۲۸].

این افزایش سطح ویژه با افزودن فلز دوم در کار ژو و همکارانش در همان سال نیز مشاهده شد. آن ها دست به سنتز مستقیم به روش حلال گرمایی نمونه دو فلزی MIL-101 با فلز کروم و منیزیم زدند. نمونه دو فلزی سطح ویژه ۳۲۷۴ مترمربع بر گرم را دارا بود که نسبت به نمونه تک فلزی ۸/۳ درصد سطح ویژه اش بیشتر بود [۲۹]. در پژوهشی که توسط آقای روزل و یاغی که در سال ۲۰۰۶ انجام شده، میزان جذب هیدروژن بر روی سه چارچوب در دمای جوش نیتروژن مایع (۷۷ کلوین) بررسی و با یکدیگر مقایسه شد [۳۰]. در پژوهش دیاز و همکاران در سال ۲۰۱۶، در دمای ۷۷ کلوین و فشار بالا، داده های پرفشار هیدروژن به همراه ایزوترم های آزمایشگاهی بررسی شد تا رابطه بین خواص ساختاری ماده و قابلیت برداشت هیدروژن آن مشخص شود [۳۱].

در سال ۲۰۱۹، کائور و پال [۳۲]، مروری جامع بر روی تمامی مواد و روش های الکتروشیمیایی ذخیره هیدروژن انجام دادند. علاوه بر این، تمامی منابع هیدروژن، اعم از پایدار و غیر پایدار، روش های ذخیره سازی هیدروژن و راه های گوناگون به کارگیری هیدروژن، از دیدگاه اقتصادی مورد بررسی قرار گرفت. در جایی دیگر، کورنیال، هاردی و همکاران در سال ۲۰۱۹ [۳۳]، یک مخزن ۲ لیتری حاوی جاذبی بر پایه MOF ساختند. در ادامه، با بکارگیری روش اجزای محدود یک مدل برای توجیه پدیده های انتقال در مخزن ارائه کردند. همچنین آزمون شارژ و تخلیه مخزن ذخیره هیدروژن انجام شد و نتایج با مدل اعتبارسنجی شد. در پایان، بر اساس نتایج بدست آمده ادعا شد که چگالی جرمی و حجمی بالایی در جاذب سنتز شده کسب شده است. در ادامه در سال ۲۰۲۰، چوی و اوگورا [۳۴]، جاذبی از زئولیت های مزومتخلخل سنتز کردند و بر پایه ای از مواد تغییر فاز دهنده نصب کردند تا گرمای جذب توسط این مواد جذب گردد. در سال ۲۰۲۱ نیز، طرهان و چیل [۳۵]، به مرور مطالعات انجام شده با هدف ایجاد منبعی جامع برای مطالعات آتی پرداختند. در این پژوهش، به بررسی منابع هیدروژن و روش های تولید، ذخیره سازی و حمل و نقل آن پرداخته شده است. همچنین کاربردهای فعلی انرژی هیدروژن، محدودیت در استفاده از هیدروژن، مصارف آتی و اهداف آتی مورد بررسی قرار گرفته





است. همچنین روزی و همکاران [۳۶]، به مدلسازی پویای حرارتی یکپارچه سیستم<sup>۱۵</sup> ذخیره سازی بر پایه جاذبها پرداختند. اخیراً نیز، در پژوهشی توسط ما و همکاران [۳۷]، جاذبی بر پایه کربن سنتز شده است که به آن تیتانیا افزودند و به بررسی ویژگیها و خصوصیات آن پرداختند. بر اساس نتایج بدست آمده، جاذب برای ذخیره سازی هیدروژن در شرایط عملیاتی محیطی مناسب شناخته شد. همچنین اخیراً سینگ و همکاران [۳۸] در مطالعه ای به مرور تاثیر نانو مواد در ذخیره سازی هیدروژن پرداختند. در این مطالعه به بررسی ابعاد موثر در بحث ذخیره سازی هیدروژن در چارچوب آلی فلزی، همچون اندازه و حجم منافذ و ... پرداختند. در کنار این، سوله و همکاران [۳۹] نیز به مرور پژوهش های صورت گرفته در تثبیت چهارچوب های آلی فلزی و بکارگیری مواد سبز در این زمینه پرداختند.

#### نتیجه گیری

چارچوب های آلی-فلزی که از اتصال خوشه یا یون های فلزی با اتصال دهنده های آلی بوجود می آیند، با توجه به ویژگی های منحصر به فردشان در دو دهه اخیر بسیار مورد توجه بوده اند. روش ها و عوامل مختلف سنتز مثل دما، زمان، فشار و PH باعث ایجاد ذرات با مورفولوژی، اندازه و توزیع اندازه ذرات متفاوت می شوند. در این مقاله، علاوه بر بررسی روش های سنتز، در مورد انواع جاذبها و پیشرفت های اخیر روی چارچوب های آلی-فلزی که در زمینه های حفظ محیط زیست، تولید و نیز ذخیره انرژی سبز استفاده می شود، بحث شد. MOF ها ظرفیت های بزرگی را به عنوان ماده سبز، از تولید تا کاربرد، برای پاسخ گویی به چالش های مربوط به محیط زیست به نمایش گذاشته اند. هزینه های ساخت این چارچوبها نسبت به مواد متخلخل معمولی مانند زئولیت و کربن فعال باید مورد توجه قرار گیرد. بررسی بیشتری در زمینه امکان پذیری عملیاتی، سازگاری و همچنین هرگونه چالش ناشی از افزایش یا کاهش هزینه های تولید و بهبود ویژگی های مربوط به پایداری انجام شود. در حالی که پیشرفت های چشم گیری در زمینه سنتز و کاربردهای MOF حاصل شده است هنوز هم چالش های زیادی برای رفع محدودیت های این چارچوبها وجود دارد. چالش های آینده به سمت گسترش کاربرد این چارچوبها و بطور مثال در زمینه ذخیره انرژی پیش خواهد رفت.

#### منابع

- [1]. Xu, D., et al., Technology selection for sustainable hydrogen production: A multi-criteria assessment framework under uncertainties based on the combined weights and interval best-worst projection method. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2020. 45(59): p. 34396-34411.
- [2]. M. Hirscher, Ed., *Handbook of Hydrogen Storage: New Materials for Future Energy Storage*. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010.
- [3]. M. P. Suh, H. J. Park, T. K. Prasad, and D.-W. Lim, "Hydrogen Storage in Metal-Organic Frameworks," *Chem. Rev.*, vol. 112, no. 2, pp. 782-835, Feb. 2012, doi: 10.1021/cr200274s.



- [4]. Acar, C., A. Beskese, and G.T. Temur, Sustainability analysis of different hydrogen production options using hesitant fuzzy AHP. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2018. 43(39): p. 18059-18076.
- [5]. El-Emam, R.S. and H. Özcan, Comprehensive review on the techno-economics of sustainable large-scale clean hydrogen production. *Journal of Cleaner Production*, 2019. 220: p. 593-609.
- [6]. Boretti, A., There are hydrogen production pathways with better than green hydrogen economic and environmental costs. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2021.
- [7]. Thapa, B.S., et al., Green hydrogen potentials from surplus hydro energy in Nepal. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2021. 46(43): p. 22256-22267.
- [8]. Gangu, K.K., et al., Characteristics of MOF, MWCNT and graphene containing materials for hydrogen storage: A review. *Journal of energy chemistry*, 2019. 30: p. 132-144.
- [9]. Li, J., et al., The research trends of metal-organic frameworks in environmental science: a review based on bibliometric analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020: p. 1-20
- [10]. Joseph T HaKR, Poeppelmeetier. *Better living through nanopore chemistry. science*. 2008.35
- [11]. Mueller U, Schubert M, Teich F, Puetter H, Schierle-Arndt K, Pastre J. Metal-organic frameworks-prospective industrial applications. *J. Mat. Chem.* 2006; 16:626-36.
- [12]. D. Farrusseng, Ed., "Metal-Organic Frameworks Applications from Catalysis to Gas Storage," in *Metal-Organic Frameworks*, Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2011, pp. I-XXII.
- [13]. L. Xia, Q. Liu, F. Wang, and J. Lu, "Improving the hydrogen storage properties of metalorganic framework by functionalization," *Journal of Molecular Modeling*, vol. 22, no. 10, p. 254, Oct. 2016, doi: 10.1007/s00894-016-3129-3.
- [14]. R. Grünker et al., "A new metal-organic framework with ultra-high surface area," *Chem. Commun.*, vol. 50, no. 26, pp. 3450-3452, 2014, doi: 10.1039/C4CC00113C.
- [15]. Q. Song et al., "Zeolitic imidazolate framework (ZIF-8) based polymer nanocomposite membranes for gas separation," *Energy Environ. Sci.*, vol. 5, no. 8, pp. 8359-8369, 2012, doi: 10.1039/C2EE21996D.
- [16]. Qiu, S., Zhu, Z., "Molecular engineering for synthesizing novel structures of metal-organic frameworks with multifunctional properties", *Coordination Chemistry Reviews*, 253, pp 2891-2911, (2009).
- [17]. Zhang, W. X., Yang, Y. Y., Zai, S. B., Ng, S. W., Chen, X. M., "Syntheses, structures and magnetic properties of dinuclear Copper(II)-Lanthanide(III) complexes bridged by 2-hydroxymethyl-1-methylimidazole", *European Journal of Inorganic Chemistry*, 5, pp 679-685, (2008).



- [18]. Czaja, A. U., Trukhan, U., Miller, U., "Industrial applications of metal-organic frameworks", *Chemical Society Review*, 38, pp 1284-1293, (2009).
- [19]. Yilmaz, B., Trukhan, N., Muller, U., "Industrial Outlook on Zeolites and Metal Organic Frameworks", *Chinese Journal of Catalysis*, 33, pp 3-10, (2012).
- [20]. Shi, X., Qiu, S. L., Huang, K. L., Yu, J. H., Xu, R. R., "Zn<sub>2</sub> [(S)-O<sub>3</sub>PCH<sub>2</sub>NHC<sub>4</sub>H<sub>7</sub>CO<sub>2</sub>]<sub>2</sub>: A Homochiral 3D Zinc Phosphonate with Helical Channels", *Angewandte Chemie International Edition*, 43, pp 6482-6489, (2004).
- [21]. Ni, Z., Masel, R. I., "Synthesis of non-linear metal organic framework material useful in e.g. hydrogen storage, involves exposing solution including metal organic framework precursors to microwave dose to induce crystallization of the framework material", Ph.D Thesis, University of Illinois, (2008).
- [22]. Mueller, U., Schubert, M., Teich, F., Puetter, H., Schierle-Arndt, K., Pastre, J., "Metal-organic frameworks-prospective industrial applications", *Journal of Material Chemistry*, 16, pp 626-636, (2006).
- [23]. Hafizovic J, Bjørgen M, Olsbye U, Dietzel PDC, Bordiga S, Prestipino C, et al. The Inconsistency in Adsorption Properties and Powder XRD Data of MOF-5 Is Rationalized by Framework Interpenetration and the Presence of Organic and Inorganic Species in the Nanocavities. *J. American Chem. Soc.* 2007; 129:3612-20.
- [24]. Kaye SS, Dailly A, Yaghi OM, Long JR. Impact of Preparation and Handling on the Hydrogen Storage Properties of Zn<sub>4</sub>O(1,4-benzenedicarboxylate)<sub>3</sub> (MOF-5). *J. American Chem. Soc.* 2007; 129:14176-7.
- [25]. Z. Ozturk, G. Ozkan, D. A. Kose, and A. Asan, "Experimental and simulation study on structural characterization and hydrogen storage of metal organic structured compounds," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 41, no. 19, pp. 8256–8263, May 2016, doi: 10.1016/j.ijhydene.2015.11.073.
- [26]. J. L. C. Rowsell and O. M. Yaghi, "Effects of Functionalization, Catenation, and Variation of the Metal Oxide and Organic Linking Units on the Low-Pressure Hydrogen Adsorption Properties of Metal–Organic Frameworks," *Journal of the American Chemical Society*, vol. 128, no. 4, pp. 1304–1315, 2006, doi: 10.1021/ja056639q.
- [27]. M. Dincă, A. Dailly, Y. Liu, C. M. Brown, Dan. A. Neumann, and J. R. Long, "Hydrogen Storage in a Microporous Metal–Organic Framework with Exposed Mn<sup>2+</sup> Coordination Sites," *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 128, no. 51, pp. 16876–16883, Dec. 2006, doi: 10.1021/ja0656853
- [28]. G. Kaur et al., "Room-temperature synthesis of bimetallic Co–Zn based zeolitic imidazolate frameworks in water for enhanced CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> uptakes," *J. Mater. Chem. A*, vol. 4, no. 39, pp. 14932–14938, 2016, doi: 10.1039/C6TA04342A.
- [29]. Z. Zhou et al., "A novel bimetallic MIL-101(Cr, Mg) with high CO<sub>2</sub> adsorption capacity and CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> selectivity," *Chemical Engineering Science*, vol. 147, pp. 109–117, Jun. 2016, doi: 10.1016/j.ces.2016.03.035.
- [30]. J. L. C. Rowsell and O. M. Yaghi, "Effects of Functionalization, Catenation, and Variation of the Metal Oxide and Organic Linking Units on the Low-Pressure Hydrogen Adsorption





Properties of Metal–Organic Frameworks,” *Journal of the American Chemical Society*, vol. 128, no. 4, pp. 1304–1315, 2006, doi: 10.1021/ja056639q.

[31]. A. Noguera-Díaz, N. Bimbo, L. T. Holyfield, I. Y. Ahmet, V. P. Ting, and T. J. Mays, “Structure–property relationships in metal-organic frameworks for hydrogen storage,” *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 496, pp. 77–85, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2015.11.061>

[32]. Kaur, M. and K. Pal, Review on hydrogen storage materials and methods from an electrochemical viewpoint. *Journal of Energy Storage*, 2019. 23: p. 234-249.

[33]. Corgnale, C., et al., Hydrogen storage in a two-liter adsorbent prototype tank for fuel cell driven vehicles. *Applied Energy*, 2019. 250: p. 333-343.

[34]. Choi, J. and M. Ogura, Mesoporous Zeolite for Use as Dual-functional Heat-storage Adsorbent. *Chemistry Letters*, 2020. 49(5): p. 450-452.

[35]. Tarhan, C. and M.A. Çil, A study on hydrogen, the clean energy of the future: Hydrogen storage methods. *Journal of Energy Storage*, 2021. 40: p. 102676.

[36]. Rozzi, E., F.D. Minuto, and A. Lanzini, Dynamic modeling and thermal management of a Power-to-Power system with hydrogen storage in microporous adsorbent materials. *Journal of Energy Storage*, 2021. 41: p. 102953.

[37]. Ma, K., et al., A First-Principles Study on Titanium-Decorated Adsorbent for Hydrogen Storage. *Energies*, 2021. 14(20): p. 6845.

[38]. Singh, R., A. Altaee, and S. Gautam, Nanomaterials in the advancement of hydrogen energy storage. *Heliyon*, 2020. 6(7): p. e04487.

[39]. Sule, R., A.K. Mishra, and T.T. Nkambule, Recent advancement in consolidation of MOFs as adsorbents for hydrogen storage. *International Journal of Energy Research*, 2021. 45(9): p. 12481-12499.



## سنتر هتروسیکل های پنج عضوی با استفاده از امواج فراصوت

حامد قادری<sup>۱\*</sup>، محمدرضا زمانلو<sup>۱</sup>

۴- اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی-کاربردی (zamanlou@yahoo.com)

### چکیده

ترکیبات هتروسیکلیک پلنج عضوی یک ساختار حلقوی با حداقل یک نوع هترو اتم متفاوت در حلقه می باشد. نیتروژن، اکسیژن و گوگرد رایج ترین هترو اتم ها هستند. حلقه های هتروسیکلیک پنج عضوی خواص بیولوژیکی و دارویی زیادی دارند. امواج فراصوت یک روش عالی برای فعال سازی و تسریع سنتز آلی به عنوان همچنین یک روش عالی برای سنتز حلقه های پنج عضوی برای به دست آوردن عملکرد بهتر، واکنش های اقتصادی و سازگار با محیط زیست است. امواج فراصوت انجام بسیاری از واکنش های شیمیایی و حتی برخی از واکنش هایی که تحت روش های معمولی قابل دستیابی نیستند را سبب می شود. در این بررسی کوتاه، مهم ترین روش های سنتز فراصوت هتروسیکل های پنج عضوی را به صورت خلاصه ارائه کردیم.

<sup>1</sup> Hetrocyclic



## مقدمه

کلمه اولتراسونیک یا Ultrasonic به معنای فرا صوت است. محدوده فرکانسی شنوایی افراد متفاوت است و با بالا رفتن سن این بازه کاهش می یابد. محدوده فرکانس شنوایی از سان ۲۰ هرتز تا ۲۰۰۰۰ هرتز است. محدوده فرکانسی امواج فرا صوت ۴۰ کیلو هرتز تا چندین مگا هرتز می باشد. به این نکته باید توجه کرد که اصطلاح "فرا صوت"، با "ما فوق صوت" به انگلیسی ((Supersonic که برای سرعت بالاتر از سرعت صوت استفاده می شود، متفاوت است. امواج فرا صوت همانند امواج دیگر خواص شکست، پراش، بازتاب و عبور دارند. این امواج به سه روش مکانیکی، مغناطیسی و الکتریکی ایجاد میشوند.

حمام فرا صوت با توانایی امواج مکانیکی - صوتی با فرکانسی بالاتر از حد شنوایی انسان. یکی از کاربردهای مهم امواج التراسونیک استفاده از ضربه ناشی از کاویتاسیون<sup>۱</sup> ایجاد شده توسط آن در فرآیند شستشوی التراسونیک می باشد. اصول کلی این روش مبتنی بر غوطه وری قطعات مورد نظر در یک مایع واسطه می باشد که این مایع توسط یک مولد امواج فرا صوت با فرکانس و شدت بسیار بالایی مرتعش شده و هنگامی که کاویتاسیون به وجود آمده عمل شستشو و پاک کردن قطعه را انجام می دهد. استفاده از امواج ما فوق صوت بدلیل خواصی که دارند بعضاً کاربردهای متنوع و جالبی دارند. دستگاه پاک کننده التراسونیک با استفاده از امواج ما فوق صوت ذرات چربی و آلودگی هایی را که روی سطح جسم قرار گرفته جدا کرده و جسم را پاک می کند. یک سیستم پاک کننده التراسونیک شامل ۳ قسمت اصلی است: منبع تغذیه، ترانسدایوسر (پیزوالکتریک) و محفظه. اعمال سیگنال ورودی از منبع تغذیه به یک پیزوالکتریک باعث ارتعاش آن شده و انتقال این نو سان از جداره محفظه به مایع درون آن می تواند مولکول های مایع را تحت تاثیر قرار داده و پدیده کاویتاسیون را به وجود آورد. کاویتاسیون نتیجه ضربان در فرآیند شستشو التراسونیک است که با تغییر فرکانس ورودی منبع تغذیه پدیدار شده و می تواند تاثیرات مختلفی روی جسم مورد شستشو بگذارد [1].

<sup>1</sup> cavitation



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱۲: شمای حمام فراصوت

### سنتر ترکیبات هتروسیکلی با استفاده از امواج فراصوت

هترو سیکل ها در بسیاری از زمینه های علوم (از جمله آلی، معدنی، زیست آلی، کشاورزی، صنعتی، دارویی و شیمی دارویی، و همچنین علم مواد) اهمیت فراوانی دارند. یک رویکرد به خصوص جذاب مبتنی بر واکنش های هتروسیکل سازی با استفاده از امواج فراصوت در بسترهای عامل دار مناسب است که می تواند سنتر انتخابی هتروسیکل های دارای عملکرد بالا را با استفاده از مواد اولیه در دسترس تحت شرایط ملایم و انتخابی امکان پذیر سازد. استفاده از امواج فراصوت برای پیشبرد واکنش های شیمیایی سونوشیمی نامیده می شود. اثرات فراصوت مشاهده شده در طی واکنش های آلی ناشی از کاویتاسیون است، فرآیندی فیزیکی که حفره های گازی و بخاری را در یک مایع تحت تابش ایجاد می کند، بزرگ می کند و منفجر می کند. کاویتاسیون باعث ایجاد دما و فشار محلی بسیار بالا در داخل حباب ها (حفره ها) می شود که منجر به جریان آشفته مایع و افزایش انتقال جرم می شود [2].

### کاربردهای فراصوت در تشکیل حلقه های هتروسیکلیک پنج عضوی

استرهای ۵-آریل-۴-هیدروکسی-۱-پیرو-۳-کربوکسیلیک اسید (3) از طریق واکنش سه جزئی آریل گلیوک سال هیدرات جایگزین شده (1) و ترکیبات  $\beta$ -دی کربونیل (2) در حضور استات آمونیوم در آب سنتر شدند (محصولات با عملکرد خوب و بدون نیاز به خالص سازی به دست آمدند) (شمای ۲) [4].

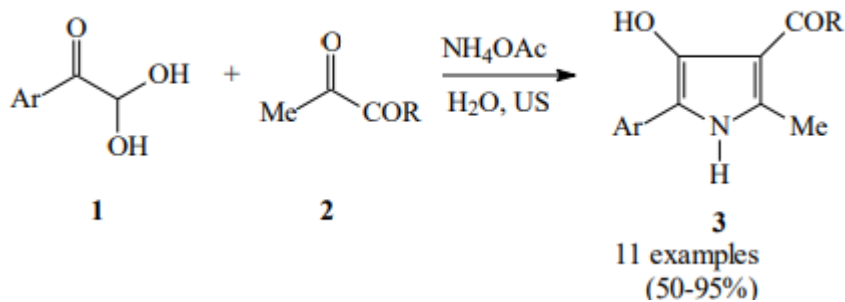
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

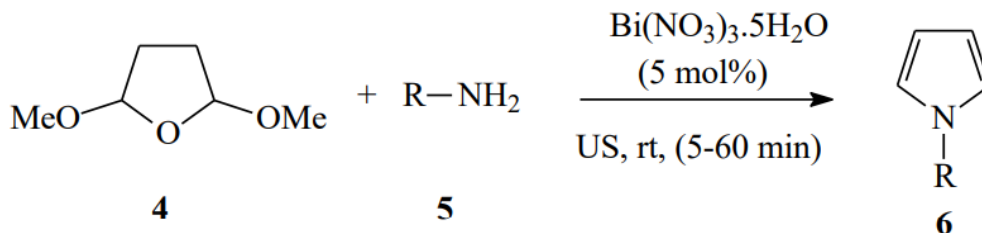
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۱۳: روش سنتز استرهای ۵-آریل-۴-هیدروکسی-۱-پیرو-۳-کربوکسیلیک اسید با استفاده از امواج فراصوت

یک سری از مشتقات پیرو-۱ جایگزین شده با N (6) از واکنش ۲،۵-دی متوکسی تتراهیدروپوران (4) با آمین های مختلف (5) در حضور مقدار کاتالیزوری (۵ مول درصد) از بیسموت نیترات پنتا هیدرات تحت تابش اولتراسونیک سنتز شدند (شکل ۳) [5].



شکل ۱۴: روش سنتز مشتقات پیرو-۱ از طریق امواج فراصوت

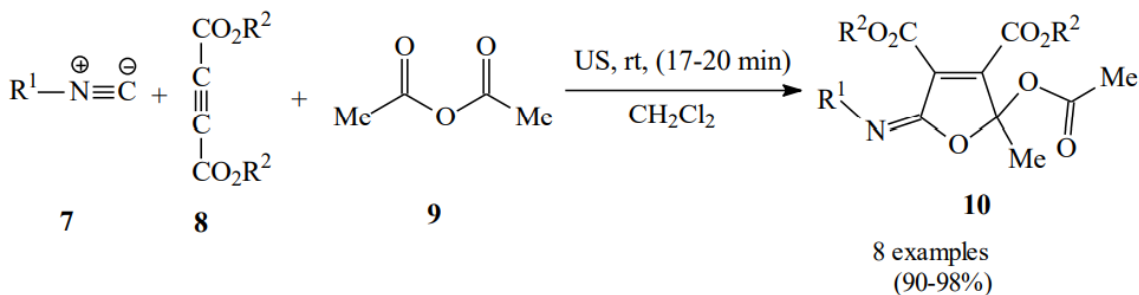
سنتز سه جزئی بدون کاتالیزور بسیار موثر و سریع مشتقات ۲،۵-دی هیدرو-۵-ایمینو-۲-متیل فوران ۴،۳-دی کربوکسیلات از واکنش ایزوسیانیدها (7) و دی آلکیل استیلن دی کربوکسیلات ها (8) در حضور انیدرید استیک در  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  تحت تابش فراصوت (شکل ۴) [6].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

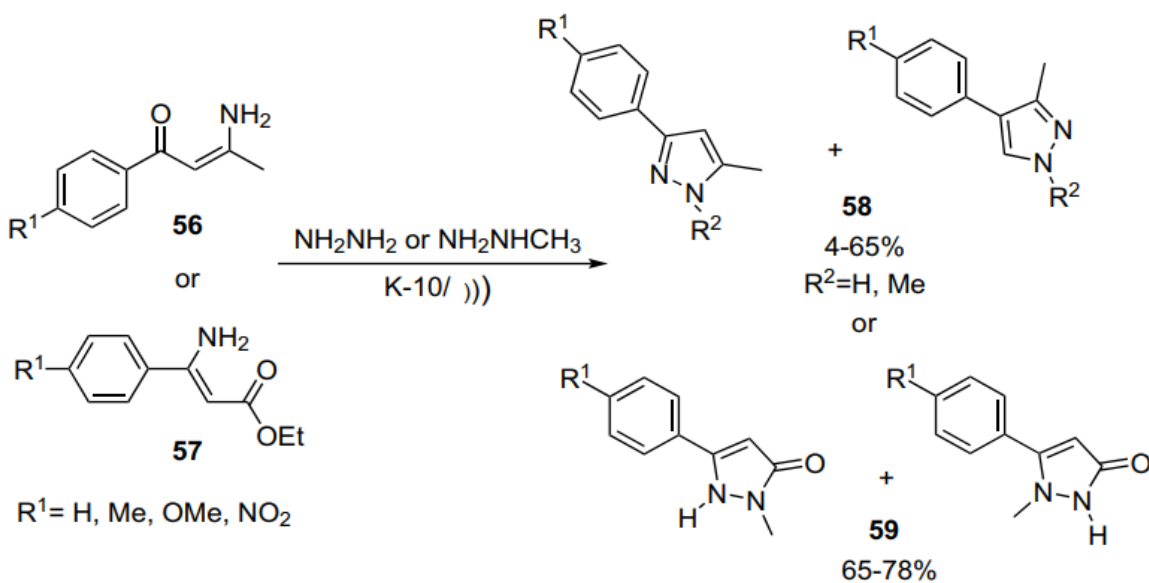
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۳: سنتز سه جزئی بدون کاتالیزور بسیار موثر و سریع مشتقات ۵، ۳-دی هیدرو-۵-ایمینو-۲-متیل فوران ۴،۳-دی کربوکسیلات از طریق امواج فراصوت

استرهای (57) b-Enamino با متیل هیدرازین تحت امواج فراصوت در حضور K-10 واکنش دادند تا پیرازولینون های (59) را با بازده خوب تولید کنند (شکل ۴). (انتخاب ناحیه به برهمکنش جانشین بر روی حلقه آروماتیک با پشتیبانی جامد K-10 بستگی دارد [7].



شکل ۱۵: سنتز پیرازولینون ها تحت امواج فراصوت در حضور K-10

سنتز H-benzotriazoles (33) از o-phenylenediamine (32) و نیتريت سدیم در ا سید استیک ( شکل ۵) اخیرا گزارش شده است. محصولات با عملکرد خوب تا عالی پس از ۱۰-۱۵ دقیقه فرا صوت در دمای ۵ درجه سانتیگراد به دست آمدند. سپس محصولات (33) تحت یک واکنش آسیلاسیون تحت امواج فرا صوت قرار گرفتند تا ۱- آسیل بنزوتریازول (34) به دست آید [8].

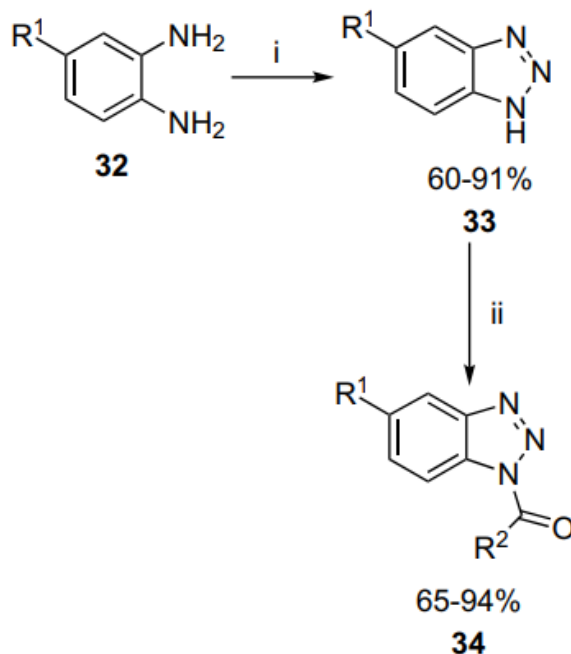


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



R<sup>1</sup> = H, Me, Cl and PhC(O)

i: NaNO<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>H, )))

ii: R<sup>2</sup>COX, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> or (CH<sub>3</sub>)CO, )))

شکل ۵: سنتز H-benzotriazoles (33) از o-phenylenediamine (32) و نیتريت سدیم در اسید استیک توسط امواج فراصوت

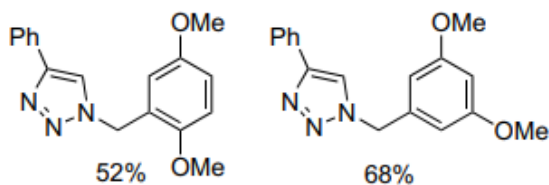
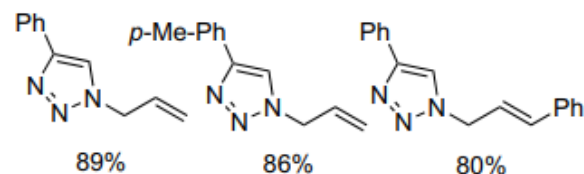
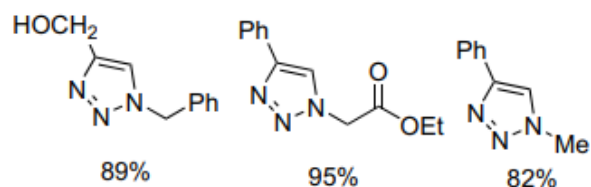
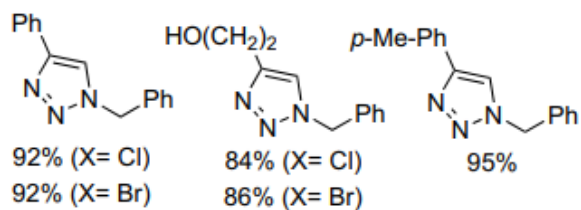
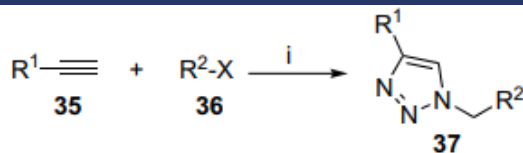
۱.۲ و ۳- تری آزول (37) و ۴- دو استخلافی با موفقیت از آزید سدیم، آلکین های انتهایی (35) و آلکیل/آریل هالیدهای (36) سنتز شدند (شکل ۶). محیط آبی تحت تابش ایالات متحده در دمای اتاق به مدت ۱۵ تا ۳۰ ساعت. همه محصولات با بازده خوب تا عالی، با گزینش منطقه ای بالا به دست آمدند [9].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



i:  $\text{NaN}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , r.t.,  $\text{CuI}$  (10 mol%),  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ).

شکل ۶: روش سنتز ۲، ۳-تری آزول ۴ و دو استخلافی از طریق امواج فراصوت

### نتیجه گیری

در این گزارش، ما روش های سنتز حلقه های هتروسیکلیک را با امواج فراصوت را بررسی کردیم. در مقایسه با روش های مرسوم، امواج فراصوت مزایای متعددی از جمله افزایش سرعت واکنش، انتخاب پذیری، زمان واکنش کوتاه تر، بازده بالاتر و تکنیک سازگار با محیط را فراهم می کند.

منابع

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

1. M. T. da Silva, R. N. Oliveira, W. O. Valenca, F. C.G. Barnosa, M. G. da Silvand , C. A. Camara, J. Braz. Chem. Soc., 2012, 23(10), 1839.
2. H. Zang, Q. Su, Y. No, Bo-We Cheng , S. Jun. , Ultrasonic Sonochemistry, 2010,17(5), 749
3. [G.A. Shvehgeimer, Chemistry of Heterocyclic compounds, 1994, 30(6), 333.
4. E.Sis , V. Khajeh, Current Chemistry Letters, 2013, 2, 85 .
5. D.Bandyopadhyay,S. Mukherjee, J. C. Granados, J. D. Short , B. K. Banik, European Journal of medicinal Chemistry, 2012,50, 209.
6. M. Rouhani, A. Ramazani, S. Joo , Y. Hanifehpour, Bull. Korean Chem. Soc., 2012, 33(12), 4127..
7. Zhidovinova, M. S.; Fedorova, O. V.; Rusinov, G. L.; Ovchinnikova, I. G. Mol. Divers. 2003, 6, 323
8. Pereira, C. M. P.; Stefani, H. A.; Guzen, K. P.; Orfaˆo, A. T. G. Lett. Org. Chem. 2007, 4, 43..
9. Sheedhar, B.; Reddy, P. S. Synth. Commun. 2007, 37, 805.





## روش کجدال، روشی با سیر تحول کاربردی در زمینه اندازه گیری نیتروژن (ازت N)

محمد انوار<sup>۱\*</sup>

۱- دانشگاه محقق اردبیلی، دانشجوی دکتری و دانش آموخته کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، کارشناس  
مسئول و مدیر کیفی آزمایشگاه مرکزی، اردبیل، خیابان دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، معاونت پژوهش و فناوری،  
آزمایشگاه مرکزی، کد پستی ۵۶۱۹۹۱۳۱۳۱، شماره تماس ۰۹۱۰۴۱۳۳۱۲۲، ایمیل: anvar@uma.ac.ir

### چکیده

با توجه به فاکتورهای نظیر جهانی بودن، دقت و قابلیت تکرار، روش کجدال بوسیله دستگاه کجدال به یک روش شناخته شده بین المللی به منظور تخمین محتوای ازت و پروتئینی در مواد مختلف و یک روش استاندارد جهانی تبدیل شده است. که تمامی روش های دیگر نیز با آن سنجیده می شود. از دستگاه کجدال همچنین به منظور ارزیابی خاک ها، فاضلاب ها، کودها، مواد غذایی، گیاهان و سایر مواد استفاده می شود. اساس روش، اندازه گیری ازت کل موجود در نمونه مورد آزمایش بوده و در صورت نیاز به مقدار پروتئین موجود در ماده از روابط بین میزان ازت کل و پروتئین استفاده و محاسبه می شود. روش کجدال علی رغم ابداع توسط جوهان کجدال در سال ۱۸۸۳ و گذشتن قریب به ۱۴۰ سال از آن، همان اصول اولیه خود را حفظ کرده و تبدیل به یک روش بین المللی در آنالیز شیمیایی شده است. ولی به مدد فناوری و تجهیزات آزمایشگاهی سیر تکاملی بسیار جالبی را طی کرده و پیوسته دانشمندان، متخصصین دستگاهی و شرکت های مختلف بین المللی بر روی کیفیت روش، سرعت و دقت آن و همچنین افزایش تعداد نمونه قابل اندازه گیری در طی یک روز و یک بازه زمانی قابل انجام آزمایش کار کرده و دستگاه های به روزتری را به دنیا و دانشگاه ها و آزمایشگاه های آنالیز شیمیایی ارائه کرده اند. تجهیزات بسیار ساده و ابتدایی آزمایشگاه جوهان کجدال و طی زمان طولانی و دقت پایین آزمایشات آن زمان، رفته رفته تبدیل به دستگاه های چندگانه و سپس نیمه اتوماتیک و تمام اتوماتیک گشته و خطاهای انسانی آزمایش را نیز به حداقل ممکن کاهش داده و زمان انجام را بهبود بخشیده و تعداد نمونه ها را به حداکثر ممکن افزایش داده است.

کلمات کلیدی: روش - کجدال - کدال - نیتروژن.



#### مقدمه

پروتئین ها ترکیبات آلی پیچیده ای هستند که وزن مولکولی زیادی بین پانصد تا چند میلیون دارند. ساختمان آن ها عموماً از ۵۳٪ کربن، ۲۳٪ اکسیژن، ۱۶٪ نیتروژن یا ازت، ۷٪ هیدروژن و کمتر از ۱٪ گوگرد و فسفر تشکیل شده است. در ارزیابی کیفیت پروتئین موجود در مواد غذایی، معمولاً از اندازه گیری پروتئین خام استفاده می شود.

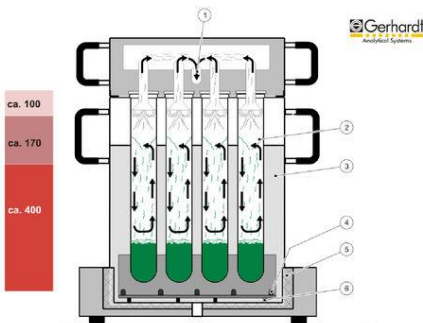
روش کلدال یا کجلدال روشی در شیمی تجزیه می باشد که از آن به منظور تعیین و مشخص سازی و آنالیز و تشخیص نیتروژن در مواد مختلف استفاده می شود. رایج ترین روش برای اندازه گیری کل ازت موجود در مواد مختلف و به تبع آن محاسبه پروتئین خام، روش کجلدال است، که برای اولین بار در سال ۱۸۸۳ توسط دانشمند دانمارکی به نام جوهان کجلدال (JOHAN KJELDAHL) ارائه گردید و تاکنون از این روش برای تعیین میزان ازت استفاده می شود. در روش کجلدال، اندازه گیری ازت کل به سه مرحله کلی هضم، تقطیر و تیتراسیون تقسیم بندی می شود. ساختار اصلی کجلدال از حرارت دادن ماده اصلی مورد نظر با اسید سولفوریک می باشد. که ماده آلی را بر اساس اکسیداسیون تجزیه می کند تا به دنبال آن نیتروژن کاهش یابد و به صورت سولفات آمونیم آزاد شود.

#### ۴- مبانی نظری

به منظور برآورد درصد ازت، ابتدا نمونه مورد نظر را توسط اسید سولفوریک هضم نموده، و ازت موجود به صورت سولفات آمونیوم تبدیل می گردد. سپس ازت موجود در سولفات آمونیوم را به صورت آمونیاک آزاد و توسط اسیدبوریک به بورات آمونیوم تبدیل نموده و با استفاده از اسیدسولفوریک ۱/۱. نرمال آن را تیترا می نماییم و آنگاه با محاسبه اسید مصرفی مقدار ازت بدست می آید.

هضم:

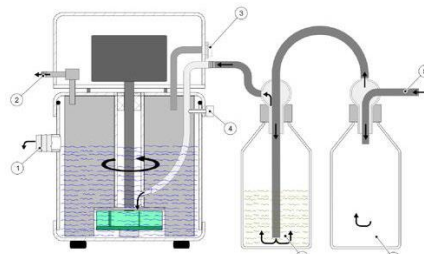
مقداری از نمونه مورد نظر را داخل تیوپ های مخصوص ریخته و اسید و کاتالیزور را بر روی آن اضافه کرده و در اجاق های مخصوص که اکنون الکتریکی هستند بصورت صعودی تا دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد حرارت داده و به اصطلاح هضم می نماییم. قابل ذکر است، میزان نمونه به درصد پروتئین رابطه مستقیم دارد. جهت تسریع در عملیات هضم، مخلوط کاتالیز سولفات مس و سولفات پتاسیم و دی اکسید سلیوم اضافه می کنیم. جهت انجام آزمایش، مدت ۲/۵ الی ۲۴ ساعت مورد نیاز است. و رنگ سبز مایل به آبی یا سفید محلول، نشان دهنده اتمام واکنش هضم است (شکل ۱).





شکل ۱. سیستم هضم کجدال

برای تصفیه گازهای متصاعد شده از سیستم هضم و درون تیوپها نیز سیستمی طراحی شده است که با مکش گازها از بالای تیوپها بدون اینکه ذره ای از گازها به محیط آزمایشگاه متشر شود و خنثی سازی آن درون ظرف محتوی آب شهری و تخلیه به مرور درون فاضلاب آزمایشگاه عمل می کند (شکل ۲).



شکل ۲. سیستم تصفیه گازهای تصعید شده از مرحله هضم

تقطیر:

محلول بدست آمده از مرحله هضم را بعد از سرد شدن با مقداری آب مقطر رقیق کرده و در یک سمت دستگاه تقطیر قرار می دهیم، در سمت دیگر دستگاه ظرفی حاوی اسید بوریک ۲٪ و معرفهای قرمز و سبز را نیز قرار داده و به آرامی مقداری محلول NaOH را به لوله هضم اضافه می کنیم. محلول مورد استفاده برای هیدروکسید سدیم بصورت غلیظ ۴۰٪ و یا ۳۲٪ بسته به نوع ماده مورد آزمایش متغیر است. افزودن NaOH به محلول، باعث متصاعد شدن گاز آمونیاک شده و بعد از انجام عملیات تبرید، آمونیاک مایع وارد ظرف اسید بوریک می شود. برای تهیه معرف زمانی که تغییر رنگ از قرمز به سبز مشاهده شد، بورات آمونیوم حاصل گردیده است. معرف تیتراسیون ترکیبی از اسید بوریک، متیل رد و برومو کرزول گرین می باشد. در آخر جهت اطمینان، لوله های دستگاه را با آب مقطر شستشو می دهیم.

تیتراسیون:

در این مرحله اسید سولفوریک ۱/۰ نرمال را به صورت قطره ای از طریق لوله مدرج بورت به محلول بورات آمونیوم اضافه می کنیم. زمانی که محلول از رنگ سبز به قرمز تغییر رنگ داد، حجم اسید مصرفی را در نظر می گیریم. درصد ازت موجود در نمونه از طریق روابط روش محاسبه می کنیم.

##### ۵- بررسی و تجزیه تحلیل

در بررسی روش کجدال و اجرای آن در آزمایشگاهها در طول سالیان سال تغییر خاصی رخ نداده است و اساس روش همان است که توسط جوهان کجدال ارائه شده است. اما در اجرای روش و مقدار مواد مصرفی و زمان های انجام و یا ترکیبات برخی مواد ترکیبی یا محلولها و یا غلظت آنها بر اساس نوع ماده در حال اندازه گیری و یا نوع دستگاه و یا خصوصیات مناطق مختلف ماده استخراج شده از آنها بروز رسانی هایی صورت گرفته است. برای مثال در مورد خاک بسته به نوع خاک و بافت آن و تجربه مقدار ازت موجود در خاک مناطق مختلف در میزان مواد مصرفی و زمان برخی مراحل مثل هضم و تقطیر تغییراتی صورت می گیرد. این مساله در مورد گیاه و کود و انواع فاضلاب نیز صادق است. برخی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخه)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



غلظت های محلول های تیتراسیون نیز بر اثر مقدار ازت موجود در ماده ممکن است تغییر کند. برای مثال ممکن است بر اساس بیش بود یا کمبود میزان ازت در خاک غلظت اسید سولفوریک مصرفی برای تیتراسیون ۰/۱ یا ۰/۰۱ یا ۰/۰۵ نرمال و میزان مصرف اسید سولفوریک غلیظ در ابتدای هضم که ممکن است ۹۵٪ یا ۹۸٪ باشد بین ۱۰ میلی لیتر تا ۲۰ میلی لیتر بر اساس درصد خلوص متغیر شود. یا بر اساس نوع پودر شده ماده اولیه برای خاک یا گیاه یا مواد غذایی و یا غیره میزان کاتالیزور یا نسبت ترکیب کاتالیزور تغییر کند. بهترین تصمیم گیری در این مورد علاوه بر اجرای روش های علمی، تجربه آزمایش و همچنین انجام آزمون های متعدد با ترکیبات، نسبت ها و زمان بندی ها است تا یک متد ثابت برای نوع ماده به دست آید و بایستی همیشه اصل سیال بودن روش را در نظر گرفت که بر اساس تجربیات نویسنده مقاله در مورد خاک، گیاه، کود، فاضلاب، مواد غذایی و .... در مناطق مختلف اقلیمی، آب و هوایی و ژئومورفولوژی تجربه و استفاده شده است. مساله دیگر در روش کجدال که البته به اجرای روش و دقت و سرعت و تعداد نمونه قابل اندازه گیری مربوط می شود، نوع دستگاه مورد استفاده است. تجهیزات مصرفی جوهان کجدال در عصر خود عبارت از بالن و چراغ الکلی و شیشه آلات ابتدایی بود که بر اساس اینکه ترکیب و تجزیه مواد مختلف خصوصا کاربرد اسید سولفوریک غلیظ و همچنین سود غلیظ انجام می شد از ایمنی چندانی نیز برخوردار نبود و کمترین بی دقتی موجب بروز انفجار، آتش سوزی و پخش قطعات شیشه ای شکسته و پاشش اسید و باز قوی به اطراف علی الخصوص چشم و صورت و لباس آزمایشگر می شد. به مرور زمان همزمان با کار بر روی صحت و دقت روش، بر روی تجهیزات قابل استفاده نیز کار شد و به مرور دستگاه های ابتدایی و نیمه اتوماتیک و هم اکنون تمام اتوماتیک ابداع و عرضه شد. یک مشکل و چالش نیز زمان آنالیز و تعداد نمونه بود. با توجه به اینکه عملیات هضم و تقطیر و تیتراسیون باید پیوسته بوده و مخصوصا زمان هضم بسیار طولانی است و همچنین زمانی نیز در روش دستی و نیمه اتوماتیک باید برای سرد شدن صرف شود، برپا نمودن سری های متعدد برای آنالیز با توجه به اینکه برای هر نمونه یکسری کامل تجهیزات لازم بود هم زمان بر بوده و هم مستلزم صرف هزینه زیاد و همچنین اشغال فضای زیادی از آزمایشگاه می شد. این چالش به مرور با تعبیه اجاق های پر تعداد برای مرحله هضم چاره جویی شد و همزمان ۶ و بعدا ۱۲ و ۳۶ و ۴۸ و هم اکنون اجاق هایی با تعداد ۱۰۰ ظرفیت همزمان هضم نمونه ساخته شده است. چالش بعدی تقطیر تک تک این نمونه ها بود و بعد از آن تیتراسیون نمونه ها که روش دستی آن با خطای انسانی تشخیص تغییر رنگ و تعیین پایان تیتراسیون نیز همراه بود. مشکل این بخش خطای انسانی با تبدیل روش انسانی به روش تمام اتوماتیک دستگاهی چاره جویی شد ولی همچنان مشکل انجام تک تک نمونه ها توسط اپراتور و جاگذاری در داخل دستگاه باقی بود که خود با خطراتی همراه بود. تکان داده شدن ناگزیر تیوپ های مخصوص هنگام جابجایی از اجاق هضم به درون دستگاه تقطیر مشکل و خطر بزرگی بود که هم اکنون نیز با توجه به اینکه دستگاه مورد استفاده اکثر مراکز دنیا بخصوص کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه از آن نوع است همچنان پابرجاست و لازم است کلیه اصول ایمنی و همچنین استفاده از وسایل حفاظت فردی نظیر روپوش، دستکش و عینک محافظ رعایت شود.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخه)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

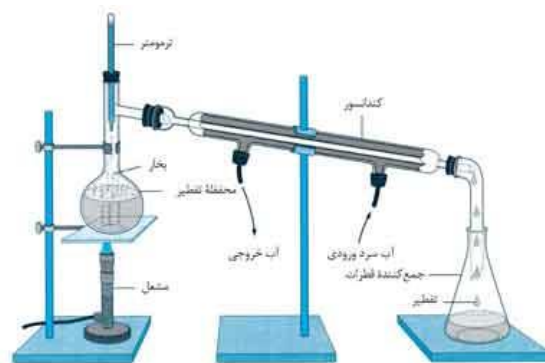
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



اما با توجه به توسعه و تحول بسیار سریع دستگاه های آنالیز مختلف با هر روش دیگر که چالش بزرگ آنها نیز اندازه گیری تعداد بالای نمونه بود با دستگاه های جانبی کمک کننده جاگذاری نمونه داخل دستگاه، نظیر دستگاه های اسپکتروفتومتر، جذب اتمی، GC/MS و GC، ICP، و یا TOC و CHNSO، هم اکنون پیشرفته ترین نوع دستگاه کجلاال ارائه شده، قابلیت هضم همزمان ۱۰۰ نمونه و همچنین جاگذاری به ترتیب این نمونه ها داخل دستگاه تقطیر و تیتراسیون تمام اتوماتیک و همچنین محاسبه تمام آنالیزها و انتقال داده به کامپیوتر و چاپ آن را دارا می باشد که تحول بزرگی محسوب می شود. از بابت زمان بندی هم بسیار سریع بوده و حجم و فضای اشغالی توسط دستگاه نیز بسیار کمتر از برپایی ۱۰۰ سیستم تکی کجلاال جوهان کجلاال می باشد. اما مستلزم صرف هزینه بسیار گزاف و خرید از کمپانی های بین المللی که این دستگاه را تولید کرده اند می باشد. و مساله دیگر هزینه نگهداری این دستگاه ها نیز می باشد که شامل هزینه بالای قطعات یدکی و سرویس های دوره ای است.

### ۶- نتیجه گیری

دانش بشری پیوسته در حال توسعه و تحول و پیشرفت بوده است. این مساله در تمام مسائل و بخش ها صادق است. در مبحث آزمایشگاه و فناوری و روش و تجهیزات آزمایشگاهی هم همینطور می باشد. دانشمندان علوم کاربردی و متخصصین دستگاهی و تجهیزاتی بعنوان مکمل همدیگر در خدمت علم و بشریت بوده اند. البته در برخی زمان ها و یا مکان ها دانشمندان خودشان همزمان در نقش متخصصین و سازندگان دستگاهی نیز به ایفای نقش پرداخته اند ولی کثرت علوم و همچنین گستردگی علوم مهندسی در ساخت ابزار و همچنین گسترش تجهیزات پیشرفته و هوشمند نظیر سنسورها، هشداردهنده ها، تجهیزات رباتیک و هیدرولیک و پنوماتیک و همچنین تحولات علوم مهندسی، الکترونیک، کامپیوتر و دیجیتال، هیدرولیک، هوش مصنوعی و علوم رمز و کدنویسی فرمان های انجام دهنده برای دستگاه ها به کمک تسهیل کارهای آزمایشگاهی، افزایش صحت و دقت آنالیزها و همچنین کاهش زمان و کاهش مصرف مواد و انرژی و راحتی کار دانشمندان و متخصصین علوم آزمایشگاهی شده است. این امر مخصوصا در برخی شاخه هایی که سرعت در ارائه نتایج و تحلیل آنها مانند علوم پزشکی و آزمایشگاه های تشخیص طبی بسیار حیاتی و ضروری می باشد، نقش و اثر خود را بخوبی نشان می دهد. سیر تحول روش کجلاال و همچنین روند توسعه دستگاه های انجام دهنده این روش در دنیا نیز مثال بارزی از این مساله است.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

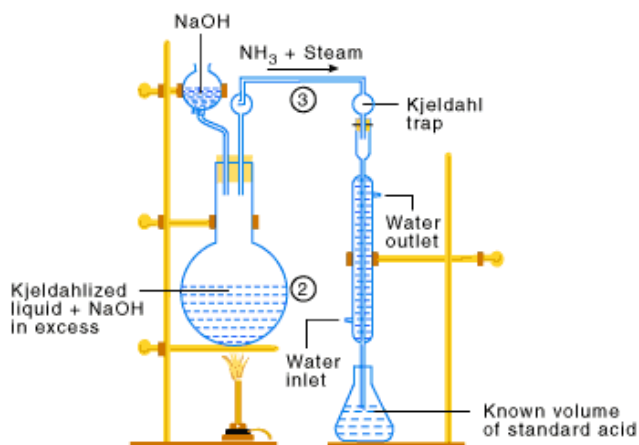
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳. شمایی از سیستم کجدال دستی مورد استفاده جوهان کجدال



شکل ۴. شمایی از سیستم کجدال دستی مورد استفاده جوهان کجدال

مرحله هضم	
(۱)	$H_2SO_4 \uparrow + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$
(۲)	سولفات آمونیوم + $H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$ + ازت آبی
مرحله تقطیر	
(۱)	$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow 2NH_3 \uparrow + Na_2SO_4 + 2H_2O$
(۲)	$NH_3 \uparrow + H_3BO_3 \rightarrow NH_4H_2BO_3$
مرحله تیتراسیون	
(۱)	$NH_4H_2BO_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + H_3BO_3$

شکل ۵. مراحل شیمیایی روش کجدال در اندازه گیری ازت کل



شکل ۶. دستگاه تمام اتوماتیک کجدال



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۷. دستگاه تمام اتوماتیک کج‌دال با قابلیت آنالیز همزمان ۱۰۰ نمونه و جاگذاری اتوماتیک

### منابع

- [1] J. Kjeldahl., (1883) *Zeitschrift für Analytische Chemie*, C.W. Kreidels Verlag Page 366-382 "Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in Organischen Körpern."
- [2] C. Gerhardt., (1914) *Illustration from catalogue from 1914*.
- [3] Dr. H. Hadorn, Ch. Obrist, Systematische (1973) *Ver-suche mit verschiedenen Katalysatoren für den Kjeldahl-Aufschluß*, *Deutsche Lebensmittel Rundschau*, Volume 3, page 109/114.
- [4] [www.gerhardt.de](http://www.gerhardt.de)
- [۵] محمدجعفر ملکوتی، روش‌های تجزیه خاک و آب و گیاه (۱۳۷۵)، تهران، انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب.
- [۶] منوچهر زرین کفش، روش‌های آنالیز خاک (۱۳۷۸) تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۷] منوچهر مفتون، آزمایشگاه حاصلخیزی خاک (۱۳۷۸) شیراز، انتشارات دانشگاه شیراز.
- [۸] محمدرضا حق پرست تنها، حاصلخیزی خاک و کود (۱۳۷۸) رشت، انتشارات دانشگاه گیلان.
- [۹] محمد انوار، روش‌های تجزیه خاک (۱۴۰۱) اردبیل، انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی.
- [۱۰] محمد انوار، (۱۳۷۸-۱۴۰۱) رشت، اردبیل، تهران، تجربیات آزمایشگاهی.



## بهینه سازی کشت درون شیشه‌ای در انگور رقم اسکارلت

سمیه حبیبی سفالکساری<sup>۱\*</sup>، محمد محسن زاده<sup>۲</sup>، حبیب الله سمیع زاده لاهیجی<sup>۳</sup>، مجتبی رسولی الموتی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، گیلان

۲- استادیار رشته بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، گیلان

۳- استاد رشته زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، گیلان

۴- سرپرست مرکز کشت بافت جهاد دانشگاهی تهران، البرز

### چکیده

انگور (*Vitis vinifera*) به عنوان یکی از پرمصرف ترین محصولات باغی جهان شناخته می‌شود. با این حال به علت مقاومت اندک آن نسبت به تنش شوری، چالش‌های فراوانی در زمینه تولید آن وجود دارد. از این رو استفاده از روش‌های اصلاحی برای ایجاد رقم‌های مقاوم به شوری بسیار توصیه می‌شود. یکی از این ارقام اصلاح شده انگور رقم اسکارلت سلطنتی می‌باشد. هدف از این مطالعه بهینه سازی محیط کشت رقم اسکارلت بوده است. به منظور مطالعه اثر تیمارهای هورمونی و محیط کشت بر پرآوری رقم اسکارلت، تیمارهای شامل سه غلظت هورمون BAP ( $0\mu\text{M}$ ,  $4.44\mu\text{M}$ ,  $8.88\mu\text{M}$ ) و سه غلظت هورمون NAA ( $0\mu\text{M}$ ,  $2.68\mu\text{M}$ ,  $5.37\mu\text{M}$ ) در محیط‌های کشت MS و DKW، در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی اعمال شدند. بررسی صفات فیزیولوژیکی نشان از برتری تیمار محیط کشت MS حاوی  $4.44\mu\text{M}$  BAP به همراه  $2.68\mu\text{M}$  NAA، نسبت به سایر تیمارها با ۷۷ درصد پرآوری بود. همچنین به منظور بهینه سازی محیط کشت ریشه زایی، تیمارهای شامل سه غلظت هورمون IBA ( $0\mu\text{M}$ ,  $2.46\mu\text{M}$ ,  $4.92\mu\text{M}$ ) و سه غلظت هورمون IAA ( $0\mu\text{M}$ ,  $2.86\mu\text{M}$ ,  $5.71\mu\text{M}$ ) در محیط‌های کشت MS و DKW، در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی اعمال شدند. بررسی صفات ریشه زایی نیز نشان از برتری تیمار محیط کشت MS حاوی  $4.92\mu\text{M}$  IBA با ۷۸ درصد ریشه زایی بوده است.

کلمات کلیدی: تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، پرآوری، محیط کشت پایه

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



### مقدمه

انگور (*Vitis vinifera*) از مهمترین محصولات باغی جهان است که به علت تولید فراورده های متنوع از آن، ارزش اقتصادی بسیار فراوانی دارد (Stuart et al., 2013). تولید جهانی انگور در سال ۲۰۱۹ تقریباً ۷۷ میلیون تن بوده است که کشور ایران با تولید ۱ میلیون و ۹۴۵ هزار تن، رتبه دوازدهم را در بین کشورهای برتر تولید کننده به خود اختصاص داده است (FAO, 2019). در ایران نیز استان فارس با دارا بودن بیش از ششصد هزار تاکستان رتبه اول را در تولید انگور دارد (MohammadKhani et al., 2018). در میان ارقام انگور، رقم اسکارلت سلطنتی یا رویال در موسسه تحقیقات کشاورزی کالیفرنیا اصلاح و به بازار عرضه شد. اسکارلت رقمی است بیدانه، به رنگ سرخ تیره که گوشت داخل حبه به رنگ زرد متمایل به سبز بوده و در اواخر مرداد و اوایل شهریور میوه می دهد (Deyett et al., 2019). شروع باردهی این گیاه از سال دوم تا سوم بوده و حبه های آن شیرین و ترد است. اندازه خوشه نیز نسبتاً بزرگ، مخروطی و متراکم می باشد. میوه آن نیز غنی از ویتامین A، B، آنتی اکسیدانت ها و پلی فنول ها می باشد (Deyett et al., 2019). معمولاً واریته های مختلف انگور نسبت به تنش شوری و سدیمی تا حدی حساس هستند، و با توجه به عدم مطالعه و شناخت کافی نسبت به قابلیت های رقم اسکارلت در پاسخ به تنش شوری، بررسی میزان مقاومت آن به تنش توصیه می شود.

به کشت سلول، بافت و یا اندام های گیاهی در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی، کشت بافت گیاهی می گویند (Sharma et al., 2021). از جمله مزایای این روش می توان به سرعت رشد بالا، یکسان بودن گیاهان باززا شده با گیاه مادری، تولید گیاهان فاقد ویروس و بیماری، حفظ تنوع ژنتیکی و گیاهان در معرض انقراض، اشاره کرد (Chandran et al., 2020). امروزه با توجه به ارزش اقتصادی بالای انگور و عملکرد پایین روش های سنتی تکثیر انگور، استفاده از فناوری کشت بافت گیاهی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Alleweldt And Radler, 1962). تا به حال مطالعات متنوعی درباره بهینه سازی درون شیشه ای ارقام و واریته های مختلف انگور گزارش شده است. به عنوان مثال در مطالعه حسینی و



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



همکاران (۱۳۹۵) نشان داده شد که بهترین تیمار برای پرآوری رقم های پرلت و روسی انگور، تیمار مربوط به استفاده از ۲ mg/L BA و ۰/۲ mg/L NAA در محیط کشت MS بوده است. بررسی روزاتی و همکاران (۲۰۱۹) بر روی تاثیر هورمون NAA و BAP بر پایه های انگور رقم های فریدم، هارمونی و پولسن نشان داد که تیمارهای هورمونی تاثیرگذار برای هر ژنوتیپ متفاوت بوده و ژنوتیپ های مختلف تاثیرهای مختلفی را نشان می دهند. هدف این پژوهش در ابتدا بهینه سازی محیط کشت پرآوری و ریشه زایی کشت بافت رقم انگور اسکارلت بوده تا بتوان با دست یابی به یک محیط کشت مناسب، از این گیاه در جهت تکثیر اقتصادی آن استفاده کنیم.

### مواد و روش ها

#### تهیه مواد گیاهی، ضد عفونی و کشت اولیه

در این پژوهش انگور رقم اسکارلت سلطنتی از گلخانه ای در شهرستان نقده خریداری و تهیه شد. نمونه برداری اولیه در بهار سال ۱۴۰۰ از سرشاخه های نیمه علفی گیاه انجام شد. نمونه های اولیه به مدت نیم ساعت با آب روان شستشو داده شد و پس از آن به مدت ۳۰ ثانیه در الکل ۷۰ درصد قرار گرفت و پس از آن به محلول دو نیم درصدی هیپوکلریت سدیم (وایتکس) حاوی چند قطره توئین ۲۰ انتقال داده شد و به مدت ۲۰ دقیقه در این محلول شستشو داده شد. پس از استریل کردن، نمونه ها چندین مرحله با آب مقطر اتوکلاو شده شستشو داده شدند و در نهایت سرشاخه های دو سانتی متری در محیط کشت MS کامل حاوی ۰/۸ درصد آگار و سه درصد ساکارز با  $\text{pH} = 5.7$  قرار گرفت و سپس در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، در آزمایشگاه کشت بافت سازمان جهاد دانشگاهی تهران قرار گرفته و رشد کردند (Mohammadkhani et al., 2018).

پس از رشد درون شیشه ای گیاه، به منظور بهینه سازی محیط پرآوری انگور رقم اسکارلت، گیاهان کشت شده در مرحله قبل در تیمارهای محیط کشت MS و DKW شامل سه غلظت هورمون BAP (۰، ۱ و ۲ میلی گرم در لیتر به

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



ترتیب شامل ۰، ۴/۴۴ و ۸/۸۸ میکرومولار) و سه غلظت هورمون NAA (۰، ۰/۵ و ۱ میلی گرم در لیتر به ترتیب ۰، ۲/۶۸ و ۵/۳۷ میکرومولار) قرار گرفت. پس از گذشت سه ماه صفات تعداد شاخه، طول شاخه، تعداد میانگرمه، فاصله بین گره، تعداد برگ و درصد پرآوری بررسی و اندازه گیری شد. در مرحله بعد گیاهان پرآوری شده پس از رشد و سه الی چهار سانتی متری شدن از ناحیه طوقه برش خورده و در محیط کشت DKW و MS حاوی سه غلظت هورمون IBA (۰، ۰/۵ و ۲ میلی گرم به ترتیب ۰، ۲/۴۶ و ۴/۹۲ میکرومولار) و سه غلظت از هورمون IAA (۰، ۰/۵ و ۲ میلی گرم به ترتیب ۰، ۲/۸۶ و ۵/۷۱ میکرومولار) قرار گرفتند. در این مرحله نیز صفات تعداد ریشه، طول ریشه و درصد ریشه زایی مورد بررسی قرار گرفت (رستمی و همکاران، ۱۳۹۷). به منظور انتخاب بهترین نوع تیمار های هورمونی و محیط کشت برای بهینه سازی محیط کشت پرآوری رقم اسکارلت، صفت درصد پرآوری از رابطه یک استفاده شد.

رابطه ۱

$$????? ???? = \frac{n-1}{n} * 100$$

علت کسر عدد یک از n (تعداد شاخه های درون شیشه) کم کردن شاخه اولیه می باشد که در هنگام

واکشت درون شیشه قرار داده شد.

نتایج و بحث

بهینه سازی محیط کشت پرآوری

تیمارهای اعمال شده در بخش بهینه سازی محیط کشت پرآوری، شامل دو تیمار محیط کشت (MS و

DKW) و نه تیمار هورمونی مختلف است. پس از واکشت گیاهان به مدت ۳ ماه صفات فیزیولوژیکی گیاه اندازه گیری

شد. نتایج آماری در سطح یک درصد نشان از معنی دار بودن اثر تیمار هورمونی بر صفت تعداد شاخه می باشد. همچنین

بررسی دو تیمار محیط کشت MS و DKW نیز نشان از معنی دار بودن اثر محیط کشت بر صفت تعداد شاخه در سطح



۵ درصد، و برتری محیط کشت MS می باشد (جدول ۱). بهترین و تاثیرگذارترین تیمار هورمونی برای صفت تعداد شاخه، تیمار هورمونی ۴/۴۴ میکرومولار BAP به همراه ۲/۶۸ میکرومولار NAA می باشد (جدول ۱). نتایج آماری نشان از عدم معنی دار بودن تیمارهای محیط کشت و هورمونی بر صفت طول شاخه می باشد. بررسی صفت تعداد گره بر هر گیاه در سطح پنج درصد برای تیمار های هورمونی معنی دار بود، بررسی ها نشان داد که بهترین تیمار برای افزایش تعداد گره در رقم اسکارلت، تیمار ۸/۸۸ میکرومولار BAP به همراه ۲/۶۸ میکرومولار NAA می باشد (جدول ۱). اما مشاهدات و داده های آماری نشان از عدم معنی دار شدن فاصله میانگرمه ها بود. بررسی ها برای صفت تعداد برگ نشان داد که تیمار محیط کشت در سطح پنج درصد معنی دار بوده و تیمار هورمونی در سطح یک درصد معنی دار بوده است. با این حال اثر متقابل هورمون و محیط کشت بر صفت تعداد برگ معنی دار نبوده و نشان از عدم تاثیر همزمان هورمون ها و محیط کشت بر گیاه می باشد.

نتایج حاصل از مشاهدات عینی با در نظر گرفتن نتایج آماری نشان داد که بهترین محیط کشت برای این صفت، محیط کشت MS می باشد. بهترین تیمار هورمونی نیز تیمار ۸۸ میکرومولار BAP به همراه ۲/۶۸ میکرومولار NAA بوده است (جدول ۱). بهترین و مقرون به صرفه ترین تیمار هورمونی و محیط کشتی به لحاظ آماری، تیمار هورمونی ۴/۴۴ میکرومولار BAP به همراه ۲/۶۸ میکرومولار NAA، در محیط کشت MS است (جدول ۱). از این رو این تیمار با ۷۷ درصد پرآوری به عنوان بهترین محیط کشت بهینه سازی به منظور پرآوری رقم اسکارلت انگور شناخته شد.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



SOV	df	تعداد شاخه	طول شاخه	تعداد گره	Mean of Square					
					فاصله میانگره (cm)	تعداد برگ	درصد شاخه زایی	تعداد ریشه	طول ریشه (cm)	درصد ریشه زایی
هورمون	8	8**	3.207 <sup>ns</sup>	27.629*	0.029 <sup>ns</sup>	581.337**	3645.504**	9.685**	11.757**	3258.226**
محیط کشت	1	4.166*	0.735 <sup>ns</sup>	10.666 <sup>ns</sup>	0.000001 <sup>ns</sup>	480.018*	1734*	0.296 <sup>ns</sup>	0.009 <sup>ns</sup>	181.5 <sup>ns</sup>
هورمون * محیط کشت	8	0.5 <sup>ns</sup>	0.740 <sup>ns</sup>	14 <sup>ns</sup>	0.006 <sup>ns</sup>	92.06 <sup>ns</sup>	468.458 <sup>ns</sup>	0.379 <sup>ns</sup>	0.497 <sup>ns</sup>	262.458 <sup>ns</sup>
خطای آزمایش	36	0.740	1.756	12.685	0.0240	77.240	379.351	0.796	1.253	510.462

\*،\*\*، ns به ترتیب تفاوت معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم تفاوت معنی دار را نشان میدهند.

در این پژوهش تیمارهای محیط کشت MS و DKW تاثیر معنی داری بر درصد شاخه زایی گیاه داشته و محیط کشت MS توانست پاسخ بهتری را نسبت به DKW بدهد. علت این امر میتواند ناشی از غلظت بیشتر نیترات آمونیوم در محیط کشت MS نسبت به DKW بوده و همچنین از آنجایی که نیترات پتاسیم در محیط کشت MS وجود داشته اما در DKW وجود ندارد، باشد. از آنجا که نیترات نقش بسیار مهمی در رشد و توسعه رویشی گیاه دارد، میتوان نتیجه گرفت که بهبود عملکرد بهتر MS ناشی از این ترکیب میباشد (منصوریار و همکاران، ۱۳۹۹). نتایج این مطالعه با نتایج رستمی و ارشادی (۱۳۹۷) بر روی باززایی جنین های سوماتیکی شش رقم انگور، همسو بود. در آن پژوهش نشان داده شد که بهترین تیمار هورمونی برای شش رقم متفاوت انگور، تیمار حاوی ۰/۵ میکرومولار BAP میباشد. در حالی که مطالعه حسینی و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که بهترین تیمار برای پرآوری رقم های پرت و روسی انگور، تیمار مربوط به ۲ میلی گرم BA و ۰/۲ میلی گرم در لیتر هورمون NAA در محیط کشت MS است. بررسی روزاتی و همکاران (۲۰۱۹) بر روی تاثیر هورمون NAA و BAP بر پایه های انگور رقم های فریدم، هارمونی و پولسن نشان داد که تیمار های هورمونی تاثیرگذار برای هر ژنوتیپ متفاوت بوده و ژنوتیپ های مختلف تاثیر های مختلفی را نشان می دهند. به عنوان مثال نشان داده شد که پایه فریدوم در ترکیب هورمونی ۰/۵ میلی گرم در لیتر NAA و پایه هارمونی در ترکیب هورمونی ۰/۵ میلی گرم NAA و ۰/۵ میلی گرم BAP و پایه پولسن در ترکیب هورمونی ۰/۷۵ میلی گرم NAA بیشترین پرآوری

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



را داشته اند. مطالعات آنها همچنین نشان داد که محیط کشت  $MS \frac{1}{2}$  در مقایسه با محیط کشت WPM و MS کامل، بهترین محیط کشت برای رشد این پایه های انگور می باشد. BAP به عنوان یک سایتوکنین در تحریک، رشد و نمو و تکثیر سلولی نقش دارد و اضافه کردن آن به محیط کشت سبب بازایی میشود (Bohidar et al., 2008). علت این امر نقش اساسی این هورمون در کاهش اثر غالبیت انتهایی بوده که منجر به تحریک تشکیل شاخساره های جانبی می شود (Gupta et al., 2021). پاسخ های متفاوت تیمار های مختلف ناشی از غلظت های مختلف هورمون های درونی و بیرونی گیاهیچه است که در صورت به تعادل رسیدن بهترین پاسخ رو واکنش را خواهد داد (Bonner, 1936). از این رو نوع ریزنمونه، ژنوتیپ و عملکرد تکنسین در واکنش گیاهان، میتواند تعادل هورمون های درونی و بیرونی گیاهیچه را مورد تاثیر قرار داده و در بازایی آن نقش مهمی ایفا کند (Gaspar et al., 1996).

### بهینه سازی محیط کشت ریشه زایی

پس از تعیین محیط کشت پرآوری، گیاهان از ناحیه طوقه برش خورده و بر محیط کشت حاوی تیمار های محیط کشت و هورمون قرار گرفتند. صفات بعد از گذشت یک ماه اندازه گیری شدند. نتایج آماری نسبت به صفت تعداد ریشه جوانه زده، نشان از عدم معنی دار بودن اثر تیمار های محیط کشت بود. اما تیمار های هورمونی در سطح یک درصد معنی دار شدند. مقایسه میانگین ها نشان داد که بهترین تیمار هورمونی، تیمار حاوی  $4/92$  میکرومولار IBA می باشد (جدول ۱ و ۲). صفت بعدی مورد بررسی تیمار طول ریشه های جوانه زده بود که بررسی آماری این صفات نیز نشان از عدم معنی دار بودن تیمار محیط کشت بود و بهترین تیمار هورمونی که در سطح یک درصد معنی دار شده است، تیمار  $2/85$  میکرومولار IAA میباشد (جدول ۱ و ۲). با این حال به منظور تعیین بهترین نوع محیط کشت، از صفت درصد ریشه زایی استفاده شد. معنی دار شدن اثر تیمار هورمونی بر این صفت در سطح یک درصد و عدم معنی دار شدن تیمار محیط کشت منجر به انتخاب محیط کشت حاوی  $4/92$  میکرومولار IBA با  $78$  درصد ریشه زایی، به عنوان بهترین نوع تیمار هورمونی در ریشه زایی رقم اسکارلت شد (جدول ۱ و ۲).

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



جدول ۲: میانگین صفات اندازه گیری شده به منظور بهینه سازی محیط کشت ریشه زایی در انگور

غلظت های هورمونی	محیط کشت	تعداد ریشه	طول ریشه
IBA 0 / IAA 0	MS	0.3 d	0.1 d
	DKW	1 d	0.6 d
IBA 0.5 / IAA 0	MS	1.6 bcd	2.6 bc
	DKW	2 bcd	2.8 bc
IBA 1 / IAA 0	MS	4.6 a	4.5 ba
	DKW	5.3 a	5.1 ba
IBA 0 / IAA 0.5	MS	3.3 ba	4.8 a
	DKW	3.3 ba	5 a
IBA 0.5 / IAA 0.5	MS	3.3 ba	3.6 bac
	DKW	3.3 ba	3.7 bac
IBA 1 / IAA 0.5	MS	2.3 bcd	4.8 bac
	DKW	2.3 bcd	3.7 bac
IBA 0 / IAA 1	MS	1.3 cd	2.9 c
	DKW	1.6 cd	2.2 c
IBA 0.5 / IAA 1	MS	1.6 bcd	3.6 bac
	DKW	2 bcd	3.6 bac
IBA 1 / IAA 1	MS	3 bc	3.5 bac
	DKW	2 bc	4 bac

حروف الفبا مختلف نشان از معنی دار بودن صفات و حروف یکسان نشان از عدم معنی دار بودن صفات در بین سطوح میباشد

بررسی ها نشان از عدم تاثیر گذاری محیط کشت بر نرخ ریشه زایی گیاه انگور بود. این نتایج با نتایج فلاح پور و همکاران (۱۳۹۷) همسو بود. در مطالعه آنها نشان داده شد که تیمار محیط کشت WPM و MS تفاوت معنی داری در ریشه دار کردن ریزنمونه های پایه گیلان CAB-6P نداشته است. از دلایل عدم تاثیر معنی دار دو محیط کشت MS و DKW می توان به غلظت تقریبا یکسان نیترات آمونیوم در آنها اشاره کرد. بررسی ها نشان داده است که کاهش غلظت نیترات آمونیوم میتواند منجر به تحریک ریشه دهی در گیاهان شود (Buyukdemirci, 2008). در این مطالعه بیشترین میزان درصد ریشه دهی و همچنین تعداد ریشه، ناشی از تیمار ۴/۹۲ میکرومولار IBA بود. نتایج این تحقیق با پژوهش های (Mansseri-Lamrioui et al., 2011) و (Karamad et al., 2014) یکسان بود. برخلاف IBA استفاده از IAA به طرز معنی داری منجر به کاهش تعداد ریشه شد، که علت آن می تواند ناشی از کم اثر شدن و تجزیه تدریجی هورمون





IAA به مرور زمان در مجاورت با نور باشد. با این حال بیشترین میزان طول ریشه مربوط به تیمار ۲/۸۵ میکرومولار IAA بود که این مورد می تواند ناشی از خاصیت بهتر هورمون IAA در تحریک به رشد طولی و همچنین رشد ریشه های موئین گیاهان باشد (Jascani et al., 2008).

در مطالعه حسینی و همکاران (۱۳۹۵) نشان داده شد که بهترین تیمار هورمونی برای ریشه زایی گیاه انگور، تیمار نیم میلی گرم BAP و ۰/۳ میلی گرم NAA است. در مطالعه Jascani et al., 2008 بهترین تیمار هورمونی به منظور ریشه دهی با هشتاد درصد ریشه دهی تیمار ۱۰ میکرومولار IBA است. در حالی که مطالعه روزانی و همکاران (۲۰۱۹) نشان داده شد که بیشترین درصد ریشه زایی (۷۵ درصد) مربوط به پایه پولسن است که با تیمار ۲ میلی گرم در لیتر IBA ایجاد شده بود. دقیقاً همانند محیط پرآوری نتایج و بررسی منابع نشان می دهد که برای هر ژنوتیپ گیاه انگور تیمار های متفاوتی نتایج بهتری را داده است.

#### نتیجه گیری کلی

در این پژوهش نشان داده شد که به منظور پرآوری رقم اسکارلت انگور، محیط کشت MS حاوی ۴/۴۴ میکرومولار BAP به همراه ۲/۶۸ میکرومولار NAA با ۷۷ درصد پرآوری، بیشترین میزان پرآوری را در میان سایر تیمارها، برای رقم اسکارلت به همراه داشته و بهترین محیط کشت برای ریشه زایی نیز محیط کشت MS حاوی ۴/۹۲ میکرومولار IBA با ۷۸ درصد ریشه زایی می باشد.

#### منابع

- [۱]. رستمی، & ارشادی. (۲۰۲۰). بهینه سازی باززایی گیاهان حاصل از جنین زایی سوماتیکی در شش رقم انگور (Vitis vinifera L.). علوم باغبانی ایران، ۵۰(۴)، ۹۳۵-۹۴۵.
- [۲]. فلاح پور، میری، & بودری. (۲۰۱۹). اثر محیط کشت و تنظیم کننده های رشد گیاهی بر ریزازدیادی پایه نیمه پاکوتاه کننده گیلاس CAB-6P. علوم باغبانی ایران، ۵۰(۱)، ۱۸۷-۱۹۶.



- [3]. Bohidar, S., Thirunavoukkarasu, M., & Rao, T. V. (2008). Effect of Plant Growth Regulators on in vitro micropropagation of "Garden Rue"(Ruta graveolens L.). *International Journal of Integrative Biology*, 3(1), 36-43.
- [4]. Bonner, J. Plant Tissue Cultures from a Hormone Point of View. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 22, 426-430 (1936).
- [5]. Buyukdemirci, H. (2005, June). The effects of medium ingredients on shoot propagation and rooting of cherry rootstocks in vitro. In *V International Cherry Symposium 795* (pp. 419-422).
- [6]. Chandran, H., Meena, M., Barupal, T., & Sharma, K. (2020). Plant tissue culture as a perpetual source for production of industrially important bioactive compounds. *Biotechnology Reports*, 26, e00450..
- [7]. Deyett, E., & Rolshausen, P. E. (2019). Temporal dynamics of the sap microbiome of grapevine under high Pierce's disease pressure. *Frontiers in plant science*, 10, 1246.
- [8]. Gaspar, T. H., Kevers, C., Faivre-Rampant, O., Crèvecoeur, M., Penel, C. L., Greppin, H., & Dommes, J. (2003). Changing concepts in plant hormone action. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 39(2), 85-106.
- [9]. George, E. F., Hall, M. A., & Klerk, G. J. D. (2008). Plant tissue culture procedure-background. In *Plant propagation by tissue culture* (pp. 1-28). Springer, Dordrecht.
- [10]. Gupta, S. K., & Khanuja, S. P. S. (2001). In vitro micropropagation of Lippia. *Current science*, 81(2).
- [11]. Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., & Bohnert, H. J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual review of plant biology*, 51(1), 463-499.
- [12]. Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M. N., Wani, A. S., Pichtel, J., & Ahmad, A. (2012). Role of proline under changing environments: a review. *Plant signaling & behavior*, 7(11), 1456-1466.
- [13]. Heydari Sharifabad, H. (2001). Plant & Salinity. *Institute of Forests and Rangelands Research*. P 199. (in Farsi)
- [14]. Jaskani, M. J., Abbas, H., Khan, M. M., Qasim, M., & Khan, I. A. (2008). Effect of growth hormones on micropropagation of Vitis vinifera L. cv. Perlette. *Pakistan Journal of Botany*, 40(1), 105.
- [15]. Kamran, M. et al. An overview of hazardous impacts of soil salinity in crops, tolerance mechanisms, and amelioration through selenium supplementation. *International Journal of Molecular Sciences* 21, (2020).
- [16]. Kang, S. G., Jeong, H. K., & Suh, H. S. (2004). Characterization of a new member of the glutathione peroxidase gene family in Oryza sativa. *Molecules & Cells (Springer Science & Business Media BV)*, 17(1).
- [17]. Karamad, Z., Moghadam, E. G., & Bolandi, A. (2014). Effects of culture media and growth regulators on micropropagation of Gisela 6 rootstock. *Journal of crops improvement*, 16(2).
- [18]. Kong, W., Liu, F., Zhang, C., Zhang, J., & Feng, H. (2016). Non-destructive determination of Malondialdehyde (MDA) distribution in oilseed rape leaves by laboratory scale NIR hyperspectral imaging. *Scientific reports*, 6(1), 1-8.
- [19]. Li, H., Lei, P., Pang, X., Li, S., Xu, H., Xu, Z., & Feng, X. (2017). Enhanced tolerance to salt stress in canola (Brassica napus L.) seedlings inoculated with the halotolerant Enterobacter cloacae HSNJ4. *Applied Soil Ecology*, 119, 26-34.
- [20]. Li, X., Sun, P., Zhang, Y., Jin, C., & Guan, C. (2020). A novel PGPR strain Kocuria rhizophila Y1 enhances salt stress tolerance in maize by regulating phytohormone levels, nutrient acquisition, redox potential, ion homeostasis, photosynthetic capacity and stress-responsive genes expression. *Environmental and Experimental Botany*, 174, 104023.
- [21]. Mansseri-Lamrioui, A., Louerguioui, A., Bonaly, J., Yakoub-Bougdal, S., Allili, N., & Gana-Kebbouche, S. (2011). Proliferation and rooting of wild cherry: The influence of cytokinin and auxin types and their concentration. *African Journal of Biotechnology*, 10(43), 8613-8624.
- [22]. Mohammadkhani, N. (2018). Effects of salinity on phenolic compounds in tolerant and sensitive grapes. *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 64(2), 73-86.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- [23]. Mozafari, A. A., & Ghaderi, N. (2018). Grape response to salinity stress and role of iron nanoparticle and potassium silicate to mitigate salt induced damage under in vitro conditions. *Physiology and molecular biology of plants*, 24(1), 25-35.
- [24]. Neshat, M., Abbasi, A., Hosseinzadeh, A., Sarikhani, M. R., Dadashi Chavan, D., & Rasoulnia, A. (2022). Plant growth promoting bacteria (PGPR) induce antioxidant tolerance against salinity stress through biochemical and physiological mechanisms. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 28(2), 347-361.
- [25]. Pereira, G. J. G., Molina, S. M. G., Lea, P. J., & Azevedo, R. A. D. (2002). Activity of antioxidant enzymes in response to cadmium in *Crotalaria juncea*. *Plant and soil*, 239(1), 123-132..
- [26]. SIVRİTEPE, N., & ERİŞ, A. (1999). Determination of Salt Tolerance in Some Grapevine Cultivars (*Vitis vinifera* L.) Under in vitro Conditions. *Turkish Journal of Biology*, 23(4), 473-486.
- [27]. Zörb, C., Geilfus, C. M., & Dietz, K. J. (2019). Salinity and crop yield. *Plant biology*, 21, 31-38.





## کاربرد دستگاه نانودراپ در تعیین کمیت و کیفیت DNA استخراج شده از

### خویشاوندان وحشی گندم

علی سجاد بکائی<sup>۱</sup>، امید سفالیان<sup>۲\*</sup>، بهزاد سرخی لله<sup>۳</sup> و علی اصغری<sup>۴</sup>

[sofalian@gmail.com](mailto:sofalian@gmail.com)

- ۴- دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۵- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۶- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

#### چکیده:

به منظور بررسی و تعیین کمیت و کیفیت تعداد ۳۴۵ نمونه DNA استخراج شده از خویشاوندان وحشی گندم در آزمایشگاه بخش تحقیقات ژنتیک و بانک ژن گیاهی ملی ایران واقع در کرج از دستگاه نانودراپ مدل Thermo ND-1000 استفاده گردید و اطلاعات مربوط به میزان غلظت نمونه ها بر اساس نانوگرم و همچنین جذب طول موج های ۲۳۰، ۲۶۰ و ۲۸۰ نانومتر قرائت گردید و نسبت ۲۶۰ به ۲۸۰ و همچنین ۲۶۰ به ۲۳۰ به منظور بررسی کیفیت DNA استخراج شده از خروجی دستگاه تهیه شد که در اکثر موارد کیفیت قابل قبولی از نمونه ها بدست آمد به نحوی که اعداد نسبت ۲۶۰ به ۲۸۰ بین ۱/۸ تا ۲/۲ و همچنین اعداد نسبت ۲۶۰ به ۲۳۰ نیز بین اعداد ۱/۸ تا ۲ برای نمونه ها مشاهده شدند که این نشان از کیفیت بالای DNA های استخراج شده در این آزمایش بود. همچنین سرعت انجام کار توسط این روش بسیار سریع تر از دیگر روش های بررسی کمیت و کیفیت ماده ژنتیکی استخراج شده بود لذا بهره گیری از این دستگاه به کلیه آزمایشگاه های زیستی و مولکولی پیشنهاد می شود.

کلمات کلیدی: DNA، نانودراپ، کمیت، کیفیت

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه:

نانودراپ یک دستگاه اسپکتروفتومتر آزمایشگاهی رایج است. با این دستگاه اسپکتروفتومتری می توان چندین نمونه را در کمتر از یک دقیقه با دقت و قابلیت تکرار بالا اندازه گیری نمود. نانو دراپ بر اساس قانون بیر و لامبرت (Beer-Lambert law) عمل می کند. وقتی نور تک رنگ (نور با طول موج خاص) از یک محلول عبور می کند، معمولاً بین غلظت املاح و شدت نور منتقل شده رابطه کمی وجود دارد، یعنی هرچه نمونه غلظت بیشتری داشته باشد، نور کمتری نیز از طریق آن منتقل می شود.

سیستم نگهداری نمونه در اسپکتروفتومتری NanoDrop از کشش سطحی استفاده می کند تا نمونه را در جای خود بین دو فیبر نوری نگه دارد. این امکان اندازه گیری نمونه های بسیار غلیظ بدون نیاز به رقت را فراهم می کند. سادگی استفاده از NanoDrop برای اندازه گیری RNA و DNA حیرت انگیز است. نانودراپ دستگاهی قدرتمند و پیشرفته برای اندازه گیری غلظت DNA و RNA است. برای آزمایشگاه هایی که تقاضای زیادی برای تجزیه و تحلیل نمونه دارند، این ابزار یک راه حل مقرون به صرفه است که در مدت زمان بسیار کوتاهی هزینه خود را پرداخت خواهد کرد. هر نمونه ای که در آزمایشات مختلف مورد استفاده قرار می گیرد نیاز به سنجش غلظت دارد. هیچ گاه نمی توان بدون اطلاع از غلظت یک ماده حل شده در یک محلول اقدام به اعمال هرگونه آزمایشی بر روی آن نمونه کرد. و تکنیک نانودراپ یکی از بهترین راه های سنجش غلظت مواد مختلف حل شده در یک حلال می باشد.

این دستگاه براساس طول موج عبوری از نمونه مورد نظر غلظت و کیفیت DNA را تعیین می کند. این دستگاه متصل به رایانه

است و نتایج حاصل را به صورت عددی و ترسیم نمودار نشان می دهد. در این روش تعیین خصوصیات کیفی DNA با خواندن نسبت A260/A280 صورت می گیرد که در آن میزان جذب نور برای DNA در طول موج 260 nm اندازه گیری و مقدار DNA تعیین می شود. بهترین حالت OD260/OD280 حدود 1/8-2 است که مقادیر کمتر از 1/8 نشانه آلودگی پروتئینی و دیگر جذب کننده های اشعه ماوراء بنفش است. نسبت بیشتر از 2 هم نشانه وجود rRNA زیاد در نمونه است

از نانودراپ می توان برای تعیین خلوص نمونه استفاده کرد. نسبت A260/A280 را برای تشخیص آلودگی پروتئینی و آلودگی RNA در مورد نمونه های DNA و نسبت A260/A230 را برای تشخیص آلودگی با نمک های شوتروپیک،

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

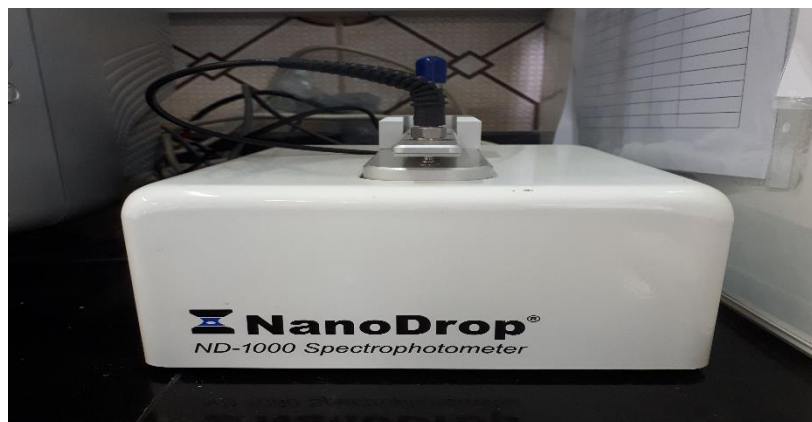


شوینده های

غیر یونی و فنل استفاده شود.

روش کار:

در این بررسی DNA تعداد ۳۴۵ نمونه از خویشاوندان وحشی گندم توسط روش (Saghai-Marouf et al., 1984) در آزمایشگاه بخش تحقیقات ژنتیک و بانک ژن گیاهی ملی ایران در سال ۱۴۰۰ استخراج گردید که به منظور بررسی کمیت و کیفیت DNA استخراج شده از دستگاه نانودراپ مدل Thermo ND-1000 استفاده گردید که منظور بهره مندی از خروجی داده های دستگاه مربوطه از نرم افزار Exel استفاده گردید.



نتایج:

در این تحقیق اطلاعات مربوط به میزان غلظت DNA ۳۴۵ نمونه بر اساس نانوگرم و همچنین جذب طول موج های ۲۳۰، ۲۶۰ و ۲۸۰ نانومتر توسط دستگاه نانو دراپ قرائت گردید و نسبت های ۲۶۰ به ۲۸۰ و همچنین ۲۶۰ به ۲۳۰ به منظور بررسی کیفیت DNA استخراج شده از خروجی دستگاه تهیه شد که در اکثر موارد کیفیت قابل قبولی از نمونه ها بدست آمد به نحوی که اعداد نسبت ۲۶۰ به ۲۸۰ بین ۱/۸ تا ۲/۲ و همچنین اعداد نسبت ۲۶۰ به ۲۳۰ نیز بین اعداد ۱/۸ تا ۲ برای نمونه ها مشاهده شدند که این نشان از کیفیت بالای DNA های استخراج شده در این آزمایش بود. با توجه به شکل ۱ در منحنی بایستی یک پیک در ۲۶۰ نانومتر وجود داشته باشد که نشان دهنده وجود اسیدهای نوکلئیک است و هیچ قله ای در جای دیگر وجود نداشته باشد و اگر پیک های دوگانه یا جابجایی در منحنی وجود داشته باشد، وجود علائم ناخالصی می باشد.



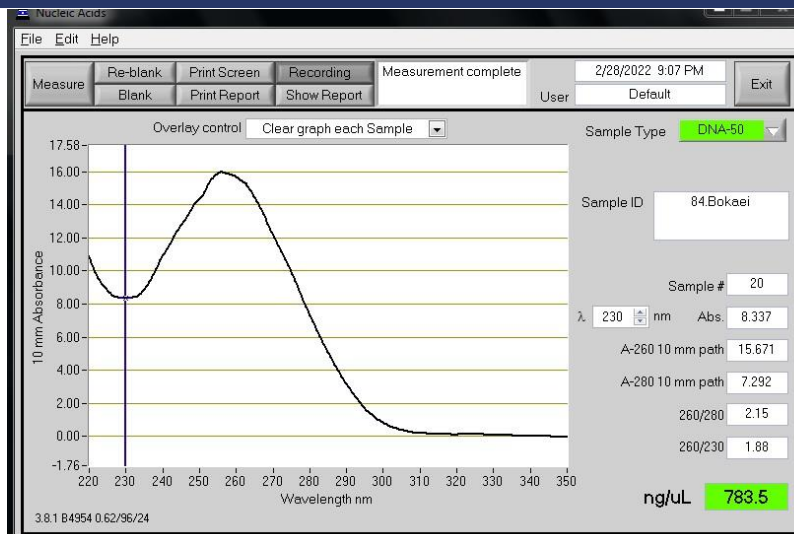
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱. تصویری از گراف و اطلاعات دستگاه نانودراپ در بررسی نمونه ی DNA

همچنین در تفسیر اطلاعات بدست آمده از نانودراپ نسبت ۲۶۰ به ۲۸۰ نشان دهنده میزان خالص بودن نمونه از آلودگی پروتئینی است. از آنجایی که پروتئین ها در ۲۸۰ نانومتر جذب می شوند، نسبت کم ۲۶۰ به ۲۸۰ نشان دهنده وجود مقادیر بالای پروتئین نسبت به اسیدهای نوکلئیک است. نسبت ۲۶۰ به ۲۳۰ نیز مقداری است که نشان دهنده خلوص نمونه

نمک ها و سایر آلاینده هایی است که می توانند در ۲۳۰ نانومتر جذب شوند.

برای بهبود نسبت های ۲۶۰ به ۲۸۰، بهترین کار این است که پروتئین های آلوده را حذف کنیم. بنابراین، استفاده بیشتر از آنزیم های پروتئیناز K و تغییر پروتکل آزمایشی می تواند کمک کننده باشد و اگر نسبت ۲۶۰ به ۲۳۰ کم باشد، بهتر است مراحل شستشوی بیشتر در طول فرآیند استخراج ماده ژنتیکی صورت پذیرد تا به حذف آلودگی ها کمک کند. با این حال، انجام این کار همچنین می تواند منجر به از دست دادن مقداری اسید نوکلئیک شود. اما، از دست دادن مقدار کمی ماده ژنتیکی برای داشتن نمونه های خالص از آلودگی بهتر می باشد. و در کل استفاده از نانو دراپ به دلیل سرعت و دقت انجام کار نسبت به سایر روش های بررسی کمی و کیفیت ماده ژنتیکی استخراج شده همچون الکتروفورز توصیه می گردد.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



منابع:

Beer-Lambert law in Oxford Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology (2)Length: 114 words

Saghai-Marooif, M. A., K. M. Soliman, R. A. Jorgensen and R. W. Allard. (1984). Ribosomal DNA sepaerlength polymorphism in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location and population dynamics. Proc. Nat. Ac. Sci. USA. 81: 8014–8019.



## کاربرد میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) در پایش تغییرات میوه ها و سبزیجات طی عمر پس از برداشت

وحید نیساری فام<sup>۱\*</sup>، میثم لطیفی عموقین<sup>۲</sup>، اسما کیسالائی<sup>۲</sup>، محمد طهماسبی<sup>۲</sup>، عبدالله گل محمدی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی، (vahidnf318@gmail.com)

۲- دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دانش آموخته ی دکتری مکانیک بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی

۴- استاد مکانیک بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی

### چکیده

هم زمان با پیشرفت علم و ظهور فن آوری های جدید مطالعه در ابعاد میکرو و نانو ذره جایگاه ویژه ای در تحقیقات علمی یافته اند. میکروسکوپ های الکترونی عبوری ابزار آزمایشگاهی جدیدی می باشد که برای مطالعه درباره میکروذرات و نانوذرات به کار می رود. تصویر حاصل از این روش از دیرباز در زمینه علم مواد مورد استفاده قرار گرفته است و اخیراً در تحقیقات بیولوژیکی مانند بررسی ساختار میوه ها و سبزیجات در ابعاد سلولی نیز کاربرد یافته است. در این تحقیق ضمن معرفی میکروسکوپ الکترونی، مزایا و معایب و برخی کاربردهای آن در پایش تغییرات میوه ها و سبزیجات طی عمر پس از برداشت پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: میکروسکوپ الکترونی روبشی، تغییرات پس از برداشت میوه ها و سبزیجات، کیفیت غذایی





## مقدمه

به صورت کلی میکروسکوپها وسیلهای است که از آن برای مشاهده ذرات ریز استفاده می شود. میکروسکوپها به دو دسته میکروسکوپهای نوری و الکترونی تقسیم بندی می شوند. در میکروسکوپ نوری از فوتون و در میکروسکوپ الکترونی از الکترون برای مشاهده نمونه استفاده می شود. اولین میکروسکوپ نوری در سال ۱۶۵۰ توسط جانسونس ابداع شد اما بدلیل نقص در تراش عدسیها بی ثمر ماند. با این وجود، اصلی که ارائه نمود اساس ساختمان میکروسکوپهای امروزی گردید. می توان گفت که اولین میکروسکوپ توسط رابرت هوک در سال ۱۶۶۵ ابداع گردید [۱].

میکروسکوپهای نوری قدیمی ترین نوع میکروسکوپها هستند که شکل فعلی آنها در قرن ۱۷ اختراع شد، و به صورت شیشههای کوچک نصب شده در یک صفحه فلزی که نزدیک چشم نگاه داشته می شد و از روشنایی روز برای دیدن نمونه بهره می برد. انواع دیگر میکروسکوپهای اولیه تصویر واضحی فراهم نمی کردند؛ تا صده نوزدهم که میکروسکوپهای ترکیبی، نسبت به میکروسکوپهای تک لنزی، به برتری تکنیکی دست یافتند. استفاده از میکروسکوپهای ترکیبی ساده تر بود و به واسطه پیشرفت در تکنولوژی طراحی، قدرت تفکیک بهبود یافته و نقصهای عدسیها کاهش یافت [۱].

در مقایسه با میکروسکوپ نوری با درشتنمایی تصویر حدود ۴۰۰ برابر، میکروسکوپهای الکترونی تا حدود ۲ میلیون برابر قدرت بزرگنمایی دارد. این عامل باعث شده است که اجزای کوچکتر از ۰/۲ میکرون که با میکروسکوپ نوری قادر به رویت نمی باشند با میکروسکوپ الکترونی به خوبی رویت شوند. میکروسکوپ الکترونی

میکروسکوپ الکترونی وسیلهای است که از پرتوهای پراثرژی الکترون و از طول موجی در محدوده ۱۰-۱۲ متر برای مطالعه درمورد اجسام ریز استفاده می کند. پس از کشف الکترون توسط تامسون در سال ۱۸۹۷، بروگلی (۱۹۲۴) ایده حرکت الکترون را همانند حرکت فوتون در میدان مغناطیسی مطرح نمود. بر اساس این نظر الکترونهايي که از یک منبع الکترون وارد یک میدان مغناطیسی شوند منحرف می شوند که این انحراف بستگی به دو عامل انرژی ابتدایی و قدرت میدان مغناطیسی ایجاد شده دارد. اولین میکروسکوپ الکترونی تجاری در سال ۱۹۳۹ در دانشگاه ترنتو ساخته شد. میکروسکوپ الکترونی از باریکهای از الکترون به عنوان منبع ساخت تصویر استفاده می کند. از آنجایی که طول موج یک الکترون می تواند تا ۱۰۰،۰۰۰ برابر کوتاه تر از فوتونهای نور معمولی باشد، میکروسکوپ الکترونی قدرت تفکیک بسیار بالاتری به نسبت میکروسکوپ نوری خواهد داشت و قادر خواهد بود، ساختار اجسام بسیار کوچک را نمایش دهد. میکروسکوپ الکترونی دارای سیستم لنز نوری-الکترونی است که مشابه لنزهای شیشهای یک میکروسکوپ نوری عمل می کند. از میکروسکوپ الکترونی برای بررسی ریزساختار انواع گستردهای از نمونههای زیستی و غیر معدنی شامل



میکروارگانیسیمها، سلولها، مولکولهای بزرگ، نمونههای بافتی، فلزات و کریستالها و در صنعت از این میکروسکوپ به منظور کنترل کیفیت استفاده می کنند [۲]

از انواع میکروسکوپهای الکترونی می توان به نوع میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و میکروسکوپ الکترونی ولتاژ بالا (HEVM) اشاره کرد. میکروسکوپهای الکترونی بسیار گران قیمت می باشند و احتیاج به مراقبت های خاص جهت نگهداری دارد. به عنوان مثال نسبت به لرزش و امواج مغناطیسی حساس می باشند. از بین انواع میکروسکوپهای الکترونی نوع روبشی و نوع عبوری پر کاربردترین نوع هستند [۲]. میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

میکروسکوپ الکترونی روبشی که به آن Scanning Electron Microscope یا به اختصار SEM می گویند، یکی از انواع بسیار معروف میکروسکوپهای الکترونی است که خصوصاً کاربردهای بسیاری در فناوری نانو پیدا کرده است. نخستین تلاشها در زمینه توسعه میکروسکوپهای روبشی به سال ۱۹۳۵ باز می گردد که ماکس نول (Max Knoll) در آلمان پژوهشهایی در زمینه پدیده های الکترونیک نوری انجام داد و تصویری را بر اساس کنتراست کانالی الکترونی (electron channelling contrast) از فولاد سیلیسیومی به دست آورد. مانفرد وان آردن (Manfred von Ardenne) تحقیقات بیشتری را بر روی اصول فیزیکی SEM و برهم کنش آن با نمونه انجام داد و توانست در سال ۱۹۳۸ با اضافه کردن سیم پیچهای روبشی به یک TEM، میکروسکوپ الکترونی عبوری - روبشی بسازد. با این حال دستگاه او از نظر عملی مورد استقبال قرار نگرفت. استفاده از SEM برای مطالعه نمونه های ضخیم غیرشفاف، اولین بار توسط ژورکین (Zworykin) و همکاران در سال ۱۹۴۲ در ایالات متحده آمریکا انجام شد. توسعه بیشتر SEM توسط پروفیسور چارلز اُتلی (Charles Oatley) و همکارش گری استوارت (Gary Stewart) در دانشگاه کمبریج بریتانیا به انجام رسید و در سال ۱۹۶۵ برای اولین بار به صورت تجاری روانه بازار شد [۳]. ساخت SEM سبب شد تا محققان بتوانند نمونه ها را به سادگی و با وضوح بیشتری مطالعه کنند. بمباران نمونه با پرتوی الکترونی سبب می شود تا از نمونه، الکترون ها و فوتون هایی خارج و به سمت آشکارسازها رها شوند که در آن قسمت تبدیل به سیگنال می شوند. حرکت پرتو بر روی نمونه، مجموعه ای از سیگنالها را فراهم می کند که بر این اساس میکروسکوپ می تواند تصویر متقابل از سطح نمونه را به صورت لحظه به لحظه بر صفحه نمایش دهد. بنابراین مکانیزم عملکرد SEM با میکروسکوپهای نوری کاملاً متفاوت است [۴].

در ابتدا مزیت اصلی دستگاه SEM، تهیه تصاویر میکروسکوپی به طور مستقیم از نمونه های جامد با وضوح و قدرت تفکیک و تمرکز بهتر در مقایسه با میکروسکوپهای نوری بود اما بعدها قدرت اجرایی و عملیاتی دستگاه توسعه یافت و به روش های تجزیه و تحلیل، نظیر اشعه ایکس برای تعیین ترکیب شیمیایی و کانال های الکترونی (electron channeling) جهت تشخیص وضعیت بلوری مجهز شد [۵]. ساختار اصلی میکروسکوپهای الکترونی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

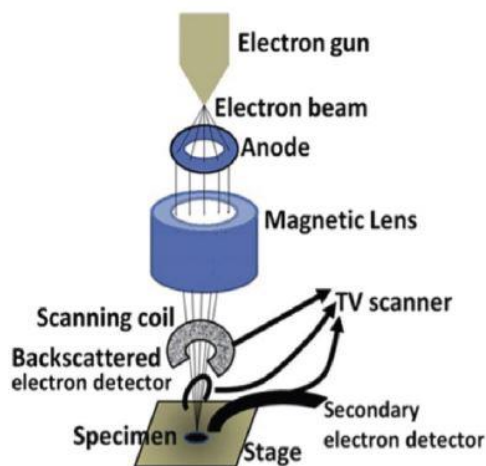
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



میکروسکوپ الکترونی به یک سیستم اپتیکی الکترون برای تولید باریکه الکترون نیاز دارد، پایه نمونه برداری برای جاگذاری نمونه، آشکارساز الکترون ثانویه، صفحه نمایش و در نهایت سیستم اپراتور برای انجام عملکردهای گوناگون نیازمند است که در شکل ۱ نشان داده شده است [۵].



شکل ۱. شماتیک اجزای میکروسکوپ الکترونی روبشی

### انواع میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

- سه نوع SEM وجود دارد، SEM معمولی<sup>۱۹</sup> (CSEM)، SEM محیطی (ESEM) و SEM با خلاء کم (LVSEM)<sup>۲۰</sup>.  
۱. SEM معمولی (CSEM)، برهمکنش پرتو الکترونی با نمونه در خلاء بالا ( $10^{-6}$  torr)، که در آن واحد اندازه گیری فشار است ( $1 \text{ torr} = 133.32 \text{ Pascal}$ ) رخ می دهد. بنابراین الکترون های ثانویه کم انرژی از نمونه با حداقل برخورد با مولکول های گاز در محفظه ساطع می شوند.
۲. نوع دوم SEM محیطی (ESEM) است. در این نوع، برهمکنش بین پرتو الکترونی و نمونه در فشارهای بالا (۰/۲ تا ۲۰ torr) رخ می دهد که اثرات مثبت و منفی دارد.
۳. نوع سوم میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM با خلاء کم (LVSEM) است که شبیه به CSEM است اما برای کار در فشارهای بالا (۰/۲ تا ۲ torr) نیز سازگار است [۶].

مزایا و محدودیت های میکروسکوپ الکترونی روبشی

1	conventional SEM	9	8
1	environmental SEM	9	9
2	low vacuum SEM	0	0



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۱-۶-مزایا:

- امکان بررسی تقریباً تمامی انواع نمونه ها چه هادی و چه غیرهادی
- عدم نیاز به نمونه های شفاف (به دلیل مکانیزم عمل که بر اساس برهم کنش پرتوی الکترونی با نمونه است)
- امکان تصویربرداری در سه بعد  $X$ ،  $Y$  و  $Z$
- امکان برقراری ارتباط و تنوع نتایج با استفاده از آشکارسازهای مختلف
- راحت بودن کار با دستگاه با وجود آموزش های مناسب و پیشرفت های کامپیوتری همراه با نرم افزارهای ویژه
- سریع بودن کار با دستگاه
- نیاز به آماده سازی اولیه کم برای اغلب نمونه ها

۲-۶-محدودیت ها

- گران، بزرگ و نیاز به محیطی عاری از تداخل های الکتریکی، مغناطیسی و ارتعاشی
- وضوح پایین، معمولاً در بیشتر از چند ده نانومتر
- سیاه-سفید بودن تصاویر به دلیل استفاده از پرتوی الکترونی (با این حال در سیستم های مدرن که مجهز به نرم افزار آنالیز تصویر هستند، می توان با ایجاد رنگ های مصنوعی (Pseudo-color) تصاویر نسبتاً رنگی به دست آورد.
- نیاز به خلأ بالا در سیستم
- نیاز به آموزش ویژه و تجربه جهت دستیابی به نتایج عالی و تشخیص نتایج گمراه کننده (Artifacts)

کاربردها

امروزه ضایعات پس از برداشت محصولات کشاورزی (مخصوصاً سبزیجات و میوه جات) یکی از معضلات مهم جوامع مختلف به شمار می رود. با جدا شدن محصول از گیاه مادر در طی دور پس از برداشت محتوای رطوبتی آن به سرعت تبخیر شده و در نتیجه موجب چروکیدگی، کاهش کیفیت و ماندگاری محصول می شود. نرم شدگی، پلاسیدگی، چروکیدگی و پوسیدگی برخی از مشکلات عمده ای هستند که در حین پس از برداشت میوه ها و سبزیجات رخ می دهند. که در نتیجه ضمن نابودی بخش زیادی از محصول تولیدی، از ارزش بازاریابی و صادرات آن نیز می کاهد. تلفات پس از برداشت علاوه بر کاهش وزن، ناشی از، فعالیت های فیزیولوژیکی خصوصاً تنفس، بیماری های قارچی و آفات است. تخمین زده می شود که در کشور ما ایران سالانه حدود ۴۰ درصد از محصول برداشتی به دلیل خراب و فاسد شدن زود از بین می رود. بنابراین پایش کیفیت محصول به منظور مدیریت صحیح عملیات پس از برداشت به منظور کاهش ضایعات بسیار ضروری است [۱۷]. در این بین استفاده از SEM به این منظور در این مقالات متعددی گزارش شده است.



بولین و هوکسول از SEM برای به دست آوردن تصاویری از سلول های سیب و زردآلو استفاده کردند، که در آنها تورژسانس سلولی در درجات مختلف تغییر یافته بود، تا کیفیت آنها را در طول ذخیره سازی ارزیابی کنند. محققان از تجزیه و تحلیل SEM برای ارزیابی تغییرات فیزیکی در ساختار دیواره سلولی، مانند نسبت طول سلول به عرض و شاخص گرد بودن سلول استفاده کردند [۸].

گلن و یوویا تغییرات در بافت، ساختار دیواره سلولی و ترکیبات سیب گلن دلشز تیمار شده با کلسیم و تیمار نشده را طی دوره نگهداری مورد مطالعه قرار دادند [۹]. به طور مشابه، پلت-آلوآ و تامسون فراساختار مزوکارپ میوه بالغ آووکادو و تغییرات مرتبط با رسیدن محصول را مورد مطالعه قرار دادند [۱۰].

تغییرات در فراساختار دیواره سلولی میوه کیوی در طول رسیدن با استفاده از SEM توسط حالت و همکاران مورد مطالعه قرار گرفت. مشاهده شد که پریکارپ بیرونی، پریکارپ داخلی و هسته در بسته بندی و اندازه سلول متفاوت است. با نرم شدن میوه، حجم فضاهای بین سلولی افزایش یافت. تجزیه لاملا میانی در هر دو میوه رسیده و درست قبل از رسیدن مشاهده شد. تغییرات ترکیب شیمیایی با تغییرات فراساختاری در میوه کیوی همراه بود [۱۱].

تغییرات ریزساختار در طول رسیدن و تیمار زدایی میوه خرمالو با استفاده از تجزیه و تحلیل SEM توسط سالوادور و همکاران مورد مطالعه قرار گرفت [۱۲]. به طور مشابه، تغییرات در بافت، فراساختار و ترکیب، در طول ذخیره سازی پس از برداشت قارچ دکمه ای (*Agaricus bisporus*) مورد مطالعه قرار گرفت. محققان مشاهده کردند که فضای بین سلولی بین سلول های هیف بافت سطحی در طول ذخیره سازی بزرگ می شود. فراساختار سلول های هیف از بافت سطحی قارچ های تازه برداشت شده نشان دهنده تعداد زیادی واکوئل و محتوای سیتوپلاسمی با ساختار سالم بود. پس از ۶ روز نگهداری، سازمان دهی و اجزای درون سیتوپلاسم مختل شد و تنها دیواره های سلولی به عنوان یک ساختار قابل تشخیص باقی ماند. بدون شک، اختلال در یکپارچگی سلولی باعث از بین رفتن تورژنتی و فروپاشی سلول های هیف مشاهده شده توسط SEM می شود [۱۳].

اثر تابش پرتو الکترونی، در دوزهای بیشتر از ۱ کیلوگری، بر ویژگی های کیفی زغال اخته تازه بسته بندی شده مورد مطالعه قرار گرفت. میوه ها در دمای ۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۷۰/۴ درصد به مدت ۱۴ روز نگهداری شدند و در روزهای ۰، ۳، ۷ و ۱۴ نگهداری از نظر ویژگی های ریزساختاری، فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی مورد آزمایش قرار گرفتند [۱۴]. پیرا و همکاران انتشار گاز میوه پایایی طلائی از آن به عنوان تابعی از مراحل مختلف بلوغ مورد مطالعه قرار داد. تغییرات در یکپارچگی غشاء، سفتی پالپ و رنگ پوست با تجزیه و تحلیل ریزساختاری با استفاده از SEM مشاهده شد [۱۵].

نتیجه گیری

2	hyphae cells	0	1
2	golden papaya	0	2



توسعه روش های اندازه گیری غیرمخرب پارامترهای کیفی محصولات کشاورزی که می تواند موجب ارتقای کیفیت محصول در زنجیره پس از برداشت آن، بازارپسندی بیشتر در بازهای داخلی و خارجی و در نتیجه آن کاهش ضایعات و افزایش درآمد بهره وران کشاورزی گردد یکی از مهم ترین نیازهای جوامع بشری به شمار می رود. در این بین روش های مختلف در مقالات متعددی گزارش شده است که میکروسکوپ های الکترونی به عنوان یک فناوری بسیار مفید می تواند پتانسیل بالایی در کنترل و مانیتورینگ بهتر محصول در مراحل پس از برداشت داشته باشد.

منابع

- [1] Murphy, D. B. (2002). *Fundamentals of light microscopy and electronic imaging*. John Wiley & Sons.
- [2] Goldstein, J. I., Newbury, D. E., Echlin, P., Joy, D. C., Lyman, C. E., Lifshin, E., ... & Michael, J. R. (2003). *Scanning electron microscopy and x-ray microanalysis* (pp. 195-270). Springer, Boston, MA.
- [3] Ap Gwynn, I. (2010). *Handbook of Sample Preparation for Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*. Patrick Echlin. Springer, New York; 2009, 330 pages. ISBN 978-0-387-85730-5 (Hardcover). *Microscopy and Microanalysis*, 16(3), 358-359.
- [4] Echlin, P. (2011). *Handbook of sample preparation for scanning electron microscopy and X-ray microanalysis*. Springer Science & Business Media.
- [5] Henning, S., & Adhikari, R. (2017). *Microscopy Methods in Nanomaterials Characterization* (pp. 1-30). Elsevier.
- [6] Mohammed, A., & Abdullah, A. (2018, November). *Proceedings of the 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics—HERVEX, Băile Govora, Romania* (pp. 7-9).
- [7] یگانه فیض اللهی، عبدالله گل محمدی، علی نعمت الهزاده، محمد طهماسبی، ۱۴۰۰. فناوری های جدید در صنعت غذا، ۹(۲)، ۱۱۳-۱۲۷.
- [8] Bolin, H. R., & Huxsoll, C. C. (1987). *Journal of Food Science*, 52(6), 1649-1650.
- [9] Glenn, G. M., & Poovaiah, B. W. (1990). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(6), 962-968.
- [10] Allan-Wojtas, P., Hansen, L. T., & Paulson, A. T. (2008). *LWT-Food Science and Technology*, 41(1), 101-108.
- [11] Hallett, I. C., Macrae, E. A., & Wegrzyn, T. F. (1992). *International Journal of Plant Sciences*, 153(1), 49-60.
- [12] Salvador, A., Arnal, L., Besada, C., Larrea, V., Quiles, A., & Pérez-Munuera, I. (2007). *Postharvest Biology and Technology*, 46(2), 181-188.
- [13] Zivanovic, S., Busher, R. W., & Kim, K. S. (2000). *Journal of food science*, 65(8), 1404-1408.
- [14] Moreno, M. A., Castell-Perez, M. E., Gomes, C., Da Silva, P. F., & Moreira, R. G. (2007). *LWT-Food Science and Technology*, 40(7), 1123-1132.
- [15] Pereira, T., de Almeida, P. S. G., de Azevedo, I. G., da Cunha, M., de Oliveira, J. G., da Silva, M. G., & Vargas, H. (2009). *Postharvest Biology and Technology*, 54(3), 123-130.





## بررسی انواع روش های چربی گیری با استفاده از دستگاه سوکسله

\*مرحمت قربانی زاده

کارمند دانشگاه محقق اردبیلی، مسئول آزمایشگاه های ژنتیک دام و تغذیه دام دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی  
چکیده

دستگاه سوکسله در اصل برای استخراج چربی ها از مواد جامد طراحی شده بود با این حال استخراج سوکسله به استخراج چربی ها محدود نشده است. از سوکسله برای استخراج ترکیبات مدنظر که حلالیت محدودی در یک حلال داشته باشند و همچنین ناخالصی های آن ها در حلال نامحلول باشند نیز استفاده می شود. در صورتی که ترکیب مورد نظر حلالیت قابل توجهی در یک حلال داشته باشد می توان با یک تصفیه ساده ترکیب را از مواد نامحلول جدا کرد. دستگاه سوکسله به رغم طراحی های متفاوت با سلیقه شرکت ها بر اساس شستشوی کامل چربی یا ترکیبات مدنظر برای استخراج از مواد کار می کند. بازده استخراج چربی در دستگاه سوکسله به عوامل زیادی مثل اندازه ذرات نمونه، زمان چربی گیری و نوع حلال بستگی دارد.

کلمات کلیدی: سوکسله، چربی گیری، Ether extract



## مقدمه

دستگاه استخراج سوکسله Soxhlet extrac یکی از ابزارهای آزمایشگاهی است که توسط شیمیدان آلمانی فرانس فون سوکسله در سال ۱۸۷۹ میلادی اختراع شد. این وسیله آزمایشگاهی که معمولاً از شیشه ساخته می شود، برای جداسازی چربی ها (لیپیدها) از مواد جامد مورد استفاده قرار می گیرد. این دستگاه در اصل برای استخراج لیپید از یک ماده جامد طراحی شده است. به طور معمول، استخراج سوکسله هنگامی استفاده می شود که ترکیب مورد نظر دارای حلالیت محدودی در یک حلال باشد و ناخالصی در آن حلال نامحلول باشد. این اصل اجازه می دهد تا عملیات بدون نظارت در حالی که به طور کارآمد مقدار کمی حلال را بازیافت کنید تا مقدار بیشتری از مواد را حل کنید. در این بین از دستگاه های استفاده در آزمایشات بیشتر از دو روش شستشوی سیفونی و شستشوی قطره ای استفاده می شود.

### ۱-۲- بخش های مختلف دستگاه سوکسله

- منبع حرارتی: که اغلب از هیترهای الکتریکی برای جوشاندن حلال استفاده می شود.
- بالن محلول: که در بالای منبع حرارتی قرار گرفته و حلال در داخل آن گرم می شود.
- فلاسک: یا محل قرارگیری نمونه و انگشتانه.
- میرد: که اغلب با استفاده از جریان آب سرد بخارات حاصل از جوشش حلال را سرد و به فلاسک منتقل می کند.



نمای کلی از دستگاه سوکسله



### ۳-۱- آماده سازی نمونه و روش کار

به طور معمول مواد جامدی که حاوی مقداری از ترکیب مورد نظر هستند در داخل یک انگشتانه (کارتوش) که از یک کاغذ صافی ضخیم درست شده است پر شده و در اتاقک اصلی استخراج جا گذاری می شود. سوکسله استخراج کننده روی یک فلاسک حاوی حلال مورد استفاده قرار می گیرد سوکسله مجهز به یک کندانسور است. حلال در حال برگشت به پایین گرم می شود. بخار حلال به وسیله بازوی تقطیر به بالا منتقل می شود و سر ریز آن به اتاقک انگشتانه حاوی مواد جامد می ریزد کندانسور باعث می شود که هر قطره بخار سرد شده حلال به داخل محفظه حاوی ماده جامد برگردد. حلال گرم به آرامی محفظه حاوی ماده جامد را پر می کند. مقداری از ترکیب مورد نظر در حلال گرم حل می شود. وقتی که مخزن سوکسله به طور کامل پر شد این محفظه، به صورت خودکار توسط سیفون جانبی تعبیه شده، تخلیه می شود و حلال دوباره به داخل محفظه تقطیر می ریزد. شاید لازم باشد که این چرخه ساعت ها یا روزها تکرار شود. در هر چرخه بخشی از مواد غیر فرار در حلال حل می گردند. پس از چرخه های زیاد ترکیب مورد نظر در ظرف تقطیر غلیظ می شود. مزیت این سیستم این است که به جای استفاده از مقدار زیادی از حلال، همان حلالی که از داخل نمونه عبور کرده دوباره بازیافت می شود. پس از استخراج، حلال با استفاده از یک اواپراتور گردنده حذف می شود و حاصل کار، ترکیب مورد نظر است. بخش غیر محلول از جامد، داخل انگشتانه باقی می ماند که معمولاً دور انداخته می شود.

اما در روش شستشوی قطره ای نمونه های آماده شده در داخل انگشتانه قرار گرفته و حلال پس از بخش مبرد به صورت قطره قطره بر روی نمونه ها ریخته و چربی را شستشو میدهد. مدت زمان آزمایش حداقل ۴ ساعت طول می کشد و چربی های نمونه مد نظر را به تدریج شسته و در بالن جمع آوری می کند. بعد از ۴ ساعت شیر جمع آوری حلال بسته شده تا بخارات حلال توسط مبرد سرد شده و جمع آوری گردد. بعد از تخلیه حلال و باز کردن دستگاه چربی و حلال باقی مانده در داخل بالن حلال آماده انجام آزمایشات دیگر مثل تبخیر حلال در اواپراتور و یا آزمایشات دیگر است. همچنین برای به دست آوردن درصد چربی باید حلال حتماً از داخل نمونه ها بخار شود که می توان از آن استفاده کرد.

برای محاسبه میزان چربی می توان به دو صورت عمل کرد یکی اندازه گیری اختلاف وزن بالن حلال که حلال آن پس از بازیافت و خشک شدن در آن اندازه گیری می شود و دیگری استفاده از اختلاف وزن نمونه و انگشتانه که قبل و بعد از دستگاه در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت توزین می شود.

بعد از به دست آوردن اختلاف بین قبل و بعد از چربی گیری با استفاده از فرمول زیر میزان چربی محاسبه خواهد شد :

$$\text{درصد چربی نمونه} = \frac{\text{وزن بالن قبل سوکسله} - \text{وزن بالن بعد سوکسله}}{\text{نمونه وزن}} * 100$$



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



همچنین بر اساس بررسی روش محاسباتی درصد چربی می توان به جای وزن بالن از اختلاف وزن کار توش و نمونه استفاده نمود.

### نتیجه گیری

بر اساس مطالعات حاضر هیچ اختلافی بین چربی استخراج شده در دو روش غرق آبی و قطره ای مشاهده نشده است. میزان چربی استخراج شده در سوکسله به طور مستقیم با اندازه ذرات و مدت زمان استخراج در ارتباط است.

### پیشنهاد

چون در دستگاه برای خنک و تبرید بخار حاصل از جوشاندن حلال از آب استفاده می شود و عموماً در روش کار دستگاه به مدت ۴ ساعت کار می کند پیشنهاد می شود برای خنک سازی بخارات از دستگاه های خنک کننده گازی که راندمان بهتری هم برای دستگاه خواهند داشت را بررسی کنند.

### منابع

- [۱] دکتر جمال سیف دواتی، دکتر رضا سید شریفی، اصول آزمایش های مقدماتی علوم دامی (۱۳۹۷)، جهاد دانشگاهی.
- [۲] N. Y. İskender, N. Kahriman, G. Tosun, S. Terzioğlu, Ş. A. Karaoğlu, N. Yayli (2013) "Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils from the Aerial Parts of Astragalus hamzaoglui Extracted by Hydrodistillation and Microwave Distillation" *Records of Natural Products*, 7(3), 177-183. [۵] M. Nozari A., H. Basharnavaz, S. H. Kamali (2020) *Navel aspects in Iranian scientific laboratories*, 4, 27-32.
- [۳] R. Kacem, Z. Meraihi (2006) "Effects of essential oil extracted from *Nigella sativa* (L.) Seeds and its main components on human neutrophil elastase activity", *journal-pharmaceutical society of japan*, 126(4), 301.
- [۴] Andreja ,H., Majda, H., Zeljko, K and Davorin, B.2000. Comparison of antioxidative and synergistic effects of rosemary extract with " - tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil. *Food Chemistry* 2000. 71(2): 233-229.



## تأثیر قرق بر تنفس میکروبی تحریک شده خاک (مطالعه موردی: مرتع شغال دره، شهرستان نمین استان اردبیل)

مینا حسین نژاد جدیدی<sup>۱\*</sup>، اردوان قربانی<sup>۲</sup>، مهدی معمری<sup>۳</sup>، اکبر قویدل<sup>۴</sup>، فرید دادجو<sup>۵</sup>، نرجس رستمی<sup>۶</sup>  
۷- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی مرتع، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی  
m.hoseinnezhad@student.uma.ac.ir

- ۸- استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی  
۹- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی  
۱۰- دانشیار گروه علوم مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی  
۱۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی مرتع، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی  
۱۲- دانشجوی دکتری مدیریت منابع خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

### چکیده

توسعه و بهره برداری بیش از حد از اکوسیستم های طبیعی و تغییر در استفاده از اراضی، تأثیر منفی قابل توجهی بر کیفیت خاک دارد. از این رو، درک کیفیت خاک برای نشان دادن مراحل بالقوه مدیریت صحیح خاک برای تولید و کشاورزی پایدار مهم است. تنفس میکروبی تحریک شده شاخص مناسبی برای نشان از میزان جمعیت فعال میکروبی خاک است. پژوهش با هدف بررسی تأثیر قرق بر میزان فعالیت میکروارگانیسم های خاک با تعیین تنفس میکروبی تحریک شده خاک در منطقه شغال دره نمین واقع در استان اردبیل انجام شد. با استفاده از یک بستره و تحریک آن تنفس میکروبی به سرعت افزایش می یابد که در این پژوهش با استفاده از روش آلف و نانوییپری و با کمک بستره (گلوکز مایع) تنفس میکروبی تحریک شده برآورد شده است و نتایج حاصل از آن در نرم افزار spss و با استفاده از آزمون t مستقل برآورد شد و نتایج نشان داد مقدار این پارامتر در دو عرصه داخل و خارج قرق دارای تفاوت معنی داری است. کلمات کلیدی: تنفس میکروبی تحریک شده خاک، محرومیت از چرا، مدیریت مرتع، تخریب خاک.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

حدود ۴۰ درصد از اراضی دنیا را مراتع اشغال می کنند که بیش از ۱۰ درصد کربن آلی خاک در آن ذخیره شده است [۱]. مراتع به دلیل مساحت و توانایی بالا در جذب و ذخیره کربن، خدمات اکوسیستمی مهمی از جمله حفظ آب، ترسیب کربن و کاهش تغییرات آب و هوا را ارائه می دهند [۲]. تخمین زده می شود که بیش از ۲۳ درصد مراتع جهان تخریب شده است که علت اصلی این تخریب را می توان به چرای بی رویه نسبت داد [۱]. مراتع تخریب شده نه تنها بر بقای دام، بلکه به طور بالقوه بر تغییرات آب و هوا، ترسیب کربن و بدنبال آن بر فعالیت میکروبی خاک تأثیر می گذارند [۳]. مطالعات نشان می دهد سلامت اکوسیستم های مرتعی به شدت به استراتژی های مدیریت مرتع بستگی دارد [۴]. از روش های مدیریتی اصلاحی مهم در مراتع، عملیات قرق مراتع می باشد که بر کیفیت خاک، پوشش گیاهی و شرایط محیطی مرتع اثر گذار می باشد [۵]. حصارکشی با شبکه برای حذف دام و محرومیت از چرا (قرق) به طور گسترده ای برای احیای مراتع تخریب شده در سراسر جهان استفاده می شود. سوء مدیریت نه تنها باعث کاهش بهره وری، تنوع و ذخیره سازی کربن آلی خاک در مراتع شده، بلکه انتشار  $CO_2$  از خاک را نیز افزایش می دهد. چرا در تمام طول سال به طور قابل توجهی باعث کاهش زیست توده، تنوع و ذخیره کربن اکوسیستم می شود [۶]. در حال حاضر، اکثر مراتع در معرض چرای بی رویه هستند که نه تنها تنوع زیستی و پایداری مراتع را تهدید می کنند، بلکه ساختار و عملکرد اکوسیستم را تغییر می دهند [۷]. تغییرات ناشی از چرا با دینامیک کربن خاک و بدنبال آن اندازه جامعه میکروبی و تنفس میکروبی خاک مرتبط است [۸].

تنفس خاک توسط میکروارگانیسم ها و ریشه ها مسیر اصلی انتقال کربن از خاک به جو است. از این رو تنفس خاک فرآیند اکوسیستمی کلیدی است که چرخه کربن را در اکوسیستم های زمینی تنظیم می کند. مدیریت خاک اثر مهمی بر تنفس خاک و حساسیت تبادل دی اکسید کربن در سطح اکوسیستم و تغییر عواملی که اندازه جمعیت یا فعالیت موجودات تنفسی و فتوسنتز کننده را تغییر می دهند، دارد [۹]. چرای فصلی که یک روش مدیریتی است، در بیشتر مراتع جهان مورد استفاده قرار گرفته است و می تواند کیفیت خاک، چرخه مواد مغذی و همچنین تنوع زیستی پوشش گیاهی در اکوسیستم های مرتعی را تغییر دهد [۱۰]. چن و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند، چرا در فصل گرم تنفس خاک را در یک مرتع نیمه خشک کاهش می دهد، در حالی که وانگ و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که چرا در فصل سرد به طور قابل توجهی تنفس خاک را در مراتع آلپ افزایش داد. مطالعات اخیر نشان می دهد تغییرات در اندازه جامعه میکروبی به دلیل اختلالات اکوسیستم صورت می گیرد [۱۱]. در نتیجه تغییرات ناشی از چرا در جامعه میکروبی خاک یک مکانیسم اساسی مهم برای پاسخ های تنفس میکروبی به چرا می باشد [۱۲]. مطالعات متعددی اثرات چرا بر تنفس میکروبی خاک را بررسی کرده اند [۱۳-۱۴-۱۵].





نتایج وانگ و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که چرای سبک، متوسط و سنگین به طور قابل توجهی تنفس خاک را نسبت به عدم چرا در سال ۲۰۱۰ افزایش داد، اما شدت چرا تأثیر کمی بر تنفس خاک در سال ۲۰۱۱ داشت. با افزایش شدت چرا، تنفس خاک ۱۰٪ تا ۱۷٪ در سایت چرای سنگین کاهش یافت. در حالیکه میزان تنفس خاک در سایت با چرای سبک ۲۳٪ تا ۳۰٪ افزایش یافت. آنها بیان کردند تجزیه و تحلیل مدل سازی معادلات ساختاری نشان داد که شدت چرا به طور غیرمستقیم بر تنفس میکروبی پایه خاک با تغییر کربن زیست توده میکروبی خاک تأثیر می گذارد [۱۶].

گوا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که محرومیت از چرا اثر مثبتی بر تنفس خاک داشته و موجب بهبود این خصوصیت در خاک شده است [۱۷]. در حالیکه جیا و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند محرومیت از چرا و قرق مرتع هیچ تأثیری بر میزان تنفس خاک نداشت [۱۵]. چن و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند قرق مرتع تأثیر منفی بر تنفس خاک داشت و میزان آن در خاک کاهش یافت [۸]. ژائو و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند شدت چرا با تغییر غلظت بستره، تغییر محتوای آب و تعادل انرژی خاک و افزایش فشردگی خاک توسط عبور دام به عنوان یک مکانیسم بحرانی بالقوه در نظر گرفته می شود که بر اندازه جامعه میکروبی خاک و تنفس میکروبی خاک تأثیر می گذارد [۲]. مطالعه انجام شده در فلات تبت نشان داده است که چرا به طور قابل توجهی اندازه کل جامعه میکروبی را کاهش می دهد، که با کاهش متناظر در تنفس خاک همراه است [۸].

تنفس میکروبی خاک دومین منبع بزرگ انتشار جریان کربن از اکوسیستم های زمینی به جو است، اما اثرات چرا در تنفس میکروبی خاک تا حد زیادی نامشخص است [۸]. انتشار کربن از خاک ده برابر بیشتر از شار کربن ناشی از سوزاندن سوخت های فسیلی است. بنابراین، یک تغییر کوچک در تنفس خاک می تواند به طور قابل توجهی غلظت  $CO_2$  را در جو تغییر دهد [۱۸]. اگرچه تعداد فزاینده ای از مطالعات نشان داده اند که استراتژی های مدیریت چرا به تنظیم خدمات اکوسیستم مرتع کمک می کند. اما تأثیر مدیریت چرا بر تنفس میکروبی خاک در منطقه مطالعاتی به خوبی درک نشده است. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی اثر محرومیت از چرای دام و مدیریت مرتع (قرق) بر میزان تنفس میکروبی تحریک شده انجام گردید.

### روش شناسی تحقیق

#### ۱-۲- منطقه مطالعاتی

پژوهش با هدف بررسی اثرات قرق بر میزان تنفس میکروبی تحریک شده با بستره خاک انجام شد. به منظور انجام این پژوهش، دو سایت قرق و خارج از قرق در نظر گرفته شد. در هر سایت سه ترانسکت صد متری با فواصل مشخص پنجاه متر از هم در منطقه شغال دره، شهرستان نمین واقع در استان اردبیل با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی انتخاب شد. نمونه برداری به روش تصادفی-سیستماتیک انجام شد. تعداد ۱۸ نمونه ی خاک دست خورده به صورت سطحی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک، زمانی که رطوبت خاک در محدوده رطوبت ظرفیت مزرعه بود برداشت و موقعیت آن ها با استفاده از



GPS ثبت گردید. نمونه ها در پلاستیک مشکی در حالتی که کمترین تهویه و نوردیدگی صورت گیرد نگهداری و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه ها جهت اندازه گیری خصوصیات زیستی در یخچال نگهداری و در طی مدت زمان کمتر از ۲۵ روز خصوصیت زیستی (تنفس میکروبی تحریک شده) اندازه گیری گردید. منطقه مطالعاتی دارای اقلیم نیمه خشک، سرد و مرطوب با میانگین بارندگی ۳۲۹ میلی متر بوده و در ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ متر قرار دارد [۱۹].

### ۲-۲- اندازه گیری تنفس میکروبی تحریک شده با بستره (SIR):

به منظور اندازه گیری تنفس میکروبی تحریک شده با بستره در خاک، مقدار ۵۰ گرم از نمونه ی خاک مرطوب تازه، با یک میلی لیتر گلوکز ۱٪ احیاء شده (به طوری که در همه ی قسمت های نمونه خاک گلوکز به طور یکنواخت و یکسان پخش شود) و در یک ظرف کاملاً عایق بندی شده حاوی سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال به مدت ۶ ساعت در دمای ۲۸ درجه سانتی گراد انکوبه گردید. بعد از مدت زمان ۶ ساعت محتویات بشر با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تیترا شد. سپس

میزان تنفس میکروبی تحریک شده با بستره بر اساس روش آلیف و نانی پیری طبق رابطه ی زیر محاسبه گردید [۲۰]

$$\frac{(V1 - V2) * NHCL * 22}{md} \quad (1)$$

V1 حجم اسید مصرفی برای نمونه شاهد (ml)، V2 حجم اسید مصرفی برای نمونه خاک (ml)، N نرمالیت اسید کلریدریک و ۲۲ کی والان گرم CO2 می باشد.

### ۲-۳- تجزیه آماری

بررسی نرمال بودن داده ها با آزمون کلموگروف- اسمیروف با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام گرفت. تجزیه و تحلیل داده ها و آزمون مقایسه میانگین به روش t مستقل با نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام شد.

### ۲-۴- نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها (جدول ۱) نشان داد، میزان تنفس میکروبی تحریک شده با بستره در دو سایت قرق و خارج قرق منطقه ی شغال دره در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. با توجه به نمودار مقایسه ی میانگین (شکل ۱) میزان تنفس میکروبی تحریک شده با بستره در سایت خارج از قرق نسبت به سایت قرق کاهش یافته است. میانگین تنفس میکروبی تحریک شده با بستره در سایت خارج از قرق  $(1/50 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{day}^{-1})$  و در سایت قرق  $(1/96 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{day}^{-1})$  به دست آمد. این تفاوت در بین سایت ها ناشی از تخریب سایت خارج از قرق توسط فعالیت های انسانی، عبور دام و چرا می باشد.

نتایج این مطالعه نشان داد نوع مدیریت مرتع می تواند بر میزان تنفس میکروبی تحریک شده مؤثر باشد. در پژوهشی مشابه گوا و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند چرا سبب کاهش تنفس میکروبی خاک شده است [۲۱] در حالیکه

<sup>2</sup> Substrate Induced Respiration



چن و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند محرومیت از چرا (قرق) سبب کاهش تنفس میکروبی خاک نسبت به مرتع تحت تأثیر چرا داشت. از پارامترهای مهم که بر میزان تنفس میکروبی خاک اثرگذار می باشد می توان ماده آلی خاک را نام برد. این نتایج متناقض را می توان به فرآیندهای پیچیده ناشی از فصل چرا نسبت داد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر قرق بر تنفس میکروبی تحریک شده در داخل و خارج قرق

متغیر	داخل قرق	خارج قرق	آماره t
تنفس میکروبی تحریک شده با بستره	۱/۰±۹۶/۰۴	۱/۰±۵۰/۰۷	۵/۳۰**

\*\* معنی داری در سطح ۰/۰۱

#### ۲۱- نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده در منطقه شغال دره می توان نتیجه گرفت پارامتر تنفس میکروبی تحریک شده پس از اجرای قرق و منع ورود دام به منطقه باعث بهبود و افزایش این مشخصه شد از این رو می توان نتیجه گرفت اجرای قرق در این منطقه مثبت و اثرات ثمربخشی به جای گذاشته است.

#### 5- منابع

[۱۹] شاهین شفائی گنزق، اردوان قربانی، مهدی معماری، اکبر قویدل، احسان زندی اصفهان (۱۳۹۹) مرتع و آبخیزداری، ۲، ۳۴۷-۳۶۵.

[۱] Dlamini, P., Chivenge, P., & Chaplot, V. (2016). Overgrazing decreases soil organic carbon stocks the most under dry climates and low soil pH: A meta-analysis shows. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221, 258-269.

[۲] Zhou, G., Zhou, X., He, Y., Shao, J., Hu, Z., Liu, R., Zhou, H., Hosseinibai, S., 2017. Grazing intensity significantly affects belowground carbon and nitrogen cycling in grassland ecosystems: a meta-analysis. *Glob. Change Biol.* 23, 1167-1179.

[۳] Qu, T. B., Du, W. C., Yuan, X., Yang, Z. M., Liu, D. B., Wang, D. L., & Yu, L. J. (2016). Impacts of grazing intensity and plant community composition on soil bacterial community diversity in a steppe grassland. *PLoS one*, 11(7), e0159680.

[۴] Hu, Z., Li, S., Guo, Q., Niu, S., He, N., Li, L., & Yu, G. (2016). A synthesis of the effect of grazing exclusion on carbon dynamics in grasslands in China. *Global Change Biology*, 22(4), 1385-1393.

[۵] Ren, C., Chen, J., Deng, J., Zhao, F., Han, X., Yang, G., ... & Ren, G. (2017). Response of microbial diversity to C: N: P stoichiometry in fine root and microbial biomass following afforestation. *Biology and fertility of soils*, 53(4), 457-468.

[۶] Li, Y., Lin, Q., Wang, S., Li, X., Liu, W., Luo, C., ... & Li, X. (2016). Soil bacterial community responses to warming and grazing in a Tibetan alpine meadow. *FEMS microbiology ecology*, 92(1), fiv152.

[۷] Zhou, G., Zhou, X., He, Y., Shao, J., Hu, Z., Liu, R., ... & Hosseinibai, S. (2017). Grazing intensity significantly affects belowground carbon and nitrogen cycling in grassland ecosystems: A meta-analysis. *Global change biology*, 23(3), 1167-1179.





- [۸] Chen, J., Zhou, X., Wang, J., Hruska, T., Shi, W., Cao, J., ... & Luo, Y. (2016). Grazing exclusion reduced soil respiration but increased its temperature sensitivity in a Meadow Grassland on the Tibetan Plateau. *Ecology and Evolution*, 6(3), 675-687.
- [۹] Kooch, Y., Moghimian, N., Wirth, S., & Noghre, N. (2020). Effects of grazing management on leaf litter decomposition and soil microbial activities in northern Iranian rangeland. *Geoderma*, 361, 114100.
- [۱۰] Metzger KL, Coughenour MB, Reich RM, Boone RB (2005) Effects of seasonal grazing on plant species diversity and vegetation structure in a semi-arid ecosystem. *J Arid Environ* 61:147–160
- [۱۱] Chen, J., Luo, Y., Li, J., Zhou, X., Cao, J., Wang, R. W., ... & Zhou, L. (2017). Costimulation of soil glycosidase activity and soil respiration by nitrogen addition. *Global Change Biology*, 23(3), 1328-1337.
- [۱۲] Shi, B., Gao, W., Jin, G., 2015. Effects on rhizospheric and heterotrophic respiration of conversion from primary forest to secondary forest and plantations in northeast China. *Eur. J. Soil Biol.* 66, 11–18.
- [۱۳] Frank, A.B., Liebig, M.A., Hanson, J.D., 2002. Soil carbon dioxide fluxes in northern semiarid grasslands. *Soil Biol. Biochem.* 34, 1235–1241.
- [۱۴] Cao G, Tang Y, Mo W, Wang Y, Li Y, Zhao X (2004) Grazing intensity alters soil respiration in an alpine meadow on the Tibetan plateau. *Soil Biol Biochem* 36:237–243.
- [۱۵] Jia B, Zhou G, Wang F, Wang Y, Weng E (2007) Effects of grazing on soil respiration of *Leymus Chinensis* Steppe. *Clim Change* 82:211–223.
- [۱۶] Wang, Z., Wan, X., Tian, M., Wang, X., Chen, J., Chen, X., ... & Hou, F. (2020). Grazing season alters soil respiration in a semiarid grassland on the Loess Plateau. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 118(2), 177-191.
- [۱۷] Cao, G., Tang, Y., Mo, W., Wang, Y., Li, Y., & Zhao, X. (2004). Grazing intensity alters soil respiration in an alpine meadow on the Tibetan plateau. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(2), 237-243.
- [۱۸] Jiang, Y., Wang, B., Wang, Y.R., and Yang, Q.P. (2010). Soil respiration in subtropical forests and model simulation of its relationships with soil temperature and moisture content. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 21 (7), 1641-164.
- [۲۰] Alef A. and Nannipieri P (1995) *Academic Press*. UK. 567 pp.
- [۲۱] Guo, N., Wang, A., Allan Degen, A., Deng, B., Shang, Z., Ding, L., and Long, R. (2018). Grazing exclusion increases soil CO<sub>2</sub> emission during the growing season in alpine meadows on the Tibetan Plateau. *Atmospheric Environment*, 74 (1), 92-98.



## بررسی تفاوت بین دستگاه صفحه نیرو و دستگاه فوت اسکن

بهروز حیدری\*<sup>۱</sup>، حامد شیخ علیزاده<sup>۲</sup>

۱ دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق

اردبیلی، اردبیل، ایران

۲ دانشجوی دکتری بیومکانیک ورزشی، گروه مدیریت و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی،

دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

### چکیده

زمینه و هدف: انتخاب دستگاه مناسب برای پژوهش مورد نیاز همگان می باشد خصوصا اگر تشابهاتی بین دستگاه ها وجود داشته باشد. هدف از این پژوهش بررسی تفاوت بین دستگاه صفحه نیرو و دستگاه فوت اسکن است.

روش بررسی: مطالعه حاضر یک مطالعه مروری توصیفی است که در آن جمع آوری اطلاعات از طریق جستجو در مجلات داخلی، پایان نامه ها، و کتابها، به زبان فارسی و انگلیسی و با استفاده از کلمات کلیدی صفحه نیرو، فورس پلیت، فوت اسکن، فشارکف پایي صورت گرفت. مقالات از بانک های اطلاعاتی از قبیل SID (پایگاه جهاد دانشگاهی)، Magiran، IranDoc، Pubmed، و سیولیکا انتخاب شدند.

یافته ها: نرم افزارهای مختلفی برای انجام محاسبات نیروهای عکس العمل ثبت شده توسط صفحه نیرو وجود دارد. به عنوان مثال در صفحه نیرو Kistler، از نرم افزار BioWare جهت ثبت و تحلیل داده ها در گرایش های مختلف بیومکانیک استفاده می شود. یکی از نرم افزارها جهت ثبت و تحلیل داده های دستگاه فوت اسکن، نرم افزار Footscan 7 USB2 gait software می باشد. این نرم افزار مقادیر فشار کف پایي را در نقاط مختلف پا به صورت گرافیکی و دیجیتالی مورد اندازه گیری قرار می دهد.

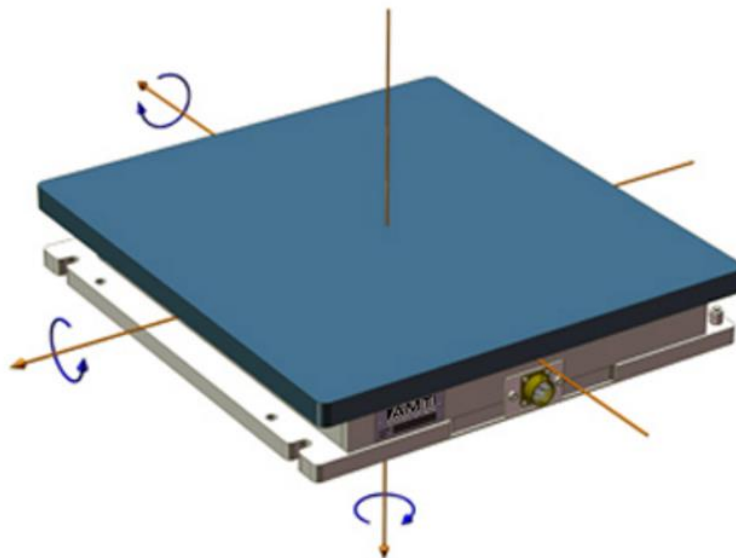
نتیجه گیری: با توجه به موارد ذکر شده برای دستگاه های صفحه نیرو و فوت اسکن می توان اینگونه گفت که پژوهشگر زمانی که نیاز به نیروها، گشتاور و مرکز فشار دارد می تواند برای تحقیق خود از دستگاه صفحه نیرو استفاده نماید. در مقابل زمانی که پژوهشگر نیاز به فشار های وارده بر پا و تفکیک نقاط هر کدام از آنها را دارد بهترین گزینه برای پژوهش استفاده از دستگاه فوت اسکن خواهد بود.

واژه های کلیدی: صفحه نیرو، نیروسنج، فشارکف پایي، فوت اسکن



## مقدمه

صفحه نیرو و جهت اندازه گیری نیرو و گشتاورهای اعمال شده بر روی سطح فوقانی آن همچنان که فرد در وضعیت ایستاده، راه رفتن، پرش و سایر فعالیت های ورزشی است، طراحی شده است. در شکل زیر یک صفحه نیرو و سه مولفه ی نیرو و گشتاوری که توسط آن مورد اندازه گیری قرار می گیرد، آورده شده است (۱).



شکل (۱). دستگاه صفحه نیرو و مولفه های نیرو و گشتاور اندازه گیری شده توسط آن

مولفه های نیروی  $F_x$ ،  $F_y$  و  $F_z$  در امتداد محورهای عمودی سیستم مختصات  $x$ ،  $y$  و  $z$  عمل می نمایند. در شکل ۱، جهت پیکانها در راستای مثبت نیرو در هر محور می باشد که از قانون دست راست طبیعت می نماید.  $F_x$  و  $F_y$  مولفه های افقی و یا برشی نیرو هستند، و  $F_z$  مولفه عمودی نیرو می باشند.  $M_x$ ،  $M_y$  و  $M_z$  سه مولفه گشتاور می باشند. این گشتاورها حول سه محور  $x$ ،  $y$  و  $z$  می باشند. جهت گشتاورها نیز طبق قاعده دست راست تعیین می گردد. هنگامی که یک محور در جهت پایین (در جهت مثبت آن) را در نظر می گیرید، گشتاورهای مثبت دارای یک چرخش در راستای عقربه های ساعت می باشند (۲).



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

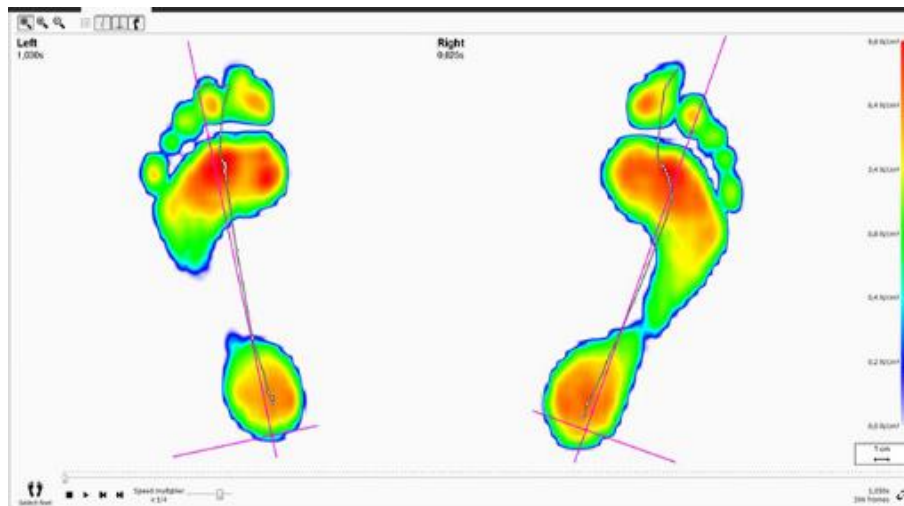
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



جهت ثبت داده های فشار کف پایی می توان از دستگاه Footscan که به صورت صفحه ای بر روی سطح قرار دارند (شکل ۲)، استفاده نمود و مدل دیگر آن در داخل کفش قرار می گیرد. انواع مختلفی از این نوع دستگاه در بازار وجود دارند، اما مهمترین متغیری که این دستگاه قابلیت ثبت آن را دارد متغیرهای فشار کف پایی، جابجایی مرکز فشار در دو راستای داخلی-خارجی و قدامی-خلفی، مقادیر ایمپالس و مدت زمان رسیدن به اوج نیرو و ایمپالس ها می باشد (۳). در شکل ۳ تصویری از سطح کف پا و میزان فشارهای وارده بر نقاط مختلف پا که طی راه رفتن توسط این ابزار ثبت شده، نشان داده شده است. دستگاه های فوت اسکن مختلف از ۴۰۹۶ سنسور تا ۱۲۲۸۸ سنسور را دارا می باشند. نرخ نمونه برداری در این دستگاه در حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ هرتز می باشد.



شکل ۲. دستگاه Footscan



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳). مسیر جابجایی مرکز فشار و میزان فشارهای کف پا در هر ناحیه پا (میزان فشار توسط رنگ های مختلف متمایز شده است)

### روش بررسی

مطالعه حاضر یک مطالعه مروری توصیفی است که در آن جمع آوری اطلاعات از طریق جستجو در مجلات داخلی، پایان نامه ها، و کتاب ها، به زبان فارسی و انگلیسی و با استفاده از کلمات کلیدی صفحه نیرو، فورس پلیت، فوت اسکن، فشار کف پایی صورت گرفت. مقالات از بانک های اطلاعاتی از قبیل SID (پایگاه جهاد دانشگاهی)، Magiran، Irandoc، Pubmed، و سیویلیکا انتخاب شدند. ملاک های ورود به مطالعه حاضر، شامل موارد ذیل بودند:

مطالعات مورد نظر از یک از دو دستگاه فوق استفاده کرده باشند.

مطالعات مربوط به یک دهه اخیر، یعنی سالهای ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱، باشند.

پس از گردآوری نتایج اولیه، با توجه به تازگی کاربرد تکنولوژی ها، در ابتدا فقط ۲۳ مقاله و پایان نامه یافت شده بود که ۱۱ مورد از مطالعات، به علت تکراری بودن (نمایه چکیده یا کل نوشتار در پایگاه های مختلف) کنار گذاشته شدند. در گام بعدی، ابتدا عنوان و سپس چکیده مقالات و پایان نامه ها بررسی شدند. مطالعاتی که مشمول معیارهای ورود به مطالعه بودند، جهت بررسی بیشتر حفظ، و بقیه موارد حذف شدند. سپس قسمت روش کار مقالات برای پژوهش فوق مورد بررسی قرار گرفت.

### یافته ها

نرم افزارهای مختلفی برای انجام محاسبات نیروهای عکس العمل ثبت شده توسط صفحه نیرو وجود دارد (۴). به عنوان مثال در صفحه نیرو Kistler، از نرم افزار BioWare جهت ثبت و تحلیل داده ها در گرایش های مختلف بیومکانیک استفاده می شود که برخی موارد آن در زیر آورده شده است:

✓ پژوهش بیومکانیک

✓ تحلیل راه رفتن (توانبخشی، ارتوپدیک، پروستدیک)

✓ ورزش (نیروی پرش، ضربه، تمرین)



✓ عصب شناسی (پستوگرافی، تعادل، میکروویبریشن)

✓ ارگونومیک، صنعت (توسعه کفش، آزمون های نظامی، ایمنی، بارگیری)

همراه با صفحه نیرو Kistler، نیروهای عکس العمل زمین و سایر داده های آنالوگ به راحتی فراهم، پردازش و ذخیره می شود. این نرم افزار قابلیت هایی همچون نمایش، تحلیل، پردازش آماری، فیلترینگ، و اکسپورت نمودن داده ها و غیره را دارا می باشد. این نرم افزار جهت کار با صفحه نیرو kistler در بیومکانیک طراحی شده است و اجازه ثبت همزمان داده ها را با سایر ابزارهای بیومکانیکی فراهم می آورد (۵). در مجموع پارامترهای زیر از طریق این نرم افزار در دسترس خواهد بود:

- نیروها و گشتاورها (شکل ۴ و ۴)، مرکز فشار (COP)، ضریب اصطکاک (COF) در راستاهای مختلف.
- دارا بودن منظره انعطاف پذیر شامل سیستم های مختصات مختلف.
- ثبت داده های صفحه نیرو
- اکسپورت و ایمپورت داده ها در فرمت های مختلف، برش و یا یکی کردن داده های زمانی.
- قابلیت های آماری جامع و توانایی نرمال سازی داده ها
- دارا بودن full amplifier remote control، دارا بودن آغازگرهای دروندادی و برون دادی (TTL)، آغازگر قبل و بعد<sup>۲۰۸</sup>
- محاسبه ایمپالس، کار و شیب نیرو
- پردازش سیگنال گسترده: فیلترهای دیجیتالی، تحلیل فرکانس (FFT)، نمونه برداری مجدد<sup>۲۰۹</sup>
- (SSH) software sampling-and-hold، الگوریتم ارتقاء COP (Alavi et al., 2018).
- زبان: انگلیسی

2	. Neurology	0	6
2	. input and output triggers	0	7
2	. pre- and post-trigger	0	8
2	. re-sampling	0	9



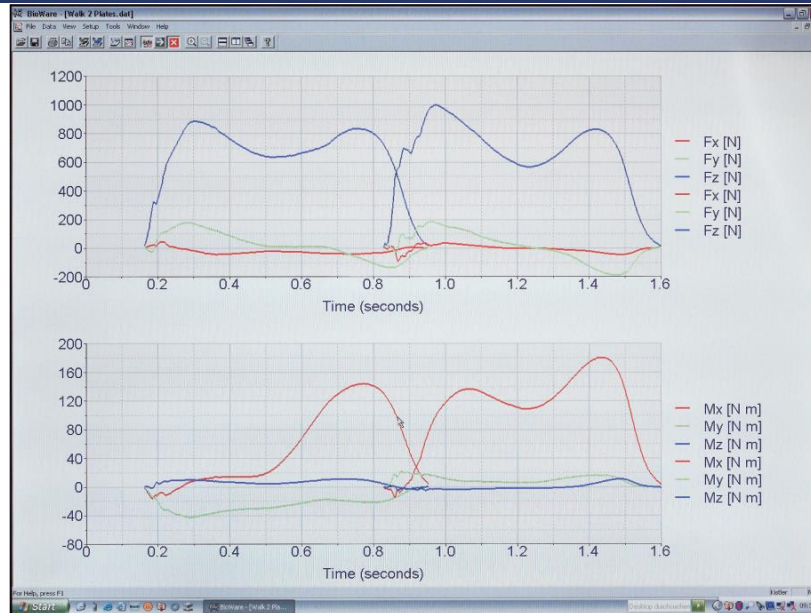
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل (۴). تحلیل پارامترهای مرتبط با نیرو و گشتاوره در نرم افزار BioWare طی فعالیت راه رفتن

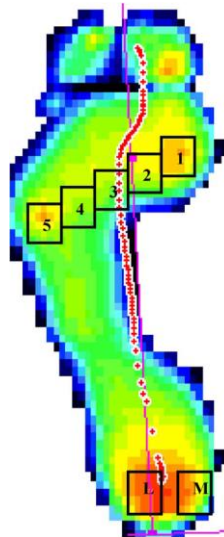


شکل (۵). مثالی از تحلیل نیروهای عکس العمل سطح طی حرکت پرش عمودی توسط نرم افزار BioWare.

پیشرفت ها در تکنولوژی میکرو کامپیوتر، تولیدکنندگان را قادر ساخته است تا ابزارهای را جهت قرار دادن در کفش طراحی نمایند تا قادر به اندازه گیری میزان نیروهای کف پای و فشارهای کف پای در



سطح بین کفش و پا باشند (۶). مشابه با بسیاری از برندها در توکفشی های فشارسنج؛ اسیستم فوت اسکن (Footscan1 system) نیز با استفاده از سلول های سنسوری توزیع شده به طور یکنواخت طراحی شده است. هر سلول از یک کریستال پیزوالکتریک و یک ابزار اندازه گیری نیروی مستقل تشکیل شده است. مجموع این نیرو معادل با نیروی کلی اعمالی بر روی بدن است (۷)، و باید برابر بردار عمودی نیرویی باشد که به طور همزمان توسط صفحه نیرو اندازه گیری می گردد. به دلیل اندازه گیری سلولی نیرو، این تکنولوژی قادر به محاسبه ی فشارهای کف پای براساس بار عمودی اندازه گیری شده و سطح هر سلول می باشد (شکل ۶) (۸). میزان پایایی نسبتا بالایی (Intraclass Correlation Coefficients) بزرگتر از ۰/۷۵) برای این دستگاه گزارش شده است. باوجود این، میزان روایی توکفشی های فشارسنج در سنجش نیروهای عکس العمل پائین تر از دستگاه صفحه نیرو گزارش شده است (شکل ۷) (۹).



شکل ۶. توزیع فشارهای کف پای اندازه گیری شده توسط توکفشی فشارسنج

2	. pressure insole	1	0
2	. sensor cells	1	1

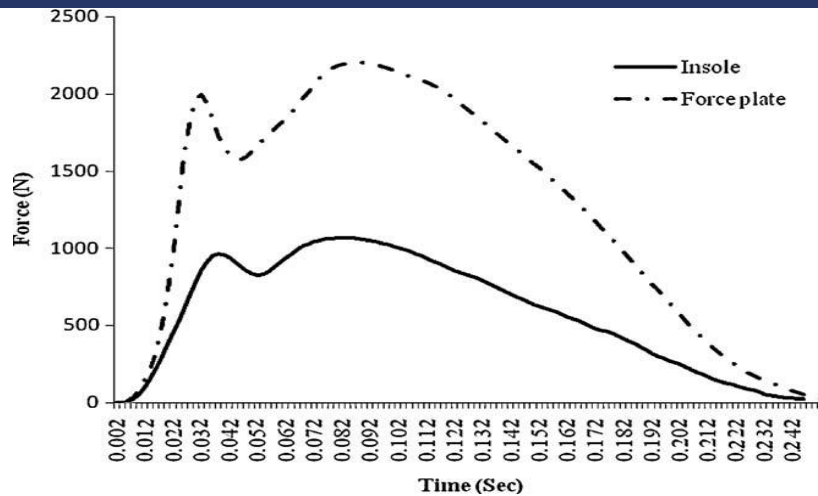
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۷). پایین بودن روایی توکفشی های فشارسنج در سنجش نیروهای عکس العمل در مقایسه با دستگاه صفحه نیرو

یکی از نرم افزارها جهت ثبت و تحلیل داده های دستگاه فوت اسکن، نرم افزار Footscan 7 USB2 gait software می باشد. این نرم افزار مقادیر فشار کف پای را در نقاط مختلف پا به صورت گرافیکی و دیجیتالی مورد اندازه گیری قرار می دهد. اطلاعات آزمون شامل سطح تماس مناطق مختلف پا، حداکثر فشار وارده بر پا، ایمپالس، نرخ بارگذاری و تغییرات مرکز فشار توسط دستگاه فوت (RSscan system) اسکن جمع آوری شده است. این دستگاه یک تصویر پویا از فشار های وارده بر کف پا هنگام تماس با آن ارائه می دهد. بزرگی توزیع فشار با رنگ بندی های به کار رفته مشخص می شود. رنگ آبی نماینده کمترین فشار، قرمز نشان دهنده بالاترین فشار و رنگ سیاه عدم وجود فشار را نشان می دهد (شکل ۸). همچنین این دستگاه قابلیت نمایش این تصویر را به صورت دوبعدی و سه بعدی نیز دارد. این تصویر با توجه به ساختار پا و معیار هندسی از پیش تعریف شده به ده منطقه آناتومیکی حساس به فشار تقسیم بندی می شود و با رنگ های مختلف نشان داده می شود (شکل ۸).

۱). Foot scan pressure plate, 1 m\* 0.4 m, 8192 sensors, 253 Hz, RSscan International, Olen, Belgium



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

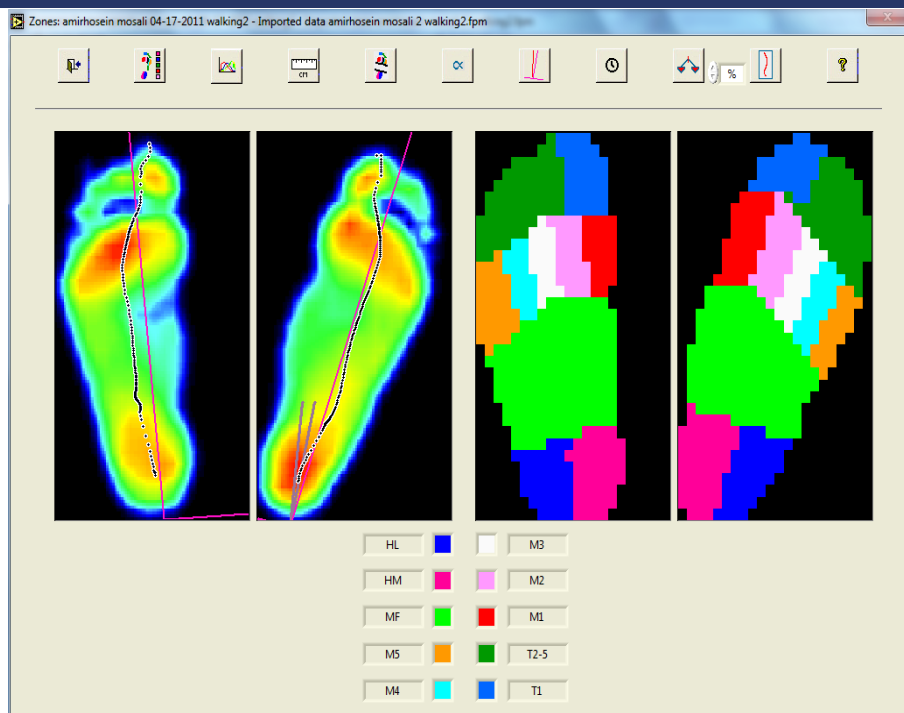
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۸). سمت راست: فشارهای وارده بر کف پا؛ سمت چپ: تقسیم بندی آناتومیکی کف

از دیگر موارد مورد اندازه گیری توسط این نرم افزار شاخص قوس پا (شکل ۹) می باشد، این شاخص با توجه به میزان فشار وارده بر پا و مقدار تماس نواحی مختلف پا با زمین (عقب، وسط و جلو پا) بدون در نظر گیری انگشتان پا به صورت زیر محاسبه می شود (شکل ۹). بر مبنای شاخص قوس سه نوع تقسیم بندی کلی برای ساختار پا وجود دارد:

۱. کف پای گود  $AI \leq 21\%$

۲. پای دارای قوس نرمال  $21\% < AI < 28\%$

۳. کف پای صاف  $AI \geq 28\%$

سایر متغیرها شامل ایمپالس های وارده بر مناطق دهگانه پا، نرخ بارگذاری وارده بر مناطق دهگانه پا، درصد تماس مناطق مختلف پا (عقب، وسط و جلو) با زمین و تغییرات مرکز فشار (COPx) (شکل ۱۰)

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

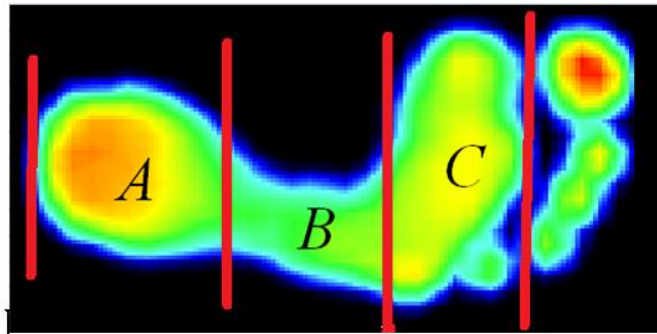
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



طی حرکات مختلف می باشد. COPx که بیان کننده تغییرات داخلی - خارجی مَرکز فشار پا نسبت به محور X که عمود بر محور طولی پا می باشد و واحد آن میلی متر است، نسبت به عرض پا (عریض ترین نقطه پا در قسمت استخوان های کف پای) به واحد میلی متر نرمالایز می گردد (۱۰).

$$AI = \frac{B}{(A + B + C)} \times 100$$



شکل ۹). نواحی سه گانه کف پا و دستورالعمل محاسبه شاخص قوس

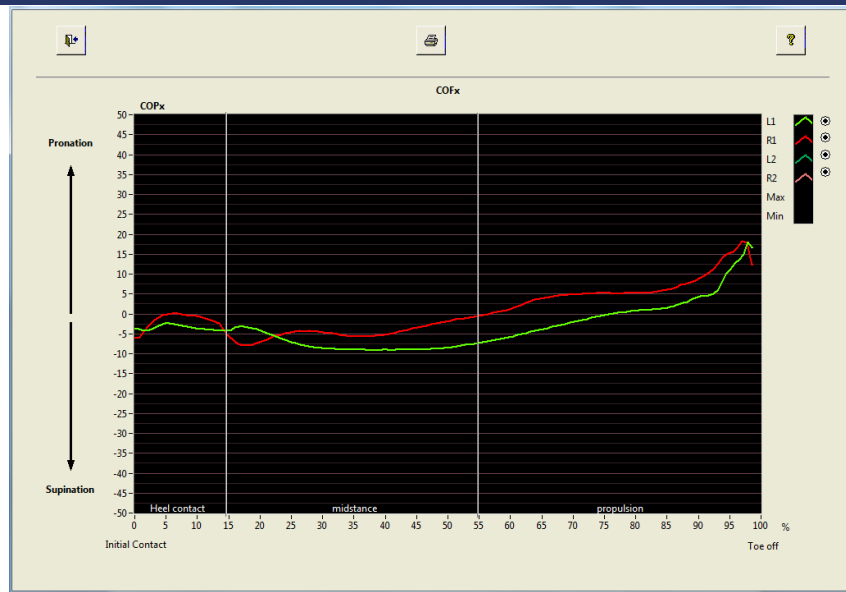
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۱۰. نمونه ای از تغییرات مرکز فشار ثبت شده طی راه رفتن

### نتیجه گیری

با توجه به موارد ذکر شده برای دستگاه های صفحه نیرو و فوت اسکن می توان اینگونه گفت که پژوهشگر زمانی که نیاز به نیروها، گشتاور و مرکز فشار دارد می تواند برای تحقیق خود از دستگاه صفحه نیرو استفاده نماید. در مقابل زمانی که پژوهشگر نیاز به فشار های وارده بر پا و تفکیک نقاط هر کدام از آنها را دارد بهترین گزینه برای پژوهش استفاده از دستگاه فوت اسکن خواهد بود.

### منابع

۱. Jafarnezhadgero A, Shad MM, Ferber R. The effect of foot orthoses on joint moment asymmetry in male children with flexible flat feet. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2018;22(1):83-9.
۲. Mohammadi V, Letafatkar A, Sadeghi H, Jafarnezhadgero A, Hilfiker R. The effect of motor control training on kinetics variables of patients with non-specific low back pain and movement control impairment: Prospective observational study. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2017;21(4):1009-16.
۳. Jafarnezhadgero AA, Majlesi M, Azadian E. Gait ground reaction force characteristics in deaf and hearing children. *Gait & posture*. 2017;53:236-40.
۴. Azadian E, Majlesi M, Jafarnezhadgero AA. The effect of working memory intervention on the gait patterns of the elderly. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2018;22(4):881-7.
۵. Jafarnezhadgero AA, Shad MM, Majlesi M. Effect of foot orthoses on the medial longitudinal arch in children with flexible flatfoot deformity: A three-dimensional moment analysis. *Gait & posture*. 2017;55:75-80.
۶. Martínez-Nova A, Cuevas-García JC, Pascual-Huerta J, Sánchez-Rodríguez R. BioFoot® in-shoe system: Normal values and assessment of the reliability and repeatability. *The Foot*. 2007;17(4):190-6.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۷. Hurkmans H, Busmann J, Benda E, Verhaar J, Stam H. Techniques for measuring weight bearing during standing and walking. *Clinical Biomechanics*. 2003;18(7):576-89.
۸. Woodburn J, Helliwell P. Observations on the F-Scan in-shoe pressure measuring system. *Clinical Biomechanics*. 19. ۴-۳۰۱:(۵) ۱۱;۹۶
۹. Low D, Dixon S. Footscan pressure insoles: accuracy and reliability of force and pressure measurements in running. *Gait & posture*. 2010;32(4):664-6.
۱۰. Sorkheh E, Majlesi M, Jafarnezhadgero AA. Frequency domain analysis of gait ground reaction forces in deaf and hearing children. *Journal of Sport Biomechanics*. 2018;4(2):17-27.



## بکارگیری نانوذرات به عنوان حامل داروهای شیمی درمانی و ارزیابی آپتوز سلولی توسط تکنیک فلوسایتومتری

یاسمین چرم<sup>۱</sup>، علیرضا پناهی<sup>۲</sup>، سیده ملیحه صفوی<sup>۳</sup>، لیلا مامنی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی ارشد زیست سلولی و مولکولی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل ya.chorom@yahoo.com

<sup>۲</sup>استادیار گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل arpanahi@uma.ac.ir

<sup>۳</sup>دانشیار گروه زیست انرژی و فرآیند های تبدیلی سازمان پژوهش های علمی صنعتی ایرانی، تهران m.safavi@irost.ir

<sup>۴</sup>استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج Leila.mamani@abrii.ac.ir

### چکیده

سرطان به عنوان یک از علل اصلی مرگ و میر در جهان شناخته شده است. این بیماری با رشد غیرقابل کنترل سلول های بدن در بافت های مختلف همراه است و درمان آن نیز فزاینده و نشیب های زیادی داشته است در نتیجه محققین در تلاش هستند تا به درمان هر چه موثرتر همراه با کمترین عوارض جانبی دست پیدا کنند. شیمی درمانی از درمان های رایج و مؤثر است که در این روش داروهای شیمیایی بسته به نوع بافت سرطانی به بدن بیمار انتقال پیدا می کنند. این داروها در روند چرخه سلولی اختلال ایجاد کرده و در نهایت شاهد آپتوز سلول های سرطانی خواهیم بود. مشکل اصلی این روش درمانی عوارض جانبی است که بیمار را درگیر می کنند. طبق آخرین داده ها از نانوذرات به عنوان ذراتی به ابعاد پنج الی ۲۰۰ نانومتر می توان به عنوان حامل دارو استفاده کرد. در نتیجه داروها هدفمندتر و موثرتر انتقال پیدا کرده و تأثیر بهتری را شاهد هستیم. از تکنیک فلوسایتومتری می توان برای سنجش آپتوز سلولی بر اثر انتقال دارو همراه با نانو استفاده کرد و اساس کار آن نور بازگشتی از طرف برخورد پرتوی لیزر به سلول رنگ آمیزی شده با مواد فلورسنت می باشد.

کلمات کلیدی: نانوذرات، شیمی درمانی، آپتوز، فلوسایتومتری



## سرطان

سرطان به عنوان بیماری با رشد غیرطبیعی سلول های نرمال بدن عنوان می شود که می تواند ارگان های مختلف بدن را درگیر کند. در نتیجه ما با طیف گسترده ای از انواع سرطان ها از نظر بافت و شدت درگیری مواجه هستیم. این بیماری به عنوان یکی از علل شایع مرگ و میر در دنیا شناخته شده است و درمان آن با کمترین عوارض جانبی و بیشترین اثر بخشی و در نهایت، بخشیدن زندگی دوباره به بیمار یکی از اهداف اصلی دانشمندان و محققین است [1]. طبق آخرین آمار منتشر شده توسط سازمان بهداشت جهانی، ۱۰ میلیون مورد جدید مبتلا به سرطان به ازای هر سال یافت می شود [2]. سرطان سینه و ریه از رایج ترین انواع سرطان ها در جهان با در نظر گرفتن جنسیت و س شناخته شده اند؛ پس می توان گفت پیشگیری از ابتلا به این بیماری بسیار حائز اهمیت بوده و درمان هرچه مؤثر تر این بیماری در ابتدای زمان ابتلا مهم است [3].

### ۱،۲- عوامل دخیل در بروز سرطان

سرطان یک بیماری چند عاملی است؛ به این معنی که مجموعه ای از عوامل ژنتیکی و محیطی در ایجاد این بیماری نقش دارند. از انواع عوامل محیطی می توان به مصرف دخانیات رژیم غذایی نا سالم نور مستقیم خورشید و ویروس ها و مصرف الکل اشاره کرد [3].

### ۱،۳- درمان سرطان

روند درمان این بیماری از سالیان دور مسیر پیچیده ای را طی کرده است چراکه بشر دائماً به دنبال موثرترین راه همراه با کمترین عوارض جانبی بوده است. از قدیمی ترین روش های درمان می توان به جراحی اشاره کرد که در خیلی از موارد به عنوان درمان اصلی و یا در کنار درمان های دیگر به کار برده می شود. همچنین شیمی درمانی نیز با کمک انتقال داروهای شیمیایی قوی پرتودرمانی به وسیله پرتوهای یونیزان جهت از بین بردن تومور و ایمونوتراپی از انواع دیگر درمان های موثر به شمار می آیند [3].

### ۱،۳،۱- شیمی درمانی

شیمی درمانی یک شیوه درمانی رایج و بسیار موثر در معالجه سرطان است و از آن به عنوان درمان اصلی و یا مکمل در کنار سایر روش ها استفاده می شود. در این روش، داروهای شیمیایی از طرق مختلف اعم از تزریق عضلانی داخل وریدی، داخل شریان اصلی خوراکی و موضعی مورد استفاده قرار می گیرند [4]. عملکرد این داروها بدین صورت است که باعث توقف رشد سلولی شده و در فرآیند چرخه سلولی اختلال ایجاد می کنند و در نهایت، ما شاهد مرگ سلول های سرطانی خواهیم بود. یکی از مشکلاتی که در طی شیمی درمانی مواجه هستیم، عوارض جانبی است که بیمار را درگیر





می کند، چرا که داروها می توانند به بافت سالم بدن نیز صدمه وارد کنند و عملکرد کاملاً هدفمندی نداشته باشند؛ در نتیجه بیمار با عوارض جانبی شامل ریزش مو، ضعف سیستم ایمنی، خستگی، درد، تهوع و استفراغ مواجه می شود. [5]

## ۲- نانوپزشکی

نانوپزشکی علم نسبتاً جدید و در حال توسعه ای است که از این ذرات نانو در اندازه های پنج الی ۲۰۰ نانومتر در سال های اخیر به عنوان یکی از ابزارهای کاربردی در پزشکی و درمان سرطان ها مورد استفاده قرار گرفته است [6] از مزایای آن ها می توان به افزایش دسترسی زیستی دارو به وسیله نانوذرات، تعامل بهتر با سیستم های بیولوژیک در همان اندازه سطح تماس، عملکرد بالای نانوذرات، امکان تغییر خواص فیزیکی آن ها و امکان ایجاد یک سیستم چند منظوره با خواص متفاوت نام برد. همچنین این ذرات می توانند به سایر مولکول های زیستی از جمله لیپیدها و پلی ساکاریدها متصل شده و همچنین در تشخیص اولیه سرطان و متابولاز سلول های سرطانی مورد استفاده قرار گیرند زیرا معمولاً با روشهای معمول، این پروسه بسیار سخت است [7,8]

### ۲.۱- مزایای استفاده از نانوذرات در بهبود انتقال دارو

طراحی سیستم انتقال دارو به جهت بهبود دارورسانی از اولویت های اصلی در درمان سرطان با داروهای شیمی درمانی مد نظر قرار می گیرد. تحقیقات اخیر نشان داده است که نانوذرات پتانسیل بالایی برای انتقال دارو به عنوان ناو حامل در سیستم های دارورسانی خواهند داشت [9] در واقع می توان گفت سیستم انتقال دارو به وسیله نانوذرات راه حل بالقوه ای برای غلبه بر محدودیت های ضد سرطان است. از این رو ناو حامل های مختلفی در دارورسانی قابل استفاده هستند و عوارض جانبی حاصل از داروهای شیمی درمانی را می توان کنترل کرد. از مزایای انتقال دارو به وسیله ی نانوذرات می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. افزایش ثبات داروهای آب گریز و به عبارتی، افزایش حلالیت آن ها
۲. کاهش مسمومیت در بافت های سالم و کاهش عوارض جانبی مانند ریزش مو و سرکوب سیستم ایمنی
۳. کنترل دوز مصرفی و افزایش اثر بخشی دارو
۴. توسعه فارماکوکینتیک و توزیع زیستی و در نهایت افزایش کارایی دارو بر تومور [10,11]

## ۳- تکنیک فلوسایتومتری

فلوسایتومتری روشی برای ارزیابی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی ذرات مانند سلول ها و کروموزوم ها می باشد. در این تکنیک ذرات درون یک سوسپانسیون مایع قرار دارند و هر سلول به صورت منفرد با سرعت حدود پنج تا ۵۰ متر بر ثانیه از مقابل نور لیزر عبور کرده و ویژگی های آن به وسیله دستگاه بررسی و در نهایت توسط detector جمع آوری می شود. همچنین می توان گفت این تکنیک multiparametric است؛ به این معنی که روی یک سلول واحد چند ویژگی



مختلف مورد سنجش قرار می گیرند. [12]) علاوه بر این می توان مجموعه ای از سلول های درون یک سوسپانسیون را به صورت هم زمان مورد بررسی قرار داد که این یکی از ویژگی های منحصر بفرد این روش آزمایشگاهی است. از کاربردهای این دستگاه می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ایمونوفتوتایپینگ

- بررسی زنده ماندی سلول (viability)

- آنالیز چرخه سلولی

- بررسی میزان آپوپتوز سلولی

در بحث دارورسانی و سرطان نیز از این تکنیک برای بررسی آپوپتوز سلولی و مشاهده تأثیرپذیری داروهای هدف روی سلول های سرطانی استفاده می شود. [13]

۳،۱- اجزای تشکیل دهنده فلوسایتومتر:

این دستگاه به چهار بخش تقسیم می شود:

- سیستم مایع یا fluidic مسئول است که سلول در جریانی قرار گیرد و در نهایت به صورت تک به تک از مقابل نور لیزر عبور کند.

- سیستم نوری، نور لیزر را جهت تاباندن به سلول هدف تأمین می کند.

- سیستم الکترونیک: این سیستم نور نشری را ثبت می کند و توسط آشکارسازهای نور (photo detectors) به سیگنال های الکترونیک تبدیل می کند.

- سیستم کامپیوتری در نهایت سیگنال های الکترونیک توسط این سیستم تجزیه و تحلیل می شوند [14]

اساس عملکرد دستگاه فلوسایتومتر:

در ابتدا شرایطی را برای آنالیز مهیا می کنیم. به یک سوسپانسیون آماده از سلول نیاز داریم و در قدم بعدی وارد بحث رنگ آمیزی می شویم. سلول ها به وسیله آنتی بادی های مونوکلونال متصل به فلورسنت و فلوروکروم های هدفمند متصل شونده به اجزای سلولی رنگ آمیزی شده و سپس سلول در یک جریان سیال از مقابل پرتو نور لیزر عبور می کند. اساس کار دستگاه بر پایه نشر فلورساتس استوار است که در نهایت نور برگشتی توسط آشکارسازها جمع آوری و سیگنال های نوری به سیگنال های الکتریکی تبدیل می شوند. [15]

۳،۲- نحوه ی سنجش آپوپتوز توسط فلوسایتومتر:

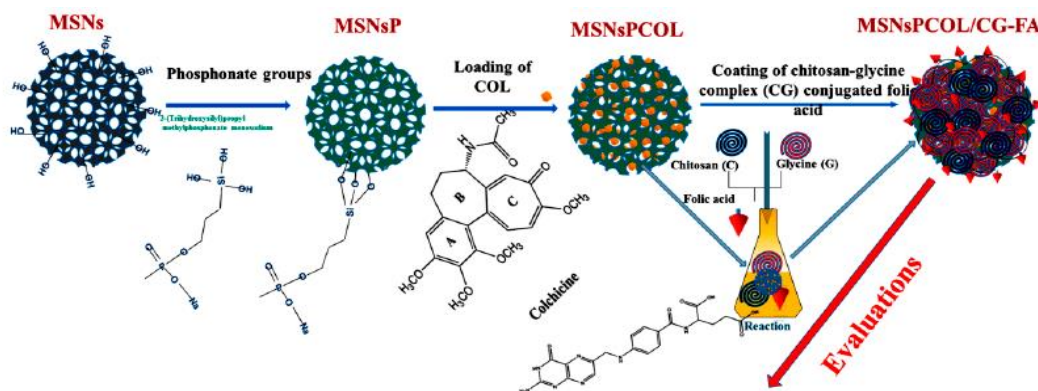
آپوپتوز در دو مرحله ابتدایی و انتهایی توسط این تکنیک قابل سنجش است. در طی آپوپتوز قابلیت نفوذپذیری و لیپیدهای غشای سیتوپلاسمی دچار تغییر می شوند. در مراحل اولیه آپوپتوز، فسفاتیدیل سرین از قسمت سیتوزولی غشا به سمت خارج غشا انتقال پیدا می کند و ما از annexin v 5 استفاده می کنیم؛ چرا که تمایل بالایی برای اتصال به فسفاتیدیل سرین دارد و همین طور در حین مراحل آپوپتوز سلول های در حال مرگ نفوذپذیری انتخابی خود را از دست



می دهند در نتیجه از رنگ PI (پروپیدیوم بیدید) استفاده می شود و در نتیجه می توان سلول زنده و مرده را از هم تشخیص بدهیم. [16]

پیشینه تحقیق:

خسرویان و همکارانش (2016)، در تحقیق خود از نانوحامل Mesoporous Silica Nanoparticle اصلاح شده با متیونین MET و فولیک اسید FA، به جهت انتقال دارو دوستاکسل روی رده سلولی MCF-7 استفاده کردند. هدف از



این مطالعه آماده سازی MSN-MET و MSN-FA برای بهبود انتقال هدفمند و فعال DTX و استفاده از آن در درمان سرطان سینه بوده است. در این تحقیق برای بررسی سمیت سلولی از روش mtt استفاده شد که نتایج دارو به همراه نانوذره اثر Cytotoxicity قابل توجهی نسبت به داروهای تنها در تمام زمان های انکوباسیون نشان داد [17] ابو عطیه در سال 2020 به همراه همکارانش روی انتقال داروی شیمی درمانی کلشی سین به وسیله MSN در سرطان روده کار کردند؛ به این صورت که MSN بارگزاری شده با کلشی سین و در نهایت با کمپلکس کیتوزان گلیسین (chitosan-glycine) و اسید فولیک (FA) پوشیده می شود (شکل ۱). طبق داده های به دست آمده از آزمایشات سلولی مختلف MSN اثربخشی PCOL/CG-FA اثربخشی بیشتری نسبت به حالت آزاد کلشی سین داشته است و همچنین نتایج فلوسایتومتری نیز اثربخشی بیشتر را تایید میکند. همچنین ترکیب MSN PCOL/CG-FA سمیت سلولی شش درصدی در مقال کلشی سین آزاد با سمیت ۶۰ درصدی روی سلول های نرمال از خود نشان داده است. به طور کلی چالش اصلی استفاده از داروی کلشی سین، سمیت آن است. [18]

شکل ۱- طرح شماتیک پوشش دار کردن داروی کلشی سین با نانو ذرات MSN و با کمپلکس کیتوزان گلیسین-اسید فولیک

نتیجه گیری





همان طور که گفته شد، طراحی سیستم انتقال دارو در جهت بهبود دارورسانی از اولویت های اصلی در درمان سرطان با داروهای شیمی درمانی مد نظر قرار می گیرد. تحقیقات اخیر نشان داده است که نانوذرات پتانسیل بالایی برای انتقال دارو به عنوان نانوحامل در سیستم های دارورسانی خواهند داشت. همچنین حمل دارو با نانوحامل ها می تواند از آن ها در برابر تجزیه توسط آنزیم ها محافظت کرده و در نتیجه باعث آزادسازی کنترل شده و اختصاصی دارو شود. علاوه بر این، سیستم انتقال دارو بر مبنای نانوحامل ها باعث اثربخشی بیشتر و انتخابی دارو می شود، در نتیجه با کاهش اثر سمی بر بافت های سالم و عوارض جانبی ناشی از شیمی درمانی مواجه هستیم. به دلیل رفتار هدفمندتر و اختصاصی تر و همچنین آزادسازی کنترل شده مواد شیمیایی، دوز مصرفی دارو نیز کاهش پیدا خواهد کرد و برای بررسی آپوپتوز سلولی بر اثر نانوذرات لود شده با داروی شیمی درمانی فلوسایتومتری تکنیک بسیار مناسبی است و با استفاده از آن میتوان سلول مرده و زنده را مشخص کرد.

#### منابع

- [1] Jin K-T, Lu Z-B, Chen J-Y, Liu Y-Y, Lan H-R, Dong H-Y, (2020). Recent trends in nano carrier-based targeted chemotherapy: selective delivery of anticancer drugs for effective lung, colon, cervical, and breast cancer treatment. Journal of Nanomaterials.
- [2] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, (2021). Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA: a cancer journal for clinicians. 71(3):209-49.
- [3] Siegel R, DeSantis C, Virgo K, Stein K, Mariotto A, Smith T, (2012). Cancer treatment and survivorship statistics, 2012. CA: a cancer journal for clinicians. 62(4):220-41.
- [4] Arruebo M, Vilaboa N, Sáez-Gutierrez B, Lambea J, Tres A, Valladares M, (2011). Assessment of the evolution of cancer treatment therapies. Cancers. 3(3):3279-330.
- [5] Cauli O. (2021). Oxidative Stress and Cognitive Alterations Induced by Cancer Chemotherapy Drugs: A Scoping Review. Antioxidants. 10(7):1116.
- [6] Mohamed Isa ED, Ahmad H, Abdul Rahman MB, Gill MR (2021). Progress in mesoporous silica nanoparticles as drug delivery agents for cancer treatment. Pharmaceutics.13(2):152.
- [7] Williams GH, Stoeber K. (2012). The cell cycle and cancer. The Journal of pathology. 226(2):352-64.
- [8] Ralhan R, Kaur J. (2007). Alkylating agents and cancer therapy. Expert Opinion on Therapeutic Patents. 17(9):1061-75.
- [9] Ali S, Buluwela L, Coombes RC. (2011). Antiestrogens and their therapeutic applications in breast cancer and other diseases. Annual review of medicine. 62:217-32.
- [10] Clusan L, Le Goff P, Flouriot G, Pakdel F. (2021). A closer look at estrogen receptor mutations in breast cancer and their implications for estrogen and antiestrogen responses. International journal of molecular sciences. 22(2):756.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- [11] Atchia KS, Wallis CJ, Fleshner N, Toren P. (2020). Switching from a gonadotropin-releasing hormone (GnRH) agonist to a GnRH antagonist in prostate cancer patients: A systematic review and meta-analysis. *Canadian Urological Association Journal*.14(2):36.
- (12) Kong, T., Hao, L., Wei, Y., Cai, X., & Zhu, B. (2018). Doxorubicin conjugated carbon dots as a drug delivery system for human breast cancer therapy. *Cell proliferation*, 51(5), e12488.
- (۱۳) Adan, A., Alizada, G., Kiraz, Y., Baran, Y., & Nalbant, A. (2017). Flow cytometry: basic principles and applications. *Critical reviews in biotechnology*, 37(2), 163-176.
- (۱۴) McKinnon, K. M. (2018). Flow cytometry: an overview. *Current protocols in immunology*, 120(1), 5.1. 1-5.1. 11.
- (۱۵) Givan, A. L. (2011). Flow cytometry: an introduction. *Flow cytometry protocols*, 1-29.
- (۱۶) Wlodkowic, D., Skommer, J., & Darzynkiewicz, Z. (2009). Flow cytometry-based apoptosis detection. In *apoptosis* (pp. 19-32). Springer.
- [۱۷] Khosravian P, Ardestani MS, Khoobi M, Ostad SN, Dorkoosh FA, Javar HA, (2016). Mesoporous silica nanoparticles functionalized with folic acid/methionine for active targeted delivery of docetaxel. *OncoTargets and therapy*. 9:7315.
- [۱۸] Abou Aitah K, Hassan HA, Swiderska-Sroda A, Gohar L, Shaker OG, Wojnarowicz J, (2020). Targeted nano-drug delivery of colchicine against colon cancer cells by means of mesoporous silica nanoparticles. *Cancers*.12(1):144. (8)



## آزمایش های تراوش آلودگی (TCLP/SPLP) بر روی باطله های معدنی

ساسان وهابی کُمساری<sup>۱\*</sup>، سعیده جُداری دنیوی<sup>۲</sup>، سید حامد ابوطالبی<sup>۳</sup>

- ۱- مدیر عامل، شرکت دانش بنیان بین المللی مشاوره و ساخت سلامت سبز ایما، تهران، کد پستی: ۱۵۹۳۶۵۵۳۸۳ - پژوهشگر آزمایشگاه ملی فیزیک ماده چگال - پژوهشگاه دانش های بنیادی (IPM)، تهران، کد پستی: ۳۶۶۱۳۱۹۵۶۸ - نویسنده مسئول
- ۲- کارشناس آزمایشگاه، شرکت دانش بنیان بین المللی مشاوره و ساخت سلامت سبز ایما، تهران، کد پستی: ۱۵۹۳۶۵۵۳۸۳
- ۳- استادیار پژوهشگده علوم نانو- آزمایشگاه ملی فیزیک ماده چگال، پژوهشگاه دانش های بنیادی (IPM)، تهران، کد پستی: ۳۶۶۱۳۱۹۵۶۸

### چکیده

وجود کارخانه های استخراج عناصر و فلزات از سنگ های معدنی موجب ایجاد لندفیل هایی در اطراف کارخانه ها و شهرها می شود و شیرابه این انباشت ها می تواند محیط زیست را آلوده نماید. آزمایشات تراوش آلودگی عمیق (TCLP) و تراوش آلودگی سطحی (SPLP) روانابها و شیرابه های حاصله از باطله های معدنی را مورد ارزیابی و غلظت فلزات سنگین در این شیرابه ها را تعیین می کند. نحوه تهیه محلول های استخراج، تشخیص محلول استخراج مناسب و همچنین مراحل آزمایش تراوش آلودگی باطله های معدنی در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: باطله های معدنی، تراوش آلودگی، TCLP، SPLP، شیرابه





#### مقدمه

پسماندهای صنعتی و خطرناک که حاصل فعالیت در بخش های مختلف صنعت، کشاورزی، خدمات و تجارت می باشند، در طی سالیان متمادی، بدون توجه به اصول مهندسی و زیست محیطی، در زمین های اطراف شهرها انباشت یا در آبها رها می شدند، که این عدم توجه به رعایت اصول علمی و زیست محیطی باعث آلودگی آب، خاک، هوا گردیده و سلامت انسان و دیگر موجودات زنده را در معرض خطر قرار می دهد [۱]. طبق تعریف قانون مدیریت پسماندها در ایران، پسماندهای ویژه یا خطرناک به کلیه پسماندهایی گفته می شود که به دلیل بالا بودن حداقل، یکی از خواص خطرناک از قبیل سمیت، بیماری زایی، قابلیت انفجار یا اشتعال، خوردگی و مشابه آن، به مراقبت ویژه نیاز داشته باشد [۲]. از بین چهار مورد ذکر شده، مشخصه سمیت کمی تر می باشد، و با استفاده از روش های آزمایش تراوش آلودگی تعیین می گردد [۳].

#### فلزات سنگین

برخی از فلزات به صورت طبیعی در بافت های زنده بدن یافت می شوند و بدین ترتیب برای سلامتی انسان ضروری می باشند. به عنوان مثال فلز آهن از کم خونی جلوگیری می کند. فلز روی در واکنش بیش از ۱۰۰ آنزیم هم عامل می باشد. چنین واکنش هایی برای حفظ سلامتی بدن ضروری می باشند. تمرکز این فلزات در بدن معمولاً کم بوده و به فلزات جزئی معروف اند. در کمیت های بیشتر، این فلزات ممکن است برای سلامتی بدن مضر باشند یا در عملکرد سایر فلزات نواقصی به وجود آورند. به عنوان مثال مقادیر بالای روی می تواند در عملکرد مس که یکی دیگر از فلزات مورد نیاز بدن است تأثیر گذار باشد. واژه فلزات سنگین به عناصر فلزی که دارای چگالی نسبی بالا بوده و حتی در غلظت های پایین سمی و خطرناک می باشند، اطلاق می شود [۴]. چگالی این فلزات حداقل ۵ برابر بیشتر از چگالی آب است [۳]. فلزات سنگین عناصر پایداری بوده ( بدین معنی که از طریق سوخت و سازهای بدن از بین نمی روند ) و همچنین فعالیت های بدن عملکردی ندارند و می توانند به شدت خطرناک باشند. این فلزات از طریق هوا، آب آشامیدنی، غذا، فرآورده ها و مواد شیمیایی ساخت بشر، وارد محیط زیست شده و از طریق تنفس، دهان و پوست وارد بدن می شوند [۷]. چنانچه این فلزات سریعتر از آنکه بوسیله بدن دفع شوند، وارد بدن شده و در بافت ها ذخیره شوند، تجمععات سمی آن ها اجتناب ناپذیر است. قرار گیری بدن در معرض تمرکزات بالای فلزات سنگین الزاماً حالت سمی آن ها را آشکار نمی سازند، بلکه این فلزات به مرور زمان در بافت های بدن انباشته شده و سمیت خود را نشان می دهند. مطالعات گذشته نشان داده اند که فلزات سنگین با آسیب رساندن به عملکرد بافت های مغزی و عصبی مستقیماً بر رفتار اشخاص تأثیر می گذارند. سیستم هایی که عناصر خطرناک فلزی موجب صدمه به آن ها می شوند، عبارتند از: سیستم های قلبی و عروقی و خون، سیستم های دفع مواد سمی (روده بزرگ، کبد، کلیه، پوست)، غده های هورمونی، سیستم های تولید انرژی، معده، سیستم های حفاظتی بدن، سیستم های عصبی مرکزی و پیرامونی، سیستم های تناسلی و ادراری [۶]. تنفس ذرات فلزات سنگین حتی در غلظت های پایین که بی خطر تلقی می شوند، می تواند آسیب های جدی بر سلامتی انسان ها داشته باشد.



تقریباً تنفس ذرات فلزات سنگین بر همه جوانب سیستم حفاظتی بدن تاثیر می گذارد. همچنین فلزات سنگین می توانند باعث افزایش واکنش های حساسیتی که جهش ژنتیکی را به دنبال دارند، شوند. این فلزات با فلزات جزئی وارد رقابت شده و همانند آنتی بیوتیک ها عمل می کنند. در نتیجه باکتری های مضر و مفید را می کشند [۷]. تکثیر رادیکال های آزاد اکسیدی اصلی ترین خطری است که فلزات سنگین به دنبال دارند. یک رادیکال آزاد، یک مولکول غیر متعادل است که دارای یک الکترون جفت نشده می باشد. این الکترون برای آنکه تعادل خود را حفظ کند، یک الکترون از یک مولکول دیگر می گیرد. به طور طبیعی رادیکال های آزاد، در صورت واکنش سلول های مولکولی با اکسیژن به وجود می آیند. ولی هنگامی که مقدار فلزات سنگین زیاد یا مقدار آنتی اکسیدانت ها کم باشد، تولید کنترل نشده رادیکال های آزاد اتفاق می افتد. تولید کنترل نشده رادیکال های آزاد به بافت های بدن آسیب رسانده و بیماری های فرساینده را تشدید می کند. همچنین فلزات سنگین میزان اسیدی خون را افزایش می دهند. در این هنگام برای آنکه بدن بتواند PH مناسب خون را تنظیم کند، از کلسیم موجود در استخوان ها کمک می گیرد که این موضوع در دراز مدت می تواند اثرات منفی بر اندام های بدن انسان باقی بگذارد [۶]. اگر چه امروزه تولید فلزات سنگین متوقف شده است، با این حال این فلزات از طرق مختلف وارد محیط زیست می شوند. مقدار انتقال این فلزات در محیط زیست به اندازه ای است که آسیب های عصبی زیادی را برای نسل های آینده به دنبال خواهد داشت. اگر چه مقداری از این فلزات تصادفی و یا از روی بی احتیاطی وارد محیط می شوند، ولی بخش عمده آن قابل کنترل می باشد. این فلزات به واسطه دپوی محصولات خطرناک، کارخانه ها، شرکت های حمل و نقلی یا دفع زباله ها وارد چرخه زندگی انسان می شوند [۸].

#### آزمون های تراوش آلودگی (TCLP و SPLP)

آزمون تراوش آلودگی عمیق (TCLP) برای تعیین خطرناک یا غیر خطرناک بودن مواد پسماند در صورتی که برای مدت طولانی در محل های انباشت ریخته شود، استفاده می شود [۳ و ۹]. در این آزمایش شیرابه محل دفن پسماند توسط اسید استیک شبیه سازی می شود زیرا اعتقاد بر این است که اسید استیک جزء اصلی شیرابه دفن زباله شهری و همچنین پسماندهای معدنی می باشد. مواد مورد آزمایش در معرض شیرابه شبیه سازی شده قرار می گیرند. مخلوط مواد مورد آزمایش و سیال استخراج تحت ۱۸ ساعت استخراج چرخشی قرار می گیرد تا ۱۰۰ سال قرار گرفتن در معرض مواد با شیرابه شبیه سازی شود. مایع استخراج شده پس از استخراج چرخشی از نظر غیر آلی و آلی تجزیه و تحلیل می شود [۱۰]. با توجه به محدودیت های تعیین شده توسط سازمان های مختلف زیست محیطی مانند آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا، برای ارزیابی موادی که بعید است در معرض شیرابه های انباشت پسماند قرار گیرند، آزمایش روش تراوش آلودگی سطحی (SPLP) مناسب تر است. این آزمایش برای شبیه سازی شستشوی سمی بالقوه مواد در محل در معرض بارندگی (با این فرض که بارندگی کمی اسیدی است) و برای تعیین پتانسیل اثرگذاری یک ماده بر روی آب های زیرزمینی یا سطحی ایجاد شده است. تنها تفاوت آزمایش SPLP با آزمایش TCLP محلول استخراج آن می باشد. در آزمایش SPLP به جای اسید استیک، از اسید نیتریک و سولفوریک به عنوان مایع استخراج استفاده می شود که باران اسیدی ناشی از اکسیدهای نیتریک و سولفوریک موجود در هوا را شبیه سازی می کند. از حیث محتوا می توان بیان نمود که آزمایش



TCLP میزان آلودگی و غلظت فلزات سنگین در درون انباشت مواد پسماند را تعیین می کند. این در حالیست که آزمایش SPLP وجود این کمیت ها را بر روی سطح انباشت مواد پسماند تعیین خواهد کرد [۱۰].

۳-۱- کاربرد آزمون های تراوش آلودگی در کنترل آلودگی شیرابه ی انباشت پسماندهای معدنی سازمان حفاظت از محیط زیست و عمل بازیافت<sup>۲</sup> (RCRA) در سال ۱۹۸۴ اصلاحاتی را در مورد مواد باطله جامد و خطرناک، به روز گردانید، که موجب ایجاد آژانس محافظت از منابع طبیعی (EPA<sup>۳</sup>) شد [۹ و ۳]. براساس استانداردهای این آژانس تمامی انباشت های پسماند صنایع و معادن باید از لحاظ غلظت فلزات سنگین توسط آزمایشات TCLP و SPLP کنترل گردد. همچنین اگر از این پسماندها در ساخت مصالح و مواد مختلف استفاده شود؛ بایستی تراوش آلودگی در مصالح و مواد ساخته شده از پسماندها نیز کنترل گردد [۱۱].

پسماندهای معدنی انباشت شده در اطراف کارخانه های استحصال فلزات می توانند در معرض باران اسیدی قرار گیرند و ممکن است مواد خطرناکی را در آب های زیرزمینی رها کنند که برای سلامتی انسان خطرناک است. بنابراین، آزمایش های TCLP و SPLP هر دو برای ارزیابی زیست محیطی شیرابه باطله های معدنی مناسب هستند [۳].

### ۳-۲- آزمایش تراوش آلودگی عمیق باطله معدنی به روش (EPA 1311 method) TCLP

برای انجام آزمایش TCLP ابتدا بایستی محلول های استخراج استاندارد آن تهیه شود.  
۳-۲-۱- روش تهیه یک لیتر محلول استخراج شماره ۱: ۵۰ میلی لیتر آب دیونیزه را در داخل یک استوانه مدرج ۱ لیتری میلی لیتر می ریزیم و مقدار ۵/۷ میلی لیتر استیک اسید گلاسیال<sup>۴</sup> (CH<sub>3</sub>COOH) به آن اضافه می کنیم. سپس به محلول فوق ۶/۴۳ میلی لیتر سدیم هیدروکسید ۱ نرمال<sup>۵</sup> اضافه می کنیم و در پایان با اضافه نمودن آب دیونیزه، حجم استوانه مدرج فوق را به ۱ لیتر می رسانیم. اگر مراحل به درستی انجام شود، PH محلول بایستی ۴/۹۳ (+/- ۰/۰۵) شود.

2	Resource Conservation and Recovery Act	4
2	Environmental Protection Agency	5
Extraction fluid	2	1
2	Glacial	1
		7

<sup>۴</sup> نحوه تهیه محلول سدیم هیدروکسید ۱ نرمال:

$$G = \frac{N \cdot V \cdot M_m}{1000} \quad (gr)$$

براساس رابطه (۱)

که در آن  $N$ : نرمالیت مورد نیاز بر حسب گرم بر مول،  $V$ : حجمی دلخواه از محلول بر حسب میلی لیتر،  $M_m$ : جرم مولی سدیم هیدروکسید بر حسب گرم بر مول و  $G$ : گرم مورد نیاز از سدیم هیدروکسید پرک یا پولک بر حسب گرم می باشد.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۳-۲-۲- روش تهیه یک لیتر محلول استخراج شماره ۲: ۵/۷ میلی لیتر استیک اسید گلاسیال را در داخل یک استوانه مدرج ۱ لیتری می ریزیم و با اضافه نمودن آب دیونیزه حجم محلول را به ۱ لیتر می رسانیم. اگر مراحل به درستی انجام شود، PH محلول بایستی ۲/۸۸ (+/- ۰/۵) شود.

پس از تهیه محلول استخراج بایستی تشخیص داده شود که کدامیک برای باطله معنی مورد نظر مناسب خواهد بود. در این آزمایش ابتدا نمونه باطله ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد در گرمخانه قرار داده می شود تا رطوبت اولیه آن از بین رود. سپس یک مقداری از باطله خشک شده را به وسیله آسیاب خرد می شود. عمل خردایش تا زمانی ادامه پیدا می کند تا متوسط قطر اجزا کمتر از ۹ میلی متر شود. پس از آن نمونه را به کمک بیلچه جمع نموده تا بصورت تپه در آید. سپس به کمک روش کوارتر نمونه را به چهار قسمت تقسیم نموده و دو قسمت روبرو هم انتخاب می شود. مجدداً دو قسمت انتخاب شده را به روش کوارتر تقسیم بندی کرده و دو قسمت روبرو نیز در این قسمت انتخاب می شود. هدف از انجام این کار انتخاب تصادفی و احتمال حداکثر همگن بودن نمونه انتخاب شده می باشد. از قسمت انتخاب شده پایانی مقدار ۵ گرم باطله معدنی انتخاب شده و در داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتر می ریزیم، سپس مقدار ۹۶/۵ میلی لیتر آب دیونیزه به آن اضافه می کنیم و مخلوط حاصله را به مدت ۱۰ دقیقه بر روی همزن مغناطیسی تحت سرعت ۲۰۰ rpm قرار می دهیم. در انتها PH مخلوط را محاسبه می کنیم. اگر PH کمتر از ۵ باشد از محلول استخراج شماره ۱ استفاده می کنیم؛ و اگر PH بزرگتر ۵ باشد، به مخلوط مقدار ۳/۵ میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید ۱ نرمال اضافه می کنیم و مجدداً بشر را بر روی همزن مغناطیسی تحت سرعت ۲۰۰ rpm و دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ دقیقه قرار می دهیم. پس از اتمام زمان فوق و پس از خنک شدن مخلوط، مجدداً PH آن را بدست می آوریم. اگر PH کمتر از ۵ باشد محلول استخراج شماره ۱ و اگر PH بیشتر از ۵ باشد، از محلول استخراج شماره ۲ استفاده می کنیم.

پس از تشخیص محلول استخراج مناسب، مجدداً مقدار ۱۰ گرم از باطله خشک شده مرحله قبل را در داخل ظرف مخصوص آزمایش که از جنس بروسیلیکات<sup>۱</sup> با قطر ۱۱۰ میلی متر و ارتفاع ۳۳۰ میلی متر می باشد می ریزیم و ۲۰۰ برابر وزنی نمونه (۲۰۰ گرم) محلول استخراج مناسب را به آن اضافه می کنیم و ظرف را در داخل دستگاه چرخنده گردشی (گله نخستین بار در ایران توسط شرکت سلامت سبز ایما ساخته و به ثبت رسیده شده است) [۱۲]. تحت سرعت ۳۰ rpm به مدت ۱۸ ساعت قرار می دهیم. پس از اتمام زمان فوق، مخلوط را از شیشه خارج می کنیم و با ست آپ مخصوص فیلتراسیون و با کاغذ فیلتر گلس<sup>۲</sup> یا فایبر با قطر حفرات ۰/۸ میکرومتر فیلتر کرده و با دستگاه ICP-MS آنالیز می کنیم.

برای مثال برای تهیه ۱۰۰ میلی لیتر محلول سدیم هیدروکسید ۱ نرمال، با جانمایی در رابطه، ۴ گرم از سدیم هیدروکسید پولک یا پرک را وزن نموده و در استوانه می ریزیم. سپس به آن آب اضافه می کنیم تا حجم محلول به ۱۰۰ میلی لیتر برسد. محلول حاصله دارای نرمالیت ۱ خواهد بود.

2 Borosilicate glass	1	9
2 Ima TCLP/SPLP rotary agitator	2	0
2 Glass fiber	2	1



### ۳-۳- آزمایش ترواش آلودگی سطحی باطله معدنی به روش SPLP (EPA 1312 method)

روش آزمایش SPLP کاملا مشابه TCLP می باشد با این تفاوت که نخست اندازه متوسط قطر ذرات باطله خرد شده باید کوچک تر از ۵ میلی متر باشد و ثانيا که تنها یک محلول استخراج برای این آزمایش وجود دارد که به شرح زیر تهیه می شود:

ابتدا ۶ گرم اسیدسولفوریک غلیظ ۹۸٪ را با ۴ گرم اسید نیتریک ۶۹٪ در زیر هود آزمایشگاهی مخلوط می کنیم. ۱ میلی لیتر از این ترکیب را به ۱۹ میلی لیتر آب دیونیزه اضافه می کنیم تا اسید نهایی ۲۰ برابر رقیق شود. سپس ۵۰ الی ۷۰ میکرولیتر از اسید رقیق شده فوق را به یک لیتر آب دیونیزه اضافه می کنیم تا PH نهایی محلول ۴/۱۵ الی ۴/۲۵ شود. پس از ساخت محلول استخراج، از آنجایی که مرحله تشخیص محلول استخراج وجود ندارد، سایر مراحل عینا مشابه آزمایش TCLP می باشد. شکل ۱ مراحل آزمایش SPLP و TCLP را نمایش می دهد.



الف



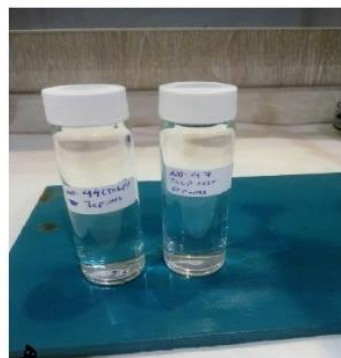
ب



ج



د



ه

شکل ۱: آزمایش سازگاری شیرابه باطله معدنی با محیط زیست. ابتدا به کمک تجهیزات پی هاش متر و همزن مغناطیسی PH باطله معدنی خرد شده تعیین می گردد (الف). تهیه محلول استخراج استاندارد براساس PH (ب). ۱۰ گرم از نمونه باطله معدنی خرد شده با ۲۰۰ گرم محلول استخراج استاندارد در شیشه به ارتفاع ۳۳ و قطر ۱۱ سانتی متر ریخته می شود و به همزن مخصوص این آزمایش (Ima TCLP/SPLP Rotary Agitator)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



منتقل می شود تا ۱۸ ساعت با سرعت ۳۰ (دور بر دقیقه) هم زده شود (ج). پس از طی زمان اختلاط نمونه مخلوط شده توسط ستاپ مخصوص فیلتراسیون و با کاغذ فیلتر گلاس فایبر ۰/۸ میکرومتر فیلتر می شود (د). نمونه فیلتر شده به آزمایشگاه جهت آنالیز ICP-MS منتقل می شود (ه).

۳-۴- آستانه غلظت فلزات سنگین در آزمایش تراوش آلودگی TCLP و SPLP براساس استاندارد EPA براساس استاندارد EPA غلظت فلزات سنگین پس از تعیین توسط تجهیزاتی از قبیل دستگاه جذب اتمی، ICP-OEA و ICP-MS باید از حدود مشخصی فراتر نرود در غیر این صورت شیرابه مورد نظر جز شیرابه های خطرناک محسوب می شود که بایستی برای کنترل آلودگی آن راهکاری ارائه نمود. جدول ۱ میزان آستانه غلظت فلزات سنگین در شیرابه لندفیل ها، مصالح و مواد ساخته شده توسط مواد انباشت لندفیل ها را براساس استاندارد EPA نشان می دهد.

جدول ۱: حد آستانه غلظت فلزات سنگین در شیرابه براساس استاندارد EPA

نوع و میزان غلظت فلزات سنگین (ppm)										عناصر
Ba	Hg	As	Ag	Co	Ni	Cr	Cd	Pb	Se	
100	0.2	5	5	1	25	5	1	5	1	حد بالای استاندارد TCLP

### جمع بندی و نتیجه گیری

در این پژوهش روش های ارزیابی زیست محیطی باطله معدنی مورد بررسی قرار گرفته است. وجود کارخانه های استخراج عناصر و فلزات از سنگ های معدنی موجب ایجاد لندفیل هایی در اطراف کارخانه ها و شهرها می شود که شیرابه این انباشت های می تواند محیط زیست را آلوده نماید. آزمایشات تراوش آلودگی عمیق (TCLP) و تراوش آلودگی سطحی (SPLP) روانابها و شیرابه های حاصله از باطله های معدنی را مورد ارزیابی و غلظت فلزات سنگین در این شیرابه ها را تعیین می کند. در هر دو آزمایش از روش سم شویی اسیدی برای استخراج فلزات سنگین استفاده می گردد. آزمایش TCLP میزان آلودگی و غلظت فلزات سنگین در درون انباشت مواد پسماند و باطله معدنی تعیین می کند. این در حالیست که آزمایش SPLP وجود این کمیت ها را بر روی سطح انباشت مواد پسماند و باطله تعیین خواهد کرد. محلول های استخراج، دستگاه همزن چرخشی مخصوص و کاغذ فیلتر مناسب؛ سه رکن اساسی این دو آزمایش برای رسیدن به نتایج واقعی و دقیق می باشد.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت شرکت دانش بنیان بین المللی سلامت سبز ایما و همچنین آزمایشگاه سلامت سبز ایما تهیه شده است. بدینوسیله مراتب قدردانی خود را از شرکت دانش بنیان بین المللی سلامت سبز ایما اعلام می داریم. همچنین آزمایشگاه بین المللی سلامت سبز ایما به عنوان نخستین آزمایشگاه استاندارد در حوزه ارزیابی زیست محیطی پسماندهای جامد، مصالح راه و ساختمان آمادگی خود را جهت ارائه خدمت به جامعه پژوهشی و صنعتی کشور اعلام می دارد.

### منابع

- [1] ابراهیمی، محمد. شمآبادی، نادر. (۱۳۹۷). "بررسی وضعیت و انواع پسماندهای ویژه در استان قم"، چهارمین همایش ملی مدیریت پسماند، سازمان حفاظت محیط زیست، مشهد، ایران.
- [2] عبدلی، محمد،، جلیلی قاضی زاده، مهدی، سمیعی فرد، رضا (۱۳۸۹). "مدیریت پسماند خطرناک"، انتشارات دانشگاه تهران، ایران، چاپ اول، ص ۸۷-۶۷
- [3] United States Environmental Protection Agency (US EPA). (1992). "Toxicity characteristic leaching procedure (TCLP)". test methods for evaluating solid wastes physical/chemical methods. Method 1311.
- [4] Lindgren, A., (1996). "Asphalt wear and pollution transport". Sci. Total Environ. 189/190, 281-286.
- [5] Harte, J. (1991). Toxics A to Z: "A Guide to everyday pollution hazards" (Berkeley, CA: University of California Press). 34-6.
- [6] Kellas, B., Ph.D., and Dworkin, A., N.D. (1996). "Surviving the toxic crisis". (Olivenhain, CA: Professional, Preference Publishing). 186.
- [7] Casdorff, H., M.D., and Walker, M., D.P.M. (1995). "Toxic metal syndrome". Garden City Park. NY: Avery, Publishing.
- [8] Brown, P., and Mikkelsen, E. (1990). "No Safe Place: Toxic Waste, Leukemia, and Community Action" (Berkeley, CA: University of California Press). 182-183.
- [9] United States Environmental Protection Agency (US EPA). (1992). "Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP)". test methods for evaluating solid wastes physical/chemical methods. Method 1312.
- [10] Sasan Vahabi Komsari, Hasan Taherkhani & Maryam Pakpour (2022): "Investigating the use of zinc production wastes as filler in asphalt mixtures", Road Materials and Pavement Design, DOI: 10.1080/14680629.2022.2100808
- [11] Ukwatta, A., Mohajerani, A. (2017). "Leachate analysis of green and fired-clay bricks incorporated with biosolids. Waste Management", <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.04.041>
- [12] [www.imagreenhealth.com](http://www.imagreenhealth.com)



## کاربرد تکنیک GC-MS و NMR در تحقیقات مبتنی بر متابولومیکس و تشخیص پروفایل متابولومیکی بیماری ها

خدیجه حقیقت گللو<sup>۱</sup>، فریبا محمودی<sup>۱\*</sup>

۱-دانشکده علوم- دانشگاه محقق اردبیلی- اردبیل- ایران

\*: دانشکده علوم- دانشگاه محقق اردبیلی- اردبیل- ایران Email:f.mahmoudi@uma.ac.ir

### چکیده

متابولومیکس علم جدیدی برای بررسی یا شناسایی متابولیت های بیولوژیکی در خون و نمونه بافتی در واحد زمان به کمک تکنیک های مدرن است. تکنیک های کروماتوگرافی گازی- اسپکترومتری جرمی (GC-MS) و طیف سنجی رزونانس مغناطیسی هسته (NMR) از روش های پرکاربرد در آنالیز مواد محسوب می شوند. همچنین با استفاده از این تکنیک ها ترکیبات متابولیکی با غلظت کم در خون و نمونه بافتی نیز قابل تشخیص هستند. به همین دلیل با شناسایی پروفایل های متابولومیکی توسط این تکنیک ها می توان به تشخیص زود هنگام بیماری ها دست یافت. بنابراین درک بهتر تغییرات مولکولی مرتبط با بیماری برای شناسایی مسیرهای جدید جهت درمان و تشخیص با استفاده از روش های نوین ضروری است. در این مقاله پتانسیل تکنیک های GC-MS و NMR در شناسایی پروفایل های متابولومیکی در خون و نمونه بافتی جهت تشخیص بیماری ها مورد بررسی قرار گرفت. کلمات کلیدی: GC-MS، NMR، پروفایل متابولومیکی



## مقدمه

متابولومیکس علمی برای بررسی تغییرات عملکردهای بیولوژیکی در بیماری با شناسایی پروفایل های متابولیکی در خون و بافت های بدن است [1]. متابولیت ها موادی با وزن مولکولی کمتر از ۱۵۰۰ دالتون، ناشی از محصول نهایی واکنش های شیمیایی در بدن هستند که توسط آنزیم های مختلف در سیستم های زنده کاتالیز می شوند. تغییر در مقدار متابولیت ها می تواند نشان دهنده بیماری خاص باشد. بنابراین استفاده از تکنیک های نوین در شناسایی متابولیت ها جهت تشخیص بیماری ها اهمیت زیادی دارد. اخیراً، متابولومیکس مبتنی بر رزونانس مغناطیسی هسته ای (NMR) و کروماتوگرافی گازی - طیف سنجی جرمی (GC-MS) در تشخیص بیماری کمک زیادی به پزشکان کرده است که اطلاعات گسترده ای در مورد ماهیت شیمیایی مولکول های بیولوژیکی در خون و بافت بدن را ارائه می دهند [2]. از مزایای این تکنیک های GC-MS و NMR می توان به حساسیت و وضوح بالا، تکرارپذیری و قدرت تفکیک بسیار زیاد اشاره کرد که شناسایی متابولیت های بیولوژیکی را برای تشخیص بیماری ها را امکان پذیر می کنند [3]. همچنین این تکنیک ها در زمینه های مختلف از جمله آنالیز هیدروکربن ها، پزشکی قانونی، آنالیز مواد غذایی، فیتوشیمی و داروسازی نیز کاربرد دارند. با توجه به گسترش بیماری های مختلف و نیاز به روش های جدید تشخیص، در این مقاله نیز اهمیت تکنیک های GC-MS و NMR در شناسایی متابولیت های زیستی جهت تشخیص بیماری ها مورد بررسی قرار گرفت.

## روش شناسی تحقیق

در این مطالعه مروری مقالات منتشر شده در پایگاه های اطلاعاتی معتبر مانند Science Direct، Google Scholar، Springer، Scopus جستجو شدند.

## بحث و نتیجه گیری

هدف از مطالعه متابولومیکس شناسایی و تعیین مولکول های کوچک موجود در یک اندامک، سلول، مایعات بدن در سیستم های بیولوژیکی برای تشخیص بیماری ها به کمک تکنیک های شیمی است [4]. بیشتر بیماری ها یک یا چند عاملی هستند که توسط ترکیبی از عوامل ژنتیکی و محیطی ایجاد می شوند که در نهایت منجر به طیفی از فنوتیپ ها می گردد. همچنین قرار گرفتن در معرض محیطی می تواند تغییرات اپی ژنتیکی را القا کند و بر رونویسی DNA به RNA و ترجمه آن به پروتئین تأثیر بگذارد. پایین دست همه فرآیندهای رونویسی و ترجمه ژنتیکی متابولیت ها با وزن مولکولی کمتر از ۱-۱.۵ کیلو دالتون هستند. متابولیت ها از نظر خواص فیزیکی و شیمیایی بسیار متنوع می باشند. آنها ترکیبی از الکل های فرار، قندهای آبدوست و لیپیدهای آبگریز، اسیدهای آمینه و غیر آمینه آلی نمونه را تشکیل می دهند. تغییر در هر یک از پروفایل های متابولومیکس می تواند نشان دهنده بیماری خاصی باشد [2,5]. همچنین تعدادی از مطالعات،



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخه)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



پتانسیل متابولومیکس در تشخیص برخی از بیماری ها را نشان داده است. با استفاده از متابولومیکس به کمک تکنیک های GC-MS و NMR تغییر در پروفایل های متابولیکی در بیماری های مختلف از جمله سرطان تیروئید، بیماری آلزایمر و پارکینسون قابل شناسایی هستند. به همین دلیل بررسی روند متابولیکی انسان برای درک فرآیندهای پاتوفیزیولوژیک و جستجوی بیومارکرهای تشخیصی و پیش آگهی جدید بیماری های مختلف جهت تسریع در کشف دارو و درمان بیماری ارزشمند است [6,7,8] که این به محققان در زمینه متابولومیکس انگیزه می دهد تا از چندین ابزار تحلیلی برای بررسی تغییرات متابولیت ها استفاده کنند. در جامعه پیشرفته دانشمندی که در زمینه متابولومیکس کار می کنند، تکنیک های GC-MS و NMR به عنوان یکی از قابل اعتمادترین، قوی ترین و پرکاربردترین ابزارهای تحلیلی برای پردازش داده های تجربی محسوب می شود. هر تکنیک دارای مزایا و معایبی است که می تواند بر تحلیل متابولومیکس تأثیر بگذارد. انتخاب تکنیک در درجه اول به نوع تحقیق و همچنین به ماهیت نمونه ها، هزینه و دسترسی به آن بستگی دارد. علاوه بر این، انتخاب این تکنیک ها برای تعیین پروفایل متابولیتی به دلیل آماده سازی ساده نمونه و حداقل تغییر در ترکیب شیمیایی در طول آماده سازی نمونه است. اگرچه تکرارپذیری NMR بهتر از تکنیک های مبتنی بر MS است، حساسیت NMR کمتر است و حجم نمونه بزرگ تری مورد نیاز است. علاوه بر این توانایی شناسایی ترکیباتی مانند قندها، اسیدهای آلی، الکل ها، پلی ال ها و سایر ترکیبات بسیار قطبی را دارد که با LC-MS یا GC-MS قابل انجام نیستند [9,10]. تکنیک GC-MS هم به دلیل چندین ویژگی مانند تکرارپذیری، حساسیت و در دسترس بودن پایگاه های داده طیفی جرمی به طور گسترده در مطالعات متابولومیکس استفاده می شود. اما، پیش نیاز اصلی برای تجزیه و تحلیل GC-MS این است که ترکیب باید فرار و از نظر حرارتی پایدار باشد. چون که بیشتر متابولیت ها در مایعات فیزیولوژیک قطبی و غیر فرار هستند، آنها را نمی توان به طور مستقیم توسط GC-MS بدون آماده سازی نمونه آنالیز کرد. بنابراین، شناسایی پروفایل متابولیک از طریق GC-MS معمولاً نیاز به اصلاح گروه عاملی قطبی یک مولکول برای کاهش قطبیت، افزایش پایداری حرارتی و فراریت آنالیت ها دارد. نمونه های بیولوژیکی مختلف مانند ادرار، سرم و پلاسما را می توان با GC-MS و NMR آنالیز کرد [11]. با این حال، هیچ از تکنیک های موجود امروزی قدرت اندازه گیری کامل متابولیت ها به دلیل تنوع فیزیک و شیمیایی این متابولیت ها مانند کربوهیدرات های آبدوست، الکل ها و کتون های فرار، اسیدهای آمینه و غیر آمینه آلی و لیپیدهای آگریز را ندارند در نتیجه، ترکیبی از تکنیک های تحلیلی مختلف برای آنالیز کامل متابولیت های سلولی نیاز است. با این وجود، اکثر مطالعات متابولومیکس موجود امروزه با استفاده از روش تحلیلی منفرد انجام می شود. پس از اینکه نمونه های خونی یا بافتی توسط NMR یا GC-MS آنالیز شدند. داده های به دست آمده با استفاده از نتایج حاصل از جستجوی پایگاه داده NIST (National Institute of Standards and Technology) تفسیر می شوند. سپس توسط نرم افزارهای خاص از نظر آماری مورد بررسی قرار می گیرند. داده های خام به دست آمده باید با استفاده از نرم افزار مناسب به فرمت استاندارد تبدیل شوند. نرم افزارهای مختلفی برای مطالعه داده های متابولومیکس استفاده می شوند که هر کدام بسته به ویژگی های داده های پردازش شده و هدف تحقیق، مزایا و معایب خاص خود را دارند. از جمله نرم

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



افزارهای موجود XCMS ، MS- DIAL و SIMCA-P+ است که برای آنالیز داده های GC-MS و NMR استفاده می-  
شوند [12,13].

### نتیجه گیری کلی

روش های علمی نوین مانند متابولومیکس به کمک تکنیک های پیشرفته از جمله GC-MS و NMR با شناسایی و  
تشخیص تغییرات پروفایل های متابولیکی می تواند کمک شایانی برای درمان بیماری و کشف گزینه های داروی مناسب  
کند.

### تقدیر و تشکر

از دانشگاه محقق اردبیلی جهت حمایت از این مقاله کمال تشکر و قدردانی را داریم.

### منابع

- 1- D.Saigusa., N.Matsukawa., E.Hishinuma., S.Koshiha(2021) *Drug metabolism and pharmacokinetics*, 37, 100373.
- 2- O.Kiseleva ., L.Kurbatov ., E.Ilgisonis ., E. Poverennaya (2021) *Metabolites*, 12(1), 15.
- 3- L.Ren J., H.Zhang A., L.Kong., J.Wang X (2018)*RSC advances*, 8(40), 22335-22350
- 4- M.Rinschen M., J. Ivanisevic., M.Giera., G. Siuzdak (2019) *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 20(6), 353-367.
- 5- L.Laíns ., M.Gantner., S.Murinello ., A. Lasky-SU J., W. Miller J., M.Friedlander ., D Husain (2019) *Progress in retinal and eye research*, 69, 57-79.
- 6- M.Coelho., L.Raposo., J.Goodfellow, B., L.Atzori., J.Jones., B. Manadas (2020) *International Journal of Molecular Sciences*, 21(15), 5272.
- 7- Y.Shao., W Le (2019) *Molecular neurodegeneration*, 14(1), 1-12.
- 8- C.Peña-Bautista., M.Roca., D.Hervás., A.Cuevas., R.López-Cuevas., M.Vento., C Cháfer-Pericás(2019). *Journal of Proteomics*, 200, 144-152.
- 9- H.Emwas A ., R.Roy., T.McKay R., L.Tenori., E.Saccenti., N.GowdaG ., S.Wishart D (2019) *Metabolites*, 9(7), 123.
- 10- L.Zhao., J.Hu., Y.Huang., H.Wang., A.deleye ., C.Ortiz., A.Keller, A (2017) *Plant Physiology and Biochemistry*, 110, 138-146.
- 11- M.Khodadadi ., M. Pourfarzam (2020) *Metabolomics*, 16(6), 1-14.
- 12- C.Zeki, Ö., C.Eylem, C., T.Reçber ., S.Kır ., E. Nemitlu (2020) *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 190, 113509.
- 13- C.Khampukdee ., O.Monthakantirat., Y.Chulikhit., C.Boonyarat., S.Daodee., P. Aon-Im .,A. Kijjoa,(2021). *Molecules*, 26(9), 2789.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## بررسی تجهیزات آزمایشگاهی جهت استفاده در ساخت غشا و فناوری غشایی

سمیرا سلجوقی پیدنی<sup>۱</sup>، بهروز میرزایی<sup>۲\*</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- هیئت علمی گروه آموزشی مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[mirzayib@uma.ac.ir](mailto:mirzayib@uma.ac.ir)

### چکیده

امروزه فرایندهای غشایی به دلیل کاربرد زیادی که دارند به صورت گسترده در حال رشد هستند. یکی از کاربردی ترین فرایندهای صنعتی، فرایند جداسازی اجزای مواد مختلف از یکدیگر است. به کارگیری روش مناسب به منظور فرایند جداسازی، کاهش هزینه ها و همچنین افزایش کیفیت محصول را به دنبال دارد. فرایندهای غشایی با داشتن مزایایی همچون کاهش مصرف انرژی، انتقال جرم بالا، راندمان بالا و سهولت کاربرد، دارای اهمیت بالایی است. تکنولوژی غشایی در قیاس با دیگر روش های رایج جداسازی نظیر استخراج، کریستالیزاسیون، جذب، تقطیر فرایندی سریع باراندمان بالا و کم مصرف از لحاظ انرژی است. در این مقاله به بررسی و معرفی دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) به منظور بررسی غشاهای ساخته شده پرداخته می شود.

کلمات کلیدی: تجهیزات آزمایشگاهی، تکنولوژی غشایی، تجهیزات ساخت غشا، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

امروزه با پیشرفت صنعت و تکنولوژی و نیاز بیشتر انسان به محیط زیستی فاقد آلودگی، سیستم های جداسازی پیشرفت قابل توجهی داشته اند [۱]. از مهم ترین اهداف قابل توجه در طراحی و به کارگیری این سیستم ها مصرف کم انرژی، گزینش پذیری و بازدهی بالا بوده است [۲]. در این زمینه سیستم های غشایی که داری این ویژگی های منحصر بفرد هستند پدید آمده اند و دچار تحولات زیادی شده اند. سنتز و جداسازی دو فرآیند کلیدی صنایع شیمیایی هستند که کیفیت و هزینه محصولات را تعیین می کند. با به کارگیری فرایندهای غشایی روش تصفیه ای ایده آل و تک مرحله ای، بدون استفاده از حلال و همچنین با استفاده حداقل انرژی را خواهیم داشت که در این روش طیف گسترده ای از پارامترهای فیزیکی شیمیایی پایدار خواهد ماند. عملکرد غشا به عنوان یک مانع انتخابی است و بین دو فاز مجاور قرار می گیرد و در عین حال سازمان دهی سیستم در محفظه ها و تنظیم انتقال بین دو بخش را عهده دار است [۳]. از مزیت های اصلی فناوری غشا در مقایسه با دیگر روش های جداسازی به نحوه ی منحصر به فرد جداسازی آن مربوط می شود همچنین در این روش می توان در دمای ثابت انجام داد و نیاز به افزودنی نیست و در قیاس با دیگر روش از لحاظ مصرف انرژی قابل رقابت است و تا به امروز برای عملکرد صنعتی بسیار مؤثر واقع شده است. [۴]. در این فرایند جداسازی عمدتاً به وسیله تفاوت در اندازه مولکول های جدا شده حاصل می شود. فرایند غشایی در مقایسه با دیگر روش های جداسازی روشی سریع تر، کارآمدتر و ارزان تر است. از دیگر مزایای قابل توجه فرایندهای غشایی جداسازی در دمای محیط است که در صنایع مواد غذایی و دارویی کاربرد دارد و این مزیت باعث می شود که محلول های حساس به دما آسیب نبینند و یا تغییر شیمیایی در آنها رخ ندهد. از دیگر عواملی که کاربرد فرایند غشایی را بسیار گسترده تر می کند به توان عدم نیاز به فضای زیاد و همچنین با توجه به کم مصرف بودن به دلیل عدم نیاز به تغییر فاز می توان اشاره کرد [۵]. جهت بررسی غشاهای ساخته شده از آنالیزهای دستگاهی مانند میکروسکوپ الکترونی روبشی<sup>۲</sup> (SEM) جهت شناسایی ویژگی ها غشاء مانند ضخامت لایه، مورفولوژی و ساختار آن که در این مقاله به بررسی و معرفی این دستگاه پرداخته می شود.

### میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) برای اولین بار در حدود ۴۰ سال پیش برای اولین بار به صورت تجاری تولید شد میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) که تحت عنوان آنالیز SEM یا تکنیک SEM نیز شناخته می شود، در سراسر جهان در بسیاری از رشته ها مورد استفاده قرار می گیرد. از SEM جهت مشاهده سطح استفاده می گردد. برای این منظور

<sup>2</sup> Scanning Electron Microscope (SEM)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



یک دسته باریکه الکترونی به نمونه تابیده شده و الکترون های ثانویه از سطح نمونه شروع به گسیل می کنند و تصویرسازی توسط رایانه فوق سریع و پردازش تصویر بین آشکارسازها تشکیل شده و نمایش داده می شود همچنین از این روش می توان آن را به عنوان یک روش مؤثر در تجزیه و تحلیل مواد آلی و معدنی در مقیاس نانومتر تا میکرومتر در نظر گرفت. SEM با بزرگنمایی بالا تصاویر بسیار دقیق از طیف گسترده ای از مواد ایجاد می کند [۶]. جهت شناسایی ویژگی های غشاء مانند ضخامت لایه، مورفولوژی و ساختار آن از تصویربرداری SEM استفاده می گردد. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی و با دقت بالاتر از SEM<sup>۳</sup>، تحت عنوان تصویربرداری میدانی SEM<sup>۴</sup> شناخته می شود. به منظور آماده سازی نمونه ها، به طور کامل درون آب دیونیزه خیس شدند و سپس با قرارگیری درون نیتروژن مایع شکسته شدند و در دمای ۴۰ °C به مدت ۲۴ ساعت درون آن قرار داده شدند تا رطوبت آن از بین برود و با لایه ای بسیار نازک از فلز طلا پوشش داده شدند [۷]. در شکل ۱ دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نشان داده شده است.



شکل ۱. دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) [۷].

### اجزای اصلی میکروسکوپ های الکترونی

<sup>2</sup> High Resolution SEM (HRSEM)

3

<sup>2</sup> Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM)<sup>4</sup>

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

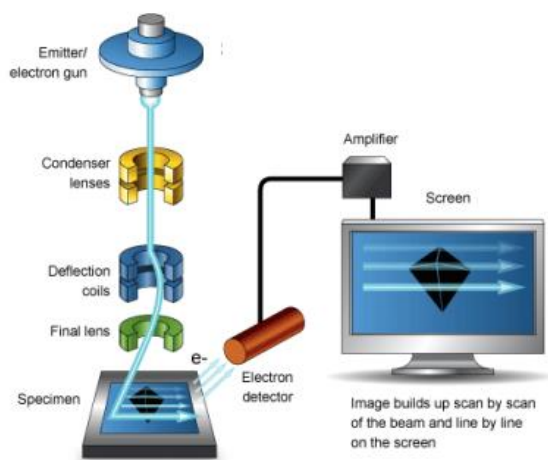
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) جهت تولید باریکه الکترون به یک سیستم اپتیکی الکترونی نیاز دارد اجزای اصلی میکروسکوپ های الکترونی روبشی شامل پایه ی نگهدارنده نمونه، آشکارساز الکترون ثانویه، یک تفنگ الکترونی، یک صفحه نمایش است [۶]. در شکل ۲ ساختار اصلی میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نشان داده شده است.



شکل ۲. ساختار اصلی دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) [۷].

### ۳-۱ تفنگ الکترونی ۲۲۵

تفنگ الکترونی منبعی است برای تولید الکترون های با انرژی بالا، تفنگ الکترونی دارای انواع مختلفی است که در شکل ۳ نشان داده شده است.

<sup>2</sup> Electron gun



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

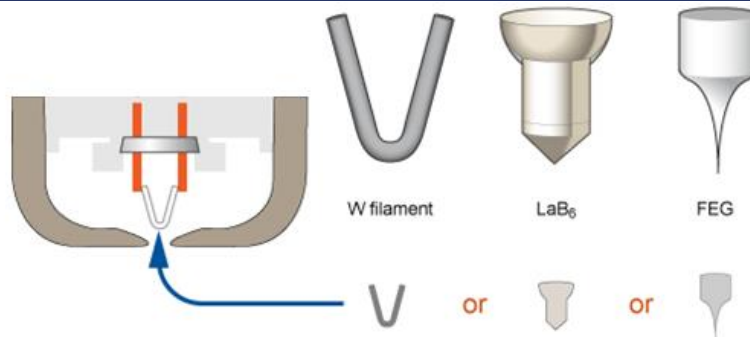
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳. انواع تفنگ الکترونی [۸].

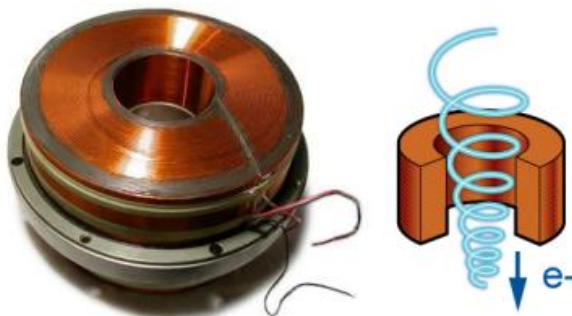
انواع تفنگ الکترونی شامل تفنگ الکترونی با فیلمان تنگستنی<sup>۶</sup>، کاتد تولیدکننده الکترون یک سیم تنگستنی به شکل سنجاق سر خم شده و V شکل است که شعاع نوک آن حدود ۱۰۰ میکرومتر است دمای کاری تنگستن در حین انتشار الکترون ۲۷۰۰ درجه کلوین است و عمر کاری آن وابسته به نرخ تبخیر سیم تنگستنی است با وجودی که فیلمان های تنگستنی نسبت به سایر فلزات، استحکام مکانیکی، فشار بخار پایین و نقطه ذوب بالایی دارند، ولی دمای کاری بسیار بالا منجر به کاهش عمر فیلمان می گردد و دارای عمری تا ۲۰۰ ساعت کاری هستند، تفنگ الکترونی با فیلمان لانتانیوم هگزابوراید (LaB6) نوع دیگری از تفنگ های الکترونی هستند که کاتد مورد استفاده در این نوع از تفنگ ها، تک کریستال از جنس لانتانیوم هگزابوراید است در اطراف کاتد LaB6 دو محافظ وجود دارد: محافظ حرارتی محافظ تبخیر، این دو محافظ به دلیل واکنش پذیری بالای ترکیب لانتانیوم هگزابوراید<sup>۷</sup>، کاتد اطراف مفتول فیلمان، قرار داده شده اند. با گرم شدن نوک مفتول و ایجاد پدیده ترمیونی، الکترون ها با دانسیته جریان بسیار بیش تر و نقطه همگرایی بسیار کوچک تر نسبت به فیلمان تنگستنی سنجاق سری، انتشار می یابند. از دیگر تفنگ های الکترونی مورد استفاده تفنگ های الکترونی گسیل میدانی<sup>۸</sup> هستند که در این نوع تفنگ ها با استفاده از پدیده تونلی جهت تولید الکترون استفاده می شود در این روش الکترون ها با استفاده از اثر تونل زنی و با پشت سر گذاشتن سد انرژی، یک میدان الکتریکی قوی منتشر می کنند [۶].

## ۲-۳ لنزهای مغناطیسی

2	W filament	2	6
2	Lanthanum hexaboride	2	7
2	Field emission gun	2	8



یکی از اصلی ترین اجزای میکروسکوپ الکترونی روبشی لنزهای مغناطیسی هستند که تحت خلأ کار می کنند. در این لنزها، برخلاف لنزهای شیشه ای، پرتوی ورودی تحت تأثیر هیچ محیط مادی قرار نمی گیرد و کلیه ی تغییراتی که در آن ایجاد می شود ناشی از میدان های الکترومغناطیسی ایجاد شده توسط سیم پیچ هاست. تغییر جهت و تمرکز الکترون ها در میکروسکوپ های الکترونی تنها توسط میدان های الکترومغناطیسی سیم پیچ ها انجام می گیرد. هدف اصلی از کاربرد این لنز در SEM کاهش قطر پرتو و افزایش تراکم آن است [۶]. در شکل ۴ لنز مغناطیسی نشان داده شده است.



شکل ۴. لنز مغناطیسی میکروسکوپ الکترونی [۷].

### ۳-۳ پایه نگهدارنده نمونه

در حالت کلی نمونه ها با بزرگنمایی بالا در میکروسکوپ الکترونی مشاهده می شوند؛ بنابراین، یک نگهدارنده نمونه که به طور مداوم از نمونه نگهداری می کند و به آرامی حرکت می کند، لازم است. نگهدارنده نمونه می توان در جهت های افقی  $(x,y)$  و عمودی  $(z)$  و زاویه دار<sup>۲۹</sup> به صورت چرخش حول محور<sup>۳۰</sup> حرکت کند. به منظور دیدن تمام نقاط مختلف سطح می توان نگهدارنده را در جهت های افقی  $(x,y)$  حرکت داد و همچنین برای تغییر عمق روشنائی می توان نگهدارنده را در جهت عمودی و برای تغییر در وضوح می توان آن را به صورت زاویه دار حرکت داد. شکل ۵ پایه نگهدارنده میکروسکوپ الکترونی را نشان می دهد [۶].

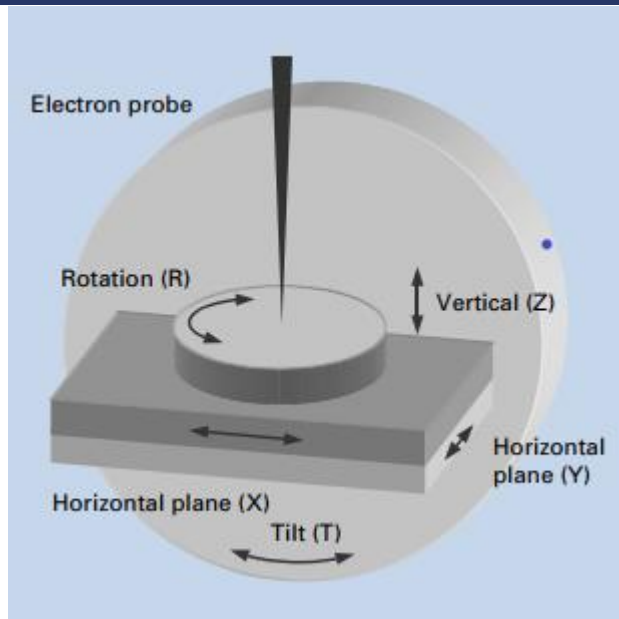
2	tilting	2	9
2	rotation	3	0

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۴. پایه نگهدارنده میکروسکوپ الکترونی [۶].

### ۳-۴ آشکارساز الکترون ثانویه

آشکارساز الکترون ثانویه جهت تشخیص الکترون های ثانویه گسیل شده از نمونه استفاده می شود که ساختار آن در شکل ۶ نشان داده شده است. یک سینتیلاتور (آ ماده فلورانس) در قسمت بالای آشکارساز به صورت پوشش نازک قرار داده شده است و با ولتاژ بالا حدود ۱۰ کیلوولت کار می کند. الکترون های ثانویه نمونه به سمت این ولتاژ بالا جذب می شوند و پس از برخورد با سینتیلاتور نور تولید می کنند. این نور از طریق یک راهنمای نور به یک لامپ خلأ ضرب کننده نوری<sup>۱</sup> (PMT) هدایت می شود. سپس نور به الکترون تبدیل می شود و این الکترون ها به عنوان یک سیگنال الکتریکی تقویت می شوند سپس یک الکتروود تکمیل کننده به نام الکتروود جمع کننده<sup>۲</sup> قبل از سینتیلاتور قرار داده می شود. به طور کلی، برای کمک به سینتیلاتور در به دست آوردن الکترون های ثانویه، چند صد ولت به این الکتروود جمع کننده اعمال می شود. با تغییر این ولتاژ می توان تعداد الکترون های ثانویه جمع آوری شده را کنترل کرد. این نوع آشکارساز در ابتدا توسط Thornley و Everhart ساخته شد. به همین علت این آشکارسازها را می توان آشکارساز E T می نامند [۶].

<sup>2</sup> cintillator	3	1
<sup>2</sup> photo-multiplier tube (PMT <sup>3</sup> )		2
<sup>2</sup> collector	3	3

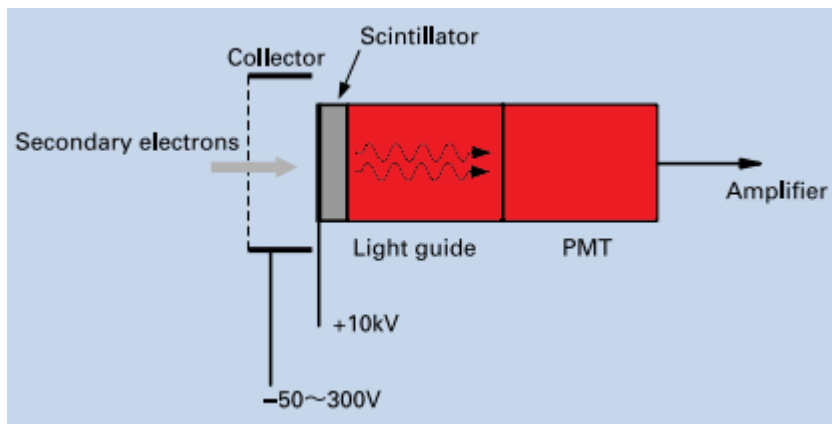


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۶. آشکارساز الکترون ثانویه [۶].

### ۳-۵ نمایش و ذخیره تصویر

سیگنال های خروجی از آشکارساز الکترون ثانویه تقویت شده و سپس به واحد نمایشگر منتقل می شوند. از آنجایی که اسکن روی واحد نمایشگر با اسکن الکترونی به صورت هم زمان انجام می پذیرد. تغییر روشنایی که به تعداد الکترون های ثانویه بستگی دارد، روی صفحه نمایشگر روی واحد نمایشگر ظاهر می شود، بنابراین یک تصویر SEM تشکیل می دهد. برای سال های زیادی از نمایشگرهایی که با لامپ اشعه کاتدی<sup>۴</sup> کار می کردند به منظور سیستم نمایشگر استفاده شده است ولی در سال های اخیر از صفحه نمایش کریستال مایع<sup>۵</sup> به صورت گسترده ای جهت نمایش اطلاعات مورد استفاده قرار می گیرد [۶].

### نتیجه گیری

غشا و فرایندهای غشایی که به دلیل مزایایی نظیر مصرف کم انرژی راندمان بالا و سهولت کارکرد مورد توجه محققین قرار گرفته اند. غشا پس از ساخته شدن به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) جهت شناسایی ویژگی های آن نظیر ضخامت لایه، مورفولوژی مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد این میکروسکوپ شامل قسمت مختلف شامل پایه ی نمونه برداری، آشکارساز الکترون ثانویه ی تفنگ الکترونی، صفحه نمایش است که وسیله این دستگاه سایر ویژگی غشا مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.

<sup>2</sup> cathode-ray tube

<sup>3</sup>

<sup>4</sup>

<sup>2</sup> liquid-crystal display

<sup>3</sup>

<sup>5</sup>

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



#### منابع

- [۱] Shen, Y.-x., et al., Biomimetic membranes: A review. *Journal of Membrane Science*, 2014. **454**: p. 359-381.
- [۲] Mohammad, A.W., et al., Nanofiltration membranes review: Recent advances and future prospects. *Desalination*, 2015. **356**: p. 226-254.
- [۳] Watson, H., Biological membranes. *Essays in biochemistry*, 2015. **59**: p. 43-69.
- [۴] Klein, E., Affinity membranes: a 10-year review. *Journal of Membrane Science*, 2000. **179**(1-2): p. 1-27.
- [۵] Ramstedt, B. and J.P. Slotte, Membrane properties of sphingomyelins. *FEBS letters*, 2002. **531**(1): p. 33-40.
- [۶] Scanning electron microscope, JEOL USA Electron Optics Documents, 2016
- [۷] Abdullah, S.Z., P.R. Bérubé, and D.J. Horne, SEM imaging of membranes: Importance of sample preparation and imaging parameters. *Journal of membrane science*, 2014. **463**: p. 113-125.
- [۸] Mohammed, A. and A. Abdullah. Scanning electron microscopy (SEM): A review. in *Proceedings of the 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics—HERVEX, Băile Govora, Romania*. 2018.



## معرفی میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)

سمیرا سلجوقی پیدنی<sup>۱</sup>، بهروز میرزایی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- هیئت علمی گروه آموزشی مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

mirzayib@uma.ac.ir

### چکیده

یکی از اصلی ترین تجهیزات شناسایی در مقیاس نانو میکروسکوپ های نیروی اتمی هستند. این میکروسکوپ خواصی از نمونه های مورد آنالیز را به صورت غیرمستقیم با استفاده از سوزنی بسیار تیز که در حالت ایده آل در نوک آن تنها یک اتم قرار دارد را مورد بررسی قرار می دهد. میکروسکوپ نیروی اتمی در زمینه های نانو فناوری، الکترونیک، انرژی، فضانوردی کاربرد دارد. به دلیل اینکه هیچ محدودیتی از لحاظ خواص فیزیکی مواد برای این میکروسکوپ وجود ندارد از این رو می توان در جهت مطالعه انواع مواد رسانا، نارسانا و نیمه رسانا استفاده کرد. کیفیت تصاویر و میزان تفکیک پذیری بسیار بالای آن ها قابل مقایسه با سایر تصاویر است که نشان دهنده ی آنالیز مطلوب تر و دقت بالای تصویربرداری این میکروسکوپ نسبت به دستگاه های دیگر است در این مقاله به معرفی میکروسکوپ نیروی اتمی و اساس کار آن پرداخته می شود.

کلمات کلیدی: تجهیزات آزمایشگاهی، میکروسکوپ نیروی اتمی، تصویربرداری





## مقدمه

میکروسکوپ نیروی اتمی از زمان اختراع آن توسط Binnig و همکارانش در سال ۱۹۸۶ و ظهور ابزارهای تجاری در پایان آن دهه، به ابزاری ضروری به منظور مطالعات مورفولوژی تبدیل شده است [۱]. میکروسکوپ نیروی اتمی روشی برای مشاهده شکل یک سطح با جزئیات سه بعدی تا مقیاس نانومتر است و می تواند از همه مواد سخت یا نرم، مصنوعی یا طبیعی بدون در نظر گرفتن کدورت یا رسانایی تصویربرداری کند. نمونه معمولاً در هوا تصویربرداری می شود، اما می تواند در محیط های مایع و در برخی موارد زیر خلاء باشد. این میکروسکوپ برخلاف میکروسکوپ های نوری یا الکترونی، اساساً از لمس برای تصویربرداری از یک سطح استفاده می کند. در این میکروسکوپ خواص سطحی از جمله پستی و بلندی ها، چسبندگی، میزان اصطکاک، اندازه گیری نیروهای جانبی و به وسیله یک سوزن نوک محاسبه می گردد. در این روش سوزن به یک تیرک از جنس سیلیسیم یا سیلیسیم نیتريد متصل شده است که در برابر فرسایش بسیار مقاوم بوده است. یکی از مزایای بزرگ میکروسکوپ نیروی اتمی توانایی بزرگنمایی در محورهای X، Y و Z است. یکی از محدودیت های میکروسکوپ نیروی اتمی عدم اندازه گیری در محدوده ی بزرگ تر از میکرومتر است. هزینه استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی کمتر از میکروسکوپ الکترونی روبشی و میکروسکوپ الکترونی عبوری است و به زمان کمتری و همچنین فضای کمتری جهت استفاده نیاز دارد [۱].

## ۲- اساس کار میکروسکوپ نیروی اتمی

در میکروسکوپ نیروی بین یک سوزن و سطح با یک سنسور نیرو اندازه گیری می شود. این سوزن به یک تیر با داشتن قابلیت ارتجاعی متصل است و این تیرک به نوعی سرامیک که برای جابه جایی های بسیار دقیق استفاده می شود به نام بازوی پیزوالکتریک متصل است. پرتویی از لیزر به پشت تیرک به منظور آگاهی از جهت گیری تیرک در فضا تابانده می شود. با ایجاد تغییرات ولتاژ بسیار کوچک به پیزوالکتریک در راستاهای x، y و z می توان محل تیرک را با دقت بسیار بالا به جاهای مختلف نمونه انتقال داد. با اسکن کردن سطح نمونه به وسیله سوزن و داشتن ناهمواری های سطح به سوزن نیرو وارد شده و آشکارساز با در نظر گرفتن حرکت سوزن به رایانه امکان ایجاد طرحی از نمونه را می دهد. در شکل ۱ شماتیک میکروسکوپ نیروی اتمی نشان داده شده است [۲].

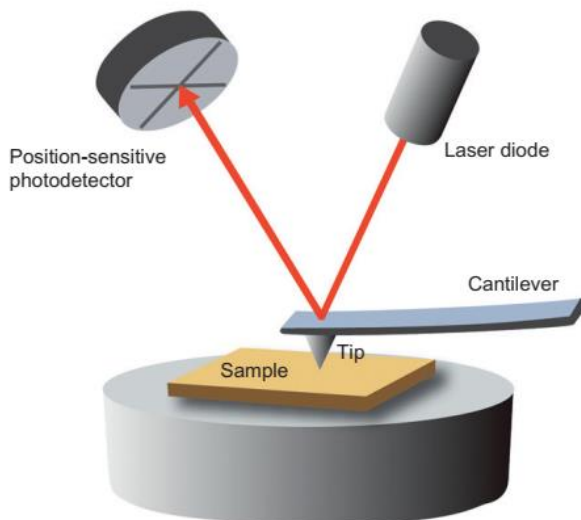
<sup>2</sup> atomic force microscopy (AFM)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۱. شماتیک میکروسکوپ نیروی اتمی [۲].

### ۳- مفاهیم اساسی

به منظور درک بهتر عملکرد بهتر میکروسکوپ نیروی اتمی به معرفی برخی از اجزای این میکروسکوپ نظیر مبدل های پیزوالکتریک مبدل های نیرو کنترل بازخورد می پردازیم [۳].

#### ۳-۱- مبدل های پیزوالکتریک<sup>۲۲۷</sup>

مواد پیزوالکتریک مبدل های الکترومکانیکی هستند که پتانسیل الکتریکی را به حرکت مکانیکی تبدیل می کنند. مواد پیزوالکتریک به طور طبیعی وجود دارند و ممکن است کریستالی، آمورف یا حتی پلیمری باشند. هنگامی که یک پتانسیل در دو طرف مقابل پیزوالکتریک اعمال می شود، هندسه را تغییر می دهد. بزرگی تغییرات ابعادی به مواد، هندسه دستگاه و مقدار ولتاژ اعمالی بستگی دارد. مواد پیزوالکتریک در اندازه ها و شکل های مختلفی در دسترس هستند. به طور معمول، ضریب انبساط برای یک شکل پیزو در حدود ۰٫۱ نانومتر در هر ولت اعمال می شود از مواد پیزوالکتریک برای کنترل حرکت سوزن هنگام اسکن شدن در سطح یک میکروسکوپ نیروی اتمی استفاده می شود. در شکل ۲ یک دیسک پیزوالکتریک نشان داده شده است که با تغییر ولتاژ دچار تغییر اندازه می شود [۳].

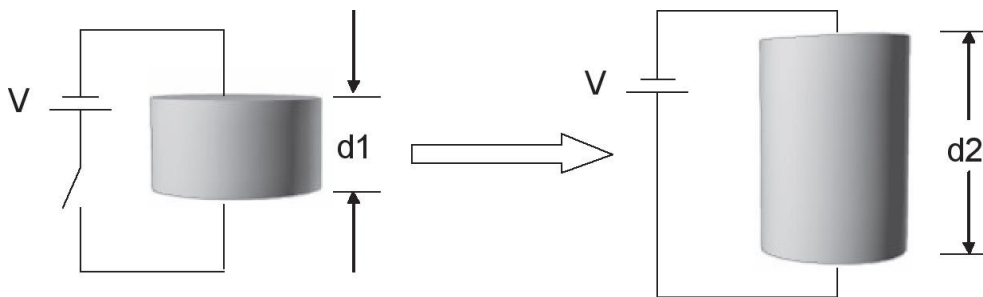
<sup>2</sup> Piezoelectric Transducers <sup>3</sup>

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

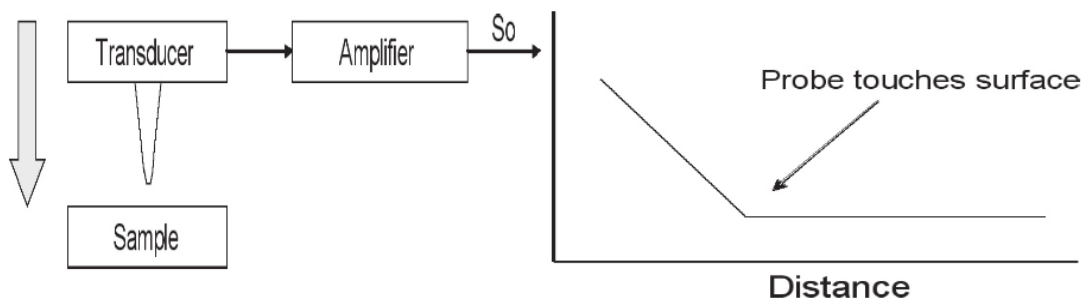
www.LabUMA2022.ir



شکل ۲. شماتیک دیسک پیزوالکتریک [۳].

### ۳-۲ مبدل های نیرو ۲۳۸

نیروی بین یک سوزن و یک سطح با یک مبدل نیرو اندازه گیری می شود. همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، هنگامی که سوزن با سطح تماس پیدا می کند، ولتاژ خروجی از مبدل افزایش می یابد. مهم است که خروجی مبدل یکنواخت باشد و با اعمال نیروی بیشتر بین پروب و سطح افزایش یابد. مبدل های نیرو ممکن است ساخته شوند که نیروهای کمتر از ۱۰ پیکو نیوتن را بین پروب و سطح اندازه گیری می کنند. انواع مختلفی از سنسورهای نیرو وجود دارد که ممکن است در میکروسکوپ نیروی اتمی مورد استفاده قرار گیرند [۳].



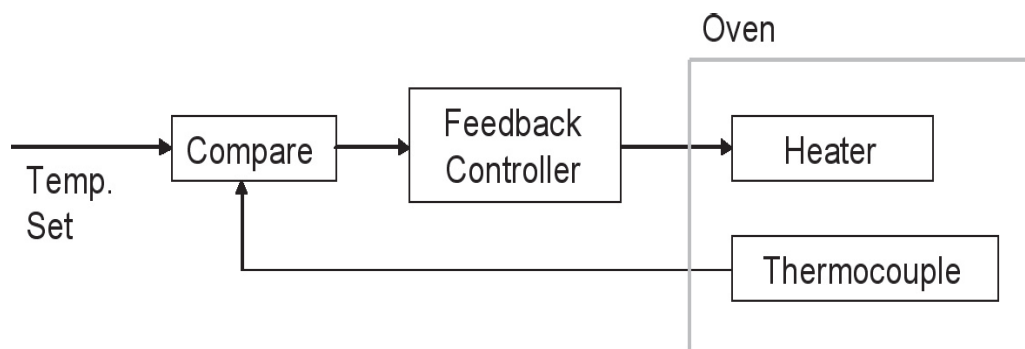
شکل ۳. عملکرد مبدل نیرو [۳].





### ۳-۳- کنترل باز خورد<sup>۲۳۹</sup>

کنترل باز خورد در میکروسکوپ نیروی اتمی برای حفظ یک رابطه ثابت، یا نیرو، بین سوزن و سطح استفاده می شود. کنترل باز خورد با اندازه گیری نیروی بین سطح و سوزن عمل می کند، سپس سرامیک پیزوالکتریک را کنترل می کند که موقعیت نسبی سطح سوزن را تعیین می کند. کنترل باز خورد در بسیاری از کاربردها استفاده می شود، شکل ۴ استفاده از کنترل باز خورد را در کوره نشان می دهد [۳].



شکل ۴. کنترل باز خورد کوره [۳].

### ۴- حالت های مختلف تصویربرداری میکروسکوپ نیروی اتمی

حالت های مختلفی از میکروسکوپ نیروی اتمی وجود دارد که با نحوه تعامل سوزن با سطح تعیین می شود. حالت های مختلفی وجود دارد زیرا برخی از مواد با برخی از حالت ها سازگار نیستند زیرا نیروی نوک روی سطح می تواند نمونه را از بین ببرد. رایج ترین حالت مورد استفاده در میکروسکوپ نیروی اتمی حالت های تصویربرداری ضربه زدن، تماسی و غیر تماسی است. لازم به ذکر است که این حالت ها فقط برای میکروسکوپ نیروی اتمی معمولی اعمال می شوند و نه تغییرات مختلف میکروسکوپ نیروی اتمی که در این سری میکروسکوپ نیروی اتمی مورد بحث قرار گرفته اند [۲].

### ۱-۴- حالت تماسی



حالت تصویربرداری تماسی میکروسکوپ نیروی اتمی یک حالت پر کاربرد است. همچنین در دسترس ترین حالت برای به کارگیری است در حالت تماس، نوک روی سطح یک ماده کشیده می شود و تغییرات نسبی موقعیت را به سمت نمونه ترسیم می کند. از سیگنال بازخورد برای نگهداشتن کنسول در یک موقعیت ثابت استفاده می کند. در عین حال، تعامل با نمونه، یک منحنی نیرو ایجاد می کند که می تواند برای پشتوانه سازی اطلاعات مرتبط دیگر مانند ویژگی های چسبندگی و انطباق مواد مورد استفاده قرار گیرد. عیب اصلی حالت تماس تأثیری است که کشیدن نوک بر روی نمونه دارد، زیرا اغلب منجر به آسیب به نمونه می شود که میزان اطلاعات به دست آمده را کاهش می دهد [۲].

#### ۲-۴- حالت ضربه زدن

حالت ضربه زدن شاید پر کاربردترین حالت تصویربرداری میکروسکوپ نیروی اتمی امروزه باشد. حالت ضربه زدن برای مدت کوتاه و متناوبی با نمونه تماس می گیرد، این حالت به ویژه برای موادی مفید است که در شرایط محیطی مستعد ایجاد لایه مایع هستند، زیرا از چسبیدن کاوشگر به مواد جلوگیری می کند همچنین همان نیروهای کششی جانبی را که اغلب می تواند به نمونه آسیب برساند، نشان نمی دهد. با این حال، کنترل حالت تماس بسیار ساده تر از حالت ضربه زدن است زیرا بازخورد در حالت ضربه زدن گاهی اوقات می تواند ناپایدار باشد که می تواند اطلاعات قابل دستیابی را فراتر از توپوگرافی نمونه محدود کند [۲].

#### ۳-۴- حالت غیر تماسی

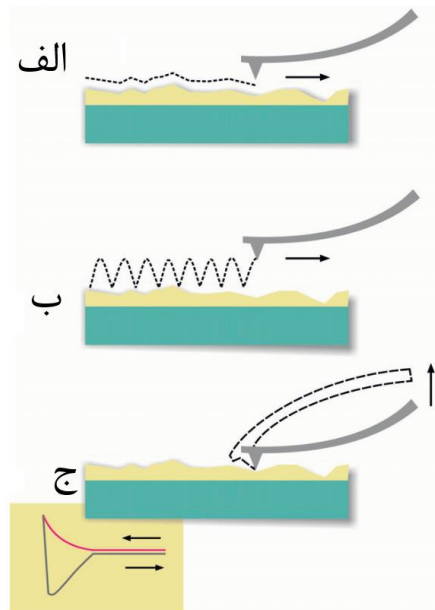
حالت غیر تماسی اغلب برای مواد نرم استفاده می شود، مانند پلیمرها یا مواد بیولوژیکی، زیرا ممکن است در هر دو حالت تماس و ضربه زدن توسط سوزن آسیب ببینند. در این حالت، نوک کنسول به نمونه برخورد نمی کند، به همین دلیل نام آن به آن می رسد، به طوری که هیچ آسیب فیزیکی نمی تواند به نمونه برساند به روشی مشابه با حالت ضربه زدن، اما تفاوت آن در این است که به اندازه کافی از نمونه دور است تا آن را لمس نکند. حتی زمانی که سوزن از طریق یک جاذبه بین مولکولی به سمت سطح حرکت می کند. با این حال، هنگام استفاده از این حالت تصویربرداری باید کمی دقت شود، زیرا باید به اندازه کافی دور باشد تا نمونه را لمس نکند، اما باید به اندازه کافی نزدیک باشد تا همچنان با نمونه تعامل داشته باشد. اگر خیلی نزدیک قرار گیرد، به نمونه برخورد می کند. در حالی که اگر خیلی دور باشد، انحراف کافی از پرتو سوزن برای ثبت موقعیت یک اتم وجود نخواهد داشت به طور کلی، حالت غیر تماسی با استفاده از اصولی مشابه حالت ضربه زدن، اما در فاصله ای بیشتر از نمونه کار می کند. یک مزیت متمایز به غیر از عدم آسیب به نمونه این است که چون نوک آن هرگز با نمونه تماس نمی گیرد، هرگز تحلیل نمی رود. این بدان معنی است که هرگز هیچ گونه اشکال ناشی از سوزن های فرسوده وجود نخواهد داشت. در شکل ۵ حالت های مختلف تصویربرداری میکروسکوپ نیروی اتمی از سطح نشان داده شده است [۲].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۵. الف حالت تماسی، ب غیر تماسی، ج ضربه زدن [۲].

### ۵- نتیجه گیری:

میکروسکوپ های نیرو اتمی یک ابزار قدرتمند به منظور مطالعات مورفولوژی در حوزه های مختلف فناوری است. این میکروسکوپ در زمینه های مختلفی نظیر تعیین توپوگرافی سطوح، بررسی جزئیات در مقیاس نانومتر، کاربری آسان، مطالعه نیروهای سطحی، امکان بررسی نمونه های مختلف رسانا، نارسانا، سخت، نرم و بیولوژیکی کاربرد دارد. در این دستگاه، از اثر متقابل بین نوک سوزن میکروسکوپ و نمونه، برای بررسی خواص سطحی استفاده کرده و در سه حالت تماسی، غیر تماسی و ضربه ای توانایی تصویر برداری را دارد.

منابع

- [۱] Binnig, G., C.F. Quate, and C. Gerber, Atomic force microscope. Physical review letters, 1986. **56**(9): p. 930.
- [۲] Liu, S. and Y. Wang, A review of the application of atomic force microscopy (AFM) in food science and technology. Advances in food and nutrition research, 2011. **62**: p. 201-240.
- [۳] Eaton, P. and P. West, Atomic force microscopy. 2010: Oxford university press.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## معرفی و کاربرد آسیاب گلوله ای در واکنش های شیمیایی

حبیب سلیمانی<sup>۱\*</sup>، فاروق نصیری<sup>۱</sup>، لیلا صباحی آقباقر<sup>۱</sup>

۱- گروه شیمی کاربردی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، کد پستی ۵۶۱۹۹-۱۱۳۶۷  
(habibsoleimani92@gmail.com)

### چکیده

این مقاله مروری با هدف ارائه انواع آسیاب های گلوله ای همراه با کاربرد و مزایای انجام واکنش با روش مکانیکی- شیمیایی و روش های موثر در افزایش بازده واکنش های انجام گرفته، ارائه شده است. این روش یک فرآیند ساده، اقتصادی (بهینه اتمی) و سازگار با محیط زیست برای سنتز ترکیبات آلی با بازده بالا در مدت زمان کوتاه و قابلیت بازیافت آسان آن ها است و به طور کلی با حذف حلال ها از واکنش های شیمیایی به طور کلی منجر به فرآیندهای تمیزتر، کارآمدتر و اقتصادی تر می شود (شیمی سبز).

کلمات کلیدی: آسیاب گلوله ای، واکنش های بدون حلال، شیمی سبز، واکنش های مکانوشیمیایی.



## مقدمه

### ۱-۱- شیمی سبز (Green chemistry)

جهت تاثیرگذاری بر صنایع شیمیایی و جلوگیری از تخریب بیش از اندازه ی محیط زیست و تلاش بر پایداری محیط، آناستاس (Paul Anastas) و وارنر (John Warner) مفهوم شیمی سبز را در سال ۱۹۹۸ بیان کردند. مجموعه ای از اصولی که در آن به کاربردن یا تولید مواد مضر کاهش یا حذف می شود، به عنوان شیمی سبز تعریف می شود [۱]. شیمی سبز دارای چهارچوبی منسجم از دوازده اصل کلی است که عبارتند از:

- ۱- جلوگیری از تولید محصولات بیهوده
- ۲- افزایش بهره وری اتمی
- ۳- طراحی فرآیندهای کم خطر
- ۴- طراحی مواد شیمیایی امن تر
- ۵- استفاده از حلال ها و مواد کمکی امن تر
- ۶- طراحی بر اساس بازده انرژی
- ۷- استفاده از مواد برگشت پذیر
- ۸- کاهش مشتقات
- ۹- استفاده از کاتالیست
- ۱۰- طراحی محصولات برای تخریب شدن
- ۱۱- آنالیز زمان واقعی برای جلوگیری از آلودگی
- ۱۲- جلوگیری از اتفاقات احتمالی

### ۱-۲- واکنش های مکانوشیمیایی (Mechanochemistry reactions)

از زمان های قدیم، تغییرات شیمیایی ترکیبات جامد، معمولاً در هاون انجام می گرفته است. اصطلاح «مکانوشیمی» اولین بار در سال ۱۹۱۹ توسط ویلهلم استوالد (Wilhelm Ostwald)، یکی از پیشگامان شیمی فیزیک معرفی شد. از آن زمان به بعد، مکانوشیمی به یک روش اثبات شده برای تبدیل واکنش دهنده های جامد تبدیل شد [۲]. در واکنش های مکانیکی-شیمیایی، تغییرات شیمیایی ناشی از ابزارهای مکانیکی مانند فشرده سازی، برش یا ساییدگی است و از انرژی مکانیکی برای دستیابی به تغییرات شیمیایی استفاده می شود [۳]. به عبارت دیگر مکانوشیمی، گسست مکانیکی پیوندهای درون مولکولی توسط نیروی خارجی است و باید از شیمی حالت جامد مولکولی متمایز شود، جایی که تماس بین جامدات مولکولی خرد شده در اندازه میکرون، توسط عمل مکانیکی جهت افزایش سطح تماس مراکز واکنش ایجاد می شود [۴].

### ۱-۳- واکنش های بدون حلال (Solvent free reactions)

باتوجه به اینکه قوانین جهانی محیط زیست سخت تر می شوند، توجه به نگرانی های زیست محیطی باید در مراحل اولیه توسعه محصول مورد توجه قرار گیرد. از جمله مزایای فرآیندهای بدون حلال می توان به صرفه جویی در هزینه،

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات

آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی

و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



کاهش مصرف انرژی، کاهش زمان واکنش و کاهش در اندازه راکتور و سرمایه گذاری اشاره کرد. محدودیت هایی نیز برای واکنش های حساس به نوع حلال و غلظت وجود دارد با این حال، مزایای زیست محیطی بالقوه و انگیزه اقتصادی، تقاضای قابل توجهی برای چنین فرآیندهایی ایجاد کرده است [۵].

یکی از چالش های اصلی شیمی دانان قرن بیست و یکم توسعه فرآیندهای پایداری است که خطری برای بشریت و محیط زیست نداشته باشد. در این راستا، یافتن جایگزین های کارآمدتر و پاک تر برای دستیابی به فعال سازی شیمیایی مولکول های دخیل در تغییرات شیمیایی، در سال های اخیر برجسته تر شده است. استفاده از تابش امواج میکروویو و فعال سازی مکانیکی شیمیایی در بسیاری از آزمایشگاه ها رواج یافته است. با این وجود، یک شرط اضافی برای دستیابی به فرآیندهای "سبز"، بهره وری یا صرفه جویی اتمی است [۶].

### ۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

#### ۲-۱- انواع آسیاب

در گذشته از آسیاب های بادی، آبی و آسیاب هایی که نیروی محرکه آن ها انسان یا چهارپایان بودند و در تاریخ کشور عزیزمان ایران نیز وجود دارند استفاده می شد، آسیاب های مورد استفاده در صنعت شامل آسیاب هایی با بدنه ای لوله ای شکل یا مخروطی شکل در ابعاد بزرگ هستند و هر یک دارای یک یا چند بخش با دیواره های جداکننده بخش های مختلف با ذراتی با اندازه های متفاوت ایجاد شده هستند که در نوع اول آن از گوی های گلوله ای یا میله های توپر ولی در آسیاب های مخروطی شکل فقط از گلوله ها با اندازه های متفاوت بسته به اندازه ذرات مورد نیاز استفاده می شود. انواع آسیاب های مورد استفاده عبارتند از: آسیاب گلوله ای ساده (Ball mill or Tube mill) [۷]، آسیاب گلوله ای سیاره ای (Planetary ball mill)، آسیاب گلوله ای ارتعاشی (Vibration)، مخلوط کن (Mixer) یا لرزاننده (Shaker)، آسیاب گلوله ای ارتعاشی همراه با سیستم خنک کننده نیتروژنی (Cryomill)، آسیاب گلوله ای هم زن یا سایشی (Stirring or attritor mill)، آسیاب میله ای (Pin mill)، آسیاب غلتکی (Rolling mill)، و آسیاب گلوله ای غلتکی (Rolling ball mill) که شکل شماتیک و طرحواره آنها در شکل (۱) آورده شده است [۸]. آسیاب های گلوله ای خنک شونده جهت پودر کردن مواد و محصولات واکنش حساس به دما، مواد منفجره و مواد دارای قابلیت ارتجاع (لاستیک یا الاستیک) استفاده می شود.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۱. انواع آسیاب گلوله‌ای با انرژی بالا A. آسیاب گلوله‌ای B. آسیاب سیاره‌ای C. آسیاب ارتعاشی D. آسیاب همزنی یا سایشی E. آسیاب میله‌ای F. آسیاب غلتکی

### ۱-۱-۲- انواع همزن

همزن‌هایی که در آزمایشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتند از: همزن شیشه‌ای، همزن مکانیکی دستی یا برقی و همزن مغناطیسی؛ در این قسمت انواع همزن به این دلیل آورده شده که آسیاب‌های گلوله‌ای مورد استفاده برای کارهای تحقیقاتی نیز از یک جنبه کار همزدن را همراه با خرد کردن و پودر کردن مواد انجام می‌دهند که این دستگاه در حقیقت دو وظیفه انجام می‌دهد، یکی افزایش سطوح انجام واکنش با خرد کردن و پودر کردن مواد و دیگری مخلوط کردن سریع آن‌ها. طبق نظریه برخورد دو عامل افزایش سرعت واکنش می‌باشند.

### ۲-۲- انواع آسیاب‌های گلوله‌ای مورد استفاده در آزمایشگاه

از بین آسیاب‌های مطرح شده در بخش (۱-۲)، آسیاب‌های گلوله‌ای ارتعاشی، مخلوط‌کن، سیاره‌ای، ارتعاشی خنک-شونده، غلتکی و همزن در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی استفاده می‌شوند که بیشترین استفاده‌ها به آسیاب‌های گلوله‌ای ارتعاشی و آسیاب‌های گلوله‌ای سیاره‌ای مربوط می‌شود.

### ۱-۲-۲- آسیاب گلوله‌ای

آسیاب گلوله‌ای نوعی آسیاب و روشی مکانیکی است که برای مخلوط کردن مواد یا آسیاب کردن و به دست آوردن پودرهایی با ذرات ریز است و بر اساس اصل ضربه و ساییدگی کار می‌کند. افزایش دما در طول آسیاب عمدتاً به دلیل برخورد توپ به توپ، توپ به پودر و برخورد توپ به دیوار و همچنین اثرات اصطکاک است. جنس واسطه‌های آسیاب یا توپ‌ها می‌تواند از فولاد (فولاد کروم)، فولاد ضد زنگ، سرامیک یا لاستیک باشد [۹، ۱۰]. آسیاب‌های گلوله‌ای سیاره‌ای



از لحاظ قرارگیری ظروف لیوانی شکل روی دستگاه آسیاب، در دو نوع افقی و عمودی و از لحاظ تعداد ظروف دستگاه، از یک یا تعداد زوجی از ظروف لیوانی شکل موجود می باشند.

در روش های مرسوم، واکنش دهنده ها توسط مولکول های حلال از هم جدا می شوند. اما در این روش، واکنش دهنده ها با استفاده از نیروهای مکانیکی در آسیاب گلوله ای باهم مخلوط می شوند و در نتیجه مخلوطی بی شکل آژ همه معرف ها و سطح وسیعی برای انجام واکنش ایجاد می شود [۱۱]. آسیاب گلوله ای برای برانگیختن واکنش های شیمیایی و آلیاژسازی در انواع مخلوط های پودری استفاده شده است و هنگام استفاده برای تهیه مواد معدنی یا آلی، این فرآیند، سنتز مکانیکی شیمیایی نامیده می شود [۱۲].

### ۲-۲-۲- عوامل موثر در آسیاب کردن و واکنش های مکانوشیمیایی

این عوامل شامل دو نوع شیمیایی و مکانیکی می باشند که به ترتیب آورده شده است:

عوامل شیمیایی موثر عبارتند از: کاتالیزورها، افزودنی هایی مانند بازها و جنس مواد واکنش دهنده ها که البته خود کاتالیزورها می توانند کاتالیزورهای فلزی به صورت افزودنی و یا به صورت جنس فلزی ظرف های آسیاب یا گوی های گلوله ای یا به صورت کاتالیزورهای طبیعی شامل آنزیم ها به عنوان افزودنی در روند واکنش های مکانوشیمیایی تاثیر گذار باشند [۱۳]. همانگونه که بسیاری از واکنش های انجام گرفته در آسیاب های گلوله ای بدون حلالند، بدون کاتالیزور هم هستند.

عوامل مکانیکی (تکنیکی و فرآیندی) موثر شامل: کمک آسیاب ها یا ساینده ها (به عنوان افزودنی)، فرکانس چرخش یا نوسان، زمان واکنش (کار دوره ای یا متناوب دستگاه)، نوع دستگاه آسیاب، اندازه و تعداد گوی های گلوله ای، جنس گوی ها و ظرف آسیاب نسبت به جنس موادی که آسیاب می شود، مقدار گوی مورد استفاده برای حجم مشخصی از ظرف آسیاب و اینکه مرحله ای یا متناوب بودن عمل آسیاب و همزنی مخلوط [۱۰، ۱۴-۱۷]. کمک آسیاب ها جهت جلوگیری از چسبیدگی مواد پودر شده و جلوگیری از گیرانداخته شدن گوی ها در بین ذرات به هم چسبیده به دلایل جاذب رطوبت بودن، باراستاتیکی و ناهمگن بودن ذرات استفاده می شوند که می توانند از جنس  $\text{SiO}_2$  (شیشه یا شن کوارتز)،  $\text{SiC}$  (کاربیدسیلیکون)،  $\text{B}_4\text{C}$  (کاربیدبرن)،  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (کرنوم) و  $\text{WC}$  (کاربیدتنگستن) باشند [۴، ۱۶].

### ۲-۲-۳- مزایا و معایب آسیاب گلوله ای

مزایای این روش عبارتند از: قابلیت اطمینان و ایمنی، سادگی خدمات، اقتصادی و سازگار با محیط زیست، مناسب برای واکنش های تک طرفی و واکنش های حوزه شیمی سبز (به خصوص واکنش های چند جزئی با حالت جامد)، مناسب



برای هر درجه سختی از مواد، مناسب برای آسیاب مواد منفجره و بالا بودن بازده واکنش نسبت به زمانی که حلال استفاده می شود.

از معایب این دستگاه و روش می توان به مواردی مانند: صدای بلند دستگاه حین کار، هزینه بالای خرید دستگاه، زمان نسبتاً طولانی آسیاب (به دلیل در امان ماندن مخلوط از مضرات افزایش دمای ظرف و محتویات آن)، آلودگی محصول به دلیل سایش گلوله ها و دیواره ظرف آسیاب اشاره کرد [۹، ۱۰، ۱۸].

### ۲-۲-۴- مقایسه بهینه مصرف انرژی

آسیاب گلوله ای مخلوط کن (mixer) < آسیاب گلوله ای سیاره ای < آسیاب گلوله ای ارتعاشی < اولتراسوند (دستگاه فراصوت) << مایکروویو [۱۰]

در حالت کلی برای اینکه یک دستگاه آسیاب، بهترین بهینه مصرف انرژی را داشته باشد بهتر است تقریباً فقط ۳۰ درصد از حجم ظرف با گوی های گلوله ای پر شود. برای واکنش در آسیاب های گلوله ای ارتعاشی، معمولاً فقط از یک یا دو گوی استفاده می شود [۱۹].

### ۲-۳- مثال هایی از واکنش هایی که در آن ها از آسیاب های گلوله ای استفاده شده است :

واکنش های تراکمی (نونگل؛<sup>۲۴</sup>سوزوکی،<sup>۲۴</sup>سونوگاشیرا،<sup>۲۴</sup>سوزوکی-میاورا،<sup>۲۴</sup>بیگینلی<sup>۴۵</sup> و ... [۱۵، ۲۰-۲۳]، واکنش های آلی کاتالیز شده با فلز، واکنش های هسته دوست، واکنش های آبشاری، واکنش های دیلز-آلدر،<sup>۴۶</sup> واکنش های اکسیداسیون-احیا، واکنش های هالوژناسیون و آمینو هالوژناسیون، تشکیل کالیکسارن ها،<sup>۴۷</sup> روتاکسان ها<sup>۴۸</sup> و ترکیبات قفسی<sup>۴۹</sup> تغییرات ترکیبات فعال بیولوژیکی و سنتز نامتقارن [۲۴، ۲۵].

### ۳- نتیجه گیری

2 - Knoevenagel	4	1
2 - Suzuki	4	2
2 - Sonogashira	4	3
2 - Suzuki-Miyaura	4	4
2 - Biginelli	4	5
2 - Diels-Alder	4	6
2 - Calixarenes	4	7
2 - Rotaxanes	4	8
2 - Cage compounds	4	9





آسیاب گلوله ای یک دستگاه ضروری برای مخلوط کردن، آسیاب کردن، آماده سازی نمونه کوچک، پراکندگی مواد نانو، توسعه محصول جدید و تولید دسته ای کوچک از مواد با تکنولوژی بالا، عملکرد کامل و با راندمان بالا است. این یک فرآیند ساده، بسیار سریع، اقتصادی و سازگار با محیط زیست برای آسیاب و همچنین سنتز مواد است زیرا برخلاف سنتز به روش سنتی، واکنشی که در آسیاب گلوله ای با سرعت بالا انجام می شود لزوماً به حلال نیاز ندارد. آسیاب گلوله ای ابزاری ایده آل برای موسسات تحقیقاتی-علمی، دانشگاه ها و آزمایشگاه های سازمانی برای به دست آوردن نمونه های تحقیقاتی با ذرات در ابعاد میکرو است.

#### تقدیر و تشکر

تشکر از راهنمایی های استاد راهنمای محترم، جناب پروفیسور فاروق نصیری که در تمام مراحل انجام این پروژه من را راهنمایی نمودند، همچنین تشکر از خانم دکتر لیلا صباحی آقاباقر که در عنوان مشاور راهنما، در تهیه این مقاله مروری راهنمایی کردند.

#### منابع

- [<sup>۱</sup>]Anastas, P.Eghbali, N., (2010) *Chemical Society Reviews*. 39(1): 301-312.
- [<sup>۲</sup>]Obst, M.König, B., (2018) *European Journal of Organic Chemistry*. 2018(31): 4213-4232.
- [<sup>۳</sup>]Claramunt, R.M., López, C., Sanz, D., Elguero, J., (2014), *Academic Press*. p. 117-143.
- [<sup>۴</sup>]Kaupp, G., (2009) *CrystEngComm*. 11(3): 388-403.
- [<sup>۵</sup>]Walsh, P.J., Li, H., de Parrodi, C.A., (2007) *Chemical reviews*. 107(6): 2503-2545.
- [<sup>۶</sup>]Avila-Ortiz, C.G.Juaristi, E., (2020) *Molecules*. 25(16): 3579.
- [<sup>۷</sup>]Guo, S., Wang, J., Wei, J., Zachariades, P., (2014) *Energy conversion and management*. 80: 10-19.
- [<sup>۸</sup>]Baláz, P., Achimovičová, M., Baláz, M., Billik, P., Cherkezova-Zheleva, Z., Criado, J.M., Delogu, F., Dutková, E., Gaffet, E., Gotor, F.J., (2013) *Chemical Society Reviews*. 42(18): 7571-7637.
- [<sup>۹</sup>]Neikov, O.D., Naboychenko, S., Yefimov, N., Neikov, O., (2019) *Handbook of Non-Ferrous Metal Powders; Neikov, OD, Naboychenko, SS, Murashova, IV, Gopienko, VG, Frishberg, IV, Lotsko, DVS, Eds*: 63-79.
- [<sup>۱۰</sup>]Stolle, A., Szuppa, T., Leonhardt, S.E., Ondruschka, B., (2011) *Chemical Society Reviews*. 40(5): 2317-2329.
- [<sup>۱۱</sup>]M'Hamed, M.O.Alduaij, O.K., (2016) *Asian Journal of Chemistry*. 28(3): 543.
- [<sup>۱۲</sup>]Bakhshai, A., Pragani, R., Takacs, L., (2002) *Metallurgical and Materials Transactions A*. 33(11): 3521-3526.
- [<sup>۱۳</sup>]Haley, R.A., Mack, J., Guan, H., (2017) *Inorganic Chemistry Frontiers*. 4(1): 52-55.
- [<sup>۱۴</sup>]Schmidt, R., Burmeister, C.F., Baláz, M., Kwade, A., Stolle, A., (2015) *Organic Process Research & Development*. 19(3): 427-436.
- [<sup>۱۵</sup>]Trotzki, R., Hoffmann, M.M., Ondruschka, B., (2008) *Green Chemistry*. 10(7): 767-772.
- [<sup>۱۶</sup>]Rinaldi, L., Martina, K., Baricco, F., Rotolo, L., Cravotto, G., (2015) *Molecules*. 20(2): 2837-2849.
- [<sup>۱۷</sup>]Konnert, L., Gauliard, A., Lamaty, F., Martinez, J., Colacino, E., (2013) *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 1(9): 1186-1191.
- [<sup>۱۸</sup>]Ould M'hamed, M., (2015) *Synthetic Communications*. 45(22): 2511-2528.
- [<sup>۱۹</sup>]Pickhardt, W., Grätz, S., Borchardt, L., (2020) *Chemistry—A European Journal*. 26(57): 12903-12911.
- [<sup>۲۰</sup>]Schneider, F., Szuppa, T., Stolle, A., Ondruschka, B., Hopf, H., (2009) *Green Chemistry*. 11(11): 1894-1899.
- [<sup>۲۱</sup>]Fulmer, D.A., Shearouse, W.C., Medonza, S.T., Mack, J., (2009) *Green Chemistry*. 11(11): 1821-1825.
- [<sup>۲۲</sup>]Shahid, A., Ahmed, N.S., Saleh, T.S., Al-Thabaiti, S.A., Basahel, S.N., Schwiager, W., Mokhtar, M., (2017) *Catalysts*. 7(3): 84.



[۲۳] Sahoo, P.K., Bose, A., Mal, P., (2015) *European Journal of Organic Chemistry*. 2015(32): 6994-6998.

[۲۴] El-Sayed, T.H., Aboelnaga, A., El-Atawy, M.A., Hagar, M., (2018) *Molecules*. 23(6): 1348.

[۲۵] Thorwirth, R., Bernhardt, F., Stolle, A., Ondruschka, B., Asghari, J., (2010) *Chemistry—A European Journal*. 16(44): 13236-13242.

## طراحی و ساخت اتاقک یونش محفظه باز برای اندازه گیری غلظت رادون هوا

سید سالار خاتمی کلخوران، مهسا نوری اصل\*، محمد حمدی پور

گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

پست الکترونیکی: nooriasl.mahsa@gmail.com

### چکیده

حضور رادون ( $^{222}\text{Rn}$ ) و دختران پرتوزای آن در هوای محیط زیست می تواند یکی از مهم ترین عوامل تأثیرگذار بر روی سلامت بشر باشد. از این رو دسترسی به ابزارهای اندازه گیری مناسب جهت آگاهی از سطح رادون در محیط های مختلف از اهمیت بسیاری برخوردار است. هدف این مطالعه، طراحی و ساخت یک اتاقک یونش محفظه باز برای سنجش میزان غلظت رادون و دختران آن در هوای محیط می باشد. سیستم آشکارسازی طراحی شده، یک اتاقک یونش استوانه ای عمل کننده به روش پالسی است. علاوه بر اندازه گیری غلظت رادون، سیستم طراحی شده، امکان اندازه گیری دما، فشار، رطوبت و زمان و تاریخ دقیق را برای هر پالس ثبت شده داراست. در این پژوهش، به معرفی مشخصات و توصیف عملکرد این اتاقک یونش خواهیم پرداخت. کلمات کلیدی: رادون، اتاقک یونش، مد پالسی، تقویت الکترونیکی، توزیع پواسونی.



## مقدمه

آشکارساز رادون، عنصر اصلی سیستم کنترل مشخصات تابش زمینه‌ی محیطی است. برای افزایش حساسیت، لازم است محفظه‌ی گازی از حجم به اندازه‌ی کافی بزرگ برخوردار باشد. ذرات آلفای گسیل شده در واپاشی رادون و دختران آن [۱] به هنگام عبور از هوای داخل محفظه‌ی گازی، از طریق تولید جفت‌های الکترون-یون (یون‌های مثبت و منفی)، انرژی خود را از دست می‌دهند. یون‌های مثبت و منفی تولید شده، در اثر میدان الکتریکی موجود در داخل محفظه به ترتیب به سمت کاتد (الکتروود منفی) و آند (الکتروود مثبت) شروع به حرکت می‌کنند. در نهایت، با جمع‌آوری یون‌های تولید شده در برهم‌کنش‌های یک تک ذره‌ی آلفا، یک جریان ضعیف در مدار اندازه‌گیری و در نتیجه، یک پالس الکتریکی کم دامنه در خروجی سیستم تولید خواهد شد. به دلیل ارتفاع کم پالس‌های تولیدی، لازم است این پالس‌ها قبل از ثبت شدن توسط یک تقویت‌کننده‌ی خارجی، به حدی که قابل خواندن باشند، تقویت شوند [۲ و ۳]. اتافک یونش طراحی شده در این مطالعه، یک اتافک محفظه باز است. از این رو، لازم است برخی تمهیدات اضافی جهت کاهش سطح نویز در ساختار آن نسبت به سایر اتافک‌های یونش انجام شود. در این محفظه از هوا به عنوان گاز پرکننده استفاده می‌شود. در ادامه، به بررسی عملکرد این اتافک یونش در اندازه‌گیری غلظت رادون محیط می‌پردازیم.

## ۲- روش‌شناسی تحقیق

سیستم آشکارسازی طراحی شده در این مطالعه، یک اتافک یونش محفظه باز عمل‌کننده به روش پالسی است. این اتافک یونش شامل یک کاتد استوانه‌ای از جنس استیل (طول ۴۰cm، قطر ۱۰ cm و ضخامت ۱/۵ mm) و یک سیم آندی از جنس برنج (طول ۳۲ cm و قطر ۲ mm) است، که توسط دو نگهدارنده‌های پلاستیکی بر روی محور کاتد استوانه‌ای ثابت نگه داشته شده است. همچنین، در پشت دستگاه یک دریچه‌ی دایره‌ای به قطر ۴ cm به منظور تعبیه فن طراحی شده است، تا قبل از اندازه‌گیری در هر محیط هوای موجود داخل محفظه را که از محیط قبلی در آن باقی مانده، تهویه کند. علاوه بر این، سیستم آشکارسازی طراحی شده مجهز به یک تقویت‌کننده (برای افزایش ارتفاع پالس‌های ضعیف تولید شده)، تبعیضگر (برای تنظیم یک سطح آستانه‌ی پذیرش ارتفاع پالسی و حذف پالس‌های نویزی) و نیز مجهز به سنسورهای دما، فشار و رطوبت (جهت بررسی اثر این سه عامل بر روی نتایج اندازه‌گیری‌ها) همراه با ثبت دقیق زمان و تاریخ پالس‌ها می‌باشد. اطلاعات دقیق مربوط به هر پالس ثبت شده در کارت حافظه‌ی تعبیه شده در سیستم، در یک فایل خروجی با نام RES.csv، ذخیره شده و همزمان شکل پالس در صفحه‌ی نمایش دستگاه اسیلوسکوپ متصل به سیستم آشکارسازی قابل مشاهده می‌باشد. همچنین، برای جلوگیری از ورود نویزهای الکترومغناطیسی، اتافک یونش طراحی شده در داخل یک حفاظ آهنی قرار داده می‌شود. شکل ۱، تصویری از نمای داخلی و خارجی اتافک یونش طراحی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شده را نشان می دهد.



شکل ۱. تصویری از نمای داخلی (اتافک یونش+مدارات الکترونیکی) و نمای بیرونی سیستم آشکارساز طراحی شده.

#### ۴- نتایج تحقیق

شکل ۲ (الف)، دو نمونه از پالس های بدست آمده از اتافک یونش طراحی شده نشان می دهد. در این شکل که از دستگاه اسیلوسکوپ متصل به سیستم گرفته شده، مشاهده می شود که شکل پالس های نویزی پهن و متقارن است، در حالی که پالس های رادون دارای قله ی بلند، خیزش سریع و افت تقریباً نمایی می باشند. همچنین، طول پالس های رادون بدست آمده از این سیستم در حدود  $110\text{ms}$  می باشد. نشانگر پالس که با رنگ سبز در شکل مشخص شده است، فقط پالس هایی که دارای ارتفاعی بیش از سطح نشانگر هستند را به عنوان "پالس رادون" شناسایی می کند.

اولین گام در استفاده از آشکارسازهای گازی، تعیین بهترین ناحیه ی ولتاژی برای عملکرد این سیستم هاست. برای دستیابی به این منظور، شکل و ارتفاع پالس ها و نویزهای به دست آمده برای ولتاژهای  $300\text{V}$  تا  $1900\text{V}$  مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که ناحیه ی ولتاژی  $1400\text{V}$  -  $900\text{V}$  با داشتن کمترین سطح نویز (تقریباً  $0/4$ ) و بالاترین نسبت سیگنال به نویز (تقریباً  $13$ )، مناسب ترین ناحیه ی ولتاژی برای عملکرد سیستم طراحی شده می باشد. همچنین، با توجه به این که در این محدوده ی ولتاژی، نسبت سیگنال به نویز در ولتاژ  $1300\text{V}$  به بیشینه مقدار خود ( $17/66$ ) می رسد، در اندازه گیری های بعدی از این ولتاژ به عنوان ولتاژ اعمال شده به سیستم استفاده می شود.

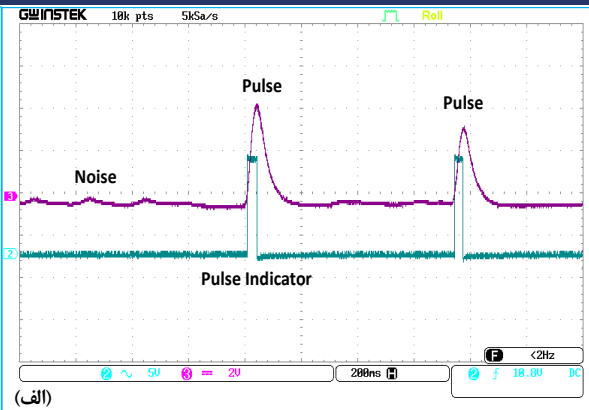
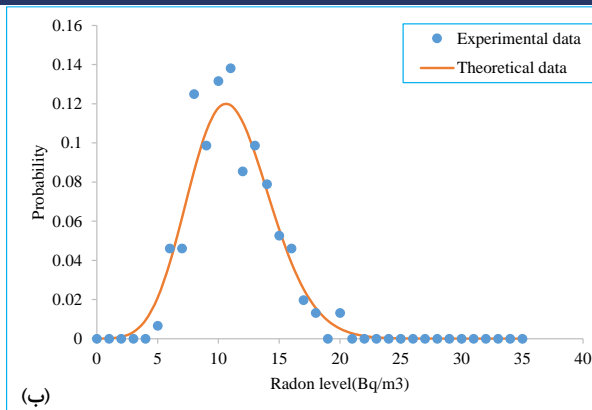
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۲. (الف) دو نمونه از پالس های خروجی اتاقک یونش طراحی شده. (ب) مقایسه توزیع داده های تجربی با توزیع پواسونی.

در مرحله ی بعد، برای بررسی توانایی سیستم طراحی شده در سنجش غلظت رادون، اندازه گیری ها در سه مکان مختلف، آزمایشگاه میکروالکترونیک و نانوساختارها، آزمایشگاه الکترونیک و محوطه دانشکده علوم دانشگاه محقق اردبیلی، انجام شد. نتایج این اندازه گیری ها نشان داد که برای رسیدن به مقادیر تعادلی غلظت و کاهش پراکندگی داده ها، زمان توقف حدود ۶۰ دقیقه برای شروع اندازه گیری ها و حداقل زمان ۲۰ دقیقه برای هر اندازه گیری در یک مکان خاص نیاز می باشد. همچنین، غلظت رادون اندازه گیری شده برای هوای آزاد در محوطه دانشکده علوم حدود  $10-20 \text{ Bq/m}^3$  بدست آمد، که با مقدار اعلام شده از سوی سازمان جهانی بهداشت ( $10-20 \text{ Bq/m}^3$ ) توافق دارد. علاوه بر این، نشان داده شد که داده های حاصل از اندازه گیری ها به خوبی از توزیع پواسونی پیروی می کنند (شکل ۲ (ب))، که نشان از اعتبار داده ها و اندازه گیری ها و همچنین عملکرد صحیح سیستم اندازه گیری طراحی شده دارد.

#### ۴- نتیجه گیری

براساس نتایج بدست آمده از این مطالعه، اتاقک یونش طراحی شده، دارای کارایی لازم جهت سنجش میزان غلظت رادون و دختران آن در محیط های مختلف می باشد. لازم به ذکر است، مفاهیم عملکردی این دستگاه توسط دکتر نوری اصل، طراحی مدارات و ساخت دستگاه توسط دکتر حمدی پور و اندازه گیری ها توسط آقای خاتمی انجام شده است.

#### ۵- منابع

- [1] Yu.M. Gavriluyk, A.M. Gangapshev, A.M. Gezhaev, R.A. Etezov, V.V. Kazalov, V.V. Kuzminov, S.I. Panasenko, S.S. Ratkevich, D.A. Tekueva, S.P. Yakimenko, (2015) High-resolution ion pulse ionization chamber with air filling for the  $^{222}\text{Rn}$  decays detection, Nucl Instr Meth, A 801 27-33.
- [2] Glenn F. Knoll, Radiation detection and measurement, (2002) Wiley, New York.
- [3] N. Soulfanidis, Measurement and Detection of Radiation, (1983) McGraw-Hill, New York.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## اندازه گیری غلظت رادون هوا با استفاده از اتاقک یونش پالسی

حسین حسینی فر، مهسا نوری اصل\*، محمد حمدی پور

گروه فیزیک، دانشکده ی علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

پست الکترونیکی : [nooriasl.mahsa@gmail.com](mailto:nooriasl.mahsa@gmail.com)

### چکیده

رادون یک گاز رادیواکتیو است که بو، رنگ و مزه ندارد و از واپاشی طبیعی اورانیوم تولید می شود که در تمام سنگ ها و خاک ها و همچنین در آب و هوا یافت می شود. گاز رادون از زمین به سمت هوا می رود، که در آنجا واپاشی نموده و ذرات رادیواکتیو بیشتری تولید می کند. همانطور که ما نفس می کشیم، این ذرات روی سلول های پوشاننده ی راه های هوایی رسوب می کنند و می توانند به DNA آسیب رساننده و به طور بالقوه باعث سرطان ریه شوند. هدف این پژوهش، اندازه گیری میزان آلاینده های رادیواکتیو موجود در هوا در چند نقطه از دانشکده ی علوم دانشگاه محقق اردبیلی با استفاده از یک اتاقک یونش پالسی طراحی شده می باشد.  
کلمات کلیدی: اتاقک یونش پالسی، واپاشی رادیواکتیو، گاز رادون.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

میزان گاز رادیواکتیو رادون ( $^{222}\text{Rn}$ ) در خارج از منزل به سرعت به غلظت های بسیار کم می رسد و به طور کلی مشکلی ایجاد نمی کند. متوسط سطح رادون در فضای باز از  $5 \text{ Bq/m}^3$  تا  $15 \text{ Bq/m}^3$  متغیر است. با این حال، غلظت رادون در داخل خانه و در مناطقی با حداقل تهویه بالاتر است و بالاترین میزان آن در مکان هایی مانند معادن، غارها و تأسیسات تصفیه آب یافت می شود. در ساختمان هایی مانند خانه ها، مدارس و ادارات، سطح رادون می تواند از  $10 \text{ Bq/m}^3$  تا بیش از  $10000 \text{ Bq/m}^3$  متفاوت باشد. با توجه به بی بو و بی مزه بودن رادون، ساکنان چنین ساختمان هایی ممکن است ناآگاهانه در سطوح بسیار بالای رادون زندگی یا کار کنند. خطر ابتلا به سرطان ریه به ازای افزایش  $100 \text{ Bq/m}^3$  در غلظت متوسط طولانی مدت رادون، حدود ۱۶٪ افزایش می یابد. خطر سرطان ریه متناسب با افزایش قرار گرفتن در معرض رادون افزایش می یابد. احتمال ابتلا به این سرطان در افراد سیگاری بسیار بیشتر است، طوری که برآورد شده، سیگاری ها ۲۵ برابر بیشتر از افراد غیرسیگاری در معرض خطر رادون قرار دارند [۱]. خاک و بستر زمین، حاوی مقادیر مختلفی از اورانیوم می باشد. رادون محصول واپاشی رادیوم ( $^{226}\text{Ra}$ ) است و هر دو عنصر اعضای سری اورانیوم ( $^{238}\text{U}$ ) هستند. رادون و فرزندان آن در همه خانه ها وجود دارند، زیرا رادیوم در مصالح ساختمانی و همچنین در خاک وجود دارد. درک وجود و فرآیند تولید و مهاجرت رادون از مصالح ساختمانی به فضای داخلی بسیار مهم است، زیرا به ۵۵٪ از کل دز تابشی دریافتی جمعیت از محیط کمک می کند [۲]. در این مطالعه قصد داریم، با استفاده از اتاقک یونش پالسی طراحی شده برای سنجش آلاینده های رادیواکتیو محیطی، به بررسی سطح رادون در چند مکان مختلف از دانشکده ی علوم دانشگاه محقق اردبیلی بپردازیم.

### ۲- روش شناسی پژوهش

در این پژوهش، اندازه گیری گاز رادیواکتیو رادون با استفاده از دستگاه اتاقک یونش پالسی که اصول کار آن در

مرجع [۳] به



طور کامل توضیح داده شده است، صورت می پذیرد. این دستگاه که تصویر آن در شکل ۱ نشان داده شده، قادر است میزان گازهای آلایندهی رادیواکتیو موجود در هوا یا هر محیط گازی دیگر را اندازه گیری نماید. دستگاه مذکور علاوه بر اندازه گیری گاز رادون، میزان فعالیت رادیواکتیو سایر هسته های آلفا، از جمله دختران رادون را نیز اندازه گیری می کند. علاوه بر این، این دستگاه می تواند پارامترهای محیطی از جمله فشار، دما و رطوبت محیط را که بر عملکرد دستگاه یا میزان گاز رادون تأثیر می گذارند و همچنین، زمان و تاریخ دقیق هر واپاشی ثبت شده را اندازه گیری کند.



شکل ۱. نمای بیرونی دستگاه اتاقک یونش پالسی مورد استفاده در این پژوهش به همراه تصویری از صفحه نمایش این دستگاه.

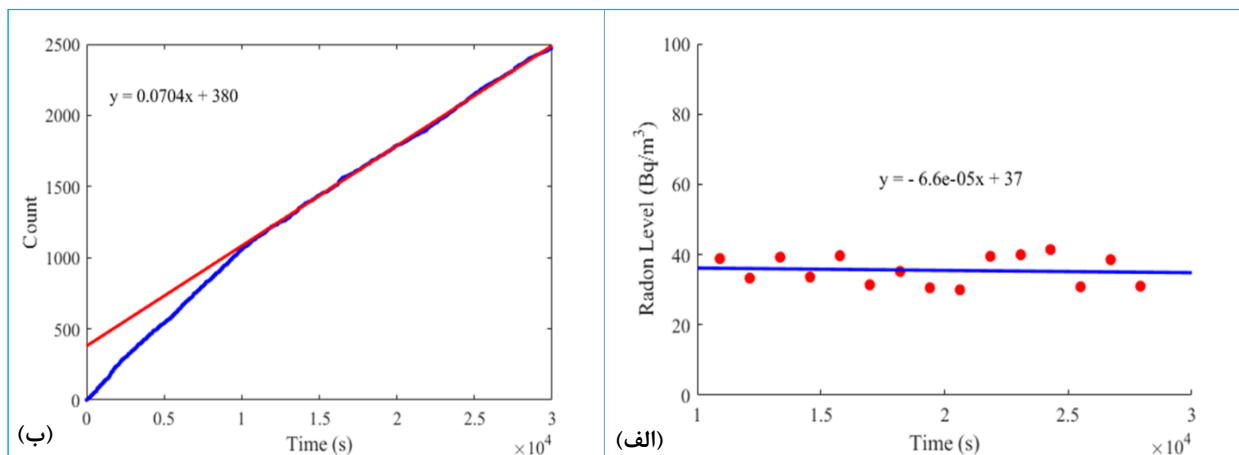
### ۳- نتایج پژوهش

برای سنجش آلاینده های رادیواکتیو، دستگاه در مکان مورد نظر قرار داده می شود. پس از شروع به کار دستگاه باید مدت زمانی، حدود نیم الی چند ساعت صبر کنیم تا سیستم به تعادل برسد. داده های ثبت شده در این بازه مربوط به تاریخچه ی سیستم هستند و ارتباط کمی با میزان آلاینده های رادیواکتیو محیط مورد نظر دارند. پس از رسیدن به تعادل، به مدت ۴ ساعت و ۲۶ دقیقه اندازه گیری انجام گرفت. شکل ۲ (الف) نتایج به دست آمده از دستگاه را برای قبل و بعد از تعادل نشان می دهد. برای قسمت تعادلی خط برازش بر داده ها نیز رسم شده است. با استفاده از شیب این خط می توان میزان آلاینده های رادیواکتیو را محاسبه نمود که در اینجا میزان آلاینده ها برابر با  $35/3 \text{ Bq/m}^3$  به دست می آید. در شکل ۲ (ب) داده های سیستم پس از رسیدن به تعادل به بازه های ۲۰ دقیقه ای تقسیم شده و میانگین هر ۲۰ دقیقه در شکل با یک دایره ی کوچک مشخص شده است. خط برازش برای این نمودار نیز رسم شده است که نشان می دهد داده ها پراکندگی کمی نسبت به خط برازش دارند. میانگین کل داده های مذکور میزان آلاینده های رادیواکتیو را برابر با  $35/4 \text{ Bq/m}^3$  به دست می دهد و انحراف معیار این داده ها برابر با  $5/2$  می باشد. اندازه گیری ها در نقاط مختلف تکرار شده و نتایج برخی از آن ها در جدول (۱) به صورت خلاصه نشان داده شده است.

### ۴- نتیجه گیری



بر اساس نتایج به دست آمده در این مطالعه، سطح رادون در همه طبقات دانشکده ی علوم کمتر از حد مجاز اعلام شده توسط سازمان جهانی بهداشت است. همچنین، سطح رادون طبقه ی همکف به صورت معناداری از سایر طبقات بیشتر است که دلیل آن نیز نزدیکی به خاک زمین، که منبع اصلی رادون است، می باشد.



شکل ۲: (الف) میزان شمارش های آلاینده های رادیواکتیو آلفا بر حسب زمان به همراه خط برازش شده بر قسمت تعادلی سیستم. (ب) میانگین گازهای آلاینده در هر ۲۰ دقیقه پس از به تعادل رسیدن سیستم.

جدول ۱: داده های اندازه گیری شده در مکان های مختلف دانشکده علوم دانشگاه محقق اردبیلی.

مکان	مدت زمان اندازه گیری (دقیقه)	میانگین اندازه گیری ها	انحراف استاندارد
حیاط دانشکده	۷۵	۱۲/۴	۰/۳۵
طبقه ی همکف	۱۵۰	۴۵/۴	۳/۳
طبقه ی اول	۱۱۵	۱۵/۳	۴/۶
طبقه ی دوم	۱۱۵	۱۶/۷	۱/۸
طبقه ی سوم	۸۰	۲۳/۹	۲/۸
آزمایشگاه الکترونیک	۳۵۶	۳۵/۵	۴/۱
آزمایشگاه میکروالکترونیک	۱۶۵	۳۳۷/۲	۲۸/۲

منابع

- [1] World health organization report, (2021) Radon and health, online at [www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health](http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health).
- [2] UNSCEAR, (2000). United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: sources, effects and risks of ionizing radiation. New York, United Nations: Report to the General Assembly.





[۳] نول، گلن ف.، علیرضا صدر ممتاز (مترجم) مهسانوری اصل (مترجم)، (۱۳۹۲)، اندازه گیری و آشکار سازی تابش، انتشارات دانشگاه گیلان.

## اعمال نانو ذره اکسید کبالت (III) بر روی پوشش Ni-P بر پایه پوشش LDH

خاطره عبدی<sup>۱</sup>، دکتر داود سیف زاده<sup>۲\*</sup>

1- دانشگاه محقق اردبیلی، Khaterehabdi@uma.ac.ir

2- دانشگاه محقق اردبیلی، seifzadeh@uma.ac.ir

### چکیده

آلیاژهای منیزیم به دلیل سبکی و در عین حال استحکام بالا کاربردهای روزافزونی در صنایع هوا-فضا و لوازم قابل حمل پیدا کرده اند. متاسفانه مقاومت خوردگی کم این آلیاژها تا حد زیادی جلوی فراگیر شدن کاربردهای آنها را گرفته است. اعمال پوشش الکترولس نیکل یکی از راهکارهای شناخته شده برای ارتقاء مقاومت خوردگی این آلیاژها است. متاسفانه آبکاری الکترولس نیکل بر روی آلیاژهای منیزیم بسیار سخت است که دلیل آن عمدتاً فعالیت شیمیایی بالا و ناهمگونی الکتروشیمیایی سطح این آلیاژها می باشد. در کار پژوهشی اخیر اثر افزودن نانو ذره اکسید کبالت (III) بر روی پوشش Ni-P بر پایه پوشش LDH از نقطه نظر ترکیب شیمیایی، مورفولوژی، ریزساختار، خواص مکانیکی مورد مطالعه قرار گرفت.

کلمات کلیدی: آبکاری الکترولس - خوردگی - پوشش LDH<sup>۲</sup> - نانو ذره اکسید کبالت (III).

<sup>2</sup> .Double Layered Hydroxide

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



### 1- مقدمه

پوشش های الکترولس نانو کامپوزیتی، نوعی از پوشش های کامپوزیتی می باشند که ذرات جامد در ابعاد نانو به منظور ترسیب در سطح قطعه مورد نظر به روش غوطه وری در حمام الکترولس اعمال می شوند. در صورتی که نانوذرات جامد به عنوان فاز تقویت کننده به داخل محلول آبکاری بدون برق نیکل-فسفر اضافه گردد، به صورت چشمگیری باعث بهبود خواصی همچون خاصیت ضد خوردگی پوشش ها، سختی و خاصیت سایشی می شود [۱]. بکارگیری نانوذرات در داخل پوشش های کامپوزیتی به دلیل تنوع زیاد ذرات در مقیاس نانو رایج گردیده است که بطور گسترده ای در صنعت نفت، صنایع شیمیایی، صنایع هوایی، صنایع خودروسازی، رایانه، نساجی، غذایی و درمته های دندان پزشکی کاربرد دارند [۲ و ۳].

در سال های اخیر، نانومواد مغناطیسی به دلیل کاربرد آن ها در فناوری های ضبط مغناطیسی مورد توجه قرار گرفته است، از جمله این مواد اکسید کبالت است. نانوذره اکسید کبالت (پودری با رنگ خاکستری تیره دارای فرمول مولکولی  $(Co_2O_3)$  با جرم مولکولی  $g/mol$  ۷/۹۳۲ می باشد. این نانو ذره دارای چگالی  $g/cm^3$  ۶/۴۴، نقطه ذوب  $^{\circ}C$  ۹۰۰،  $pH=5/3-6/5$  و درجه خلوص ۹۹/۷ % می باشد که در جدول (۱) قابل ملاحظه است.

	1.5	Co	Cu	Fe	Ni	Mg	Mn	As	
۱-درجه خلوص		$< 73/65\%$							جدول نانوذره
	۹۹/۷ %	, $> 71/50\%$	ppm ۱۵۰	ppm ۳۲۰	ppm ۵۸۰	ppm ۵۰	ppm ۱۸۰	ppm ۳۹	

اکسید کبالت (III)

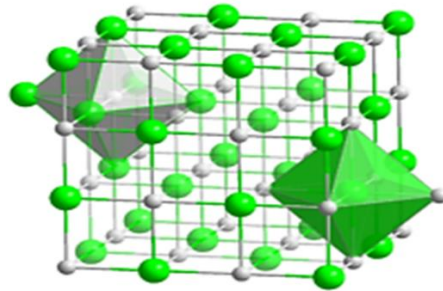
نانو ذرات اکسید کبالت (III) کروی با سطح تماس بالا هستند که معمولاً در اندازه های ۳۰-۱۰ نانومتر می باشند و دارای ساختار بلوری مکعبی (CF<sub>8</sub>) می باشند [۳].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۱- ساختار نانوذره اکسید کبالت (III)

### ۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

در سال های اخیر استفاده از نانوذرات توجه زیادی را در بسیاری از کاربردها به دست آورده است و پوشش های الکترولس نیز از این امر مستثنی نیستند. با ممزوج کردن نانوذرات مختلف به عنوان فاز دوم با ماتریس نیکل - فسفر می توان پوشش ها را از لحاظ خواصی همچون سختی، مقاومت سایشی و مقاومت خوردگی ارتقاء داد [۴و۵]. با بررسی منابع علمی به راحتی میتوان دریافت که در سال های اخیر محققان از نانوذرات مختلفی همچون نانوالماس،  $Si_3N_4$ ،  $Al_2O_3$ ،  $TiO_2$ ،  $SiO_2$ ،  $SiC$ ،  $WC$ ،  $TiC$ ،  $ZrO_2$ ،  $MoS_2$ ، ... برای ارتقاء خواص پوشش های الکترولس بر روی بسترهای مختلف استفاده کرده اند [۶و۷و۸].

### ۳- روش شناسایی تحقیق

در پژوهش حاضر، به منظور آماده سازی سطح، اعمال پیش تیمار و آبکاری از مواد شیمیایی زیر استفاده شده است: سولفات نیکل شش آب (۹۹٪ و Merck)، هیپوفسفیت سدیم تک آب (۹۹٪ و Loba chemie)، استات سدیم (۹۹/۵٪ و Merck)، بی فلورئید آمونیوم (۹۸٪ و Loba chemie)، اسید فلئوئوریک (۴۰٪ و Rankem)، سولفات مس پنج آب، تیواوره (Merck, extra pure)، آمونیاک (۳۰٪ و Rankem)، نانوذره اکسید کبالت (III) (۹۹٪/۷ و Nanoshel)، نیترات منیزیم شش آب (۹۹٪ و Merck)، نیترات آلومینیوم نه آب (۹۵٪ و Merck)، کربنات سدیم (۹۹/۹٪ و Lob chemie)، هیدروکسید سدیم (صنعتی)، کلرید سدیم (Merck)، استون (۹۹٪ و Atlas shimic) و آب مقطر. نمونه های فلزی بکار برده شده در پروژه حاضر به منظور انجام آبکاری، قطعات آلیاژ AM60B منیزیم می باشد. عملیات آماده سازی سطح، از عوامل مهم در آبکاری منیزیم می باشد چرا که اهمیت بسزایی دارد. روال عملیات پیش تیمار سطحی به این صورت است؛ ابتدا مراحل پیش تیمار سطحی صورت گرفت. بعد بر روی پیش تیمار LDH تهیه شده آبکاری نیکل - فسفر اعمال می شود. سپس، بعد از اساعت ۱/۰ گرم بر لیتر نانو ذره اکسید کبالت (III) به داخل حمام اضافه شد.

### ۴- مدل سازی، بررسی و تجزیه تحلیل داده ها (یافته ها)

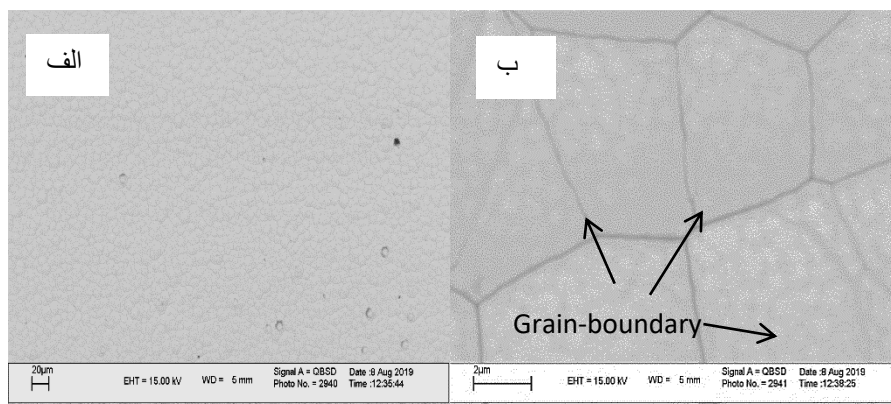




تصویربرداری میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ۲۵۱

الف- تصاویر مورفولوژی

تصاویر مورفولوژی سطح پوشش نانوکامپوزیتی حاوی نانوذرات اکسید کبالت (III) پس از ۳ ساعت آبکاری بر روی آلیاژ AM60B در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که از شکل ۲ (الف) مشخص است، پوشش اعمال شده بطور کامل سطح را پوشش داده است و گره ها به طور یکنواخت بر روی سطح پراکنده شده اند. علاوه بر این، تصویر با بزرگنمایی بالا شکل ۲ (ب) نشان می دهد که مرز بین دانه ها بصورت فشرده بوده و هیچ فاصله بین دانه های بین گره ها وجود ندارد.



شکل ۲- تصاویر SEM از پوشش نانوکامپوزیتی آبکاری شده در حمام آبکاری حاوی ۰/۱ گرم بر لیتر اکسید کبالت (III) در بزرگنمایی پایین (الف) و بالا (ب)

ب- تصویر قطاع عرضی

تصویر قطاع عرضی از پوشش نانوکامپوزیتی آبکاری شده در حمام الکترولس حاوی ۰/۱ گرم بر لیتر اکسید کبالت (III) در شکل ۳ آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود، ضخامت پوشش حدود ۱۳/۷ میکرومتر بوده و همچنین هیچ نقصی نظیر ترک یا ناپیوستگی در حدفاصل پوشش / فلز بستر مشاهده نمی شود.

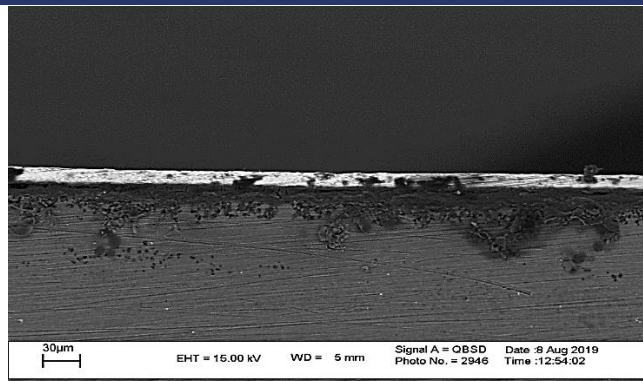
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

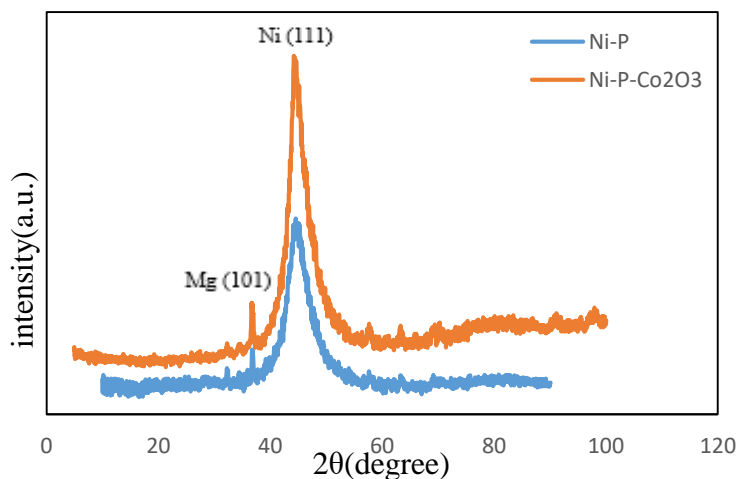
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳- تصویر قطاع عرضی از پوشش نانوکامپوزیتی آبکاری شده در حمام آبکاری حاوی ۰/۱ گرم بر لیتر اکسید کبالت (III)

### الگوهای (XRD) پوشش های اعمالی

الگوهای XRD از پوشش Ni-P و پوشش نانوکامپوزیتی اکسید کبالت (III) پس از ۳ ساعت آبکاری در شکل ۴ نشان داده شده است. پیک مشخصه نیکل (۱۱۱) به وضوح در حدود  $2\theta = 44^\circ$  درجه مشاهده می گردد [۹ و ۱۰]. همچنین پیک هایی در نواحی ۳۲/، ۳۴/۵، ۳۶/۷، ۴۷/۸، ۵۷/۴، ۶۳/۰، ۶۸/۸ و ۷۰/۱ درجه در الگوهای پراش پوشش Ni-P-  $\text{Co}_2\text{O}_3$  که مربوط به ساختار منیزیم در بستر آلیاژ است، قابل مشاهده است. دلیل وجود چنین پیک هایی را می توان به کمتر بودن ضخامت پوشش های اعمال شده نسبت به عمق نفوذ اشعه ی X ربط داد [۱۱ و ۱۲]. در این الگو پیک های مربوط به نانوذرات Ni-P-  $\text{Co}_2\text{O}_3$  احتمالاً به علت کم بودن غلظت آن در پوشش یا به دلیل پراکندگی مناسب و توزیع یکنواخت نانوذرات مشاهده نمی شود.

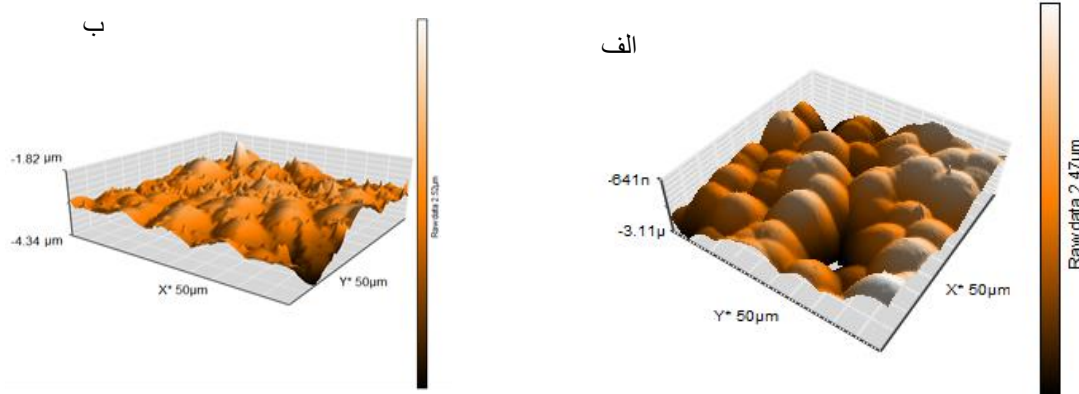




شکل ۴- الگوهای XRD پوشش Ni-P و پوشش نانوکامپوزیتی اکسیدکبالت(III)

### تصویر AFM

توپوگرافی سطح پوشش نانوکامپوزیتی اکسیدکبالت(III) در شکل ۵ ارائه شده است. تصویر AFM نشان می دهد که پوشش بدست آمده دارای ناهمواری هایی بر روی سطح است و میانگین زبری سطح (Ra) در حدود ۲۲۷/۲ نانومتر و بدون اعمال نانو ذره ۱۹۹/۷ نانومتر است. مقایسه مقدار زبری سطح بدست آمده نشان می دهد که زبری سطح پوشش حاصل با اعمال نانو ذره بیشتر است.



شکل ۵- الف- تصویر AFM از پوشش نانوکامپوزیتی اکسید کبالت(III)، (ب) تصویر AFM از پوشش الکتروکترولس Ni-P بر روی پیش تیمار LDH

### تست شوک حرارتی

چسبندگی پوشش نانوکامپوزیتی آبکاری شده در حمام الکتروکترولس حاوی ۰/۱ گرم بر لیتر اکسیدکبالت(III) با استفاده از آزمون شوک حرارتی مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که پوشش حاصل چسبندگی مناسبی بر روی بستر دارد و می تواند حداقل ۲۰ چرخه حرارت دادن و سرد کردن را تحمل کند. همانطور که تصاویر نشان می دهد (شکل ۶)، در انتها هیچ ترک یا تاول در پوشش مشاهده نشد.







شکل ۶- تصویر از پوشش نانوکامپوزیتی آبکاری شده در حمام الکترولس حاوی ۰/۱ گرم بر لیتر اکسید کبالت (III) قبل و بعد از تست شوک حرارتی

#### تست تخلخل

تصویر مربوط به پوشش نانوکامپوزیتی آبکاری شده در حمام الکترولس حاوی ۰/۱ گرم بر لیتر اکسید کبالت (III) پس از آزمایش تخلخل (شکل ۷) نشان داد که هیچ لکه قرمز بر روی کاغذ صافی وجود ندارد. در صورت وجود هرگونه نقص یا منفذ روی سطح پوشش حاصل، محلول معرف می تواند نفوذ کرده و باعث ایجاد اثر گالوانیک بین پوشش الکترولس و بستر منبیزی می شود. بنابراین، این مشاهدات نشان می دهد که پوشش اعمال شده متراکم و بدون حفره بوده که نفوذ الکترولیت از آن امکان پذیر نیست.



شکل ۷- تصویر از پوشش نانوکامپوزیتی آبکاری شده در حمام الکترولس حاوی ۰/۱ گرم بر لیتر اکسید کبالت (III) قبل و بعد از تست تخلخل

#### ۵- نتیجه گیری

۱- پوشش نانوکامپوزیتی آبکاری شده در حمام الکترولس حاوی ۰/۱ گرم بر لیتر اکسید کبالت (III) دارای ساختار گل کلمی است و سطح آن ها یکنواخت و متراکم بوده و کل سطح را پوشانده است. میانگین زبری سطح ( $R_a$ ) در حدود ۲۲۷/۲ نانومتر و بدون اعمال نانو ذره ۱۹۹/۷ نانومتر است. مقایسه مقدار زبری سطح بدست آمده نشان می دهد که زبری سطح پوشش حاصل با اعمال نانو ذره بیشتر است.

۲- تست تخلخل نشان داد که پوشش نانوکامپوزیتی دارای ساختار متراکم و بدون حفره است.

۳- شوک حرارتی نشان داد که پوشش نانوکامپوزیتی آبکاری شده در حمام الکترولس حاوی ۰/۱ گرم بر لیتر اکسید کبالت (III) از چسبندگی مناسبی برخوردار است.

منابع

[1] I.Apachitei., J.Duszczuk, L.Katgerman, and P.J.B. Overkamp (1998). Electroless Ni-P composite coatings: the effect of heat treatment on the microhardness of substrate and coat, *Scripta Materialia* ,38:1347.



- [2] B. G.Mellor (2006). *Surface coatings for protection against wear*. New York: Taylor & Francis US,429P.
- [3] O.Kalu., I.M.Echi, A.N.Amah (2013). Studies on the effect of capping agents on structural and optoelectronic properties of Zns Nanoparticles, *Nig. J. Phys.* 24.
- [4] J.Sudagar., Lian, W. Sha (2013). Electroless nickel, alloy, composite and nano coatings–A critical review. *Journal of Alloys and Compounds*, 571, 183-204.
- [5] T. S. N.,Sankara Narayanan, S. K. Seshadri (2011). *Electro-and Electroless Deposited Composite Coatings: Preparation, Characteristics, and Applications*. Wiley Encyclopedia of Composites.
- [6] S.Afroukhteh., C.Dehghanian, M.Emamy (2012). Preparation of the Ni–P composite coating co-deposited by nano TiC particles and evaluation of it's corrosion property. *Applied Surface Science*, 258(7), 2597-2601.
- [7] A.Farzaneh., M.Mohammadi, M.Ehteshamzadeh, F.Mohammadi (2013). Electrochemical and structural properties of electroless Ni-P-SiC nanocomposite coatings. *Applied Surface Science*, 276, 697-704.
- [8] H.Luo., M.Leitch, Y.Behnamian, Y.Ma, H.Zeng, J. L. Luo (2015). Development of electroless Ni–P/nano-WC composite coatings and investigation on its properties. *Surface and Coatings Technology*, 277, 99-106.
- [9] Z. P. Xu., G. Stevenson, C. Lu, G. Q. Lu (2006). Dispersion and size control of layered double hydroxide nanoparticles in aqueous solutions, *J. Phys. Chem. B*, 110 , 16923-16929.
- [10] Y.Yang., X. Zhao, Y. Zhu, F. Zhang (2012). Transformation mechanism of magnesium and aluminum precursor solution into crystallites of layered double hydroxide, *Chem. Mater*, 24 , 81-87.
- [11] D.Seifzadeh., H. Kazemi Mohsenabadi, Z. Rajabalizadeh(2016). Electroless Ni–P plating on magnesium alloy by innovative, simple and non-toxic oxalate pretreatment and its corrosion protection, *RSC Adv*, 6 , 97241-97252.
- [12] S. Afroukhteh., C. Dehghanian, M. Emamy (2012). Preparation of electroless Ni–P composite coatings containing nano-scattered alumina in presence of polymeric surfactant, *Pro. Nat. Sci.- Mater*, 22 , 318-325.

[۱۳] محمد جواد تقوی راد، سیدعلی حسینی، حبیب مهری زاده، (۱۳۹۹) سنتز اکسیدهای کبالت اصلاح شده با پالمیتیک اسید و استیک اسید و کاربرد آن ها به عنوان پوشش آبگریز و خودتمیزشونده، ۵۹، ۲۰-۹.



## اعمال پوشش نانوکامپوزیتی Ni-B-MCM-41 به روش الکترولس و بررسی خواص آن

طاهره میری<sup>۱</sup>، دکتر داود سیفزاده<sup>۲\*</sup>

۱- دانشگاه محقق اردبیلی، t.miri@uma.ac.ir

۲- دانشگاه محقق اردبیلی، seifzadeh@uma.ac.ir

### چکیده

آبکاری الکترولس یکی از تکنیک‌های مهندسی سطح، جهت افزایش مقاومت در برابر خوردگی انواع فلزات است. از بین پوشش‌های مختلف الکترولس، پوشش نیکل-بور به دلیل خواص منحصر به فرد از جمله سختی بالا مورد توجه می‌باشد. با استفاده از راهکارهای مختلف از جمله بهینه کردن شرایط حمام آبکاری می‌توان خواص پوشش‌های الکترولس Ni-B از قبیل خواص ضد خوردگی و مکانیکی را ارتقاء داد. یک روش عمومی دیگر برای ارتقاء خواص مذکور وارد کردن نانوذرات در داخل پوشش‌های نیکل-بور به منظور تهیه نانوکامپوزیت می‌باشد. از این رو در این پژوهش اثر نانوذرات MCM-41<sup>۱</sup> مقاومت خوردگی پوشش الکترولس نیکل-بور بر روی آلیاژ AM60B منیزیم با استفاده از روش امپدانس الکتروشیمیایی مورد بررسی قرار گرفت، همچنین مورفولوژی و ترکیب شیمیایی پوشش‌های تهیه شده با استفاده از روش‌های مناسب ارزیابی شد. نتایج نشان داد که افزودن نانوذرات MCM-41 باعث افزایش چشمگیر مقاومت خوردگی پوشش الکترولس Ni-B می‌گردد.

کلمات کلیدی: آبکاری الکترولس - آلیاژ منیزیم - نیکل-بور - MCM-41

<sup>۱</sup> MCM-41 (Mobile Compositin of Mater No. 41) is a mesoporous material with a hierarchical structure from a family of silicate and aluminosilicate solids



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

با اینکه احیای الکترولس نیکل با هیپوفسیت (پوشش های الکترولس Ni-P) توجه گسترده ای را به خود جلب کرده است ولی اخیراً توجه ها به سمت پوشش های الکترولس نیکل احیا شده با بورو هیدرید کشیده شده است. پوشش الکترولس نیکل-بور نسبت به پوشش الکترولس نیکل-فسفر دارای سختی و مقاومت به سایش بالاتری است اما در اکثر مواقع، مقاومت به خوردگی آن نسبت به پوشش الکترولس نیکل-فسفر کمتر گزارش شده است [۱-۲]. مقاومت پوشش الکترولس Ni-B در برابر خوردگی ممکن است با افزودن نانوذرات مناسب افزایش یابد. به عنوان مثال، تأثیر مثبت نانوذرات  $Al_2O_3$  و  $B_4C$  بر حفاظت در برابر خوردگی رسوب نیکل-بور بر روی فولاد CK45 قبلاً تایید شده است [۳-۴]. علاوه بر این، شکور و همکاران تایید کردند که ادغام نانوذرات  $Al_2O_3$  و  $ZrO_2$  مقاومت به خوردگی و خواص مکانیکی رسوب Ni-B را بهبود می بخشد، که به کاهش سطح فعال با گنجاندن ذرات اکسید غیرفعال، پالایش دانه و تشکیل ساختار پوشش متراکم نسبت داده می شود [۵]. علاوه بر این، اثرات مفید نانوذرات SiC بر حفاظت در برابر خوردگی و ویژگی های مکانیکی پوشش نیکل-بور روی فولاد قبلاً تایید شده است [۶]. از آنجایی که پوشش نیکل-بور از استحکام مکانیکی بهتری نسبت به پوشش نیکل-فسفر برخوردار است، چالش اصلی بهبود مقاومت در برابر خوردگی آن است. با این وجود، اطلاعات بسیار کمی در مورد تأثیر نانوذرات بر محافظت در برابر خوردگی پوشش های نیکل-بور در مقایسه با پوشش های نیکل-فسفر منتشر شده است. نانو مواد MCM-41 گروهی از ترکیبات سیلیکاتی مزومتخلخل هستند که کاربردهای بسیار گسترده ای دارند. ویژگی بارز این نانومواد عبارت است: از حفراتی با شکل منظم، توزیع اندازه حفره های باریک، حجم زیاد حفره، ظرفیت مساحت سطح بسیار زیاد، همچنین تعداد گروه های سیلانول داخل حفره که سبب واکنش پذیری سطحی زیاد این نانومواد گردیده است.

تاکنون هیچ گزارش علمی در مورد تأثیر نانوذرات MCM-41 بر مقاومت در برابر خوردگی پوشش های Ni-B یا Ni-P بر روی آلیاژهای منیزیم یا سایر بسترهای فلزی وجود ندارد. از این رو در این تحقیق، پوشش نیکل-بور و پوشش نانوکامپوزیتی Ni-B-MCM-41 بر روی آلیاژ AM60B منیزیم تهیه شد و مورفولوژی و ترکیب شیمیایی پوشش های اعمالی با استفاده از روش هایی مانند SEM و EDS بررسی گردید. همچنین تأثیر نانوذرات MCM-41 بر مقاومت خوردگی پوشش Ni-B با استفاده از روش امپدانس الکتروشیمیایی مورد مطالعه قرار گرفت.



## ۲- مواد و روش تحقیق

نمونه های مورد استفاده در ابعاد  $6 \times 1 \times 1$  سانتی متر مربع از آلیاژ منیزیم AM60B تهیه و برای آماده سازی سطح نمونه ها از سمباده های ۱۲۰، ۴۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ استفاده شد. و پس از شست و شو با آب مقطر، در حمام التراسونیک به مدت ۱۵ دقیقه در استون چربی زدایی شدند. قبل از غوطه وری در حمام الکتروولس و به منظور افزایش چسبندگی پوشش به سطح زیرلایه، نمونه ها در محلول اسید کلریدریک ( $10 \text{ mL L}^{-1}$ ) به مدت ۶۰ ثانیه اچ گردیدند. جهت تهیه پوشش های معمولی و نانوکامپوزیتی از ترکیبات و شرایط مندرج در جدول ۱ استفاده شد. برای این منظور، نمونه آلیاژی ابتدا به مدت ۱/۵ ساعت در حمام اول حاوی ۱۰۰ میلی لیتر محلول آبکاری بدست آمده از ترکیبات و شرایط ذکر شده در جدول ۱ قرار گرفت. سپس بلافاصله به حمام دوم با همان ترکیبات و شرایط انتقال داده شد. در حمام دوم نیز به مدت ۱/۵ ساعت عملیات آبکاری روی نمونه انجام گردید. در ضمن برای تهیه پوشش های نانوکامپوزیتی، نانوذرات MCM-41 در حمام دوم (۱/۵ ساعت دوم) به ترکیبات آبکاری اضافه شد. همچنین بعد از اضافه کردن نانوذرات به داخل حمام دوم و قبل از شروع فرایند آبکاری، حمام به مدت ۱۵ دقیقه توسط همزن مغناطیسی با سرعت ۷۰۰ rpm همزده شده و در ادامه به مدت ۱۵ دقیقه تحت امواج التراسوند قرار گرفت.

جدول ۱. شرایط و ترکیب آبکاری پوشش های Ni-B و Ni-B-MCM-41

شرایط و ترکیب حمام	پوشش Ni-B	پوشش Ni-B-MCM-41
نیکل کلرید ۶آبه	۲۰ گرم بر لیتر	۲۰ گرم بر لیتر
سدیم بوروهیدرید	۰/۸ گرم بر لیتر	۰/۸ گرم بر لیتر
اتیلن دی آمین	۳۵ میلی لیتر بر لیتر	۳۵ میلی لیتر بر لیتر
سدیم هیدروکسید	۹۰ گرم بر لیتر	۹۰ گرم بر لیتر
آمونوم بی فلوئورید	۵ گرم بر لیتر	۵ گرم بر لیتر
نانوذرات MCM-41	-	۰/۱ گرم بر لیتر
تیوره	۱ ppm	۱ ppm

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

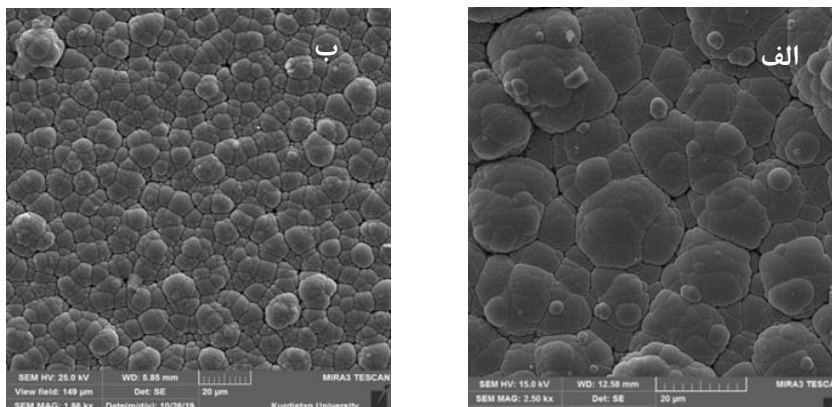
ادامه جدول ۱. شرایط و ترکیب آبکاری پوشش های Ni-B و Ni-B-MCM-41

دمای حمام	۸۰ درجه سانتی گراد	۸۰ درجه سانتی گراد
زمان آبکاری	۳ ساعت	۳ ساعت
pH	۱۲ <	۱۲ <

### ۳- نتایج و یافته های پژوهش

۳-۱- تصاویر FESEM مربوط به پوشش های معمولی و پوشش های نانوکامپوزیتی

تصاویر FESEM مربوط به پوشش های معمولی و پوشش های نانوکامپوزیتی پس از ۳ ساعت آبکاری بر روی آلیاژ AM60B منیزیم در شکل ۱ آورده شده است. همان گونه که در شکل (۱-الف) مشهود است، پوشش نیکل-بور دارای ساختار گل کلمی است و سطح آن یکنواخت و متراکم بوده و کل سطح را پوشانده است. پس از اضافه شدن نانوذرات MCM-41 به ماتریس نیکل-بور، تغییر چندانی در میکرومورفولوژی پوشش ها مشاهده نمی شود، در این مورد نیز به وضوح می توان مورفولوژی گل کلمی را برای پوشش نانوکامپوزیتی مشاهده کرد (۱-ب).



شکل ۱. مورفولوژی سطح پوشش Ni-B (الف) و پوشش نانوکامپوزیتی Ni-B-MCM-41 (ب)

### ۳-۲- آنالیز عنصری پوشش های معمولی و پوشش های نانوکامپوزیتی

محتوای بور در پوشش نیکل-بور ترسیب شده یکی از مهم ترین پارامترهای موثر بر مورفولوژی، ساختار و مقاومت پوشش در برابر خوردگی است. بنابراین ترکیب عناصر پوشش های Ni-B و پوشش های Ni-B-MCM-41 با استفاده از روش EDS مشخص شد. میانگین نتایج کمی به صورت درصد اتمی در جدول ۲ آورده شده است.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

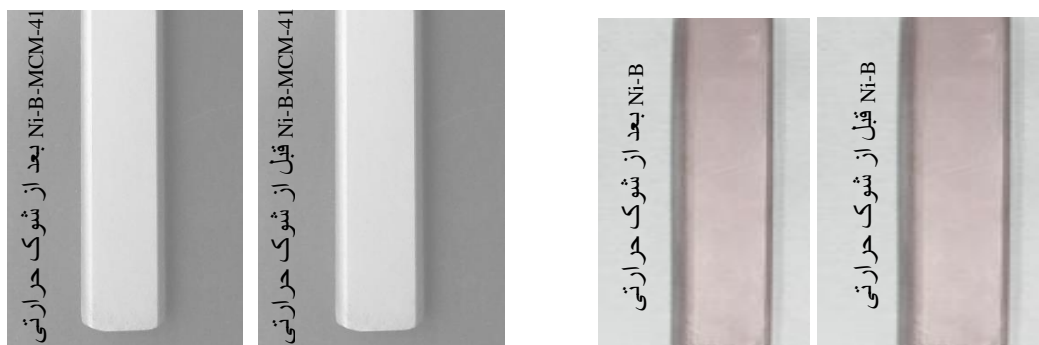
مقدار متوسط بور مطابق با مورفولوژی گل کلم مانند پوشش Ni-B و پوشش نانوکامپوزیتی Ni-B-MCM-41 است که توسط آنالیز FESEM نشان داده شد [۷]. وجود اتم های Si و O در ترکیب پوشش Ni-B-MCM-41 حضور موفقیت آمیز نانوذرات MCM-41 را در ماتریس پوشش نیکل-بور تایید می کند.

جدول ۲. آنالیز عنصری پوشش Ni-B و پوشش Ni-B-MCM-41

O	Si	B	Ni	پوشش ها/محتوی
-	-	۱۶/۲۴	۸۳/۷۶	Ni-B
۰/۱۲	۰/۰۱	۱۰/۷۴	۸۹/۱۴	Ni-B-MCM-41

### ۳-۳- تست شوک حرارتی

شکل ۳ میزان چسبندگی پوشش معمولی Ni-B و پوشش نانوکامپوزیتی Ni-B-MCM-41 را بعد از ۲۰ چرخه شوک دمایی تحت دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس نشان می دهد. این نتایج حاکی از چسبندگی مناسب بین پوشش های اعمالی با بستر آلیاژ می باشد، چرا که آثاری از تاول، ترک یا ورقه شدن در سطح پوشش ها یافت نمی شود.



شکل ۳. تصاویر پوشش های Ni-B و Ni-B-MCM-41 قبل و بعد از تست شوک حرارتی

### ۳-۴- تست تخلخل

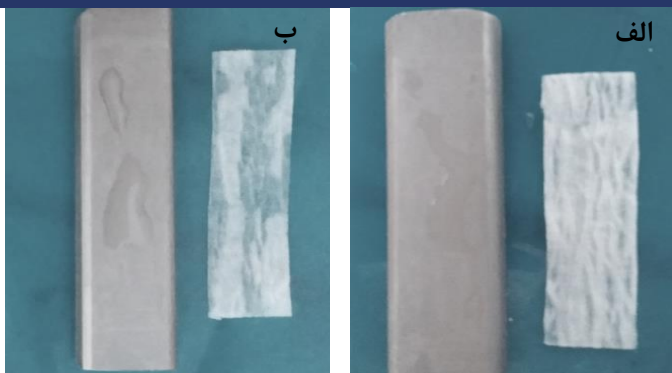
تصاویر نمونه های پوشش داده شده پس از تست تخلخل در شکل ۳ نشان داده شده است. نبود هیچ نقطه قرمزی بر روی سطح کاغذ صافی نشان از عدم نفوذ محلول خورنده هنگام تماس با سطح پوشش های اعمالی دارد. البته لازم به توضیح است با توجه به دانه های بودن ساختار پوشش های اعمالی، ممکن است محلول خورنده به تدریج در مدت زمان طولانی تر از فضای بین دانه های نفوذ کرده و باعث ایجاد خوردگی شود. با این وجود با توجه به نتایج بدست آمده از تست تخلخل می توان گفت که پوشش های اعمالی فاقد خلل و فرج بوده و به اندازه ی کافی متراکم اند که مانع نفوذ محلول خورنده بعد از ۱۰ دقیقه تماس مستقیم بین کاغذ صافی و پوشش ها شوند.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

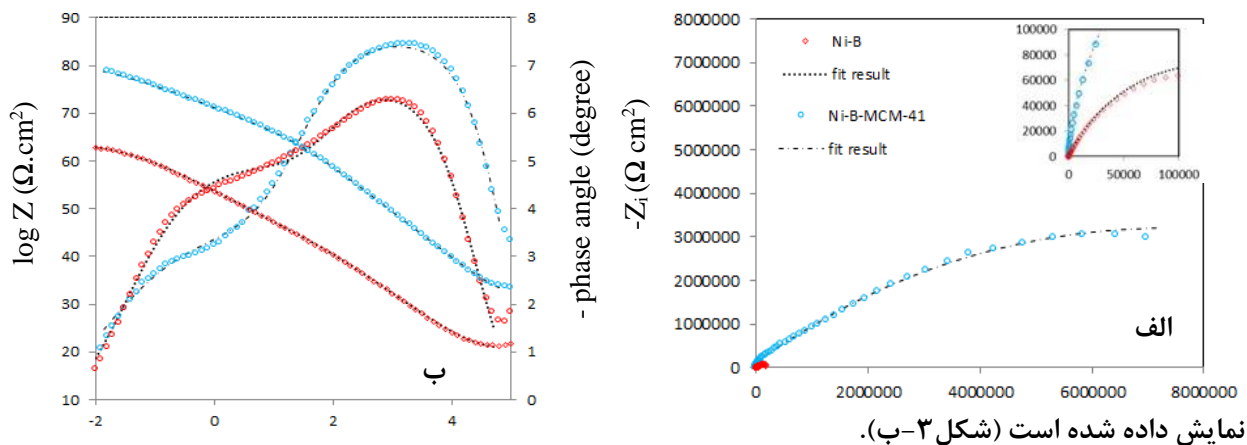
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۴. تصاویر مربوط به تست تخلخل پوشش های Ni-B (الف) و Ni-B-MMT (ب)

### ۳-۵- مطالعات اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) پوشش های اعمالی

رفتار خوردگی پوشش های معمولی و پوشش های نانوکامپوزیتی در محلول ۳/۵% سدیم کلرید با انجام تست های EIS مورد آزمایش قرار گرفت. نمودار EIS پوشش Ni-B و Ni-B-MCM-41 به صورت شکل معمول نایکوئیست در شکل (۳-الف) نشان داده شده است. همچنین داده های تجربی بدست آمده به صورت نمودارهای مدول بد و بدفازی برای تشخیص آسان مدار الکتریکی معادل سیستم مورد مطالعه



نمایش داده شده است (شکل ۳-ب).

### شکل ۵. نمودارهای نایکوئیست (الف) و نمودارهای بد (ب) پوشش های معمولی و پوشش های نانوکامپوزیتی

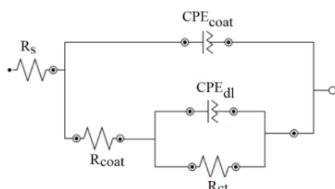
مدار الکتریکی نشان داده شده در شکل ۶ مطابقت مطلوبی بین نتایج آزمایش و داده های فیت شده نشان می دهد، بنابراین برای استخراج پارامترهای امپدانس انتخاب شده است (جدول ۳).

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۶- مدار الکتریکی معادل پوشش های

جدول ۲. آنالیز عنصری پوشش Ni-B و پوشش Ni-B-MCM-41

نمونه ها	$Q_{coat}$ ( $\mu s^n \Omega^{-1} cm^{-2}$ )	$n_{coat}$	$R_{coat}$ ( $K\Omega cm^2$ )	$Q_{dl}$ ( $\mu s^n \Omega^{-1} cm^{-2}$ )	$n_{dl}$	$R_{ct}$ ( $K\Omega cm^2$ )	$R_p$ ( $K\Omega cm^2$ )
Ni-B	۳/۰۷	۰/۸۶	۴/۷۲	۹/۶۶۴	۰/۶۴	۲۳۵/۳۳	۲۴۰/۰۵
Ni-B-MCM-41	۰/۰۲۵	۰/۹۶	۳۳۲/۶۷	۰/۲۸	۰/۵۲	۱۴۴۶۵	۱۴۷۹۷/۶۷

نتایج حاصل از نمودارهای امپدانس نشان می دهد که افزودن نانوذرات MCM-41، مقاومت خوردگی پوشش الکتروکاتولس Ni-B را به میزان چشم گیری افزایش داده است. بهبود مقاومت خوردگی ممکن است به دلیل پر شدن منافذ و مرزهای بین دانه ای توسط نانوذرات مربوط باشد که باعث تعویق در رسیدن محلول خورنده به سطح بستر می شود. همچنین افزودن نانوذرات ممکن است فعالیت شیمیایی در مرز مشترک بین محلول خورنده با پوشش نانوکامپوزیتی را کاهش دهد و از این طریق باعث افزایش مقاومت خوردگی شود.

### نتیجه گیری کلی

پوشش های معمولی و پوشش های نانوکامپوزیتی اعمال شده به روش آبرکاری الکتروکاتولس، دارای ساختار گل کلمی، متراکم و یکنواخت می باشند. همچنین حضور موفقیت آمیز نانو ذرات MCM-41 در ماتریس پوشش Ni-B توسط EDS تایید شد. تست شوک حرارتی و تخلخل به ترتیب چه سبندگی مناسب و ساختار بدون منفذ را برای هر دو پوشش نشان داد. نتایج آنالیز خوردگی حاصل از روش EIS، افزایش چشم گیر مقاومت خوردگی پوشش نانوکامپوزیتی در مقایسه با پوشش معمولی نشان داد.

منابع

[1] R. A. Shakoor., R. Kahraman, W. Gao, Y.Wang (2016) *International Journal of Electrochemical Science*, 11, 2486-2512.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[۲] W. Zhang., C.He ( 2010) *In 2010 International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering*, 3895-3899.

[۳] M. Ghaderi., M. Rezagholizadeh, A. Heidary, et al (2016) *Prot Met Phys Chem Surf*, 52(5), 854-858.

[۴] M.Rezagholizadeh., M.Ghaderi, A.Heidary, et al (2015) *Surf Eng Appl Electrochem*, 51(1), 18-24.

[۵] A. B. Radwan., R. A.Shakoor, A. Popelka (2015) *Int J Electrochem Sci*, 10,7548-7562

[۶] S. Li B., Y X. Huan, H.Luo, et al (2019) *Surf Eng*, 35,109-119.

[۷] F. Amjadi Eranegh., M. Azadi, H. Tavakoli (2020). *Surf Eng Appl Elect*, 56, 171-183

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

## سنتز و مشخصه یابی نانوبلت های هیدروکسید لایه ای

سیما فیروزی<sup>۱</sup>، داود سیف زاده<sup>۲\*</sup>

۱- دانشگاه محقق اردبیلی، [simafirouzi13@gmail.com](mailto:simafirouzi13@gmail.com)

۲- دانشگاه محقق اردبیلی، [seifzadeh@uma.ir](mailto:seifzadeh@uma.ir)

### چکیده

ترکیبات لایه ای بعلت قابلیت تبادل آنیونی و تغییر در فضای بین لایه ای، فعالیت الکتروشیمیایی بالا و پتانسیل بالای آن ها در کاربردهای صنعتی توجه جوامع علمی را به خود جلب کردند که در این بین LDHها مواد لایه ای با صفحات هیدروکسیدی بوده که بار مثبت صفحات به دلیل جایگزینی کاتیون های سه ظرفیتی به جای کاتیون های دو ظرفیتی افزایش یافته و این کاتیون ها توسط آنیون های قابل مبادله و نیز مولکول های آب موجود در فضای بین لایه ای خنثی می شوند. در این کار پژوهشی هیدروکسیدهای لایه ای فلزی از نوع نانوبلت با آنیون بین لایه ای بنزوات با روش هم رسوبی سنتز شدند و برای شناسایی و مشخصه یابی نانوبلت های سنتز شده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیفسنجی مادون قرمز (FTIR) استفاده شد.

کلمات کلیدی: هیدروکسید لایه ای - نانوبلت - کبالت - نیکل

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۱- مقدمه

هیدروکسیدهای لایه ای (LDH) از تعدادی لایه های دارای بار مثبت به همراه آنیون های بین لایه ای به وسیله نیروهای جاذبه ضعیف و الکترواستاتیکی تشکیل شده است که به راحتی می توانند از طریق مکانیسم تبادل آنیون عوامل خورنده مانند یون های کلرید و غیره را به دام بیندازند و منجر به بهبود قابل توجه در مقاومت به خوردگی پوشش ها و خواص مانع آنها شوند [۱]. LDHها به دلیل مزایایی که دارند در زمینه های مختلف از جمله صنعت، پزشکی، تهیه نانوکامپوزیت های پلیمری، کاربردهای الکتروشیمیایی، زیست حسگرها، کاتالیزورها [۲] و... مورد توجه قرار گرفته است. از مهم ترین مزایای LDHها توانایی عالی آنها برای به دام انداختن آنیون های آلی و معدنی به دلیل پیوند بین لایه ای نسبتاً ضعیف در آنها و همچنین استفاده از فلزات معمولی و فراوان موجود در روی زمین در ساختار آنها می باشد و همچنین به لحاظ اقتصادی به صرفه، سنتز آنها آسان، و دوست دار محیط زیست (به دلیل استفاده از آب به عنوان حلال و عدم نیاز به گرمای بالا از زمان تشکیل تا لایه لایه شدن) می باشد [۳]. هیدروکسیدهای لایه ای به دلیل مساحت سطح بالا نسبت به دیگر مواد مانند اکسیدها، ظرفیت تبادل یونی بالا و پایداری حرارتی نسبتاً خوب در سال های اخیر، توجه تعداد زیادی از محققان را در زمینه های مختلف به خود جلب کرده اند. این ساختارها دارای ویژگی تبادل کننده آنیون هستند با فرمول عمومی [۴]  $[M^{2+}_{1-x}M^{3+}_x(OH)_2]A^{n-}_{x/n.m}H_2O$  که از طریق جایگزین کردن کاتیون های با ظرفیت متفاوت در بین لایه ها، که در آن  $M^{2+}$  و  $M^{3+}$  فلزهای دو و سه ظرفیتی هستند، تشکیل می شوند. ساختار LDH از جانشینی بخشی از کاتیون های دو ظرفیتی که بصورت اکتاهدرال بوسیله گروه های هیدروکسیلی در شبکه بروسیت کئوردینه شده اند و کاتیون های ۳ ظرفیتی که باعث ایجاد بار مثبت در ساختار می شوند، بوجود می آید. بار مثبت ایجاد شده با آنیون هایی که در بین لایه ها قرار می گیرند خنثی می شود آنیون ها در بین لایه ها به گونه ای جهت گیری می کنند که بیشترین تعامل و نیروی الکترواستاتیکی را با لایه ها داشته باشند [۵]. مولکول های آب نیز در فضای بین لایه ای از طریق پیوند هیدروژنی به لایه های هیدروکسید فلزی و آنیون های بین لایه ای متصل می شوند. صفحات تشکیل شده روی یکدیگر انباشته شده و توسط پیوندهای هیدروژنی به یکدیگر مربوط می شوند. از دیگر هیدروکسیدهای لایه ای می توان به نمک های فلزی هیدروکسید لایه ای (LHS) اشاره کرد که نوع جدیدی از این نانوساختارها نانوبلت ها می باشند که در سال های اخیر، به دلیل عملکرد عالی الکتروشیمیایی بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند. برای سنتز این نانوذرات با اندازه و شکل کنترل شده بیشتر از روش هم رسوبی شیمیایی استفاده می شود که در این پژوهش نیز نانوبلت مورد نظر به منظور استفاده در فعالیت های الکتروشیمیایی و مشخصه یابی آن با روش میکروسکوپ الکترونی روبش و آنالیز طیفسنجی مادون قرمز انجام شد.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



لیل و همکاران [۶] سنتز نمک هیدروکسید لایه ای روی و استفاده از آن به عنوان یک نانوحامل برای ذخیره بازدارنده خوردگی مولیبدات در ناحیه بین لایه ای را مورد بررسی قرار دادند. رفتار آزادسازی مولیبدات از نانوحامل نمک هیدروکسید لایه ای روی در محلول آبی (۰/۰۵ مول برلیتر) NaCl با استفاده از طیفسنجی جذبی UV-vis مورد ارزیابی قرار گرفت. آزادسازی مولیبدات از نانوحامل با مکانیسم تبادل آنیون با جایگزینی آنیون های کلرید با آنیون های مولیبدات درون لایه ای انجام شد. نوع جدیدی از این نانوساختارهای صفحه ای نانوبلت ها می باشند که در سال های اخیر، به دلیل عملکرد عالی الکتروشیمیایی مورد توجه قرار گرفته اند که برای سنتز این نانوذرات با اندازه و شکل کنترل شده بیشتر از روش هم رسوبی شیمیایی استفاده می شود که در یک کار پژوهشی یانگ لی و همکارانش [۷] برای اولین بار سنتز نانوبلت های هیدروکسید لایه ای کبالت نیکل با آنیون های بین لایه ای بنزوات را با توجه به عملکرد بالای آن در خواص تبادل آنیونی برای استفاده در ابرخازن ها مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که حضور یون های بنزوات در بین لایه ها باعث افزایش فاصله بین لایه ای و در نتیجه انتشار سریع یون ها شده و منجر به بهبود فعالیت الکتروشیمیایی در عملکرد ابرخازن ها می شود. در این کار پژوهشی نیز نمک های هیدروکسید لایه ای فلزی به منظور استفاده در فعالیت های الکتروشیمیایی سنتز و با روش های میکروسکوپ الکترونی روبشی و آنالیز طیفسنجی مادون قرمز مشخصه یابی می شوند.

#### ۳- سنتز نانوبلت

برای سنتز نانوبلت ابتدا ۰/۶ گرم سدیم بنزوات به ۲۵ میلی لیتر مخلوط اتانول و آب اضافه شد و به مدت نیم ساعت با دور ۷۰۰ تحت استایرر قرار گرفت و به این ترتیب محلول اول بدست آمد. سپس برای تهیه محلول دوم، ۰/۳ گرم از نیترات کبالت به ۲۵ میلی لیتر از مخلوط اتانول و آب و ۰/۳ گرم نیترات نیکل اضافه شد و به مدت نیم ساعت در دور ۵۰۰ قرار گرفت. در مرحله بعد محلول اول به صورت قطره ای به محلول دوم تحت دمای ۵۰ درجه سانتی گراد در دور ۵۰۰ طی ۲۴ ساعت اضافه شد. بعد از سرد شدن با استفاده از اتانول و آب مقطر در دور ۵۰۰۰ به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ انجام گردید، سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد در آن قرار داده شد و در نهایت به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد تحت خلاء قرار گرفت.

#### تصاویر FESEM نانوبلت

<sup>1</sup>. Scanning Electron Microscope

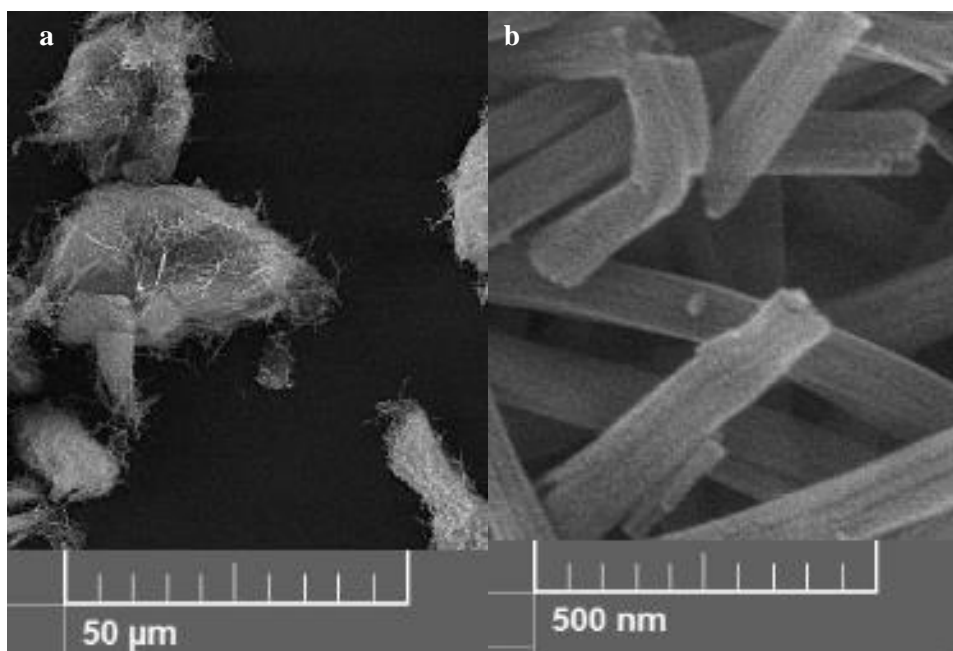
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

تصاویر مورفولوژی مربوط به ذرات نانوبلت در شکل ۱ a و b نشان داده شده است. از تصاویر مورفولوژی مربوطه، می توان مشاهده کرد که نانوبلت ها از تعداد زیادی نانوسیم های متراکم تشکیل شده است و انحنای این ساختارها نشان دهنده انعطاف پذیری بالای نانوبلت می باشد.



شکل ۱- تصاویر SEM

### FTIR نانوبلت

طیف FTIR مربوط به ذرات نانوبلت در شکل ۲ آورده شده است. بیک پهن در ناحیه ۳۴۰۰ مربوط به ارتعاش کششی OH به دلیل جذب آب در نمونه می باشد. همچنین ارتعاشات کششی پیوند C=C و C=O و C-H در ناحیه ۳۰۰۰-۲۸۰۰ قابل مشاهده است و همچنین برای Ni-B، CO-Ni-B و CO-B در ناحیه ۵۰۰-۱۶۰۰ سانتی متر ظاهر شدند که تاییدی بر موفقیت آمیز بودن سنتز و تشکیل نانوبلت می باشد.

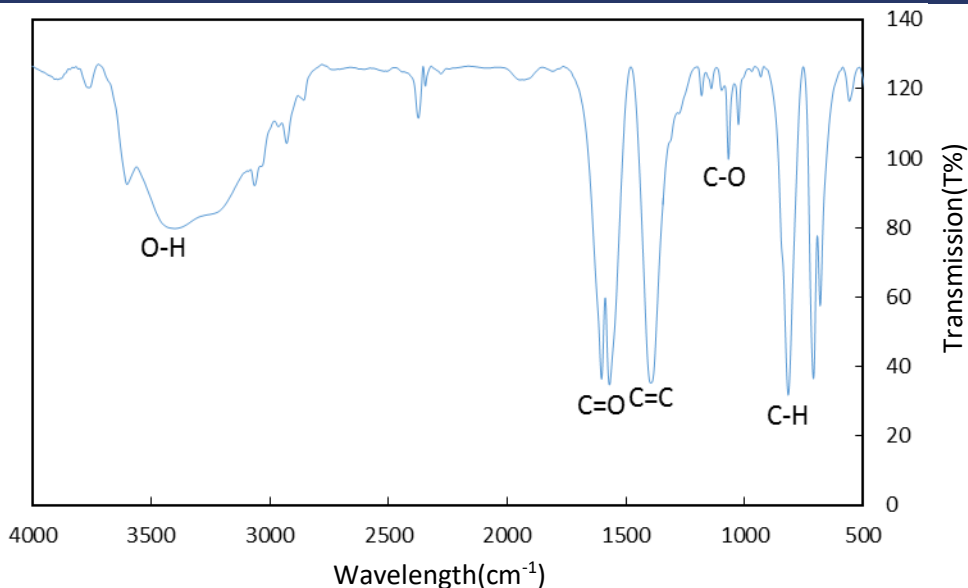
<sup>1</sup> . Fourier transform infrared

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲- الگوی FTIR

۵- نتیجه گیری

در مطالعه حاضر با توجه به ویژگی منحصر بفرد نمک های هیدروکسید لایه ای نانوبلت به دلیل امکان تبادل آنیون موجود در فضای بین لایه ای که منجر به استفاده از آن ها در کاربردهای مختلف شده با روش هم رسوبی سنتز و با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیفسنجی مادون قرمز (FTIR) مشخصه یابی و شناسایی شدند که نتایج حاصل از آنالیزها تاییدی بر تشکیل موفقیت آمیز نانوبلت ها بودند.

منابع

- [۱] Mostafa Taibi, a Souad Ammar, a Noureddine Jouini, \* a Fernand Fievet, a Philippe Molinie b and Marc Drillon First published as an Advance Article on the web 3rd October 2002.
- [۲] Claudiney Soares Cordeiro, Gregorio Guadalupe Carbajal Arizaga, Luiz Pereira Ramos, Fernando Wypych Catalysis Communications 9 (2008) 2140–2143.
- [۳] Nygil Thomas, Michael Rajamathi Volume 362, Issue 2, 15 October 2011, Pages 493-496.
- [۴] Gregorio Guadalupe Carbajal Arizaga a , Antonio Salvio Mangrich b , José Eduardo Ferreira da Costa Gardolinski c , Fernando Wypych a, \* Journal of Colloid and Interface Science 320 (2008) 168–176.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[۵] Gregorio Guadalupe Carbajal Arizaga a, José Eduardo Ferreira da Costa Gardolinski b, Wido Herwig Schreiner c, Fernando Wypych a Journal of Colloid and Interface Science 330 (2009) 352–358.

[۶] Débora Abrantes Leal\*, Fernando Wypych, and Cláudia Eliana Bruno Marino ACS Applied Materials & Interfaces 2020, 12, 17, 19823-19833.

[۷] Jae-Hun Yang,<sup>†,‡</sup> Yang-Su Han,<sup>†</sup> Man Park,<sup>§</sup> Taeun Park,<sup>†</sup> Seong-Ju Hwang,<sup>†</sup> and Jin-Ho Choy\*,<sup>†</sup> Chem. Mater. 2007, 19, 2679-2685 2679.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

## تجزیه و تحلیل تریبولوژی پوشش های پلیمری حاوی پلی دی متیل سیلوکسان توسط آزمون پین روی دیسک

علیرضا طاهری<sup>۱</sup>، سید محمد عرب<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ساخت و تولید دانشگاه محقق اردبیلی

taherimechanic@student.uma.ac.ir

۲- عضو هیات علمی گروه مهندسی مکانیک دانشگاه محقق اردبیلی

### چکیده

پوشش های کامپوزیتی کاربردهای بسیار زیادی در صنعت ساختمان، پزشکی، برق، نفت و گاز، خودروسازی، صنایع دفاعی و... دارند. در این تحقیق پوشش های پلی استایرن حاوی پلی دی متیل سیلوکسان تهیه شده و خاصیت تریبولوژی آن ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هنگامی که پلی دی متیل سیلوکسان به پوشش های پلیمری اضافه می شود کمترین نرخ کاهش جرم را نشان می دهد. این موضوع هنگامی که نمونه مورد نظر تحت امواج التراسونیک قرار می گیرد با توجه به افزایش دما در حین فرآیند و واکنشی که بین پایه پلی دی متیل سیلوکسان و عامل پخت اتفاق می افتد و منجر به کاهش زنجیره های پلیمری شده در نتیجه درجه بلورینگی افزایش می یابد و باعث افزایش مقاومت سایشی و کاهش نرخ سایش می شود. جهت بررسی تریبولوژیکی پوشش ها از آزمون تست سایش پین روی دیسک طبق استاندارد ASTM G99 استفاده شده است.

کلمات کلیدی: پلی دی متیل سیلوکسان، پوشش پلیمری، تریبولوژی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

کامپوزیت های زمینه پلیمری یک دسته از مواد با خواص مطلوب هستند که به طور وسیع در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می گیرند [۱]. برای بهبود استحکام پلیمر خاص می توان از ترکیبی از پلی استایرن و پلی بوتادین (پلی-استایرن گرید مقاوم HIPS) استفاده کرد. دارای خواص مکانیکی به خصوص ضربه پذیری خوب و قیمت ارزان است که این خصوصیات باعث استفاده از پلی استایرن با گرید مقاوم در ساخت انواع وسایل و تجهیزات گردیده است [۲]. پلی دی-متیل سیلوکسان (PDMS) نیز معرفی می شود به دلیل ویژگی های منحصر به فرد آن، رایج ترین الاستومر در ریزسیالات است. در میان پلیمرهای نیمه آلی، پلیمرهای سیلیکونی یا سیلوکسان ها از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند. پلی دی-متیل سیلوکسان تنها از یک مونومر ساخته شده است. ویژگی های قابل توجه پلی دی-متیل سیلوکسان پایداری حرارتی بالا، انرژی سطحی پایین و آبگریزی بالا و مقاومت سایش بالایی دارد و دارای زیست سازگاری بالا است [۳]. سایش در اجزاء و قطعات مختلف سبب محدود کردن عمر سازه می شود. خسارات ناشی از سایش برآوردهای آماری زیادی را در جوامع پیشرفته و در حال پیشرفت به خود اختصاص می دهد. سایش، تغییر شکل یا حذف مواد روی سطح، ناشی از برهم کنش ها در تماس مکانیکی دو سطح می باشد. سایش و خوردگی در مراحل اولیه تخریب های سطحی هستند، ولی در مراحل بعدی می توانند موجب پیدایش اصطکاک، سروصدا، گرمای ناخواسته، و تغییرات ابعادی در قطعه گردد. همچنین علاوه بر خواص ذاتی ماده مانند ضریب الاستیسیته، شرایط محیطی و تریبوسیستمی نیز در مقدار سایش موثر می باشند [۴].

به طوری کلی در فرآیندهای مکانیکی سه مرحله را می توان برای سایش اختصاص داد [۵]:

در مرحله اول که بین دو سطح، تماس شکل می گیرد، نرخ سایش می تواند زیاد یا کم باشد.

در مرحله دوم یا مرحله پایدار که در آن سایش با مقدار ثابتی انجام می شود، بیشترین عمر کاری ماده در این مرحله است. مرحله سوم که در این مرحله به علت کاهش مقاومت به سایش ماده در اثر مرحله قبل، نرخ سایش بالا بوده و ماده به سرعت دچار آسیب و از کارافتادگی می شود.

اخیرا ژو و همکاران فیلم های فوق آبگریز  $PDMS/SiO_2$  را بر روی یک فولاد برای محافظت در برابر خوردگی مورد آزمایش قرار دادند که نتایج نشان داد افزودن پلی دی-متیل سیلوکسان تاثیر زیادی بر میکروتوپوگرافی، ترشوندگی، زبری و مقاومت به سایش فیلم های نهایی دارد [۶]. همچنین مارتین و همکارانش برای نخستین بار سطوح مقاوم و شفاف در برابر سایش را با استفاده از پلی دی-متیل سیلوکسان ساختند. پلی دی-متیل سیلوکسان برای کاربرد پزشکی استفاده می-شود و با استفاده از نانوذرات سیلیسیوم اکسید و رزین متیل فنیل پوشش داده شده اند و بعد از چند آزمایش مشخص

<sup>1</sup> Polydimethylsiloxane



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شد مقاومت به سایش بهبود یافته است [۷].

روش های متعددی برای اندازه گیری سایش و اصطکاک وجود دارد که دستگاه های سایش پین بر روی دیسک<sup>۱</sup> پین بر روی صفحه و رینگ بر روی رینگ تنها چند نمونه از مرسوم ترین وسایل آزمایشگاهی هستند که برای برآورد مقاومت سایشی و رفتار اصطکاک مواد و روان کننده ها به کار گرفته و مرسوم ترین روش اندازه گیری سایش و اصطکاک به حساب می آیند. در این پژوهش جهت مطالعه و ارزیابی رفتار سایشی از دستگاه پین روی دیسک استفاده شده است. روش شناسی تحقیق:

مهم ترین عامل توسعه و رشد پژوهش ها در چند دهه گذشته، پیشرفت تکنولوژی و ارتقا کارایی و بهره وری مواد اولیه و باکیفیت بوده است. مواد اولیه با درجه خلوص بالا یکی از عوامل مهم و تاثیر گذار در نتیجه یک آزمایش می باشد.

جدول ۱. مشخصات مواد اولیه

دانشیته	شرکت سازنده	درصد خلوص	مواد اولیه
۱/۰۴	پتروشیمی تبریز	۹۹%	پلی استایرن HIPS
۰/۹	داوکرینگ	۹۹/۹%	پلی دی متیل سیلوکسان
۰/۸۹	مرک	۹۹/۸%	تترا هیدرو فوران

در ابتدا ۲ گرم پلی استایرن HIPS با ۲۰ سی سی محلول تتراهیدرو فوران تحت همزن مغناطیسی به مدت یک ساعت و نیم مخلوط شد. سپس پلی دی متیل سیلوکسان سیلیکارد ۱۸۴ به نسبت ۱:۱۰ با محلول بدست آمده از مرحله قبل اضافه شد و به مدت ۶۰ دقیقه با سرعت زیاد همزده شد. سپس از التراسونیک پر اب دار برای پراکندگی خوب PDMS استفاده شد. سپس برای حذف THF محلول بدست آمده تحت همزن مغناطیسی در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. در پایان پوشش اعمال شده بر روی آلومینیوم ۱۱۰۰ در آن تحت دمای ۱۲۵ درجه به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت. جهت بررسی تریبولوژیکی پوشش ها از آزمون تست سایش پین روی دیسک مطابق شکل ۱ استفاده شده است. پین مورد استفاده از جنس فولاد کرم دار با قطر ۵ میلی متر بود. آزمون سایش در دمای محیط انجام گرفت. در این آزمون بار اعمالی ۴۰۰ گرم و سرعت خطی ۰/۱۶ m/s و مسافت کل سایش ۳۰۰ متر انتخاب شد. کاهش جرم نمونه ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه گیری شد. آزمون سایش در شرایط خشک و بدون حضور روانکار انجام گرفت. در این

<sup>1</sup> Pin on Disk

<sup>2</sup> Pin on Plate

<sup>3</sup> Ring on Ring

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



پژوهش پوشش HIPS خالص و پوشش HIPS/PDMS تحت آزمون سایش پین روی دیسک طبق استاندارد ASTM G99  
قرار گرفتند و خواص تریبولوژی آنها مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱. شماتیک دستگاه پین روی دیسک

### بحث و نتیجه گیری:

برای ارزیابی سایش، میزان کاهش جرم نمونه ها در طول آزمون که بیان کننده میزان سایش آنها می باشد اندازه گیری شده است، همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود پوشش پلی استایرن خالص مقدار کاهش جرم آن ۰/۰۰۹ گرم و پوشش حاوی پلی دی متیل سیلوکسان مقدار کاهش جرم آن ۰/۰۰۱ گرم است که این علت به خاطر این است که عامل پخت پلی دی متیل سیلوکسان یک ترموستات است که در دمای بالای ۸۰ درجه سانتی گراد شروع به واکنش شیمیایی می کند. هنگامی که نمونه مورد نظر تحت امواج التراسونیک قرار می گیرد با توجه به افزایش دما در حین فرآیند و واکنشی که بین پایه پلی دی متیل سیلوکسان و عامل پخت اتفاق می افتد و منجر به کاهش زنجیره های پلیمری شده در نتیجه درجه بلورینگی افزایش می یابد و باعث افزایش مقاومت سایشی و کاهش نرخ سایش می شود. در نمودارهای شکل ۳ همانطور که دیده می شود نرخ ضریب اصطکاک با نرخ سایش رابطه مستقیم دارد و دیده می شود نمونه های حاوی PDMS نرخ ضریب اصطکاک پایین تری دارد و پیک های مشاهده شده در مسافت اولیه پوشش مورد نظر با توجه به تغییر مکانیزم و با افزایش ضریب اصطکاک، خستگی سطح اتفاق خواهد افتاد و سیلان ماده ایجاد می شود ولی در نمونه های پلی استایرن خالص این مکانیزم با سرعت بیشتری اتفاق افتاده است. همانطور که در

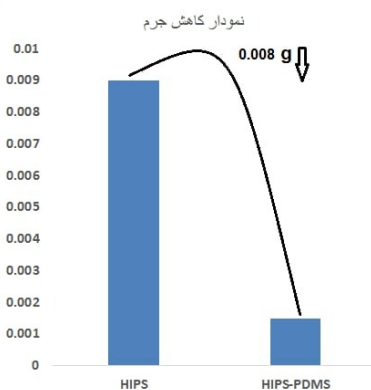
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

تصاویر شکل ۴ دیده می شود، در نمونه زیرلایه سطح دچار تغییر پلاستیک شدید در جهت لغزش شده که همزمان نشان دهنده مکانیزم سایش چسبان و خراشان و نرخ سایش بالا می باشد. در پوشش های پلی استایرن خالص نرخ سایش بالا است ولی در پوشش هایی که پلی دی متیل سیلوکسان اضافه می شود با توجه به اینکه ضخامت پوشش افزایش چشمگیری داشته است نرخ سایش کم شده و سایش خراشان اتفاق افتاده است.



شکل ۲. نمودار کاهش جرم پوشش های کامپوزیتی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

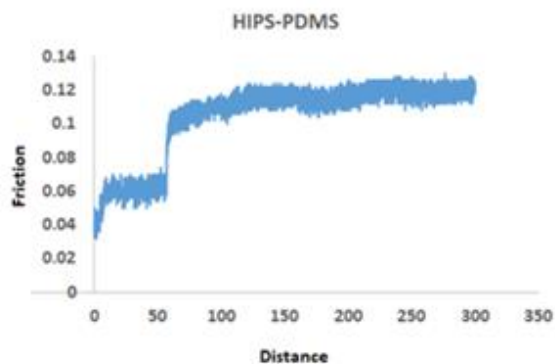
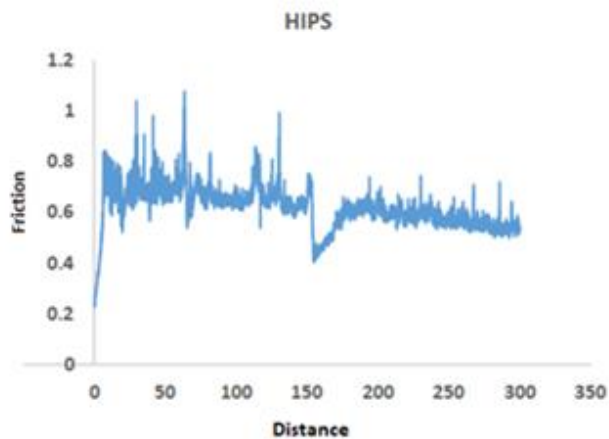
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



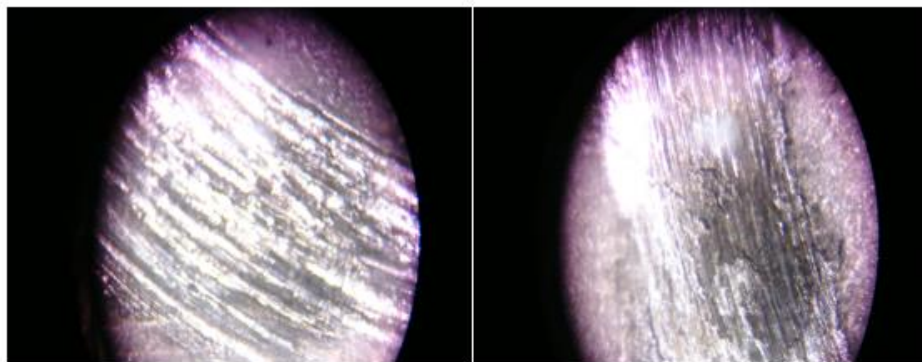
ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



شکل ۳. نمودار ضریب اصطکاک پوشش کامپوزیتی



شکل ۴. تصاویر میکروسکوپی بعد از عملیات پین روی دیسک

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### منابع

- [۱] L. E. Nielsen and R. F. Landel, *second edition, revised and expanded*. 1993.
- [۲] A. J. Mohan, V. C. Sekhar, T. Bhaskar, and K. M. Nampoothiri, *Bioresour. Technol.*, vol. 213, pp. 204–207, 2016, doi: 10.1016/j.biortech.2016.03.021.
- [۳] V. Bergeron, P. Cooper, C. Fischer, J. Giermanska-Kahn, D. Langevin, and A. Pouchelon, *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 122, no. 1–3, pp. 103–120, 1997, doi: 10.1016/S0927-7757(96)03774-0.
- [۴] I. M. Hutchings, vol. 13, no. 3. 1992. doi: 10.1016/0261-3069(92)90241-9.
- [۵] P. Mukhopadhyay, P. S. Kannaki, M. Srinivas, and M. Roy, *Wear*, vol. 315, no. 1–2, pp. 31–37, 2014, doi: 10.1016/j.wear.2014.03.010.
- [۶] X. F. Zhang, Y. Q. Chen, and J. M. Hu, *Corros. Sci.*, vol. 166, no. July 2019, 2020, doi: 10.1016/j.corsci.2020.108452.
- [۷] S. Martin and B. Bhushan, *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 488, pp. 118–126, 2017, doi: 10.1016/j.jcis.2016.10.094.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## طراحی و اجرای ست آپ الکتروکمی لومینسانس جهت استفاده از کوانتوم دات های کربنی برای اندازه گیری داروها، نشانگرهای زیستی و سموم زیست محیطی

نونالی پور<sup>۱</sup>، حسین افشاری<sup>۱</sup>، ماندانا امیری<sup>۱\*</sup>

۱- گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی

E-mail: [mandanaamiri@uma.ac.ir](mailto:mandanaamiri@uma.ac.ir)

### چکیده

اندازه گیری بر اساس روش الکتروکمی لومینسانس، بخاطر خصوصیات برتر آن از جمله سرعت بالای پاسخ دهی، ساده بودن فرآیند و حساسیت بالای آن، به طور گسترده در اندازه گیری پروتئین ها، اسیدهای نوکلئیک و یونهای فلزی بکار رفته است مواردی چون یافتن روشهای جدید در اندازه گیری، یافتن مواد لومینوفور جدید که ارزان و زیست سازگار باشند، امکان سنجی اندازه گیری آنالیت هایی که هنوز مورد مطالعه با این روش قرار نگرفته اند، و استفاده از لوازم و تجهیزات ساده و کم هزینه ادامه تحقیق در زمینه الکتروکمی لومینسانس را ضروری می سازد. دستگاهوری مورد استفاده در مطالعات الکتروکمی لومینسانس عمدتاً شامل پتانسیو-گالوانواستا به همراه دتکتور نوری فوتولوله تکثیر کننده است. دتکتور ذکر شده حجیم و نیازمند ولتاژهای بالا است که کاربردهای پرتابل آن را محدود می کند. دستگاه الکتروکمی لومینسانس دراپ سنس بجای دتکتور ذکر شده دارای فوتودیود است که بر روی سلول الکتروشیمیایی بر پایه الکتروکود اسکرین پربند نصب شده است و دستگاه، پرتابل و قابل شارژ می باشد. اما بدلیل وجود محدودیتهای استفاده از الکترودهای اسکرین پربند که کاملاً وارداتی، گران قیمت و با عمر خیلی کم می باشند، مطالعات تجزیه ای را که مستلزم پولیش و شستشوی مداوم الکتروکود کار است، تقریباً غیر ممکن می سازد. از این رو تغییراتی بر روی سل این دستگاه ایجاد شد تا قابلیت استفاده از الکترودهای معمول را داشته باشد سپس با استفاده از آن اندازه گیری آنتی بیوتیک سفنازیدایم، یون سیترات و علف کش پاراکوات در گستره خطی و حدود تشخیص مناسب و راندمان خوب در نمونه های حقیقی با موفقیت انجام شد.

کلمات کلیدی: الکتروکمی لومینسانس، دستگاهوری، سفنازیدایم، یون سیترات، پاراکوات



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

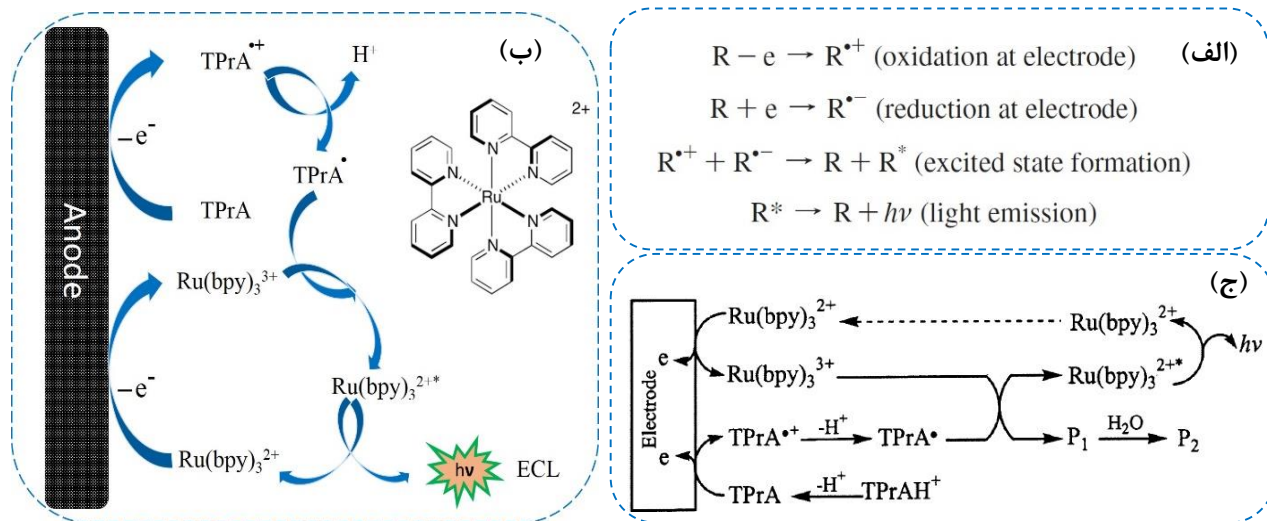


### مقدمه و مروری بر الکتروکمی لومینسانس

الکتروکمی لومینسانس (ECL) یا به عبارت دیگر کمی لومینسانس حاصل از واکنشهای الکترودی، فرایندی است که در آن انتقال الکترون در سطح الکتروود باعث به وجود آمدن رادیکالها شده و این رادیکالها تحت واکنش انتقال الکترون به گونه های برانگیخته تبدیل می شوند و برگشت این گونه های برانگیخته به حالت پایه باعث نشر نور می شود [۱، ۲]. الکتروکمی لومینسانس حاصل ارتباط بین الکتروشیمی، اسپکتروسکوپی، فوتوشیمی و فوتولومینسانس است. از این روش به طور وسیعی در اندازه گیری فاکتورهای ایمنی، نشر نور در پلیمرها، و سلولهای الکتروشیمیایی حالت جامد استفاده می شود و امید می رود که به عنوان منبع روشنایی و صفحات نمایش نیز بکار رود. از نظر کاربردهای تجزیه ای، این روش در مقایسه با فلورسانس، نیاز به منبع نور نداشته و بنابراین اتوفلورسانس و نور پراکنده زمینه در آن وجود ندارد و اندازه گیری دقیق تر خواهد بود. علاوه بر این استفاده از پتانسیل برای ایجاد و تنظیم سیگنال، سنسورهای بر پایه این روش را بسیار تکرار پذیر و قابل اطمینان کرده است. این پدیده برای اولین بار در اوایل دهه ۱۹۶۰ به طور همزمان توسط هرکولز در ام آی تی [۳]، چاندروس در آزمایشگاههای بل و بارد در دانشگاه تگزاس گزارش شده است. از بین این افراد گروه بارد فعالیتهای زیادی داشته و پیشرو در توسعه سیستمها، دستگاهوری و کاربردهای الکتروکمی لومینسانس در این ۵۰ سال اخیر بوده است.

### ۲- مکانیسمها در الکتروکمی لومینسانس

پدیده الکتروکمی لومینسانس توسط دو مکانیسم آشنای نابودی یون و واکنشگر همراه توضیح داده می شود [۴]. مکانیسم نابودی یون شامل ایجاد الکتروشیمیایی حد واسطهای نسبتاً پایدار کاتیونی ( $R^{2+}$ ) و آنیونی ( $R^{-}$ ) از انتقال دهنده ( $R$ ) در سطح الکتروود می باشد. انتقال دهنده یا لومینوفور همان ترکیب اصلی و مسئول ایجاد الکتروکمی لومینسانس است. این رادیکال یونها سپس باهم برخورد کرده و با نابودی همدیگر حالت برانگیخته ( $R^*$ ) و حالت پایه ( $R$ ) را تولید می کنند. حالت برانگیخته سپس می تواند به حالت پایه برگشته و نور منتشر کند



شکل ۱. مکانیسم نابودی یون (الف) و واکنش کمپلکس روتنیم و تری پروپیل آمین تحت مکانیسم واکنش همراه (ب و ج)

### 1. Electrogenerated chemiluminescence (Electrochemiluminescence)

1. Ion annihilation
2. Coreactant
3. Luminophore

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

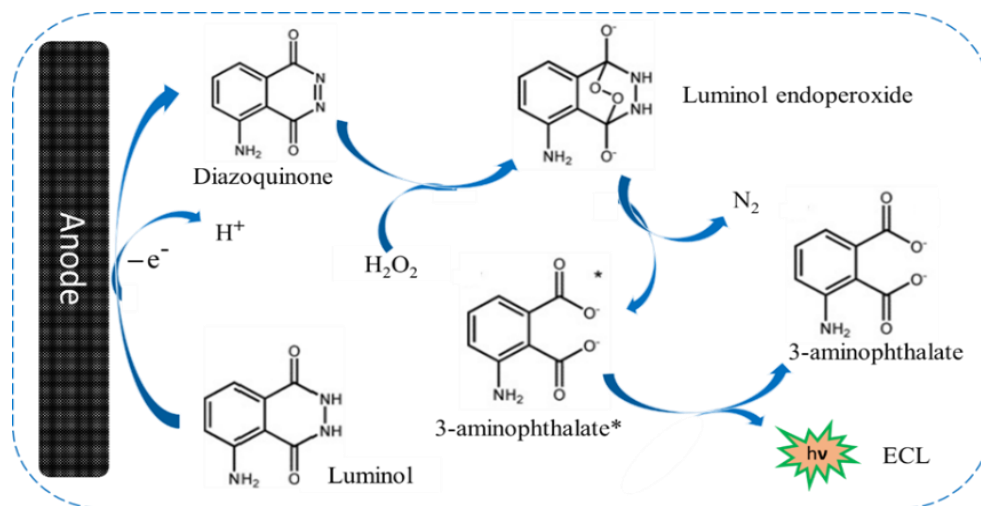
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

(شکل ۱-الف). مکانیسم واکنشگر همراه اساس اندازه گیریهای برپایه الکتروکمی لومینسانس است. در این نوع مکانیسم بر خلاف مکانیسم نابودی یون که به تولید شدن هر دو گونه اکسید کننده و احیا کننده بطور همزمان نیاز بود، گونه لومینوفور (یا انتقال دهنده) فقط تحت روبش یک طرفه از پتانسیل، در حضور واکنشگر همراه تولید ECL می کند. بسته به اینکه جهت پتانسیل اعمال شده مثبت باشد یا منفی، هر دو گونه ی لومینوفور و واکنش دهنده همراه می توانند ابتدا در سطح الکتروکمی اکسید شده یا کاهش یافته و رادیکالها را تشکیل دهند و سپس حد واسطها از واکنشگر همراه تولید شده و گونه های شدیداً کاهنده یا شدیداً اکسنده را تشکیل می دهند که با لومینوفور اکسید شده یا کاهش یافته واکنش می دهد و حالت بر انگیزته را تولید می کند که آن هم به نوبه خود با برگشت به حالت پایه باعث نشر نور می شود (شکل ۱- ب و ج) [۵].

### ۳- ترکیبات مهم در الکتروکمی لومینسانس (لومینوفورها و واکنشگرهای همراه)

لومینوفورها در ECL ترکیبات عامل الکتروکمی لومینسانس هستند که شامل سیستمهای آلی، معدنی و نانوذرات هستند [۶]. اولین مطالعات در الکتروکمی لومینسانس در مورد سیستمهای آلی انجام گرفته است [۷]. این مطالعات اولیه بر روی ترکیباتی چون هیدروکربنهای پلی آروماتیک (PAHs)، دی فنیل آنتراسن (DPA) و رابرن (rubrene) بخاطر بهره کوانتومی بالای این مواد و تشکیل رادیکال-یونهای پایدار در حلالهای آپروتیک انجام گرفته است. سایر ترکیبات همچون لومینول، استرهای آکریدینیوم، پلیمرها و سایلولها (Silols) نیز به فراوانی مورد بررسی قرار گرفته اند. لوسیژنین (Lucigenin) مثالی از استرهای آکریدینیوم می باشد که در حضور هیدروژن پراکسید فعال بوده و برای اندازه گیری ریوفلاوینها [۸]، گنادوتروپینهای انسانی [۹] و همین استفاده شده است. اخیراً نیز پلیمرهایی به نام "پلیمرهای میکرو حفره ای ذاتی" (PIMs) تحت مطالعه قرار گرفته و نشان داده شده که دارای خواص ECL هستند [۱۰]. لومینول ترکیب آلی کلاسیک در بحث ECL است که به فراوانی مورد مطالعه قرار گرفته و هنوز هم علاقمندی برای کار بر روی آن وجود دارد. نور ECL حاصل از لومینول معمولاً در محلولهای بازی و در حضور هیدروژن پراکسید دیده می شود (شکل ۲) [۱۱]. در مورد سیستمهای معدنی تجربیات نشان داده که کمپلکسها و کلاسترهای حاوی فلزات نقره، آلومینیوم، طلا، کادمیوم، کرم، مس، یورپوم، جیوه، ایریدیوم، مولیبدن، تنگستن، اسمیوم، پالادیم، پلاتین،



شکل ۲. مکانیسم ECL برای سیستم لومینول/هیدروژن پروکساید

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

رنیم، روتنیم، سیلیسیم، تریبوم و تالیوم دارای خواص ECL می باشند. کمپلکس تریس روتنیوم بای پریدیل  $(Ru(bpy)_3^{2+})$  مهمترین کمپلکس معدنی است که خواص ECL آن بدلیل پایداری و حساسیت بالای این ترکیب در رتبه ی اول قرار دارد. این ترکیب در کنار تری پروپیل آمین به عنوان واکنشگر همراه، برای اندازه گیری DNA و فاکتورهای ایمنی، بصورت تجاری مورد استفاده قرار می گیرد. در بحث سیستمهای بر پایه نانوذرات، می توان اشاره کرد که اولین مطالعات در استفاده از این مواد در الکتروکمی لومینسانس، توسط بارد و همکارانش در سال ۲۰۰۲ و بر روی نانوکریستالهای (و به عبارت بهتر نقاط کوانتومی) سیلیسیم انجام گرفته است [۱۲]. پس از آن ECL حاصل از نقاط کوانتومی کادمیوم سولفاید، کادمیوم سلناید، کادمیوم تلوراید، روی سولفاید، سرب سولفاید و روی سلناید مورد مطالعه قرار گرفته و در ساخت بیوسنسورها استفاده شده اند. الکتروکمی لومینسانس این ترکیبات نیز از مکانیسم های معمول ناپودی یون و واکنشگر همراه تبعیت می کند [۱۳]. بسیاری دیگر از نانوذرات از جمله گرافن اکسید و نانوذرات کربن نیز دارای ECL می باشند. همچنین در سالهای اخیر توجه خاصی بر روی کربن نیتريد گرافیتی (G-C3N4) به عنوان لومینوفور در ECL وجود داشته است. نقاط کوانتومی کربن (CQDs) که برای اولین بار توسط زو و همکارانش در سال ۲۰۰۴ کشف و گزارش شده نیز امروزه به فراوانی مورد استفاده قرار میگیرد [۱۴]. واکنشگرهای همراه یا کوراکتانت ها ترکیباتی هستند که طی اکسیداسیون و یا کاهش گونه های حدواسط بسیار فعالی را ایجاد می کنند که می توانند با لومینوفور اکسید شده یا احیا شده واکنش داده و حالت برانگیخته را ایجاد کنند. این گونه های فعال حاصل از واکنشگرهای همراه باید بسیار پایدار باشند و از این رو تعداد واکنشگرهای همراه محدود است. اکثر لومینوفورها واکنشگرهای همراه مختص خود را برای تولید ECL نیاز دارند. واکنشگرهای همراه معروف شامل تری پروپیل آمین، یون پراکسی دی سولفات  $(S_2O_8^{2-})$ ، هیدروژن پراکساید و اکسالات است.

#### ۴- دستگاهوری در الکتروکمی لومینسانس

اگرچه امروزه بسیاری از دستگاه های تجاری ECL برای کاربردهای مختلف در دسترس هستند [۱۵]، برای مطالعات آکادمیک، لازم است که ست آپ های ECL مناسب و مختص کار پژوهشی مورد نظر ساخته شوند. تنوع مواد (لومینوفورها، واکنشگرهای همراه و آنالیت ها)، الکترودها، مکانیسم ها و آشکارسازها، منجر به ساخت انواع مختلف دستگاهها می شود [۱۶]. مطالعات اولیه معمولاً در محیط های آلی (و معمولاً با مکانیسم ناپودی یون) انجام می شدند، بنابراین استفاده از تکنیک های خاصی مانند الکترودهای چرخان و نصب دستگاههایی مانند سیستم های تزریق نیتروژن بسیار مهم بودند. اما امروزه تقریباً تمام مطالعات در محلول های آبی انجام می شود که ساخت ابزارهای مطالعه را نسبتاً آسان کرده است. یک دستگاه معمولی ECL معمولاً از دو بخش اصلی الکتروشیمیایی و نوری تشکیل شده است. طراحی سلول الکتروشیمیایی به انواع الکترودها (الکترودهای معمولی، اسکرین پرینتد، آرایه، کاغذی، ITO) و شرایط محیط محلول (ابستا، پویا، جریان یا

1. Carbon Quantum Dots

2. Coreactants

3. Indium tin oxide



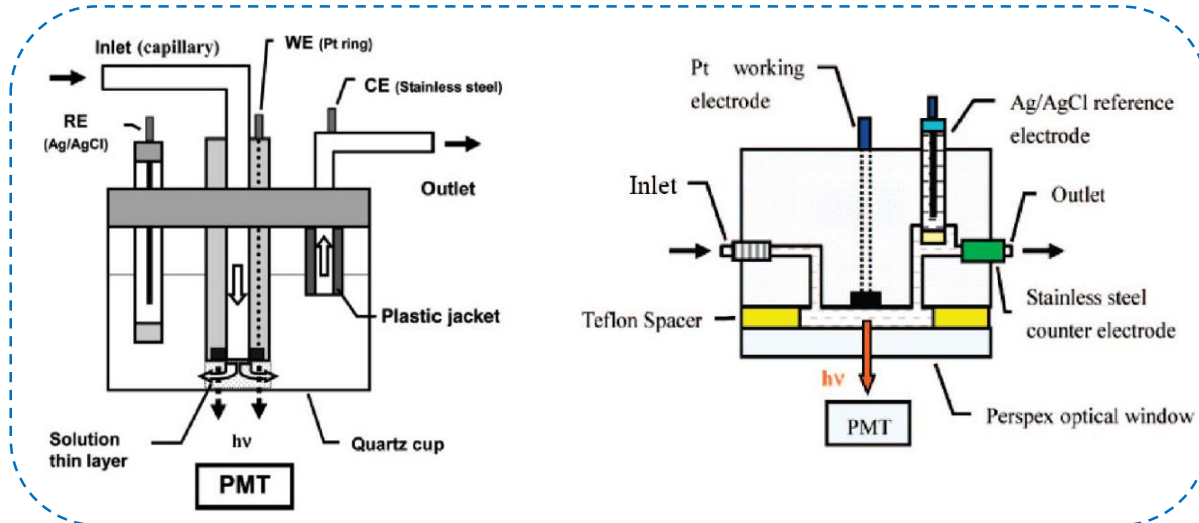
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

میکروسیال) بستگی دارد. برای آشکارسازی نور، لوله فوتوتکثیر کننده (PMT) عمدتاً به دلیل حساسیت بالای آن برای تشخیص سیگنالهای



شکل ۳. دو طرح متفاوت سل الکتروشیمیایی ECL برای استفاده در سیستمهای با الکتروولت در حال جریان از

بسیار ضعیف استفاده می شود. دستگاه بار جفت شده (CCD) نیز به عنوان آشکارساز نور، به ویژه در کاربردهای تصویربرداری استفاده می شود. شکل ۳ شماتیکهای دو طرح متفاوت سل الکتروشیمیایی که برای سیستمهای در حال جریان استفاده شده است را نشان می دهد. استفاده از فوتودیود (PD) به دلیل سادگی و مقرون به صرفه بودن آن نیز مورد توجه بوده و بر اساس آن دستگاه های تجاری ساخته شده است [۱۷].

### ۵- معرفی ست آپ آزمایشگاهی ECL آزمایشگاه تحقیقاتی شیمی تجزیه دانشگاه محقق اردبیلی

دستگاه الکتروکمی لومینسانس تجاری دراپ سنس موجود در آزمایشگاه از یک پتانسیو-گالوانو استای پرتابل و قابل شارژ ( $\mu$ STAT-ECL) تشکیل شده است که به یک سل الکتروشیمیایی جداگانه که مختص استفاده از الکتروود اسکرین پرننتد (SPE) است، متصل می شود. آشکارساز نوری دستگاه از نوع فوتودیود سیلیکونی بوده و از بالا بر روی محل نمونه کوچکی قرار میگیرد. الکتروود SPE نیز در زیر محل نمونه گیری که دارای ظرفیت حداکثر ۶۰ میکرولیتر است، قرار میگیرد (شکل ۴). سل از پلیمر با رنگ تیره ساخته شده و پس از بسته شدن از نظر ورود نور محیط به آشکارساز و الکتروود، کاملاً عایق می شود. الکتروودهای اسکرین پرننتد مختص این دستگاه دارای قسمت های کار و کانتور از جنس کربن و رفرنس از جنس نقره است (شکل ۵-الف). قسمت های کربنی از یک لایه نازک کربنی تشکیل شده اند که قابلیت استفاده های مکرر را ندارند. همچنین قسمت رفرنس این الکتروود نیز در اصل شبه رفرنس بوده و نسبت به الکتروودهای رفرنس معمولی مانند Ag/AgCl کارایی

2. Photomultiplier tube
2. Charge-coupled device

1. DropSens
4. Screen printed electrode

1. Pseudo-reference (or quasi-reference) electrode

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

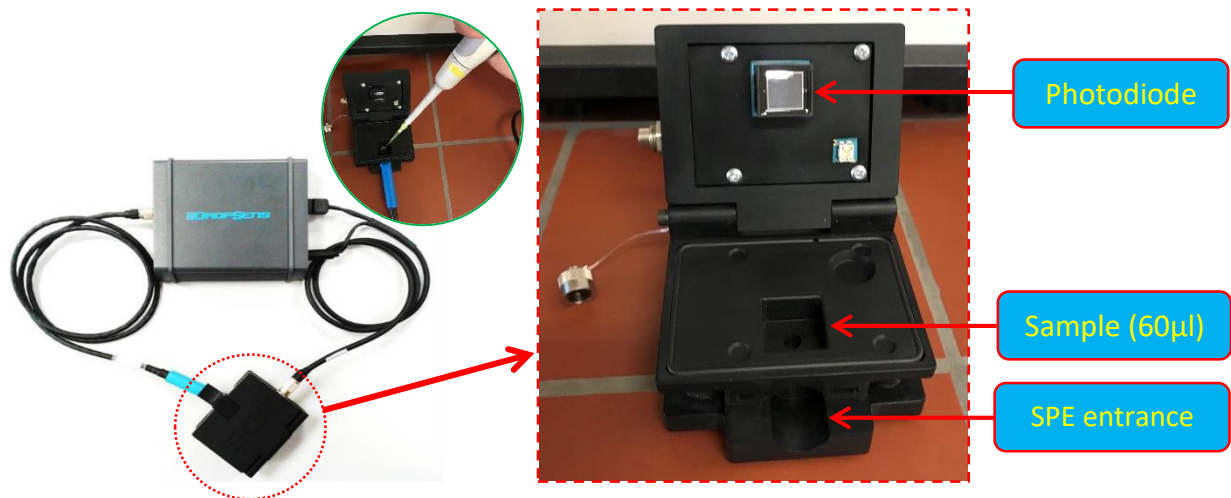
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

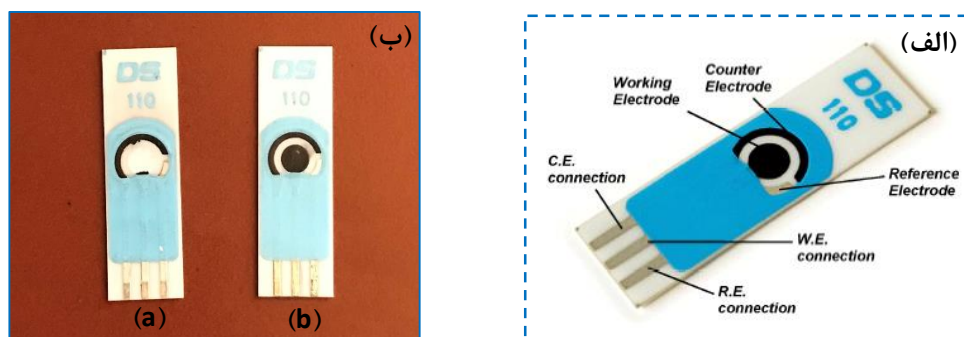


لازم برای اعمال پتانسیلهای دقیق را ندارند. همانطور که در شکل ۵-ب مشاهده می شود، قسمت کانتر این الکتروود پس از چند تست، کاملا



شکل ۴. پتانسیو-گالوانواستا μSTAT-ECL به همراه سل الکتروشیمیایی و قسمت های مختلف

کنده شده و از بین رفته است (الکتروود a). تمیز کردن آلودگیها در این الکتروودها برای قطره گذاری ترکیبات مختلف نیز امکان پذیر نمی باشد (شکل ۵-ب الکتروود b). با توجه به موارد ذکر شده تغییراتی بر روی سل دستگاه ایجاد شد تا بتوان توسط این دستگاه، تحقیقات بر روی تست لومینوفورهای جدید از جمله کربن کوانتوم دانهها را انجام داد. تغییرات انجام گرفته شامل طراحی یک سلول الکتروشیمیایی ۲۵ میلی لیتری که



شکل ۵. الکتروود SPE و قسمت های مختلف آن (الف) و الکتروودهای استفاده شده (ب)

قابلیت استفاده از سیستم سه الکتروودی معمولی را داشته باشد و قرار دادن کل سلول و آشکارساز دستگاه داخل یک جعبه سیاه بوده است. سلول تهیه شده از جنس شیشه بوده و دارای پنجره نوری است که دقیقا در مقابل آشکارساز قرار میگیرد. برای جلوگیری از ورود نور محیط علاوه بر استفاده از جعبه سیاه، برای ساخت سلول نیز از شیشه تیره رنگ استفاده شد. همچنین برای ساخت پنجره نوری سلول از شیشه با ضخامت کم استفاده شد که حداقل جذب نور را داشته باشد و طوری روی سلول تعبیه شد که قابلیت تعویض را داشته باشد. الکتروودهای شامل

<sup>1</sup>. Black box



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

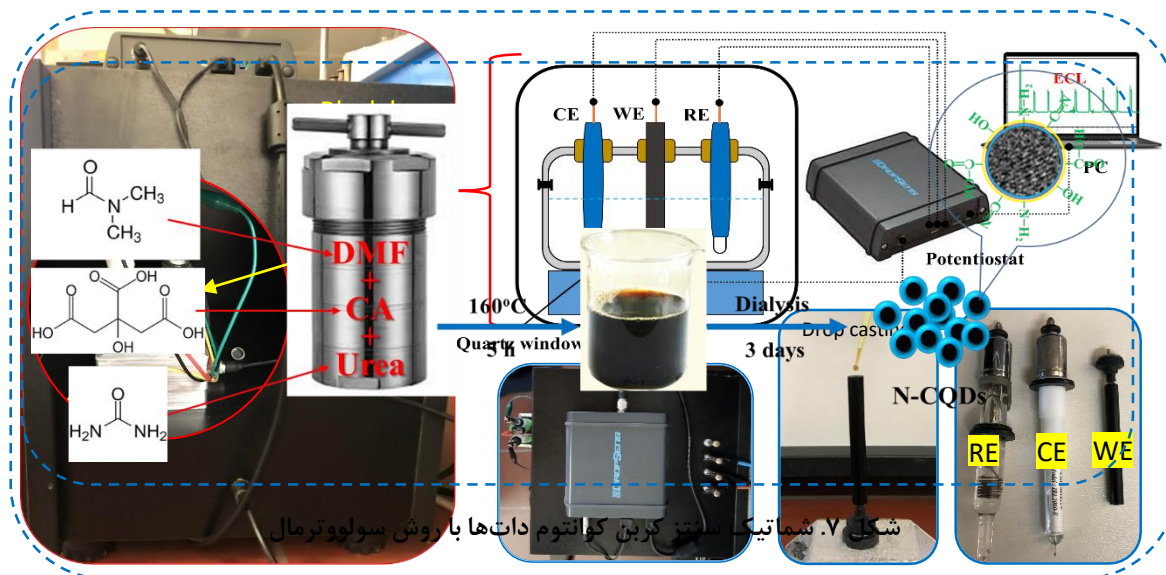
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

الکتروود کار کربن شیشه‌ای، الکتروود کانتیر پلاتینی و الکتروود رفرنس نقره-کلرید نقره برای دستگاه استفاده شد. شماتیک کلی ست آپ و قسمت‌های مختلف آن در شکل ۶ آورده شده است.

۶- برخی از کارهای تحقیقاتی انجام گرفته با استفاده از ست آپ ECL

پس از تهیه ست آپ آزمایشگاهی، تست‌های اولیه با استفاده از لومینوفورهای معمول مانند روتنیم بای پیریدیل و لومینول انجام شده که



شکل ۶. طرح کلی ست آپ ECL تهیه شده و قسمت‌های مختلف آن

نتایج قابل قبولی بدست آمده است. سپس کارهایی با هدف سنتز کربن کوانتوم دات‌های با خواص الکتروکمی لومینسانس با روش‌های سنتز مختلف انجام شده است (شکل ۷) که پس از به نتیجه رسیدن، از آنها برای اندازه گیری برخی ترکیبات دارویی، بیولوژیکی و سموم کشاورزی استفاده شده است. اندازه گیریها بر اساس خاموشی سیگنال ECL در حضور آنالیت بوده است. بدین صورت که مقدار خاموشی با غلظت آنالیت در محدوده خاصی خطی بوده و اندازه گیریها انجام شده است. اندازه گیری آننتی بیوتیک سفنازیدایم آدر شیر، شیر خشک و همچنین سرم خون انسان با استفاده از کربن کوانتوم دات دوپ شده با نیتروژن (N-CQDs) در محدوده غلظتی ۰/۱ میکرومولار تا ۵۰۰ میکرومولار با حد تشخیص حدود ۰/۰۲ میکرومولار و با راندمان بالا انجام شد (شکل ۸). انواع ترکیباتی که در نمونه‌های سرم و شیر حضور دارند، از جمله کاتیونها و آنیونها مختلف و ترکیبات بیولوژیکی نیز با این روش تست شده‌اند که پاسخی از نظر خاموشی مشاهده نشده و اثبات شده است که سنسور ساخته شده نسبت به سفنازیدایم گزینش پذیر عمل می‌کند. با توجه به اینکه این آننتی بیوتیک در پزشکی و دام پزشکی مورد مصرف قرار می‌گیرد و مقادیر بالای آن در شیر و یا سرم انسان دارای عوارض متعددی است، اندازه گیری آن در غلظت‌های پایین می‌تواند بسیار مفید باشد. لازم به ذکر است که اندازه گیری این آننتی بیوتیک با روش ECL برای اولین بار در کار پژوهشی ذکر شده انجام شده است [۱۸]. یون سیترات که از نشانگرهای زیستی سرطان پروستات بشمار میرود [۱۹] نیز با استفاده از نانوذرات پلیمر PIM-1 به همراه N-CQDs طی کار دیگری در محدوده غلظتی و حد تشخیص مناسب و راندمان‌های ۹۷/۷ و ۸۶ درصد به ترتیب در سرم خون انسان و ادرار بیمار اندازه گیری شده است (شکل ۹-۱).

1. Quenching  
2. Cefotaxime



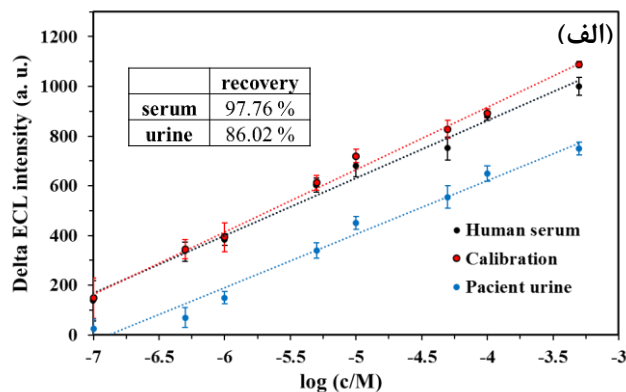
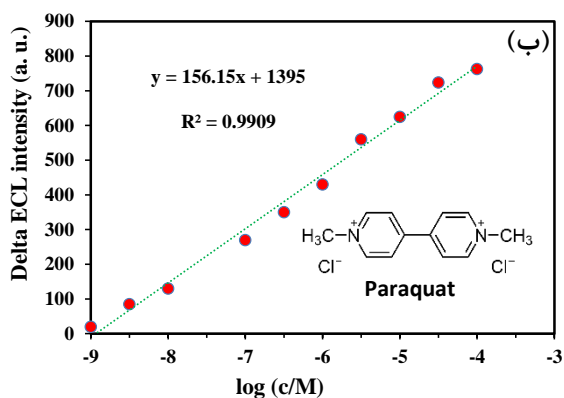
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

الف). همچنین طی کار دیگری علف کش پاراکوات که به وفور در کشاورزی مورد مصرف قرار می گیرد با استفاده از نانوذرات نقره و کربن کوانتوم داتها اندازه گیری شده است. نمونه های حقیقی مانند آب دریاچه شورابیل و رودخانه اردبیل مورد آنالیز قرار گرفته اند و نتایج بدست آمده نشان می دهد که از این روش میتوان برای اندازه گیری پاراکوات راه یافته به دریاچه ها و رودخانه ها و سایر آبهای جاری استفاده نمود (شکل ۹-۱).

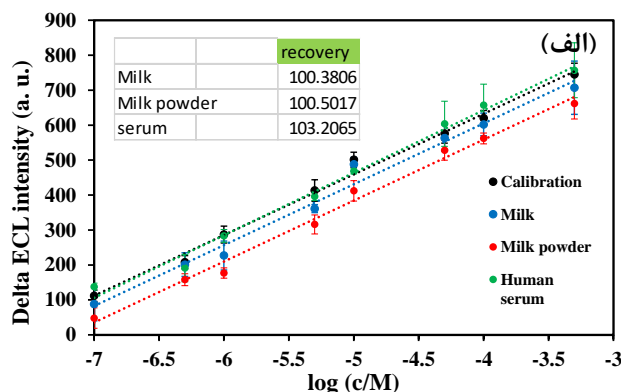
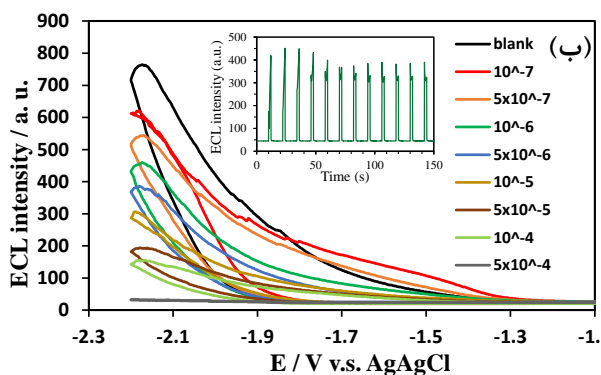


شکل ۹. الف) نتایج آنالیز یون سیترات و راندمانها (داخل کادر، ب) نمودار کالیبراسیون اندازه گیری پاراکوات و ساختار، ملکه. آ. (داخل کادر، ب).

(ب).

### ۶- نتیجه گیری

روش الکتروکمی لومینسانس، بخاطر خصوصیات برتر آن از جمله سرعت بالای پاسخ دهی، ساده بودن فرآیند و حساسیت بالای آن، به طور گسترده برای اندازه گیریهای مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. در ECL لومینوفورها، کوراکتانتها و دستگاووری از موضوعات مهمی



شکل ۸. نتایج آنالیز آنتی بیوتیک سفنازیدایم، الف) نمودارهای کالیبراسیون و راندمانها (داخل کادر، ب) روند

خامه ش. سگنا. با اف. اش. غلظت ه نابد، ع. سگنالما د، طه. ا. مان. (داخل کادر، ب).

است که هرکدام تحقیقات گسترده ای را به خود اختصاص داده اند. استفاده از دستگاه الکتروکمی لومینسانس تجاری موجود در آزمایشگاه

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

تحقیقاتی شیمی تجزیه دانشگاه محقق اردبیلی، در کنار مزایای فراوانی همچون پرتابل بودن، دارای محدودیتهای کاربردی از جمله داشتن حجم نمونه کم و لزوم استفاده از الکترودهای اسکرین پرینتد گرانقیمت با عمر بسیار کم بود. بنابراین تغییراتی بر روی دستگاه ایجاد شده است تا استفاده از الکترودهای معمولی و حجم نمونه بیشتر در آن امکان پذیر باشد. بنابراین ست آپ آزمایشگاهی بر این اساس ایجاد شده است. با استفاده از این دستگاه و ست آپ ایجاد شده، کارهای تحقیقاتی از جمله اندازه گیری آنتی بیوتیک سفتنازیدایم (در شیر، شیر خشک و سرم انسان)، یون سیترات (به عنوان نشانگر زیستی سرطان پروستات) و پاراکوات (علف کش مورد استفاده در کشاورزی)، با استفاده از کوانتوم دانه های کربنی، با نتایج خوب انجام شده است.

منابع

- [1] Bard AJ, Bard AJ. *Electrogenerated chemiluminescence*. New York: Marcel Dekker; 2004.
- [2] Hesari M, Ding Z. *Journal of the Electrochemical Society*. 2015;163(4):H3116.
- [3] Hercules DM. *Science* (New York, NY). 1964;145(3634):808-9.
- [4] Rizwan M, Mohd-Naim NF, Ahmed MU. *Sensors* (Basel, Switzerland). 2018;18(1):166.
- [5] Miao, W., J.-P. Choi, and A.J. Bard, *Journal of the American Chemical Society*, 2002. 124(48): p. 14478-14485.
- [6] Liu Z, Qi W, Xu G. *Chemical Society Reviews*. 2015;44(10):3117-42.
- [7] Parveen S. *Electrogenerated chemiluminescence: protocols and applications*. Heidelberg: Springer; 2013.
- [8] Zhang C, Qi H. *Analytical Sciences*. 2002;18(7):819-22.
- [9] Lin J-M, Yamada M. *Microchemical Journal*. 1998;58(1):105-16.
- [10] Madrid E, et al. *ChemElectroChem*. 2016;3(12):2160-4.
- [11] Richter MM. Chapter 6, *Optical Biosensors*. Amsterdam: Elsevier Science; 2002. p. 173-205.
- [12] Ding Z, et al. *Science* (New York, NY). 2002;296(5571):1293-7.
- [13] Bertonecello P, Forster RJ. *Biosensors and Bioelectronics*. 2009;24(11):3191-200.
- [14] Y.-P. Sun, *Carbon Dots: Exploring Carbon at Zero-Dimension* (Springer, Cham) p. 47 (2020).
- [15] L. Hu and G. Xu, *Chemical Society Reviews*, 2010, 39, 3275-3304.
- [16] W. Miao, *Chemical Reviews*, 2008, 108, 2506-2553.
- [17] E. Núñez-Bajo and M. T. Fernández Abedul, in *Laboratory Methods in Dynamic Electroanalysis*, Elsevier, 2020, pp. 329-338.
- [18] Afshary, H., et al., *Journal of The Electrochemical Society*, 2022. 169(2): p. 026523.
- [19] Azzouzi, S., et al., *Sensors and Actuators B: Chemical*, 228 (2016) 335-346.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## بررسی نحوه تشکیل و اکتشاف کانسارها با استفاده از مطالعات میانبارهای سیال

قهرمان سهرابی<sup>۱\*</sup>، زهرا حسنی سوقی<sup>۲</sup> و فاطمه حسنی سوقی<sup>۳</sup>

۱- استادیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (q\_sohrabi@yahoo.com)

۲- دانشجوی دکتری، گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳- دانشجوی دکتری، گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

### چکیده

میانبارهای سیال معرف بخش هایی از مایعات، گازها و مذاب های به تله افتاده ای هستند که بلور از آنها رشد کرده است. از اینرو، می توان از آنها برای بازسازی محیطی که کانی در آن تشکیل شده استفاده کرد. مطالعه میانبارهای سیال در طی چند سال اخیر شاهد پیشرفت های قابل توجهی بوده است. از کاربردهای مطالعات میانبارهای سیال در رشته های علوم زمین می توان به اکتشافات نفتی، تکتونیک و ریز ساختارها، چینه شناسی و رسوب شناسی، گوهر شناسی، سنگ شناسی آذرین و دگرگونی و سیستم های زمین گرمایی اشاره کرد. اما مهمترین کاربرد آنها در رشته زمین شناسی اقتصادی و به خصوص بررسی چگونگی تشکیل و اکتشاف کانسارها می باشد. با توجه به این که میانبارهای سیال بخش جدایی ناپذیر از هر سنگ یا کانی هستند بنابراین، مطالعه آنها به اندازه مطالعه اجزای کانیایی و شیمی اصلی سنگ اهمیت و ارزش داشته است. در واقع میانبارهای سیال از جمله نشانه های منحصر به فردی هستند که با توجه به عدم تغییر در طی میلیون ها سال به دلیل محبوس شدن در فضا های خالی، به عنوان روشی مستقیم جهت بررسی وضعیت سیالات کانه ساز و فرآیندهای مؤثر در شکل گیری کانسار از اهمیت زیادی برخوردار بوده و اطلاعات مهمی در خصوص منشاء سیالات و فلزات ارائه نموده اند. در مطالعه حاضر به بررسی چگونگی و اهمیت مطالعات میانبارهای سیال جهت اکتشاف کانسارها پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: میکرو ترمومتری، میانبارهای سیال، کانسارها، اکتشاف



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۱- مقدمه

در بعضی از بلورها در هنگام تبلور، سیالاتی در فضاهای میکروسکوپی بین سطوح بلوری آنها به تله می افتد که به نام میانبارهای سیال شناخته می شوند (شکل ۱). در واقع میانبارهای سیال به مجموعه فضاهای ایجاد شده در بلورها و محتوای درونی آنها گفته می شود [۱]. این سیالات ممکن است دارای منشاء ماگمایی، سطحی، دگرگونی و فسیلی باشند. اکثر میانبارهای سیال کوچکتر از  $0.1$  میلیمتر ( $100$  میکرون) هستند. میانبارهای سیال از لحاظ ژنتیکی به سه دسته تقسیم می شوند: ۱- میانبارهای سیال اولیه (Primary) که در زمان رشد و تشکیل بلور میزبان تشکیل شده اند، ۲- میانبارهای سیال ثانویه (Secondary) که بعد از تشکیل و رشد بلور میزبان تشکیل می شوند و ۳- میانبارهای سیال ثانویه کاذب (Pseudosecondary) که ضمن مرحله ای از رشد بلور در شکستگی های موجود در بلور تشکیل و در مراحل بعدی رشد پوشیده می شوند [۲، ۳]. مهمترین فازهایی که در درون میانبارها مشاهده می شوند شامل فاز مایع (به صورت آب و دی اکسید کربن)، فاز جامد (شامل کانی های مختلف فلزی و غیرفلزی) و فاز گازی است.

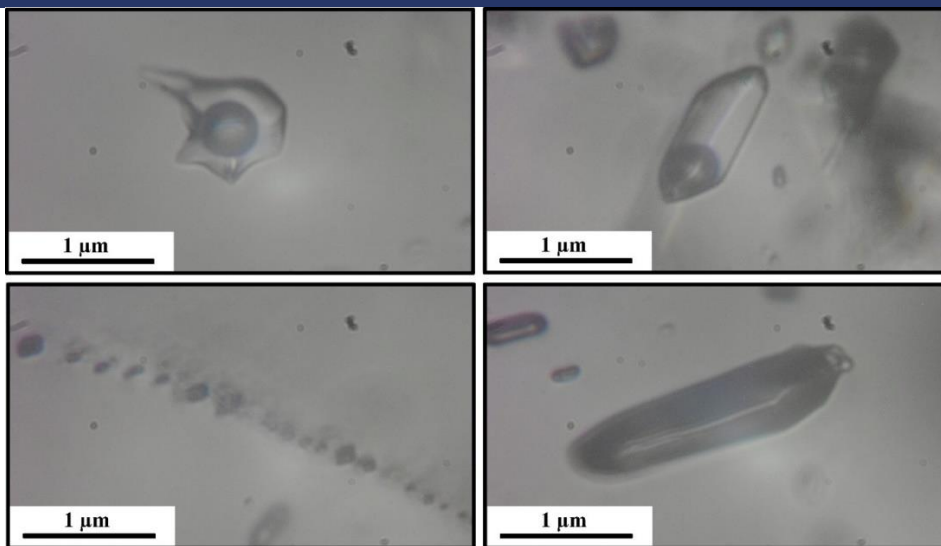
میانبارهای سیال بر اساس فازهای درونی به شش دسته تقسیم بندی می شوند [۴]: ۱- میانبارهای تک فاز مایع (L): این میانبارها ساده ترین نوع میانبارها بوده و تماماً از فاز مایع پر شده اند. ۲- میانبارهای دو فاز غنی از مایع (L+V): فاز مایع در این میانبارها غالب بوده و یک حباب بخار کوچک نیز دیده می شود. ۳- میانبارهای تک فاز بخار (V): این میانبارها به طور کامل توسط یک فاز بخار با چگالی کم (معمولاً مخلوطی از  $CO_2$ ،  $CH_4$ ،  $H_2O$  و  $N_2$ ) بدون هیچ فاز مایع مرئی پر شده اند. ۴- میانبارهای چند فاز جامد و چند جامدی (S+L±V): هر دو نوع این میانبارها از نظر داشتن یک یا چند فاز بلورین جامد (کانی های نوزاد) به عنوان یک جزء اصلی در کنار فازهای مایع و بخار، به هم شباهت دارند. اگر فازهای جامد بیش از  $50\%$  میانبار را اشغال کنند به آنها میانبارهای چند جامدی می گویند. اما اگر فازهای جامد کمتر از  $50\%$  میانبار را تشکیل دهند به آنها میانبارهای چند فاز جامد گفته می شود. ۵- میانبارهای مایع نامیژاک ( $L_1+L_2±V$ ): این میانبارها توسط حضور دو مایع نامیژاک مشخص می شوند که یکی آبگین بوده و دیگری غنی از  $CO_2$  (یا گاهاً نفت) است. فاز غنی از  $CO_2$  ممکن است حاوی مقادیر قابل توجهی  $CH_4$  یا  $N_2$  باشد. یک حباب بخار غنی از  $CO_2$  نیز ممکن است وجود داشته باشد. ۶- میانبارهای شیشه: میانبارهای بدام افتاده از مذاب های سیلیکاتی، یا تشکیل میانبارهای بلورین می دهند و یا تشکیل میانبارهای شیشه می دهند البته به شرطی که سرد شدن به سرعت انجام گرفته باشد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱. نمونه هایی از میانبرهای سیال درون کانی کوارتز

### ۲- پیشینه تحقیق

قدیمی ترین توصیف در رابطه با میانبرهای سیال توسط ابوریحان بیرونی در قرن یازده میلادی صورت گرفته است [۳]. سپس دانشمندی به نام بویل در سال ۱۶۷۲ برای اولین بار توصیفی در خصوص میانبرهای سیال مطرح کرد. در سال ۱۸۵۸ هنری سوربی بر اساس سالها مطالعه و تجربیات خود بر روی میانبرهای سیال توانست اصول اساسی علم حرارت سنجی را بنیان نهاده و بیان نمود که با حرارت دادن و همگن نمودن فازهای درونی میانبرهای سیال امکان دستیابی به دمای تشکیل آنها فراهم می شود. شفرد، رنکین و آلدرتون در سال ۱۹۸۵ کتابی با عنوان راهنمای عملی برای مطالعه میانبرهای سیال را منتشر کردند. دانشمندی به نام بودنار با انتشار بیشترین مقاله در مورد میانبرهای سیال از افراد شناخته شده این رشته در دنیا محسوب می شود.

### ۳- روش شناسی تحقیق

در ابتدا به منظور انجام مطالعات میانبرهای سیال اقدام به تهیه مقاطع دوبر صیقل از کانی های همزاد با کانی سازی و حاوی میانبرهای سیال می گردد. بررسی میانبرهای سیال به طور کلی طی دو مرحله پتروگرافی و میکروترمومتری صورت می گیرد. در مطالعات پتروگرافی بر روی مقاطع دوبر صیقل، ویژگی های مختلف میانبرها از جمله شکل، ابعاد، درجه پرشدگی، فازهای درونی میانبرها و نوع میانبرها از نظر زمان تشکیل و همچنین پدیده هایی از قبیل دم بریدگی (Necking-down) و نشت (Leakage) مورد بررسی قرار می گیرند. پس از انجام بررسی های پتروگرافی بر روی میانبرهای سیال، مناسب ترین نمونه ها جهت انجام مطالعات میکروترمومتری انتخاب می شوند. به دلیل این که

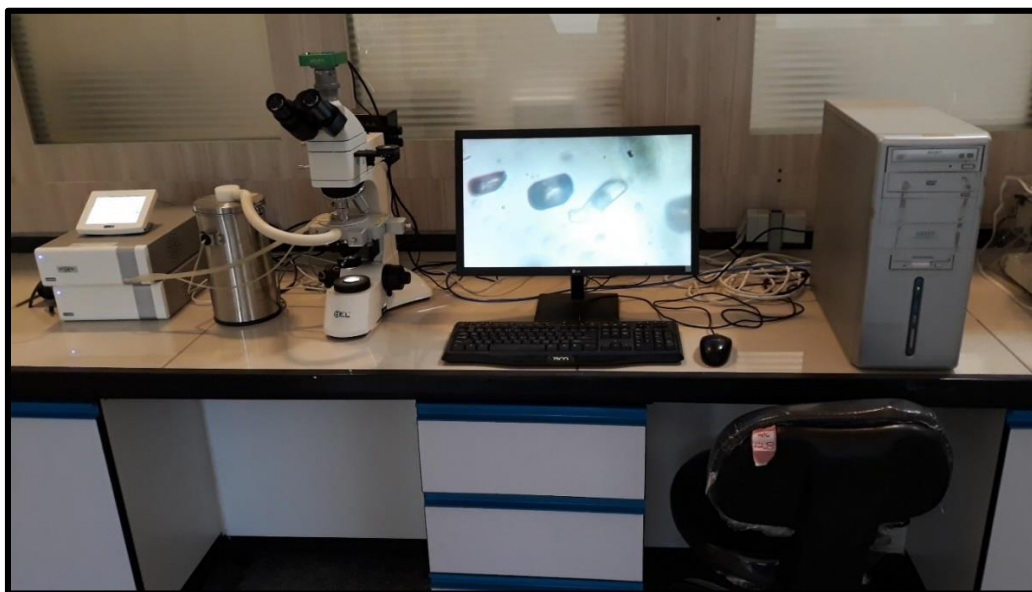
## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

میانبرهای سیال اولیه نمونه ای از سیالاتی هستند که کانی از آن تشکیل شده است، از اینرو این نوع میانبرها می توانند به عنوان بهترین نمونه ها جهت انجام مطالعات میکروترموتری در نظر گرفته شوند. مطالعات میکروترموتری در طی دو عملیات سرمایش (Freezing) و گرمایش (Heating) انجام می شود. از آنجایی که عملیات گرمایش بر روی نمونه ها احتمال دارد سبب تخریب و از بین رفتن میانبرهای سیال شود بنابراین ابتدا عملیات سرمایش و سپس عملیات گرمایش بر روی نمونه ها صورت می گیرد. سیستم فلوئید اینکلوزن (میانبر سیال) با قابلیت ایجاد دمای  $+600$  درجه سانتی گراد تا  $-196$  درجه سانتی گراد، این امکان را فراهم می کند که میانبرهای سیال موجود در بلورها را در زیر میکروسکوپ و در درجه حرارت های مختلف از انجماد تا تبخیر مورد مطالعه قرار داد. یک مخزن نیتروژن مایع جهت سرد نمودن (Freezing) و المنت های حرارتی جهت گرم نمودن (Heating) نمونه ها به سیستم متصل می شود و یک سیستم تصویری، تصویر حاصله را به کامپیوتر و مانیتور منتقل می کند. کالیبراسیون دستگاه نیز با استفاده از نمونه های استاندارد که دارای نقطه ذوب مشخصی هستند، انجام می شود (شکل ۲).



شکل ۲. دستگاه فلوئید اینکلوزن (میانبر سیال) جهت انجام مطالعات میکروترموتری در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه محقق اردبیلی

#### ۴- بررسی و تحلیل یافته ها

در طی عملیات سرمایش تمامی فازهای درون میانبرهای سیال منجمد شده و سپس با افزایش تدریجی دما اولین نقطه ذوب یخ (Te) مشخص می شود که این دما نشانگر نوع املاح موجود در سیال می باشد. سپس با افزایش دما، یخ های موجود در میانبر ذوب شده تا جایی که نقطه ذوب آخرین قطعه بلور یخ ( $T_{mice}$ ) تعیین گردد که بر اساس آن می توان



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مقدار شوری سیال را برحسب درصد وزنی محاسبه کرد. بعد از رسیدن دما به دمای اتاق عملیات گرمایش شروع می شود و تا جایی ادامه می یابد که تمامی فازهای درون میانبار به صورت یک فاز همگن (مایع یا گاز) در آید. به این درجه حرارتی که در آن تمامی فازهای درون میانبار به یک فاز همگن می شوند، دمای همگن شدن ( $T_H$ ) می گویند (شکل ۳). در مراحل اولیه گرم کردن نمونه می توان از سرعت های تقریباً ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد در دقیقه استفاده کرد. ولی در دماهای نزدیک به دمای همگن شدن نمونه بهتر است از سرعت های پایین (حدوداً ۱ تا ۵ درجه سانتی گراد در دقیقه) استفاده شود تا بتوان با دقت کافی دمای همگن شدن را ثبت نمود. به کمک یافته های حاصل از دمای همگن شدن و شوری میانبارهای سیال می توان به ویژگی هایی از قبیل چگالی سیال، فشار حاکم بر محیط در زمان کانی سازی، ترکیب شیمیایی سیالات کانه ساز، عمق و دمای تشکیل کانسار پی برد. همچنین با استفاده از نتایج حاصل از بررسی های میانبارهای سیال می توان اطلاعاتی در خصوص ژنز احتمالی کانی سازی و روند تکاملی سیالات کانه ساز بدست آورد.

#### ۵- نتیجه گیری

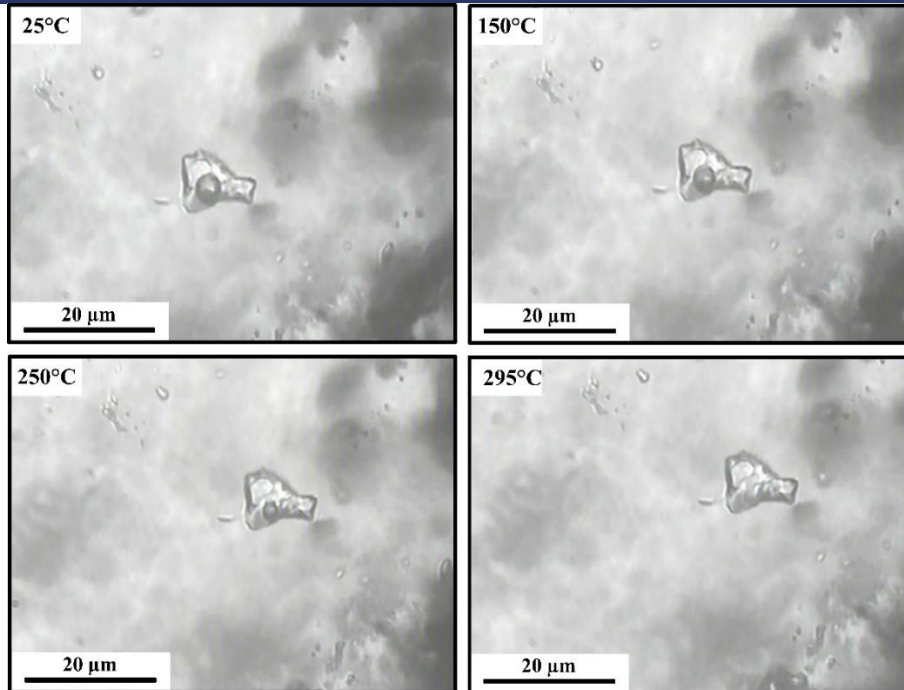
مطالعات میانبارهای سیال ابزار بسیار مناسبی برای شناخت شرایط فیزیکوشیمیایی حاکم بر سیالات کانه ساز و در نتیجه شناخت نوع کانی سازی در محدوده مورد نظر هستند که با استفاده از آنها می توان اطلاعات زیادی در مورد درجه حرارت تشکیل کانی ها، فشار حاکم بر محیط تشکیل آنها، چگالی سیال تشکیل دهنده کانی ها و نیز ترکیب شیمیایی سیالات کانه ساز بدست آورد. همچنین مطالعات میانبارهای سیال در زمینه ژنز کانسنگ از اهمیت خاصی برخوردارند و نقش با ارزشی در شناخت از نحوه حمل و ته نشین کانسنگ ها داشته اند. با توجه به اینکه شرایط تشکیل کانسارهای مختلف متفاوت می باشد و هر کانساری دارای ویژگی های منحصر به فردی است بنابراین مطالعه ی میانبارهای سیال می تواند اطلاعات بسیار مهمی در خصوص آن کانسار فراهم نماید و به اکتشاف کانسارهای مشابه نیز کمک کند.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳. نمونه ای از مراحل همگن شدن میانبار سیال دو فازی غنی از مایع درون کانی کوارتز

### منابع

- [۱] بهزاد حاج علیلو، ژئوترمومتری میانبارهای سیال (۱۳۸۷) تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- [۲] R.J. Bodnar, (2003) *Mineralogical Association of Canada*, 32, 81-100.
- [۳] E. Roedder, (1984) *Mineralogical Society of America*, 12, 1-644.
- [۴] T.J. Shepherd, A.H. Rankin, D.H. Alderton, *A practical guide to fluid inclusion studies* (1985) Blackie, Glasgow.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

## آنالیزهای مورد استفاده برای شناسایی نانوذرات متخلخل

بهاره محمدی<sup>۱\*</sup>، بهروز میرزایی<sup>۲</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه محقق اردبیلی

۲- هیئت علمی دانشگاه محقق اردبیلی [mirzayib@uma.ac.ir](mailto:mirzayib@uma.ac.ir)

۳- هیئت علمی دانشگاه محقق اردبیلی [nematollahzadeha@uma.ac.ir](mailto:nematollahzadeha@uma.ac.ir)

### چکیده

نانوذرات متخلخل، زیر مجموعه ای از مواد نانوساختار است که حفراتی در مقیاس نانومتر دارند. موادی که در ساختارشان حاوی حفره و منفذ هستند به عنوان مواد متخلخل تعریف می شوند. ذرات متخلخل با توجه به اندازه تخلخل های خود به سه دسته میکرو، مزو و ماکرو متخلخل ها تقسیم بندی می شوند. نانوذرات متخلخل یا به عبارتی مواد نانوپروس زیر مجموعه ای از مواد متخلخل می باشند که اندازه منافذ در آن ها بین ۱ تا ۱۰۰ nm است. ظرفیت جذب بالا، انتخابگری بالا، سینتیک مناسب جذب، خواص مکانیکی مناسب، پایداری و دوام در جریان استفاده از ویژگی های یک جاذب متخلخل ایده آل است. اندازه گیری های لازم برای شناسایی مواد نانوپروس به دو دسته اصلی فیزیکی و شیمیایی تقسیم می شوند که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: نانوذرات متخلخل، آنالیزهای شناسایی، اندازه گیری



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

مواد نانو متخلخل زیر مجموعه ای از مواد نانو ساختار است که حفراتی در مقیاس نانومتر دارد [۱]. این نوع مواد با مساحت سطح درونی بسیار بالا، قابلیت بسیار زیادی در جذب و برهمکنش با اتم ها، مولکول ها و یون ها داشته و اهمیت زیادی از لحاظ تئوریک و کاربردی پیدا کرده اند. به طور کلی موادی که در ساختارشان حاوی حفره و منفذ هستند به عنوان مواد متخلخل تعریف می شوند [۲]. مواد متخلخل با انواع جنس ها و ساختارها دسته بندی هایی از قبیل نفوذپذیر و نفوذناپذیر، مواد متخلخل پلیمری، کربنی و معدنی، مواد متخلخل منظم و آمورف، و... را دارا می باشند [۳]. یکی از مفاهیم مهمی که در مواد متخلخل مورد بررسی قرار می گیرد تخلخل می باشد. تخلخل از تقسیم حجم حفرات به حجم کلی ماده بدست می آید. حفرات موجود در مواد متخلخل به دو نوع حفرات باز و بسته تقسیم می شوند. حفرات باز به سطح ماده دسترسی دارند ولی حفرات بسته در درون ماده محبوس هستند. در کاربردهای اساسی نظیر فرایندهای کاتالیستی، جداسازی و فیلتراسیون، حفرات باز نقش اساسی دارند اما مهمترین کاربرد حفرات بسته شامل ساخت عایق های حرارتی، صوتی و وسایلی با چگالی پایین می باشد.

طبق شکل ۱ براساس تعریف آیوپاک مواد متخلخل به سه دسته کلی تقسیم می شوند [۱]:

۱. مواد میکروپروس: اندازه منفذها در این مواد از ۲ nm کوچک تر است.
۲. مواد مزوپروس: اندازه منفذها در این مواد بین ۲-۵۰ nm است.
۳. مواد ماکروپروس: اندازه منافذ این مواد بزرگتر از ۵۰ nm است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

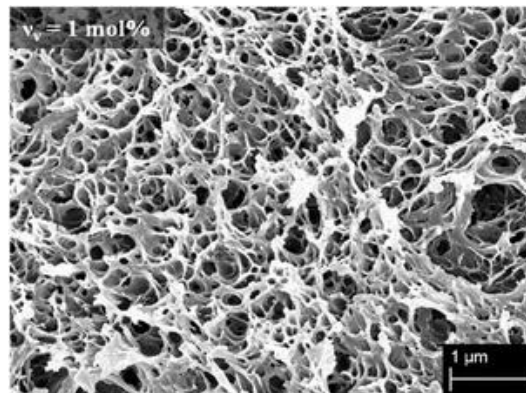
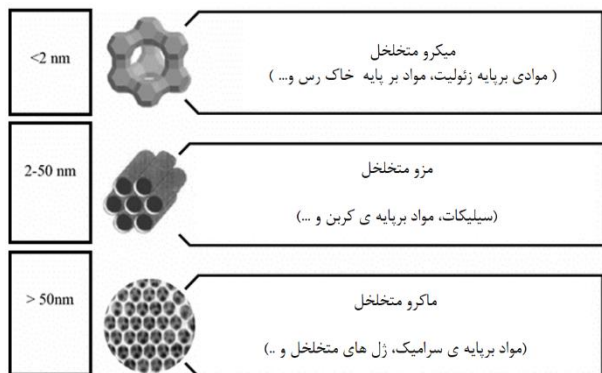
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



(ب)

(الف)



شکل ۱. الف) تصاویر SEM نانوذرات متخلخل پلی متیل متا اکریلات، ب) دسته بندی مواد نانو متخلخل [۴].

### ۲۲- مواد نانومتخلخل

مواد نانوپروس زیر مجموعه ای از مواد متخلخل می باشند که اندازه منافذ در آن ها بین ۱ تا ۱۰۰ nm است. در بسیاری از کاربردهای اساسی مثل جذب، جداسازی، فیلتراسیون و کاتالیز، توزیع باریک اندازه منافذ بسیار مطلوب است. مواد میکروپروس توزیع اندازه منافذ بسیار باریکی دارند. مواد مزوپروس هم توزیع اندازه منافذ باریکی دارند ولی توزیع اندازه منافذ در مواد مزوپروس تا حدی از مواد میکروپروس گسترده است. مواد ماکروپروس نیز توزیع گسترده ای از منافذ را دارند. قابل ذکر است که در بیشتر کاربردهای شیمیایی، اندازه منافذ در محدوده مواد میکروپروس و مزوپروس جوابگوی بسیاری از نیازها می باشد و مواد ماکروپروس کاربردهای شیمیایی چندانی پیدا نکرده اند. مواد نانوپروس خصوصیات بی نظیری نسبت به مواد غیر متخلخل مشابه دارند. مساحت سطح بالا، نفوذپذیری در برابر سیالات و ویژگی شکل گزین، از خصوصیات این مواد متخلخل می باشد. با تغییر اندازه حفرات، ویژگی های سطحی، ساختار و... مواد نانوپروس، می توان عملکردهای متفاوتی در زمینه های کاربردی مختلف را از آن ها انتظار داشت [۵]. انواع مختلف اشکال نانو ذرات متخلخل در شکل ۲ نشان داده شده است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



Nanofiber



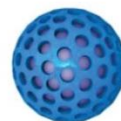
Nanosheet



Nanosphere



Bulk



Core-shell  
nanoparticle



Asymmetry  
nanoparticle

Diverse morphologies (ranging from 1D to 3D)

شکل ۲. انواع مختلف اشکال نانو ذرات متخلخل.

به عنوان مثال ویژگی های یک جاذب متخلخل ایده آل عبارتند از: ظرفیت جذب بالا، انتخابگری بالا، سینتیک مناسب جذب، خواص مکانیکی مناسب، پایداری و دوام در جریان استفاده باشد. کاربردهای مواد نانوپروس شامل: (۱) کاربردهای زیست محیطی، (۲) کاتالیزور و فوتوکاتالیز، (۳) ساخت سنسورها، (۴) کاربردهای بیولوژیکی می باشد. به دلیل تنوع شیمیایی و ساختاری، مواد نانو متخلخل را می توان در کاربردهای متنوعی از جمله جداسازی سیال، ذخیره گاز، کاتالیز ناهمگن، تحویل دارو و غیره استفاده کرد [۶].

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می کنید براساس نوع مواد تشکیل دهنده دیواره حفرات مواد مزوپروس، به دو دسته کلی مواد مزوپروس سیلیکاتی و غیر سیلیکاتی تقسیم می شوند:

سیلیکاتی	غیر سیلیکاتی
SBA-n	ساختار اکسیدی مثل فسفات
M41S	آلومینیم، آلومینا، تیتانیا، $Zr_3O$ و $V_2O_5$
FSM-n	ساختارهای کربنی
MSU-n	فلزات
	ساختارهای نیتریدی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### جدول ۱. مواد مزوپروس بر اساس نوع مواد تشکیل دهنده دیواره حفرات

از ترکیبات مزوپروس سیلیکاتی که دارای نظم ساختاری و توزیع باریک حفرات هستند می توان به دسته هایی که در جدول آورده شده اشاره کرد. از ترکیبات مورد اشاره، بیشترین مطالعه روی دسته M41S صورت گرفته است. مواد مزوپروس غیر سیلیکاتی بیشتر شامل اکسید و فسفات فلزات و ترکیبات کربنی بوده و دارای خواص ساختاری متنوعی می باشند که موجب گسترش کاربردهای آن به ویژه در کاتالیز، ساخت سنسورها و وسایل نوری، تکنیک های جداسازی و پوشش های هوشمند می شود. با این حال به دلیل شرایط حساس و سخت سنتز، کارهای گزارش شده در مورد این مواد کمتر از کارهای گزارش شده در مورد مواد مزوپروس سیلیکاتی است. به خاطر جدید بودن موضوع مزوپروس غیرسیلیکاتی، این مواد کاربرد تجاری چندانی پیدا نکرده اند، ولی ویژگی های مختلف و جالبی دارند و کاربرد آنها در حال گسترش است. بیشترین کاربرد این مواد کاربردهای کاتالیتیکی است، به طور نمونه آلومینا با پایداری حرارتی و هیدروترمال بالا می تواند جانشین خوبی برای مواد مزوپروس سیلیکاتی باشد [۷].

### ۲۳- ابزارها و روش های مورد استفاده برای شناسایی مواد نانوپروس

اندازه گیری های لازم برای شناسایی مواد نانوپروس به دو دسته اصلی تقسیم می شوند: اندازه گیری های فیزیکی که خواص فیزیکی و ساختاری ماده متخلخل را تعیین نموده و اندازه گیری های شیمیایی که عموماً خواص شیمیایی ماده را تعیین می کنند. به عنوان مثال اندازه گیری های فیزیکی برای یک ماده نانوپروس ساختار و شکل بندی حفره های ماده را شناسایی می کند و اندازه گیری های شیمیایی، ساختار مواد موجود در دیواره مواد نانوپروس و قسمت های فعال آن را تعیین می کند، سه تکنیک مستقل برای اندازه گیری های فیزیکی وجود دارد:

### ۱. پراش پرتو ایکس (X-ray Diffraction)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۲. میکروسکوپ الکترونی عبوری (Transmission Electron Microscopy)

۳. جذب-وا جذب نیتروژن (Nitrogen Adsorption-Desorption)

خواص شیمیایی مواد نانوپروس عموماً توسط روش های زیر تعیین می شود:

۱. طیفسنجی نفوذی-انعکاسی مرئی-فرا بنفش (UV-Vis diffuse reflectance spectroscopy)

۲. طیفسنجی زیر قرمز تبدیل فوریه (Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy)

۳. آنالیز ترموگراویمتری (Themogravimetric Analysis)

۴. رزونانس مغناطیس هسته (Nuclear Magnetic Resonance)

۵. وا جذب تری اتیل آمین با برنامه دمایی (Triethylamine-Temperature-Programed Desorption)

اغلب تکنیک های متعددی برای مطالعه ساختمان مواد نانوپروس استفاده می شود تا ساختمان این ترکیبات بدون هیچ ابهامی معین گردد اما از بین تکنیک های فوق تکنیک های پراش پرتو ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) و جذب-وا جذب نیتروژن ارزشمندترین اطلاعات را به ما می دهند.

آنالیز BET یک روش فیزیکی برای بررسی جذب مولکول های گاز روی سطح جامد است. در این روش میزان گاز جذب شده رو سطح رابطه مستقیمی با میزان سطح دارد یعنی هرچقدر سطح بزرگ تر باشد میزان گاز جذب شده نیز بیشتر می باشد. میزان سطح ماده را می توان با اندازه گیری میزان گاز جذب شده روی سطح اندازه گیری کرد. با تغییر شرایطی مانند کاهش فشار گاز جذب شده روی سطح را می توان دوباره از سطح جدا کرد. میزان گاز خارج شده و یا جذب شده از روی سطح جامد در هر فشاری را می توان توسط دستگاه BET اندازه گیری کرد. در نتیجه می توان میزان، اندازه و شکل تقریبی تخلخل های باز نمونه را با بررسی شکل تغییرات جذب گاز و وا جذبی آن در فشارهای مختلف مشخص کرد. برای بررسی آماری اندازه سطح، شکل تخلخل و اندازه تخلخل های میکرو، مزو و ماکرو، میزان تخلخل،

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

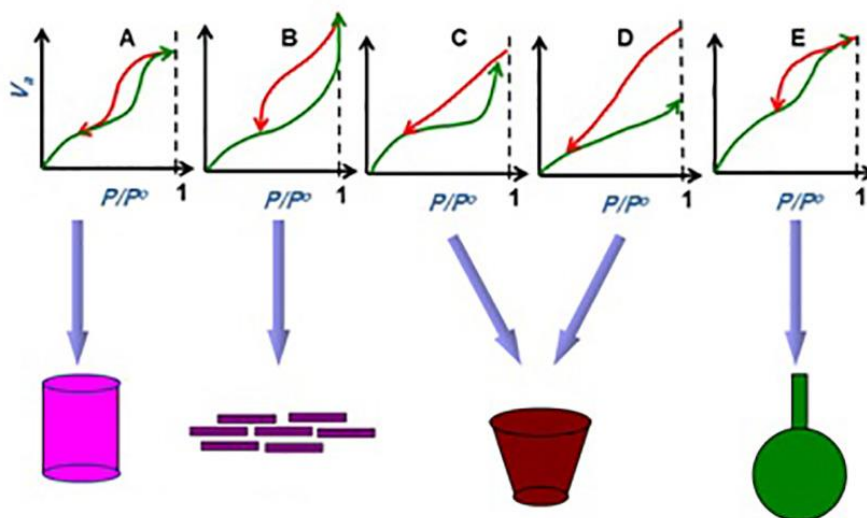
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

میانگین اندازه ذرات از آنالیز BET که روشی سریع و نسبت ارزان است استفاده می کنند.

وجود مزوحفره ها در ماده توسط هیستریسیس نشان داده می شود. از طریق هیستریسیس ایجاد شده می توان اطلاعاتی در مورد هندسه ی حفره ها به دست آورد. ۵ نوع هیستریسیس با توجه به شکل حفره ها در شکل ۳ نشان داده شده است. در شماتیک زیر، شکل تخلخل براساس هندسه ی آن ها به ۴ دسته قطره ای، مخروط ناقص، لایه ای و استوانه ای تقسیم می شوند



شکل ۳. انواع ایزوترم های جذب، حلقه های هیستریسیس و انواع منافذ مربوطه [۸].

آنالیز XRD بر مبنای پراش اشعه ایکس و براساس قانون براگ شکل گرفته است و عموماً برای مطالعه مواد با ساختارهای کریستالی استفاده می شود. در آزمون اشعه ایکس نمونه متخلخل در مرکز دستگاه و تحت تابش اشعه ایکس قرار می گیرد. تیوپ اشعه ایکس و دتکتور به طور هماهنگ روی نمونه حرکت می کنند. سیگنال های دریافتی از نمونه ثبت و به شکل گراف ارائه می شود، که پیک های آن ارتباط مستقیم با ساختار اتمی نمونه دارد. اشعه ایکس نور پراثری است که یک طول موج مشخصی دارد. طول موج یک اشعه ایکس مثل فاصله بین اتم های در یک بلورک است که یک



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

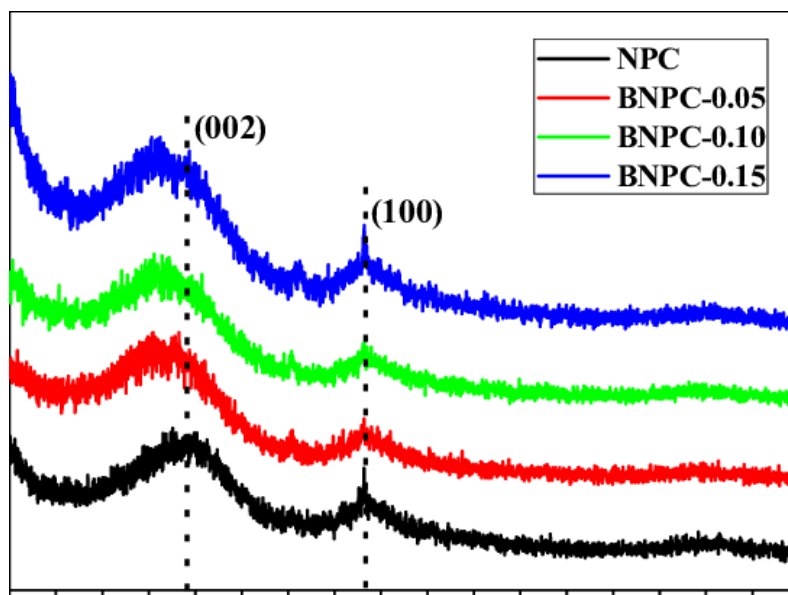
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



اثر تداخلی خاص ایجاد می کند که پراش نامیده می شود و می تواند برای اندازه گیری فاصله بین اتم ها مورد استفاده قرار گیرد. تداخل زمانی اتفاق می افتد که اشعه های ایکس با هم برهمکنش داشته باشند. اگر امواج با هم هماهنگی داشته باشند سیگنال تقویت می شود و تداخل سازنده به وجود می آید. اما اگر امواج ناهماهنگ باشند سیگنال از بین می رود و تداخل مخرب به وجود می آید. در طیف پراش اشعه ایکس یک ترکیب نانومتخلخل، هر چه پیک ها پهن تر و ارتفاع آن ها کمتر باشد نشانه تقارن کمتر آن ترکیب و هر چه شکل پیک ها تیزتر و ارتفاع آن ها بلندتر باشد نشانه تقارن بیشتر ترکیب است. به همین دلیل در ساختار آمورف مواد نانومتخلخل چون شکل منظمی ندارد پیک های پهن مشاهده می شود زیرا  $d$  (فاصله بین صفحات کریستالی) نامشخص است. معمولاً بلندترین پیک در الگوی پراش اشعه ایکس ترکیبات نانومتخلخل مهم ترین پیک ترکیب می باشد. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می کنید الگوی پراش پرتو ایکس کربن نانومتخلخل و کربن نانومتخلخل با بور و نیتروژن در محدوده ۲۵ و ۴۵ پیک هایی از خود نشان داده اند که حاکی از سنتز موفقیت آمیز می باشد.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۴. الگوهای پراش پرتو ایکس (XRD) کربن نانومتخلخل (NPC) و کربن های نانومتخلخل با بور و نیتروژن (BNPC-X) [۹].

مشابه بسیاری از دستگاه های آنالیزی اجزاء یک دستگاه XRD عبارتند از منبع، یک وسیله برای انتخاب طول موج، جای نمونه، آشکارساز و مبدل سیگنال. از لوله های پرتو ایکس با فیلامان تنگستنی معمولاً به عنوان منبع استفاده می شود. شدت منبع با تنظیم جریان عبوری از آن قابل تنظیم است. طول موج پرتو نیز با کنترل ولتاژ اعمالی قابل کنترل است. از مونوکروماتور یا فیلتر برای ایجاد پرتو تک رنگ استفاده می شود. انواع آشکارسازهای پر شده گازی سوسوزن و نیمه هادی در دستگاه های XRD بکار می رود.

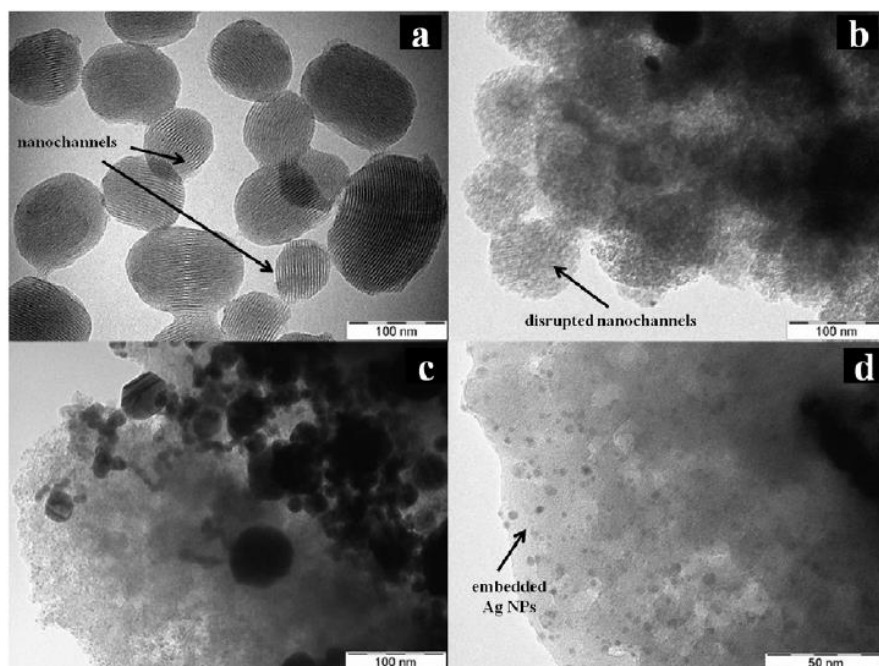
میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) ابزاری ویژه برای تعیین ساختار و مورفولوژی مواد متخلخل محسوب می شود که مطالعات ریزساختاری مواد با قدرت تفکیک بالا و بزرگنمایی خیلی زیاد را امکان پذیر می سازد. علاوه بر این از این میکروسکوپ برای مطالعات ساختارهای بلور، تقارن، جهت گیری و نقائص بلوری می توان استفاده نمود. نمونه نانوپروس برای مطالعات میکروسکوپ الکترونی عبوری با له کردن (پرس کردن) ذرات نانوپروس بین دو اسلاید شیشه ای و پهن کردن پودر روی فیلم کربنی متخلخل که روی تور مسی قرار گرفته است، آماده می شود. شکل ۵ تصاویر TEM از ماده ی نانومتخلخل سیلیس نشان داده شده است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۵. تصاویر TEM از ماده ی نانومتخلخل سیلیس [۱۰].

در واقع TEM نوعی پروژکتور نمایش اسلاید در مقیاس نانو است که در آن پرتویی از الکترون ها از تصویر عبور داده می شود. الکترون هایی که از جسم عبور می کنند به پرده فسفرسانس برخورد کرده سبب ایجاد تصویر از جسم روی پرده می شوند. قسمت های تاریک تر بیانگر این امر هستند که الکترون های کمتری از این قسمت جسم عبور کرده اند (این بخش از نمونه چگالی بیشتری دارد) و نواحی روشن تر مکان هایی هستند که الکترون بیشتری از آنها عبور کرده است (بخش های با چگالی کمتر).

این دسته از میکروسکوپ ها شامل تجهیزاتی از جمله تفنگ الکترونی، عدسی های متمرکز کننده، عدسی های شیئی، عدسی های پراش، عدسی های حد واسط، عدسی های پروژکتوری، سیستم خلا، دوربین و غیره در ستون میکروسکوپ است.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



یکی از پرکاربردترین آنالیزها در شناسایی ترکیبات و پیوندهای موجود در مواد آلی و معدنی متخلخل و همچنین زیرمجموعه آنالیزهای طیفسنجی، آنالیز مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) می باشد. بررسی پرتوهای مادون قرمز جذب شده توسط نمونه مورد نظر، اساس آنالیز FTIR است. پیوندهای شیمیایی، برهمکنش های مولکولی و به خصوص گروه های عاملی مواد را می توان با مطالعه طیف مادون قرمز خروجی از دستگاه شناسایی کرد.

از نظر دستگاهوری طیفسنج ها به دو دسته تک پرتوی (single beam) و دو پرتوی (double beam) تقسیم می شوند. در نوع تک پرتوی تمام نور فقط از نمونه عبور می کند. این نوع به دلیل ساده بودن سیستم نوری پیچیدگی کمتری داشته و ارزانتر هستند. در نوع دو پرتوی نور قبل از این که به نمونه برسد به دو پرتو مجزا تفکیک می شود تا خواندن منبع و نمونه به طور همزمان انجام می شود. اندازه گیری همزمان نمونه و مرجع سبب می شود تا در کنار سرعت و دقت بالا، نتیجه آنالیز تحت تاثیر نوسانات و تغییرات فرکانس و شدت منبع نور و آشکارساز قرار نگیرد.

کربن فعال (AC)، یک ماده متخلخل با حجم منافذ بالا، به دلیل کاربردهای بالقوه آن در چندین زمینه، توجه روزافزونی را به خود جلب می کند. توسعه یک ساختار متخلخل در AC به طور جزئی به هر دو روش درمان و نوع پیش ساز متکی است. تاکنون، هم منابع پیش ساز تجدیدپذیر و هم منابع پیش ساز غیر قابل تجدید برای سنتز AC با مساحت سطح و حجم منافذ بالا استفاده شده است. در مطالعه ی علی و همکاران سنتز AC از طریق تصفیه فیزیکوشیمیایی خاکستر بادی نفت پسماند (OFA)، یک ماده ضایعاتی تولید شده از نیروگاه ها ارائه می شود. هدف تولید AC با افزودن منافذ سطحی و گروه های عملکردی سطحی به صفحه پایه OFA بود. برای رسیدن به این هدف، OFA ابتدا با ترکیبات مختلف  $H_2SO_4$  و  $H_3PO_4$  به صورت شیمیایی شسته/فعال شد و سپس به طور فیزیکی با  $CO_2$  در دمای ۹۰۰ درجه سانتی گراد فعال شد. مرحله فعال سازی شیمیایی، به طور هم افزایی با فعال سازی  $CO_2$ ، منجر به افزایش ۲۴ برابری سطح ویژه OFA شد. بیشترین افزایش سطح برای نمونه تحت تیمار فیزیکوشیمیایی ۱۰۰ درصد  $H_2SO_4$  به دست آمد. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل طیفسنجی (FTIR) که در شکل ۶ نشان داده شده است، وجود

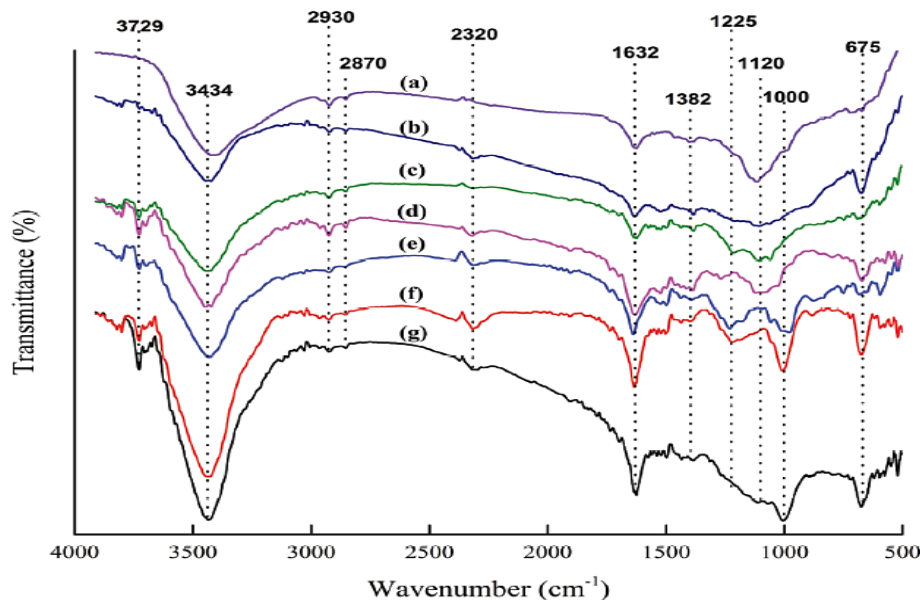
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

گروه های عاملی اسیدی را پس از مرحله تیمار شیمیایی تأیید کرد. هم افزایی ایجاد شده توسط فعال سازی فیزیکی شیمیایی منجر به یک ماده با مساحت سطح و حجم منافذ بالا و ویژگی های جذب عالی می شود. از یافته های این مطالعه، نتیجه گیری شد که OFA یک پیش ساز مقرون به صرفه و از نظر زیست محیطی بی خطر برای سنتز AC است [۱۱].



شکل ۶. طیف FTIR، مربوط به کربن فعال و گونه های اصلاح شده [۱۱].

در مطالعه اوگینی و همکاران [۱۲] سطح BET کربن های فعال توسط ایزوترم های جذب/وا جذب N<sub>2</sub> که در شکل ۷ نشان داده شده است، ارزیابی شد. به موازات محدوده فشار نسبی شناخته شده است که مواد ریز متخلخل این نوع ایزوترم جذب را نشان می دهند، که به این معنی است که PMBC<sup>۱</sup> ماهیت ریز متخلخل دارد. با این حال، ایزوترم های

<sup>۱</sup> - activated carbon from Public Miscanthus Biochar

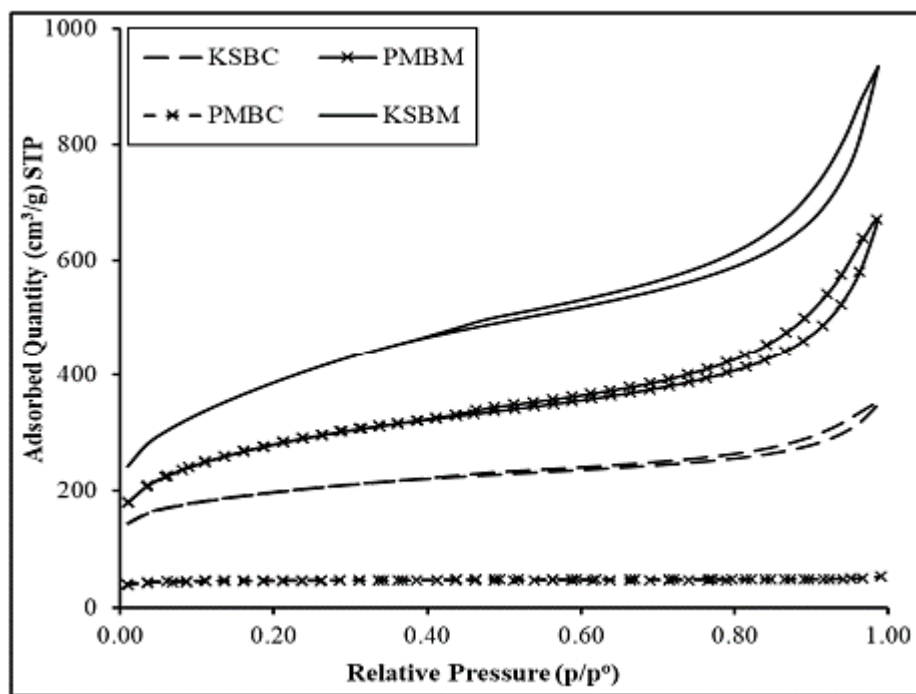
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

جذب/واجذب برای دیگر کربن فعال مشتق شده از بیوجار<sup>۱</sup> (KSBC) و کربن های فعال مشتق شده از زیست توده (KSBM و PMBM<sup>۲</sup>) را می توان به عنوان ایزوترم نوع IV طبقه بندی کرد. این نوع ایزوترم با حلقه هیستریزس آن مشخص می شود که با تراکم مویرگی در مزوپور همراه است [۸] قسمت اولیه ایزوترم (قبل از حلقه هیستریزس) که به عنوان نقطه عطف زانوی ایزوترم نیز شناخته می شود، به جذب تک لایه-چند لایه نسبت داده می شود که مشابه قسمت میانی ایزوترم نوع II است و نشان دهنده مرحله است. که در آن پوشش تک لایه کامل می شود و جذب چند لایه آغاز می شود [۸، ۱۳]. کربن های فعال مشتق شده از زیست توده (KSBM و PMBM) بالاترین سطح سطح BET را به ترتیب ۱۳۷۳ و ۹۹۹ متر مربع بر گرم داشتند. مجموع حجم منافذ کربن های فعال مشتق شده از زیست توده حدود دو برابر بیشتر از کربن های فعال مشتق شده از بیوجار بود.



شکل ۷: ایزوترم های جذب/واجذب N<sub>2</sub> برای کربن های فعال مشتق شده از بیوجار و زیست توده [۱۲].

<sup>1</sup> - activated carbon from Kanlow Switchgrass Biochar

<sup>2</sup> - activated carbon from Public Miscanthus Biomass



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



#### ۴- نتیجه گیری

مواد نانو متخلخل از جمله موادی هستند که حفرات در حد نانو دارند. شناسایی و آنالیز این مواد متخلخل به تکنیک های متعددی برای مطالعه ساختمان آنها نیاز دارد. با بکارگیری این روش ها ساختمان این ترکیبات بدون هیچ ابهامی معین می شود که می توان به روش هایی مانند آنالیز مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) پراش پرتو ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) جذب-واجذب نیتروژن اشاره نمود. در این مقاله به بررسی و کاربرد آنالیزهای فوق الذکر در شناسایی نانو مواد متخلخل پرداخته شد و هر کدام مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

با مطالعه طیف مادون قرمز FTIR خروجی از دستگاه می توان پیوندهای شیمیایی، برهمکنش های مولکولی و به خصوص گروه های عاملی مواد را شناسایی کرد. آنالیز XRD بر مبنای پراش اشعه ایکس و براساس قانون براگ شکل گرفته است و عموماً برای مطالعه مواد با ساختارهای کریستالی استفاده می شود. میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) ابزاری ویژه برای تعیین ساختار و مورفولوژی مواد متخلخل محسوب می شود که مطالعات ریزساختاری مواد با قدرت تفکیک بالا و بزرگنمایی خیلی زیاد را امکان پذیر می سازد. برای بررسی آماری اندازه سطح، شکل تخلخل و اندازه تخلخل های میکرو، مزو و ماکرو، میزان تخلخل، میانگین اندازه ذرات از آنالیز BET که روشی سریع و نسبت ارزان است استفاده می کنند.

#### ۵- منابع

- [1]. Gor, G. Y., Huber, P., & Bernstein, N. (2017). Adsorption-induced deformation of nanoporous materials—a review. *Applied Physics Reviews*, 4(1), 011303.
- [2]. Chen, S. J., Li, W. G., Ruan, C. K., Sagoe-Crentsil, K., & Duan, W. H. (2017). Pore shape analysis using centrifuge driven metal intrusion: Indication on porosimetry equations, hydration and packing. *Construction and Building Materials*, 154, 95-104.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

- [3]. Zhu, L., Shen, D., & Luo, K. H. (2020). A critical review on VOCs adsorption by different porous materials: Species, mechanisms and modification methods. *Journal of hazardous materials*, 389, 122102.
- [4]. Grassberger, L., Koch, K., Oberhoffer, R., Müller, A., Klemmer, H. F., & Strey, R. (2017). Blowing agent free generation of nanoporous poly (methylmethacrylate) materials. *Colloid and Polymer Science*, 295(2), 379-389.
- [5]. Lu, G. M., & Zhao, X. S. (Eds.). (2004). *Nanoporous materials: science and engineering (Vol. 4)*. World Scientific.
- [6]. Ren, E., Guilbaud, P., & Coudert, F. X. (2022). High-throughput computational screening of nanoporous materials in targeted applications. *Digital Discovery*, 1(4), 355-374.
- [7]. Lu, G. M., & Zhao, X. S. (Eds.). (2004). *Nanoporous materials: science and engineering (Vol. 4)*. World Scientific.
- [8]. Sing, K. S. (1985). Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity (Recommendations 1984). *Pure and applied chemistry*, 57(4), 603-619.
- [9]. Bai, L., Ge, Y., & Bai, L. (2019). Boron and nitrogen co-doped porous carbons synthesized from polybenzoxazines for high-performance supercapacitors. *Coatings*, 9(10), 657.
- [10]. Santagata, A., Guarnaccio, A., Pietrangeli, D., Szegedi, Á., Valyon, J., De Stefanis, A., ... & Parisi, G. P. (2015). Production of silver-silica core-shell nanocomposites using ultra-short pulsed laser ablation in nanoporous aqueous silica colloidal solutions. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 48(20), 205304.
- [11]. Ali, R., Aslam, Z., Shawabkeh, R. A., Asghar, A., & Hussein, I. A. (2020). BET, FTIR, and RAMAN characterizations of activated carbon from waste oil fly ash. *Turkish journal of chemistry*, 44(2), 279-295.
- [12]. Oginni, O., Singh, K., Oporto, G., Dawson-Andoh, B., McDonald, L., & Sabolsky, E. (2019). Effect of one-step and two-step H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> activation on activated carbon characteristics. *Bioresource Technology Reports*, 8, 100307..
- [13]. Lowell, S., Shields, J. E., Thomas, M. A., & Thommes, M. (2006). *Characterization of porous solids and powders: surface area, pore size and density (Vol. 16)*. Springer Science & Business Media.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## معرفی یک ستاپ اپتیکی اندازه گیری توزیع زمان اقامت (RTD) در اکسترودرهای گرانولی و ارائه پیشنهاد برای استفاده از آن در ستون های مونولیتیک با هیدروژل های کاتالیستی

نوید احدی جمایران<sup>۱</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۲</sup>، بهروز میرزایی<sup>۳</sup>

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - گروه مهندسی شیمی - دانشگاه محقق اردبیلی

آدرس پست الکترونیک نویسنده ارائه کننده (navid.ahadi73@gmail.com)

آدرس پست الکترونیک نویسنده مسئول مکاتبات ([nematollahzadeha@uma.ac.ir](mailto:nematollahzadeha@uma.ac.ir))

### چکیده

توزیع زمان اقامت (RTD) در فرایندهای شیمیایی برای توصیف رفتارهای اختلاط و جریان استفاده می شود. استفاده از ردیاب رنگی یکی از راه های مرسوم برای محاسبه توزیع زمان اقامت می باشد. روش های اپتیکی و پردازش تصویر جهت بررسی پاسخ ردیاب رنگی استفاده می شود. تصویربرداری با دوربین های مرسوم مشکلاتی از قبیل صرف زمان، دقت پایین، نیاز به استفاده از الگوریتم های پردازش تصویر به صورت کدنویسی و ناهماهنگی تجهیزات تصویربرداری و پردازشی را دارد. ExtruVis یک ستاپ بسیار کارآمد برای این منظور می باشد که سرعت، دقت و ظرافت بسیار بالایی برای بدست آوردن توزیع زمان اقامت را ارائه می کند که تمام امکانات تصویربرداری، نوری و نرم افزاری را به صورت یکجا داراست. از این تجهیز بیشتر در کاربردهای دانه بندی با اکسترودرهای پودری در متون علمی استفاده شده است. اما با توجه به امکان استفاده از هرگونه ردیاب رنگی در این تجهیز، هدف این مقاله معرفی و ارائه پیشنهاد جهت استفاده از آن در کاربردهای مهندسی شیمی مانند راکتورهای شیمیایی، ستون پر شده، هیدروژل های کاتالیستی و ستون های مونولیتیک می باشد که می تواند بسیار کارآمد باشد.

کلمات کلیدی: توزیع زمان اقامت، RTD، ExtruVis، هیدروژل کاتالیستی، ستون مونولیتیک.

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد - گروه مهندسی شیمی - دانشگاه محقق اردبیلی

<sup>۲</sup> استاد - گروه مهندسی شیمی - دانشگاه محقق اردبیلی

<sup>۳</sup> استاد - گروه مهندسی شیمی - دانشگاه محقق اردبیلی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

عموما در مطالعه ی راکتورهای شیمیایی، جریان ایده آل فرض می شود به گونه ای که جریان یا کاملا به صورت قالبی یا به صورت کاملا میکس شده در نظر گرفته می شود. اما در واقعیت راکتورها از این الگوی ایده آل پیروی نمی کنند. توزیع زمان ماند (RTD) یکی از راه های مقایسه جریان ایده آل و غیر ایده آل در راکتورهاست. توزیع زمان اقامت احتمال این است که چه مدت عناصر یک جریان در یک فرآیند پیوسته باقی می ماندند. مهندسان شیمی از RTD برای توصیف رفتارهای اختلاط و جریان استفاده می کنند. نتایج با رفتارهای ایده آل مقایسه شده و برای طراحی و عیب یابی استفاده می شود.

### 1-1- تئوری RTD

مهندسان دوست دارند فرآیندهای واقعی را با مدل های ایده آل ساده کنند. مدل های ایده آل دارای اختلاط کامل یا بازه زمانی هم ارز در داخل تجهیزات پردازشی هستند. شکل (1) مقایسه بین جریان های ایده آل در راکتور پیوسته همزن دار و راکتور جریان قالبی با جریان واقعی نشان می دهد. فرآیندهای واقعی دارای اختلاط ناقص، مناطق مرده و میانبرهای درون تجهیزات هستند که توصیف آنها را دشوار می کند.

<sup>1</sup> CSTR

<sup>2</sup> PFR

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

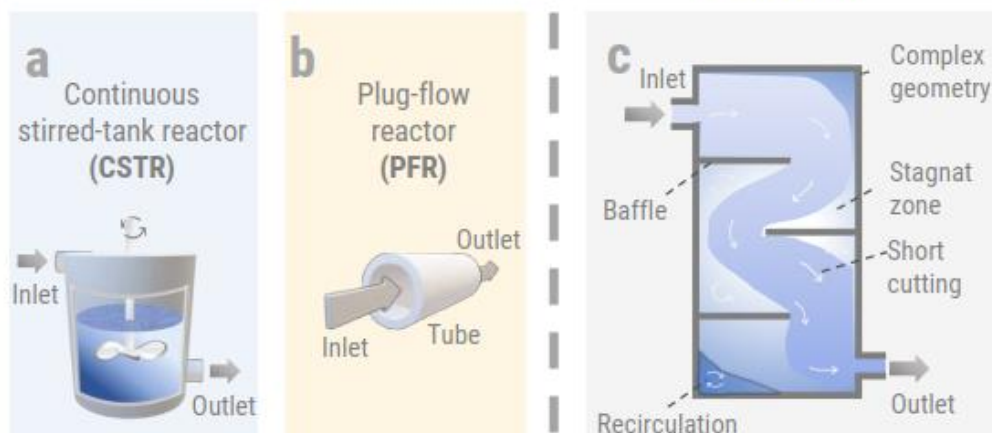
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### Ideal Flow

vs

### Real Flow



شکل ۱۶- جریان ایده آل و واقعی. a راکتور پیوسته همزن دار. b راکتور جریان قالبی. c جریان واقعی

### ۲-۱- از تئوری تا عمل

یک آزمایش آسان برای پی بردن به رفتار جریان یک فرآیند واقعی می تواند انجام شود. به صورت تجربی با تزریق یک ماده شیمیایی، مولکول یا اتم خنثی رنگی به نام ردیاب<sup>۱</sup> به راکتور در زمان  $t = 0$  و سپس اندازه گیری غلظت رنگ در جریان خروجی به عنوان تابعی از زمان تعیین می شود. شکل پاسخ، توزیع زمان اقامت است. ردیاب علاوه بر اینکه یک گونه غیر واکنشی است که به راحتی قابل تشخیص است، باید خواص فیزیکی مشابه مخلوط واکنش دهنده داشته باشد و در مخلوط کاملاً محلول باشد. همچنین نباید روی دیواره ها یا سطوح دیگر راکتور جذب شود. الزامات اخیر مورد نیاز است تا رفتار ردیاب به صورت صحیح رفتار جریان را منعکس کند. مواد رنگی و رادیواکتیو دو نوع رایج ردیاب هستند. در اندازه گیری زمان ماند دو روش مرسوم تر عبارت است از روش ضربه ای<sup>۲</sup> و روش پله ای<sup>۳</sup>. نمودار ورود ضربه ای ردیاب و پاسخ آن در حالت ایده آل و واقعی را نشان می دهد. در روش ضربه ای کل ردیاب در لحظه وارد می شود. در راکتورهای ایده آل پیوسته همزن دار، خروجی به صورت کاملاً نزولی می باشد به گونه ای که بیشترین غلظت در لحظه ابتدایی بوده و سپس با گذشت زمان به صفر می رسد. در راکتورهای ایده آل جریان قالبی، کل ردیاب به یک باره در لحظه  $t_1$  خارج می شود. اما در واقعیت، خروجی ردیاب در ابتدا کم بوده، سپس افزایش یافته و به مقدار حداکثر

<sup>1</sup> Tracer

<sup>2</sup> Pulse

<sup>3</sup> Step

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

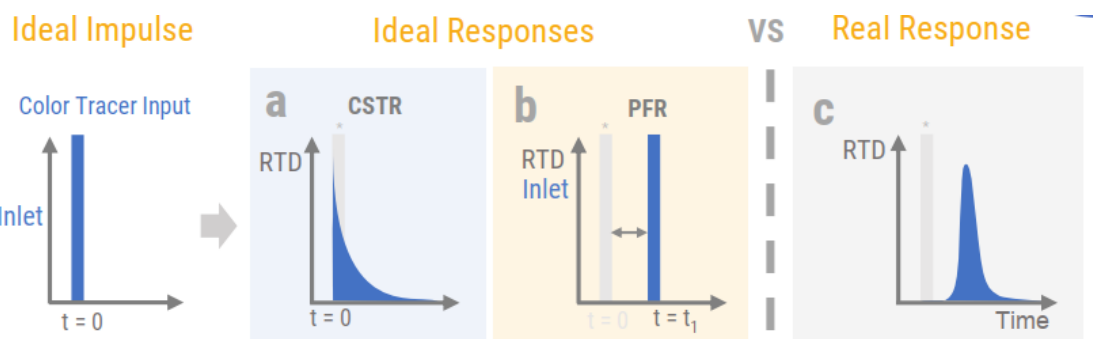
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



رسیده و سپس کاهش می یابد. البته ممکن است حالت های دیگر نیز رخ داده و به صورت تک، دو و چندوجهی با دره ها و قله های متعدد باشد که هر یک نشانگر یکی حالت های وجود نقاط مرده، کانال زدن سیال و... می باشد.



شکل ۱۷- نمودار ورود ضربه ای ردیاب و پاسخ آن در حالت ایده آل و واقعی. a پاسخ ایده آل راکتور پیوسته همزن دار. b پاسخ ایده آل راکتور جریان قالبی. c پاسخ واقعی

با داشتن غلظت ردیاب در خروجی می توانیم تابع توزیع زمان ماند را به صورت رابطه (۱) محاسبه کرد:

$$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt} \quad (1)$$

این تابعی است که به صورت کمی توضیح می دهد که عناصر سیال چه مدتی را در راکتور سپری کرده اند [۱].

### ۳-۱- اهمیت محاسبه توزیع زمان اقامت

اختلاط، یکنواختی محتوای به خصوص در مواد پودری مانند قرص و تخریب عبارات مهم در پردازش مداوم هستند. همه به RTD مرتبط هستند و همه فرآیندها ویژگی های خاص خود را دارند. اندازه گیری RTD به درک عمیق فرآیند و فضاهای طراحی به خوبی تعریف شده کمک می کند. اشکالات یکنواختی مواد پودری باعث هزینه های بالایی می شود و شناسایی آن بسیار دشوار است. برای به دست آوردن یکنواختی خوب و اطمینان از اینکه هر محصول حاوی مواد لازم

<sup>1</sup> Content Uniformity (CU)



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

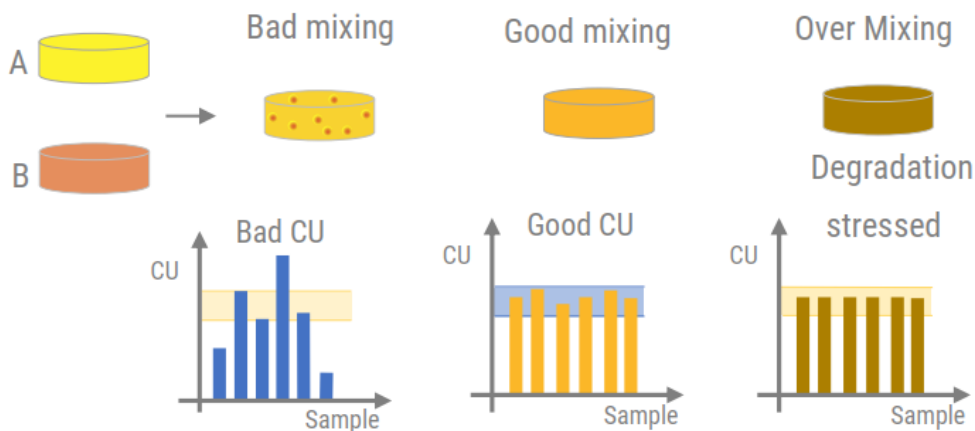
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

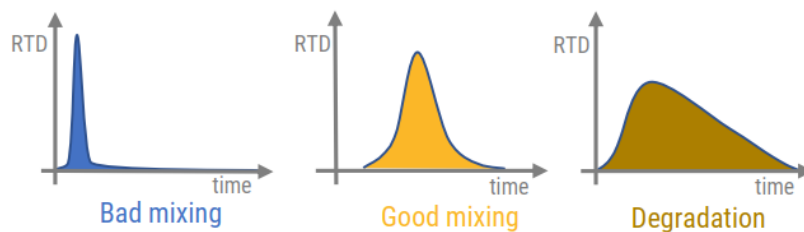
است، به مخلوط کردن خوب نیاز است. اختلاط بیش از حد ممکن است باعث تخریب ناشی از دما شود. شکل (۳)

شماتیکی از اختلاط دو ماده، به صورت اختلاط ضعیف، خوب و اختلاط بیش از اندازه را نشان می دهد.



شکل ۱۸- کیفیت های مختلف دو ماده ی مخلوط شده

اندازه گیری RTD را می توان بر روی عملیات تک واحدی یا روی چندین واحد ترکیبی انجام داد تا خطوط پردازش کامل انجام داد. مشکلات را می توان در جایی که رخ می دهد مطالعه کرد. شکل (۴) نمودار تابع توزیع زمان اقامت برای کیفیت های مختلف اختلاط را نشان می دهد.



شکل ۱۹- نمودار توزیع زمان اقامت برای کیفیت های مختلف اختلاط

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

همانطور که مشاهده می شود زمانی که توزیع زمان اقامت باریک و تند باشد، نشانگر اختلاط نامناسب و زمانی که توزیع زمان اقامت دارای خمیدگی باشد نشانگر تخریب و اختلاط بیش از حد می باشد. بهترین اختلاط زمانی رخ می دهد که نمودار تابع توزیع زمان اقامت به صورت توزیع نرمال گاوسی باشد.

دانه بندی یک فناوری مهم بزرگ شدن اندازه ذرات [۲] است که به طور گسترده در شاخه های مختلف صنعتی استفاده می شود [۳-۵] و می تواند به روش های مختلفی انجام شود. یک راه کلی برای طبقه بندی فناوری های دانه بندی، تمایز بین دانه بندی خشک و مرطوب است. مهمترین و رایج ترین تکنیک برای انجام دانه بندی خشک، فشردن غلتکی است. بر خلاف آن، دانه بندی مرطوب معمولاً با ماشین های مختلفی مانند میکسرهای با نرخ برشی زیاد، دانه بندی های بستر سیال یا دانه بندی های دو ماریپیچ انجام می شود. مورد دوم در صنعت داروسازی به دلیل امکان کارکردن گرانول سازهای دو ماریپیچ به طور پیوسته [۶، ۷] و نرخ متغیر توان تولیدی برای تطبیق مقدار تولید با تقاضاهای بازار اهمیت پیدا می کند [۸]. یکی از ویژگی های کیفی مهم گرانول ها، توزیع اندازه نهایی است، زیرا توزیع های اندازه گرانول تک وجهی و باریک می توانند با جلوگیری از جدایی در طول حمل و نقل، ذخیره سازی و عملیات پایین دستی تغییر پذیری فرآیند را مانع شود. با دانه بندی مرطوب برش بالا، اطمینان از توزیع اندازه گرانول تک وجهی و باریک آسان تر است [۹]. این رفتار سودمند را می توان به زمان اقامت طولانی محصولات در گرانول کننده نسبت داد. دانه بندی اکسترودر دو ماریپیچ با زمان اقامت بسیار کوتاه [۱۱-۱۴] همراه است و بنابراین، معمولاً منجر به توزیع اندازه دو وجهی و گسترده گرانول می شود [۱۵-۲۰].

### ۲- کاربرد روش اپتیکی و پردازش تصویر در توزیع زمان اقامت

یکی از راه های محاسبه توزیع زمان اقامت، استفاده از روش های اپتیکی و پردازش تصویر می باشد [۲۱]. به گونه ای که یک دوربین با سرعت بالا در خروجی دستگاه قرار گرفته و ردیاب خروجی را پایش می کند، سپس با استفاده از الگوریتم های خاص، می توان تصاویر گرفته شده در هر فریم را پردازش کرد تا در نهایت رنگ ماده ردیاب خروجی را به صورت تابعی از زمان رسم نمود و تابع توزیع زمان اقامت را بدست آورد.

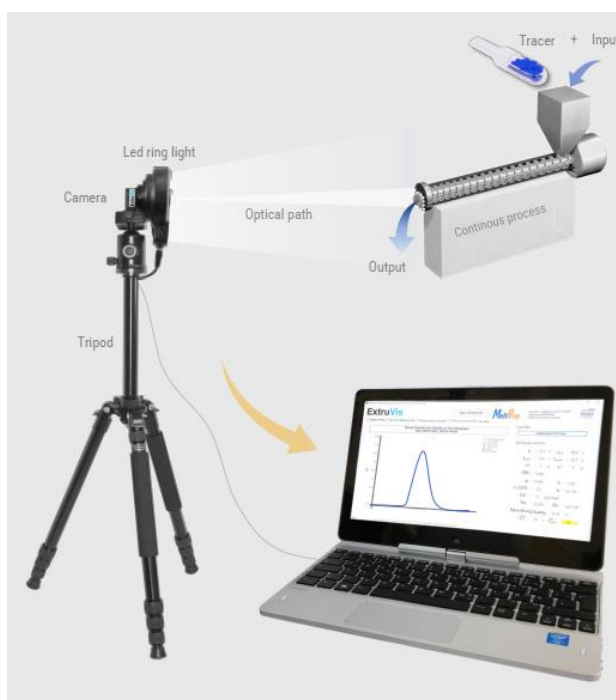
یکی از جدیدترین و پیشرفته ترین تجهیزات مورد استفاده برای این کار، با استفاده از ExtruVis می باشد. ExtruVis ابزاری برای اندازه گیری توزیع زمان اقامت (RTD) در هر دستگاهی است به شرطی که بتوان در آن یک ردیاب بصری اعمال کرد. پس از افزودن ردیاب، ExtruVis یک ویدیو از آزمایش ضبط می کند. پس از تکمیل اندازه گیری، ExtruVis، توزیع زمان اقامت را به طور خودکار ارزیابی می کند. این ستاپ، توسط شرکت MeltPrep که یک تولید کننده نوآورانه تجهیزات آزمایشگاهی که در گراتس، اتریش مستقر است، تولید گردیده است. شکل (۵) ستاپ کلی این تجهیز را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، ستاپ کلی شامل سه پایه، دوربین و چراغ حلقه ای، ردیاب و لپ تاپ حاوی نرم افزار می باشد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲۰- ستاپ کلی دستگاه ExtruVis

فرآیندهای پیوسته تقریباً در هر صنعتی برای تولید یا پردازش مواد بدون وقفه اعمال می شود. این در همه مقیاس ها، با آزمایشگاه کوچک و تجهیزات تولید بزرگ کار می کند. RTD های قابل مقایسه، موفقیت آمیز بودن افزایش مقیاس را تضمین می کنند. موارد زیر کاربردهای مورد استفاده از این تجهیز در متون علمی منتشر شده است.

### ۲-۱- دانه بندی

طراحی پیچ می تواند نوسانات تغذیه را تا زمانی که به وضوح کوچکتر از عرض RTD باشد کاهش دهد. واحدهای تغذیه می توانند مشکلاتی ایجاد کنند. هنگامی که یک ماده برای چند ثانیه با سرعت مناسب تغذیه نشود، گرانول های خارج از حد استاندارد ممکن است ایجاد شوند [۲۲]. شکل (۶) نمودار پیکربندی اشاره شده را نشان می دهد.

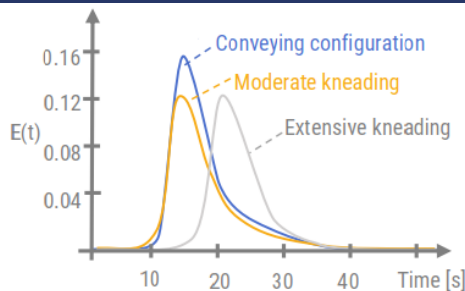


## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲۱- کاربرد تجهیز Extruviz در دانه بندی

#### ۲-۲- اکستروژن

شبیه سازی ها به طور گسترده برای طراحی فرآیندهای اکستروژن مذاب داغ اعمال می شوند. فرضیات زیادی باید انجام شود و بیشتر خصوصیات مواد در مراحل اولیه ناشناخته هستند. آزمایش های اعتبارسنجی برای بررسی صحیح بودن فرضیات و قابل اعتماد بودن داده های شبیه سازی انجام می شود [۲۳].

ExtruVis می تواند برای مطالعه عملیات واحد یا زنجیره های فرآیند کامل استفاده شود. بینش هایی را برای عیب یابی یا برای اهداف طراحی و خصوصیات ارائه می دهد. با استفاده از Extruviz، یک تجزیه و تحلیل واضح ایجاد خواهد شد.

#### ۲-۳- مخلوط کردن پیوسته

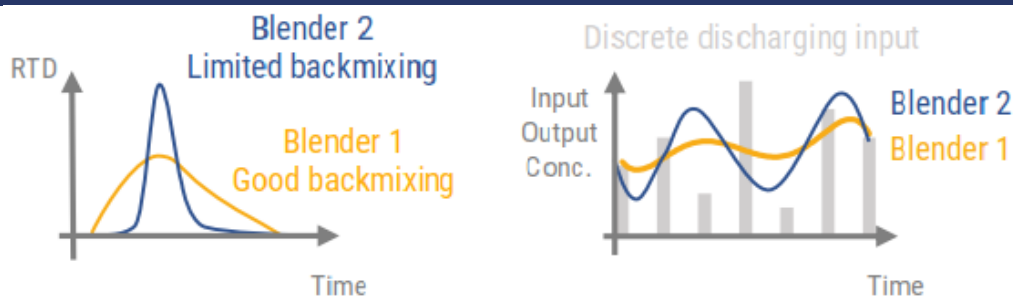
میکسرها اغلب توسط واحدهای دوزینگ تغذیه می شوند که مواد را به صورت ضربانی تخلیه می کنند، به عنوان مثال، یک پیچ حلزونی. شکل (۷) نمودار توزیع زمان اقامت و غلظت ورودی و خروجی در مخلوط کن را نشان می دهد. منحنی آبی مربوط به مخلوط کن شماره (۲) است که پس اختلاط محدود شده را دارد و توزیع زمان اقامت باریک است. اما منحنی نارنجی مربوط به مخلوط کن شماره (۱) است که پس اختلاط خوبی دارد و توزیع زمان گسترده تر است. همچنین برای ورودی های گسسته، تخلیه ی مخلوط کن با پس اختلاط مناسب نوسان کمی نسبت به مخلوط کن با پس اختلاط محدود شده دارد. مخلوط کن پیوسته باید ضربان را جبران کند تا نتایج همگن را تضمین کند. یک RTD گسترده برای صاف کردن انحرافات مفید است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

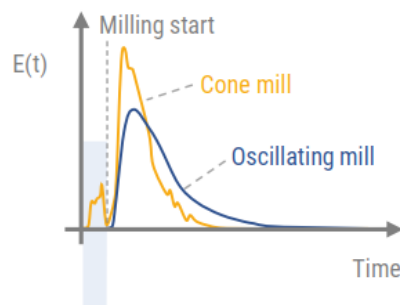
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲۲- نمودار توزیع زمان اقامت و غلظت ورودی و خروجی در مخلوطکن

### ۲-۴- فشرده ساز غلتکی و میل

دانه بندی خشک شامل عملیات واحد، فشرده سازی غلتکی و آسیاب می شود. در شکل (۸) منگال امراحل آسیاب را از طریق RTD ها بررسی کرد. مشخص شد که یک آسیاب مخروطی در مقایسه با یک آسیاب نوسانی زمان اقامت کوتاه تری دارد. ذرات ردیاب ریز قادر به عبور از تجهیزات، بدون حرکت قطعات آسیاب بودند.



شکل ۲۳- تابع توزیع زمان اقامت در آسیاب مخروطی و نوسانی

### ۳- نحوه کارکرد ستاپ ExtruvVis

ExtruVis یک راه حل کامل برای اندازه گیری بی دغدغه توزیع زمان اقامت است. هر چیزی که نیاز دارید در یک چرخ دستی محکم و آسان برای حمل و نقل گنجانده شده و بسته بندی شده است. آن را مستقیماً به تجهیزات پردازش ببرید و چهار مرحله زیر را برای به دست آوردن RTD دنبال کنید. شکل (۹) مراحل محاسبه توزیع زمان اقامت توسط ExtruvVis را نشان می دهد.

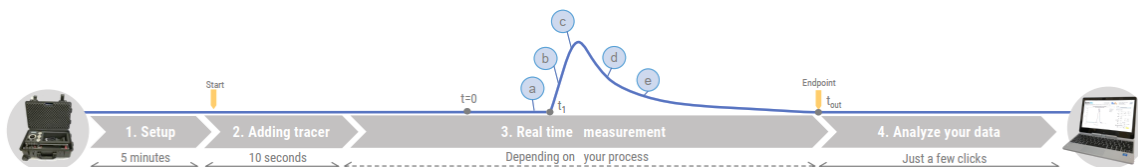
<sup>1</sup> Mangal

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

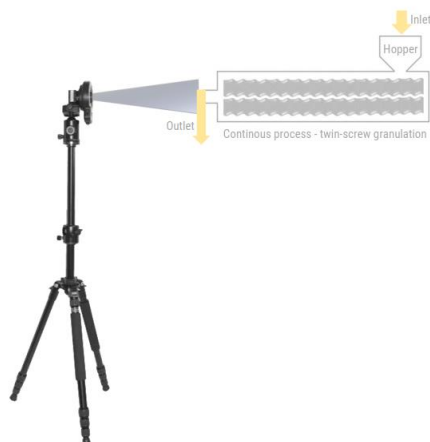
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲۴- مراحل اندازه گیری توزیع زمان اقامت توسط ExtruVis

### ۱-۳- تنظیم

همانطور که در شکل (۱۰) نشان داده شده است، دوربین ExtruVis را در مجاورت فرآیند قرار دهید. چراغ  
حلقه ای را روشن کنید، میدان دید را مشخص کرده و پارامترهای دوربین را تنظیم کنید.



شکل ۲۵- تنظیم دوربین ExtruVis

### ۲-۳- اضافه کردن ردیاب

با توجه به شکل (۱۱)، اندازه گیری را روی لب تاپ شروع کنید. پس از ۱۰ ثانیه، اپراتور باید ردیاب را به فرآیند  
اضافه کند. نقطه زمانی با یک بوق صوتی نشان داده می شود.



شکل ۲۶- شماتیک اضافه کردن ردیاب در ExtruVis



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

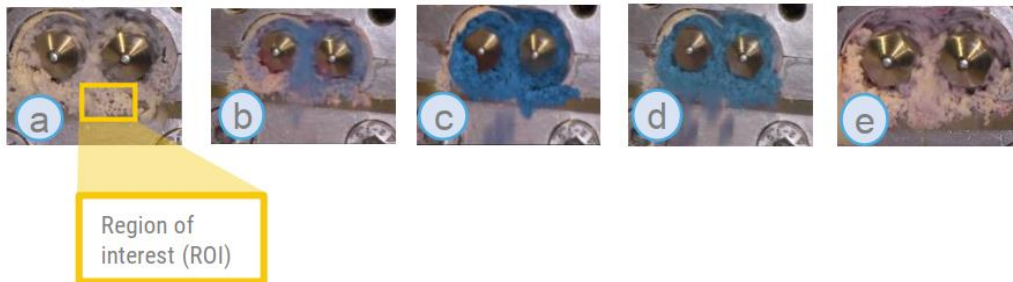
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۳-۳- اندازه گیری

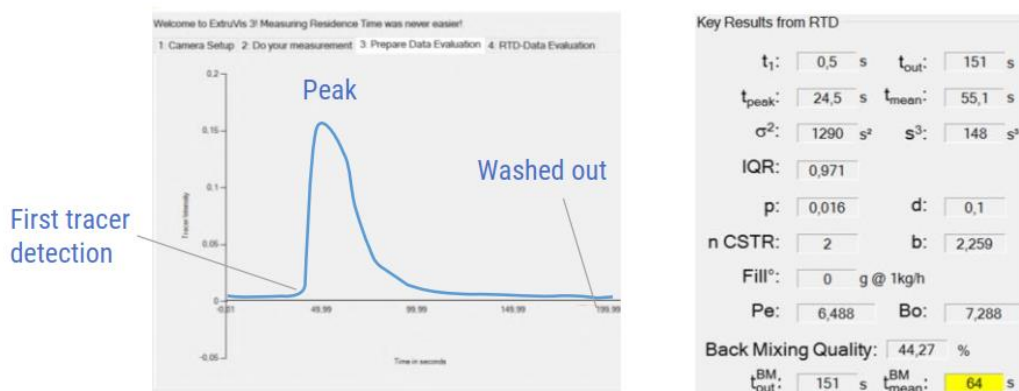
ExtruVis اطلاعات رنگی ناحیه مورد نظر را ثبت می کند و داده ها را به صورت زنده نشان می دهد و تعیین دقیق و قابل اعتماد زمانی که ردیاب خارج شده است را امکان پذیر می کند. مایر و همکاران [۲۲] از این ستاپ برای دانه بندی در اکسترودر دوماریچ استفاده کردند که در شکل (۱۲) نمایش داده شده است.



شکل ۲۷- ثبت مراحل خروج ردیاب در اکسترودر دوماریچ توسط ExtruVis.

### ۳-۴- آنالیز داده ها

ExtruVis از طریق آنالیز اندازه گیری های ثبت شده در عرض چند ثانیه امکان دسترسی به نتایج را می دهد. شکل (۱۳) نشان می دهد که پارامترها و نمودار توزیع زمان اقامت چگونه در نرم افزار ExtruVis نمایش داده می شود.



شکل ۲۸- نمودار خروجی غلظت و نتایج توزیع زمان اقامت توسط نرم افزار ExtruVis.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

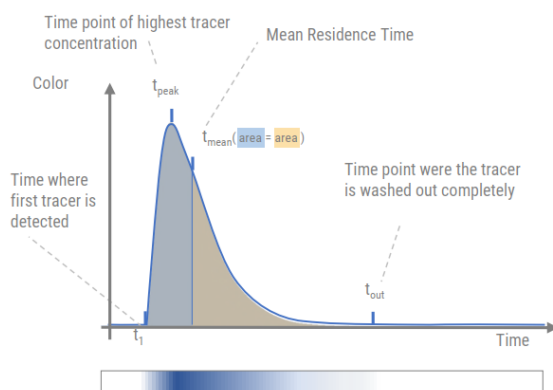
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ExtruVis اپراتور را قادر می سازد تا اطلاعات رنگی را به صورت کمی در زمان واقعی توصیف کند. نقطه شروع و پایان آزمایش RTD دقیقاً تعیین می شود. ارزیابی توسط یک الگوریتم پیچیده انجام می شود که نتایج تکرار پذیر را پس از چند کلیک تضمین می کند.

#### ۴- ارزیابی منحنی تحلیلی حاصل از ExtruVis

ارزیابی تحلیلی پارامترها با ارزیابی منحنی آماری انجام می شود که شکل و ابعاد پارامترها را بر اساس اندازه گیری های تحلیلی توصیف می کند. شکل (۱۴) نشان می دهد که چگونه با مشاهده غلظت رنگ ردیاب خروجی از اکسترودر، نمودار تابع توزیع زمان اقامت حاصل شده است.



شکل ۲۹- ارزیابی منحنی تحلیلی حاصل از ExtruVis

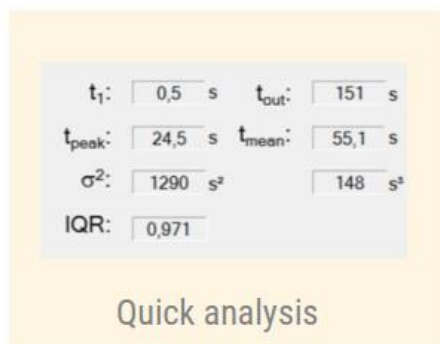
همانطور که درش شکل (۱۵) نشان داده شده است، برای سادگی، پارامترهای اندازه گیری استاندارد تعریف شده است تا آن ها را به سرعت با  $t_{mean}$  مقایسه کند. برای آنالیز عمیق، همپوشانی کامل توصیه می شود.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

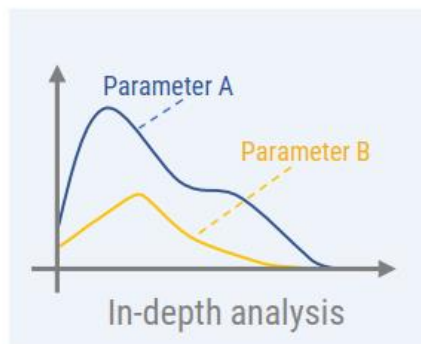
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



VS



شکل ۳۰- تفاوت آنالیز سریع و عمیق در ExtruVis

یک رویکرد رگراسیون چند مرحله ای پیچیده، پارامترهای مدل را نسبت به یک سیستم مدل متناسب می کند تا مجموعه داده های اندازه گیری شده را به طور بهینه نشان دهد.

#### ۱-۴- ارزیابی مبتنی بر مدل

از ترکیب مدل های ایده آل می توان برای نمایش فرآیندهای واقعی استفاده کرد. ExtruVis از یک سری راکتورهای جریان قالبی و راکتورهای پیوسته مخزن همزن دار برای نمایش داده های اندازه گیری شده استفاده می کند.

#### ۱-۱-۴- بخش جریان قالبی

سیالی که وارد سیستم راکتور می شود در جریان قالبی جریان می یابد.

#### ۲-۱-۴- تعداد راکتورهای پیوسته همزن دار (CSTR)

پارامتر (n) تعداد CSTR های سری است که برای مدل برای توصیف RTD اندازه گیری تجربی استفاده می شود.

#### ۳-۱-۴- پارامتر کسر ناحیه مرده

پارامتر کسر ناحیه مرده (d) کسری را در فرآیندی که در آن هیچ اختلاط و انتقالی رخ نمی دهد، توصیف می کند. اما مقادیر بسیار بیشتری مانند کیفیت پس اختلاط، عدد بودنشتاین<sup>۱</sup> و عدد پکلت<sup>۲</sup> وجود دارد. شکل (۱۶) نحوه ارزیابی

<sup>1</sup> Bodenstein

<sup>2</sup> Peclet



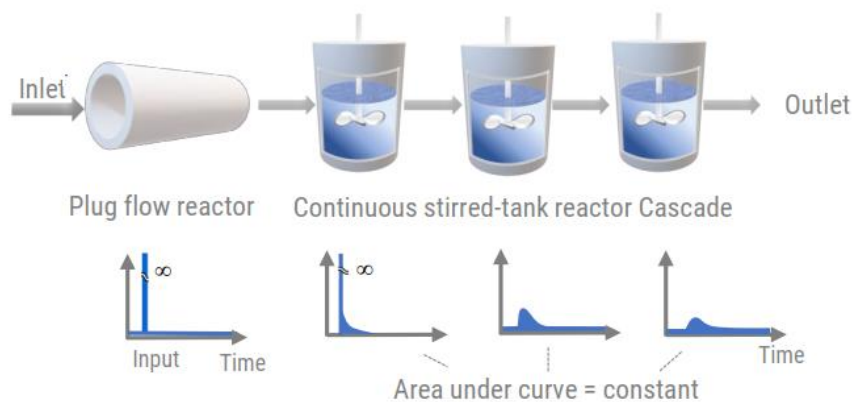
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

توسط مدل های ایده آل را نشان می دهد. ورودی به صورت جریان قالبی بوده و سپس بررسی به صورت محاسبه چندین راکتور پیوسته همزن دار صورت می گیرد.



شکل ۳۱- شماتیک نحوه ارزیابی Extruviz توسط مدل های ایده آل

پارامترهای مدل ها و همچنین اعداد بدون بعد (PE, Bo) به وضوح در شکل (۱۷) خلاصه شده است.

n CSTR:	2	b:	2,259
Fill°:	0 g @ 1kg/h		
Pe:	6,488	Bo:	7,288
Back Mixing Quality:	44,27 %		
$t_{out}^{BM}$ :	151 s	$t_{mean}^{BM}$ :	64 s

شکل ۳۲- اعداد بونشتاین و پکلت و پارامترهای مدل حاصل شده توسط Extruviz

با معین شدن  $E(t)$  می توان زمان اقامت متوسط را محاسبه کرد. رابطه (۲) نحوه محاسبه زمان اقامت متوسط  $\tau_m$  را نشان می دهد.

$$\tau_m = \int_0^{\infty} t E(t) dt \quad (2)$$

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



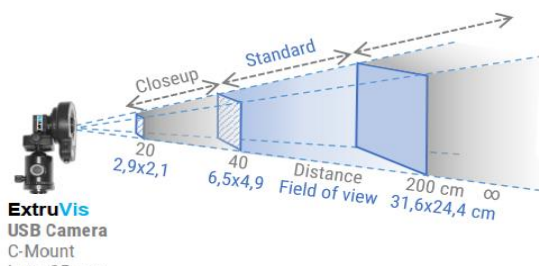
#### ۵- اجزای ستاپ ExtruVis

در این قسمت تجهیزات لازم برای ستاپ ExtruVis که به صورت یک پکیج کامل می باشد، شرح داده می شود.

#### ۵-۱- دوربین و واحد نوری ترکیبی

با توجه به شکل (۱۸) این دستگاه از یک دوربین USB (Phytec, Mainz, Germany, USB-CAM-052H) و یک چراغ حلقه ای (Phytec, Mainz, Germany, VZ-001-X4) تشکیل شده است. چراغ حلقه ای روشنایی یکنواخت، بدون انعکاس و بدون سایه از ناحیه مورد نظر ایجاد می کند. اندازه گیری دقیق رنگ تضمین شده است. این دوربین دارای وضوح تصویر  $1944 \times 2592$  پیکسل با اندازه پیکسل  $2/2$  میکرومتر در  $2/2$  میکرومتر است. علاوه بر این، دوربین به یک لنز ویدیویی (Phytec, Mainz, Germany, AO051) با فاصله کانونی  $35$  میلی متر و محدوده دیافراگم  $16-1:1/6$  مجهز شده است.

لنز دوربین برای اندازه گیری RTD در تمام مقیاس ها مناسب است. دو پیکربندی امکان اندازه گیری از آزمایشگاه (محدوده میلی متر مربع) تا مقیاس تولید (محدوده سانتی متر مربع) را فراهم می کند.



شکل ۳۳- دوربین و چراغ حلقه ای ExtruVis

#### ۵-۲- ردیاب با رنگدانه زیاد

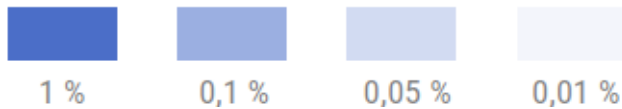
شکل (۱۹) نشان می دهد که ردیاب های حاوی رنگدانه زیاد در (قرمز، سبز و آبی) گنجانده شده است. ردیاب های دیگر در صورتی امکان پذیر هستند که پاسخ بصری کافی در خروجی بدهند (مانند مایعات رنگی).

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳۴- ردیاب ها و ارتباط غلظت رنگی ExtruVis

فقط مقادیر بسیار کمی از ردیاب برای آزمایش مورد نیاز است. یک قانون کلی برای مقدار ردیاب این است که ۱-  
۳٪ از جریان جرمی را که در هر ثانیه وارد می شود، لحاظ شود.

### ۳-۵ سه پایه

همانطور که در شکل (۲۰) مشاهده می شود، سه پایه امکان نصب گزینه های مختلف را فراهم می کند. می توان آن  
را به چندین روش چند منظوره تنظیم کرد.



شکل ۳۵- سه پایه ExtruVis

### ۴-۵ لپ تاپ و شبیه ساز RTD



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



سیستم ExtruVis شامل یک لپ تاپ با نرم افزار ExtruVis از پیش نصب شده است. استفاده از آن آسان است، نتایج سریعی را از یک آزمایش به شما می دهد و اجازه می دهد تا داده های خام را برای ارزیابی پیشرفته، خروجی بگیرید. در شکل (۲۱) شبیه ساز را نشان می دهد که یک استوانه چرخان قابل برنامه ریزی با گرادیان رنگی چاپ شده است و خروجی یک فرآیند پیوسته را تقلید می کند.



شکل ۳۶- لپ تاپ و شبیه ساز RTD برای ExtruVis

### ۶- مزایای ستاپ ExtruVis

موارد زیر از جمله مزایای این ستاپ می باشد:

#### ۶-۱- راه حل استاندارد برای همه مقیاس ها

قبل از اینکه ExtruVis وارد بازار شود، هیچ روش استانداردی برای اندازه گیری RTD وجود نداشت. با کمک ExtruVis می توانید بر داده های تکرار پذیر بر اساس اندازه گیری های کمی تکیه کنید و RTD های فرآیندها را در مقیاس های مختلف مقایسه کنید.

#### ۶-۲- منبع نور بدون سایه تعریف شده

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



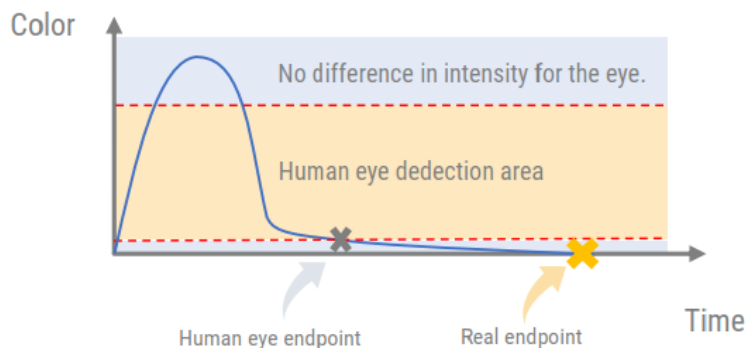
چراغ حلقه ای LED منحصر به فرد ExtruVis که به صورت دایره ای بر روی دوربین نصب شده است، شرایط نوری فرایند تحت بررسی را از منابع نور محیطی (مانند لامپ سقفی، خورشید و غیره) جدا می کند.

۳-۶- ارزیابی داده ها به صورت بدون وقفه

بدون زمان انتظار طولانی برای ارزیابی، بدون انجام مجدد خسته کننده نتایج. در طول اندازه گیری، می توانید نمودار زنده را روی لپ تاپ خود دنبال کنید که تمام داده های مربوطه را نشان می دهد. ارزیابی در عرض چند ثانیه تکمیل می شود و به عنوان یک فایل CSV ذخیره می شود.

۴-۶- بهتر از چشم غیر مسلح

ExtruVis برتر از چشم انسان و روشی قابل اعتماد برای به دست آوردن نتایج دقیق RTD است. نقاط زمانی مانند زمان اوج و پایان زمان برای ساخت RTD مهم هستند، اما در مناطقی از تغییرات ظریف قرار دارند و نمی توان دقیقاً با رویکرد کرومومتر تعیین کرد. همانطور که در شکل (۲۲) نشان داده شده است، برای چشم انسانی زمان اتمام اختلاف زیادی با یکدیگر وجود دارد. همچنین ناحیه ای وجود دارد که تغییر آن برای چشم انسان قابل دیدن نمی باشد.



شکل ۳۷- مقایسه زمان اتمام رنگ در ExtruVis و چشم انسانی

۷- کاربرد ExtruVis در بررسی RTD ستون های مونولیتیک و هیدروژل های کاتالیستی

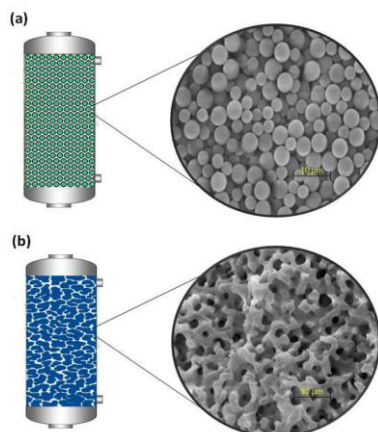
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

ستون های مونولیتیک<sup>۱</sup> (یا یکپارچه) همانند راکتور بستر پر شده هستند. در این ستون ها بجای استفاده از ذرات و یا دانه های پرکن، از ماتریس پلیمری آلی یا معدنی استفاده می شود. شکل شماتیک ستون های بستر ثابت و مونولیتیک در شکل (۲۳) آورده شده است.



شکل ۳۸- طرح شماتیک ستون بستر ثابت (a) و ستون بستر مونولیتیک (b)

ستون های کاتالیستی مونولیتیک به دلیل کاربرد گسترده محیطی در سیستم های پاک سازی مانند مبدل های کاتالیزوری خودرو، راکتورهای تصفیه گازهای خروجی کارخانه های شیمیایی و سایر موارد، کاملاً شناخته شده اند. کاتالیزور مونولیت معمولاً با استفاده از ماتریس کاتالیزوری ( $ZrO_2$ ,  $SiO_2$ ، کربن، زئولیت و ...) ساخته می شوند و حاوی یک یا چند جزء فعال کاتالیزوری (Pt, Pd, Rh، زئولیت و ...) هستند [۲۴].

به علت مزایای منحصر به فرد آنها (به عنوان مثال، افت فشار کم، عملکرد خوب انتقال جرم، انعطاف پذیری عملیاتی، پراکندگی محوری کم و جداسازی آسان کاتالیزورها و محصولات) [۲۵-۲۷]، راکتورهای یکپارچه به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند. کاتالیزورها و راکتورهای یکپارچه، کانال های منظم و موازی دارند که متداول ترین آنها مربع با قطر هیدرولیک از ۱ تا ۵ میلی متر است. اجزای فعال روی دیواره کانال ها پوشانده می شوند و هنگامی که واکنش دهنده های دو فاز گاز یا مایع از کانال ها عبور می کنند، تحت تأثیر کاتالیزور، واکنش شیمیایی رخ می دهد [۲۸].

<sup>1</sup>Monolithic column



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

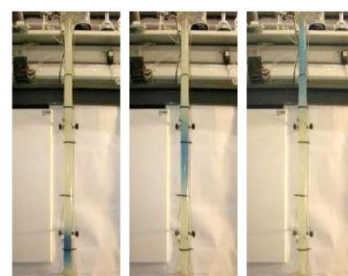
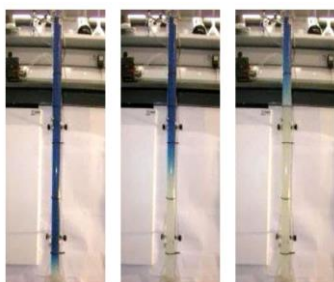
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



در ستون های مونولیتیک هیدروژلی، از ماتریس هیدروژلی استفاده می شود. هیدروژل ها شبکه های پلیمری سه-بعدی از پلیمر های آب دوست با اتصالات عرضی (فیزیکی یا شیمیایی) هستند که قابلیت جذب مقدار زیاد آب یا سیالات زیستی (سیالاتی که برای کاربردهای زیستی مثل انتقال دارو، سیالات مورد استفاده در مهندسی بافت، حسگر های شیمیایی و بیولوژیکی... به عنوان سیال حمل کننده عامل زیستی استفاده می شوند) را دارند. این ترکیبات بدون اینکه در مایع حل شوند، می توانند مقدار زیادی آب را در خود جذب کرده و متورم شوند. این ویژگی، وجه تمایز هیدروژل ها با دیگر پلیمرها است.

توزیع زمان اقامت در این ستون ها نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. استفاده از ردیاب های رنگی و دوربین های مرسوم برای یافتن توزیع زمان اقامت در راکتورها در بسیاری از مطالعات انجام شده است [۲۱، ۲۹-۳۵]. اما در اکثر این مطالعات داده های حاصل از تصویربرداری نیازمند صرف زمان طولانی برای پردازش تصویر، اعمال الگوریتم و رسم نمودار توزیع زمان اقامت می باشد. اما با توجه به اینکه ExtruVis امکان استفاده از ردیاب رنگی را برای بررسی RTD را فراهم می کند و با دقت و سرعت بسیار خوبی نتایج را حاصل می کند؛ استفاده از آن پیشنهاد می شود. در شکل (۲۴) که برای یک ستون، از ردیاب رنگی استفاده شده است [۳۶]، می توان دوربین ExtruVis را در قسمت خروجی ستون قرار داده و با بررسی غلظت رنگ خروجی ردیاب، RTD را اندازه گیری کرد.



شکل ۳۹- استفاده از ردیاب رنگی در ستون

### ۸- نتیجه گیری

بررسی توزیع زمان اقامت (RTD) در فرایندهای شیمیایی نقش بسیار مهمی داشته و برای توصیف رفتارهای اختلاط و جریان استفاده می شود. نتایج با رفتارهای ایده آل مقایسه شده و برای طراحی و عیب یابی استفاده می شود. استفاده از ردیاب رنگی یکی از راه های مرسوم برای بررسی و محاسبه توزیع زمان اقامت می باشد. استفاده از روش های

<sup>1</sup>Hydrogel

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



اپتیکی و پردازش تصویر برای این منظور روز به روز پیشرفته تر شده است. صرف زمان، دقت پایین، نیاز به استفاده از الگوریتم های پردازش تصویر به صورت کدنویسی و ناهماهنگی تجهیزات تصویربرداری و پردازشی از جمله مشکلات تصویربرداری با دوربین های مرسوم است. لذا نیاز به استفاده از یک ستاپ که تمام امکانات تصویربرداری، نوری و نرم افزاری را به صورت یکجا داشته باشد، احساس می شود. ExtruVis یک ستاپ بسیار کارآمد برای این منظور می باشد که سرعت، دقت و ظرفیت بسیار بالایی برای بدست آوردن توزیع زمان اقامت را ارائه می کند. از این تجهیز بیشتر در کاربردهای دانه بندی با اکسترودرهای پودری در متون علمی استفاده شده است. اما با توجه به امکان استفاده از هرگونه ردیاب رنگی در این تجهیز، هدف این مقاله معرفی و ارائه پیشنهاد جهت استفاده از آن در کاربردهای مهندسی شیمی مانند راکتورهای شیمیایی، ستون پر شده، هیدروژل های کاتالیستی و ستون های مونولیتیک می باشد که می تواند بسیار کارآمد باشد.

منابع

1. Fogler, H.S. and S.H. Fogler, *Elements of chemical reaction engineering*. 1999: Pearson Educacion.
2. Kristensen, H.G. and T. Schaefer, *Granulation: A review on pharmaceutical wet-granulation*. Drug development and industrial pharmacy, 1987. **13**(4-5): p. 803-872.
3. Knight, P., *Challenges in granulation technology*. Powder technology, 2004. **140**(3): p. 156-162.
4. Leuenberger, H., *New trends in the production of pharmaceutical granules: batch versus continuous processing*. European journal of pharmaceutics and biopharmaceutics, 2001. **52**(3): p. 289-296.
5. Vervaet, C. and J.P. Remon, *Continuous granulation in the pharmaceutical industry*. Chemical Engineering Science, 2005. **60**(14): p. 3949-3957.
6. Gamlen, M. and C. Eardley, *Continuous extrusion using a raker perkins MP50 (multipurpose) extruder*. Drug development and industrial pharmacy, 1986. **12**(11-13): p. 1701-1713.
7. Lindberg, N.-O., et al., *Extrusion of an effervescent granulation with a twin screw extruder, Baker Perkins MPF 50 D. Influence on intragranular porosity and liquid saturation*. Drug development and industrial pharmacy, 1988. **14**(13): p. 1791-1798.
8. Betz, G., P. Junker-Bürgin, and H. Leuenberger, *Batch and continuous processing in the production of pharmaceutical granules*. Pharmaceutical development and technology, 2003. **8**(3): p. 289-297.
9. Kayrak-Talay, D. and J.D. Litster, *A priori performance prediction in pharmaceutical wet granulation: Testing the applicability of the nucleation regime map to a formulation*



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

with a broad size distribution and dry binder addition. International journal of  
pharmaceutics, 2011. **418**(2): p. 254-264.

10. Knight, P., et al., *An investigation into the kinetics of liquid distribution and growth in high shear mixer agglomeration*. Powder technology, 1998. **97**(3): p. 246-257.
11. El Hagrasy, A., et al., *Twin screw wet granulation: Influence of formulation parameters on granule properties and growth behavior*. Powder technology, 2013. **238**: p. 108-115.
12. Kumar, A., et al., *Mixing and transport during pharmaceutical twin-screw wet granulation: experimental analysis via chemical imaging*. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 2014. **87**(2): p. 279-289.
13. Lee, K.T., A. Ingram, and N.A. Rowson, *Twin screw wet granulation: the study of a continuous twin screw granulator using Positron Emission Particle Tracking (PEPT) technique*. European journal of pharmaceutics and biopharmaceutics, 2012. **81**(3): p. 666-673.
14. Vercruyssen, J., et al., *Visualization and understanding of the granulation liquid mixing and distribution during continuous twin screw granulation using NIR chemical imaging*. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 2014. **86**(3): p. 383-392.
15. Beer, P., et al., *Transfer from High-Shear Batch to Continuous Twin Screw Wet Granulation: A Case Study in Understanding the Relationship Between Process Parameters and Product Quality Attributes*. Journal of pharmaceutical sciences, 2014. **103**(10): p. 3075-3082.
16. Dhenge, R.M., et al., *Twin screw granulation using conveying screws: Effects of viscosity of granulation liquids and flow of powders*. Powder Technology, 2013. **238**: p. 77-90.
17. El Hagrasy, A. and J. Litster, *Granulation rate processes in the kneading elements of a twin screw granulator*. AIChE Journal, 2013. **59**(11): p. 4100-4115.
18. Fonteyne, M., et al., *Distribution of binder in granules produced by means of twin screw granulation*. International journal of pharmaceutics, 2014. **462**(1-2): p. 8-10.
19. Kumar, V., et al., *Real-time particle size analysis using focused beam reflectance measurement as a process analytical technology tool for a continuous granulation-drying-milling process*. Aaps Pharmscitech, 2013. **14**(2): p. 523-530.
20. Vercruyssen, J., et al., *Use of a continuous twin screw granulation and drying system during formulation development and process optimization*. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 2015. **89**: p. 239-247.
21. Trachsel, F., et al., *Measurement of residence time distribution in microfluidic systems*. Chemical Engineering Science, 2005. **60**(21): p. 5729-5737.
22. Meier, R., et al., *Granule size distributions after twin-screw granulation-do not forget the feeding systems*. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 2016. **106**: p. 59-69.
23. Bochmann, E.S., et al., *Numerical simulation of hot-melt extrusion processes for amorphous solid dispersions using model-based melt viscosity*. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 2018. **124**: p. 34-42.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

24. Tomašić, V. and F. Jović, *State-of-the-art in the monolithic catalysts/reactors*. Applied Catalysis A: General, 2006. **311**: p. 112-121.
25. Vergunst, T., F. Kapteijn, and J.A. Moulijn, *Optimization of geometric properties of a monolithic catalyst for the selective hydrogenation of phenylacetylene*. Industrial & engineering chemistry research, 2001. **40**(13): p. 2801-2809.
26. Boger, T., A.K. Heibel, and C.M. Sorensen, *Monolithic catalysts for the chemical industry*. Industrial & engineering chemistry research, 2004. **43**(16): p. 4602-4611.
27. Roy, S., et al., *Monoliths as multiphase reactors: a review*. AIChE journal, 2004. **50**(11): p. 2918-2938.
28. Lei, Z., et al., *Experimental and modeling study on the hydrodynamics in multiphase monolith modules with different distributors*. Chemical Engineering and Processing-Process Intensification, 2020. **153**: p. 107920.
29. Lohse, S., et al., *A novel method for determining residence time distribution in intricately structured microreactors*. Lab on a Chip, 2008. **8**(3): p. 431-438.
30. Faridkhou, A., M. Hamidipour, and F. Larachi, *Hydrodynamics of gas-liquid micro-fixed beds-measurement approaches and technical challenges*. Chemical engineering journal, 2013. **223**: p. 425-435.
31. Feng, X., et al., *Characterization of liquid flow in the spinning cloth disc reactor: Residence time distribution, visual study and modeling*. Chemical Engineering Journal, 2014. **235**: p. 356-367.
32. Wols, B., et al., *Evaluation of experimental techniques to validate numerical computations of the hydraulics inside a UV bench-scale reactor*. Chemical Engineering Science, 2010. **65**(15): p. 4491-4502.
33. Tourvieille, J.-N., R. Philippe, and C. de Bellefon, *Milli-channel with metal foams under an applied gas-liquid periodic flow: Flow patterns, residence time distribution and pulsing properties*. Chemical Engineering Science, 2015. **126**: p. 406-426.
34. Serres, M., et al., *Liquid residence time distribution of multiphase horizontal flow in packed bed milli-channel: Spherical beads versus open cell solid foams*. Chemical Engineering Science, 2018. **190**: p. 149-163.
35. Behin, J. and N. Farhadian, *Residence time distribution measurements in a two dimensional rectangular airlift reactor by digital image processing*. Experimental thermal and fluid science, 2013. **51**: p. 244-250.
36. Mendes, A.M., et al., *An integrated chemical reaction engineering lab experiment*. Chemical Engineering Education, 2004. **38**(3): p. 228-235.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

## حفاظت از آلیاژ منیزیم با استفاده از پوشش تبدیلی زیرکونیوم

زهرا رجبعلی زاده<sup>۱\*</sup>، داود سیف زاده<sup>۲</sup>

۱- دانشگاه محقق اردبیلی، [Rajabalizadeh@uma.ac.ir](mailto:Rajabalizadeh@uma.ac.ir)

۲- دانشگاه محقق اردبیلی، [Seifzadeh@uma.ac.ir](mailto:Seifzadeh@uma.ac.ir)

### چکیده

فلز منیزیم به دلیل دارا بودن خواص فیزیکی و مکانیکی فوق العاده، کاربرد گسترده ای در صنایع هوافضا، الکترونیک و اتومبیل سازی دارد. متأسفانه، منیزیم و آلیاژهای آن واکنش پذیری بالایی دارند که آن ها را مستعد خوردگی کرده و کاربرد گسترده ی آن ها را محدود می سازد. در این راستا روشهای مختلفی جهت جلوگیری از خوردگی آنها به وجود آمده است. پوشش تبدیلی یکی از تکنیک های مهندسی سطح جهت افزایش مقاومت در برابر خوردگی منیزیم می باشد. در طرح پژوهشی اخیر، پوشش تبدیلی زیرکونیوم به عنوان پوشش تبدیلی دوستدار محیط زیست بر روی آلیاژ AM60B منیزیم اعمال شد. مورفولوژی سطح آلیاژ و پوشش تشکیل شده بر روی آن توسط روشهای SEM و EDS بررسی شده است. نتایج این بررسی ها نشان داد که پوشش تبدیلی زیرکونیوم که عمدتاً از عناصر Zr، Mg، Al و O تشکیل شده بود، ساختار متخلخلی دارد. خواص ضد خوردگی این پوشش به وسیله ی تست های پلاریزاسیون پتانسیودینامیک و اسپکتروسکوپی امیدانس الکتروشیمیایی در محلول خورنده ی نمک طعام بررسی شد. نتایج نشان داد که مقاومت خوردگی پوشش ها در محلول خورنده نسبت به آلیاژ بدون پوشش به طور قابل ملاحظه ای بیشتر است که این موضوع کارایی پوشش ها را در ایجاد مقاومت در برابر خوردگی برای آلیاژ AM60B منیزیم تأیید کرد. کلمات کلیدی: منیزیم، پوشش تبدیلی، امیدانس الکتروشیمیایی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

بالا بودن نسبت سختی به وزن منیزیم، آن را به عنوان رقیبی برای مواد پلاستیکی و آلومینیومی در ساخت محصولات الکتریکی و صنایع اتومبیل سازی کرده است. به دلیل محدودیت ذخایر سوخت فسیلی و مسائل زیست محیطی ناشی از این سوخت ها، صنایع اتومبیل سازی به دنبال ساختن اتومبیل هایی سبک تر به منظور کاهش مصرف سوخت هستند. استفاده از منیزیم و آلیاژهای آن می تواند وزن اتومبیل را بدون کاهش قدرت ساختاری آن به طور قابل توجهی کاهش دهد. از دیگر کاربردهای منیزیم می توان به استفاده از آن در بدنه و موتور هواپیما، قطعات فضایی، کامپیوتر، دوربین، تلفن همراه، لپ تاپ، وسایل ورزشی مثل دوچرخه و تجهیزات خانگی و صنعتی اشاره کرد [۱]. علی-رغم خواص منحصر به فردی که برای منیزیم و آلیاژهای آن ذکر شد، این فلز برخی خواص نامطلوبی دارد که استفاده ی گسترده از آن را محدود کرده است. از جمله این خواص نامطلوب می توان به مقاومت خوردگی و سایشی پایین و واکنش پذیری بالای آن اشاره کرد. همان طور که گفته شد، اخیراً منیزیم و آلیاژهای آن به جهت خواص مکانیکی و قابلیت های خوبی که دارند بسیار مورد توجه قرار گرفته اند اما مقاومت کم آنها در برابر خوردگی باعث کاهش شدید کارایی آنها شده است و مهندسين خوردگی را بر آن داشته است تا برای کاهش صدمات ناشی از خوردگی آنها به دنبال راه حل هایی باشند. بدین ترتیب در سال های اخیر روشهایی برای افزایش مقاومت خوردگی منیزیم و آلیاژهای آن ابداع شده است. پیش از این اشاره شد که یکی از راه های موثر برای جلوگیری از خوردگی، پوشش دادن فلز بستر است. پوشش ها با ایجاد سد بین فلز و محیط مانع خوردگی آن می شوند. به منظور این که پوشش به خوبی مانع خوردگی شود، بایستی یکنواخت، با چسبندگی خوب و بدون حفره باشد. از روش های ذکر شده برای پیشگیری از خوردگی، آبکاری الکتروشیمیایی، پوشش تبدیلی، آندایزینگ، پوشش هیبریدی و پوشش آلی بر روی منیزیم و آلیاژهای آن مورد بررسی قرار گرفته اند. از پوشش های تبدیلی کرومات برای مقاصد تزئینی و یا به عنوان پیش تیمار برای افزایش خاصیت چسبندگی رنگ ها و پوشش ها و یا به عنوان پوشش ضد خوردگی بر روی منیزیم استفاده می شوند. علی رغم کاربردی بودن پوشش های کرومات در صنعت، مهم ترین عیب آن ها، ایجاد  $Cr^{6+}$  است که بسیار سمی و سرطان زا می باشد. به همین علت جایگزین های دیگری نیز برای کروم در نظر گرفته شده است که اغلب کارایی کمتری نسبت به آن دارند، اما از نظر زیست محیطی خطرات کمتری به دنبال دارند [۲]. در کار پژوهشی اخیر، از پوشش تبدیلی زیرکونیوم به عنوان پوشش دوست دار محیط زیست و جایگزین مناسبی برای پوشش کرومات استفاده شده و ویژگی های سطح و خواص خوردگی پوشش های تبدیلی زیرکونیوم مورد بررسی قرار گرفته است.

### ۱- مواد و روش تحقیق

جهت اعمال پوشش تبدیلی زیرکونیوم، نمونه های منیزیم آلیاژی با ابعاد  $10 \times 10 \times 30$  میلی متر برش داده شد و سپس با شماره های ۱۰۰، ۴۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ سمباده زده شد. جهت تمیز شدن سطح، نمونه ها در استون در دمای



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

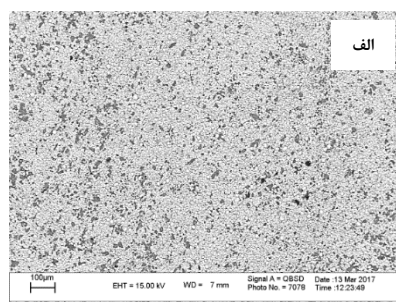
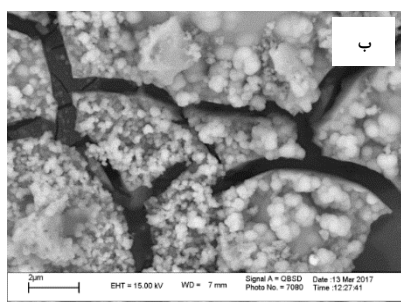


۴۰ °C به مدت ۱۵ دقیقه در حمام اولتراسوند شستشو داده شدند. در ادامه، اچ کردن نمونه ها در محلول اسیدنیتریک (۶۳ درصد) با غلظت ۵۰ میلی لیتر بر لیتر) به مدت ۳۰ ثانیه صورت گرفت. جهت اعمال پوشش تبدیلی زیرکونیوم، نمونه ها در محلول هگزافلوروزیرکونیک اسید (۱/۵ گرم بر لیتر) به مدت ۶ دقیقه و دمای ۳۰ درجه سانتی گراد غوطه ور شدند. لازم به ذکر است که pH حمام تبدیلی با استفاده از محلول سدیم هیدروکسید بر روی ۴/۵ تنظیم شد.

### ۲- نتایج و یافته های پژوهش

#### ۳-۱- مورفولوژی سطح پوشش تبدیلی زیرکونیوم

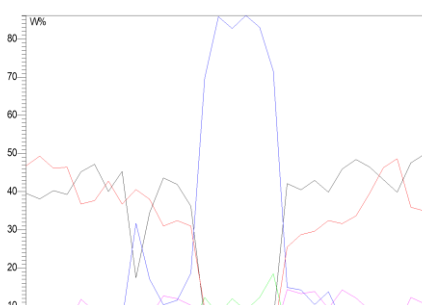
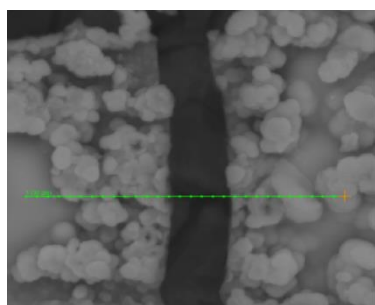
تصاویر مورفولوژی سطح پوشش تبدیلی زیرکونیوم در دو بزرگنمایی مختلف در شکل (۳-۱) نشان داده شده است. تصویر با بزرگنمایی پایین (شکل ۳-۱-الف) نشان می دهد که پوشش تبدیلی زیرکونیوم به طور یکنواخت بر روی سطح ترسیب شده است. شکل (۳-۱-ب) نشان می دهد که این پوشش تبدیلی ساختار ترک دار شبکه مانندی دارد.



شکل ۳-۱- مورفولوژی سطح پوشش تبدیلی زیرکونیوم در بزرگنمایی پایین (الف) و بالا (ب)

#### ۲-۳- آنالیز عنصری پوشش تبدیلی زیرکونیوم

توزیع عنصری سطح آلیاژ بعد از اعمال پوشش تبدیلی زیرکونیوم با روش EDS نشان داد که سطح عمدتاً از Mg، F و O، Al، Zr به ترتیب با درصد وزنی حدود ۴۵/۸۷، ۲۳/۵۰، ۳/۴۳، ۲۰/۴۳ و ۶/۷۶ تشکیل شده است. جهت بررسی چگونگی توزیع عنصری این پوشش تبدیلی، تکنیک نقشه برداری سطح و پروفایل خطی به کار گرفته شد (شکل ۳-۲).



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

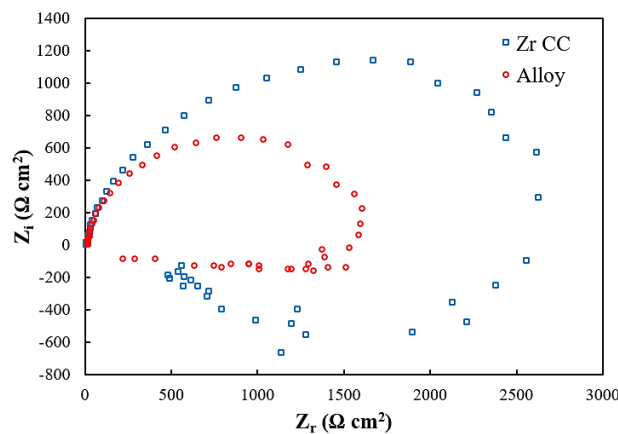


۳-۳- رفتار خوردگی پوشش تبدیلی زیرکونیوم

۳-۳-۱- اندازه گیری امپدانس الکتروشیمیایی

نمودار نایکوئیست نمونه آلیاژی و پوشش تبدیلی زیرکونیوم بعد از یک ساعت غوطه وری در محلول سدیم کلرید

۳/۵ درصد در شکل (۳-۳) آورده شده است.



۳-۳- نمودار نایکوئیست نمونه آلیاژی و پوشش تبدیلی زیرکونیوم در محلول سدیم کلرید ۳/۵ درصد

طبق مطالعات انجام شده [۳ و ۴]، پاسخ امپدانس آلیاژ منیزیم دارای دو نیم دایره خازنی، یکی در فرکانس بالا و دیگری در فرکانس های متوسط و یک حلقه القایی در فرکانس پایین تر می باشد. نیم دایره های خازنی در فرکانس های بالا و

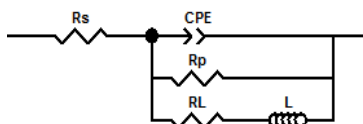
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

متوسط به ترتیب مربوط به فرآیند انتقال بار در حد فاصل فلز / الکترولیت و فیلم اکسیدی / هیدروکسیدی با اثر حفاظتی جزئی در سطح آلیاژ می باشد. اما به دلیل همپوشانی نیم دایره های خازنی، ثابت زمانی در فرکانس های بالا و متوسط قابل شناسایی نیست [۵]. حلقه ی القایی موجود در فرکانس های پایین به فرآیند آسایش (از بین رفتن آشفستگی و برقراری حالت تعادل) بدست آمده از گونه های جذبی مانند  $H^+$  بر روی سطح الکتروود و یا تشکیل حفره نسبت داده می شود. در این مطالعه، نمودار نایکوئیست آلیاژ منیزیم و همچنین پوشش تبدیلی به دلیل همپوشانی نیم دایره های خازنی، در فرکانس های بالا و متوسط فقط یک نیم دایره خازنی و در فرکانس های پایین هم یک نیم دایره القایی نشان می دهد. نیم دایره خازنی به مقاومت پلاریزاسیون (مجموع مقاومت انتقال بار و مقاومت لایه اکسیدی / هیدروکسیدی) نسبت داده می شود و حلقه القایی هم چنان که گفته شد مربوط به فرآیند آسایش گونه های جذب شده بر روی سطح الکتروود یا تشکیل حفره است. داده های تجربی نمونه ی آلیاژی و پوشش تبدیلی با استفاده از مدار معادل مناسب نمایش داده شده در شکل (۳-۳) استخراج شد. این مدار شامل مقاومت محلول ( $R_s$ )، مقاومت پلاریزاسیون ( $R_p$ ) و المان فاز ثابت (CPE) به دلیل رفتار غیر ایده آل ظرفیت های خازنی الکتروشیمیایی می باشد. همچنین،  $L$  و  $R_L$  به ترتیب القاگر و مقاومت القایی هستند که برای محاسبه ی رفتار القایی در فرکانس پایین قرار داده شده اند.



شکل ۳-۴- مدار معادل مربوط به نمونه آلیاژی و پوشش تبدیلی

امپدانس با

نمودارهای

نرم افزار Zview2 برازش شد و نتایج حاصل در جدول (۳-۱) آورده شده است. نتایج نشان می دهد که مقاومت در برابر خوردگی نمونه آلیاژی پس از اعمال پوشش تبدیلی تا حدی افزایش یافته است.

جدول (۳-۱) پارامترهای حاصل از اندازه گیری امپدانس برای نمونه آلیاژی و پوشش تبدیلی

Sample	CPE ( $\mu S^n \cdot \Omega^{-1} \cdot cm^{-2}$ ) 2)	n	$R_p$ ( $k\Omega \cdot cm^2$ )	L ( $kH \cdot cm^2$ )	$R_L$ ( $k\Omega \cdot cm^2$ )
Bare	10.280	0.928	1.625	1.145	1.556
Zr CC	12.772	0.819	2.770	0.350	1.700



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

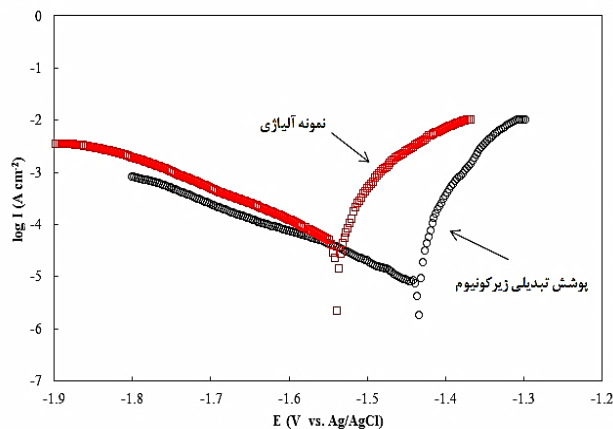
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۲-۳-۳- تست پلاریزاسیون

نمودار پلاریزاسیون نمونه ی آلیاژی و پوشش تبدیلی در محلول سدیم کلرید ۳/۵ درصد در شکل (۳-۵) نشان داده شده است. مهم ترین واکنش کاتدی در نمودار پلاریزاسیون نمونه ی آلیاژی و پوشش تبدیلی، آزادسازی گاز هیدروژن به دلیل احیای آب است که این واکنش تحت کنترل فعال سازی است. هم چنین مهم ترین واکنش آندی انحلال منیزیم آلیاژی است که این واکنش هم تحت کنترل فعال سازی است. مقایسه ی نمودارهای پلاریزاسیون نشان می دهد که پتانسیل خوردگی نمونه آلیاژی پس از اعمال پوشش تبدیلی حدود ۱۰۰ میلی ولت مثبت تر و جریان های آندی و کاتدی نسبتاً کم تر شده اند. این نتایج نشان می دهد که پوشش تبدیلی اعمال شده حفاظت نسبی از خوردگی ایجاد کرده است.



شکل ۳-۵- نمودار پلاریزاسیون نمونه ی آلیاژی و پوشش تبدیلی در محلول سدیم کلرید

پارامترهای مربوط به پلاریزاسیون (جدول ۳-۲) شامل پتانسیل خوردگی ( $E_{corr}$ )، دانسیته ی جریان خوردگی ( $J_{corr}$ ) و شیب تافل کاتدی ( $b_c$ ) از طریق برون یابی تافل کاتدی بدست آورده شده است. همان طور که مشاهده می شود، میزان دانسیته ی جریان خوردگی از ۴۸/۱۰ آمپر بر سانتی متر مربع برای نمونه آلیاژی به ۷/۱۵ آمپر بر سانتی متر مربع برای پوشش تبدیلی کاهش یافته است که حاکی از حفاظت بسیار خوب این پوشش در برابر خوردگی است.

جدول ۳-۲- پارامترهای پلاریزاسیون نمونه ی آلیاژی و پوشش تبدیلی در محلول سدیم کلرید ۳/۵ درصد

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



Sample

$E_{corr}$   
(V vs. Sat. Ag/AgCl)

$-b_c$   
(mV/dec)

$J_{corr}$   
( $\mu A. cm^{-2}$ )

Bare  
Zirconium conversion  
coating

-۱/۵۳

۱۴۳

۴۸/۱۰

-۱/۴۳

۱۴۳

۷/۱۵

### ۴- نتیجه گیری کلی

پوشش تبدیلی زیرکونیوم به عنوان جایگزین مناسب پوشش تبدیلی کرومات مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که پوشش اعمال شده حفاظت خوردگی مناسبی از منیزیم در برابر عوامل خورنده داشته است.

منابع

- [1] Gray, J. E., Luan, B., 2002. Journals of Alloys and Compounds, 336, 88-113.
- [2] Liu, Z., Jin, G., Song, J., Cui, X., Cai, Z. 2017. Journal of Materials Engineering and Performance, 26, 1776-1783.
- [3] Liu, W., Cao, F., Chang, L., Zhang, Z., Zhang, J. 2009. Corrosion Science, 51, 1334-1343.
- [4] Liu, W., Cao, F., Chen, A., Chang, L., Zhang, J., Cao, C. 2010. Corrosion Science, 52, 627-638.
- [5] Arrabal, R., Pardo, A., Merino, M. C., Mohedano, M., Casajus, P., Paucar, K., et al. 2012. Corrosion Science, 55, 301-312.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## کمپلکس bis(NHC)-Pd(II) جدید تثبیت شده بر روی SBA-15 مغناطیسی برای کربونیل دار کردن آریل هالیدها با استفاده از فرمیک اسید

سمیه فکری\*<sup>۱</sup>، یعقوب منصوری<sup>۲</sup>

۱- گروه شیمی کاربردی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۱۱۳۶۷-۵۶۱۹۹، تلفن:

E-mail: somayeh.fekri99@gmail.com +۹۸۴۵۳۱۵۰۵۲۰۵

۲- گروه پژوهشی علوم و فناوری نانو، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۱۱۳۶۷-۵۶۱۹۹

### چکیده

سطح SBA-15 مغناطیسی با ۳-آمینو پروپیل تری اتوکسی سیلان (APTES)، سیانوریک کلرید (CC)، ایمیدازول و ۲- برم پیریدین اصلاح و سپس با کمپلکس ترانس  $[Pd(Cl)_2(SMe_2)_2]$  تهیه شده واکنش داده شد و کاتالیزور تثبیت شده  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA-AP-CC-bis(NHC)-Pd(II)$  به دست آمد. ساختار کاتالیزور به دست آمده با استفاده از طیفسنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR)، طیف  $^{13}CNMR$  حالت جامد ( $^{13}C$  NMR CP/MAS)، طیفسنجی پراش اشعه ایکس (XRD)، مغناطیس سنجی نمونه ارتعاشی (VSM)، آنالیز حرارتی وزنی (TGA)، طیفسنجی پراش انرژی پرتو ایکس (EDAX)، آنالیز جذب و واجذب گاز نیتروژن (BET) و طیفسنجی فوتوالکترون پرتو ایکس (XPS) بررسی شد. کاتالیزور هتروژن تهیه شده در واکنش کربونیل دار کردن آریل هالیدها استفاده شد. کلمات کلیدی: SBA-15 مغناطیسی، کاتالیزور هتروژن، کربونیل دار کردن.





# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

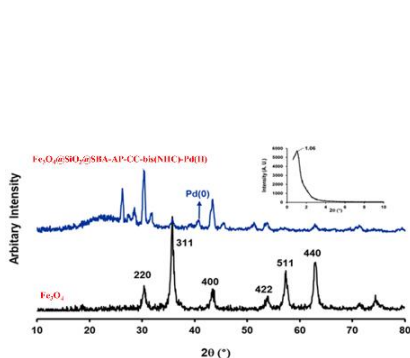
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



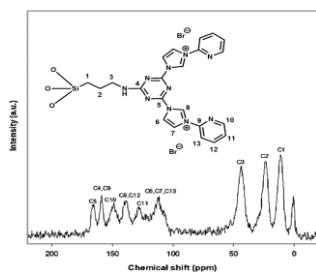
### شکل ۱. مسیر سنتز $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-SBA-AP-CC-bis(NHC)-Pd(II)}$

#### ۲۶- بررسی و تجزیه تحلیل داده ها (یافته ها)

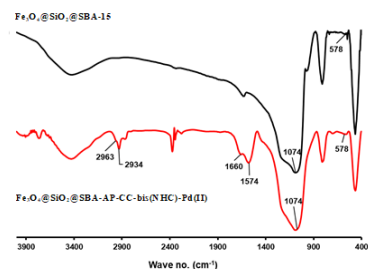
در شکل ۲ طیف های FT-IR مربوط به SBA-15 مغناطیسی و کاتالیزور Pd(II) تثبیت شده نشان داده شده است. پیک قوی مشخصه پیوند سیلوکسان (Si-O-Si) در  $1070\text{ cm}^{-1}$  در هر دو طیف مشاهده می شود. در طیف مربوط به SBA-15 مغناطیسی نوار جذبی در  $578\text{ cm}^{-1}$  جاگیری نانو ذرات مگنتیت را بین کانال های SBA-15 تایید می کند. در طیف کاتالیزور Pd(II) تهیه شده، فرکانس های کششی C=N مربوط به حلقه های ایمیدازول و پیریدین به ترتیب در  $1660\text{ cm}^{-1}$  و  $1574\text{ cm}^{-1}$  ظاهر شده است. محتوای پالادیوم کاتالیزور سنتز شده توسط آنالیز جذب اتمی ۰/۲۶۶ میلی مول بر گرم (۲/۸۳۰ درصد وزنی) به دست آمد. طیف سنجی NMR حالت جامد برای توصیف ساختار سطح اتمی در مواد جامد مانند پودرها، تک بلورها و نمونه ها و بافت های آمورف است. طیف حالت جامد (CP/MAS  $^{13}\text{C}$  NMR) لیگاند تثبیت شده،  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2@\text{SBA-AP-CC-bis(PI)}$  در شکل ۳ آورده شده است. سه پیک تیز در ۱۱ (C1)، ۲۳ (C2) و ۴۳ (C3) ppm مربوط به زنجیره پروپیل به ترتیب  $\text{Si-CH}_2$ ،  $-\text{CH}_2$  و  $\text{N-CH}_2$  را نشان می دهد. سیگنال های محدوده  $170\text{ ppm}$  -  $110\text{ ppm}$  به کربن های  $\text{sp}^2$  حلقه های هتروآروماتیک تری آزین، ایمیدازول و پیریدین نسبت داده شد.



شکل ۴. الگوهای Wide angle XRD



شکل ۳. طیف CP/MAS  $^{13}\text{C}$  NMR



شکل ۲. طیف FT-IR (KBr)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

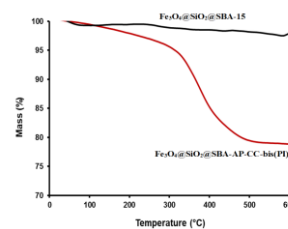
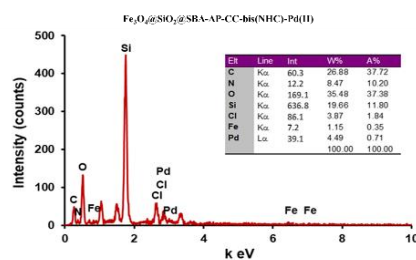
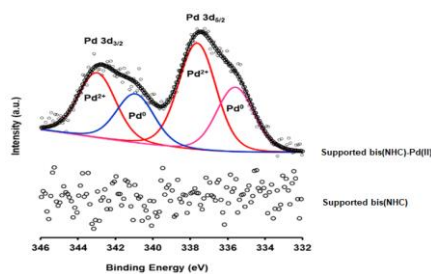
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



پراش پرتو ایکس (XRD) یکی از متداول ترین تکنیک ها برای شناسایی مواد بلوری است و از طریق آن می توان اطلاعات مفیدی در باره ی ساختار بلوری، جنس ماده و اندازه ی نانو ذرات به دست آورد. طیف های XRD مربوط به  $Fe_3O_4$  و کاتالیزور Pd(II) تثبیت شده در شکل ۴ نشان داده شده اند. الگوی پراش پرتو ایکس  $Fe_3O_4$  شش قله مشخص مربوط به ساختار کریستالی مکعبی با گروه فضایی Fd-3m و نیز فاز مگنتیت را تایید می کند. این پیک ها با شدت کمتر در الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به  $Fe_3O_4@SiO_2@SBA-AP-CC-bis(NHC)-Pd(II)$  هم ظاهر شدند که نشان دهنده حفظ ساختار مگنتیت در کاتالیزورهای نهایی است.

آنالیز گرما وزن سنجی یک تکنیک تجزیه ای برای تعیین پایداری حرارتی مواد، به وسیله ی ثبت کردن تغییرات وزنی حاصل از حرارت دهی نمونه است. در منحنی گرما وزن سنجی کاهش وزن نمونه در مقابل دما ترسیم می شود. شکل ۵ نمودارهای TGA را برای SBA-15 مغناطیسی و لیگاند تثبیت شده نشان می دهد. این آنالیز برای تعیین مقدار لیگاند پیوند شده استفاده شد. SBA-15 مغناطیسی کاهش جرمی حدود ۲/۴۲٪ از دمای اتاق تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد را نشان می دهد. تحت همین شرایط  $Fe_3O_4@SiO_2@SBA-AP-CC-bis(PI)$  کاهش جرمی در حدود ۲۱/۱۴٪ را نشان می دهد. بنابراین، مقدار لیگاند پیوند شده (۱۸/۷۲٪ یا ۱۸۷/۲ mg g<sup>-1</sup>) تخمین زد.

طیف سنجی پرتو ایکس پراکنده انرژی (EDAX)، روشی برای آنالیز عنصری یا خصوصیات شیمیایی یک نمونه متکی بر تعامل برخی از منابع تحریک کننده پایه بر هم کنش اشعه ایکس و نمونه است. در شکل ۶ طیف EDAX کاتالیزور Pd(II) تثبیت شده نشان داده شده است. پیک های مربوط به عناصر موجود در ساختار کاتالیزور سنتز شده یعنی کربن، نیتروژن، اکسیژن، آهن، سیلیسیم و پالادیوم در طیف دیده می شود.





# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

### EDAX کاتالیزور Pd(II) تثبیت شده

شکل ۷. طیف های XPS ناحیه ی

Pd3d

شکل ۶. طیف

شکل ۵. منحنی های

TGA

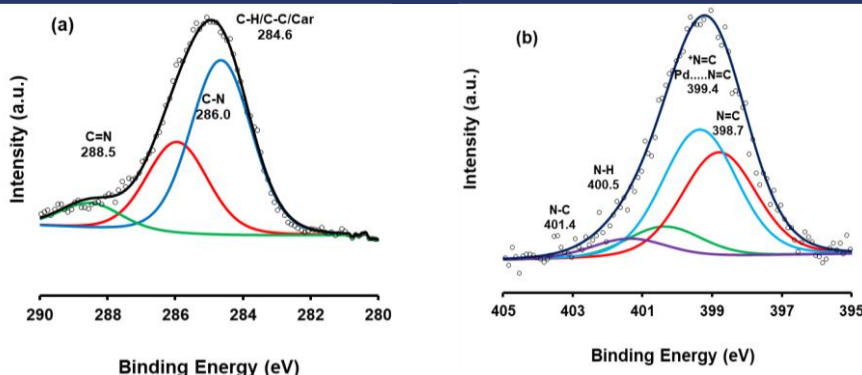
طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس (XPS) نوعی طیف سنجی کمی است که در آن با تاباندن پرتو ایکس و اندازه گیری همزمان تعداد الکترون های آزاد شده از سطح نمونه، و انرژی جنبشی این الکترون ها، طیف هایی بدست می آید. در این روش نوع عناصر و ترکیب شیمیایی عناصر موجود در سطح نمونه قابل استخراج است. با استفاده از این روش می توان نوع و ترکیب عناصر سطح (به جز هیدروژن و هلیوم)، حالت اکسایش عناصر، برهم کنش عنصر با همدیگر و... شناسایی کرد. طیف های XPS ناحیه Pd3d لیگاند بدون پالادیوم و کاتالیزور Pd(II) تثبیت شده در شکل ۷ نشان داده شده است. با توجه به طیف وجود دو عدد اکسایش صفر و دو برای پالادیوم تایید شد. همچنین عدم وجود پالادیوم به وضوح در طیف XPS ناحیه پالادیوم لیگاند تثبیت شده دیده می شود. برای  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2@\text{SBA-AP-CC-}$  bis(NHC)-Pd(II) دو پیک نامتقارن مرتبط با انتقال الکترونی  $\text{Pd}3d_{5/2}$  و  $\text{Pd}3d_{3/2}$  دیده می شود. پیک اصلی شامل دو جزء عمده و جزئی به ترتیب در  $337/8$  و  $335/6$  الکترون ولت است، که به ترتیب به گونه های Pd(II) و Pd(0) نسبت داده شدند. طیف XPS ناحیه C1s مربوط به  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2@\text{SBA-AP-CC-bis(PIP)}$  (شکل ۸ a)، شامل سه پیک در  $288/5$ ،  $286/0$ ، و  $248/6$  الکترون ولت است که به ترتیب مربوط به C-H/C-C/Car، C-N، و C=N است. پس از کمپلکس شدن پالادیوم (شکل ۸ b)، پیک مرتبط با گروه های C=N اندکی به انرژی پیوند بالاتر ( $289/0$  eV) منتقل شده است، که نشان دهنده کئوردینه شدن پالادیوم با گروه های ایمین پروتونه شده ( $-\text{C}=\text{N}^+$ ) است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۸. طیف XPS ناحیه C1s برای: (a) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@SBA-AP-CC-bis(NHC) و (b) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@SBA-AP-CC-bis(NHC)-Pd(II)

طیف های XPS ناحیه N1s لیگاند تثبیت شده بدون پالادیوم، Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@SBA-AP-CC-bis(NHC) و کاتالیزور Pd(II) تثبیت شده، Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@SBA-AP-CC-bis(NHC)-Pd(II) در شکل ۹ نشان داده شده اند. ناحیه N1s مربوط به Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@SBA-AP-CC-bis(PIP) یک پیک در مرکز ۳۹۹/۰ الکترون ولت را نشان می دهد که شامل چهار جزء است (شکل ۹ a). این اجزا به ترتیب مربوط به N=C (۳۹۸/۶ eV)، N=C (۳۹۹/۴ eV)، N-H (۴۰۰/۵ eV) و N-C (۴۰۱/۴ eV) است. طیف ناحیه N1s مربوط به Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@SBA-AP-CC-bis(NHC)-Pd(II) را نشان می دهد (شکل ۹ b). در این طیف چهار جزء که به ترتیب در ۳۹۸/۷ (N=C)، ۳۹۹/۴ (Pd-N=C + N=C)، ۴۰۰/۵ (N-H)، و ۴۰۱/۴ (N-C) الکترون ولت ظاهر شده اند دیده می شوند. در این مورد، افزایش شدت پیک ظاهر شده در ۳۹۹/۴ الکترون ولت را می توان به کمپلکس شدن برخی از نیتروژن های ایمن (N=C) با پالادیوم نسبت داد.

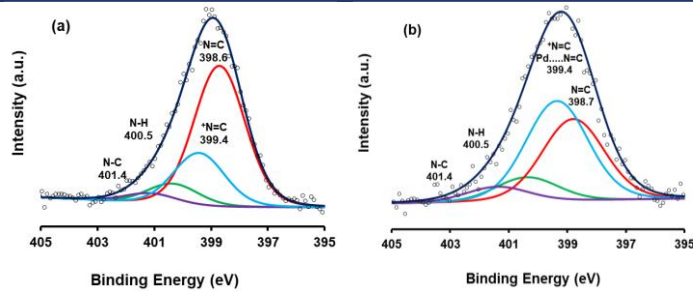
به منظور بررسی خاصیت مغناطیسی مواد به عنوان تابعی از میدان مغناطیسی از سیستم مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی استفاده می شود. در این تکنیک، نمودار میزان مغناطیسی شدن نانو ذرات بر حسب میدان مغناطیسی خارجی ترسیم می شود. در شکل ۱۰ منحنی های VSM را برای SBA-15 مغناطیسی و کاتالیزور Pd(II) تثبیت شده نشان داده شده اند و نتایج VSM در جدول ۱ خلاصه شده است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

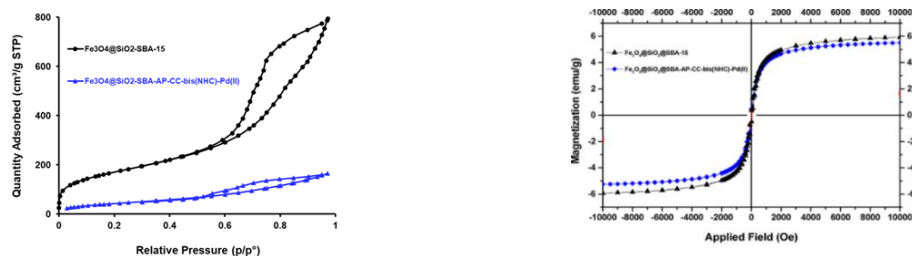
www.LabUMA2022.ir



شکل ۹. طیف XPS ناحیه N1s برای: (a) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@SBA-AP-CC-bis(NHC) و (b) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@SBA-AP-CC-bis(NHC)-Pd(II)

مقادیر کم مغناطیس شدن پسماند،  $M_r/M_s$  و  $H_c$  نشان دهنده خاصیت سوپر پارامغناطیسی کاتالیزور تهیه شده می باشند. مقادیر مغناطیس پذیری اشباع برای Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@SBA-15 و Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@SBA-AP-CC- bis(NHC)-Pd(II) به ترتیب ۶/۰ و ۵/۹ emu g<sup>-1</sup> به دست آمد. خاصیت مغناطیسی قابل قبول کاتالیزور تهیه شده امکان جداسازی کاتالیزور از مخلوط واکنش را فراهم کرد.

برای اندازه گیری حجم حفرات، مساحت و میانگین اندازه حفرات از آنالیز BET استفاده می شود. آنالیز BET مربوط به SBA-15 مغناطیسی و کاتالیزور Pd(II) تثبیت شده در شکل ۱۱ نشان داده شده است و نتایج نهایی در جدول ۲ خلاصه شده است. هر دو SBA-15 مغناطیسی و Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@SBA-AP-CC-bis(NHC)-Pd(II) ایزوترم های نوع IV را با حلقه های پسماند H<sub>2</sub> نشان می دهد که به مواد مزوحفره با کانال های استوانه ای نسبت داده می شود.



شکل ۱۱. ایزوترم جذب-واجذب N<sub>2</sub>

شکل ۱۰. منحنی های VSM



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



جدول ۲. خواص فیزیکی مواد تهیه شده<sup>a</sup>

Sample	S BET (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	Pore volume (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )	D <sub>por</sub> (nm)
1 Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @SiO <sub>2</sub> @SBA	620	1.23	7.91
2 Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @SiO <sub>2</sub> @SBA-AP-CC-bis(NHC)-Pd(II)	164 (164)	0.26 (0.26)	6.26 (6.23)

<sup>a</sup>The values in the parenthesis refer to the measured parameters in the recovered catalysts.

جدول ۱. خواص مغناطیسی مواد تهیه شده

Sample	<sup>a</sup> M <sub>s</sub> (emu g <sup>-1</sup> )	<sup>b</sup> M <sub>r</sub> (emu g <sup>-1</sup> )	<sup>c</sup> H <sub>c</sub> (Oe)	<sup>d</sup> M <sub>r</sub> /M <sub>s</sub>
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @SiO <sub>2</sub> @SBA	6.0	0.39	33.4	0.07
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @SiO <sub>2</sub> @SBA-AP-CC-bis(NHC)-Pd(II)	5.9	0.36	49.3	0.06

<sup>a</sup> Saturation magnetization. <sup>b</sup> Remanent magnetization. <sup>c</sup> Coercive force. <sup>d</sup> Remanence ratio.

مساحت، متوسط حجم و میانگین قطر حفرات Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@SBA-15 به ترتیب ۶۲۰ m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>، ۱/۲۳ cm<sup>3</sup>g<sup>-1</sup> و ۷/۹۱ نانومتر است. این پارامترها به ترتیب در Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@SBA-AP-CC-bis(NHC)-Pd(II) به ۱۶۴ m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>، ۰/۴۲ cm<sup>3</sup>g<sup>-1</sup> و ۶/۲۶ نانومتر تغییر یافته است. این مشاهدات بر هم کنش های سطح SBA-15 مغناطیسی را با لیگاند و کمپلکس Pd(II) تایید می کند.

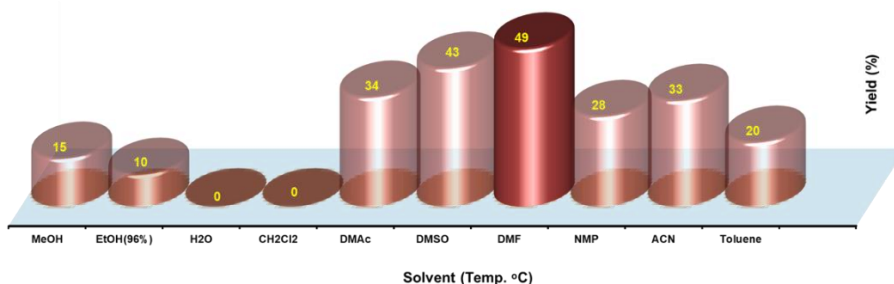
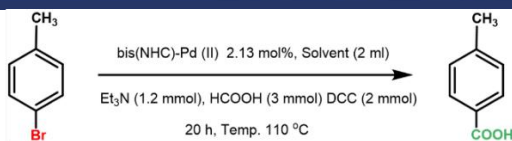
کربونیل دار کردن ۴-برمو تولوئن و تولید محصول ۴-متیل بنزوئیک اسید با استفاده از فرمیک اسید (HCOOH) و دی سیکلو هگزیل کربو دی ایمید (DCC) به عنوان منبع CO، به عنوان واکنش مدل انتخاب و بهینه سازی نوع حلال انجام شد (شکل ۱۲). با توجه به بازده های به دست آمده حلال DMF (بازده ۴۹٪) به عنوان حلال بهینه واکنش انتخاب شد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱۲. بهینه سازی حلال واکنش کربونیل دار کردن ۴-برمو تولوئن

### ۲۷- نتیجه گیری

کاتالیزور  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2@\text{SBA-AP-CC-bis(NHC)-Pd(II)}$  سنتز و توسط آنالیزهای مختلف بررسی و ساختار آن تایید شد. کاتالیزور تهیه شده پایدار خوب و مغناطیس پذیری قابل قبولی را نشان داد و در پایان واکنش کاتالیزوری به صورت مغناطیسی جداسازی شد. مقدار مساحت به دست آمده از آنالیز BET ساختار مزو حفره موجود در کاتالیزور را نشان داد. کاتالیزور هتروژن تهیه شده در واکنش آمین دار کردن ۴-برمو تولوئن استفاده شد.

### ۲۸- تقدیر و تشکر

از حمایت های مالی ارائه شده توسط شورای تحصیلات تکمیلی دانشگاه محقق اردبیلی تشکر و قدردانی می شود.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



[1] Wu, F.-P., et al., (2017), *The Journal of Organic Chemistry*, 82(18), 9710-9714.

[2] Schoenberg, A., I. Bartoletti, and R.F. Heck, (1974), *The Journal of Organic Chemistry*, 39(23), 3318-3326.

[3] Jiang, J., P. Wang, and M. Cai, (2014), *Journal of Chemical Research*, 38(4), 218-222.

[4] Mohammadsaleh, F., et al., (2021), *RSC Advances*, 11, 20812-20823.

سننز و مشخصه یابی ترکیب نانوپلیت سولفات هیدروکسیدروی

محمد الیاسی<sup>۱</sup>، داود سیفزاده<sup>۲\*</sup>

۱\_ دانشگاه محقق اردبیلی: mohammadelyasi91@gmail.com

چکیده:

در سال های اخیر نانوذرات هیدروکسیدهای دو لایه به دلیل دارا بودن ویژگی های منحصر به فرد، رشد چشم گیری در حوزه پوشش های محافظ خوردگی داشته است. به دلیل اینکه قادر است آنیون ها را به راحتی از طریق مکانیسم تبادل یونی به دام بیندازد. اما در این میان نوع خاصی از LDH ها از جمله ZHS با توجه به اینکه قادر است کاتیون، آنیون و مولکول های آب را به دام بیندازد و عملکرد بهتر و مناسب تری نسبت به هیدروکسیدهای دو لایه ای دارد؛ بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. از این رو در تحقیق حاضر سننز و مشخصه یابی نانوپلیت سولفات هیدروکسید روی به دلیل ویژگی توانایی تبادل یونی مناسب به منظور استفاده در پوشش های محافظ خوردگی در رهایش بازدارنده های خوردگی مورد بررسی قرار گرفته است. در آنالیز مادون قرمز تبدیل فوریه، پیک های موجود در  $1122$  و  $596$   $\text{cm}^{-1}$  به حالت های کششی و خمشی یون های سولفات و پیک های موجود در  $1000$  و  $790$   $\text{cm}^{-1}$  به  $\text{Zn-OH}$  نسبت داده شد که تشکیل ساختار نانوپلیت سولفات هیدروکسید روی را اثبات کرد. همچنین ساختار و مورفولوژی نانو ساختار با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد بررسی و تایید قرار گرفت.

کلمات کلیدی: هیدروکسید لایه ای \_ نانوپلیت \_ ZHS

۱ \_ مقدمه:

هیدروکسیدهای دولایه (LDHs) در اواسط قرن نوزدهم کشف شدند. اولین ماده کشف شده هیدروتالسیت بود



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

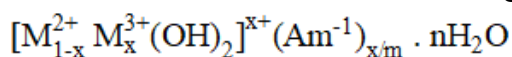
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

به همین دلیل<sup>1</sup> LDH های طبیعی با این نام شناخته شدند [1]. هیدرو تالاسیت در سال ۱۸۴۲ در سوئد کشف شد، علاقه به شیمی LDH در سال ۱۹۴۲ به دنبال انتشار مجموعه ای از مقالات توسط فیکنچ در مورد آنچه که او ساختارهای دو ورق نامید، افزایش یافت. ساختار این ترکیبات اینگونه توضیح داده شد که هر یک از لایه ها به صورت جداگانه از هیدروکسید یک نوع فلز تشکیل شده است. این نوع ساختار توسط آلمن و تیلور پس از این که پراش پرتو ایکس تک کریستالی را انجام دادند و دریافتند هر دو کاتیون در واقع در یک لایه هستند، رد شد.

زمانی که واحدهای دو بعدی به وسیله نیروهای ضعیف در کنار هم نگه داشته می شوند، ساختمان بلوری هیدروکسیدهای دولایه ای مثل هیدروکسید فلزهای قلیایی خاکی، فلزهای واسطه و گرافیت تشکیل می شود. این ساختارها قابلیت تبادل آنیون را دارند و دارای فرمول عمومی زیر می باشند:



در این رابطه،  $M^{2+}$  نشان دهنده کاتیون فلزهای دارای ظرفیت ۲ و  $M^{3+}$  نشان دهنده کاتیون فلزهایی با ظرفیت ۳ می باشد همچنین  $Am^{-}$  ترکیب آنیون بین لایه ای و  $m$  بار آن می باشد و مولکول های آب بین لایه های هیدروکسید قرار می گیرند.

همچنین  $X = M^{3+} / (M^{3+} + M^{2+})$  که ظرفیت  $X$  در محدوده  $0.1 \leq X \leq 0.5$  گزارش شده است. اما برای فازهای خالص فقط محدوده  $0.2 \leq X \leq 0.33$  وجود دارد.

هیدروکسیدهای دولایه ای از لایه های کاتدی فلزی ( $M^{3+}$  و  $M^{2+}$ ) با شعاع یونی مشابه تشکیل شده است، که توسط شش آنیون هیدروکسید به فرم  $M^{3+}/M^{2+}(OH)_6$  هشت ضلعی تشکیل داده اند. شکل ۱ ساختار هیدروکسید دولایه را با جزئیات نشان می دهد [2].

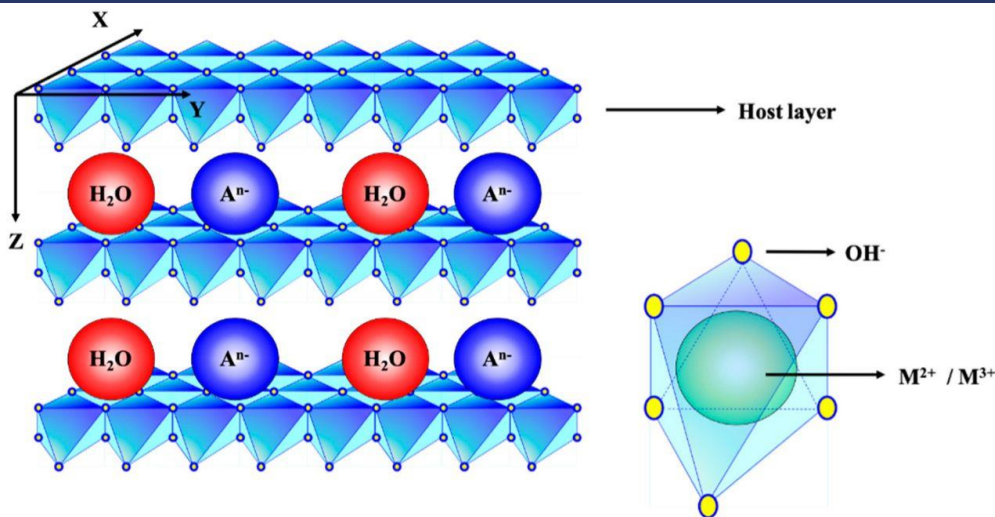
<sup>1</sup> Layered double hydroxides

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱. ساختار هیدروکسیدهای دو لایه

### ۲ - کاربردهای هیدروکسیدهای دولایه ای:

امروزه سنتز نانوصفحات LDH به علت کاربردهای وسیع، مانند کاتالیز، کامپوزیت های پلیمری، مواد الکترونیکی، مواد مغناطیسی و مواد نانوساختار از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است. در سال های اخیر، هیدروکسیدهای دولایه ای به دلیل سنتز آسان و سازگار با محیط زیست، هزینه کم، غیرسمی بودن، قابلیت تنظیم ساختاری و ترکیبی، پایداری شیمیایی و حرارتی بالا، زیست سازگاری بالا و کاربردهای گسترده مورد توجه بسیاری از دانشگاه ها و صنایع قرار گرفته اند. با بهره برداری از سه ویژگی برجسته هیدروکسیدهای دو لایه ای یعنی انعطاف پذیری ترکیبی در کاتیون ها و آنیون ها، توانایی تبادل آنیونی عالی، آسان است که هیدروکسیدهای دولایه ای را به مواد ترکیبی کاربردی و نانو کامپوزیت هایی برای کاربردهای میدانی وسیع تبدیل شود. LDH ها را می توان با روش های ساده سنتز کرد که امکان کنترل ساختار، ترکیب و شکل را با تغییر مناسب شرایط فراهم می کند [3].

### ۳ - انواع روش های سنتز LDH ها

LDH ها را می توان به عنوان دسته ای از مواد در نظر گرفت که سنتز آن ها در آزمایشگاه ساده است، اگرچه همه به عنوان فازهای خالص نی هستند. به طور کلی، چندین روش برای تهیه LDH وجود دارد. در مورد تهیه LDH ها ساده ترین و پرکاربردترین روش رسوب همزمان است. در این روش از محلول های آبی  $M^{2+}$  و  $M^{3+}$  حاوی آنیونی که قرار است در LDH ها ادغام شود به عنوان پیش ساز استفاده می شود که Mg و Al پرمصرف ترین پیش سازهای فلزی هستند. برای اطمینان از رسوب همزمان دو یا چند کاتیون، لازم است سنتز در شرایط فوق اشباع انجام شود. به طور

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



کلی دو نوع شرایط هم رسوبی وجود دارد، یعنی هم رسوبی در فوق اشباع کم و هم رسوبی در فوق اشباع بالا. رسوب همزمان در حالت فوق اشباع کم با افزودن آه سته محلول های مخلوط نمک های فلزات دو ظرفیتی و سه ظرفیتی به نسبت انتخاب شده در یک راکتور حاوی محلول آبی از آنیون بین لایه ای مورد نظر انجام می شود. سپس محلول دوم با pH قلیایی به طور همزمان با سرعتی به راکتور اضافه می شود که pH مورد نظر را برای رسوب همزمان دو نمک فلزی حفظ کند. برخلاف روش قبلی، رسوب همزمان در حالت فوق اشباع بالا مستلزم افزودن محلول نمک مخلوط به محلول قلیایی حاوی آنیون بین لایه ای مورد نظر است. رسوب همزمان در حالت فوق اشباع بالا عموماً به دلیل تشکیل تعداد زیادی از ه سته های تبلور، باعث ایجاد مواد کریه ستالی کمتری در مقایسه با مواد با فوق اشباع کم می شود. پس از رسوب در حالت فوق اشباع کم و زیاد، یک فرآیند عملیات حرارتی برای افزایش بازده و کریه ستالی بودن مواد انجام می شود. به دنبال آن یک فرآیند پیری برای مدتی از چند ساعت تا چند روز انجام می شود. به منظور اطمینان از خلوص LDH های سنتز شده، استفاده از آب فوق خالص بدون کربنات و استفاده از همزدن شدید همراه با پاکسازی نیتروژن در فرآیند سنتز ضروری است. یک روش سنتز LDH ها که شامل مراحل جداگانه هسته زایی و پیری است توسط ژائو و همکاران ارائه شده است. از ویژگی های کلیدی این روش می توان به فرآیند اختلاط و ه سته زایی بسیار سریع در آسیاب کلوئیدی و به دنبال آن فرآیند پیری جداگانه اشاره کرد. در مقایسه با فرآیند هم رسوبی مرسوم، این روش به دلیل نیروهای شدیدی که مخلوط هسته به آن وارد می کند، منجر به یک درجه بلورینگی بالاتر از مواد LDH می شود که کریستال های کوچکتر با نسبت ابعاد بالاتر و توزیع باریک تر از اندازه بلورها در آسیاب کلوئیدی قرار می گیرند [4].

تعدادی از مطالعات، سنتز LDH ها را با استفاده از روش هیدرولیز اوره گزارش کرده اند. اوره دارای چند ویژگی منحصر به فرد از جمله ویژگی حلالیت بالا در آب و سرعت هیدرولیز آن است که می توان آن را به راحتی کنترل کرد، که آن را به عاملی جذاب برای رسوب چندین یون فلزی به عنوان هیدروکسید یا نمک نامحلول در زمان حضور یک آنیون مناسب تبدیل می کند. شرایط بهینه برای تهیه LDH ها با کیفیت کریستالی خوب در زمان نسبتاً کوتاه با استفاده از این روش، شامل حل کردن اوره جامد در محلول ۰/۵ مولار کلریدهای فلزی انتخاب شده است.

LDH ها را می توان با روش تبادل یونی نیز تهیه کرد. این روش زمانی مفید است که روش رسوب همزمان غیر قابل اعمال باشد، به عنوان مثال زمانی که کاتیون های فلزی دو ظرفیتی یا سه ظرفیتی یا آنیون های درگیر در محلول قلیایی، ناپایدار هستند یا زمانی که واکنش مستقیم بین یون های فلزی و آنیون های مهمان مطلوب تر است. در این روش، مهمانان با آنیون های موجود در نواحی بین لایه ای LDH ها مبادله می شوند تا LDH های ستون دار آنیونی خاص تولید شوند. روش متداول دیگر برای تولید LDH ها، آبرسانی مجدد یا بازسازی با استفاده از "اثر حافظه" ساختاری است. این روش شامل کلسینه کردن LDH ها برای حذف آب بین لایه ای، آنیون های بین لایه ای و گروه های هیدروکسیل است که در نتیجه، اکسیدهای فلزی مخلوط می شوند. جالب است بدانید که LDH های کلسینه شده زمانی که در معرض آب و آنیون قرار می گیرد، قادر به بازسازی ساختار لایه ای هستند. بعلاوه، آنیون های موجود نباید همان گونه باشند که در



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

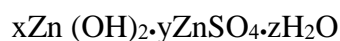
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

اصل در لایه میانی LDH های کلسینه نشده وجود دارد و از این رو این روش مهمی برای سنتز LDH ها با آنیون های معدنی یا آلی مورد نظر برای برآوردن نیازهای کاربردی خاص است [4].

روش هیدروترمال معمولاً زمانی استفاده می شود که گونه های میهمان ارگانیک با میل ترکیبی کم برای LDH ها لازم است در لایه های میانی قرار داده شوند و زمانی که روش های تبادل یونی و رسوب همزمان قابل اجرا نیستند، این روش، نشان داده شده که موثر است زیرا تنها آنیون های آلی مورد نظر می توانند فضای بین لایه ای را تحت شرایط گرمایی اشغال کنند؛ زیرا هیدروکسیدهای نامحلول منیزیم و آلومینیوم به عنوان پیش سازها استفاده می شوند و سایر آنیون ها وجود ندارند. در سنتز LDH ها در مقیاس نانو، یک روش آتروژل که LDH ها را با فعالیت های شیمیایی افزایش یافته تولید می کند، منتشر شده است. از ویژگی های کلیدی این روش می توان به همگن سازی پیش سازهای آلی فلزی در مخلوط متانول-تولون، هیدرولیز کنترل شده، ژل شدن، عملیات هیدروترمال و در نهایت خشک کردن فوق بحرانی حلال اشاره کرد. LDH های به دست آمده سطح بزرگ و اندازه ذرات کوچک را نشان دادند. روش جدیدی که شامل رسوب همزمان سریع و به دنبال آن تیمار هیدروترمال کنترل شده تحت شرایط مختلف است که سوسپانسیون LDH در مقیاس نانو با پایداری بالاتر تولید می کند. علاوه بر روش های ذکر شده، سایر روش های سنتز گزارش شده LDH ها شامل روش میان افشانی ثانویه (روش درون سازی شامل انحلال و روش رسوب مجدد)، روش اکسید نمک، سنتز سطحی، سنتز الگو، و غیره می باشد [4].

#### ۴- ترکیب شیمیایی و ساختار سولفات های هیدروکسید روی:

فرمول کلی ساختار سولفات های هیدروکسید روی به صورت زیر می باشد:



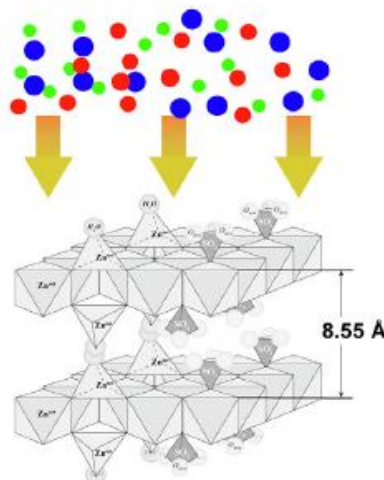
این ساختار از سه بخش هیدروکسید روی، سولفات روی و آب تشکیل شده است [5]. در این واحد مولکولی تعداد مولکول های آب (z) می تواند: ۰، ۰/۵، ۱، ۳، ۴ و ۵ باشد. ZHS نوعی ساختار نانوپلیت هست، که می تواند به راحتی از طریق رسوب حمام شیمیایی همراه با آب کم و گرما تولید شود. ساختار ZHS در شکل ۲ نشان داده شده است [5,6].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲. ساختار ZHS

ZHS شباهت ساختاری زیادی به LDH دارد اما این تفاوت های ZHS با LDH است که آن را منحصر به فرد می کند. LDH فقط قادر است آنیون ها را از طریق مکانیسم تبادل یونی به دام بیندازد. در حالی که ذرات ZHS قادر است هم کاتیون، هم آنیون و هم مولکول های آب را از طریق مکانیسم های اتصال شیمیایی و انتقال فاز به دام بیندازد. ZHS تمایل دارد در مواجهه با محلول خورنده NaCl از طریق به دام انداختن یون های کلر، یون های سدیم و مولکول های آب به فرم  $(\text{NaZn}_4(\text{OH})_6(\text{SO}_4)\text{Cl}\cdot 6\text{H}_2\text{O})$  تبدیل شود. خاصیت به دام انداختن یون های کلرید در ZHS ناشی از تشکیل پیوند شیمیایی پایدار بین یون های کلرید و چارچوب کریستال می باشد.

### ۵\_ سنتز نانوپلیت های ZHS

نانو صفحات ZHS از طریق روش رسوب حمام شیمیایی تهیه شد. برای این منظور، دو محلول جداگانه با حجم کلی ۲۰۰ میلی لیتر و غلظت مولی ۰/۲ مول در لیتر با حل کردن سولفات روی ۷ آبه  $(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$  و هگزا متیلن تترامین (HMT) در آب دیونیزه شده تهیه شد. سپس محلول های تهیه شده را با یکدیگر مخلوط و محلول بدست آمده با اتانول (۴۰۰ میلی لیتر) مخلوط شد. چندین قطره از محلول رقیق شده اسید سولفوریک  $(\text{H}_2\text{SO}_4)$  به مخلوط اضافه شد تا pH آن در محدوده ۵ تا ۶ تنظیم شود. محلول بدست آمده با سلفون پوشانده شده و سپس در ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت گرم می شود. پس از این مرحله، رسوب سفید جمع آوری شد، و سه بار متوالی با آب دیونیزه و اتانول شسته شد. و سرانجام در دمای اتاق خشک شد. شناسایی نانو ذرات ZHS سنتز شده با استفاده از آنالیز FESEM و FTIR انجام شد.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

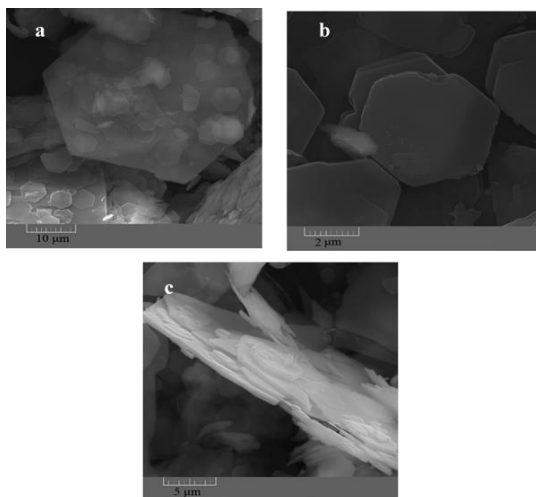
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



#### ۶- تصاویر FESEM نانوپلیت ZHS

تصاویر مورفولوژی سطح نانوصفحات ZHS سنتز شده در شکل ۳ آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود، نانوصفحات ZHS ساختار صفحه ای شش وجهی منتظم داشته و ابعاد این صفحات از چند میکرومتر تا ده ها میکرومتر متغیر است. شکل (c)، نشان می دهد که ضخامت صفحات ZHS سنتز شده در حدود چند صد نانومتر است و بسیار کمتر از ابعاد صفحات است.



شکل ۳. تصاویر مورفولوژی سطح نانوصفحات ZHS سنتز شده

#### ۷- الگوی FTIR نانوپلیت ZHS:

الگوی FTIR نانوصفحات ZHS سنتز شده در شکل ۴ آورده شده است. پیک پهن قابل مشاهده در  $3200 - \text{cm}^{-1}$  به کشش O-H مولکول های آب درون لایه ای یا جذب فیزیکی شده مربوط می شود. همچنین، پیک های موجود در  $1122$  و  $596 \text{ cm}^{-1}$  به حالت های کششی و خمشی یون های سولفات نسبت داده می شوند. در حالی که پیک های موجود در  $1000$  و  $790 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به Zn-OH هستند. همچنین، پیک مشاهده شده در حدود  $446 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به Zn-O است.

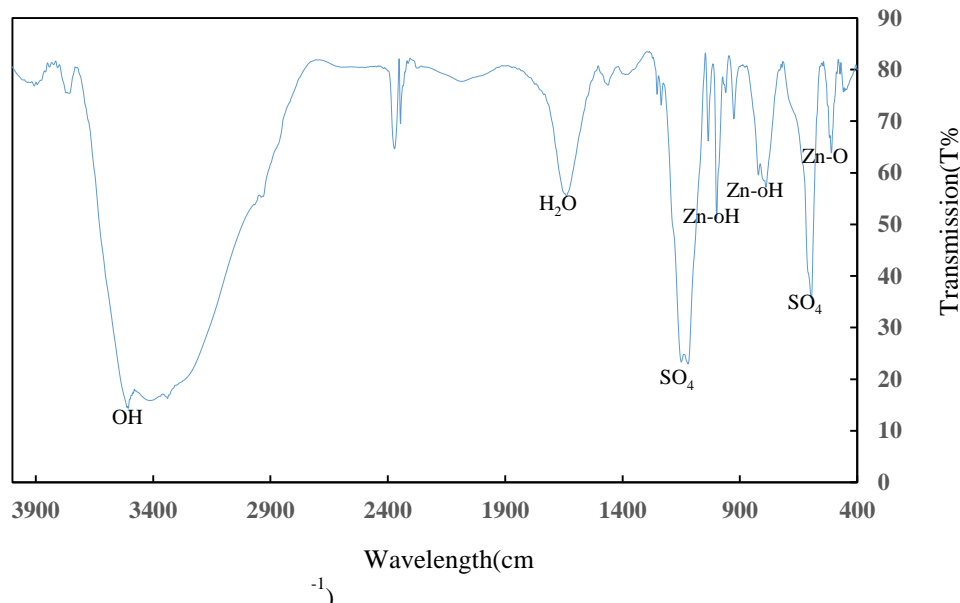


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۴. الگوی FTIR نانوصفحات ZHS سنتز شده

### ۸\_ نتیجه گیری:

در مطالعه حاضر، سنتز و مشخصه یابی نانوذرات سولفات هیدروکسید روی با توجه به ویژگی های منحصر به فرد آن در تبادل یونی و عملکرد مناسب آن در پوشش های محافظ خوردگی بررسی شد. سنتز موفقیت آمیز نانوصفحات ZHS توسط روش FTIR از طریق تشکیل گروه های عاملی مربوطه تایید شد و تصویر مورفولوژی از نانوصفحات ZHS سنتز شده نشان داد که نانوصفحات مورد نظر دارای ساختار صفحه ای شش وجهی منتظم با ابعاد میکرومتری و ضخامت نانومتری می باشد.

### ۹\_ تقدیر و تشکر:

در پایان از زحمات ارزنده دانشگاه محقق اردبیلی در جهت فراهم نمودن زمینه لازم برای انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می گردد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۱۰\_منابع:

- [1] Khan, A.I. and D. O'Hare. 2002. Intercalation chemistry of layered double hydroxides: recent developments and applications. *Journal of Materials Chemistry*. p. 3191-3198.
- [2] Bukhtiyarova, M.V., 2019. A review on effect of synthesis conditions on the formation of layered double hydroxides. *Journal of Solid State Chemistry*. p. 494-506.
- [3] Mishra, G., B. Dash, and S. Pandey. 2018. Layered double hydroxides: A brief review from fundamentals to application as evolving biomaterials. *Applied Clay Science*. p. 172-186.
- [4] Goh, K. H., Lim, T. T., & Dong, Z. (2008). Application of layered double hydroxides for removal of oxyanions: a review. *Water research*, 42(6-7), 1343-1368.
- [5] Narayanan TSN, S., Seshadri, S. K., Park, I. S. Lee, M. H., 2016. Electroless nanocomposite coatings: synthesis, characteristics, and applications. *Handbook of Nanoelectrochemistry: Electrochemical Synthesis Methods, Properties, and Characterization Techniques*. 389- 416.
- [6] L. Wang, W. Wu, W. Sun, Z. Yang, S. Wang, G. Liu, 2018. Partially dehydrated zinc hydroxide sulfate nanoplates reinforced coating for corrosion protection, *Chem. Eng.*

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## کاتالیزور جدید بیس ۲- پیریدیل بنزایمیدازول-مس (I) تثبیت شده بر روی SBA-15 مغناطیسی برای آمین دار کردن آریل هالیدها با سدیم آزید

زلیخاعباسی<sup>۱\*</sup>، یعقوب منصوری<sup>۱</sup>، سمیه فکری<sup>۱</sup>

۱- گروه شیمی کاربردی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۵۶۱۹۹-۱۱۳۶،

تلفن: ۰۵۲۰۵۰۵۲۰۵+۹۸۴۵۳۱۵ E-mail: abbasizole@gmail.com

۲- گروه پژوهشی علوم و فناوری نانو، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۵۶۱۹۹-۱۱۳۶

### چکیده

در کار حاضر، سنتز و شناسایی یک کاتالیزور جدید مس (I) بر پایه لیگاند ۲-پیریدیل بنزایمیدازول تثبیت شده بر روی SBA-15 مغناطیسی انجام شد. سطح SBA-15 مغناطیسی با ۳-امینوپروپیل، تری اتوکسی سیلان، سیانوریک کلرید و ۲-پیریدیل بنزایمیدازول اصلاح شد. سپس سطح عاملدار شده، با مس یدید کمپلکس داده شد تا کاتالیزور نهایی  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA-AP-CC-bis(PyBzIm)-Cu(I)$  به دست آید. کاتالیزور سنتز شده با استفاده از طیف سنجی فرسرخ تبدیل فوریه (FTTR)، طیف سنجی پراش اشعه ایکس (XRD)، مغناطیس سنجی نمونه ارتعاشی (VSM)، آنالیز حرارتی وزنی (TGA)، طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (EDAX) و آنالیز جذب و واجذب گاز نیتروژن (BET) شناسایی و تایید شد. کاتالیزور هتروژن تهیه شده در واکنش آمین دار کردن آریل هالیدها (کلریدها، برمیدها، یدیدها) با سدیم آزید استفاده شد.

کلمات کلیدی: کاتالیزور هتروژن، ۲- پیریدیل بنزایمیدازول، آمین دار کردن



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۱- مقدمه

طیف وسیعی از آمین های آروماتیک نوع اول توسط صنایع شیمیایی تولید و در سنتز محصولات طبیعی، ترکیبات دارویی مواد استفاده می شوند [۱]. برای تهیه این ترکیبات، از واکنش آمین دار کردن آریل هالیدها با نوکلئوفیل های مختلف و کاتالیست شده در حضور کاتالیزورهای بر پایه مس استفاده شده است [۲]. در کار حاضر، سنتز و استفاده از کاتالیزور مغناطیسی در واکنش آمین دار کردن آریل هالیدها با سدیم آزید گزارش شده است.

### ۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

کیو و همکاران، آمین دار آریل هالیدها با استخلاف های ارتو را با سدیم آزید و کاتالیزورهای حاوی مس گزارش کردند [۳]. هام و همکاران، تهیه ترکیبات آمین با استفاده از هالوآریل تری فلورو بورات ها را با استفاده از سدیم آزید در مجاورت مس یدید و دی متیل اتیلن دی آمین در حلال دی متیل سولفوکسید گزارش کردند [۴].

### ۳- روش شناسی تحقیق

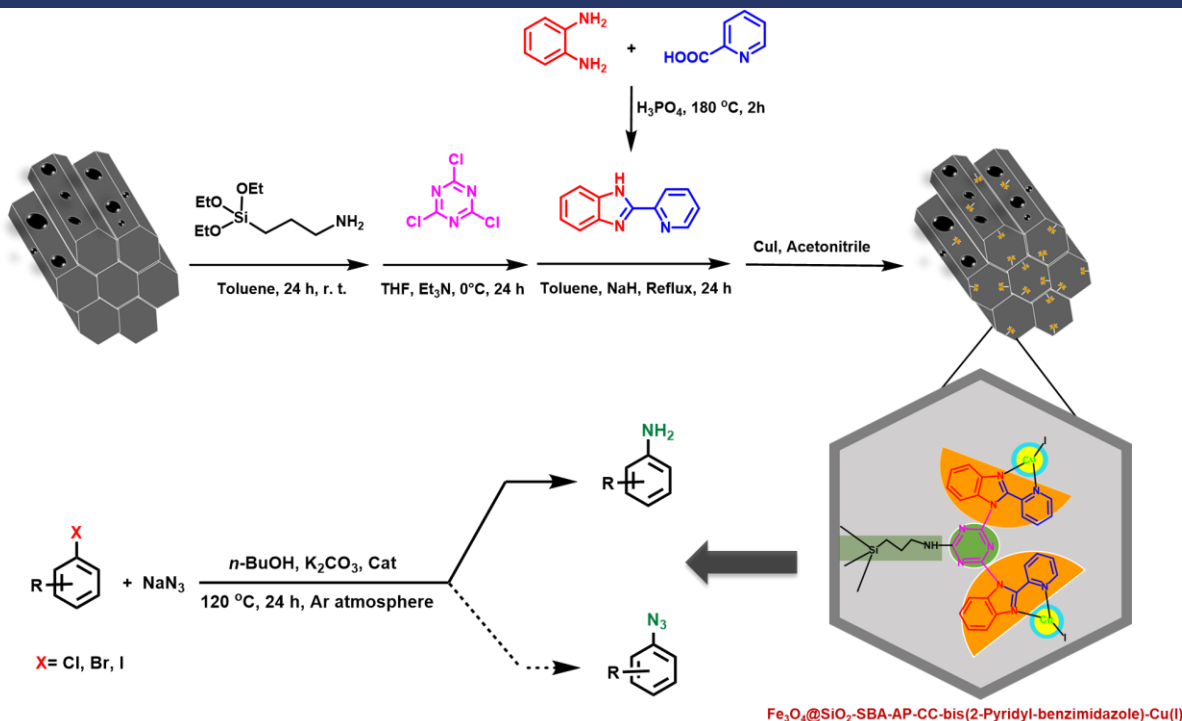
مسیر سنتز  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA-AP-CC-bis(PyBzIm)-Cu(I)$  در شکل ۱ نشان داده شده است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۱. مسیر سنتز  $\text{Fe}_3\text{O}_4@SiO_2\text{-SBA-AP-CC-bis(PyBzIm)-Cu(I)}$

۴- بررسی و تجزیه تحلیل داده ها (یافته ها)

در شکل ۲ طیف های FT-IR مربوط به  $\text{SBA-15}$  مغناطیسی و کاتالیزور  $\text{Cu(I)}$  تثبیت شده نشان داده شده است. پیک قوی مشخصه پیوند سیلوکسان ( $\text{Si-O-Si}$ ) در  $1090\text{ cm}^{-1}$  در هر دو طیف مشاهده می شود. در طیف مربوط به  $\text{SBA-15}$  مغناطیسی نوار جذبی در  $548\text{ cm}^{-1}$  جاگیری نانو ذرات مگنتیت را بین کانال های  $\text{SBA-15}$  تایید می کند. در طیف کاتالیزور تهیه شده، فرکانس های کششی  $\text{C=N}$  مربوط به حلقه های ایمیدازول و پیریدین به ترتیب در  $1670\text{ cm}^{-1}$  و  $1580\text{ cm}^{-1}$  ظاهر شده است.

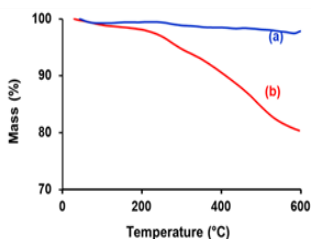
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

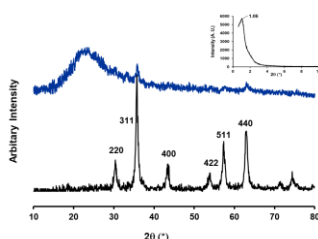
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

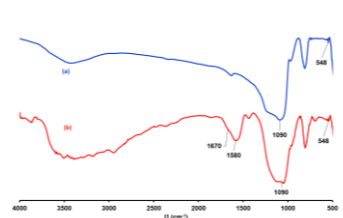
طیف های XRD مربوط به  $Fe_3O_4$  و کاتالیزور Cu(I) تثبیت شده در شکل ۳ نشان داده شده اند. الگوی پراش پرتو ایکس  $Fe_3O_4$  شش قله مشخص مربوط به ساختار کریستالی مکعبی با گروه فضایی Fd-3m و نیز فاز مگنتیت را تایید می کند. این پیک ها با شدت کمتر در الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA-AP-CC-bis(PyBzIm)-Cu(I)$  هم ظاهر شدند که نشان دهنده حفظ ساختار مگنتیت در کاتالیزور نهایی است. در منحنی گرماسنجی کاهش وزن نمونه در مقابل دما ترسیم می شود. شکل ۴ نمودارهای TGA را برای SBA-15 مغناطیسی و لیگاند تثبیت شده نشان می دهد. SBA-15 مغناطیسی کاهش جرمی حدود ۲/۴۲٪ از دمای اتاق تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد را نشان می دهد. تحت همین شرایط  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA-AP-CC-bis(PyBzIm)-Cu(I)$  کاهش جرمی در حدود ۱۸/۹۱٪ را نشان می دهد. بنابراین، مقدار لیگاند پیوند شده حدود ۱۶/۴۹٪ (۱۶۴/۹ mg g<sup>-1</sup>) تخمین زده شد.



شکل ۴. منحنی های TGA



شکل ۳. الگوهای Wide angle XRD



شکل ۲. طیف FT-IR

در شکل ۵ طیف EDAX کاتالیزور Cu(I) تثبیت شده نشان داده شده است. پیک های مربوط به عناصر موجود در ساختار کاتالیزور سنتز شده یعنی کربن، نیتروژن، اکسیژن، آهن، سیلیسیم و مس در طیف دیده می شود. آنالیز BET مربوط به SBA-15 مغناطیسی و کاتالیزور Cu(I) تثبیت شده در شکل ۶ نشان داده شده است و نتایج نهایی در جدول ۱ خلاصه شده است. SBA-15 مغناطیسی و  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA-AP-CC-bis(PyBzIm)-Cu(I)$  ایزوترم های نوع IV را با حلقه های پسماند  $H_2$  نشان می دهد که به مواد مزوحفره با کانال های استوانه ای نسبت داده می شود. مساحت و متوسط حجم  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA-15$  به ترتیب  $57 \cdot m^2 \cdot g^{-1}$  و  $0.99 \cdot cm^3 \cdot g^{-1}$  است. این پارامترها به ترتیب در  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA-AP-CC-bis(PyBzIm)-Cu(I)$  به  $112 \cdot m^2 \cdot g^{-1}$  و  $0.31 \cdot cm^3 \cdot g^{-1}$  تغییر یافته است. این مشاهدات برهمکنش های سطح SBA-15 مغناطیسی را با لیگاند و کمپلکس Cu(I) تایید می کند.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

جدول ۲. خواص مغناطیسی مواد تهیه شده

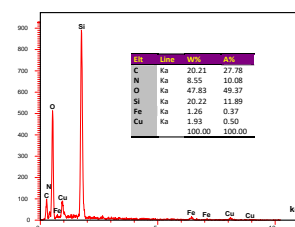
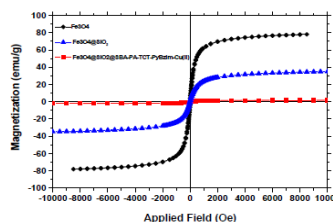
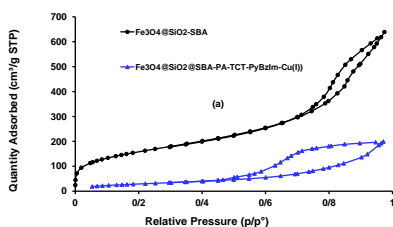
Sample	<sup>a</sup> M <sub>s</sub> (emu g <sup>-1</sup> )	<sup>b</sup> M <sub>r</sub> (emu g <sup>-1</sup> )	<sup>c</sup> H <sub>c</sub> (Oe)	<sup>d</sup> M <sub>r</sub> /M <sub>s</sub>
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	78.14	4.03	18.6	0.05
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @SiO <sub>2</sub>	34.52	1.91	22.2	0.06
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @SiO <sub>2</sub> @SBA-PA-TCT-PyBzIm-Cu(I)	1.65	0.12	32.3	0.01

<sup>a</sup> Saturation magnetization <sup>b</sup> Remanent magnetization <sup>c</sup> Coercive force. <sup>d</sup> Remanence ratio.

جدول ۱. خواص فیزیکی مواد تهیه شده

Sample	pore volume (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )	S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @SiO <sub>2</sub> @SBA	0.99	570
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @SiO <sub>2</sub> @SBA-PA-TCT-PyBzIm-Cu(I)	0.31	112

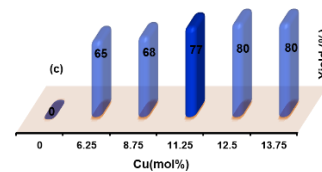
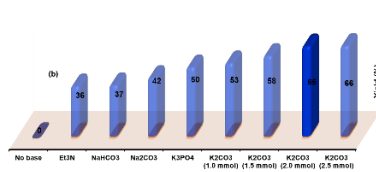
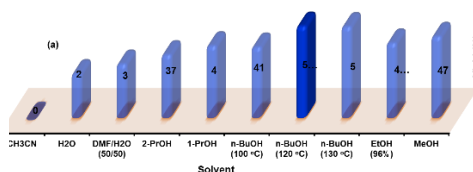
در شکل ۸ شرایط بهینه به دست آمده (حلال، دما، باز و مقدار کاتالیزور) جهت انجام واکنش آمین دار کردن نشان داده شده است.



شکل ۶. منحنی های VSM

شکل ۷. ایزوترم جذب-واجذب N<sub>2</sub>

شکل ۵. طیف EDAX کاتالیزور Cu(I)



شکل ۸. شرایط بهینه واکنش آمین دار کردن: ۴-برموتولون (۱ میلی مول)، سدیم آزید (۲ میلی مول)، حلال (۳ میلی لیتر)، زمان (۲۴ ساعت).

با اعمال شرایط بهینه، مشتقات مختلفی از آریل هالیدها در حضور سدیم آزید توسط کاتالیزور Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-SBA-AP-CC-bis(PyBzIm)-Cu(I) به آمین های مربوطه با بازده های متوسط تا خوب (۴۰-۸۸ درصد) تبدیل شدند (جدول ۳).

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

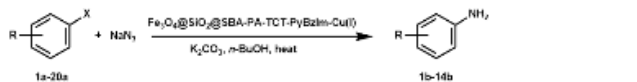
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies


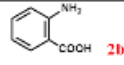
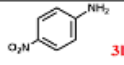
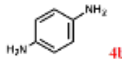
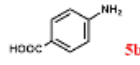
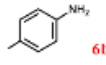
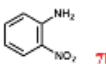
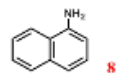
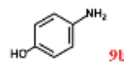
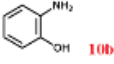
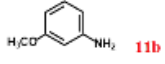
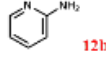
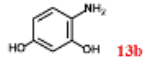
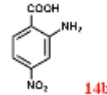
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



جدول ۳. آمیندار کردن آریل هالیدها با  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA-AP-CC-bis(PyBzIm)-Cu(I)$



 <b>1b</b>	 <b>2b</b>	 <b>3b</b>
(°C): Liquid R = H, X = I, 24 h, 84% R = H, X = Br, 22 h, 65% R = H, X = Cl, 24 h, 40%	m.p.(°C): 142-144 <b>4a:</b> R = <i>o</i> -COOH, X = I, 24 h, 88% <b>5a:</b> R = <i>o</i> -COOH, X = Cl, 26 h, 45%	m.p.(°C): 141-143 <b>6a:</b> R = <i>p</i> -NO <sub>2</sub> , X = Br, 22 h, 80% <b>7a:</b> R = <i>p</i> -NO <sub>2</sub> , X = Cl, 26 h, 60%
 <b>4b</b>	 <b>5b</b>	 <b>6b</b>
(°C): 136-139 R = <i>p</i> -NH <sub>2</sub> , X = Br, 24 h, 70% R = <i>p</i> -NH <sub>2</sub> , X = Cl, 26 h, 46%	m.p.(°C): 180-183 <b>10a:</b> R = <i>p</i> -COOH, X = Br, 20 h, 82% <b>11a:</b> R = <i>p</i> -COOH, X = Cl, 26 h, 53%	m.p.(°C): 42-44 <b>12a:</b> R = <i>p</i> -Me, X = Br, 24 h, 77%
 <b>7b</b>	 <b>8b</b>	 <b>9b</b>
(°C): 71-72 R = <i>o</i> -NO <sub>2</sub> , X = Br, 22 h, 72%	m.p.(°C): 48-50 <b>14a:</b> X = 1-Br, 24 h, 62%	m.p.(°C): - (-) <b>15a:</b> R = <i>p</i> -OH, X = Br, 25 h, 60%
 <b>10b</b>	 <b>11b</b>	 <b>12b</b>
R = <i>o</i> -OH, X = Br, 25 h, 57%	<b>17a:</b> R = <i>o</i> -MeO, X = Br, 25 h, 0%	<b>18a:</b> R = H, X = 2-Br, 25 h, 0%
 <b>13b</b>	 <b>14b</b>	
2-Chlororesorcinol, 25 h, 0%	<b>20a:</b> 2-Chloro-4-nitrobenzoic acid, 25 h, 0%	

tion conditions: Arylhalide 1.0 mmol; K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2.0 mmol; NaN<sub>3</sub> 2.0 mmol; Cu 2.61 mol%; *n*-BuOH 3.0 ml; and reaction rature 120°C. <sup>b</sup> Isolated yields.

### ۵- نتیجه گیری

کاتالیزور  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA-AP-CC-bis(PyBzIm)-Cu(I)$  سنتز و توسط آنالیزهای مختلف شناسایی و ساختار آن تایید شد. کاتالیزور سنتز شده پایداری خوب و مغناطیس پذیری قابل قبولی را نشان داد و در پایان هر واکنش کاتالیزور مغناطیسی توسط آهنربا جداسازی شد. مساحت به دست آمده از آنالیز BET ساختار مزو حفره موجود در کاتالیزور را نشان داد. از کاتالیزور مغناطیسی تهیه شده در واکنش آمین دار کردن آریل هالیدها با گروه های الکترون دهنده و الکترون کشنده مختلف با سدیم آزید به عنوان منبع نیتروژن استفاده شد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۶- تقدیر و تشکر

از حمایت های مالی ارائه شده توسط شورای تحصیلات تکمیلی دانشگاه محقق اردبیلی تشکر و قدردانی می شود.

### ۷- منابع

- [1] Messaoudi, S., et al. (2011). Mini-Reviews in Organic Chemistry 8(4): 448.
- [2] Paik, S. (2021). Applied Chemistry for Engineering 32(2): 224-227.
- [3] Zhao, H., et al. (2010). The Journal of Organic Chemistry 75(10): 3311-3316.
- [4] Cho, Y. A., et al. (2009). Organic letters 11(19): 4330-4333.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## توسعه یک روش جدید سریع و حساس پایش خوردگی مبتنی بر تغییرات فرکانس رزونانس و مطالعه چند بازدارنده خوردگی بر روی فولاد نرم در محیط اسیدی

عرفان خاکزاده<sup>۱</sup>، ایرج احدزاده<sup>۲\*</sup>، اسماء داشچی اسکویی، بهناز حضرتی دوریق.

۱- دانشجوی دکتری گروه شیمی فیزیک دانشکده شیمی، دانشگاه تبریز.

۲- استادیار گروه شیمی فیزیک دانشکده شیمی دانشگاه تبریز، [Irajahadzadeh@gmail.com](mailto:Irajahadzadeh@gmail.com)

### چکیده

خوردگی فلزات یکی از دغدغه های اصلی تمام صنایع می باشد که به نوعی با فلزات سروکار دارند و باعث بوجود آمدن خسارت هایی به صورت مستقیم و غیرمستقیم شود که می توان به خسارات اقتصادی، انسانی، زیست محیطی و... اشاره کرد. از جمله روش های جلوگیری از خوردگی فلزات انتخاب صحیح فلزات و آلیاژها و استفاده از فلزات خالص، اعمال تغییر در محیط خورنده، استفاده از بازدارنده ها، حفاظت کاتدی، حفاظت آندی و پوشش های سطحی می باشد. بازدارنده های خوردگی مواد شیمیایی هستند که در اثر افزودن مقدار کمی از آن، با ایجاد تغییر و تحول بر روی سطح فلزات، محیط و یا هر دو، خوردگی تا حدودی قابل قبولی کنترل می شود. امروزه روش های غیرمخرب پایش خوردگی، کاربرد گسترده ای پیدا کرده اند که نیازی به تخریب قطعه و نمونه برداری نیست که می توان به روش های الکترومغناطیسی اشاره کرد که اساس بصورت ایجاد میدان مغناطیسی و بررسی تغییرات میدان بر حسب خوردگی فلزات می باشد. در این پژوهش یک سیستم پایش سرعت خوردگی فلزات آهنی و غیرآهنی مبتنی بر تغییرات اندوکتانس یک القاگر و ثبت فرکانس رزونانس یک مدار نوسان ساز با اندوکتانس القاگر - خازن توسعه یافته است. از این سیستم جهت پایش سرعت خوردگی فولاد نرم در محیط اسیدی (۳M HCl) و نیز در حضور مخلوط بازدارنده های سدیم نیتريت، پتاسیم فسفات و بنزوتتری آزول استفاده شد. نتایج نشان داد که از سیستم پایش خوردگی توسعه یافته در پژوهش حاضر، می توان به راحتی برای مطالعه خوردگی فلزات آهنی و غیر آهنی استفاده کرد. همچنین می توان با سهولت رفتار فلزات در حضور مواد شیمیایی مختلف به عنوان بازدارنده خوردگی را بررسی و مطالعه کرد. از مزایای این روش می توان به عدم نیاز به مانیتورینگ و آماده سازی تخصصی نمونه ها، پایش بسیار سریع و حساس خوردگی (با حساسیت در حدود  $10 \mu\text{mPy}/\text{Hz}$ )، عدم نیاز به تخصص ویژه در تجزیه و تحلیل داده ها و کاربری اپراتوری آسان و هزینه های نسبتاً پایین دستگاهوری در مقایسه با روش های دیگری مثل امپدانس الکتروشیمیایی و تافل و... اشاره کرد. کلمات کلیدی: پایش خوردگی، بازدارنده های خوردگی، نوسانگر LC، اندوکتانس، فرکانس رزونانس.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

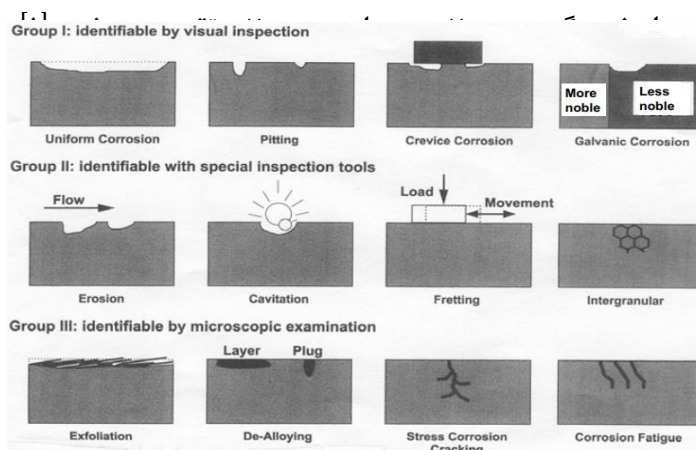
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

خوردگی فلزات یکی از دغدغه های اصلی تمام صنایع می باشد که به نوعی با فلزات سروکار دارند و باعث بوجود آمدن خسارت هایی به صورت مستقیم و غیرمستقیم شود که می توان به خسارات اقتصادی، انسانی، زیست محیطی و... اشاره کرد. در حالت کلی خوردگی، تخریب یا فاسد شدن یک ماده در اثر واکنش با محیط اطرافش می باشد و فقط برای فلزات تعریف نمی شود بلکه مواد نافلزی مانند پلیمرها، سرامیک ها، چوب و مواد نسوز نیز شامل خوردگی می شوند ولی اغلب اصطلاح خوردگی برای فلزات بکار می رود. فرایند خوردگی فلزات که بطور واکنش فیزیکی و شیمیایی و الکتروشیمیایی بین فلز و محیط اطراف آن است، باعث تغییر خواص فلزات بصورت خودبخودی می شود و فلز به حالت پایدار خود یعنی کمترین سطح انرژی در طبیعت که اغلب بصورت گونه های اکسیدی، هیدروکسیدی و سولفیدی می باشد، تبدیل می شود. با توجه به شکل ۱ خوردگی فلزات بصورت های مختلفی مانند خوردگی تر و خشک، خوردگی در حرارت بالا و یا در حرارت پایین، خوردگی مستقیم و غیرمستقیم دسته بندی نمود. از طرفی دیگر انواع خوردگی بر اساس ظاهر و شکل فلز خورده شده به انواع خوردگی یکنواخت، گالوانیکی، حفره ای، شیاری، مرزدانه ای، توام با تنش،



شکل ۱- شماتیک انواع خوردگی [۱].

واکنش اصلی در خوردگی فلزات، انحلال یا اکسیداسیون فلز می باشد. با توجه به اینکه فرآیند انحلال فلز اجتناب ناپذیر است، هیچ عاملی نمی تواند کاملاً از این فرایند جلوگیری نماید بلکه تنها می توان با استفاده از روش هایی، وقوع فرآیند خوردگی را به تعویق انداخت یا سرعت آن را به میزانی کاهش داد که عملاً آن فلز را در برابر خوردگی مقاوم

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

دانست. از جمله روش های جلوگیری از خوردگی فلزات انتخاب صحیح فلزات و آلیاژها و استفاده از فلزات خالص، اعمال تغییر در محیط خورنده، استفاده از بازدارنده ها، حفاظت کاتدی، حفاظت آندی و پوشش های سطحی می باشد که در صورت اعمال صحیح این روش ها، سرعت خوردگی بصورت قابل توجهی کاهش میابد [۲].

بازدارنده های خوردگی مواد شیمیایی هستند که در اثر افزودن مقدار کمی از آن، با ایجاد تغییر و تحول بر روی سطح فلزات، محیط و یا هر دو، خوردگی تا حدودی قابل قبولی کنترل می شود. در حالت کلی بازدارنده ها بر اساس ساختارشان به دو گروه معدنی و آلی تقسیم شده که بازدارنده های معدنی اغلب روئین کننده بوده و بازدارنده های آلی غالباً با مکانیسم جذبی، خوردگی را کنترل می کنند. بر اساس شیوه عملکرد بازدارنده ها که در واکنش های آندی، کاتدی و یا هر دو آنها تداخل می کنند، به سه گروه بازدارنده آندی، کاتدی و مختلط تقسیم می شوند که بازدارنده های کاتدی اغلب با پلاریزه و دپلاریزه کردن سطح کاتد و فرآیندهای کاتدی و بازدارنده های آندی اغلب با مکانیسم رویین کردن سطح آند و یا جذب در سطح فلزات، فرآیند خوردگی را کنترل می کنند. با توجه به مکانیسم بازدارندگی بازدارنده های معدنی، این بازدارنده ها اگر غلظت بحرانی شان تامین نشود، باعث افزایش سرعت خوردگی می شوند [۳].

با توجه به اینکه اغلب مکانیسم های خوردگی از سطح فلزات شروع می شود و بصورت پیوسته به درون فلز نفوذ می کند، جهت کاهش خسارات اضافی ناشی از خوردگی، آگاهی از وضعیت سازه ها و جلوگیری به موقع از بروز خوردگی و خسارات آن، بازرسی و پایش خوردگی فلزات در صنایع مختلف اهمیت بسیاری پیدا کرده است. مفهوم پایش خوردگی مشاهده، کاوش، ارزیابی و تعیین تغییراتی است که در اثر خوردگی در فلزات بوجود می آید. روش های پایش خوردگی بر اساس معیارهای گوناگونی مثل روش های آنالین یا آفلاین، مخرب یا غیر مخرب، مستقیم یا غیر مستقیم، نفوذی یا غیر نفوذی و الکتروشیمیایی یا غیرالکتروشیمیایی و... دسته بندی شده اند. روش های مستقیم، روش هایی می باشند که نتایج خوردگی مانند سرعت خوردگی را به طور مستقیم تعیین می کنند. روش های پلاریزاسیون خطی (LP)، تافل (Tafel)، امپدانس الکترو شیمیایی (EIS)، پلاریزاسیون چرخه ای (CV) و... تکنیک هایی متداولی از این گروه هستند. در روش های غیرمستقیم بیشتر پیامدهای ناشی از خوردگی را بررسی می شود و به کمک آنها نمی توان پارامترهای خوردگی را اندازه گیری نمود که پایش به روش آلتروسونیک یا رادیوگرافی و... جز این روش ها به شمار می آیند. اساس پایش های نفوذی بصورت نفوذ پروب های بررسی به داخل سازه و محیط خورنده می باشد که از جمله این روش ها می شود کوپن خوردگی، پلاریزاسیون و امپدانس الکتروشیمیایی را نام برد ولی در روش های غیرنفوذی از پروب های غیرنفوذی استفاده می شود و نیازی به نفوذ پروب های اندازه گیری به داخل سازه یا محیط وجود ندارد که می توان روش های آلتروسونیک، پروب های اندازه گیری شار هیدروژن، پروب های اندازه گیری شار مغناطیسی و... می باشد. در تکنیک های پایش خوردگی آنالین، توانایی محاسبه خوردگی در سیستمی که در حال پایش باشد وجود دارد، ولی در روش های آفلاین، بایستی محاسبات خوردگی در آزمایشگاه انجام شود. همچنین بعضی از تکنیک های پایش میزان دقیق نرخ خوردگی یا تخریب فلز را گزارش می دهند ولی سایر روش های موجود، احتمال وجود خوردگی در محل



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



یا شرایط خاصی را صرفا اعلام می کنند [۴]. از جمله روش های کاربرد در پایش خوردگی فلزات، روش کاهش وزن، روش های مبتنی بر تغییر مقاومت اهمی، روش های الکتروشیمیایی مانند روش پتانسیل مدار باز (OCP)، روش تافل، روش پلاریزاسیون خطی و چرخه ای، روش پتانسیودینامیک (PDS)، امپدانس الکتروشیمیایی، روش های مبتنی بر تغییرات میدان مغناطیسی اطراف یا خود سازه، روش نوین الکتروشیمیایی و... می باشد که هر کدام مزایا و معایب خاصی دارند. روش کاهش وزن که به بررسی کاهش وزن، ویژگیهای ظاهری، نرخ خوردگی بصورت مستقیم می پردازد، دارای سادگی و هزینه کم و تحلیل آسان می باشد ولی طولانی بودن مدت تست و نتیجه بصورت متوسط سرعت خوردگی می باشد و اغلب برای خوردگی یکنواخت کاربرد دارد و امکان پایش لحظه ای وجود ندارد. روش های مبتنی بر تغییر مقاومت با بررسی تغییر در مقاومت اهمیک، به بررسی خوردگی سازه بصورت کیفی می پردازد و رفتار خوردگی در حضور بازدارنده مختلف در صنایع نفت و پتروشیمی را پایش می کند ولی برای پایش خوردگی یکنواخت اکثرا کاربرد دارد و محصولات خوردگی ترسیب شده در پروب این روش، باعث تداخل در نتایج آزمایش می شود و در نهایت وابستگی مقاومت به دما هم باعث ایجاد تداخل در نتایج حاصل می شود. نتایج حاصل از روش های الکتروشیمیایی پتانسیل و جریان خوردگی بصورت میدانی، سرعت خوردگی فلز پوشش داده شده، پاسخ جریان بر حسب پلاریزاسیون، فعال و غیرفعال شدن سازه فلزی، تشخیص آسیب در لایه پسیو و... می باشد که عیب این روش مخرب بودن روش، نیاز به دستگامه پرسی پیچیده و گران قیمت می باشد. در روش نوین الکتروشیمیایی، با تجزیه و تحلیل نوین الکتروشیمیایی اطلاعاتی در مورد اتفاقاتی که در فصل مشترک روی می دهد، بدست می آید. با تحلیل نمودار نوین اطلاعاتی در زمینه مقاومت نوین، مقاومت نوین طیفی و... بدست می آید که عیب این روش دستگامه پرسی حساس و تحلیل ریاضی پیچیده می باشد [۵]. امروزه روش های غیرمخرب پایش خوردگی، کاربرد گسترده ای پیدا کرده اند که در این آزمون ها از روش های فیزیکی برای شناسایی خصوصیات مواد یا آسیب های آن ها استفاده می شود و نیازی به تخریب قطعه و نمونه برداری نیست؛ به عبارت دیگر در این روش ها قطعه یا نمونه دچار تغییر شکل، تغییر خواص مکانیکی، تغییر سختی، تغییر خواص فیزیکی و... نمی شود. با استفاده از آزمون های غیرمخرب می توان انواع عیوب ساختاری سازه ها، تخلخل، حفره های داخلی، ترک های ناشی از خستگی و خوردگی، ناپیوستگی های سطحی و داخلی و ناخالصی ها و در نهایت پایش لحظه ای خوردگی پرداخت. از انواع آزمون های غیر مخرب آزمون چشمی، آزمون مادون قرمز، آزمون انتشار صوت، آزمون مایع نفوذی، آزمون رادیوگرافی و آزمون امواج الکترومغناطیس می باشد [۶]. اساس کلی روش های الکترومغناطیسی، تولید میدان مغناطیسی درون سازه یا اطراف سازه و پایش رفتار تغییر میدان مغناطیسی بر حسب تغییرات در سازه بواسطه خوردگی می باشد که از مزایای این روش امکان شناسایی عیوب سطحی و عمقی سازه، بررسی میزان دقیق خوردگی، بررسی کاهش یا افزایش سطح مقطع، رشته های بریده داخلی و خارجی، بریدگی هسته کابل و... می باشد که شامل آزمایش میدان دور (RFT)، آزمایش نشت شار مغناطیسی (MFL)، آزمایش جریان گردابی، آزمایش فراصوت، آزمایش ذرات مغناطیس (MPI) و آزمایش اندازه گیری میدان مغناطیسی جریان متناوب (ACFM) می باشد. با توجه به شکل ۲-الف، اساس روش میدان دور (RFT) بر پایه عبور میدان مغناطیسی از میان جداره ی

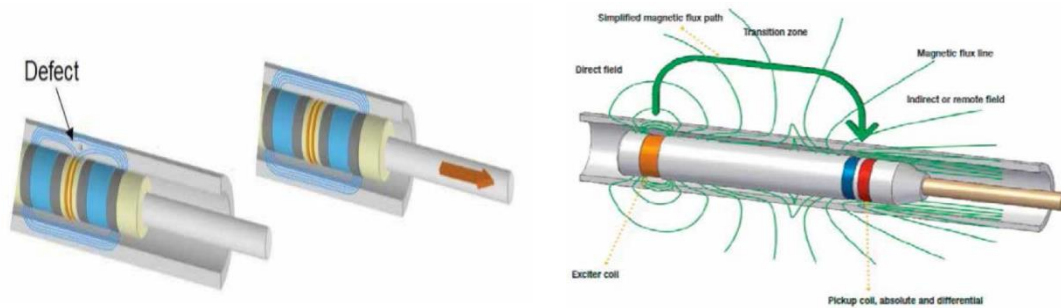
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

تیوب می باشد و برای مواد فرو مغناطیس کاربرد دارد. یک کویل گیرنده در ناحیه ی میدان دور قرار دارد و تغییرات میدان مغناطیسی را رصد می کند. با حضور عیب بر سر راه میدان مغناطیسی، این میدان دچار اغتشاش شده و این تغییر توسط کویل گیرنده ثبت می گردد. با توجه به شکل ۲-ب روش نشت شار مغناطیسی (MFL) صرفا برای بررسی تیوب هایی با خواص مغناطیسی مورد استفاده قرار می گیرد. یک آهنربای الکترومغناطیسی وظیفه ایجاد خطوط میدان مغناطیسی را به عهده دارد که اغلب به عنوان آزمایش مکمل به دلیل محدودیت در تخمین اندازه عیب مورد استفاده قرار می گیرد. روش جریان سرگردان مختص مواد مغناطیسی بوده و برای بررسی نقص های منتهی به سطح و عیوب زیرسطحی استفاده می شود و حساسیت خیلی خوبی نسبت به تشخیص عیوب موضعی و کلی حاصل از خوردگی دارد. آزمایش التراسونیک به منظور بررسی تیوب های مغناطیسی و فرومغناطیسی کاربرد دارد. جهت تشخیص عیوب کوچک مثل سوراخ های ریز یا ترک ها دارای خطا می باشد. آزمایش MPI روشی است که در آن با اعمال جریان به سازه در نقاطی که ترک وجود دارد باعث نشر مغناطیسی و در نهایت اتصال مواد با خاصیت مغناطیسی (چه در حالت سوسپانسیون یا خشک) به ترک ها می شود. آزمایش ACFM روشی الکترومغناطیس غیر تماسی می باشد و می تواند اندازه طول عمق عیب در فلز را تشخیص دهد برای بررسی ترک های سطحی بکار می رود. این روش بر پایه ی عبور جریان الکتریکی از پوسته نازک سطحی مواد رسانای الکتریکی پایدار است [۷، ۸].



ب- شماتیک روش نشت شار مغناطیسی

الف- شماتیک روش میدان دور (RFT)

شکل ۲- شماتیکی از روش های پایش الکترومغناطیسی خوردگی.

در این پژوهش یک سیستم پایش سرعت خوردگی فلزات آهنی و غیر آهنی مبتنی بر تغییرات اندوکتانس القاگر و ثبت فرکانس رزونانس یک مدار نوسان ساز با اندوکتانس القاگر- خازن توسعه یافته است. از این سیستم جهت پایش سرعت خوردگی فولاد نرم در محیط اسیدی (۳M HCl) و نیز در حضور مخلوط بازدارنده های سدیم نیتريت، پتاسیم فسفات و بنزوتتری آزول استفاده شده است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



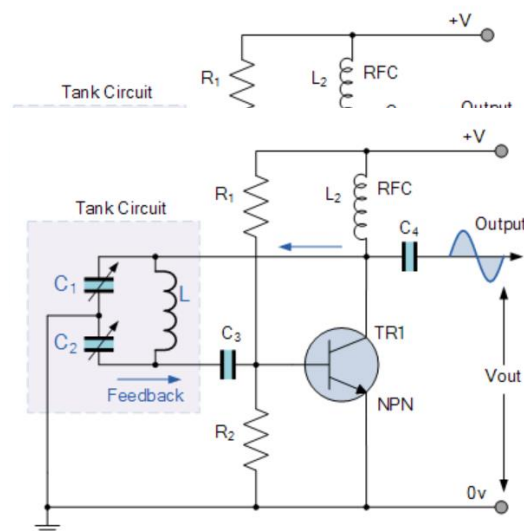
### ۲- کار تجربی

#### ۲-۱- تهیه محلول خورنده و بازدارنده خوردگی

جهت پایش خوردگی سازه فولادی (قطعه فولادی استوانه‌ای به قطر ۲,۵ میلی‌متر و طول ۱ سانتی‌متر) بواسطه روش مغناطیسی (تغییر اندوکتانس القاگر)، از محلول اسیدی (۳۳٪)  $HCl$  ۳ M به حجم ۳۰ میلی‌لیتر و جهت بررسی رفتار بازدارنده خوردگی، از سدیم نیتريت و بنزوتري آزول با غلظت ۲۰۰۰ppm و از پتاسیم فسفات با غلظت ۱۵۰۰ppm به عنوان بازدارنده‌های خوردگی در محلول اسیدی (۳۳٪)  $HCl$  ۳ M به حجم ۳۰ میلی‌لیتر استفاده شد.

۲-۲- توسعه سیستم پایش مغناطیسی خوردگی و مطالعه رفتار خوردگی فولاد و تاثیر بازدارنده‌های خوردگی از آنجایی که اندوکتانس (معیاری از مقاومت موهومی القایی) یک القاگر به مشخصات فیزیکی آن از جمله طول، عرض (قطر)، تعداد حلقه‌ها و از همه مهمتر جنس و مشخصات مغناطیسی ماده داخل سیم پیچ (هسته) بستگی دارد، می‌توان با یک مدار نوسان ساز و ایجاد یک مدار رزنانس (سری یا موازی) LC مقدار اندوکتانس را از روی فرکانس کاری اسپلاتور که همان فرکانس رزنانس است، اندازه‌گیری کرد. با اندازه‌گیری فرکانس با گذشت زمان می‌توان تغییرات L را در C ثابت با گذشت زمان دنبال کرد. بنابراین در صورتی که یک قطعه فلزی در نزدیکی یک القاگر قرار گیرد بسته به ضریب تراوایی مغناطیسی که از مشخصات ذاتی آن فلز به حساب می‌آید، مقدار اندوکتانس کم یا زیاد می‌شود و این متعاقبا به صورت افزایش یا کاهش فرکانس رزنانس، خود را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان تغییرات در جرم و حجم فلز نزدیک به القاگر را نیز به صورت تغییرات متعاقب فرکانس ثبت نمود که این نکته اساس کار روش فعلی است. سیستم مورد نظر از یک نوسان ساز Colpitts در آرایش رزنانس موازی تشکیل شده است که در شکل ۳ شماتیک ساده شده‌ای از مدار کلپیتس نشان داده شده است. این مدار حول یک ترانزیستور دو اتصالی نوع NPN ساخته شده و از پایداری فرکانسی و حاشیه فازی مطلوبی برخوردار است. منبع تغذیه مدار یک منبع DC رگوله شده ۵ ولتی است. خروجی مدار نوسان ساز به یک شمارنده (فرکانس متر) با دقت ۱Hz در ۹۹ MHz متصل شده است. تمهیدات لازم مانند دیکوپلاژ کردن منبع تغذیه، استفاده از ارت

است.





# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

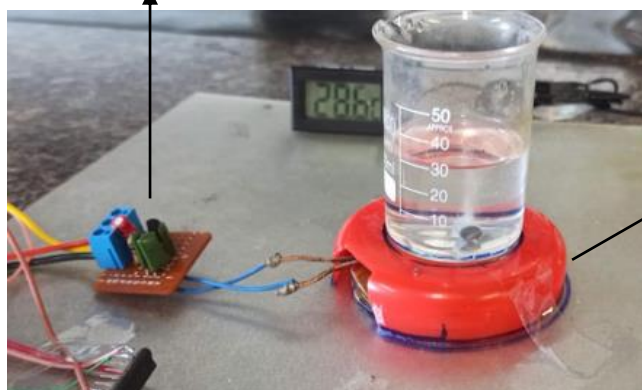


### شکل ۳- شماتیکی از مدار نوسان ساز Colpitts.

سیم پیچ مورد نظر که قلب تپنده دستگاه را تشکیل می دهد از سیم لاکه به قطر  $0.3 \text{ mm}$  به صورت مسطح ساخته شد و ضریب خودالقایی حدود  $70 \mu\text{Hz}$  دارد. سیم پیچ در یک چهارچوب دایره ای پلاستیکی محصور شده و روی آن بشر شیشه ای  $50 \text{ ml}$  قرار می گیرد. در داخل بشر محلول مورد مطالعه تا حجم حدود  $30 \text{ ml}$  ریخته شده و قطعه فلزی مورد نظر در ابعاد و شکل دلخواه (حداکثر طول و عرض  $40 \text{ mm}$  و حداکثر ارتفاع  $30 \text{ mm}$ ) در داخل آن محلول روی مرکز سیم پیچ مستقر می شود. تغییرات فرکانس اسیلاتور با گذشت زمان از روی شمارنده خوانده و ثبت می گردد. لازم به ذکر است که مدار شمارنده دارای دقت حداقل  $3 \text{ ppm}$  می باشد که از روی اندازه گیری های قبلی استنتاج شده است. مدار اسیلاتور در فرکانس رزنانس آزاد حدود  $10 \text{ MHz}$  تنظیم شده است. در شکل ۴ نمای واقعی دستگاه نشان شده است. لازم به ذکر است که برای کاربردهای کیفی و مقایسه ای مانند مطالعه بازدارنده های خوردگی برای یک فلز و یک محیط معین، کافی است که شکل و ابعاد قطعات فلزی قرار گرفته در داخل محلول خورنده تقریباً یکسان باشد و این برای انتخاب نوع و شکل قطعات دست پژوهشگر را باز می گذارد. برای کاربردهای کمی از رهیافت اندازه گیری کاهش وزن قطعات خورده شده با ابعاد مشخص و دقیق و کالیبراسیون تغییرات فرکانس با تغییرات جرم فلز خورده شده می توان استفاده کرد که این سری مطالعات در آزمایشگاه در حال اجرا است. در پژوهش حاضر ابتدا رفتار خوردگی قطعه فولادی استوانه ای به قطر  $2/5$  میلی متر و طول  $1$  سانتی متر در محلول اسیدی  $3 \text{ M HCl}$  بر اساس تغییر فرکانس با گذشت زمان که مربوط به تغییر ابعاد و جرم قطعه فولادی و متناسب با آن تغییر اندوکتانس القاگر می باشد، پایش شد و سپس جهت بررسی تاثیر حضور بازدارنده در فرآیند خوردگی فولاد، مخلوطی از سه بازدارنده سدیم نیتريت و بنزوتری آزول با غلظت  $2000 \text{ ppm}$  و از پتاسیم فسفات با غلظت  $1500 \text{ ppm}$  بصورت محلولی ساخته و در تست دیگری به محلول خورنده قوی افزوده و رفتار تغییر فرکانس نوسان ساز با گذشت زمان پایش و ثبت شد.

فرکانس  
متر

مدار نوسان ساز



سیم پیچ

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

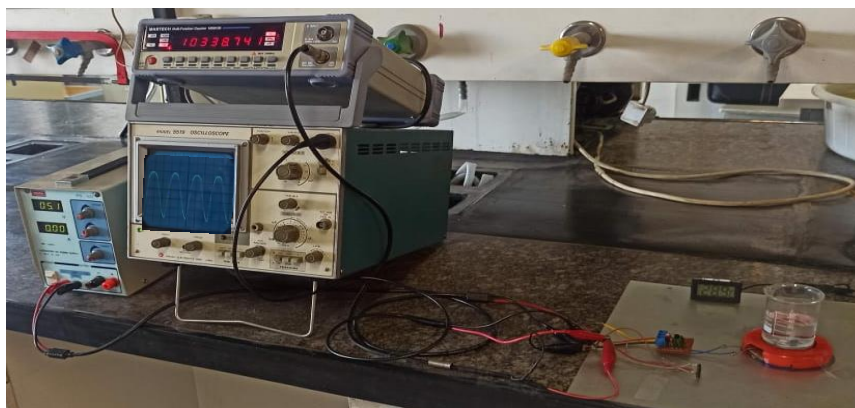
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه همایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



منبع  
تغذیه

اسیلوسک  
وپ



شکل ۴- نمای واقعی سیستم پایش خوردگی بر اساس نوسان ساز Colpitts و تغییر اندوکتانس سیم پیچ.

### ۳- نتایج عملی

با توجه به اساس روش توضیح داده شده، با بررسی رفتار تغییر فرکانس مدار نوسان ساز با خورده شدن فلز به راحتی می توان اطلاعات گسترده ای در زمینه خوردگی بدست آورد. با توجه به ماهیت فولاد و با توجه به ویژگی تراوایی مغناطیسی فولاد مورد تست، با قرارگیری فولاد در محلول خورنده، فرکانس از مقدار  $10321/84$  KHz تا حدود  $10338/98$  KHz افزایش یافت و با خورده شدن فولاد در محیط خورنده، فرکانس با شیب ملایمی کاهش یافت تا به مقدار اولیه فرکانس در غیاب فولاد برسد. در نهایت در تست دیگری تاثیر بازدارنده بر روند تغییر فرکانس و تاثیر بر سرعت خوردگی انجام یافت که با افزودن مخلوط بازدارنده به محیط خورنده، تغییرات فرکانس در حدود بسیار ناچیز و شیب منحنی فرکانس بر حسب زمان بسیار ناچیز شد و فرکانس تقریباً ثابت ماند که نشان دهنده تاثیر مثبت و مفید بازدارنده بر کاهش سرعت خوردگی را می باشد که در شکل ۵ با روش بازرسی چشمی، تاثیر مثبت حضور بازدارنده بر کاهش سرعت خوردگی نشان داده می شود که شکل ۵-الف، مربوط به غیاب بازدارنده و شکل ۵-ب مربوط به حضور بازدارنده می باشد. در شکل ۶ منحنی تغییرات فرکانس بر حسب زمان، هم برای غیاب بازدارنده و هم حضور بازدارنده



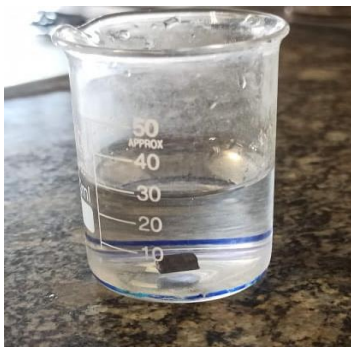
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

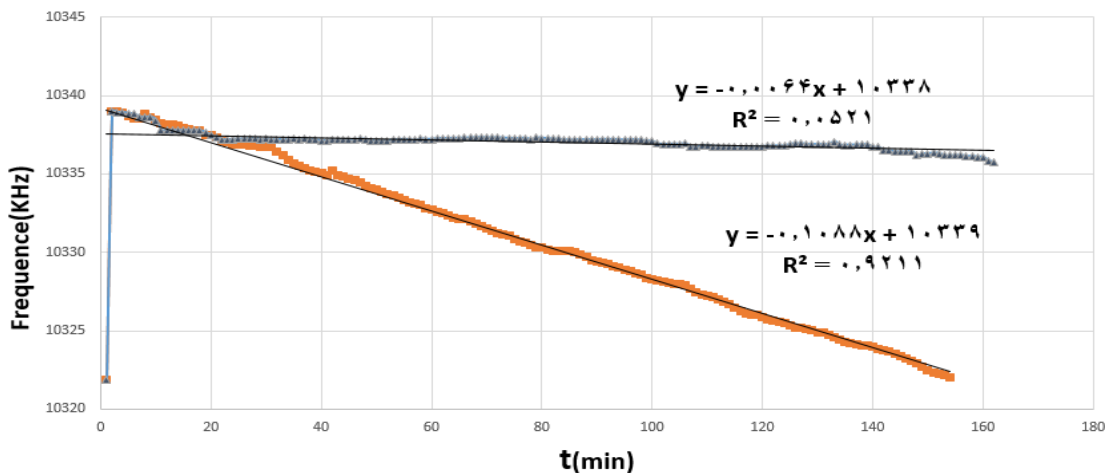
نشان داده شده است که منحنی با شیب حدوداً صفر (تقریباً افقی)، مربوط به افزودن بازدارنده و منحنی با روند نزولی، نشان دهنده خوردگی فولاد در محیط اسیدی می باشد.



الف- محلول خورنده در غیاب بازدارنده

ب- محلول خورنده در حضور بازدارنده

شکل ۵- مقایسه چشمی تاثیر حضور بازدارنده بر سرعت خوردگی فولاد در محیط اسیدی غلیظ.



شکل ۶- نمودار تغییرات فرکانس مدار نوسان ساز با گذشت زمان.

۴- نتیجه گیری

نتایج نشان می دهد که از سیستم پایش خوردگی توسعه یافته در پژوهش حاضر، می توان به راحتی برای مطالعه خوردگی فلزات آهنی و غیر آهنی در محیط های با خوردگی هم شدید و هم آهسته استفاده کرد. همچنین می توان با سهولت رفتار فلزات در حضور مواد شیمیایی مختلف به عنوان بازدارنده خوردگی را بررسی و مطالعه کرد. از مزایای این روش می توان به عدم نیاز به مانیتورینگ و آماده سازی تخصصی نمونه ها، پایش بسیار سریع و حساس خوردگی (با



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

حساسیت در حدود  $10\mu\text{mPy}/\text{Hz}$ ، عدم نیاز به تخصص ویژه در تجزیه و تحلیل داده ها و کاربری اپراتوری آسان و هزینه های نسبتا پایین دستگاهوری در مقایسه با روش های دیگری مثل امپدانس الکتروشیمیایی و تافل و... اشاره کرد. از دیگر مزایای این روش عدم نیاز به دستگاه پتانسیواستات است و اینکه تمامی اندازه گیری های سرعت خوردگی بصورت تعادلی و در پتانسیل مدار باز انجام می گیرد که اعتمادپذیری بالای داده ها را تضمین می کند. روند نزولی فرکانس متناسب با خوردگی فلز می باشد که تغییرات جرم در حد میکروگرم و ابعاد در حد نانومتر قابل تشخیص می باشد. از طرفی دیگر با توجه به کاهش شیب تغییرات فرکانس نسبت به زمان با افزودن بازدارنده به محیط خوردگی نشان دهنده تاثیر مثبت بازدارنده با راندمان بازدارندگی در حدود ۹۵٪ می باشد.

### منابع

- [۱] E. Bardal., B. Derby, 2004, Different forms of corrosion classified on the basis of appearance, Corrosion and protection, 89-191.
- [۲] F. Walsh., G. Ottewill., D. Barker, 1993, Corrosion and protection of metals: II. Types of corrosion and protection methods, Transactions of the IMF, 71(3): p. 117-120.
- [۳] M.H. Al-mashhadani, 2020, Inhibition of corrosion: mechanisms and classifications in overview. Al-Qadisiyah Journal Of Pure Science, 2020. 25(2): p. 1-9.
- [۴] W.M. Cox, 2014, A strategic approach to corrosion monitoring and corrosion management. Procedia Engineering, 86: p. 567-575.
- [۵] D.H. Xia, 2020. electrochemical noise applied in corrosion science: Theoretical and mathematical models towards quantitative analysis. Journal of The Electrochemical Society, 167(8): p. 081507.
- [۶] M. Le, 2021 Electromagnetic Testing of Corrosion at Rivet Sites via Principal Component Analysis. Journal of Nondestructive Evaluation. 40(2): p. 1-11.
- [۷] J.S. Popovics., G.E. Gallo., P.L. Chapman, 2009, Corrosion monitoring of metals through magnetic sensing. Actes des journées scientifiques du LCPC, p. 301-306.
- [۸] S. Jiang., H. Wang., A. Liu, 2020, Rebar corrosion monitoring using magnetic gradient and partial modulus. Measurement, 164: p. 107994.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## تجهیزات و روش های مطالعه آزمایشگاهی میکروپلاستیک ها

شیما زارع قلعه جوقی<sup>۱</sup>، دکتر علی نعمت اله زاده<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

<sup>۲</sup> استاد، دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

### چکیده

زباله های پلاستیکی طی دهه های گذشته یکی از نگرانی های اصلی زیست محیطی بوده است. روزانه بالغ بر یک تن زباله پلاستیکی از جمله نانوپلاستیک ها، میکروپلاستیک ها، مزوپلاستیک ها و ماکروپلاستیک ها تولید می شوند. در این بین زباله ها با اندازه های کوچک تر به دلیل امکان جابه جایی توسط باد و هوا خطرات بیشتری را به همراه دارد. میکروپلاستیک ها و ذرات ریزتر به خصوص در زمان بارش باران می توانند به همراه دیگر مواد آلی و معدنی ترکیب شده و وارد پساب ها و فاضلاب های شهری شوند. در این تحقیق قرار است به صورت مروری کارهای صورت پذیرفته در مورد نحوه شناسایی این آلاینده ها و روش های دستگاهی بررسی این مواد به طور مختصر مورد بحث قرار گیرد.

کلمات کلیدی: تجهیزات، مطالعه ی آزمایشگاهی، میکروپلاستیک ها

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

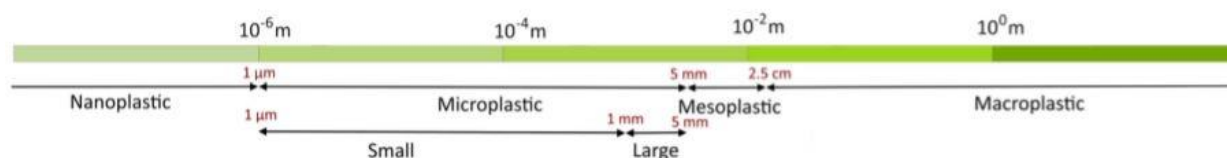
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

زباله های پلاستیکی برای چندین دهه یکی از نگرانی های زیست محیطی بوده است. تولید سالانه پلاستیک در جهان حدود ۲۸۰ میلیون تن است که اکثریت قریب به اتفاق آن برای موارد استفاده یکبار مصرف است [۱]. افزایش هرروزه میکروپلاستیک ها به عنوان یکی از انواع زباله های پلاستیکی نگرانی های زیادی را در سراسر جهان به خود جلب کرده است. میکروپلاستیک ها می توانند در محیط به عنوان میکروپلاستیک های ساخته شده (معروف به میکروپلاستیک های اولیه) یا ناشی از هوازدگی مداوم بسترهای پلاستیکی، که به تدریج قطعات پلاستیکی کوچک تری تولید می کنند (معروف به میکروپلاستیک های ثانویه) در محیط وجود داشته باشند [۲، ۳]. با شناسایی میکروپلاستیک ها در محیط های مختلف، مطالعات متعدد نشان داد که آنها باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی شدید، از جمله آسیب به اکوسیستم ها و سلامت انسان می شوند [۴، ۵].

تحقیقات فزاینده دریافته است که حضور میکروپلاستیک ها در همه جا از محیط های زمینی غیرقابل انکار است که به طور بالقوه خواص و فرآیندهای اکوسیستم خاک را تغییر می دهد [۶، ۷]. همچنین میکروپلاستیک ها می توانند در محیط های دیگری از جمله؛ دریاها، رودخانه ها، دریاچه ها و اتمسفر باشند [۸-۱۰]. پیش از بررسی این معضل جهانی، پیشنهاد نامگذاری زباله های پلاستیکی بر اساس اندازه مطرح می شود. به طور کلی ذرات پلاستیکی در سایزهای مختلفی دسته بندی می شوند. این دسته بندی به ترتیب از کوچکترین به بزرگترین سایز شامل، نانوپلاستیک، میکروپلاستیک، مزوپلاستیک و ماکروپلاستیک می باشد. شکل ۱ نشان دهنده انواع زباله های پلاستیکی از نظر سایز ذرات می باشد [۱۱].



شکل ۱. اندازه ذرات پلاستیکی.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، ذراتی با اندازه ی کوچکتر از ۱ میکرومتر در دسته بندی نانوپلاستیک ها، ذراتی در حفاصل بین ۱ میکرومتر و ۵ میلی متر در دسته میکروپلاستیک ها، ذراتی در اندازه ی بین ۵ میلی متر و ۲/۵ سانتی متر در گروه مزوپلاستیک ها و ذراتی با سایز بزرگتر از ۲/۵ سانتی متر در دسته ماکروپلاستیک ها قرار می گیرند [۱۱]. ذراتی با سایز کوچک تر می توانند خطرات بیشتری را به دلیل نفوذ در بدن موجودات زنده و جابجایی توسط باد متوجه محیط زیست کنند. از این رو مطالعه دقیق میکروپلاستیک ها اهمیت بالایی در جهان امروز دارد. تحقیقات زیادی در مورد نمونه برداری، استخراج و شناسایی میکروپلاستیک ها در سراسر جهان صورت پذیرفته است. در این تحقیق سعی بر آن شده است تا با یک بررسی جامع تجهیزات مورد استفاده در تحقیقات به عمل آمده، مورد نقد و بررسی قرار گیرد و کارایی هر یک از این تجهیزات به طور شفاف معلوم گردد.

۱- روش ها و تجهیزات مورد استفاده برای جداسازی، نمونه گیری و مشاهده میکروپلاستیک ها  
دستگاه های مختلفی در سراسر دنیا برای استخراج و نمونه گیری و مشاهده میکروپلاستیک ها مورد استفاده قرار گرفته شده است. این تجهیزات با توجه به محیط مورد بررسی در انواع مختلفی وجود دارند. کلاسن<sup>۱</sup> و همکاران در سال ۲۰۱۳ حداکثر غلظت میکروپلاستیک موجود در رسوبات در سراسر جهان را نشان دادند. نتایج این بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است [۱۲].

جدول ۱. حداکثر غلظت میکروپلاستیک موجود در رسوبات در سراسر جهان [۱۲].

Country	Location	Maximum concentration	Unit
India	Ship-breaking yard	89	mg kg <sup>-1</sup>
UK	Beach <sup>a</sup>	9	# kg <sup>-1b</sup>
UK	Estuarine <sup>a</sup>	35	# kg <sup>-1b</sup>
UK	Subtidal <sup>a</sup>	86	# kg <sup>-1b</sup>
Singapore	Beach	16	# kg <sup>-1</sup>
UK	Sewage disposal site	15	# kg <sup>-1b</sup>
Belgium	Harbour	391	# kg <sup>-1</sup>
Belgium	Continental shelf	116	# kg <sup>-1</sup>
Belgium	Beach	156	# kg <sup>-1</sup>

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

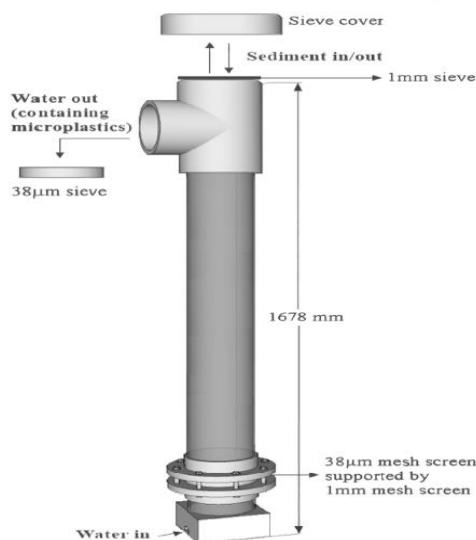
### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



پژوهشگران همچنین تکنیک های جدیدی را برای استخراج میکروپلاستیک ها از رسوبات و بافت بی مهره گان پیشنهاد کردند. روش توسعه یافته برای رسوبات شامل کاهش حجم نمونه با شستشو و به دنبال آن جداسازی با استفاده از محلول یدید سدیم با چگالی بالا بود. کلاسن و همکاران دستگاهی برای استخراج میکروپلاستیک ها از رسوب بر اساس اصل آبکشی ساختند. آبکشی فرآیندی است که ذرات سبک تر را با استفاده از جریان گاز یا مایع به سمت بالا از ذرات سنگین تر جدا می کند. بر اساس این طرح، دستگاه جدیدی توسعه داده شد که به صورت شماتیک در شکل ۲ نشان داده شده است [۱۲].



شکل ۲. نمایش شماتیک ستون شستشو که برای جداسازی میکروپلاستیک ها از ذرات ماسه سنگین تر استفاده می شود [۱۲].

مقایسه کارایی این روش ها با یک تکنیک پر کاربرد نشان داد که روش جدید راندمان استخراج بسیار بالاتری دارد. برای الیاف و دانه ها، افزایش ۲۳٪ و ۳۹٪ نشان داده شد و کارایی استخراج تا ۱۰۰ درصد افزایش یافت [۱۲].  
دکیف و همکاران وقوع زباله های پلاستیکی و افزودنی های پلاستیک آلی مرتبط در رسوبات ساحلی در جزیره نوردرنی دریای شمال را مورد بررسی قرار دادند. هدف از این مطالعه تعیین اینکه آیا تنوع فضایی میکروپلاستیک ها باید در برنامه های نظارت در نظر گرفته شود، بود. از این رو ریزذرات کوچک، از ۳۶ نمونه رسوب یک کیلوگرمی استخراج

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

و با بازرسی میکروسکوپی بصری و تا حدی توسط کروماتوگرافی گازی تجزیه حرارتی دفع حرارتی / طیفسنجی جرمی تجزیه و تحلیل شدند. تجزیه و تحلیل نوری میکروپلاستیک های با پتانسیل کوچک استخراج شده با استفاده از میکروسکوپ (Wild M3Z) توسط Leica Microsystems (Wetzlar، آلمان) با بزرگنمایی ۴۰-۵/۶ برابر با نور از منبع نور سرد KL ۱۵۰۰ الکترونیکی تولید شده توسط Schott (Mainz، آلمان) انجام شد. این میکروسکوپ مجهز به دوربین دیجیتال تک عدسی رفلکس (Nikon D40x، توکیو، ژاپن) بود. نتایج نشان داد که ذرات نمونه به طور همگن توزیع شدند و وقوع میکروپلاستیک های بالقوه کوچک با زباله های پلاستیکی قابل مشاهده ارتباطی ندارد [۱۳].

سانتوس<sup>۱</sup> و همکاران در سال ۲۰۱۵ به مطالعه ای در خصوص توصیف و تعیین کمیت میکروپلاستیک ها در محیط پرداختند. این تحقیق شامل یک ارزیابی کلی از نمونه برداری، جابجایی نمونه و روش هایی برای طبقه بندی مورفولوژیکی و فیزیکی و روش شناسی برای خصوصیات شیمیایی و کمی سازی میکروپلاستیک ها بود. در این پژوهش برای ارزیابی مورفولوژی سطح، ترکیب و غلظت میکروپلاستیک ها بعضی از تجهیزات از جمله: میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، طیفسنجی فرسرخ تبدیل فوریه (FT-IR)، PyT-GC-MS، طیفسنجی رامان، میکروسکوپ الکترونی روبشی - طیفسنجی اشعه ایکس پراکنده انرژی (SEM-EDS)، میکروسکوپ الکترونی روبشی محیطی - طیفسنجی پراکنده انرژی اشعه ایکس (ESEM-EDS) مورد بررسی قرار گرفتند. در نهایت، در این بررسی به مزایا و معایب این تکنیک ها پرداخته شد و در مورد کاربردهای آینده و علاقه های پژوهشی بالقوه در این زمینه اظهار نظر شد [۱۱].

کونبرگ<sup>۲</sup> و همکاران در سال ۲۰۱۵ به تحقیق در مورد میکروپلاستیک ها پرداختند. در ابتدای این تحقیق زباله های پلاستیکی بر اساس اندازه و ابعاد دسته بندی شدند. در ادامه در مورد ارزیابی تکنیک های استخراج میکروپلاستیک ها، بحث در مورد وقوع و توزیع جهانی میکروپلاستیک ها در رسوبات و ارزیابی جامعی از اثرات نامطلوب احتمالی این نوع آلودگی برای موجودات دریایی پرداخته شد [۱۱].

شناسایی و خصوصیات میکروپلاستیک (MP) یک مرحله ضروری برای ارزیابی غلظت، ترکیب شیمیایی و برهمکنش آنها با موجودات زنده است. لنز<sup>۳</sup> و همکاران به تحقیق در خصوص میکروپلاستیک با قطر  $\leq 10$  میکرومتر پرداختند. در این تحقیق نمونه هایی از زیر سطح دریا در اروپا و اقیانوس اطلس شمالی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در

Rocha-Santos<sup>۲</sup>.  
Van Cauwenbergher.

Lenz<sup>۱</sup>.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

این پژوهش فیلترهای خلاء تحت یک میکروسکوپ نوری همراه با یک طیفسنج رامان (Thermo Fisher Scientific) با لیزر تحریک ۴۵۵ نانومتر و توری ۱۲۰۰ خط در میلی متر با استفاده از اهداف (Olympus M Plan, )  $NA = 0.25$  و  $NA = 0.50$  (LM Plan) تجزیه و تحلیل شدند. پژوهشگران اعلام داشتند که طیفسنجی رامان تکنیک های کافی را برای شناسایی و آنالیز شیمیایی میکروپلاستیک های دریایی در محدوده میکرومتر پایین تر فراهم می کند. سیگنال های رامان از نمونه های تخریب شده با نور، امکان شناسایی گسترده ای را برای رایج ترین انواع پلاستیک در محیط های دریایی فراهم کردند [۱۴].

کیو<sup>۱</sup> و همکاران در سال ۲۰۱۶ به بررسی روش ها و تکنیک های استخراج میکروپلاستیک ها از رسوبات، آب دریا و موجودات پرداختند و مزایا و محدودیت های آنها را با توجه به شرایط آزمایشی مختلف، مانند محلول نمک و معرف های اضافه شده برای حذف مواد آلی، ارزیابی کردند. به طور مشابه، این نمای کلی شامل روش های شمارش میکروپلاستیک ها توسط انواع مختلف میکروسکوپ ها (به عنوان مثال استریومیکروسکوپ، میکروسکوپ فلورسنت، میکروسکوپ الکترونی روبشی) است. مزایا و چالش های استفاده از  $micro-FTIR$ ،  $ART-FTIR$ ،  $FPA-FTIR$ ،  $Pry-GC/MS$ ، طیفسنجی رامان و EDS در روش های شناسایی نیز مورد بحث قرار می گیرد. این بررسی نشان می دهد که نظارت بر میکروپلاستیک ها به پروتکل های استاندارد شده برای استخراج، شناسایی و تعیین کمیت نیاز دارد و تحقیقات بیشتری در مورد اثرات میکروپلاستیک ها بر سلامت انسان مورد نیاز است [۱۵].

میلر<sup>۳</sup> و همکاران در مطالعه ای روش های فعلی مورد استفاده برای جداسازی و شناسایی میکروپلاستیک ها در نمونه های محیطی دریایی، یعنی آب دریا، رسوبات و موجودات دریایی را مرور کردند. در ادامه پژوهشگران پروتکل های نمونه برداری و نگهداری مورد استفاده را در این خصوص توصیه نمودند. همچنین ترکیبی از روش های جداسازی و شناسایی اعمال شده ارائه کردند. پژوهشگران اعلام داشتند که در حالی که طیفسنجی FTIR و رامان برای شناسایی شیمیایی میکروپلاستیک ها در برخی از میکروسکوپ های مطالعات بافتی استفاده شده اند، اغلب برای تعیین ویژگی های فیزیکی، مانند شکل، رنگ یا اندازه استفاده می شوند. با توجه به اینکه درمان های اسیدی با شدت بالا می توانند باعث تغییر رنگ یا تغییر فیزیکی ذرات پلاستیک با تکیه بر ارزیابی بصری شوند، تنها به این معنی است که شناسایی در

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



بهترین حالت حدس و گمان است و مقایسه بین مطالعات را دشوار می کند. در انتها گزارشی در مورد نرخ بازیابی تعیین شده میکروپلاستیک ها، به ویژه برای روش های جداسازی شیمیایی رایج گزارش شد [۱۶].

علاوه بر میکروپلاستیک ها، افزودنی های شیمیایی افزوده شده به پلاستیک ها در حین ساخت که ممکن است پس از بلع توسط جانوران در محیط زیست دفع شوند، وارد زنجیره های غذایی می شوند و به طور بالقوه باعث ایجاد مشکلات جدی برای سلامت انسان می شوند. جیانگ<sup>۱</sup> و همکاران در سال ۲۰۱۸ در خصوص موضوع اشاره شده تحقیقات خود را انجام دادند. محققین به طور خلاصه اعلام داشتند که در میان تمام تکنیک های موجود در جهان، طیف سنجی Micro-FTIR یک تکنیک اصلی است که برای شناسایی ویژگی های شیمیایی میکروپلاستیک ها استفاده می شود. از آنجایی که این روش به ناهمگونی مواد مورد تجزیه و تحلیل بستگی دارد، توسعه تکنیک های کارآمد و قابل تکرار برای جمع آوری نمونه ها و جداسازی میکروپلاستیک ها بسیار مهم است [۱۷].

لی<sup>۲</sup> و همکاران در خصوص جذب آنتی بیوتیک ها روی میکروپلاستیک ها تحقیق کردند. محقق اعلام داشتند که میکروپلاستیک ها و آنتی بیوتیک ها دو دسته از آلاینده های نوظهور با اثرات منفی پیشنهادی بر اکوسیستم های آبی هستند. جذب آنتی بیوتیک ها بر روی میکروپلاستیک ها ممکن است منجر به انتقال طولانی مدت آنها شود و ممکن است اثرات ترکیب مرکب ایجاد کند. در این مطالعه، جذب ۵ آنتی بیوتیک [سولفادیازین (SDZ)، آموکسی سیلین (AMX)، تتراسایکلین (TC)، سیپروفلوکساسین (CIP) و تری متوپریم (TMP)] را بر روی ۵ نوع میکروپلاستیک [پلی اتیلن (PE)، پلی استایرن (PS)، پلی پروپیلن (PP)، پلی آمید (PA) و پلی وینیل کلرید (PVC)] در سیستم های آب شیرین و آب دریا بررسی کردند. میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و تجزیه و تحلیل پراش اشعه ایکس (XRD) نشان داد که میکروپلاستیک ها ویژگی های سطحی متفاوت و درجات مختلفی از کریستالی دارند [۱۸].

سیلوا<sup>۳</sup> و همکاران در سال ۲۰۱۸ تکنیک های تحلیلی برای نمونه برداری، جابجایی نمونه، شناسایی و کمی سازی میکروپلاستیک ها و به میزان کمتری از نانوپلاستیک ها در نمونه های مختلف محیطی، یعنی آب، رسوبات و بافت های بیولوژیکی را بررسی کردند. همچنین در این تحقیق توجه ویژه ای به کنترل کیفیت تحلیلی و محصولات تضمین کیفیت

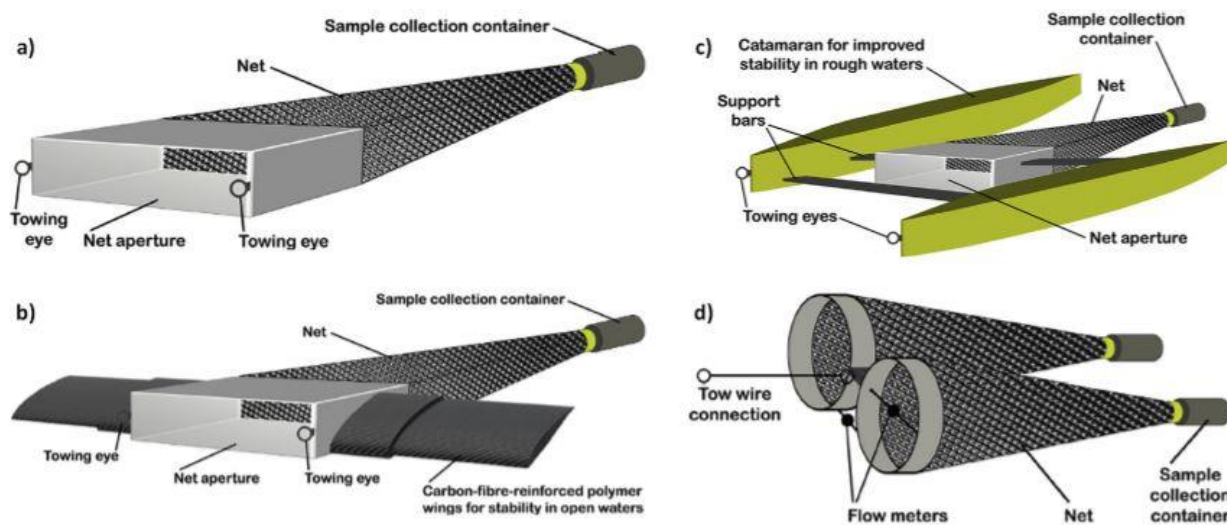
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

مرتبط با اعتبارسنجی روش های تحلیلی و استفاده از مواد مرجع برای تعیین کمیت میکروپلاستیک ها در چنین نمونه های محیطی داده شده است. شکل ۲ انواع متعددی از تجهیزات مورد استفاده برای نمونه برداری از میکروپلاستیک ها در آب دریا را نشان می دهد. اندازه های توری به طور گسترده ای از ۵۳ میکرومتر تا ۳ میلی متر متغیر است، بنابراین بر حجم و ماهیت میکروپلاستیک های به دست آمده از نمونه ها تأثیر می گذارد.



شکل ۳. انواع تجهیزات برای نمونه برداری میکروپلاستیک در آب سطحی دریا

تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق شامل: ATR-FTIR: طیفسنجی فروسرخ با بازتاب کل تضعیف شده- تبدیل فوریه. FESEM-EDX: میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی با طیفسنجی پرتو ایکس پراکنده انرژی. FTIR: طیفسنجی فروسرخ تبدیل فوریه. ICP-MS: طیفسنجی جرمی پلازما جفت شده القایی. PyT-GC-MS: تجزیه در اثر حرارت- کروماتوگرافی گازی- طیفسنجی جرمی. SEM: میکروسکوپ الکترونی روبشی. EDS: طیفسنجی اشعه ایکس پراکنده انرژی. TED-GC-MS: استخراج حرارتی و دفع همراه با GC-MS بوده است [۲].  
آراوجو و همکاران در ژوئن ۲۰۱۱ بررسی مزایا و محدودیت های اصلی طیفسنجی رامان را برای شناسایی میکروپلاستیک های محیطی بیان کردند. در این تحقیق پژوهشگران اشکالات رایج تکنیک های رامان، مانند سیگنال



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

ضعیف و تداخل فلورسانس، را با پیروی از پروتکل های تمیز کردن مناسب، اعمال الگوریتم های حذف خط پایه و استفاده از آشکارسازهای کارآمدتر برطرف کردند. آراوجو و همکاران اعلام داشتند که توسعه روال های خودکار نقشه برداری رامان، تشخیص سریع ذرات پلاستیکی را با حداقل زمان عملیاتی امکان پذیر می سازد. همچنین با ساده سازی پیش انتخاب ذرات، از طریق نرم افزار تشخیص ذرات و اخیراً برچسب گذاری فلورسنت میکروپلاستیک ها، تعداد نقاط داده ای که باید جمع آوری شوند تا حد زیادی کاهش می یابد [۱۹].

آراوجو و همکاران بار دیگر در اگوست ۲۰۱۱ به مطالعه روش های مورد استفاده حاضر برای نمونه برداری، استخراج و شناسایی میکروپلاستیک ها در سه نوع محیط آبی (آب، رسوب و زیست های آبی) را مورد بررسی قرار دادند. بررسی ها شامل بحثی انتقادی از مزایا و محدودیت های این روش ها بود. اقدامات کنترل کیفیت و تضمین کیفیت انجام شده برای کاهش آلودگی پس زمینه و اعتبارسنجی روش های تحلیلی نیز مورد بحث قرار گرفت. در این تحقیق از روش میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، طیفسنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR) و تست طیفسنجی رامان استفاده شده است. نهایتاً پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که میکروپلاستیک ها تقریباً در همه جا در محیط های آبی مختلف وجود دارند و رانده مان استخراج میکروپلاستیک ها از محیط های مختلف تا حد زیادی به محلول استخراج به کار گرفته شده بستگی دارد [۲۰].

آکدوگان و همکاران در سال ۲۰۱۹ بررسی با هدف ارائه وضعیت فعلی تحقیقات میکروپلاستیک و ارائه یک نمای کلی جامع از فراوانی میکروپلاستیک ها در شش بخش مختلف محیطی شامل: دریا، خور، رودخانه، دریاچه، خاک و جو انجام دادند. مطالب مورد بررسی در این پژوهش برای دریاها، مصب ها، رودخانه ها و دریاچه ها بیشتر بر اساس وقوع و خصوصیات، جذب توسط و اثرات در موجودات و مسائل حمل و نقل طبقه بندی می شوند. نتایج نشان می دهد که در حالی که میکروپلاستیک های دریایی به مقدار قابل توجهی بررسی شده است، میزان آلودگی میکروپلاستیک ها در محیط های قاره ای مانند رودخانه ها، دریاچه ها، خاک، هوا و تعاملات زیست محیطی به خوبی شناخته نشده است [۹].

سبحانی و همکاران در سال ۲۰۲۰ به بررسی نانوپلاستیک ها پرداختند. هدف این مطالعه تصویربرداری، تجسم و شناسایی نانوپلاستیک ها تا ۱۰۰ نانومتر با استفاده از تصویر برداری رامان است. SEM برای تایید آنالیز نانوپلاستیک ها به همراه میکروپلاستیک ها استفاده می شود. برای تایید این تکنیک، نمونه های واقعی گرد و غبار پرداخت رنگ را که

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

هنگام صیقل دادن روکش شفاف پلی اکریلیک وسیله نقلیه خود با دست و کیت خود انجام دهید (DIY) جمع آوری شد. در این مطالعه، میکروپلاستیک ها/نانوپلاستیک ها از اندازه ۱۰۰۰ نانومتر تا ۱۰۰ نانومتر با موفقیت تجسم و تصویربرداری شد. همچنین این تکنیک تصویربرداری رامان برای تجزیه و تحلیل نمونه های واقعی آزمایش شد. نتایج به دست آمده در این تحقیق دلگرم کننده بود [۲۱].

فنگ و همکاران در مطالعه ای، توزیع شدت جانبی سیگنال رامان منتشر شده توسط نانوپلاستیک ها (قطرهای حدود ۳۰ تا ۶۰۰ نانومتر) را در نقطه لیزر تحریک را بررسی کردند. در این تحقیق پژوهشگران دریافتند که شدت انتشار رامان، مشابه چگالی توان تحریک توزیع شده در یک نقطه لیزری، از توزیع گاوسی جانبی نیز تبعیت می کند. برای تصویربرداری و تجسم تک تک نانوپلاستیک ها، پژوهشگران (۱) اندازه پیکسل های تصویربرداری را کاهش دادند، به این امید که تصویری با وضوح بالا تولید کنند و همزمان موارد را از "نقطه کور" بردارند. سپس (۲) رنگ را تغییر دادند تا عمداً فقط قسمت با شدت بالا سیگنال رامان (که از مرکز نقطه لیزر ساطع می شود) را به تصویر بکشند تا موقعیت دقیق نانوپلاستیک را مشخص کنند. (۳) نانوپلاستیک های تصویر شده را از طریق شدت رامان به گروه های مختلف دسته بندی کردند تا همزمان و جداگانه نانوپلاستیک های بزرگ، نانوپلاستیک های متوسط و نانوپلاستیک های کوچک را به منظور جلوگیری از محافظت و نادیده گرفتن سیگنال های ضعیف تجسم کنند. (۴) همچنین چند تصویر را که به طور همزمان در دو یا سه قله مشخصه از طریق یک منطق-OR یا یک الگوریتم منطق-AND نگاشت شده اند، بررسی کردند. نتیجه اینکه عدم قطعیت تصویربرداری را می توان به طور قابل توجهی از نقطه نظر آماری کاهش داد [۲۲].

#### ۲- نتیجه گیری

میتوان نتیجه گرفت پژوهشگران برای شمارش میکروپلاستیک ها از میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) استفاده کردند. همچنین برای شناسایی ساختار شیمیایی میکروپلاستیک ها روش های طیفسنجی شامل: طیفسنجی مادون قرمز، تبدیل فوریه (FTIR)، میکرو رامان، SEM-EDX و Pry-GC-MS را به کار بردند، در این بین میکرو رامان با توجه به آسان بودن و زمان کم آماده سازی نمونه، بیشترین کاربرد را در شناسایی میکروپلاستیک ها داشت. روش FTIR نیز کاربرد فراوانی داشت. برای بررسی میکروپلاستیک های بزرگتر بطور مستقیم و برای بررسی میکروپلاستیک های کوچکتر اتصال میکروسکوپ به سیستم (Micro-FTIR) استفاده شد. روش Pry-GC-MS در مطالعات کمی استفاده شد که علت آن زمان بر بودن این روش است. روش SEM-EDX نیز روشی زمان بر

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



و پر هزینه گزارش شد. در نهایت تحقیقات به عمل آمده توسط پژوهشگران در مورد روش های تحقیق در جدول ۲ نشان داده شده است. در این قسمت نقاط ضعف و قدرت هر روش مورد بررسی قرار گرفته شد.

جدول ۲. تحقیقات به عمل آمده توسط پژوهشگران

روش پژوهش	رویکرد و اطلاعات به دست آمده	آماده سازی نمونه (به استثنای جداسازی)	مزایا/معایب
میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)	برهمکنش یک پرتو الکترون با نمونه برای اندازه گیری یون های ثانویه که یک تصویر نمونه را تولید می کنند	هنگام کار در خلاء بالا نیاز به پوشش دارد	تصویر با وضوح بالا ممکن است نیاز به پوشش داشته باشد. مخرب. اثرات شارژ
طیفسنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FT-IR)	طیفها را می توان در حالت انتقال، انعکاس یا بازتاب کل ضعیف جمع آوری کرد	بدون نیاز به آماده سازی نمونه (ممکن است نیاز به تمیز کردن نمونه باشد)	هنگام استفاده از میکرو FT-IR: - نرم افزار امکان تجسم نمونه ها، جمع آوری طیفها و نمونه های نقشه را فراهم می کند. پرتو مادون قرمز کاملا قابل پاکسازی و مرحله نمونه که اثرات بخار آب و دی اکسید کربن در طیف را از بین می برد و محیطی عاری از گرد و غبار برای میکروسکوپ فراهم می کند
Pyr-GC-MS	طیفسنجی جرمی میکروپلاستیکها با تجزیه و تحلیل محصولات تخریب حرارتی آنها	نمونه بردار مجهز به سیستم دفع حرارتی	قادر به تجزیه و تحلیل نوع پلیمر و افزودنی های پلاستیکی آلی در یک اجرا بدون استفاده از حلالها، بنابراین از آلودگی پس زمینه جلوگیری می کند. مخرب



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



مزایا/معایب	آماده سازی نمونه (به استثنای جداسازی)	رویکرد و اطلاعات به دست آمده	روش پژوهش
هنگام استفاده از میکرو رامان: - روش اندازه گیری بدون تماس و غیر مخرب را می توان برای مواد بسیار متفاوت اعمال کرد. - وجود رنگ در میکروپلاستیک ها با اندازه ها و نوع پلاستیک تداخل دارد و می توان طیف رنگدانه را به جای پلاستیک به دست آورد	بدون نیاز به آماده سازی نمونه (ممکن است نیاز به تمیز کردن نمونه باشد)	لیزر شبکه و ارتعاشات مولکولی را تحریک می کند. طیفسنجی رامان در مورد پیوند درون ماده، و در مورد مولکول ها و ساختارهای شبکه ای اطلاعات می دهد	طیفسنجی رامان
مشخصات شیمیایی و مورفولوژیکی ذرات	بدون نیاز به پوشش به دلیل کار در خلاء کم	پراش و بازتاب تابش ساطع شده از سطح میکروپلاستیک	(SEM-EDS)
ترکیب عنصری و مورفولوژی سطح میکروپلاستیک سثها. بدون تاثیر بار	بدون نیاز به آماده سازی نمونه	پراش و بازتاب تشعشعات ساطع شده از سطح میکروپلاستیک	ESEM-) (EDS)

### منابع

1. Rocha-Santos, T. and A.C. Duarte (2015) TrAC Trends in Analytical Chemistry. **65**: p. 47-53.
2. Silva, A.B., et al. (2018) Anal Chim Acta. **1017**: p. 1-19.
3. Chen, Y., et al. (2020) Current Opinion in Environmental Science & Health. **18**: p. 14-19.
4. Fan, T., et al. (2021) Adsorption Science & Technology. **2021**: p. 1-12.
5. Lee, J. and K.J. Chae. (2021) J Hazard Mater. **403**: p. 124049.
6. Sun, Y., et al. (2022) Sci Total Environ. **806**(Pt 2): p. 150516.
7. Zhu, Y., et al. (2021) Water, Air, & Soil Pollution. **۲۰۲۱**, **۲۳۲**(۱۲): ۱۲۰۲۱-۱۲۰۳۰

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

۸. Budhiraja, V., et al.( 2022) Polymers (Basel). **14**(۱۳)
۹. Akdogan, Z. and B. Guven(2019). Environ Pollut., **254**(Pt A): p. 113011.
۱۰. Li, S., et al.( 2022) Environ Pollut., **308**: p. 119482.
۱۱. Van Cauwenberghe, L., et al.( 2015) Mar Environ Res. **111**: p. 5-17.
۱۲. Claessens, M., et al.( 2013) Mar Pollut Bull. **70**(1-2): p. 227-33.
۱۳. Dekiff, J.H., et al.( 2014) Environ Pollut. **186**: p. 248.۵۶-
۱۴. Lenz, R., et al.( 2015) Mar Pollut Bull. **100**(1): p. 82-91.
۱۵. Qiu, Q., et al.( 2016) Estuarine, Coastal and Shelf Science., **176**: p. 102-109.
۱۶. Miller, M.E., F.J. Kroon, and C.A. Motti.(2017) Mar Pollut Bull : (۲-۱)۲۳ .۲۰۱۷ ,p. 6-18.
۱۷. Jiang, J.-Q.( 2018) Sustainable Production and Consumption. **13**: p. 16-23.
۱۸. Li, J., K. Zhang, and H. Zhang(2018) Environ Pollut. **237**: p. 460-467.
۱۹. Araujo, C.F., et al.( 2018) Water Res., **142**: p. 426-440.
۲۰. Wang, W. and J. Wang( 2018) TrAC Trends in Analytical Chemistry. **108**: p. 195-202.
۲۱. Sobhani, Z., et al.( 2020) Water Res. **174**: p. 115658.
۲۲. Fang, C., et al. (2020)Water Res., **183**: p. 11604.۶

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## اصلاح مواد با عوامل جفت کننده ی سیلانی و روش های مشخصه یابی آن ها

هومن قاسم زاده<sup>۱</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۲</sup>، مجید صفاجو جهانخامنلو<sup>۳</sup>، زهرا واتقی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استاد تمام گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، [nematollahzadeha@uma.ac.ir](mailto:nematollahzadeha@uma.ac.ir)

۳- استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۴- محقق پسادکتری گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

### چکیده

مواد آلی و غیر آلی از نظر خواص سطحی، گروه های عاملی، و واکنش پذیری تفاوت های بسیاری باهم دارند و اتصال این مواد از طریق برقراری پیوند بین آن ها مشکل است. به همین دلیل استفاده از روشی که بدون اعمال تغییرات در نیروهای شیمیایی و فیزیکی فصل مشترک بتواند چسبندگی بین دو ماده غیرمشابه را افزایش دهد حائز اهمیت است. عوامل جفت کننده، به عنوان ارتقادهنده چسبندگی، با برقراری پیوندی قوی در فصل مشترک بین دو ماده غیرمشابه، آن ها را به هم متصل می سازند. در بین این مواد، مواد مبتنی بر سیلیکون به دلیل برقراری پیوند پایدار فلز-کربن به طور گسترده به عنوان عوامل جفت کننده استفاده می شوند. از آنالیزهایی مانند طیفسنجی مادون قرمز تبدیل فوری، گرماوزنسنجی، طیفسنجی فوتوالکترون پرتو ایکس، و میکروسکوپ الکترونی روبشی می توان به منظور مشخصه یابی این ترکیبات استفاده کرد.

کلمات کلیدی: اصلاح سطح، سیلان، عامل جفت کننده، مشخصه یابی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

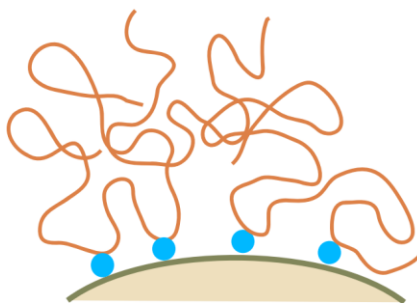


### مقدمه

مواد آلی و غیر آلی از جهات مختلفی از قبیل سازگاری، واکنش پذیری شیمیایی، خواص سطحی، و ضریب انبساط گرمایی باهم متفاوت هستند که این عوامل باعث ایجاد مشکل در برقراری پیوند قوی بین این دو ماده غیرمشابه می شوند [۱].

برای رفع این مشکل روش های مختلفی شامل اصلاح شیمیایی سطح از طریق اکسیداسیون با اوزون یا با پلاسما و ایجاد خراش فیزیکی بر روی ماده غیرآلی جهت افزایش سطح پیوند به وسیله ی تغییر در زبری سطح به منظور افزایش چسبندگی استفاده می شود. با وجود اینکه این روش ها می توانند چسبندگی را افزایش دهند اما استفاده از روشی که بدون اعمال تغییرات در نیروهای فیزیکی و شیمیایی فصل مشترک بتواند چسبندگی را افزایش دهد از اهمیت ویژه ای برخوردار است [۱].

عوامل جفت کننده<sup>۳</sup> که به عنوان ارتقادهنده ی چسبندگی<sup>۴</sup> عمل می کنند، مواد شیمیایی هستند که به منظور افزایش چسبندگی بین دو ماده در فصل مشترک سطح ماده آلی و غیرآلی عمل می کنند. یک ارتقادهنده چسبندگی در فصل مشترک مواد آلی/غیرآلی، دو ماده غیرمشابه را با یک ساختار پیوندی قوی به هم متصل می سازد. ارتقادهنده های چسبندگی، مواد شیمیایی دو عاملی<sup>۵</sup> در ساختار مولکولی خود هستند. یک اتم مرکزی فلزی مانند سیلیکون، زیرکونیوم، تیتانیوم، آلومینیوم و... واکنش پذیری غیرآلی را به خصوص اگر گروه های متوکسی، اتوکسی، یا هیدروکسیل به اتم فلزی متصل باشند برای ارتقادهنده چسبندگی مهیا می سازد [۱]. نمای شماتیک عوامل جفت کننده بر روی ذره در شکل ۱ نشان داده شده است.



<sup>1</sup> Compatibility  
<sup>2</sup> Physical abrasion  
<sup>3</sup> Coupling agents  
<sup>4</sup> Adhesion promoter  
<sup>5</sup> Dual functional

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شکل ۱. نمای شماتیک عوامل جفت کننده بر روی ذره [۲]

### ۳۰- انواع عوامل جفت کننده

عوامل جفت کننده ی مهم که به صورت تجاری در حال استفاده هستند به شرح زیر هستند [۲]:

- ۱- ارگانوسیلانها<sup>۱</sup>
- ۲- نمک های کروم
- ۳- آلومیناتها<sup>۲</sup>
- ۴- زیرکوا آلومیناتها<sup>۳</sup>
- ۵- تیتاناتها<sup>۴</sup>
- ۶- اسیدهای غیراشباع

اگر پایه ی عامل جفت کننده، گروه کربوکسیلیک اسید باشد، این گروه به راحتی می تواند از طریق زنجیره های کربنی به گروه های عاملی مختلف متصل شود [۲]؛ اما اگر پایه به صورت هیدروکسیل فلزی باشد، از آنجایی که گروه های واکنشی معمولاً آلی هستند، غیر از سیلیکون هیچ فلز دیگری که گروه هیدروکسیل دارد نمی تواند پیوند پایدار فلز-کربن را برقرار کند. به همین دلیل ترکیبات مبتنی بر سیلیکون به صورت گسترده به عنوان عامل جفت کننده استفاده می شود. در این مقاله در بین انواع عوامل جفت کننده ارگانوسیلانها به دلیل خواص منحصر به فردی که دارند مورد بحث قرار خواهند گرفت [۲].

### ۳۱- ارتقادهنده های چسبندگی سیلانی

مواد شیمیایی مبتنی بر سیلیکون که به عنوان ارتقادهنده چسبندگی، یا عامل جفت کننده عمل می کنند یک ساختار کلی با ۴ گروه استخلافی متصل به تک اتم سیلیکون را دارا می باشند. ساختار متداول این مواد شامل سه گروه آلکوکسی غیر آلی، متوکسی یا اتوکسی، و یک گروه آلی می باشد، اگرچه در بعضی مواقع ممکن است ساختار شامل دو گروه آلکوکسی و یک گروه آلکوکسی جایگزین شده با گروه متیل<sup>۵</sup> باشد. گروه آلی می تواند واکنش پذیر (آمینی، اپوکسی، متاکریلات، ...) یا واکنش ناپذیر (متیل، بوتیل، اوکتیل، فنیل، ...) باشد [۱].

### ۳-۱- شیمی سیلان

<sup>1</sup> Organosilanes

<sup>2</sup> Aluminates

<sup>3</sup> Zircoaluminates

<sup>4</sup> Titanates

<sup>5</sup> Methyl

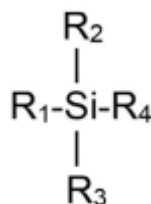
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

سیلیکون در جدول تناوبی هم خانواده ی عنصر کربن است، اما ترکیبات سیلیکونی در مقایسه با ترکیبات کربنی تفاوت های فاحشی از نظر واکنش پذیری شیمیایی دارند. سیلیکون همانند کربن در پایدارترین حالت خود به راحتی می تواند با ۴ گروه استخلافی پیوند برقرار کند، اما سیلیکون در مقایسه با کربن الکتروپوزیتوتر است، پیوند دوگانه پایدار برقرار نمی کند، و قادر به انجام واکنش های شیمیایی بسیار خاص و مفید می باشد که بهره وری آن را به عنوان ترکیب ارتقادهنده چسبندگی افزایش می دهد. مواد شیمیایی سیلیکونی مونومری تحت عنوان سیلان شناخته می شوند. ساختار شیمیایی یک سیلان در شکل ۲ نشان داده شده است [۱]:



شکل ۲. ساختار شیمیایی سیلان [۱].

که در آن  $R_1$ ،  $R_2$ ،  $R_3$  و  $R_4$  می توانند گروه های استخلافی یکسان یا متفاوت از هم باشند. طبیعت الکتروپوزیتو اتم سیلیکون باعث واکنش پذیرتر شدن اتم یا گروه هایی که مستقیماً به اتم سیلیکون متصل هستند می شوند و به جای واکنش پذیری آلی از خود واکنش پذیری غیر آلی نشان می دهند [۱].

### ۳-۲- ناحیه فاز میانی<sup>۲</sup>

زمانی که عوامل جفت کننده سیلان در ناحیه فاز میانی وجود دارند، منطقه بین فاز غیر آلی (از جمله شیشه، فلز، و مواد معدنی) و فاز آلی (از جمله پلیمرهای آلی، پوشش ها، و مواد چسبنده) به منظور بهبود چسبندگی بین دو ماده غیر مشابه به عنوان یک عامل پیوندی یا پل عمل خواهد کرد (شکل ۳). اصلاح ناحیه فاز میانی می تواند تغییرات مطلوبی از جمله تقویت لایه پلیمری در فصل مشترک به وسیله نفوذ میانی با عامل جفت کننده به منظور تشکیل شبکه های پلیمری درهم نفوذ کننده ایجاد کند. در ناحیه فاز میانی بین پلیمر و ماده غیر آلی فعل و انفعالات پیچیده عوامل شیمیایی و فیزیکی مربوط به چسبندگی، قدرت فیزیکی، و بازداری خواص چسبنده ها، کامپوزیت ها، و مخلوط مواد آلی و غیر آلی وجود دارد. پیوندهای چسبندگی می تواند با نفوذ آب به ناحیه فاز میانی تخریب شوند. عوامل جفت کننده

<sup>1</sup> Electropositive

<sup>2</sup> Interphase Region

<sup>3</sup> Interpenetrating polymer networks



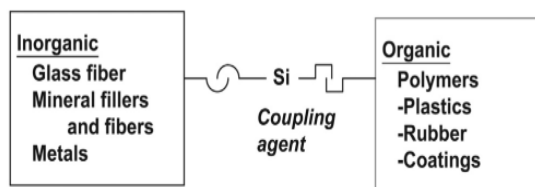
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

نه تنها برای بهبود قدرت پیوندی بلکه برای جلوگیری از شکست پیوند در فصل مشترک خواص شیمیایی و فیزیکی منحصربه فردی دارند. قدرت خمشی در کامپوزیت ها، با استفاده از عوامل جفت کننده، اغلب ۴۰٪ افزایش می یابد. در مواد چسبنده و پوشش ها، عوامل جفت کننده قدرت پیوندی و مقاومت در برابر رطوبت و سایر شرایط محیطی را به طور قابل توجهی افزایش می دهد [۱].



شکل ۳. عوامل جفت کننده سیلان: واکنش پذیری دوگانه [۱]

### ۳-۳- پیوند با ماده غیر آلی

عوامل جفت کننده سیلان با گروه های واکنش پذیر خود به خوبی با اکثر مواد غیر آلی پیوند برقرار می کنند؛ به خصوص اگر ماده شامل سیلیکون، آلومینیوم یا بیشتر فلزات سنگین در ساختار خود باشند. در اکثر مواقع، پیوند با ماده غیر آلی به سرعت تشکیل می شود. گروه های آلکوکسی بر روی سیلیکون یا با اضافه کردن آب و یا از آب باقی مانده بر روی سطح ماده غیر آلی به سیلانول ها هیدرولیز می شوند (واکنش ۱). سیلانول ها به منظور تشکیل پیوند اکسان با حذف آب با گروه های هیدروکسیل فلز کوئوردینانس می شوند (واکنش ۲). زمانی که عامل جفت کننده به سطح غیر آلی متصل می شود، آن سطح، شیمی سطح و مشخصات واکنش پذیری سطحی گروه آلی متصل به عامل جفت کننده را به خود می گیرد. سطح اصلاح شده، انرژی سطحی گروه آلی را نشان خواهد داد و سطح با توجه به گروه عاملی ارگانوی عامل جفت کننده یک سطح واکنش پذیر خواهد شد [۱].

### ۳-۴- پیوند با پلیمر آلی

برهمکنش عامل جفت کننده سیلان با پلیمر آلی می تواند بسیار پیچیده باشد. برای پلیمرهای گرماسخت، سیلان از طریق تمایل واکنشی شیمیایی سیلان و پلیمر، با پلیمر پیوند برقرار می کند. نکته مهم که در رابطه با این موضوع حائز اهمیت است تطابق واکنش پذیری عامل جفت کننده با واکنش پذیری پلیمر گرماسخت است. برای پلیمرهای

<sup>1</sup> Flexural strength

<sup>2</sup> Coordinate

<sup>3</sup> Thermoset

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

گرمانرم؛ به ویژه پلی اتیلن و پلی پروپیلن، که فاقد واکنش پذیری در ساختار خود هستند، برقراری پیوند کووالانسی با پلیمر بسیار مشکل است. در این نوع موارد، پیوند توسط نفوذ میانی پلیمر به داخل شبکه لایه ای سیلوکسان بر روی سطح ماده غیر آلی و تشکیل شبکه های پلیمری در هم نفوذ کننده در ناحیه فاز میانی است [۱].

مشخصه یابی ترکیبات سیلانی

به منظور تعیین سیلان شده ترکیباتی از قبیل نانوذرات می توان از آنالیزهای دستگاهی از قبیل طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه<sup>۲</sup> (FTIR)، گرماوزن سنجی<sup>۳</sup> (TGA)، طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس<sup>۴</sup> (XPS)، و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) استفاده کرد.

۴-۱- طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه

FTIR ابزاری کاربردی جهت ارزیابی گسترده وسیعی از مواد به خصوص شناسایی مواد مجهول است. از آنالیز FTIR جهت شناسایی مواد خالص، مخلوطها، ناخالصیها، و ترکیبات مواد مختلف استفاده می شود [۳]. همچنین این آنالیز برای مشخصه یابی سطح نانوذرات، و در شرایط خاص تعیین ترکیب شیمیایی سطح کاربرد دارد؛ در واقع طیف-سنجی FTIR تکنیکی جهت شناسایی گروه های عاملی می باشد [۴]. در پژوهشی که لوعو<sup>۵</sup> و همکارانش انجام دادند نانولوله های هالوسیت<sup>۶</sup> با استفاده از عامل جفت کننده سیلانی ان-بتا-آمینواتیل-گاما-آمینوپروپیل تری متوکسی سیلان<sup>۷</sup> اصلاح شدند. همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده است در طیف FTIR نانولوله های هالوسیت اصلاح شده در عدد موج های  $2927 \text{ cm}^{-1}$  و  $2852 \text{ cm}^{-1}$  به ترتیب پیک هایی که می تواند مربوط به ارتعاش کششی نامتقارن و متقارن C-H باشد مشاهده می شود. همچنین وجود پیک در عدد موج های  $1509 \text{ cm}^{-1}$  و  $1457 \text{ cm}^{-1}$  وجود پیوند C-H را تایید می کند. همچنین پیک ظاهر شده در عدد موج  $3361 \text{ cm}^{-1}$  به ارتعاش کششی پیوند N-H مربوط است. نتایج نشان می دهد که عامل جفت کننده سیلانی، تنها منبع پیوندهای C-H و N-H، با موفقیت بر روی هالوسیت پیوند شده است [۵].

<sup>1</sup> Thermoplastic

<sup>2</sup> Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)

<sup>3</sup> Thermogravimetry (TGA)

<sup>4</sup> X-Ray photoelectron spectroscopy (XPS)

<sup>5</sup> Luo

<sup>6</sup> Halloysite

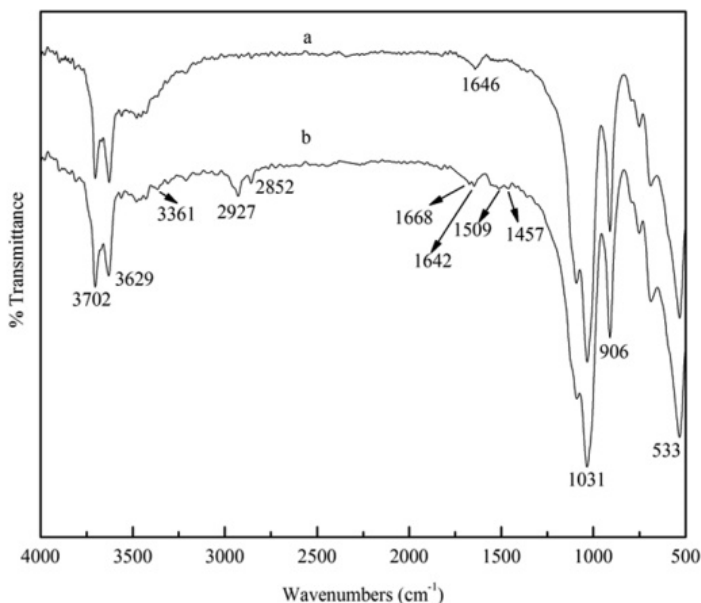
<sup>7</sup> N-β-aminoethyl-γ-aminopropyl trimethoxysilane

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۴. طیف FTIR مربوط به (a) نانولوله های هالوسیت (b) نانولوله های هالوسیت اصلاح شده [۵]

### ۴-۲- گرماوزن سنجی

آنالیز TGA یک روش آنالیز حرارتی است که در آن تغییرات در خواص فیزیکی و شیمیایی مواد به عنوان تابعی از افزایش دما (با ریت حرارتی ثابت)، یا به عنوان تابعی از زمان (با دما و یا کاهش جرم ثابت) اندازه گیری می شود. کاربردهای رایج آنالیز TGA شامل: ۱- مشخصه یابی مواد از طریق آنالیز الگوهای تجزیه ی مشخصه، ۲- مطالعه ی مکانیزم تخریب و سینتیک واکنش، ۳- تعیین مقدار مواد آلی در نمونه، و ۴- تعیین مقدار مواد غیر آلی در نمونه است [۶]. نتایج آنالیز TGA پژوهش ذکر شده در شکل ۵ ارائه شده است. کاهش وزن % ۱/۵۹ برای هالوسیت و % ۲/۰۷ برای هالوسیت اصلاح شده تا دمای ۳۷۸K مشاهده می شود که نشان از حذف آب بین لایه ای آزاد می باشد. برای هالوسیت اصلاح نشده کاهش وزن % ۱۵/۴۲ از دمای ۳۷۸K تا ۱۰۷۳K مشاهده می شود؛ در حالی که کاهش وزن برای هالوسیت اصلاح شده بین دمای ۳۷۸K تا ۱۰۷۳K، % ۱۷/۷۴ می باشد که % ۲/۳۲ بیشتر از کاهش وزن هالوسیت اصلاح نشده است؛ که این می تواند به دلیل تخریب حرارتی عامل جفت کننده سیلانی بارگذاری شده باشد [۵].

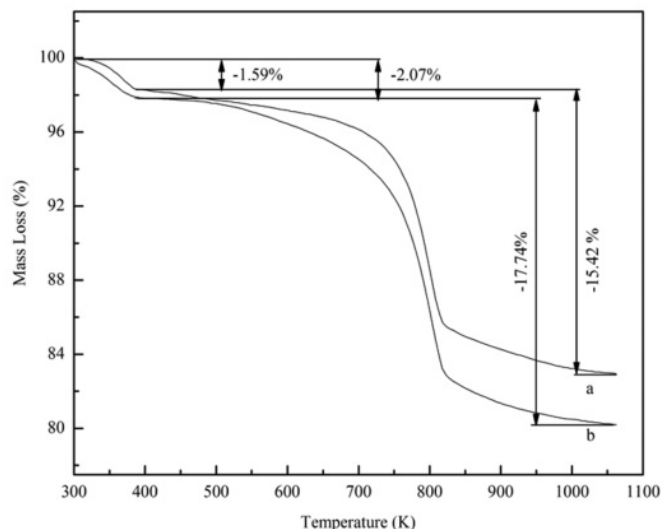


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۵. منحنی TGA مربوط به (a) نانولوله های هالوسیت (b) نانولوله های هالوسیت اصلاح شده [۵]

### ۳-۴- طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس

آنالیز XPS یک تکنیک بر مبنای علم سطح است که به منظور آشکار ساختن اطلاعاتی از قبیل ترکیبات عنصری، فرمول تجربی، حالت شیمیایی، و حالت الکترونی عناصر داخل ماده استفاده می شود [۷]. این تکنیک برای آنالیز کمی ترکیبات سطح مفید بوده و می تواند تمامی عناصر به جز هیدروژن و هلیوم را از طریق شناسایی انرژی های پیوند فوتوالکترون ها تشخیص دهد [۸]. لازم به ذکر است که این آنالیز به طور گسترده به منظور مشخصه یابی ساختار مولکول-های اصلاح کننده و برهمکنش آن ها با مرکز فلزی به کار برده می شود و به علاوه، جابه جایی شیمیایی از طریق برهمکنش با مرکز فلزی نیز به وسیله ی این آنالیز به طور دقیق قابل تشخیص است [۹]. کوئی و همکارانش در پژوهشی که انجام دادند نانوکوره های کربن مغناطیسی (MCNSs) را با هدف مولکول نگاری در مراحل بعدی به وسیله ی ۳-متاکریلوسکی پروپیل تری متوکسی سیلان (KH-570) اصلاح کردند. ترکیبات و اجزاء عنصری سطح MCNSs و KH570/MCNSs همان طور که در شکل ۶ نشان داده شده است به وسیله ی آنالیز XPS مشخص گردید. با توجه به طیف ها مشاهده می شود که همه ی سطوح شامل C، O، و Fe هستند. لازم به ذکر است پیک ظاهر شده ی Si 2p در انرژی پیوند eV ۱۰۲/۸۱ که بعد از اصلاح سطح توسط KH-570 در طیف KH570/MCNSs مشاهده می شود، تأییدی بر پیوند KH570 بر روی سطح MCNSs می باشد [۱۰].

<sup>1</sup> Chemical shift

<sup>2</sup> Cui

<sup>3</sup> Molecularly imprinting

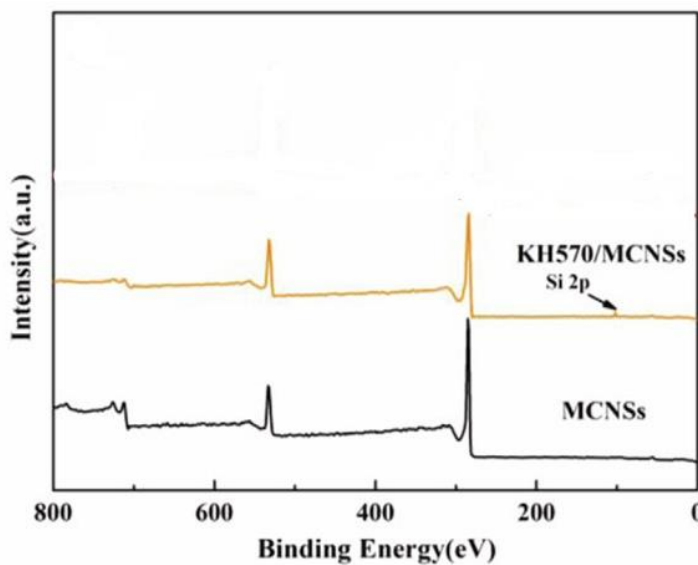
<sup>4</sup> 3-Methacryloxypropyl trimethoxysilane (KH-570)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

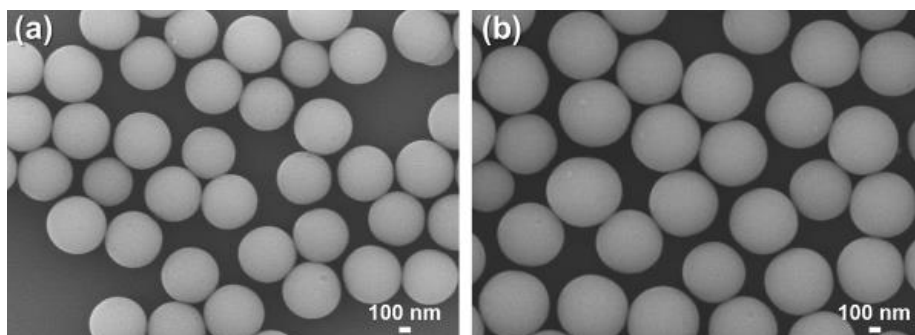
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۶. طیف XPS مربوط به ماده ی MCNSs و KH570/MCNSs [۱۰]

### ۴-۴- میکروسکوپ الکترونی روبشی

SEM یکی از روش های میکروسکوپ الکترونی با رزولوشن بالا است که اطلاعات زیادی در مورد نانومواد در دسترس قرار می دهد. این روش تصویربرداری از سطح، به طور کامل قادر به نمایش اندازه، توزیع اندازه، تشکیل، و مورفولوژی مواد با اندازه میکرو و نانو است. این آنالیز اطلاعاتی از قبیل خلوص و درجه تجمع ذرات را نیز در اختیار قرار می دهد [۱۱]. در پژوهشی که لیو و همکارانش انجام دادند میکروکره های سیلیکا با لایه ای از ۳-متاکریلوکسی پروپیل تری متوکسی سیلان (MPS) اصلاح شدند. با توجه به تصاویر SEM نشان داده شده در شکل ۷، اندازه هسته سیلیکا و سیلیکای اصلاح شده با MPS به ترتیب ۵۵۴ و ۶۵۲ nm گزارش شده است که افزایش اندازه میکروکره ها مربوط به عامل جفت کننده ی استفاده شده می باشد که نشانه ی تأیید پیوند MPS بر روی سطح است [۱۲].



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شکل ۷. تصاویر SEM میکروگروه های (a) سیلیکا و (b) SiO<sub>2</sub>@MPS [۱۲]

### نتیجه گیری

عوامل جفت کننده، به عنوان ارتقادهنده ی چسبندگی، مواد شیمیایی هستند که به منظور افزایش چسبندگی بین دو ماده در فصل مشترک سطح ماده آلی و غیر آلی عمل می کنند. این ماده پیوندی قوی بین دو ماده متفاوت ایجاد کرده و آن ها را به هم متصل می سازد. از آنجایی که گروه های واکنشی معمولاً آلی هستند، غیر از سیلیکون هیچ فلز دیگری نمی تواند پیوند پایدار فلز-کربن را برقرار کند. به همین دلیل ترکیبات برمبنای سیلیکون به صورت وسیع به عنوان عوامل جفت کننده استفاده می شوند. به منظور مشخصه یابی این ترکیبات می توان از آنالیزهایی همچون XPS، TGA، FTIR، SEM و استفاده کرد.

### منابع

- [1] P. G. Pape (2011) *Applied plastics engineering handbook* 503-517.
- [2] C. DeArmitt and R. Rothon (2017) *Applied Plastics Engineering Handbook* 501-516.
- [3] D. Kowalczyk and M. Pitucha (2019), *Materials*, 12. 2972,
- [4] K. Torres-Rivero, J. Bastos-Arrieta *et al.* (2021), *Comprehensive Analytical Chemistry*, 94. 433-469,
- [5] P. Luo, J.-s. Zhang *et al.* (2011), *Industrial & engineering chemistry research*, 50. 10246-10252,
- [6] M. Nasrollahzadeh, M. Atarod *et al.* (2019) *Interface science and technology*, vol. 28,28, 199-322.
- [7] O. J. Guy and K.-A. D. Walker (2016), *Silicon Carbide Biotechnology*. 85-141,
- [8] D. R. Baer and S. Thevuthasan (2010) *Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings* 749-864.
- [9] H. Huang, Y. Qiao *et al.* (2022) *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*.
- [10] Y. Cui, W. Kang *et al.* (2020), *Chemical Engineering Journal*, 397. 125480,
- [11] G. Mansoureh and V. Parisa (2018) *Emerging applications of nanoparticles and architecture nanostructures* 575-596.
- [12] L. Liu, N. Li *et al.* (2018), *ACS Applied Bio Materials*, 1. 845-852,



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## مدل سازی تجمع گاز رادون در فضای داخلی و مقایسه آن با اندازه گیری های تجربی

حسین حسینی فر، مهسا نوری اصل، محمد حمدی پور\*

گروه فیزیک، دانشکده ی علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

پست الکترونیکی : [hamdipour@uma.ac.ir](mailto:hamdipour@uma.ac.ir)

### چکیده

رادون و دختران آن در همه خانه ها وجود دارند، زیرا رادیوم در مصالح ساختمانی و همچنین در خاک وجود دارد. درک وجود مهاجرت و فرآیند تولید رادون از مصالح ساختمانی بسیار مهم است، زیرا به ۵۵٪ از کل دز تابش دریافتی توسط جمعیت از محیط کمک می کند. هدف این پژوهش، ارائه ی یک مدل ریاضی برای شبیه سازی غلظت رادون موجود در داخل یک فضای بسته مانند اتاق و بررسی تأثیر تهویه ی هوا در به تعادل رسیدن غلظت رادون و زمان رسیدن به این تعادل و مقایسه با داده های تجربی است.

کلمات کلیدی: تهویه ی هوا، مصالح ساختمانی، گاز رادون.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

هنگام ساخت سازه های جدید، به ویژه در مناطق مستعد رادون، باید پیشگیری های لازم برای جلوگیری از ورود رادون به فضای داخلی ساختمان ها در نظر گرفته شود. در بسیاری از کشورهای اروپایی و در ایالات متحده آمریکا و چین، انجام اقدامات حفاظتی در ساختمان های جدید در قوانین ساختمانی گنجانده شده است. برخی از روش های رایج کاهش سطح رادون در ساختمان های موجود عبارتند از: افزایش تهویه ی زیر کف؛ نصب یک مخزن رادون در زیرزمین؛ اجتناب از عبور گاز رادون از زیرزمین به فضاهای داخلی با آب بندی کف و دیوارها و بهبود تهویه ی ساختمان. سیستم های غیرفعال تهویه، مانند دریچه ها یا پنجره های تعبیه شده در ساختمان، می توانند سطح رادون داخلی را بیش از ۵۰٪ کاهش دهند. با اضافه شدن فن به سیستم های تهویه، سطح رادون داخلی می تواند حتی بیشتر از این حد هم کاهش یابد [۱]. براساس توصیه ی سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (EPA)، در صورتی که سطح رادون در فضای داخل خانه ها برابر ۴ pCi/L یا بیشتر از این مقدار باشد، باید اقدامات لازم جهت کاهش سطح رادون صورت گیرد [۲]. رادون داخلی یک عامل خطر قابل پیشگیری است که می تواند از طریق سیاست ها و مقررات ملی مؤثر کنترل شود. سازمان جهانی بهداشت (WHO)، برای کاهش خطرات بهداشتی ناشی از قرار گرفتن در معرض رادون داخلی، گزینه های سیاستی زیر را ارائه نموده است [۳]:

الف) ارائه اطلاعات در مورد سطح رادون در فضای داخلی خانه ها و خطرات بهداشتی مربوط به آن.

ب) اجرای برنامه ی ملی رادون با هدف کاهش خطر جمعی و فردی برای افرادی که در غلظت های بالای رادون زندگی می کنند.

ج) کاهش میانگین سالانه غلظت رادون داخلی به میزان  $100 \text{ Bq/m}^3$ . اما اگر این سطح تحت شرایط خاص حاکم بر کشوری قابل دستیابی نباشد، سطح مرجع نباید از  $300 \text{ Bq/m}^3$  تجاوز کند.

در این مطالعه قصد داریم با ارائه ی یک مدل ریاضی، تأثیر تهویه ی هوا بر غلظت رادون در فضای داخلی ساختمان و زمان رسیدن به

غلظت تعادلی را مورد بررسی قرار دهیم. هم چنین، داده های بدست آمده از اندازه گیری ها با نتایج حاصل از این مدل مقایسه می شوند.

### ۲- روش شناسی پژوهش

در این پژوهش، یک مدل ریاضی برای محاسبه ی نظری تجمع گاز رادون در فضاهای بسته ی دارای تهویه یا بدون تهویه، مانند فضای داخلی خانه، ارائه خواهد شد. این مدل شامل ۳ جمله ی اصلی است، که در معادله (۱) نشان داده شده است. اولین جمله، میزان تغییرات غلظت گاز رادون در اثر تهویه را نشان می دهد. دومین جمله، واپاشی رادون و سومین جمله، میزان خروج گاز رادون از مصالح ساختمانی به کار رفته در کف، سقف و دیوارهای ساختمان را به دست می دهد:

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



$$dN = udt\left(-\frac{N}{V} + C_{out}\right) - \lambda Ndt + aSdt \quad (1)$$

در رابطه ی بالا،  $u$ : مقدار تهویه ی هوا بر حسب  $m^3/h$ ،  $N$ : تعداد واپاشی های رادون بر حسب  $Bq$ ،  $V$ : حجم اتاق بر حسب  $m^3$ ،  $C_{out}$ : غلظت رادون هوای بیرون بر حسب  $Bq/m^3$ ،  $\lambda$ : ثابت واپاشی رادون بر حسب  $h^{-1}$ ،  $a$ : آهنگ خروج گاز رادون از مصالح ساختمانی مورد استفاده بر حسب  $Bq/m^2h$ ،  $S$ : مساحت سطح مصالح مورد استفاده بر حسب  $m^2$  می باشد. پس از انجام شبیه سازی مدل ارائه شده با استفاده از نرم افزار متلب، نمودار تغییرات غلظت رادون بر حسب زمان در شرایط تهویه مختلف رسم شد. شرایط اولیه این مدل سازی در جدول ۱ نشان داده شده است. به ازای هر مقدار  $u$  در جدول، یک منحنی به دست می آید. منحنی های مربوط به مقادیر متفاوت  $u$  در شکل ۱ نشان داده شده اند.

جدول ۱. شرایط اولیه برای مدل ریاضی ارائه شده.

داده ها	$C_{out}$	$C_0$	$S$	$V$	$a$	$u$
مقدار	۱۴	۲۰	۳۰	۹۰	۱	۰ و ۱ و ۲ و ۵ و ۱۰ و ۱۰۰

### ۳- نتایج پژوهش

همان طور که از شکل ۱ (الف) مشاهده می شود، محور افقی، زمان بر حسب ساعت ( $h$ ) و محور عمودی، غلظت رادون بر حسب  $Bq/m^3$  را نشان می دهد. منحنی  $u=0$ ، شرایطی را نشان می دهد که در آن محیط هیچ گونه تهویه یا تبادل هوایی با محیط بیرون ندارد و تنها دو عامل واپاشی رادون ( $\lambda$ ) و آهنگ خروج رادون از مصالح ( $a$ )، بر غلظت تعادلی رادون و زمان به تعادل رسیدن آن تأثیر می گذارند. همان طور که دیده می شود، در این شرایط، آهنگ خروج رادون از مصالح بر واپاشی رادون غلبه کرده و میزان رادون تعادلی را بیشتر از رادون اولیه ( $20 Bq/m^3$ ) و در حدود  $30 Bq/m^3$  بدست می دهد، ولی زمان رسیدن به تعادل خیلی زیاد بوده و در حدود ۳۵۰ ساعت می باشد. مشاهده می شود که هرچه میزان تهویه افزایش می یابد، زمان رسیدن به تعادل کاهش یافته و غلظت رادون تعادلی به غلظت رادون هوای آزاد ( $14 Bq/m^3$ ) نزدیک تر می شود. برای مثال، در  $u=100$ ، زمان رسیدن به تعادل در حدود ۵ و نیم ساعت و غلظت رادون تعادلی برابر با  $14 Bq/m^3$  است.

شکل ۱ (ب)، داده های تجربی ای را که برای یک اتاق کوچک به حجم  $30 m^3$  به مدت ۱۴ ساعت اندازه گیری شده اند، نشان می دهد.

این مدت زمان به بازه های ۲۰ دقیقه ای تقسیم شده و هر کدام از نقاط آبی رنگ، میانگین غلظت رادون در هر یک از این بازه ها را نشان می دهد. قبل از شروع اندازه گیری، هوای اتاق تا حدود زیادی تهویه شده و سطح رادون اتاق به مقدار زیادی کاهش یافت. سپس، اندازه گیری ها با بستن در و پنجره ی اتاق آغاز شد. انتظار می رفت که سطح رادون روند



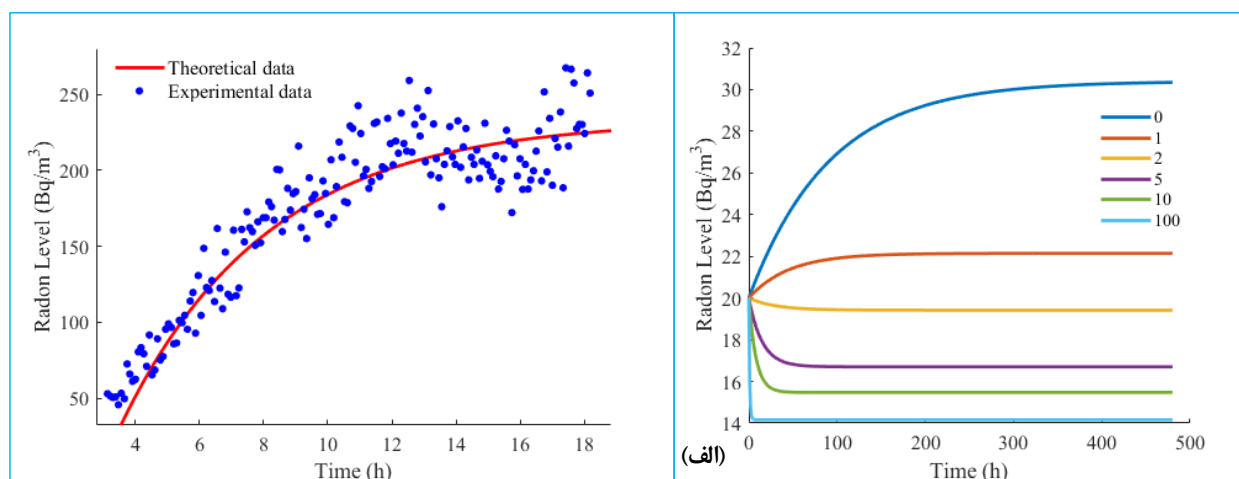
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

افزایشی داشته باشد تا به حالت تعادل برسد و این روند افزایشی از نتایج مدل سازی پیروی کند. با توجه به شکل، منحنی توپر که حاصل از مدل سازی است توافق خوبی را با نتایج حاصل از اندازه گیری نشان می دهد. از روی این برآز می توان میزان تهویه ی هوای داخل اتاق را در حالتی که در و پنجره های اتاق بسته است، محاسبه کرد (تهویه از طریق درزهای در و پنجره ها انجام می شود)، که مقدار آن برای اتاق مذکور  $6/2 \text{ m}^3/\text{h}$  بدست آمد.



شکل ۱. الف) نمودار تغییرات غلظت رادون با زمان در شرایط تهویه مختلف براساس نتایج مدل سازی. ب) مقایسه داده های تجربی با نتایج مدل سازی.

### ۴- نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از مدل ارائه شده در این مطالعه نشان می دهد که در مکان های دربسته، غلظت گاز رادون تا رسیدن به یک مقدار تعادلی، که بیشتر از غلظت آن در هوای آزاد است، افزایش می یابد. استفاده از تهویه مناسب، می تواند سطح رادون داخلی را تا حدود زیادی کاهش دهد. همچنین، مقایسه ی بین داده های اندازه گیری شده با نتایج بدست آمده از مدل سازی، توافق خوب بین این دو دسته داده را نشان می دهد.

منابع

- [1] UNSCEAR, (2000). United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: sources, effects and risks of ionizing radiation. New York, United Nations:Report to the General Assembly.
- [2] World health organization report, (2021) Radon and health, online at [www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health](http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health).
- [3] [www.epa.gov/radon/what-epas-action-level-radon-and-what-does-it-mean](http://www.epa.gov/radon/what-epas-action-level-radon-and-what-does-it-mean)
- [4] World health organization report, (2021) Radon and health, online at [www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health](http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health).

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## ساخت کوره تحت نیتروژن جهت تولید کربن فعال در مقیاس آزمایشگاهی

محمد عزتی<sup>۱</sup>، پیمان مرادی<sup>۲\*</sup>

۱- گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

۲- گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

### چکیده

کوره تحت نیتروژن طراحی شده قابلیت کارکرد تا دمای ۷۰۰ درجه سلسیوس را دار می باشد. از این کوره برای تولید کربن فعال استفاده می شود. حجم این کوره بالا نیست به همین دلیل قابل استفاده در آزمایشگاه بوده و برخلاف کوره های متداول که مصرف نیتروژن بالایی داشته و اغلب آلاینده نیز هستند، کوره ساخته شده در این پژوهش فاقد این مشکلات است. ارتفاع کوره ۱۱۰ و شعاع آن ۲۵ سانتی متر می باشد، بدنه کوره از جنس آجر نسوز که با استفاده از پشم سنگ عایق شده و در بدنه بیرونی از جنس ورق گالوانیزه استفاده شده است، المنت هایی که استفاده شده اند با توجه به ارتفاعی که بدنه کوره دارد در هر قسمت طبقه بندی شده که با توجه به محل قرارگیری نمونه فقط آن قسمت حرارت می بیند و از از اتلاف انرژی جلوگیری می شود. کنترلر استفاده شده در این کوره قابل برنامه ریزی می باشد.

کلمات کلیدی: کوره تحت نیتروژن، کربن فعال

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۱-مقدمه

کربن فعال ماده ای کریستالی و غیرگرافیتی است که به علت تخلخل بالا به عنوان جاذب در صنایع مختلفی مانند نفت و گاز، تصفیه آب و پساب های صنعتی، صنایع دارویی و غذایی و ... به کار می رود. کربن های فعال از مواد اولیه کربن دار مختلف به روش شیمیایی یا فیزیکی تهیه می شوند. بعضی از موادی که برای تولید کربن فعال استفاده می شوند عبارتند: از چوب، زغال، ضایعات گیاهی مانند پوست نارگیل، هسته میوه هایی نظیر: هلو، گیلان، زیتون، زردآلو و پوسته های سخت (بادام، پسته و گردو).

کربن های فعال در اشکال گرانولی، پودری، اکسترودی و فیبری تهیه می شوند. در شکل ۱ ظاهر نمونه هایی از کربن فعال به نمایش در آمده است. در خواص کربن فعال پارامترهای مختلفی مانند ماده اولیه، روش فعالسازی، نسبت آغشتگی و نوع ماده آغشته کننده، دمای فعالسازی، زمان ماند در دمای نهایی و سرعت افزایش دما دخالت می کنند. علاوه بر شرایط تولید کربن، نوع مواد اولیه در خواص کربن فعال تولیدی موثر می باشد. به عنوان مثال میزان سلولز موجود در ماده اولیه بر میزان سطح فعال و ساختمان حفره ای کربن فعال موثر می باشد به طوری که مواد اولیه با مقدار سلولز بالاتر و لیگنین پایین تر برای تولید کربن مناسب تر هستند. درصد خاکستر ماده اولیه نیز در میزان خاکستر و ظرفیت جذبی کربن فعال حاصل موثر می باشد. هرچه مقدار خاکستر ماده اولیه کمتر باشد، کربن فعال با خاکستر کمتر به دست می آید که این امر در بسیاری از مصارف مختلف کربن فعال به ویژه در مصارف غذایی و دارویی مهم است [۱].



شکل ۱ اشکال مختلف کربن فعال

دانسیته توده یا مواد اولیه در مقاومت مکانیکی کربن فعال تولیدی موثر می باشد و از خرد شدن ذرات کربن در هنگام استفاده جلوگیری می کند. مواد اولیه با دانسیته توده ای کم برای تولید کربن های پودری مناسب می باشند در حالت کلی انتخاب ماده اولیه به مقدار سلولز، لیگنین و خاکستر آن بستگی دارد. استفاده از ضایعات گیاهی برای تولید



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

کربن فعال علاوه بر کاهش هزینه تهیه مواد اولیه، میزان آلودگی ایجاد شده توسط آن ها در محیط زیست را نیز کاهش می یابد [۱].

کربن ها را با توجه به نحوه آرایش و قرار گرفتن بلورهای آن در کنار هم به صورت گرافیت و غیرگرافیت طبقه بندی می شوند. کربن های گرافیتی دارای بلورهایی با سه بعد یکسان هستند در صورتی که کربن های غیرگرافیتی فاقد چنین ساختاری هستند. محصولات مرحله کربونیزاسیون دارای ظرفیت جذب بسیار پایینی هستند که این ویژگی می تواند ناشی از کربونیزاسیون در دمای پایین و وجود ماده قیری باقی مانده در منافذ بین بلورها و روی سطح باشد. بعضی محصولات کربونیزه شده را می توان با خارج کردن مواد قیری به وسیله حرارت دادن در بخار یا تحت گاز و یا عمل خالص سازی به کمک حلال و همچنین واکنش های شیمیایی فعال کرد. عمل فعال سازی سبب بزرگ شدن قطر حفره هایی می شود که در حین فرآیند کربونیزاسیون ایجاد شده اند. علاوه بر این در حین این فرآیند حفره های بسیار ریزی نیز ایجاد خواهد شد که در نهایت سبب ایجاد ساختاری حفره ای با مساحت سطح داخلی بالا خواهد شد. منافذ ایجاد شده در کربن فعال دارای اندازه و شکل متفاوتی است. در برخی از انواع کربن فعال تولید شده، شکل منافذ موجود در کربن فعال با توجه به نوع مواد خام مصرفی متفاوت خواهد بود [۱].

### ۱-۱- اهمیت و کاربرد کربن فعال

مصرف انواع کربن فعال در دنیای امروز، روز به روز در حال افزایش است. همچنین با نگاهی اجمالی به کشورهای تولید کننده کربن فعال (جدول ۱-۱) متوجه افزایش تولید آن در سال های اخیر می گردیم. بنابراین مجموع این عوامل به همراه گستره کاربرد این محصول، غیر قابل جایگزین بودن این ماده را آشکار می سازد. سایر جاذب های موجود (مانند زئولیت ها) دارای هزینه بالای تهیه بوده و این در حالیست که مانند کربن فعال تنوع کاربرد ندارند.

### جدول ۱ کشورهای عمده تولید کننده کربن فعال [۲]

نام کشور	نوع تولیدات
آمریکا	عمدتا دانه ای - پودری
چین	عمدتا دانه ای - پودری
ژاپن	عمدتا دانه ای - پودری

کربن فعال به عنوان یک جاذب دارای کاربردهای مهم و حیاتی می باشد. این ماده از پیرولیز مواد گیاهی حاوی کربن تولید شده و تحت عملیات فعال سازی قرار می گیرد. با توجه به نوع مواد خام مصرفی، کربن های فعال دارای اندازه

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

منفذ و شکل های متفاوت هستند. از طرفی با توجه به اندازه منفذ و توزیع اندازه، دارای کاربردهای گسترده و ویژه ای می باشند. کربن های فعال به عنوان جاذب های حیاتی در صنایع شناخته شده اند. کاربردهای گسترده ای با توجه به قابلیت جذب گازها و مایعات مزاحم دارند. می توان از آن ها برای تصفیه و پاکسازی و حتی بازیافت مواد شیمیایی استفاده نمود. کربن های فعال به دلیل ویژگی های منحصر به فرد و همچنین قیمت پائین در مقایسه با جاذب های دیگر همچون زئولیت از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشند. کربن های فعال به دلیل سطح مخصوص بالا، ساختار منفذی، ظرفیت جذب بالا و قابلیت فعال سازی مجدد سطح، یک ماده منحصر به فرد می باشند. کاربرد مهم و قابل اهمیت آنها در جداسازی بو، رنگ، مزه های غیر دلخواه از آب در عملیات های خانگی و صنعتی، بازیافت حلال، تصفیه هوا به ویژه در رستوران ها، صنایع غذایی و شیمیایی می باشد. همچنین با مواد غیر آلی به عنوان کاتالیست نیز استفاده می شوند. در داروسازی نیز برای مبارزه با یک نوع باکتری خاص مورد استفاده قرار می گیرند و به عنوان جداکننده اسیدهای آروماتیک از حلال در داخل اسید استیک نیز می توان از کربن فعال استفاده کرد [۲].

کربن فعال در مقایسه با کربن معمولی از مساحت سطح داخلی، تخلخل و قابلیت بیشتری برای جذب گازها و مایعات شیمیایی برخوردار است. این گروه از مواد به عنوان جاذب های حیاتی در صنایع شناخته شده اند و با توجه به اینکه قابلیت ویژه ای در جذب گازها و مایعات مزاحم دارند، در زمینه های مختلفی مورد استفاده قرار می گیرند و می توان از آن ها برای تصفیه و پاکسازی و حتی بازیافت مواد شیمیایی استفاده نمود [۲].

بطور خلاصه کربن فعال دارای کاربردهای به شرح ذیل است [۲]:

۱. تصفیه آب (آب شرب، آب آکواریوم ها، آب های صنعتی و ...) از نظر رنگ و بو و طعم
  ۲. جاذب بسیاری از مواد
  ۳. رنگ زدایی از قند و شکر
  ۴. بازیافت فلزات
  ۵. به سازی رنگ و طعم در نوشیدنی ها و آب میوه ها
  ۶. استفاده در دستگاه هایی مثل: تصفیه کننده های هوا، خوشبو کننده ها، تصفیه کننده های صنعتی
- باتوجه به کاربردهای بسیار زیاد کربن فعال، کشورهای مختلفی از سراسر جهان از مصرف کنندگان کربن فعال به شمار می آیند. برخی از واحدهای تولیدی مصرف کننده کربن فعال در ایران در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲ برخی مصرف کنندگان عمده کربن فعال در ایران [۲]

نوع کارخانه	نوع تولیدات	محل کارخانه
-------------	-------------	-------------

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



اصفهان - آذربایجان

شمش طلا

واحدهای تولید طلا

سراسر کشور

صنایع غذایی، پتروشیمی و ...

واحدهای تصفیه کننده

### ۲-۱- انواع و ساختار کربن فعال

از آنجا که کربن های فعال محصولات پیچیده ای هستند، به همین دلیل طبقه بندی آن ها براساس رفتار، مشخصات سطح و روش آماده سازی اغلب مشکل خواهد بود.

طبقه بندی کربن فعال براساس مشخصات فیزیکی به شرح ذیل می باشد [۳]:

۱. کربن فعال پودری (دارای اندازه ای کمتر از ۱۰۰ نانومترو میانگین قطری بین ۱۵ تا ۲۵ میکرومتر)
۲. کربن فعال گرانولی (دارای اندازه ای بزرگتر از کربن فعال شده پودری می باشد).
۳. کربن فعال کروی
۴. کربن تزریق شده
۵. کربن روکش شده با پلیمرها

### ۱-۲-۱- ساختار منافذ کربن

منافذ در کربن های فعال دارای اندازه و شکل های متفاوتی می باشند. منافذ براساس اندازه آن ها به سه دسته تقسیم بندی می شوند :

۱. ماکرومنافذ: دارای میانگین قطری بیشتر از ۵۰ نانومتر است.
۲. مزومنافذ: دارای قطری برابر با ۲ الی ۵۰ نانومتر می باشند.
۳. میکرومنافذ: دارای قطری کمتر از ۲ نانومتر است که خود نیز به سوپر و آلترامیکرو تقسیم می شوند [۳].

### ۱-۳- عملیات جذب به وسیله کربن فعال

جذب عبارت است از قرارگیری لایه های مولکول های گاز یا مایع از یک فاز در حال حرکت بر روی سطح یک جسم جامد به کمک نیروی جاذبه مولکولی و اندروالس. اتم های سطحی جسم جامد کربن فعال در مقایسه با اتم های داخلی دارای انرژی موازنه نشده ای می باشند و مولکول های خارجی سعی بر موازنه کردن این انرژی دارند و بر سطح جذب می شوند، این مولکول ها تک لایه را روی سطح جسم جامد تشکیل می دهند.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

تعداد زیادی از گازهای سمی را می توان با گذراندن از کربن فعال شده از هوا جدا کرد. این ویژگی در خصوص مواد شیمیایی با وزن مولکولی بالا مانند سارین موثر است. اما گازهای سبک مانند کربن یا سیانوژن کلراید را نمی توان به راحتی دیگر گازها جدا کرد. برای مثال منواکسید کربن یکی از موادی است که به سختی می توان آن را به کمک کربن فعال جذب کرد. این در حالی است که می توان با استفاده از تزریق یک سری از مواد شیمیایی به کربن فعال، قابلیت جذب این گونه مواد را نیز در کربن فعال ایجاد کرده و قدرت بازدارندگی کربن فعال را افزایش داد. برای این کار می توان از نمک های نقره، مس و کرم استفاده کرد. همچنین فیلترهای کربن فعال خاصیت جذب مواد آلی و بعضی از فلزات سنگین محلول در آب را دارند و رنگ، بو، کلر و ترکیبات کلر را از آب جذب می کنند. از آنجا که بستر کربن فعال نیز مانند فیلترهای رزین، محیط مناسبی را برای تغذیه و بستر باکتری ها به وجود خواهد آورد، گندزدایی و تصفیه میکروبی از مراحل بعدی ضروری در تصفیه آب خواهد بود [۴].

### ۱-۴- غربال کننده های مولکولی کربنی (CMS)

غربال های کربنی یک کلاس ویژه از کربن های فعال می باشند که دارای منفذ با اندازه کوچک و با یک محدوده توزیع کوچک در حدود میکرو حفرات می باشند. این کربن ها برای جداسازی و جذب گاز و مایع در محیط هایی با غلظت های خیلی کم مورد استفاده قرار می گیرند. مشابه جذب گاز اتیلن برای تازه نگهداشتن میوه و سبزیجات، اغلب کاربرد کربن های CMS در سیستم های جداسازی گاز می باشد. اندازه منفذ در کربن های CMS با اندازه مولکول های جذب شونده نیتروژن و هیدروژن قابل مقایسه می باشد. دمای جذب نیز سرعت جذب یک گاز را تحت تأثیر خود قرار می دهد. در دمای بالا سرعت جذب نیز بالاتر می باشند. کربن های CMS برای جداسازی نیتروژن و اکسیژن مورد استفاده قرار می گیرند.

### ۱-۵- الیاف کربن فعال

تکنولوژی تولید الیاف کربن فعال ترکیبی از تولید الیاف کربن بعلاوه مراحل فعالسازی آن می باشد. تا هنگامی که خصوصیات مکانیکی بالا مورد نیاز نباشد ترجیح داده می شود که الیاف کربن با ساختار آمورف تولید شود. بنابراین فرآیند تولید الیاف کربن فعال شامل توسعه الیاف کربن آمورف در دمایی در حدود ۱۰۰۰ درجه سلسیوس صورت می گیرد. در الیاف کربن حاصل از قیر می توان بالاترین مساحت ویژه ای در حدود ۲۵۰ متر مربع بر گرم و بیشترین حجم میکرو منافذ در حدود ۶۱/۱ میلی گرم بر لیتر را به دست آورد.

### ۱-۶- تکنولوژی و روش های تولید کربن فعال

<sup>1</sup> carbon molecular sieve

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



کربن فعال شده از پیرولیز مواد کربنی از قبیل چوب، زغال سنگ، پوسته مواد آجیلی و هسته میوه ها یا پلیمرهای مصنوعی از قبیل ریون، پلی اکریلونیتریل یا فنولیک حاصل می گردد و در مراحل بعدی تحت عملیات فعالسازی قرار می گیرد. پیرولیز مواد کربنی، بدون حضور هوا، باعث تخریب مولکول های غیرآلی می شود که یک ماده قیری شکل حاوی مواد گازدار خواهد بود. در نهایت یک جسم جامد کربنی از آن ایجاد خواهد شد. جسم تولید شده دارای تعداد زیادی حفره های بزرگ و دارای سطح ویژه ای در حد چندین مترمربع بر گرم می باشد. در تولید کربن فعال عوامل مختلفی موثر است که به برخی از آنها پرداخته می شود [۵].

### ۱-۶-۱- مواد خام

از نظر اقتصادی، ترجیحاً موادی با محتوای کربن بالا و مواد آلی کم برای تولید کربن فعال انتخاب می شوند، ماده تشکیل شده جامد حاصل از عملیات پیرولیز باید دارای دانسیته بالا و گازهای فرار کافی باشند. آزادسازی گازهای فرار در مرحله پیرولیز باعث ایجاد منافذ در کربن خواهد شد. دانسیته بالا باعث می شود کربن از استحکام و ساختار محکمی برخوردار گردد.

### ۱-۶-۲- کربونیزاسیون

در حین کربونیزاسیون اجزاء غیر کربنی از قبیل هیدروژن و اکسیژن به صورت گاز از مواد اولیه خارج می شوند و کربن های آزاد نیز به صورت گروهی، بلورهای گرافیت تشکیل می دهند. به دلیل وجود منافذ در بین بلورها آرایش یافتگی بلورها از دو طرف به صورت نامنظم می باشد. این فرآیند معمولاً در درجه حرارتی زیر ۸۰۰ درجه سلسیوس صورت می گیرد.

پارامترهای مهم تعیین کننده کیفیت محصول تولید شده عبارتند از:

۱. نرخ حرارت دادن
۲. دمای نهایی
۳. مدت زمان خیساندن

ساختار ریز منافذ کربن در دمایی در حدود ۵۰۰ درجه سلسیوس شکل می گیرد. بعضی از این منافذ به وسیله ماده قیری آزاد شده در حین فرآیند پیرولیز مسدود می شود که می توان با حرارت دادن مجدد در ۸۰۰ درجه سلسیوس دوباره این منافذ را ایجاد کرد. افزایش دما تا ۱۰۰ درجه سلسیوس و بیش از آن باعث سخت شدن ساختار کربن و کاهش درجه تخلخل می شود [۵].

### ۱-۶-۳- فعالسازی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

کربن ها را با توجه به آرایش یافتگی بلورهای آن به صورت گرافیت یا غیر گرافیت تعریف کرده اند. کربن های گرافیتی دارای بلورهایی با سه بعد یکسان می باشند. در حین کربونیزاسیون سه فضای خالی در کربن ایجاد می شود که در حین کربونیزاسیون به وسیله کربن های غیر آرایش یافته آمورف مسدود می شود. محصولات مرحله کربونیزاسیون دارای ظرفیت جذب خیلی کمی می باشند. احتمالاً این مسئله به دلیل کربونیزاسیون در دمای پائین و وجود ماده قیری باقیمانده در منافذ بین بلورها و روی سطح آنها می باشد. بعضی از محصولات کربونیزه شده را می توان با خارج ساختن مواد قیری به وسیله حرارت دادن در بخار یا تحت گاز و یا عمل خالص سازی به کمک حلال و یا واکنش های شیمیایی فعال کرد. عمل فعال سازی باعث بزرگ شدن قطر حفره هایی می شود که در حین فرآیند کربونیزاسیون ایجاد شده اند و همچنین باعث ایجاد یک سری حفره ریز نیز خواهد شد و بدین گونه می توان به یک ساختار حفره ای با مساحت سطح داخلی بالا دست یافت. پدیده فعال سازی به دو روش انجام می شود [۵].

### ۱-۳-۶-۱- فعال سازی شیمیایی

در فعال سازی شیمیایی، ابتدا ماده خام با یک محلول غلیظ از مواد فعال کننده اشباع می شود و با این عمل تحت عملیات حرارتی در دمای بین ۴۰۰ - ۶۰۰ درجه سلسیوس قرار می گیرند. مواد پیرولیز شده سرد می شوند. به منظور خارج ساختن مواد فعال کننده، تحت عملیات شستشو قرار می گیرند. مواد فعال کننده عبارتند از: اسید فسفریک، کلرید روی، اسید سولفوریک و یدید پتاسیم [۵].

### ۱-۳-۶-۲- فعال سازی فیزیکی (با بخار)

در این فرآیند به کمک محصولات کربونیزه شده، ابعاد و ساختار مولکولی منافذ گسترش یافته و مساحت سطحی آنها افزایش می یابد. این عملیات در دمایی بین ۸۰۰ الی ۱۰۰۰ درجه سلسیوس با حضور مواد گازی اکسید کننده مناسب مانند کربن دی اکسید و هوا انجام می گیرد [۵].

فرآیند تولید صنعتی کربن فعال بدین صورت است که ابتدا عملیات کربناسیون روی مواد اولیه صورت گرفته و سپس مواد با سنگ شکن چکشی خرد شده و با کمک سرند طبقه بندی می گردند. مواد خرد شده سپس وارد کوره های فعال سازی می شوند. در درجه حرارت بالا کربن فعال تشکیل می گردد. در ادامه مواد وارد خنک کن می شوند. سپس عملیات شستشو با آب و اسید روی آن ها صورت می گیرد. در نهایت مواد آبدگیری و خشک گردیده و جهت فروش بسته بندی می شوند [۵].

### ۲- روش شناسی تحقیق

#### ۱-۲- پیرولیز



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

گرماکافت (آذرکافت) یا پیرولیز (Pyrolysis): فرآیندی ترموشیمیایی است که طی آن مواد آلی در اثر گرما تجزیه می شوند. این فرآیند مشتمل بر تغییر همزمان ترکیب شیمیایی و فاز فیزیکی بوده و فرآیندی برگشتناپذیر است. به عبارتی دیگر پیرولیز یا آذرکافت به تجزیه حرارتی مواد در دمای بالا و اتمسفر خنثی می گویند. از پیرولیز به طور عمده در فرآوری مواد آلی استفاده می شود. به طور کلی، پیرولیز مواد آلی، ترکیبات فراری را به همراه رسوب غنی از کربن بدست می دهد. فرآیندهایی که در آن، بیشتر رسوبات باقی مانده، حاوی کربن باشند، موسوم به کربونیزه کردن (Carbonization) هستند. نمونه ای کاربردی دیگر از این فرآیند، فرآیند کراکینگ است که در صنایع پتروشیمی کاربرد داشته و برای تولید بنزین استفاده می شود. در این فرآیند هیدروکربن های سنگین به وسیله گرما به هیدروکربن های سبک تر و ساده تر تبدیل می شوند [۶]. واژه پیرولیز از ترکیب دو کلمه یونانی (pyro) به معنی آتش و (lysis) به معنی شکافت و جداسازی ساخته شده است. گرماکافت مواد آلی از اوایل آغاز تمدن بشری شناخته شده بوده و به طور وسیعی مورد استفاده قرار می گرفت. در ابتدا، گرماکافت مواد آلی به منظور تولید گازها و زغال استفاده می شد و محصولات مایع به عنوان محصولات جانبی ناخواسته فرآیند مورد توجه قرار می گرفتند. با این حال، از زمان بحران نفت در دهه ۱۹۷۰، توجه ویژه ای به محصولات مایع حاصل از گرماکافت صورت گرفت. کارایی و ترکیب محصولات گرماکافت (نفت زیستی، گاز و زغال) به نوع ماده خام و شرایط گرماکافت بستگی دارد. نفت زیستی و زغال معمولاً به عنوان سوختی جایگزین برای سوخت های فسیلی و ماده خام برای تولید مواد شیمیایی استفاده می شود [۷]. از پیرولیز به طور عمده در صنایع شیمیایی همچون تولید اتیلن بهره می گیرند. کاربردهای ایده آل پیرولیز شامل موارد زیر است:

۱. تبدیل سوخت زیستی (Biomass) به گاز سنتز (Syngas) و زغال زیستی (Biochar)
۲. بازیافت پلاستیک ها تبدیل آن ها به نفت
۳. تبدیل زباله ها به مواد یکبار مصرف

آذرکافت با سایر فرآیندهایی همچون احتراق و هیدرولیز تفاوت دارد چراکه به طور معمول شامل اضافه کردن ریجنت های دیگری همچون اکسیژن یا آب نمی شود. این فرآیند به تولید مواد جامد، مایع و گاز، مانند زغال و قیر منتهی خواهد شد [۷]. شکل ۲ نمونه ای از زغال حاصل از چوب را نشان می دهد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲ نمونه ای زغال چوب

### ۱-۲- انواع پیرولیز

همانطور که پیش تر نیز اشاره شد، یک پیرولیز کامل در نهایت به تولید رسوبی جامد و غنی از کربن منتهی می شود.

انواع اصلی پیرولیز در زیر آورده شده اند [۷]:

۱. تقطیر خشک: در تولید سولفوریک اسید از سولفات ها
۲. تقطیر تخریبی: (Destructive Distillation) در تولید زغال، گُک و کربن فعال (کربن و مواد غنی از کربن، خواص مطلوبی دارند اما حتی در دماهای بالا هم غیر فرار هستند. در نتیجه، از پیرولیز برای تولید انواع مختلفی از ترکیبات کربن استفاده می شود که در سوخت، تولید فولاد و سایر موارد مورد استفاده قرار می گیرند).
۳. کاراملیزه کردن قند
۴. پخت و پز در دمای بالا همچون سرخ کردن، گریل کردن و توست کردن (در تهیه غذاها، به وفور از پیرولیز استفاده می کنیم. در نهایت، طعم و رنگ غذا تغییر پیدا می کند. البته این فرآیند، همیشه مطلوب نیست مانند سوختن و سیاه شدن غذا)
۵. سوزاندن زغال سنگ جهت تولید زغال
۶. کراکینگ هیدروکربن های سنگین تر و تبدیل آن ها به اجزای سبک در پالایش نفت خام
۷. گسست پلیمری حرارتی (Thermal Depolymerization) و تبدیل پلاستیک ها و مواد پلیمری به مونومر و اولیگومر

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۸. پیرولیز هیدروس (Hydrous Pyrolysis) در فرآوری نفت خام

۹. کاتائز: شامل تبدیل مواد آلی مدفون به سوخت های فسیلی

۲-۱-۱- کاربرد پیرولیز

پیرولیز، کاربردهای زیادی در زندگی روزمره و در صنعت دارد که در ادامه به آن ها خواهیم پرداخت.

پیرولیز چوب

زغال، سوخت بهتری نسبت به چوب است چرا که در مقایسه با آن، دود کمتری تولید می کند. استفاده از زغال در مکان هایی که از چوب به عنوان سوخت استفاده می کردند، مقدار آلودگی هوا را به شدت کاهش داد. فرآیند تولید کک شامل حرارت دادن مواد در کوره هایی با دمای بیش از ۹۰۰ درجه سلسیوس است که در نتیجه مولکول های این مواد به مواد فرار سبک تری تبدیل خواهند شد. این مواد فرار، از کوره خارج می شوند و ماده ای متخلخل حاوی کربن و خاکستر را به جای می گذارند. مقدار مواد فرار، به طور معمول بین ۳۰-۲۰ درصد وزنی را تشکیل می دهند [۷].

تولید فولاد

از پیرولیز با دمای بالا در مقیاس صنعتی برای تبدیل زغال به کک استفاده می شود و در مهندسی مواد کاربرد فراوان دارد که از آن جمله می توان به تولید فولاد اشاره کرد که نیاز به دمای بالا دارد. البته، کک را می توان از طریق روش های فرآوری نفت خام نیز تولید کرد [۸].

فیبر کربن

فیبر کربن، رشته هایی از کربن است که بمنظور تولید الیاف کربنی از آن استفاده می شود. در تولید فیبر کربن، از ریسندگی پلیمری مخصوص و پیرولیز مواد در دمای بالا بهره می گیرند [۸].

تولید اتیلن

پیرولیز در تولید اتیلن نیز کاربرد دارد. اتیلن ماده ای است که سالانه بیش از ۱۱۰ میلیون تن از آن به صورتی صنعتی به تولید می رسد. در این فرآیند، هیدروکربن های نفت خام در حضور بخار، تا دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس حرارت می بینند. به این فرآیند، کراکینگ بخار (Steam Cracking) می گویند. از اتیلن تولیدی در ساخت ضدیخ، PVC و بسیاری از پلیمرها همچون پلی اتیلن و پلی استایرن بهره می گیرند [۹].

باز یافت



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



از پیرولیز می توان در باز یافت پلاستیک ها استفاده کرد. اصلی ترین کاربرد آن، کاهش حجم زباله های تولیدی است. در حقیقت، پیرولیز منجر به تولید دوباره مونومرها و تبدیل آن ها به پلیمر می شود. البته در عمل، این فرآیند، به لحاظ زیست محیطی و اقتصادی مناسب نیست [۹].

### پاکسازی حرارتی

از پیرولیز به منظور پاکسازی حرارتی و حذف مواد آلی همچون پلیمرها، پلاستیک ها و پوشش های آلی از قطعات و محصولات تولیدی استفاده می شود. در طول زمان پاک سازی حرارتی، در دمایی بین ۳۱۰-۵۴۰ درجه سلسیوس، مواد آلی از طریق پیرولیز و اکسیداسیون به مواد آلی فرار، هیدروکربن و گاز کربونیزه تبدیل می شوند. سیستم های مختلفی از پاکسازی حرارتی بهره می گیرند که در زیر به برخی از آن ها اشاره شده است [۹ و ۱۰]:

۱. حمام نمک مذاب: از قدیمی ترین روش های پاکسازی به شمار می آید که به کمک حمامی از نمک ذوب شده انجام می شود. البته این روش حاوی گاز سمی و خطرناک هیدروژن سیانید است.
۲. سیستم های بستر سیال: این سیستم ها از ماسه و اکسید آلومینیوم به منظور ایجاد حرارت استفاده می کنند. این سیستم ها نیز سرعت بالایی در پاکسازی دارند و ماسه و اکسید آلومینیوم نیز ذوب نمی شود. علاوه بر این، این روش فاقد هر نوع بو یا بخارات نامطبوع است. به طور معمول، فرآیند پاکسازی بین یک تا دو ساعت زمان می برد.
۳. آون (فر): خلا: این نوع سیستم ها، پیرولیز را در خلا بکار می گیرند که سبب جلوگیری از ایجاد فرآیند احتراق ناخواسته در داخل محفظه پاکسازی می شوند و معمولا فرآیند پاکسازی بین ۸-۳۰ ساعت به طول می انجامد.

### سنتز مواد شیمیایی

از پیرولیز برای تولید مواد شیمیایی نیز استفاده می کنند. در تولید موادی همچون پنتابوران (Pentaborane) و دکابوران (Decaborane) و همچنین نانوذرات زیر کونیوم و اکسیدها از پیرولیز بهره می گیرند [۱۱ و ۱۲].

### پیرولیز لاستیک

از پیرولیز به عنوان فرآیندی برای باز یافت لاستیک و تایرهای خودرو استفاده می کنند. با توجه به اینکه لاستیک خودروها و وسایل نقلیه، حجم عظیمی از زباله ها را تشکیل می دهد، پیرولیز و باز یافت آن ها راهکار بسیار مناسبی برای کاهش حجم زباله تولیدی به شمار می آید [۱۳ و ۱۴].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

پیرولز به طور کلی عبارتست از حرارت دادن مواد در دمایی بالاتر از دمای تجزیه و شکستن پیوندهای شیمیایی در مولکول های این مواد. این مواد بعد از تجزیه شدن، به مولکول های کوچک تری تبدیل خواهند شد که ممکن است با یکدیگر برای تولید موادی با جرم مولی بالاتر ترکیب شوند. در بیشتر مواقع، مقادیری از اکسیژن، آب یا موادی دیگر حضور دارند و در نتیجه، فرآیندهایی همچون احتراق، هیدرولیز و سایر واکنش های شیمیایی در کنار پیرولز رخ می دهند که در مواردی همچون سوزاندن هیزم برای تولید زغال و همچنین کراکینگ نفت خام، این مواد به طور آگاهانه وارد واکنش می شوند [۱۵].

در مقابل، مواد را می توان تحت شرایط خلاء یا در یک اتمسفر بی اثر حرارت داد تا از انجام واکنش های ناخواسته جلوگیری شود. علاوه بر این، انجام پیرولیز در محیط خلا، کاهش نقطه جوش (محصولات فرعی (by-Products)) و افزایش بازیافت آن ها را به همراه خواهد داشت. زمانی که ماده ای آلی در فضایی باز حرارت ببیند، فرآیندهای زیر به صورت مجزا یا تداخلی رخ خواهند داد [۱۵]:

۱. در دمایی کمتر از ۱۰۰ درجه سلسیوس، مواد فرار، شامل مقداری آب، تبخیر می شوند. در این شرایط، برخی مواد حساس به دما همچون ویتامین C و پروتئین ها ممکن است به صورت جزئی یا کامل تجزیه شوند.
۲. در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس یا کمی بالاتر از آن، آب باقیمانده در مواد، از آن خارج خواهد شد. البته، آب موجود در ساختار بلوری مواد هیدراته آبدار ممکن است در دمایی بالاتر تخلیه شود. تکمیل این فرآیند به انرژی بسیار زیادی نیاز دارد و به همین دلیل، تا زمان تکمیل فرآیند، دما افزایش نخواهد یافت. همچنین برخی از مواد جامد، مانند چربی ها، قندها و موم، در این حالت ذوب و از یکدیگر جدا می شوند.
۳. در دماهای بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ درجه سلسیوس، بسیاری از مولکول های آلی شکسته خواهند شد. جدول ۳، این مواد را به همراه دمای تجزیه آن ها نشان می دهد.

جدول ۳ دمای تجزیه برخی از فرآیندهای پیرولیز [۱۶]

فرآیند	دما (درجه سلسیوس)
تجزیه بسیاری از قندها	۱۶۰-۱۸۰
تجزیه سلولز، ماده اصلی چوب، کاغذ و کتان	۳۵۰
لیگنین، از مواد اصلی در چوب که به هنگام تجزیه، موادی فرار همچون آب، کربن دی اکسید و مونواکسید کربن آزاد می کند.	۳۵۰-۵۰۰

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۱. گازها و مواد فرار، از نمونه تحت پیرولیز خارج خواهند شد اما برخی از این مواد به طور مجدد و به شکل دود، میعان می کنند که البته این فرآیند هم جاذب انرژی است.

۲. برخی از مواد فرار، با سوختن خود، ایجاد شعله می کنند. در این حالت، مواد فرار، غنای بیشتری از کربن پیدا می کنند و درشت مولکول هایی را با رنگ قهوه ای تا مشکی ایجاد می کنند. در این حالت معمولاً گفته می شود که ماده، کربونیزه یا زغال شده است.

در دمای ۲۰۰-۳۰۰ درجه سلسیوس، اگر اکسیژن خارج نشده باشد، ذرات کربونیزه شده در واکنشی به شدت گرماده، بدون ایجاد شعله، شروع به سوختن می کنند. زمانی که سوختن کربن آغاز شود، دما به طور خودبه خودی افزایش خواهد یافت و مواد به صورت اخگر (Ember) شروع به درخشیدن و آزاد کردن مونواکسید و دی اکسید کربن می کنند. در این مرحله، نیتروژن موجود در ماده، اکسید و به  $NO_2$  یا  $N_2O_3$  تبدیل می شود. گوگرد و دیگر مواد همچون کلر و آرسنیک نیز در این شرایط اکسید و به مواد فرار تبدیل خواهند شد (شکل ۳) [۱۶].

با پایان یافتن فرآیند، خاکستری حاوی مواد غیرآلی با نقطه ذوب بالا باقی می ماند. فلزات باقی مانده در ماده اصلی، به طور معمول به صورت اکسید یا کربنات دیده می شوند و فسفر موجود در استخوان ها، فسفولیبیدها و نوکلئیک اسیدها هم به صورت فسفات حضور دارند.



شکل ۳ نمونه هایی از سوختن مواد [۱۷]

### ۲-۲-۱- واکنش پیرولیز

واکنش های پیرولیز را بسته به نوع حرارت به سه دسته پیرولیز آهسته (Slow Pyrolysis)، پیرولیز سریع (Fast Pyrolysis) و Pyrolysis متوسط می توان تقسیم بندی کرد. در فرآیند پیرولیز آهسته، زمان بیشتری برای حرارت دادن



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

صرف می شود. پیرولیز سریع به زمان بیشتری برای حرارت نیاز داریم و پیرولیز متوسط زمانی مابین پیرولیز آهسته و سریع قرار می گیرد. واکنش های پیرولیز را معمولا در فضای بی اثر انجام می دهند. واکنش استوکیومتری پیرولیز آهسته برای تولید زغال در زیر آورده شده است [۱۹۱۸].



### ۳- ساخت کوره تیوبی تحت گاز نیتروژن

#### ۳-۱- معرفی کوره

تصویر کوره ساخته شده در شکل ۴ به نمایش درآمده است که از نوع تیوبی تحت گاز نیتروژن است. بدین صورت که هنگام نمونه گذاری جهت سنتز کربن فعال بر روی نمونه با جریان دلخواه گاز نیتروژن عبور داده می شود. در ساخت این کوره برای بدنه از سرامیک نسوز که تا دمای ۱۸۰۰ درجه سلسیوس مقاومت دارد، استفاده شده است. همچنین جهت ساخت بدنه خارجی از پشم سنگ و ورق گالوانیزه استفاده شده است. کنترلر دمایی که در این کوره تعبیه شده قابلیت اجرای برنامه های مختلف تا رسیدن به دمای مورد نظر را دارد.



شکل ۴ کوره تیوبی تحت گاز نیتروژن

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



طراحی کوره به صورتی هست که در طول بدنه جهت صرفه جویی در مصرف برق فقط قسمتی از ارتفاع بدنه را که نمونه جاگذاری شده است گرما داده می شود. با توجه به چرخ هایی که در زیر کوره تعبیه شده است جابجایی و حمل آن به سهولت انجام می گردد.

۲-۳- اجزای کوره

تجهیزات استفاده شده در تعبیه کوره تیوبی تحت گاز نیتروژن به قرار زیر است:

۱. سرامیک نسوز با تحمل دمای ۱۱۰۰ درجه سلسیوس
۲. میلگرد و ورق گالوانیزه
۳. کنترلر
۴. قوطی و ورق گالوانیزه برای جعبه کوره
۵. رله برای کنترلر
۶. سیم برق
۷. پشم سنگ
۸. توری نمونه
۹. چرخ زیر کوره

۳-۳- مزیت کوره تیوبی تحت گاز نیتروژن

باتوجه به حجم پایین کوره تیوبی تحت گاز نیتروژن، می توان از آن در آزمایشگاه ها و فضاهای با مقیاس پایین استفاده کرد. از مهم ترین مزیت های این کوره می توان به موارد زیر اشاره کرد.

۱. پایین ترین هزینه برای ساخت
۲. مصرف پایین نیتروژن نسبت به کوره های دیگر
۳. جاگذاری مقادیر مختلف نمونه
۴. جابجایی راحت کوره

۳-۴- کاربرد کوره تیوبی تحت گاز نیتروژن

از مهم ترین کاربردهای کوره تیوبی تحت گاز نیتروژن جهت تولید کربن فعال از مواد سلولوزی نظیر پوست گردو، بادام، نارگیل، فندق و ... با اعمال حرارت غیر مستقیم استفاده می شود. آماده سازی نمونه به این صورت است که باید

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

کاملاً آسیاب شده و سپس مش بندی گردند، پس از این مراحل نمونه در کوره با توجه به برنامه زمانی و دمایی جهت پیرولیز قرار داده می شود.

### ۴- تجزیه و تحلیل و ارائه جمع بندی و پیشنهاد نهایی

بطور کلی موارد قابل ذکر در طرح احداث کوره تیوبی تحت گاز نیتروژن جهت تولید کربن فعال به شرح ذیل می باشد.

طرح مذکور جزء طرح های کوچک مقیاس و زود بازده بوده و بدین جهت از حمایت های خاص دولتی و تسهیلات مناسب برخوردار است. مواد اولیه طرح از داخل کشور قابل تامین است و گستردگی و تنوع تامین آن در داخل کشور وجود دارد. بنابراین می توان در نقاط مختلف کشور طرح را اجرا نمود. تامین تجهیزات طرح در داخل کشور قابل انجام بوده که این امر مدت زمان احداث را کاهش داده و همچنین هزینه های خرید خارجی و هزینه های حمل را کاهش می دهد.

محصولات حاصل از کوره تیوبی تحت گاز نیتروژن، از نیازهای کشور است و مشکلات تأمین این فرآورده ها از خارج و واردات را کاهش می دهد. به جهت مشکلات اشتغال در کشور، این طرح می تواند بصورت مستقیم و غیر مستقیم بخشی از مشکلات موجود را تعدیل کند. با توجه به نیاز کشور به محصولات کربن فعال و واردات آن، طرح های بسیاری از این نوع در مناطق مختلف کشور می توان احداث نمود.

منابع

[۱] <http://tajhizyar.com/consumable-product/activated-carbon>

[۲] School of Materials & Mineral Resources Engineering, Universiti Sains Malaysia, Transkrian Engineering Campus, 14300 Nibong Tebal, Penang, Malaysia

[۳] Lagergren, S., (1898). About the theory of so-called adsorption of soluble substances. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar* 24, 1-39.

[۴] J.W. Hassler, in: P.N. Cheremisinoff, E. F (Eds.), *Carbon Adsorption* .

[۵] Nashita Moona et al., Temperature-dependent mechanisms of DOM removal by biological activated carbon filters, *Environmental Science: Water Research & Technology*

[۶] Abioye AA, Atanda PO, Kolawole OF, Olorunniwo OE, Adetunji AR, Abioye OP and Akinluwade KJ. The Thermal Analysis of Fuel Fired Crucible Furnace Using Autodesk Inventor Simulation Software. *Advances in Research*. 2015;5(3):1-7.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[۷] m.talebipour, Analysis and numerical modeling of the pyrolysis of wood particle using Open FOAM, in department of Mechanical Engineering. 2016, Isfahan University of Technology.

[۸] Cadena-Ramírez, Alejandro, et al. “Modeling and Simulation of Furnace Pulse Firing Improvements Using Fuzzy Control.” *Simulation*, vol. 93, no. 6, 2017, pp. 477–87, doi:10.1177/0037549717692418.

[۹] Kodera, Yoichi, and Mamoru Kaiho. “Model Calculation of Heat Balance of Wood Pyrolysis.” *Nihon Enerugi Gakkaishi/Journal of the Japan Institute of Energy*, vol. 95, no. 10, 2016, pp. 881–89, doi:10.3775/jie.95.881.

[۱۰] Coal and Industrial Furnaces – Department of Coal Publications, Government of India

[۱۱] Nowicki P, Pietrzak R, Wachowska H. X-ray photoelectron spectroscopy study of nitrogen-enriched active carbons obtained by ammoxidation and chemical activation of brown and bituminous coals. *Energy Fuels*. 2010;24:1197–206.

[۱۲] Zhang C, Boudiba A, Navio C, Olivier MG, Snyders R, Debliquy M (2012a) Study of selectivity of NO<sub>2</sub> sensors composed of WO<sub>3</sub> and MnO<sub>2</sub> thin films grown by radio frequency sputtering. *Sens Actuators B Chem* 161:914–922.

[۱۳] Möller, A. M. Effect of interlayer anions on [NiFe]-LDH nanosheet water oxidation activity. *Energy Environ. Sci.* 2016, 9, 1734–1743.

[۱۴] Carbon materials for chemical capacitive energy storage. *Adv. Mater.* 2011, 23, 4828–4850.

[۱۵] Li, Qifeng (Chinese Academy of Sciences DOE), and Hui Zhou. Heat Transfer Calculation in Furnaces. no. October 2017, 2016, pp. 131–72, doi:10.1016/B978-0-12-800966-6/00005-3.

[۱۶] Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Pretoria / Johannesburg, South Africa, October 29 – November 1, 2018.

[۱۷] Sunphorka, Sasithorn, et al. “Application of Artificial Neural Network for Kinetic Parameters Prediction of Biomass Oxidation from Biomass Properties.” *Journal of the Energy Institute*, Elsevier Ltd, 2015, doi:10.1016/j.joei.2015.10.007.

[  
[  
]  
[  
[  
[  
]  
]

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[۱۹] Ishola, F. A., Oyawale, F. A., Inegbenebor, A. O., and Boyo, H. Design of a high Temperature ‘Anaerobic GasFurnace’ suitable for Pyrolysis. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 413, 2018. p. 012079. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/413/1/012079>.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## سامانه استاتیکی اندازه گیری خواص تعادلی و سینتیکی جذب سطحی گازها

علی اقدمی<sup>۱</sup>، حامد عبدی<sup>۱</sup>، حافظ مقصودی<sup>۱</sup>، رضا علیزاده<sup>\*\*۱</sup>

۱- دانشگاه صنعتی سهند تبریز، دانشکده مهندسی شیمی

### چکیده

جاذب ها و فرایندهای جذب سطحی، کاربردهای وسیعی در صنایع شیمیایی، پالایشگاهی مانند رطوبت زدایی از گاز طبیعی و تصفیه گازهای صنعتی دارند. در ارزیابی ابتدایی جاذب های مختلف و برای استفاده در فرایندهای جذب-سطحی، بررسی عملکرد یک جاذب در جذب گزینشی گازها و جداسازی مخلوط آن ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. به عبارت دیگر، مهمترین عامل در انتخاب جاذب و طراحی فرایندهای جذب سطحی، تعیین ایزوترم ها و ضرایب نفوذ گازها در جاذب ها است. ساده ترین راه به منظور اندازه گیری تجربی ایزوترم جذب گازها بر روی جامد، استفاده از روش حجم سنجی است. در این مقاله، سامانه جذب سطحی بر مبنای روش حجم سنجی برای اندازه گیری ایزوترم جذب سطحی و ضرایب نفوذ گازهای خالص در جاذب ها مورد بررسی قرار گرفته است. در سامانه مذکور، از دو سنسور فشار (سنسور ۱ bar و سنسور ۲۰ bar) برای اندازه گیری فشار استفاده شده است که توسط یک رابط نرم افزاری اطلاعات مربوطه به کامپیوتر منتقل و بر حسب زمان ثبت می شوند. ثبت تغییرات فشار بر حسب زمان امکان ارزیابی سینتیک جذب و در نتیجه محاسبه ضرایب نفوذ گازها را در جاذب ها بر اساس مدل های سینتیکی فراهم می کند. مزیت سامانه مذکور این است که داده های سینتیک جذب سطحی را هنگامی که با نفوذ کند سر کار داریم، با دقت بیشتری ثبت کند. به منظور بررسی کارایی سامانه مذکور از نظر تعادلی جذب سطحی دی اکسید کربن و از نظر سینتیکی جذب سطحی پروپان در ژئولیت DD3R به ترتیب در در دماهای ۳۰۳ و ۳۳۳ K مورد بررسی قرار گرفت. کلمات کلیدی: جذب سطحی گازها، سامانه اندازه گیری جذب سطحی، تعادل، سینتیک.

<sup>1</sup> [hmagsoudi@sut.ac.ir](mailto:hmagsoudi@sut.ac.ir)

<sup>\*\*</sup> [r.alizadeh@sut.ac.ir](mailto:r.alizadeh@sut.ac.ir)



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



#### مقدمه

در دهه های اخیر فرایندهای جذب سطحی صنعتی برای جداسازی های مهم در صنایع شیمیایی مانند اولفین/پارافین، اکسیژن/نیتروژن، حذف دی اکسید کربن از هوا و حذف آلاینده های گاز طبیعی مورد بررسی قرار گرفته است [1]. جذب سطحی فرآیندی است که در آن برخی از اجزاء فاز سیال به سطح یک جاذب سطحی جامد منتقل می شوند. معمولاً ذرات ریز جاذب در بستر ثابتی نگه داشته می شوند و سیال به صورت پیوسته از میان بستر عبور داده می شود تا جامد تقریباً اشباع شود و دیگر نتوان به جداسازی مورد نظر دست یافت [2]. با گسترش صنایع شیمیایی و پتروشیمی، جداسازی های گازی برمبنای جذب سطحی اهمیت یافته اند. برای طراحی و یا افزایش مقیاس یک سیستم جداسازی آزمایشگاهی، به اطلاعات تعادلی و سینتیکی نیاز است. با توجه به اینکه مدل های ریاضی پیش بینی دقیقی از این داده های اولیه مذکور بدون داشتن نتایج آزمایشگاهی نخواهند داشت، لازم است با استفاده از روش های آزمایشگاهی این اطلاعات حاصل شوند. در صنایع مربوط به نفت و گاز، جذب سطحی جایگاه ویژه ای پیدا کرده است. فرایندهای جذب سطحی در صنایع مذکور با استفاده از جاذب های تجاری انجام می شود، این در حالی است که برای جداسازی های خاص ممکن است بتوان جاذب های کارآمدتری یافت. لازمه یافتن جاذب مناسب علاوه بر هزینه پایین جاذب، دانستن اطلاعاتی در مورد تعادل و سینتیک جذب سطحی، اهمیت بالایی دارد. روش های اصلی برای یافتن این اطلاعات اولیه روش های وزن سنجی و حجم سنجی می باشند که هر کدام دارای مزایا و معایبی می باشند. روش حجم سنجی ساده ترین و قدیمی ترین روشی است که می تواند در بررسی اولیه عملکرد یک جاذب برای یک جداسازی خاص، به کار گرفته شود. مهمترین مزیتی که برای روش حجم سنجی در مراجع اشاره شده است سادگی و عدم نیاز به قطعات پیچیده می باشد. [3]. مبنای روش حجم سنجی، اندازه گیری فشار و حجم گاز موجود در سیستم می باشد. روش وزن سنجی که نیازمند ترازوهای خیلی دقیق و گران قیمت میکروبالانس با دقت بالا می باشد، به علت سادگی کار و عدم نیاز به تجهیزات پیچیده جهت راه اندازی به عنوان روش مطلوب تری است. در مقاله حاضر به منظور بررسی کارکرد درست دستگاه ساخته شده، جذب سطحی تعادلی گازهای دی اکسید کربن و سینتیک جذب سطحی پروپان در زئولیت DD3R در دمای ۳۰۳ K تا فشار ۱ bar مورد بررسی قرار گرفته است.

#### ۳۲- پیشینه تحقیق

در سال های اخیر در صنایع نفت و گاز، تمایل به صرفه جویی در انرژی به منظور بهینه سازی هزینه های جداسازی وجود داشته است. این مسئله مطالعه تکنولوژی های جدید جداسازی را افزایش داده است؛ زیرا عملیات جداسازی متداول معمولاً نیاز به مقدار زیادی انرژی دارند. جذب سطحی به عنوان روشی که به بلوغ خود رسیده است به ویژه برای جداسازی مخلوط های گازی مورد توجه قرار گرفته است. از فرآیند جذب سطحی در رطوبت زدایی از هوا و دیگر گازها، جداسازی ناخالصی هایی مانند دی اکسید کربن، نیتروژن، ترکیبات گوگردار از گاز طبیعی، بازیابی حلال های با ارزش از

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مخلوط رقیق آن ها با هوا یا گازهای دیگر و جداسازی مخلوطی از هیدروکربن های گازی مانند مخلوطی از متان، اتیلن، اتان، پروپیلن و پروپان استفاده می شود [۴-۱۱].

آزمایشات اولیه توسط سی دبلیو شیلی در سال ۱۷۷۷، شاپوئیز در سال ۱۸۸۱، دبلیو آستوالد در سال ۱۹۰۵ و جی لانگمویر در سال ۱۹۱۲ صورت گرفت. ابزار مخصوص برای اندازه گیری به این روش توسط آر. دبلیو. پُل در حدود سال ۱۹۴۰ ساخته شد و حجم سنج نام گرفت [۳]. در برخی از مقالات به روند دقیق ساخت و طراحی سیستم جذب-سطحی بر مبنای حجم سنجی اشاره شده است [۱۲، ۱۳].

### ۳۳- اجزای تشکیل دهنده و روش کار با سامانه جذب سطحی

این سامانه برای اندازه گیری میزان جذب سطحی گازهای خالص در جاذب های مختلف استفاده می شود. روش استفاده شده در این سامانه بر مبنای حجم سنجی است. در این سامانه نرم افزاری طراحی شده است که میزان جریان الکتریکی (بر حسب mA) را به فشار (بر حسب bar) تبدیل می کند. داده های دریافت شده توسط این نرم افزار به صورت نمودار فشار-زمان به کاربر نمایش داده شده و نیز به صورت فایل اکسل ذخیره سازی می گردند. بنابراین با داشتن مقادیر کاهش فشار از لحظه شروع تا لحظه تعادل علاوه بر امکان تعیین مقدار جذب تعادلی، امکان تعیین سینتیک جذب-سطحی و ضرایب نفوذ جذب شونده ها در حفرات جاذب وجود خواهد داشت. این سامانه شامل اجزای مختلف مطابق با شکل ۱ می باشد. روش کار با این سامانه به این صورت است که ابتدا مقدار مشخصی از جاذب در مخزن جذب ریخته می شود. در مرحله اول، برای اندازه گیری میزان جذب آزمایش عدم نشستی گاز در سیستم انجام می شود. برای این کار، گاز بی اثری مانند ازت با فشار ۱۰-۱۵ bar وارد سامانه شده و تست نشستی هم با استفاده از آب و صابون و هم توسط ثبت تغییرات فشار بر حسب زمان انجام می شود. در صورت عدم وجود تغییرات فشار بر حسب زمان، اطمینان از نبود نشستی در سیستم حاصل می شود. در صورت کاهش فشار، نشستی موجود در سامانه باید بر طرف گردد. در مرحله بعدی، رطوبت و گازهای از قبل جذب شده باید از حفرات جاذب خارج شود تا احیای جاذب برای استفاده دوباره از جاذب فراهم شود. به این منظور در دمای بالایی مانند ۳۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت، عمل دفع گازهای جذب شده و احیای جاذب صورت گیرد. لازم به ذکر است که شرایط دمایی و زمانی برای احیای جاذب های مختلف ممکن است بر اساس مراجع، متفاوت باشد. در حین فرایند احیا، گازهای خارج شده از حفرات جاذب توسط پمپ خلا از سیستم خارج می شود تا نیرو محرکه برای خروج مولکول های بعدی از حفرات جاذب فراهم شود. برای اطمینان از عاری شدن جاذب از هرگونه ناخالصی، عمل خلا چندین بار تکرار شده و نیز سیستم توسط گاز بی اثری مانند هلیوم شستشو داده می شود. بعد از گذشت مدت مذکور و اطمینان از عدم خروج هرگونه ناخالصی از حفرات جاذب، که بر اساس عدم مشاهده افزایش فشار در نمایشگر فشار یا نرم افزار رابط تایید می گردد، جاذب آماده اندازه گیری مقدار جذب سطحی می باشد. در این مرحله مقدار مشخصی از گاز با فشار مشخص وارد مخزن شارژ شده و زمان داده می شود تا به دمای مدنظر برسد. سپس شیر تزریق به مخزن جذب باز می شود تا عملیات جذب آغاز گردد. در یک بازه زمانی متناسب با سرعت جذب، تغییرات

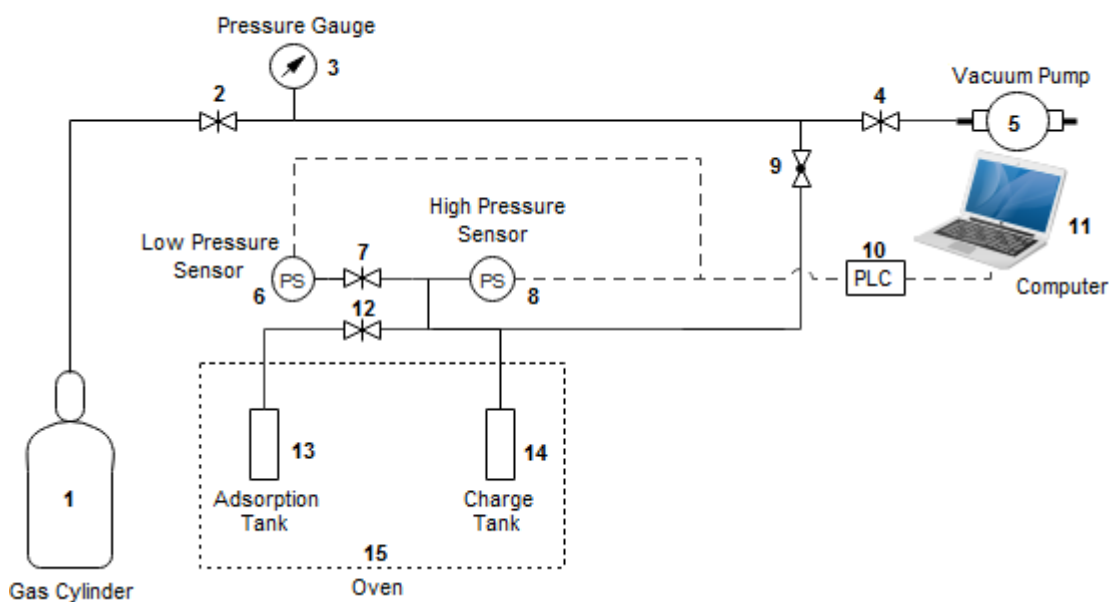
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

فشار که ناشی از جذب گاز در جاذب می باشد در نرم افزار ثبت می گردد. فشار ثبت شده بعد از ثابت شدن فشار، فشار تعادلی است. این عمل در فشارهای مختلف انجام می شود تا فشارهای مختلف تعادلی حاصل گردد. با توجه به مشخص بودن حجم سیستم، در دمای مشخص و فشارهای اولیه و تعادلی، مقدار مول اولیه و نهایی موجود در سیستم و در نتیجه مقدار اختلاف آنها یعنی مقدار جذب شده در حفرات جاذب حاصل می شود. بنابراین ایزوترم جذب تعادلی قابل رسم است. با بررسی داده های فشار بر حسب زمان، بررسی سینتیک جذب سطحی و تعیین ضرایب نفوذ نیز میسر خواهد بود.



شکل ۱. شماتیک از سامانه استاتیکی اندازه گیری خواص تعادلی و سینتیکی جذب سطحی گازها.

بر اساس شکل ۱، سامانه جذب سطحی شامل کپسول گاز (۱)، گیج فشار (۳)، پمپ خلا (۵)، سنسور فشار پایین (۶) و فشار بالا (۸)، شیرهای قطع و وصل جریان گاز (۲، ۴، ۷، ۹ و ۱۲)، واحد مبدل سیگنال آنالوگ به دیجیتال (۱۰)، کامپیوتر (۱۱)، مخازن جذب (۱۳) و شارژ (۱۴) و آون حرارتی (۱۵) می باشد. سنسور فشار پایین برای اندازه گیری فشار در بازه فشاری ۱-۰ bar و سنسور فشار بالا در بازه ی فشار ۲۰-۰ bar استفاده می گردد. سنسور فشار پایین از دقت بالاتری نسبت به سنسور فشار بالا برخوردار بوده و در فشارهای بالاتر از یک بار آسیب پذیر است؛ به همین دلیل شیر تزریق به مخزن شارژ (۹) سوزنی انتخاب شده است تا بتوان فشار را به صورت تدریجی اعمال کرد. بقیه شیرها از نوع حبابی می باشند. جاذب در مخزن جذب (۱۳) قرار گرفته و عملیات جذب در این مخزن انجام می گیرد. مخزن بعدی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

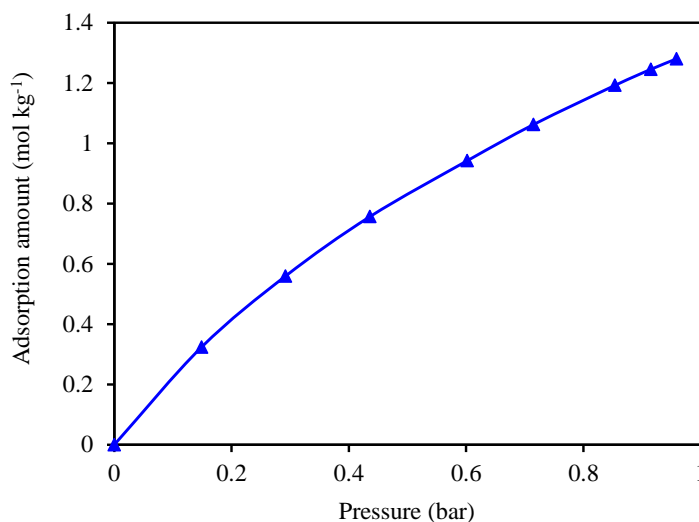
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مخزن شارژ (۱۴) نام دارد که در آن گاز مورد تست به دمای جذب می رسد. فشار گاز ورودی به سامانه به وسیله گیج فشار که بعد از سیلندر گاز قرار دارد، کنترل می شود.

### ۳۴- نتایج جذب سطحی

همانطور که اشاره شد، به منظور بررسی کارکرد دستگاه ساخته شده، جذب سطحی تعادلی گازهای دی اکسید کربن و سینتیک جذب سطحی پروپان در زئولیت DD3R به ترتیب در دماهای ۳۰۳ K و ۳۳۳ K مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل به ترتیب در شکل های ۲ و ۳ قابل مشاهده اند. با توجه به شکل، جذب پروپان بعد از گذشت مدت زمان طولانی به تعادل نرسیده است. بنابراین سیستم جذب سطحی برای سینتیک جذب کند در مدت زمان طولانی جوابگو خواهد بود.



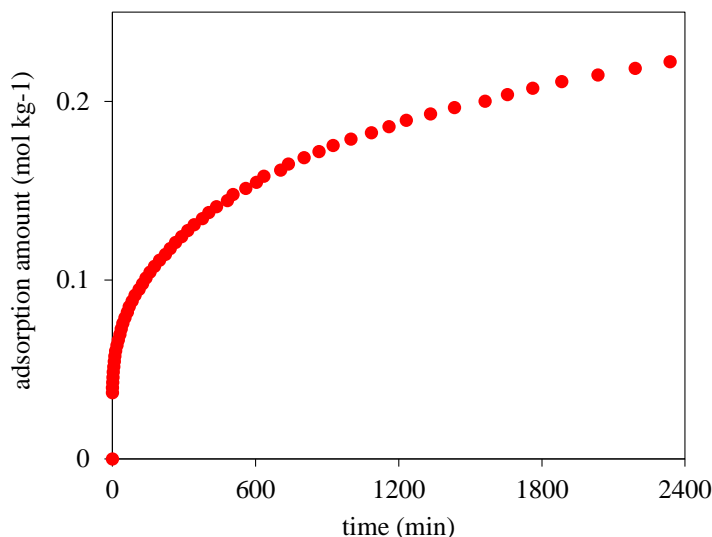
شکل ۲. ایزوترم جذب سطحی دی اکسید کربن بر روی زئولیت DD3R در دمای ۳۰۳ K تا فشار ۱ bar

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳. سینتیک جذب سطحی پروپان بر روی زئولیت DD3R در دمای ۳۳۳ K

منابع

- [1] C. L. CAVALCANTE JR (2000) *Latin American Applied Research*, 30, 357-364.
- [2] Yang R.T., Gas separation by adsorption processes (2013) United Kingdom, Butterworth-Heinemann.
- [3] Keller JU, Staudt R. Gas adsorption equilibria: experimental methods and adsorptive isotherms (2005) Germany, Springer Science & Business Media.
- [4] S. Cavenati, C. A. Grande, A. E. J. E. Rodrigues (2006) *Energy and fuel*, 20, 2648-2659.
- [5] C. Gücüyener, J. van den Bergh, J. Gascon, F. Kapteijn (2010) *Journal of the American Chemical Society*, 132, 17704-17706.
- [6] M. Harper (2000) *Journal of Chromatography A*, 885, 129-151.
- [7] H. Maghsoudi, A. Aidani (2017), *Adsorption*, 23, 963-969.
- [8] G.M. Nam, B.M Jeong, S.H. Kang, B.K. Lee, D.K. Choi (2005) *Journal of Chemical & Engineering Data*, 50,72-76.
- [9] M. Netusil, P. Dittl (2011) *Journal of natural gas chemistry* 20, 471-476
- [10] Z. Pourmahdi H. Maghsoudi (2017) *Adsorption*, 23, 799-807.
- [11] D. M. Ruthven, S. C. Reyes (2007) *Microporous and Mesoporous Materials*, 104, 59-66.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[12] A. Policicchio, E. Maccallini, G.N. Kalantzopoulos, U. Cataldi, S. Abate, G. Desiderio, R.G. Agostino (2013)

*Review of scientific instruments*, 84, 103907.

[13] S. Ramaprabhu, N. Rajalakshmi, A. Weiss (1998) *International journal of hydrogen energy*, 23, 797-801.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## شناسایی ترکیبات شیمیایی با استفاده از روش طیفسنجی رامان

طاهر مقدمی<sup>۱\*</sup>، مرتضی صفری<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد آزمایشگاه اسپکتروسکوپی و کوانتومتری و مدیر کنترل کیفیت آزمایشگاه مرکزی دانشگاه گیلان،

رشت، ایران، ([tamoghadam@gmail.com](mailto:tamoghadam@gmail.com))

۲- کارشناس آزمایشگاه مرکزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران

### چکیده

طیفسنجی رامان یک تکنیک طیفسنجی مولکولی است که کاربردهای متنوعی در زمینه های تحقیقاتی مختلف پیدا کرده است و از پراکندگی غیرالاستیک بین فوتون های نور فرودی و مولکول ها ناشی می شود. تکنیک رامان بر خلاف سال های ابتدایی ابداعش، امروزه بسیار متداول شده و در علوم پایه و کاربردی استفاده فراوانی پیدا کرده است. در حقیقت تکنیک رامان کاربرد گسترده خود را مدیون پیشرفت های دستگاهی زیادی است که تاکنون در این زمینه پدید آمده و این تکنیک را بیش از پیش ساده تر، قابل دسترس تر و مقرون به صرفه تر کرده است. با استفاده از طیفسنجی رامان می توان از ترکیب و برهمکنش مولکولی مواد، ویژگی های بلوری و فاز بدون نیاز به آماده سازی نمونه اطلاع پیدا کرد. برای دستیابی به عمق نمونه و بزرگنمایی بالاتر نسبت به رامان های معمولی از دستگاه رامان کانفوکال استفاده می شود که می تواند شناسایی ترکیبات در مواد را ساده تر و دقیق تر نماید. در این مطالعه مروری، پس از معرفی طیفسنجی رامان به طرز کار میکروسکوپ های رامان معمولی و کانفوکال، پرداخته می شود. کلمات کلیدی: طیفسنجی رامان، میکروسکوپ کانفوکال، شناسایی ترکیبات شیمیایی.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

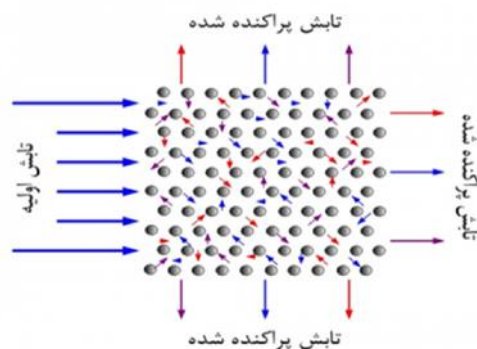
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

هنگامی که یک تابش الکترومغناطیس از یک محیط شفاف عبور می کند، گونه های موجود در محیط، قسمتی از باریکه را در تمامی جهات پراکنده (Scatter) می کنند (شکل ۱). در سال ۱۹۲۸ سی وی رامن (C. V. Raman) کشف کرد که طول موج مربوط به کسر کوچکی از تابش پراکنده شده توسط مولکول های خاص، متفاوت از طول موج تابش اولیه است (یعنی پراکندگی غیرکشسان یا Inelastic scattering رخ می دهد) که میزان تفاوت در طول موج ها وابسته به ساختار مولکولی ترکیبات تغییر می کند. طیف سنجی رامن بر اساس تجزیه و تحلیل این تفاوت ها جهت تعیین ساختار مولکولی ترکیبات مختلف شکل گرفته است [۱].



شکل ۴۰. پراکنده شدن تابش در اثر برخورد با مولکول های موجود در محیط [۱]

پراکندگی (Scattering) یک فرایند فیزیکی است که طی آن، گونه ای از تابش مثل نور، صدا یا حتی باریکه از ذرات متحرک (مثل یون، الکترون و...) در اثر برخورد با ذرات یا سطوح مختلف، از مسیر مستقیمی که در آن در حال حرکت است، منحرف شده و مجبور به حرکت در یک یا چند مسیر دیگر می شود (شکل ۱). معمولاً پراکندگی در همه جهات رخ می دهد [۲].

در اثر برخورد نور با ماده، با توجه به طول موج تابش پراکنده شده، دو نوع پراکندگی خواهیم داشت:

پراکندگی رایلی (Rayleigh scattering) که به وسیله ذراتی ایجاد می شود که اندازه آن ها به مراتب کوچک تر از طول موج تابش باشد. در اثر این نوع پراکندگی، طول موج تابش تغییر نمی کند و تحت عنوان پراکندگی کشسان (Elastic) دسته بندی می شود. مشهودترین مثال برای این نوع پراکندگی، آبی بودن رنگ آسمان است که در اثر پراکندگی طول موج های کوتاه تر طیف مرئی رخ می دهد.

پراکندگی رامن (Raman scattering) که طی آن بر اثر انتقال انرژی میان فوتون تابیده شده و مولکول های ماده، طول موج اولیه تغییر کرده و در اثر آن دست دادن انرژی، طول موج افزایش یافته، یا در اثر گرفتن انرژی، طول موج کاهش می یابد. میزان این تغییرات انرژی (چه کاهش و چه افزایش) به تناسب با بسامد ارتعاشات (Vibrations) مولکولی گونه پراکنده کننده نور وابسته است. پس پراکندگی رامن به دو دسته کلی

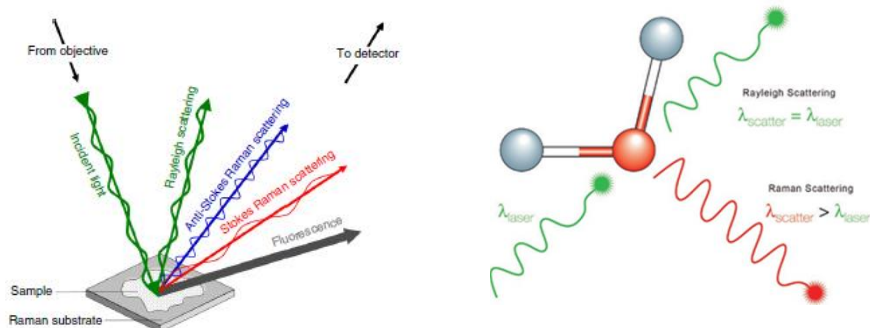
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

تقسیم بندی خواهد شد: دسته اول که دارای طول موج بلندتری (انرژی کمتر) از تابش اولیه است، تحت عنوان استوکس (Stokes) و دسته دوم که طول موج کوتاهتری (انرژی بیشتر) از تابش اولیه دارند، با نام آنتی استوکس (anti-Stokes) شناخته می شوند [۲].



شکل ۴۱. شماتیک طیف های پراکنده شده ناشی از تابش لیزر به نمونه

### ۳۵-طیف رامان

شکل ۳ قسمتی از یک طیف نوعی رامان را برای گونه  $CCl_4$  نشان می دهد که در آن تابش نمونه با منبع لیزر با طول موج ۴۸۸ نانومتر صورت گرفته است. در یک طیف رامان، محور افقی عموماً بر حسب عدد موجی تابش پراکنده شده ( $\bar{\nu}$ ) یا مثل شکل زیر، بر حسب تغییرات ایجاد شده در عدد موجی باریکه پراکنده شده ( $\bar{\nu}_2$ ) نسبت به عدد موجی تابش منبع ( $\bar{\nu}_1$ )، یعنی بر حسب تغییرات عدد موجی ( $\Delta\bar{\nu}$ ) است (که در عمل نشان دهنده پراکندگی ایجاد شده در یک عدد موجی مشخص است). در حالی که محور عمودی شدت پیک ها را به صورت نسبی نشان می دهد. توجه شود که رابطه میان عدد موجی یک تابش با طول موج ( $\lambda$ )، فرکانس ( $\nu$ ) و انرژی ( $E$ ) آن به صورت زیر است و دارای واحد  $cm^{-1}$  است:

$$\bar{\nu} = \frac{\nu}{c}, \quad \bar{\nu} = 1/\lambda \quad (1)$$

$$E = h\nu = hc\bar{\nu}$$

(۲)

همان گونه که در شکل زیر مشاهده می شود، خطوط استوکس دارای شدت بیشتری هستند که این موضوع با توجه به بالاتر بودن احتمال وقوع آن ها قابل توجیه است، چون معمولاً در اثر برخورد با محیط مادی، از دست دادن انرژی توسط فوتون محتمل تر از دریافت انرژی است. مورد دیگری که باید مدنظر قرار داد این است که میزان جابجایی های رامان (Raman Shifts) (که به صورت عددی بالای پیک ها نوشته شده) مستقل از طول موج لیزر استفاده شده برای



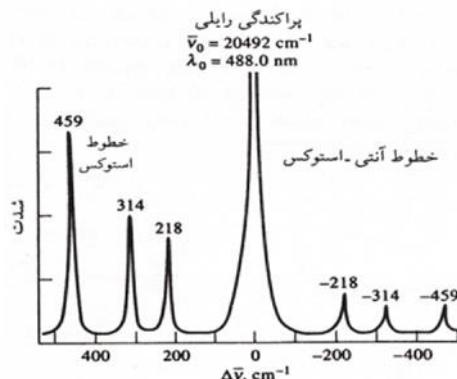
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

برانگیختگی نمونه است. همچنین توجه شود که پراکندگی رابلی دقیقاً در طول موج معادل با طول موج منبع قرار گرفته، میزان جابجایی آن صفر بوده و شدت آن از خطوط استوکس و آنتی استوکس بسیار بیشتر است [۲].



شکل ۴۲. طیف رامان  $\text{CCl}_4$  با استفاده از لیزر با طول موج ۴۸۸ نانومتر. اعداد بالای پیک ها میزان جابجایی رامان است [۲]

مطالعات انجام شده نشان داده اند که جابجایی های ایجاد شده در طول موج (عدد موجی) منبع در اثر پراکندگی رامان، در محدوده طیفی مادون قرمز قرار می گیرد. به عبارت ساده تر تفاوت انرژی تابش منبع و تابش پراکنده شده، به اندازه انرژی امواج در محدوده مادون قرمز میانه است (به مقاله طیفسنجی مادون قرمز مراجعه شود). همان طور که در مقاله مربوط به روش طیفسنجی مادون قرمز هم اشاره شده است، این میزان انرژی فقط برای انجام انتقالات میان ترازهای ارتعاشی مولکولها (Molecular Vibrational Levels) کافی است و از این نظر این دو روش مشابه یکدیگر هستند. به گونه ای که طیف پراکندگی رامان و طیف مادون قرمز برای یک گونه خاص، غالباً بسیار شبیه به یکدیگر هستند. شباهت های این دو روش با یکدیگر بسیار زیاد است ولی باید توجه داشت که علی رغم وجود این شباهت ها، این دو تکنیک در اصول اولیه و تئوری با هم متفاوت هستند، به نحوی که معمولاً به عنوان مکمل یکدیگر استفاده می شوند. در مقاله معرفی روش طیفسنجی مادون قرمز اشاره شده است که یکی از شروط لازم برای اینکه یک پیوند خاص بتواند در طیفسنجی مادون قرمز فعال باشد این است که در اثر جذب تابش، تغییر خالصی در ممان دوقطبی (Dipole moment) ایجاد شود. برخلاف روش طیفسنجی مادون قرمز، پیوندی در تکنیک رامان فعال است که در اثر جذب تابش، قطبش پذیری (Polarizability) آن تغییر کند. بر این اساس، یک پیوند می تواند در تکنیک رامان،

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



طیفسنجی مادون قرمز یا هر دو روش فعال باشد و این موضوع باعث ایجاد شباهت یا تفاوت در طیفهای این دو روش خواهد شد.

یک مزیت مهم طیفهای رامان در مقایسه با مادون قرمز این است که در طیفهای رامان، آب تداخل نمی کند؛ بنابراین از محلول های آبی می توان طیف رامان را به دست آورد. این مزیت باعث می شود که در روش رامان، امکان استفاده از سلول های شیشه ای یا کوارتز وجود داشته باشد و دیگر نیازی به استفاده از روش قرص سازی (به بخش آماده سازی نمونه در مقاله طیفسنجی مادون قرمز مراجعه شود) نباشد. علی رغم این مزایا، طیفسنجی رامان تا سال ها مورد توجه زیادی قرار نگرفت تا اینکه تغییراتی بنیادی در ساختار دستگاه طیفسنج رامان صورت گرفت که می توان مهم ترین آن ها را استفاده از لیزر و همچنین استفاده از روش های تبدیل فوریه (Fourier Transformation) دانست. به کارگیری لیزر به عنوان یک منبع قدرتمند تکفام (Monochrome)، بررسی پراکندگی و در نتیجه فرایند طیف گیری را بسیار ساده تر کرده است. یکی از اصلی ترین مشکلات در روش طیفسنجی رامان بروز تداخل مربوط به فلورسانس برخی گونه ها با سیگنال های مربوط به جابه جایی استوکس آن هاست؛ که این موضوع با استفاده از تبدیل فوریه تا حد زیادی برطرف شده است.

همان طور که اشاره شد، علی رغم شباهت های موجود میان طیفسنجی های رامان و مادون قرمز، آن ها تفاوت هایی هم دارند. اساسی ترین تفاوت این دو روش در این است که در روش رامان یک سری حالت های مجازی (virtual states) بین حالت پایه و اولین حالت برانگیخته ایجاد می شود که منشأ اصلی وقوع پراکندگی رامان هستند (شکل ۴). بسته به فرکانس تابش منبع، انرژی مولکول می تواند یکی از حالت های نامتناهی بین حالت پایه و اولین حالت برانگیخته الکترونی را اختیار کند [۳].

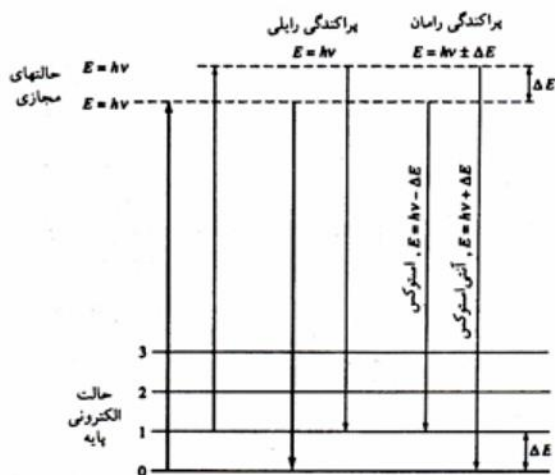
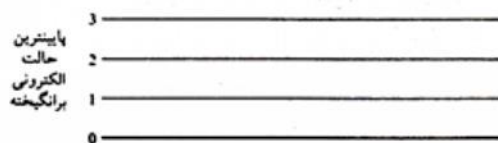
آن گونه که در شکل ۴ قابل مشاهده است، تغییرات انرژی برای نشر استوکس و آنتی استوکس برابر  $\pm \Delta E$  است که مقدار  $\Delta E$  دقیقاً متناظر با انرژی اولین تراز ارتعاشی حالت پایه است و به آن جابه جایی استوکس می گویند. اگر یک پیوند در مادون قرمز فعال باشد، انرژی جذب آن نیز برابر  $\Delta E$  خواهد بود. بنابراین جابه جایی استوکس و فرکانس پیک جذبی مادون قرمز شبیه به یکدیگر هستند و به نوعی اثر انگشت (Fingerprint) برای یک پیوند تبدیل می شوند.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۴۳. ایجاد حالت های مجازی به عنوان منشأ پراکندگی رامان و رایلی (اعداد سمت چپ: شماره تراز ارتعاشی)

[۳]

هنگامی که نور با یک ماده برهمکنش می کند، می تواند جذب یا پراکنده شود. فرآیند جذب مستلزم این است که انرژی فوتون معادل گاف انرژی (energy gap) میان حالت پایه و حالت برانگیخته مولکول باشد. این پدیده، پایه و اساس بسیاری از روش های طیفسنجی (Spectroscopy) است. در حالی که برای وقوع پراکندگی، وجود دو سطح انرژی مناسب (گاف انرژی) ضروری نیست و حتی در صورت عدم وجود دو سطح انرژی مناسب هم، پراکندگی رخ می دهد که به خاطر ایجاد حالت های مجازی است که حالت هایی موقت و ناپایدار هستند [۳].

زمانی که یک موج نوری، عموماً به عنوان یک دو قطبی در حال نوسان، انتشار می یابد و از کنار یک مولکول عبور می کند، دو قطبی در حال نوسان آن که بسیار بزرگ تر از مولکول است (به طور مثال اندازه مولکول  $\text{CCl}_4$  کمتر از نیم نانومتر است در حالی که طول موج نور مرئی بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است)، بنابراین می تواند با آن برهمکنش کرده و ابر



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



الکترونی اطراف آن را از شکل طبیعی خود خارج کند. به عبارت دیگر، دو قطبی در حال نوسان نور در حین حرکت خود با مولکول برهمکنش کرده و باعث می شود که الکترون های آن قطبیده (polarized) شده و به حالت های انرژی بالاتر بروند. در این صورت انرژی موجود در موج نوری به مولکول منتقل خواهد شد. این برهمکنش موجب ایجاد یک حالت واسطه (complex) با طول عمر بسیار کوتاه خواهد شد که در آن ساختار هندسی مولکول تغییر نکرده است. یعنی طول عمر این حالت واسطه آنقدر کم است که مولکول زمانی برای تغییر حالت و حتی حرکت نخواهد داشت و تنها ابر الکترونی آن متحمل یک واپیچش (distortion) یا قطبش (polarization) می شود. این حالت واسطه تحت عنوان حالت مجازی شناخته می شود. شکل حقیقی ابر الکترونی تغییر حالت یافته، به میزان انرژی دریافت شده توسط مولکول بستگی دارد. پس این انرژی لیزر است که سطح انرژی حالت مجازی را مشخص می کند. باید توجه داشت که حالت مجازی یک حالت واقعی گذرا است نه یک حالت فرضی [۳].

#### ۳۶- اجزای دستگاهی

از نظر دستگاهی می توان مهمترین اجزای یک دستگاه رامان را منبع و سیستم طیفسنج آن دانست. منابع مورد استفاده در روش رامان اکثراً لیزری هستند، چون شدت آن ها به اندازه کافی زیاد است که بتوانند یک پراکندگی رامان قابل قبول ایجاد کنند. متداول ترین منابع لیزری مورد استفاده عبارتند از: لیزر یون آرگون با طول موج های ۴۸۸ و ۵۱۴/۵ نانومتر، یون کریبتون با طول موج های نزدیک به ۵۳۱ و ۶۴۷ نانومتر، هلیم/نئون با طول موج ۶۳۲/۸ نانومتر، لیزر دیودی با طول موج ۷۸۲ و ۸۳۰ نانومتر و لیزر Nd/YAG با طول موج ۱۰۶۴ نانومتر. از آنجا که فرکانس منبع تأثیر به سزایی روی شدت پیک های رامان یک گونه دارد، انتخاب منبع مورد استفاده با توجه به شرایط نمونه انتخاب می شود. برای مثال برای گونه های فلورسانس کننده عموماً از منابع با طول موج در محدوده مادون قرمز مثل Nd/YAG استفاده می شود که دارای انرژی کافی برای برانگیخته کردن گونه ها و ایجاد فلورسانس در آن ها نیستند. بدین ترتیب مزاحمت فلورسانس به حداقل رسانده می شوند [۲]. البته لازم به ذکر است که منابع فرابنفش هم قابلیت استفاده در روش رامان را دارند ولی به دلیل یک سری محدودیت ها از جمله میزان انرژی زیاد آن ها که بعضاً باعث تخریب نمونه می شود و همچنین خطرهای ناشی از استفاده از نور فرابنفش، کاربرد گسترده ای نیافته اند.

دستگاه های رامان جدید عمدتاً بر مبنای دو نوع کلی از طیفسنج ها مورد استفاده قرار می گیرند؛ یکی طیفسنج های پاشنده (Dispersive) و دیگری هم طیفسنج های تبدیل فوریه (Fourier transform). استفاده از طیفسنج در دستگاه رامان به دو دلیل عمده صورت می پذیرد: ۱. به جهت جدا کردن تابش ناشی از پراکندگی رایلی از

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

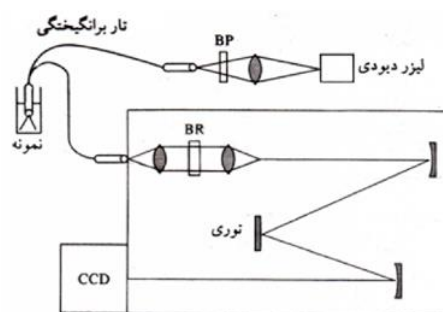
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

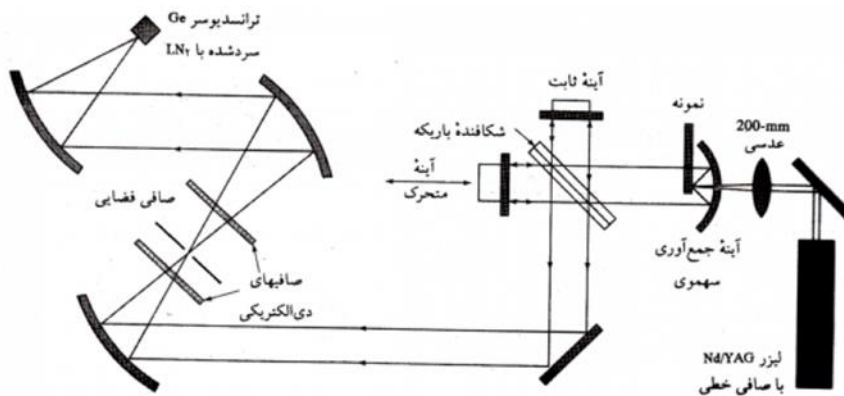


تابش های رامان، که با پس زدن تابش رایلی (Rayleigh light rejection) توسط سیستم تکفام ساز، فیلتر یا تداخل سنج مورد استفاده در بخش طیف سنج، انجام می شود. ۲. تجزیه و تحلیل سیگنال های نوری جمع آوری شده [۴]. دستگاه های پاشنده عموماً از یک لیزر در ناحیه مرئی و یک دوربین (CCD: Charged coupled device) به عنوان آشکارساز (Detector) استفاده می کنند (شکل ۵).



شکل ۴۴. طیف سنج رامان پاشنده با یک CCD، یک صافی حذف نوار رایلی (BR) و یک صافی تداخلی (BP) [۲]

در حالی که دستگاه های تبدیل فوریه از یک منبع مادون قرمز نزدیک و یک سیستم تداخل سنج (مانند آنچه که در روش مادون قرمز استفاده می شود)، که به برنامه تبدیل فوریه برای ایجاد طیف نیاز دارد (Interferometer)، بهره می برند (شکل ۶).



شکل ۴۵. اجزای نوری یک طیف سنج رامان بر مبنای تبدیل فوریه [۲]

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

مفهوم پایه میکروسکوپ کانفوکال توسط ماروین مینسکی (Marvin Minsky) در اواسط دهه ۱۹۵۰ توسعه یافت. به دنبال کار مینسکی، دیوید اگری (David Egger) و ژمیر پتران (Mojmir Petran) در اواخر دهه ۱۹۶۰ یک میکروسکوپ کانفوکال چند پرتو را ساختند و اولین تصاویر قابل تشخیص از سلول ها را در سال ۱۹۷۳ منتشر کرد. در اواخر دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، پیشرفت در تکنولوژی رایانه و لیزر همراه با الگوریتم های جدید برای تصاویر دیجیتال منجر به افزایش علاقه به میکروسکوپ کانفوکال گردید. اولین ابزار تجاری در سال ۱۹۸۷ پدید آمد. در دهه ۱۹۹۰، پیشرفت های اپتیک و الکترونیک، لیزرهای پایدار و قدرتمند، آینه ها با قابلیت کارایی بالا، پوشش های دی الکتریک فیلم نازک و آشکارسازهایی با نویز کم باعث توسعه میکروسکوپ کانفوکال گردید. علاوه بر این در اواخر دهه ۱۹۹۰ با افزایش سرعت پردازش کامپیوتری، صفحه نمایش های پیشرفته و تکنولوژی ذخیره سازی، شرایط برای انقلاب در میکروسکوپ کانفوکال ایجاد شد. به دلیل رشد انفجاری نانو ساختارها در سال های اخیر، مزیت های میکروسکوپ رامن کانفوکال به طور محسوسی در بررسی خصوصیات نانو سیستم ها نمایان شده است. میکروسکوپ رامن کانفوکال برای بزرگنمایی ذرات به صورت کانفوکال طراحی شده است. تصویر ایجاد شده ویژگی های وضوح و تفکیک را بسیار بهتر از میکروسکوپ های معمولی نشان می دهد. علاوه بر این، به دلیل ارتباط این میکروسکوپ با سیستم های رایانه ای، دریافت تصاویر سه بعدی، محیطی و سطحی با دقت بسیار بالا که تمامی مشخصات سطح نمونه را نشان می دهد امکان پذیر است. همچنین وجود سیستم دیجیتالی امکان اندازه گیری مشخصات سطح نمونه در حد نانومتر را ممکن می سازد. این تکنیک نیاز به هیچ گونه برچسب زدن نمونه یا دیگر روش های آماده سازی ندارد؛ همچنین روشی غیر مخرب است که از نابود شدن و تغییر ماهیت دادن نمونه جلوگیری می کند.

طبق شکل ۷ نور همدوس لیزر (منبع برانگیختگی) از طریق یک دیافراگم پین هول (Pinhole aperture) عبور می کند و نمونه را به صورت نقطه ای اسکن می کند. دیافراگم پین هول دوم در مقابل آشکارساز قرار دارد. هم زمان که لیزر با استفاده از یک آینه کروماتیکی (Dichromatic mirror) سرتاسر نمونه را در صفحه فوکوس اسکن می کند، نور منتشر شده از نمونه بعد از عبور از آینه کروماتیکی در نقطه دیافراگم پین هول آشکارساز جمع آوری می شود [۵]. با حذف کردن نورهای خارج از فوکوس که از نقاط بالا و پایین صفحه فوکوس ساطع می شوند، کنتراست به طرز چشمگیری افزایش می یابد. در هر لحظه فقط یک نقطه از نمونه قابل مشاهده است و تصویر حاصل مجموع آنالیز تمام نقاط است. یکی از مهم ترین اجزای اپتیکی میکروسکوپ کانفوکال، دیافراگم پین هول است که به عنوان فیلتر فضایی در مقابل آشکارساز قرار می گیرد. معمولاً دیافراگم هایی با قطر مختلف روبروی آشکارساز قرار می گیرند که اپراتور را قادر می سازد اندازه پین هول (و ضخامت بخش نوری) را تنظیم کند. میکروسکوپ رامن کانفوکال این امکان را فراهم می کند تا



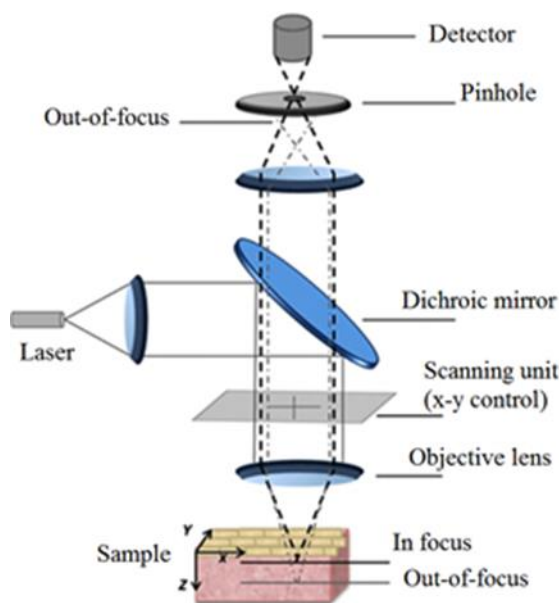
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

طیفسنجی رامان با تفکیک پذیری فضایی میکروسکوپی در راستای جانبی (XY) و عمق (Z) انجام شود. با استفاده از کانفوکال واقعی که شامل یک دیافراگم سوراخ سوزنی قابل تنظیم است، تفکیک پذیری عمق میکرون امکان پذیر است و اجازه می دهد لایه های یک نمونه به طور مجزا آنالیز شود.



شکل ۴۶. اساس کار میکروسکوپ رامان کانفوکال [۵]

این روش کاربردهای گسترده ای در بحث شناسایی نانوذرات و تعیین برخی خواص آن ها پیدا کرده است که از آن میان می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. شناسایی و جداسازی برخی از ترکیبات آلی و معدنی و تعیین ساختار شیمیایی برخی ترکیبات [۶]
۲. تعیین شرایط مرزی برای میدان الکتریکی در نزدیکی سطح [۷]
۳. استفاده از طیفسنج رامان برای آنالیز نانوذرات، برخی از مولکول های آلی [۸] و نانولوله های کربنی [۹]
۴. تعیین قطر کربن [۱۰] و تعیین قطر برخی نانوذرات معدنی [۱۱]
۵. تعیین کایرالیته کربن (کربن کایرال، کربنی است که چهار گروه اتم متصل به آن متفاوت باشد) [۱۱]
۶. تعیین ساختار نانومواد و آلوتروپ های مختلف کربنی

از طیفسنجی رامان می توان برای اندازه گیری ترکیب شیمیایی نمونه استفاده کرد، که به نوبه خود می تواند برای استخراج اطلاعات بیولوژیکی استفاده شود. بسیاری از مواد دارای طیف مشخصه رامان هستند، به این معنی که

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

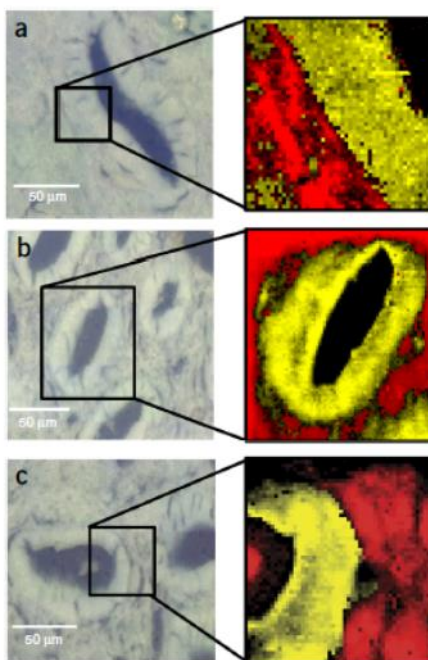
### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



طیفسنجی رامان ثابت کرده است که یک رویکرد تحلیلی موثر در زمینه های زمین شناسی، نیمه رساناها، مواد و علوم پلیمر است. کاربرد طیفسنجی رامان و میکروسکوپ در زیست شناسی به سرعت در حال افزایش است زیرا می تواند اطلاعات شیمیایی و ترکیبی را فراهم کند. آنالیز به طور متعارف به تهیه نمونه گسترده نیاز ندارد. اطلاعات بیوشیمیایی و ساختاری را معمولاً می توان بدون برچسب گذاری به دست آورد [۱۲].



شکل ۴۷. نمونه ای از نگاشت رامان از بافت آندومتر ثابت با تمرکز بر غدد رحم که در سراسر بافت ماریپیچ می شوند، به عنوان کاربرد بیولوژیکی رامان [۱۲]

در حال حاضر، برای تعیین بقایای آفت کش ها در محصولات کشاورزی روش های متعددی مانند کروماتوگرافی گازی، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)، اسپکترومتری جرم (GC/MS)، اسپکترومتریک، الکتروشیمیایی و طیفسنجی تبدیل فوریه رامان (FT-Raman) به کار برده می شود. این روش ها، روش هایی مخرب، دشوار، آلاینده، درون آزمایشگاهی، و نیازمند آماده سازی نمونه، نیروی متخصص آموزش دیده، آزمایشگاه های مجهز و صرف وقت و هزینه بسیار هستند. طیفسنجی های مبتنی بر الکترون و یون نیز به خلأ بالا نیاز دارند. از این رو، توسعه یک روش غیرمخرب با کاربری ساده، سریع، کم هزینه، ناآلاینده، با قابلیت حمل و کاربرد خارج از محیط آزمایشگاه و نیاز به

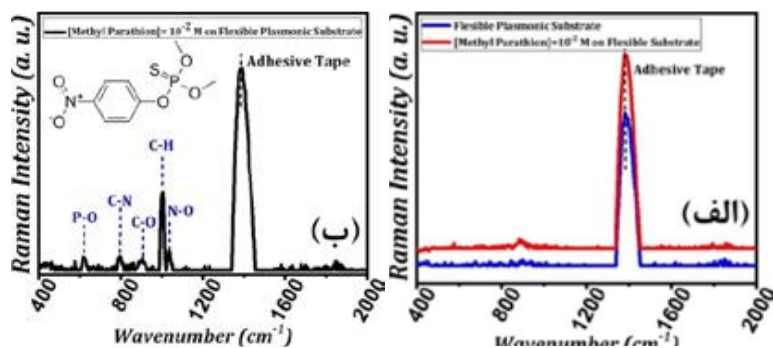
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

آماده سازی کم تر نمونه بسیار ضروری است. از طرفی شناسایی و تشخیص مقادیر بسیار اندک از سموم نیز مورد توجه است. با استفاده از طیفسنجی رامان که طیفسنجی اثرانگشتی محسوب می شود و ارتعاش های مولکولی ماده را بررسی می کنند، می توان مواد و آنالیت های بیولوژیکی و سموم را شناسایی کرد [۱۳].



شکل ۴۸. طیف رامان (الف) بستر انعطاف پذیر پلاسمونیک و آفت کش متیل پاراتیون لایه نشانی شده بر روی بستر انعطاف پذیر غیر پلاسمونیک، (ب) آفت کش متیل پاراتیون با لایه نشانی بر روی بستر انعطاف پذیر پلاسمونیک [۱۳]

### ۳۸- نتیجه گیری

تکنیک رامان یک روش طیفسنجی است که بر اساس پدیده پراکندگی بنا نهاده شده است و کاربردهای زیادی پیدا کرده است. این روش طیفسنجی معمولاً در شیمی و برای پیدا کردن ساختار یک مولکول مورد استفاده قرار می گیرد و می توان پیک های رامان یک ترکیب را به نوعی یک اثر انگشت برای آن دانست. علی رغم شباهت زیاد تکنیک رامان با طیفسنجی مادون قرمز، این دو روش در جزئیات تئوری و طیفی با یکدیگر متفاوت هستند، به نحوی که برای تشخیص دقیق تر ساختار یک ترکیب معمولاً از این دو تکنیک به صورت مکمل استفاده می شود. رامان معمولی برای آنالیز سطح بیشتر کاربرد دارد در حالی که رامان کانفوکال به دلیل کانونی کردن نور لیزر علاوه بر سطح می تواند عمق نمونه را هم آنالیز کند و اطلاعات دقیق تری به دست دهد.

منابع

- [۱] P. Vandenabeele, Practical Raman spectroscopy: an introduction (2013) Belgium, Wiley.
- [۲] F.J. Holler, D.A. Skoog, S.R. Crouch, Principles of instrumental analysis (2007) Cengage.
- [۳] E. Smith, G. Dent, Modern Raman spectroscopy: a practical approach (2013) Wiley.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- [۴] M.S. Amer, Raman Spectroscopy, Fullerenes and Nanotechnology (2010) Royal Society of Chemistry.
- [۵] علی جهانی، مرتضی نظری، سهیل شیرازیان (۱۳۹۶) نشریه رویکردهای نوین در آزمایشگاه های علمی ایران، ۲، ۹۵-۱۰۲
- [۶] B. Dragnea, Dekker Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, Third Edition, Near-Field Scanning Optical Microscopy: Chemical Imaging (2004) Taylor & Francis.
- [۷] H.D. Hallen, E.J. Ayars, C.L. Jahncke (2003) *Journal of Microscopy*, 210, 252-254.
- [۸] N. Hayazawa (2002) *Journal of Chemical Physics*, 117, 1296.
- [۹] N. Hayazawa, T. Yano, H. Watanabe, Y. Inouye, S. Kawata (2003) *Chemical Physics Letters*, 376, 174-180.
- [۱۰] D.Roy, M. Chhowalla, H. Wang, N. Sano, I. Alexandrou, T.W. Clyne, G.A.J. Amaratunga (2003) *Chemical Physics Letters*, 373, 52-56.
- [۱۱] T. Ohno, D. Suzuki, H. Suzuki, T. Ida (2004) *KONA Powder and Particle Journal*, 22, 195-201.
- [۱۲] H. Butler, L. Ashton, B. Bird, G. Cinque, K. Curtis, J. Dorney, K. Esmonde-White, N. Fullwood, B. Gardner, P. Martin-Hirsch, M. Walsh, M. McAnish, N. Stone, F. Martin (2016) *Nature Protocols*, 11, 664-687.
- [۱۳] وحید اسکندری، نفیسه شریفی (۱۳۹۹) نشریه لیزر در پزشکی، ۱، ۱۰-۱۷.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## طراحی فرآیند پرداخت شیمیایی - مکانیکی ساچمه های سیلیکون نیتراید ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )

سیدمرتضی سجادی حور\*

کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

[Sajjadi.morteza.kntu@gmail.com](mailto:Sajjadi.morteza.kntu@gmail.com)

### چکیده

روش پرداخت شیمیایی - مکانیکی (Chemical-Mechanical Polishing, CMP) یکی از روش های ماشینکاری فوق دقیق ساچمه ها و ویفرهای غیرفلزی مانند سیلیکون نیتراید ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) و انواع سرامیک ها می باشد. در این فرآیند ذرات ساینده (مانند  $\text{ZrO}_2$ ،  $\text{CeO}_2$ ،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و ...) که سختی کمتری نسبت به قطعه کار دارند و در یک سیال غوطه ور هستند با قطعه کار یا محیط (هوا یا آب یا روغن و...) واکنش شیمیایی - مکانیکی می دهد و یک ماده نرم تر ( $\text{SiO}_2$ ) تولید می کند. در نتیجه ی این کار برداشت ماده به راحتی از سطح قطعه کار انجام می گیرد. در این تحقیق برای پرداخت شیمیایی - مکانیکی ساچمه های سیلیکون نیتراید یک دستگاه آزمایشگاهی ساخته شد و در آزمایش های انجام شده مشاهده شد که با افزایش زمان ماشینکاری و سرعت دوران صفحه ی پرداخت میزان برداشت ماده بیشتر شده و کیفیت سطح نیز بهبود می یابد. برای بررسی نتایج آزمایش از شاخص هایی از قبیل زبری سطح و نرخ برداشت ماده استفاده شده است.

کلمات کلیدی: ساچمه ی سیلیکون نیتراید - ماشینکاری شیمیایی مکانیکی (CMP) - ذرات ساینده

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

سیلیکون نیتراید ماده ی اصلی ساچمه ها در بلبرینگ های سرامیکی می باشد و به دلیل داشتن دانستیه ی پایین، مقاومت بالا، سختی بالا، پایداری حرارتی خوب و کیفیت خوب ضد زنگ بودنش کاربردهای فراوانی در زمینه های متنوعی، مثل موتورهای جت با دور و دمای بالا، ماشین ابزارهای دقیق و ماشین های مهندسی شیمی و غیره دارد. سرامیک های سیلیکون نیتراید موادی ترد و با سختی بالا هستند که ماشین کاری آنها مشکل می باشد. در فرآیندهای سنتی پرداخت کاری، ساچمه های سیلیکون نیتراید را توسط ذرات ساینده ی الماس که گران قیمت هستند، پرداخت کاری می کردند. این نوع ماشین کاری گران بود و کافی نیز نبود. هم چنین این نوع پرداخت کاری باعث ایجاد حفره و خراش های زیر صفحه ای ریز و نابجایی هایی در سطح ساچمه ها می شد که عملکرد ساچمه ها را به صورت جدی تحت تاثیر قرار می داد. در سال های اخیر یک روش جدید با نام پرداخت کاری شیمیایی - مکانیکی (CMP) شناخته شده است که در ماشین کاری فوق دقیق ساچمه های سیلیکونی کاربرد دارد در این تکنولوژی سختی ذرات ساینده نظیر  $ZrO_2$ ،  $Fe_2O_3$ ،  $CeO_2$  که برای ماشین کاری ساچمه ها بکار می رود نزدیک به سختی قطعه کار ( $Si_3N_4$ ) یا کمتر از آن است. پرداختکاری شیمیایی - مکانیکی یکی از روش هایی است که می تواند برای پرداخت کاری موادی با سطوح سخت و ترد برای به دست آوردن سطوحی با کیفیت بالا وبدون عیب به کار برده شود. در این پروسه برای تشکیل لایه مورد نظر به منظور انجام ماشین کاری به دما و فشار کافی در محل تماس ذرات ساینده و قطعه کار نیاز است. میزان و نوع لایه تشکیل شده نیز به نوع ذرات ساینده - محیط (سیال) پرداخت کاری وابسته است. در پروسه ی CMP ذرات ساینده عموماً نرم تر از قطعه کار هستند بنابراین آسیب های سطحی ناشی از اعمال مکانیکی در سطح قطعه کار به کمترین مقدار رسیده و یا از بین می رود. در حین پروسه و تحت شرایط ماشین کاری یک سری واکنش های شیمیایی بین قطعه کار، ذرات ساینده و محیط ماشین کاری انجام می گیرد و محصولات این واکنشها به صورت یک لایه غیر فعال در سطح قطعه کار می نشیند و سپس توسط سایش مکانیکی ذرات ساینده از سطح قطعه کار برداشته می شود و بدین ترتیب براده برداری از سطح قطعه کار صورت می گیرد. این پروسه بعد از برداشت لایه غیر فعال ایجاد شده ادامه می یابد و عمل براده برداری در زمانی معین به صورت کامل انجام می شود.

وانگ و اچ - اس - یو (۱۹۹۴) در تحقیقاتی که انجام دادند دریافتند که لایه ی تشکیل شده در سطح قطعه کار ضخامت کمی دارد (کمتر از ۱۰۰ انگستروم) و بنابراین برداشت این لایه می تواند به راحتی و بدون سایش مستقیم سطح انجام شود. با توجه به مطالب بالا میزان برداشت ماده می تواند بالا باشد (البته این مقدار کمتر از سایش مکانیکی است تقریباً  $\frac{1}{10}$  آن است). همچنین عیوب سطحی به دلیل برداشت لایه نرم و نازک تشکیل شده در سطح قطعه کار به کمترین مقدار خواهد رسید.

پرداخت کاری CMP به خواص شیمیایی و مکانیکی ذرات ساینده وابسته است (جیانگ و کوماندوری، ۱۹۹۷). تا زمانی که برداشت ماده از سطح سیلیکون نیتراید از طریق مکانیسم شیمیایی انجام می شود پروسه به سختی ذرات ساینده وابسته نخواهد بود و برداشت ماده می تواند به وسیله ذرات ساینده ای که به طور ذاتی از قطعه کار نرم تر هستند انجام



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شود. انتخاب سیال پرداخت کاری و ذرات ساینده با خواص شیمیایی و مکانیکی مناسب برای به دست آوردن نتایج مناسب مهم و حیاتی است. موادی که ابتدا از طریق انجام واکنش های شیمیایی و سپس از طریق سایش مکانیکی برداشت ماده را از سطح قطعه کار انجام می دهند برای پروسه ی CMP مناسب بوده و ترجیح داده می شوند. خواص ترمودینامیکی و سینماتیکی سیال نیز نقش بسیار مهمی در سرعت انجام واکنش های شیمیایی و برداشت ماده دارد. بعد از تشکیل لایه های شیمیایی در سطح قطعه کار، این لایه ها توسط سایش مکانیکی ذرات ساینده از سطح قطعه کار برداشته می شوند و این برداشت ماده نیز به نوبه ی خود علاوه بر خواص شیمیایی سیال به خواص ترمودینامیکی و سینماتیکی سیال وابسته است. همچنین اگر سیال پرداخت کاری پروسه CMP قسمتی از یک سلول الکترولیتی باشد خاصیت هدایت الکتریکی و PH سیال (ذرات ساینده + سیال مغناطیسی) نیز در برداشت ماده از سطح قطعه کار موثر خواهد بود.

### ۳۹- طراحی آزمایشات

برای بررسی رفتار فاکتورها و پارامترهای موثر در پرداخت کاری CMP و همچنین بررسی جنس ذرات ساینده سه نوع ساینده مختلف انتخاب و طراحی آزمایشات با استفاده از نرم افزار MiniTAB انجام شد. ذرات ساینده مورد استفاده در آزمایش ها  $ZrO_2, CeO_2, Fe_2O_3$  بودند. جنس صفحات پرداخت کاری بالا و پایین نیز از استیل AISI 316L که سختی ۱۸۲ برینل دارد انتخاب شد. مشخصات برخی از ذرات ساینده مورد استفاده در CMP در جدول (۱) و مشخصات صفحات پرداخت کاری در جدول (۲) آمده است.

جدول ۱ - مشخصات ذرات ساینده [۳]

نوع ذرات ساینده	چگالی $gr/cm^3$	سختی	
		Mooh	Knoop $kg/mm^2$
Diamond	۳/۵۲	۱۰	۷۰۰۰
B <sub>4</sub> C	۲/۵۲	۹/۳	۳۲۰۰
SiC	۳/۲۲	۹/۲	۲۵۰۰
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۳/۹۸	۹	۲۱۵۰
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۵/۲۱	۸/۵	۱۸۰۰
ZrO <sub>2</sub>	۵/۸۵	۸	۱۲۰۰

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



SiO <sub>2</sub>	-	۷	۸۲۰
CeO <sub>2</sub>	۷/۱۳	۶	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۵/۲۵	۶	-
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۵/۰۱	۵/۵	۷۰۰
CuO	۶/۳۲	۳/۵	۲۲۵
Mo <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۴/۶۹	۱/۵	-

جدول ۲- عناصر شیمیایی صفحات پرداخت کاری

عناصر	درصد عناصر
C	۰/۰۲۵
Mn	۱/۵۱
Si	۰/۴۳
S	۰/۰۲۴
P	۰/۰۳۷
Ni	۱۰/۱۰
Cr	۱۶/۳۰
Mo	۲/۰۱
Cu	۰/۴۴
N	۰/۰۶۰
Co	۰/۱۷

ذرات ساینده فاکتورهای  
برای هر ذره ساینده یکسان  
تاثیر مناسب آب در پرداخت-  
سیال استفاده شده در  
مطالعات انجام گرفته مشخص

برای مقایسه ی تاثیر نوع  
ورودی در تمام آزمایشات  
در نظر گرفته شد. به دلیل  
کاری شیمیایی- مکانیکی  
آزمایشات آب بود. طی

شده است که CMP به طور محسوسی در سیال و محیط هایی که پایه ی آب دارند بهتر و موثرتر انجام می شود. آب در سیالی که پایه آب دارد نه تنها واکنش شیمیایی ذرات ساینده و قطعه کار را آسانتر می کند بلکه خود نیز به طور مستقیم از طریق هیدرولیز در واکنش شرکت می کند و منجر به تشکیل لایه ی SiO<sub>2</sub> نرمی می شود که با عملیات مکانیکی برداشته می شود و از این طریق به انجام بهتر CMP کمک می کند. زمان انجام آزمایش ها برای تمامی نمونه ها ۴۰ و ۶۰ دقیقه در نظر گرفته شد. سرعت دوران اسپیندل نیز ۶۰۰ RPM و ۹۰۰ RPM انتخاب شد. نمونه های مورد آزمایش در سه نوع سیال پایه آب با ذرات ساینده Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub> ماشین کاری شدند. اندازه ذرات ساینده استفاده

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



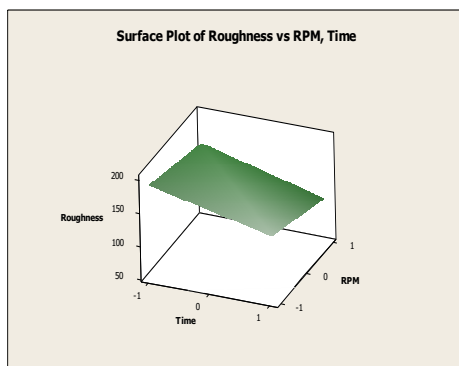
شده در پرداخت کاری  $110\mu\text{m}$  بود. قطر ساچمه های سیلیکون نیتراید مورد آزمایش  $11\text{mm}$  و میانگین زبری سطح اولیه ی ساچمه ها  $R_a = 250 - 300 \mu\text{m}$  اندازه گیری شد.

اندازه گیری زبری سطح ساچمه ها پس از پرداخت کاری نشان داد که برای صفحات پرداخت کاری استیلی بهترین نتایج صافی سطح مربوط به پودر اکسید آهن غیر مغناطیسی ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) است. میانگین زبری سطوح پرداخت کاری شده با اکسید آهن  $R_a = 50\text{nm}$  اندازه گیری شد. در شکل (۱) نمونه ای از زبری سطح ساچمه ی سیلیکون نیتراید پس از پرداخت کاری (CMP) نشان داده شده است. اندازه گیری زبری ساچمه ها با دستگاه Perthometer M3 انجام گرفت.

```
Perthometer M3
Object Name
# Date 09/17/2011 19:24
Time
Lt 0.750 mm
Lc 0.250 mm
R1 0.036 um
R2 0.042 um
R3 0.22 um
R4 0.11 um
R5 ***** um
R6 ***** um
R7 ***** um
R8 ***** um
R9 ***** um
R10 ***** um
R11 ***** um
R12 ***** um
R13 ***** um
R14 ***** um
R15 ***** um
R16 ***** um
R17 ***** um
R18 ***** um
R19 ***** um
R20 ***** um
R21 ***** um
R22 ***** um
R23 ***** um
R24 ***** um
R25 ***** um
R26 ***** um
R27 ***** um
R28 ***** um
R29 ***** um
R30 ***** um
R31 ***** um
R32 ***** um
R33 ***** um
R34 ***** um
R35 ***** um
R36 ***** um
R37 ***** um
R38 ***** um
R39 ***** um
R40 ***** um
R41 ***** um
R42 ***** um
R43 ***** um
R44 ***** um
R45 ***** um
R46 ***** um
R47 ***** um
R48 ***** um
R49 ***** um
R50 ***** um
R51 ***** um
R52 ***** um
R53 ***** um
R54 ***** um
R55 ***** um
R56 ***** um
R57 ***** um
R58 ***** um
R59 ***** um
R60 ***** um
R61 ***** um
R62 ***** um
R63 ***** um
R64 ***** um
R65 ***** um
R66 ***** um
R67 ***** um
R68 ***** um
R69 ***** um
R70 ***** um
R71 ***** um
R72 ***** um
R73 ***** um
R74 ***** um
R75 ***** um
R76 ***** um
R77 ***** um
R78 ***** um
R79 ***** um
R80 ***** um
R81 ***** um
R82 ***** um
R83 ***** um
R84 ***** um
R85 ***** um
R86 ***** um
R87 ***** um
R88 ***** um
R89 ***** um
R90 ***** um
R91 ***** um
R92 ***** um
R93 ***** um
R94 ***** um
R95 ***** um
R96 ***** um
R97 ***** um
R98 ***** um
R99 ***** um
R100 ***** um
R Profile
Lc 0.250 mm
VER 0.50 um
```

شکل ۱ - پروفیل زبری سطح ساچمه ی  $\text{Si}_3\text{N}_4$  پس از CMP (زبری  $R_a = 36\text{nm}$ )

نمودار (۱) تاثیر زمان ماشین کاری و سرعت دوران اسپیندل را روی زبری سطح ساچمه های سیلیکون نیتراید نشان می دهد. با افزایش زمان ماشین کاری و سرعت دوران اسپیندل زبری سطح کاهش یافته است.





# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

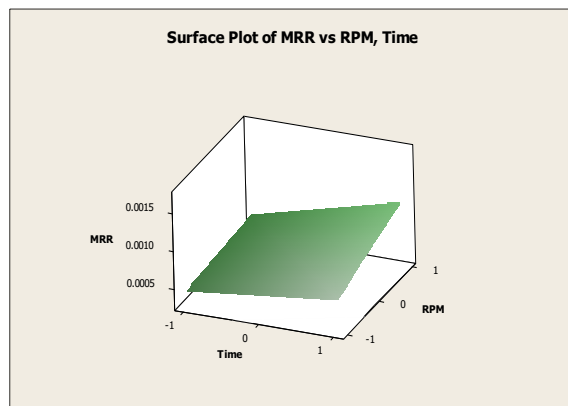
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### نمودار ۱- تاثیر زمان ماشین کاری و دوران اسپیندل در زبری سطح

نمودار (۲) تغییرات نرخ برداشت ماده را نسبت به زمان پرداخت کاری و سرعت دوران اسپیندل نشان می دهد. میزان برداشت ماده با افزایش زمان ماشین کاری و سرعت دوران اسپیندل افزایش می یابد.



### نمودار ۲- تغییرات نرخ برداشت ماده نسبت به زمان و دوران اسپیندل

#### نتایج

- ۱- بهترین نتایج زبری سطح به دست آمده در پرداخت کاری ساچمه های  $Si_3N_4$  با صفحات پرداخت کاری استیلی توسط اکسید آهن غیر مغناطیسی ( $Fe_2O_3$ ) بود.
- ۲- افزایش زمان پرداخت کاری و سرعت دوران اسپیندل برای هر سه ذره ساینده  $Fe_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $CeO_2$  باعث کاهش زبری و بهبود کیفیت سطح شد.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

۳- با افزایش زمان پرداخت کاری و سرعت دوران اسپیندل میزان برداشت ماده برای هر سه ذره ساینده  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{CeO}_2$  افزایش پیدا کرد.

#### منابع

- [1]Fritze klocke,Richard zunke"removal mechanism in polishing of silicon based advanced ceramics",(2009)
- [2]Libo Zhou,takeshi shiiana,Zhong jun Qiu,Jun shimizu,Takeyuki yamamoto,Toshiaki Tashiro,"research on chemo-mechanical grinding of large size quartz glass substrate",(2009)
- [3]J.Lyuan,B.H.Lu,X.Lin,L.B.Zhang,S.M.Ji,"research on abrasives in the chemo- mechanical polishing process for silicon nitride balls",(2002)
- [4]M.Forsberg,N.keskitalo,J.olsson,"Effect of dopants on chemical mechanical polishing of silicon",(2002)
- [5]Y.B.Tian,L.Zhou,J.Shimizu,Y.Tashiro,R.K.kang,Elimination of surface scratch/texture on the surface of single crystal Si substrate in chemo-mechanical grinding(CMG) process,(2009)
- [6]Min Soolim,Poul A.W.van der Heide,Scott S.Perry Heather C.Galloway,"Microscopic investigations of chemo –mechanical polishing of tungsten",(2004)
- [7]MingJiang,NelsonO.Wood,R.Komanduri, "On chemo- mechanical polishing (CMP) of silicon nitride( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) workmaterial with various abrasive",(1998)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

## مطالعات آزمایشگاهی به منظور سنتز و مشخصه یابی نانوذرات چارچوب آلی فلزی

UIO<sub>6</sub>

آیلا پیری میاوقی<sup>۱</sup>، علی نعمت الهزاده<sup>۲</sup>

۱- کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - پیشرفته، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استناد تمام گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (Email: nematollahzadeha@uma.ac.ir)

### چکیده

چارچوب های آلی فلزی (MOFs) دسته ای نوظهور از جامدات متخلخل کریستالی هستند که از فلزات معدنی و پیوندهای آلی تشکیل شده اند [۱]. در میان انواع مختلف چارچوب های آلی فلزی (MOFs)، UIO<sub>66</sub> یکی از خانواده های UIO-MOF است که مخفف دانشگاه اسلو است و در سال ۲۰۰۸ سنتز شد که به طور گسترده در بسیاری از زمینه ها مانند کاتالیزور شیمیایی، فوتوکاتالیست، جذب، جداسازی، دارو، ابرخازن و ذخیره سازی گاز کاربرد دارد [۲]. بنابراین در این بررسی جزئیات سنتز، عملکرد و مشخصه یابی نانوساختار چارچوب آلی فلزی UIO<sub>66</sub>، اهمیت ویژه ای می یابد. سنتز نانوذرات UIO<sub>66</sub> با استفاده از زیرکونیوم تتراکلراید، دی متیل فرمامید و ترفتالیک اسید انجام شد. مورفولوژی و ساختار شیمیایی UIO<sub>66</sub> سنتزی با استفاده از آنالیزهای XRD, FESEM, FTIR و BET شناسایی و بررسی شد. با توجه به نتایج کلی مشخصه یابی چارچوب های آلی فلزی UIO<sub>66</sub> می توان اظهار داشت که سنتز نانوذرات موفقیت آمیز بوده و دارای سطح ویژه زیاد، ساختار کریستالی و مورفولوژی هشت وجهی مکعبی می باشند. کلمات کلیدی: سنتز، چارچوب آلی فلزی، نانوذرات، مشخصه یابی، UIO<sub>66</sub>.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

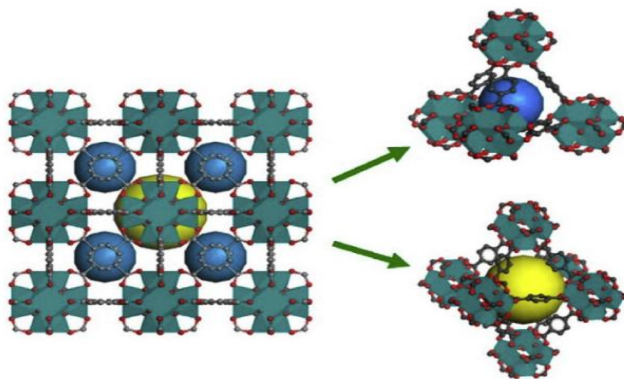
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۱. مقدمه

چارچوب های فلزی-آلی (MOFs) مجموعه ای از مواد کریستالی متخلخل هستند که توسط یون های فلزی و لیگاندهای آلی از طریق پیوندهای کئوردیناسی تشکیل می شوند [۳-۵]. ویژگی های سطح ویژه، تخلخل، و ساختار عملکردی قابل تنظیم، MOFها را در بسیاری از کاربردها مانند ذخیره سازی و جداسازی گاز، تحویل دارو، سنجش شیمیایی و کاتالیز منحصر بفرد می سازد [۶-۱۰]. با این حال، پایداری کم MOFها مهمترین ضعف این نوع مواد بوده و مانع توسعه آن در بسیاری از کاربردها نه تنها به عنوان MOFهای خالص بلکه در زمینه بزرگ نانومواد متخلخل است. خوشبختانه  $UIO_{66}$ ، یک MOF ترفتالات زیرکونیوم دارای اندازه های منافذ قابل توجه، یکنواخت و قابل تنظیم، نواحی با سطح فوق العاده بالا و همچنین خوشه های یون فلزی فعال  $Zr-O$  است که به دلیل داشتن پیوند  $Zr-O$  قوی با تعداد کئوردیناسیون زیاد  $Zr(IV)$ ، از پایداری گرمای باورنکردنی حتی بالاتر از  $350^{\circ}C$  برخوردار است که مقاومت بیشتری را در برابر طیف گسترده ای از حلال ها ارائه می دهد.  $UIO_{66}$  از پایداری فوق العاده ای در برابر گرما و پایداری شیمیایی برخوردار است و سازه های کریستالی آن در زیر  $500^{\circ}C$  و تحمل فشار مکانیکی  $1\text{ MPa}$  مگاپاسکال باقی مانده اند.  $UIO_{66}$  با داشتن مقاومت در برابر اسید قوی و مقاومت در برابر قلیایی می تواند از لحاظ ساختاری در حلال هایی مانند آب، دی متیل فرماید (DMF)، بنزن یا استون پایدار باقی بماند [۱۱، ۱۲]. دلایل مختلفی وجود دارد که چرا  $UIO_{66}$  بسیار پایدار است. اول، در یک موقعیت ایده آل، واحد ساختاری  $UIO_{66}$  هماهنگی بین خوشه های فلزی  $[Zr_6O_4(OH)_4]$  و  $H_2BDC_{12}$  است که بالاترین تعداد کئوردیناسیون در بین MOFها است. چگالی زیاد این واحدهای ساختاری پیوند عمیق را در چارچوب تضمین می کند. ثانياً، زیرکونیوم از اکسیتروپیسیم بسیار بالایی برخوردار است و باعث ایجاد پیوند قوی  $O-Zr$  در چارچوب  $UIO_{66}$  می شود. همچنین دارای ساختار چارچوب هشت وجهی  $Zr_6O_4(OH)_4$  عالی است که پایداری حرارتی استثنایی را نشان می دهد [۱۳].

دیفراگم  $UIO_{66}$  از قفسه های هشت وجهی  $1/1$  نانومتری و قفسه های چهار وجهی  $0/8$  نانومتری که از طریق پنجره های مثلثی  $0/6$  نانومتری بهم پیوسته است تشکیل می شود (شکل ۱) [۱۴].



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شکل ۴۹. تصویر ساختاری  $UIO_{66}$  که کره بزرگ زرد و کره کوچک آبی به ترتیب مناطق خالی داخل قفسه های هشت وجهی و چهار وجهی را نشان می دهند [۱۴].

مطالعات متعددی در مورد سنتز و مشخصه یابی نانوذرات  $UIO_{66}$  صورت گرفته که در این پژوهش به تعدادی از آن ها اشاره شده است.

وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۹ برای اولین بار، رفتار جذب و مکانیسم کروم (VI) روی  $UIO_{66}$  اصلاح شده در اسیدهای مختلف یعنی فرمیک اسید ( $Form\ UIO_{66}$ ) و استیک اسید ( $AcUIO_{66}$ ) را به طور سیستماتیک مورد بررسی قرار دادند. نتایج مشخصه یابی نانوجاذب توسط آنالیز BET نشان داد که  $UIO_{66}$  اصلاح شده با اسید نسبت به  $UIO_{66}$  اصلاح نشده سطح ویژه بزرگ تری را نشان می دهد. علاوه بر این، نانوجاذب اصلاح شده با اسید فرمیک ( $FormUIO_{66}$ ) با سطح ویژه  $1138\ m^2\ g^{-1}$  در مقایسه با اسید استیک ( $AcUIO_{66}$ ) با سطح ویژه  $915\ m^2\ g^{-1}$  بزرگتر بود. تحت شرایط آزمایشی بهینه، حداکثر ظرفیت جذب کروم (VI)  $243/9$  میلی گرم در گرم برای  $FormUIO_{66}$  و  $151/52$  میلی گرم در گرم برای  $AcUIO_{66}$  بود که بسیار بالاتر از ظرفیت جذب  $UIO_{66}$  اصلاح نشده  $36/4$  میلی گرم در گرم گزارش شده بود. نتایج آزمایش pH، پتانسیل زتا و آنالیز طیف سنجی فوتوالکترون اشعه ایکس XPS نشان داد که یون های کروم (VI) از طریق جذب الکترواستاتیکی به سطوح جاذب ثابت شده اند.  $UIO_{66}$  اصلاح شده با اسید، سایت فعال سطحی را از طریق افزایش سطح ویژه آن برای افزایش ظرفیت جذب کروم (VI) افزایش داد. این نتایج نشان داد که هم بار سطحی و هم سطح ویژه جاذب در درجه اول ظرفیت جذب کروم (VI) را تعیین می کنند.  $UIO_{66}$  اصلاح شده با اسید ظرفیت جذب، پایداری و بازسازی را در مقایسه با جاذب های سنتی افزایش داده است، و این نتایج بینش جدیدی در مورد جذب توسط MOF ها ارائه می دهد [۱۵].

در مطالعات دنگ و همکاران در سال ۲۰۲۰ [۱۶] از چارچوب های فلزی آلی مبتنی بر Hf و Zr که مواد بسیار پایدار و متخلخل هستند در جذب دارو از محلول آبی استفاده شد. ابتدا این مواد از طریق روش میکروویو برای افزایش بازده سنتز و کنترل همگنی ذرات چارچوب نانو  $UIO_{66}$  سنتز شدند. نانو MOF ها با نام های  $Zr-UiO-66$  و  $Hf-UiO-66$  با نانوذرات بسیار همگن، اندازه های بسیار کوچک و بازده بالا در عرض ۳ دقیقه تحت تابش میکروویو تشکیل شدند. با توجه به نتایج حاصل از XRD، SEM، جذب ایزوترم  $N_2$ ، و خصوصیات TGA، مواد تخلخل و ساختار مشابهی را در مقایسه با چارچوب اصلی نشان دادند. علاوه بر این،  $Zr-UiO-66$  و  $Hf-UiO-66$  با جذب دارو از محلول آبی با حداکثر ظرفیت جذب به ترتیب تا  $463/02$  و  $466/39$  میلی گرم در گرم، کارایی بالایی برای جذب بیش از حد کورکومین نشان دادند که بالاتر از  $Zr-UiO-66$  یعنی  $393/22$  میلی گرم در گرم گزارش شده است. علاوه بر این، مکانیسم های جذب نشان داد که جذب کورکومین (CUR) توسط  $UIO-66$  تحت تأثیر نقص لیگاند در ساختار MOF قرار گرفته است. مطالعه جذب CUR در شرایط آزمایشگاهی برای حذف دارو نشان داد که کارایی جذب این مواد یعنی  $Hf-UiO-66$  و

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



Zr-UiO-66 در مقایسه با Zr-UiO-66 گزارش شده [۱۷] که با روش سولووترمال سنتز شده بود (Zr-UiO-66 ST) بالاتر بود.

آقاجانزاده و همکاران در سال ۲۰۱۸ [۱۸] چارچوب های آلی فلزی  $U_{IO}_{66}$  و  $NH_2-U_{IO}-66$  را سنتز و به عنوان جاذب های موثر و با سمیت مولکولی کم بررسی و مشخصه یابی کردند. نتایج آنالیز  $U_{IO}_{66}$  FE-SEM حاکی از ذرات بلوری گرد با اشکال منظم و اندازه متوسط ۱۰۰ نانومتر بود. همچنین در آنالیز XRD وجود پیک های تیز نشان دهنده کریستالی بودن آن ها بود. نتایج حاصل از آنالیز BET مساحت سطح و حجم کل منافذ برای  $U_{IO}-66$  به ترتیب  $m^2/g$  ۱۲۷۶ و  $cm^3/g$  ۰/۵۴ و برای  $NH_2-U_{IO}-66$  به ترتیب  $m^2/g$  ۱۲۵۸ و  $cm^3/g$  ۰/۵۱ محاسبه شد. چارچوب های آلی فلزی  $U_{IO}_{66}$  به دلیل ظرفیت جذب بالا، توانایی عامل دار کردن سطح با گروه های عاملی، قلبیت احیا و استفاده مجدد و همچنین ویژگی های منحصر به فرد چارچوب های آلی فلزی  $U_{IO}_{66}$  مانند پایداری ساختاری، آب گریزی و پایداری در محیط های آبی آن ها را کاندید مناسبی برای حذف آلاینده های دارویی از پساب می نماید [۱۹]. هدف از پژوهش حاضر سنتز و تجزیه و تحلیل جهت مشخصه یابی نانوذرات  $U_{IO}_{66}$  توسط آنالیزهای FESEM, XRD, FTIR و BET برای حصول اطمینان از تولید محصول مطلوب می باشد.

## ۲. روش شناسی تحقیق

### ۲-۱- مواد

در سنتز چارچوب آلی فلزی  $U_{IO}_{66}$  اسید ترفتالیک (BDC، ۹۸٪)، زیرکونیوم تتراکلراید ( $ZrCl_4$ ، ۹۹/۵٪)، دی متیل فرمامید (DMF، ۹۹/۸٪)، متانول (۹۹/۹٪)، هیدروکلریک اسید (HCl، ۳۷٪) از شرکت مرک و سیگما آلدریج خریداری شده است.

### ۲-۲- سنتز چارچوب آلی فلزی $U_{IO}_{66}$

در مطالعه حاضر، استراتژی سنتز و آماده سازی  $U_{IO}_{66}$ ، با موفقیت براساس پروتکل زو و همکاران به روش سولووترمال [۲۰] تهیه شد و در شکل ۲ نشان داده شده است. ابتدا زیرکونیوم تتراکلراید  $ZrCl_4$  ۱/۱۶۵ گرم و ۰/۸۳۱ گرم از ترفتالیک اسید  $H_2BDC$  در ۳۰ میلی لیتر دی متیل فرمامید DMF حل شد و سپس ۰/۸ میلی لیتر هیدروکلریک HCl غلیظ با درجه خلوص (۳۷٪) اضافه شد. مخلوط به دست آمده به مدت ۲۰ دقیقه در راکتور اولتراسونیک قرار داده شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد در اتوکلاو فولادی با پوشش تفلون حرارت داده شد. پس از سرد شدن تا دمای اتاق، سوسپانسیون  $U_{IO}_{66}$  به دست آمده توسط دستگاه سانتریفیوژ (۹۰۰۰ دور در دقیقه، ۱۰ دقیقه) سانتریفیوژ شد و به ترتیب با ۲۵ میلی لیتر دی متیل فرمامید DMF و ۲۵ میلی لیتر متانول بی آب، سه بار شستشو شد.  $U_{IO}_{66}$  به دست آمده در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد در خلاء خشک شد [۱۳].

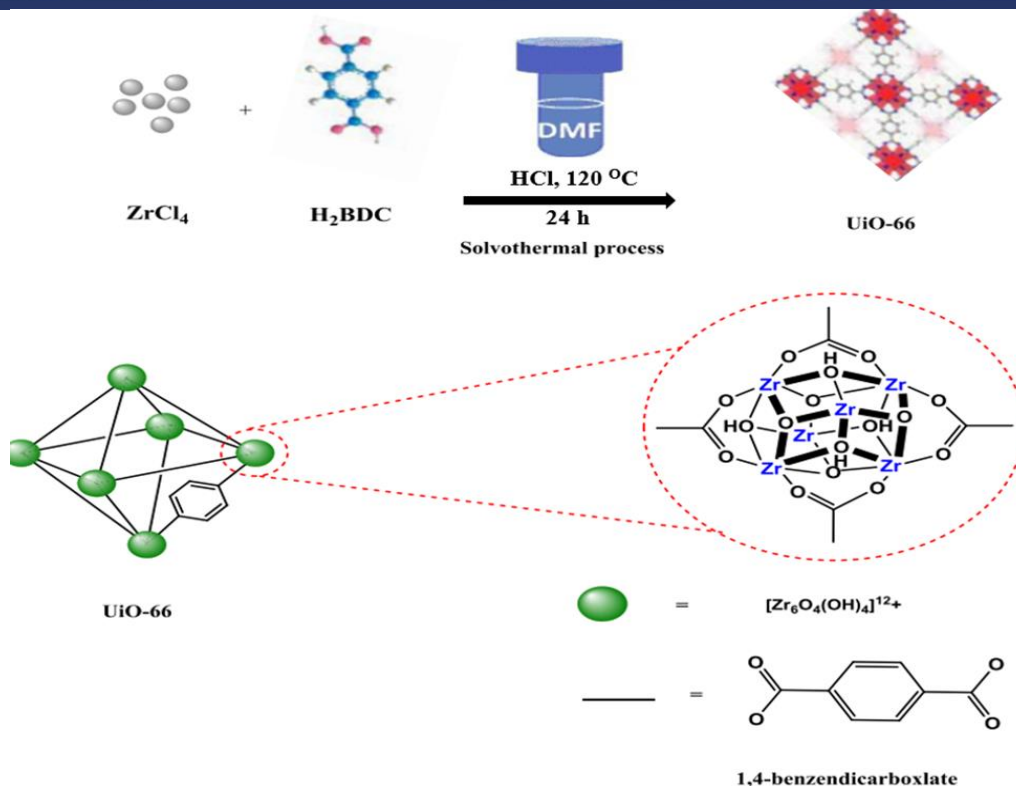


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۵۰- سنتز و آماده سازی چارچوب آلی فلزی UiO<sub>66</sub> [۲۱].

### ۳. بررسی و تجزیه تحلیل داده ها

#### ۳-۱- شناسایی و مشخصه یابی چارچوب آلی فلزی UiO<sub>66</sub>

#### ۳-۱-۱- تجزیه میکروسکوپ الکترونی روبشی (FESEM)

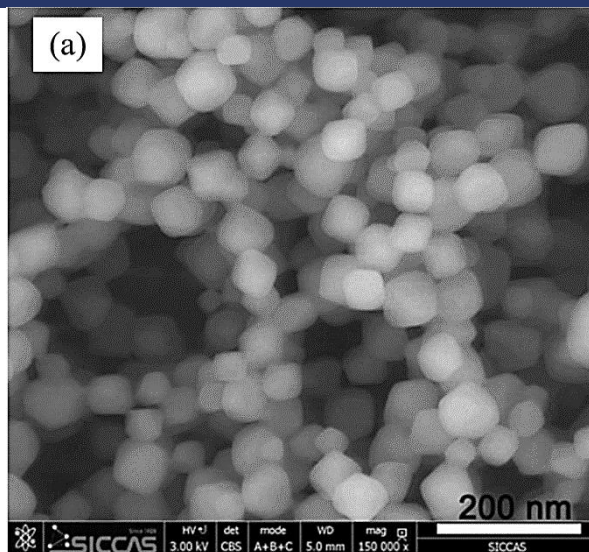
میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FE-SEM) یک تکنیک مفید برای تعیین توزیع اندازه، شکل ذرات و تخلخل است. اندازه ذرات و مورفولوژی چارچوب آلی فلزی UiO<sub>66</sub> با استفاده از آنالیز FE-SEM در بزرگ نمایی ۲۰۰ نانومتر مشخص شده است. با توجه به شکل ۳ مواد UiO<sub>66</sub> MOF نانوبلورهای منفرد با قطر متوسط حدود ۷۰ نانومتر عمدتاً مکعبی شکل و هشت وجهی هستند. همچنین تجزیه و تحلیل FE-SEM نشان داد که کریستال های UiO<sub>66</sub> با مورفولوژی مکعبی و در محدوده قطری ۵۰ تا ۹۰ نانومتر به دست آمدند که این اندازه به خوبی با تعریف نانوذره مطابقت دارد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۵۱- تصویر FE-SEM از نانوذرات سنتزی UIO66.

### ۳-۱-۲- تجزیه پراش پرتوی ایکس (XRD)

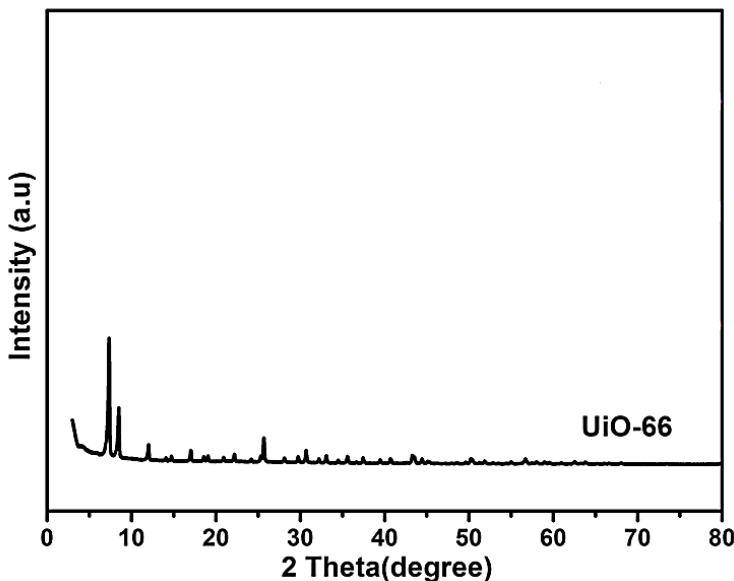
برای توصیف ساختار کریستالی MOF سنتز شده، تجزیه و تحلیل XRD انجام شد. با توجه به شکل ۴ در الگوی پراش پرتو ایکس (XRD) نانوذره UIO66 تقریباً تمام پیک های پراش مشاهده می شود که مطابق با پیک های الگوی (XRD) که قبلاً برای UIO66 گزارش شده، است [۲۲-۲۴]. با توجه به الگوی XRD در شکل ۴ به وضوح مشاهده می شود که پیک های اساسی و مشخص در زوایای حدود  $2\theta = 7.4^\circ$ ،  $8.5^\circ$  و  $25.6^\circ$  به ترتیب مربوط به بازتاب از صفحه های بلوری متناظر یعنی (۱۱۱)، (۲۰۰) و (۶۰۰) می باشند. همچنین وجود پیک های ضعیف در زوایای  $2\theta = 14.1^\circ$ ،  $14.7^\circ$ ،  $17.4^\circ$ ،  $18.6^\circ$ ،  $22.2^\circ$ ،  $28.1^\circ$ ،  $30.6^\circ$ ،  $33.1^\circ$ ،  $35.6^\circ$ ،  $37.4^\circ$ ،  $40.6^\circ$ ،  $43.4^\circ$  و  $44.6^\circ$  مطابق با بازتاب از صفحه های بلوری متناظر خود یعنی (۳۱۱)، (۲۲۲)، (۴۰۰)، (۳۳۱)، (۴۲۰)، (۵۱۱)، (۵۳۳)، (۷۱۱)، (۷۳۱)، (۸۲۰)، (۷۵۱)، (۶۶۴) و (۹۳۳) است [۲۵]. علاوه بر این، یک پیک ضعیف در  $2\theta = 12^\circ$  درجه نیز احتمالاً به وجود پیونددهنده های قطری همراه با برهمکنش قوی بین پیونددهنده و قسمت معدنی در چارچوب UIO66 نسبت داده می شود [۲۶]. وجود پیک های تیز با توزیع باریک در الگوی XRD نانوذرات چارچوب آلی فلزی UIO66، حاکی از درجه خوبی از بلورینگی در MOF آماده شده است. نتایج نشان می دهد که نانوذرات UIO66 به خوبی سنتز شده اند و هیچ ناخالصی در ساختار آنها وجود ندارد [۲۷]. [۲۸].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۵۲- الگوی XRD نانوذرات چارچوب آلی فلزی UiO66.

### ۳-۱-۳- تجزیه و تحلیل ایزوترم جذب - دفع نیتروژن (BET)

برای ارزیابی تخلخل یعنی اندازه تخلخل و توزیع ذرات چارچوب آلی فلزی مبتنی بر زیرکونیوم سنتز شده، ایزوترم های جذب/دفع  $N_2$  بررسی شد (شکل ۵ را ببینید) که طبق تقسیم بندی آیوپاک برای ایزوترم های جذب و دفع [۲۹] تایید شد که ساختارهای UiO66 از نوع I هستند [۳۰]. در فشار نسبی کم ( $P/P_0 < 0.01$ )، میزان جذب نیتروژن افزایش سریعی دارد که این فرآیند، پُر کردن میکروپورها است و یا به عبارتی، با افزایش سریع ظرفیت جذب در فشار نسبتاً کم شروع می شود و با افزایش آهسته در فشار بالا پایان می یابد که ماهیت میکروپور ساختار را تایید می کند [۳۱، ۳۲]. علاوه بر این پلت فرم های افقی یا مایل به افقی نشان می دهند که میکروپورها از قبل پر شده اند و هیچ جذب بیشتری رخ نمی دهد. فشار اشباع، تراکم جذبی را نشان می دهد. روند منحنی نانومواد UiO66 نشان می دهد که اندازه تخلخل ها میکرومتخلخل هستند [۳۳]. با توجه به جدول ۱ مساحت سطح ویژه Brunauer-Emmett-Teller (BET) نانومواد UiO66  $983 \text{ m}^2/\text{g}$ ، حجم حفرات  $0.74 \text{ cc/g}$  و قطر حفرات  $3.01 \text{ nm}$  است. همچنین با استفاده از تئوری تابعی چگالی، می توانیم توزیع اندازه حفرات چارچوب آلی فلزی UiO66 را نیز بدست آوریم که با توجه به شکل ۵(a)،



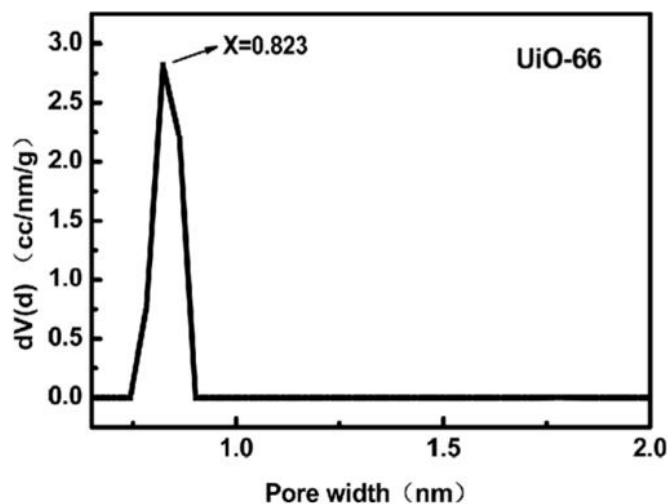
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

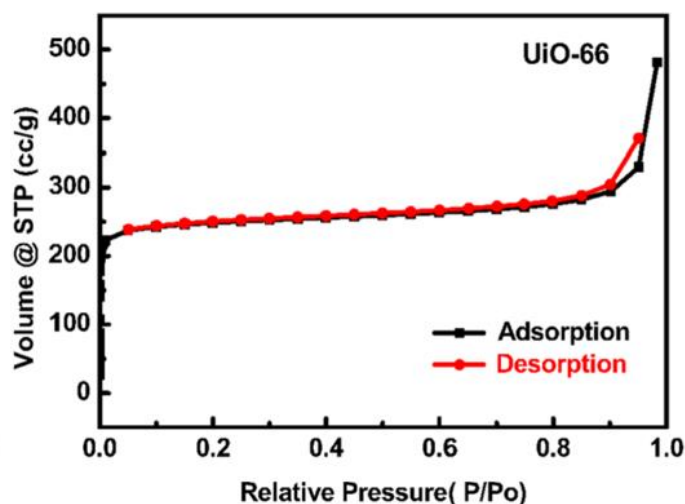
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

توزیع اندازه حفرات UiO<sub>66</sub> در یک پیک بالا و تیز را نشان می دهد و آبسیسهای مربوط به بالاترین نقطه اوج ۰/۸۲ هستند که نشان می دهد میانگین قطر حفرات UiO<sub>66</sub> حدوداً در ۰/۸۲ نانومتر توزیع شده است.



(a)



(b)

شکل ۵۳- (b) ایزوترم جذب/دفع نیتروژن و (a) توزیع اندازه حفرات UiO<sub>66</sub>.

جدول ۳. مقادیر حاصل از منحنی ایزوترم جذب/دفع برای ذرات MOF مبتنی بر زیرکونیوم.

$d_{pore} \cong \frac{4000V_p}{a} (nm)$	Mean pore diameter (nm)	$V_p [cm^3 g^{-1}]$	$a_{s,BET} [m^2 g^{-1}]$	نمونه
۳/۰۱	۰/۸۲	۰/۷۴	۹۸۳	UiO <sub>66</sub>

### ۳-۱-۴- تجزیه و تحلیل آنالیز طیفسنجی مادون قرمز (FTIR)

گروه های عاملی، نوع پیوند و ساختار شیمیایی در چارچوب های آلی فلزی UiO<sub>66</sub> با توجه به شکل ۶ توسط طیفسنجی FTIR مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. چارچوب های آلی فلزی UiO<sub>66</sub> پیک هایی را در فواصل بین اعداد موج ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ cm<sup>-1</sup> نشان داد. پیک جذب قوی و عریض مشاهده شده در محدوده ۳۷۰۰-۳۲۰۰ cm<sup>-1</sup> می تواند

<sup>1</sup>. Abscissas

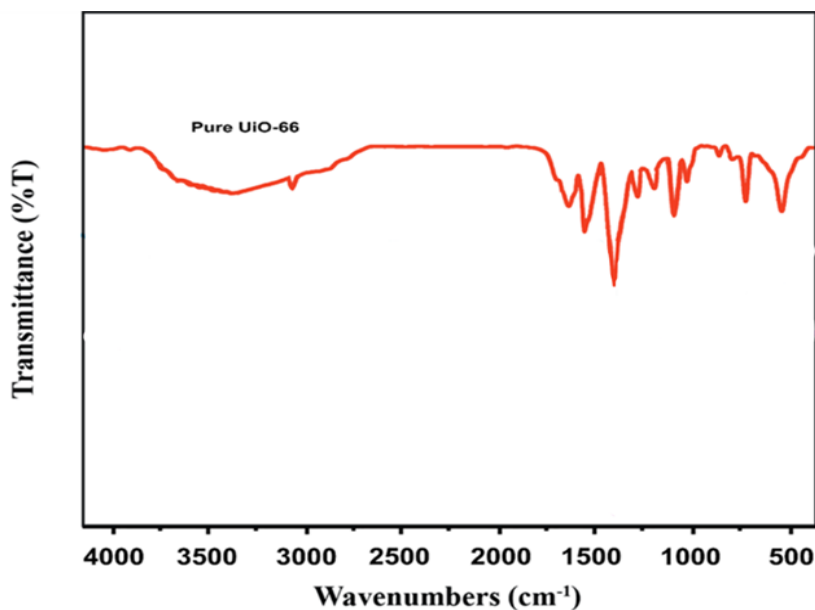
## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

به دلیل وجود گروه هیدروکسیل O-H مولکول های آب و پیوند هیدروژنی باشد که بر روی سطح کریستالی MOF جذب شده اند. ذرات MOF دارای پیک هایی در محدوده  $1700\text{ cm}^{-1}$  و  $1400\text{ cm}^{-1}$  هستند که به ترتیب مربوط به ارتعاشات کششی نامتقارن و متقارن پیوند C=O در گروه COO در چارچوب آلی فلزی است. پیک های جذب در اعداد موج  $1506\text{ cm}^{-1}$  و  $1581\text{ cm}^{-1}$  به ارتعاش کششی C=C حلقه فنیل اختصاص داده می شوند که نشان می دهد گروه های عاملی اصلی در اتصال دهنده آلی BDC برای UIO<sub>66</sub> همچنان محفوظ مانده اند [۳۴-۳۷]. علاوه بر این، پیک  $\text{cm}^{-1}$  ۷۴۵ با اوج ارتعاش متقارن O-Zr-O و اوج ارتعاش متقارن O-Zr-O در  $663\text{ cm}^{-1}$  مطابقت دارد [۳۸]. در نهایت ثابت شد که Zr به عنوان مرکز کئوردیناسیون در چارچوب آلی، از طریق اتصال با لیگاند آلی ترفتالیک اسید توسط پیوند  $\mu_3\text{-O}$  تشکیل می شود [۳۹].



شکل ۵۴- طیفسنجی مادون قرمز FTIR نانوذره UIO<sub>66</sub>.

#### ۴. نتیجه گیری

در این پژوهش چارچوب آلی فلزی UIO<sub>66</sub> به روش آزمایشگاهی و طی فرآیند سولواترمال سنتز و تولید شد و سپس جهت حصول اطمینان از موفقیت آمیز بودن سنتز نانوذرات از روش های آنالیز دستگاهی FTIR, XRD, FESEM

<sup>1</sup>. Benzene Di Carboxylate

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

و BET استفاده شد. نتایج حاصل از منحنی XRD پیک های شاخصی را در زوایای ۲θ برابر با ۷/۴، ۸/۵ و ۲۵/۶ را نشان می دهد که بیانگر سنتز موفقیت آمیز نانوذرات  $UO_2$  می باشد. همچنین وجود پیک های باریک با شدت زیاد در منحنی XRD نشان دهنده کریستالینته بالای ذرات است. نتایج حاصل از تجزیه FTIR نیز تشکیل گروه های عاملی مشخص O-H در عدد موج  $3400\text{ cm}^{-1}$ ، کشش متقارن و نامتقارن به ترتیب در اعداد موج  $1400\text{ cm}^{-1}$  و  $1700\text{ cm}^{-1}$  و نیز ارتعاش کششی پیوند O-Zr-O در اعداد موج  $745\text{ cm}^{-1}$  و  $663\text{ cm}^{-1}$  را در ساختار  $UO_2$  تایید کرد. تصویر FESEM نانوذرات  $UO_2$  اندازه و مورفولوژی ذرات را با بلورهای منفرد در محدوده قطری ۵۰ تا ۹۰ نانومتر و مورفولوژی مکعبی شکل تایید می کند. علاوه بر این نتایج حاصل از ایزوترم جذب و دفع نیتروژن برای چارچوب آلی فلزی  $UO_2$  نشان داد که ایزوترم از نوع I و افزایش سریع ظرفیت جذب در فشار کم و افزایش آهسته در فشار بالا بیانگر ماهیت میکروپور ساختار می باشد. همچنین مساحت سطح ویژه، حجم حفره، قطر حفرات و میانگین قطر حفرات به ترتیب برابر با  $983\text{ m}^2/\text{g}$ ،  $0.74\text{ cc/g}$ ،  $3.01\text{ nm}$  و  $0.82\text{ nm}$  نانومتر می باشد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از مشخصه یابی نانوذرات  $UO_2$  توسط آنالیزهای دستگاهی می توان نتیجه گرفت که نانوذرات با موفقیت سنتز شده و لذا می توان در مقیاس بزرگ تر نیز توسعه داد. به عبارتی از چارچوب های آلی فلزی بویژه نانوذرات  $UO_2$  به دلیل ویژگی های برجسته ای مانند اصلاح پذیری سطح، حجم حفره زیاد و سطح ویژه بالا می توان در کاربردهای جداسازی، جذب، ذخیره سازی، سنسور و کاتالیزور استفاده نمود.

۵. تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله پیشاپیش از هیئت علمی و اجرایی سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی که به میزبانی دانشگاه محقق اردبیلی در راستای ارتقا علمی و پژوهشی دانشگاه برگزار می شود تشکر می نمایند.

۶. منابع

- [1] Motegi, H., et al., 2017, *Journal of Porous Materials*, 24(5): p. 1327-1333.
- [2] Albayati N., M. Kadhom, 2020, *Micro & Nano Letters*, 15(15): p. 1075-1078.
- [3] Yang, F., W. Li, and B., 2018, *Journal of Alloys and Compounds*,. 733: p. 8-14. .
- [4] Rungtaweeworanit, B., et al., 2016, *Nano letters*,. 16(12): p. 7645-7649.
- [5] Li, R., W. Zhang, and K. Zhou, 2018, *Advanced Materials*,. 30(35): p. 1705512.
- [6] Li, B., et al., 2014, *The journal of physical chemistry letters*,. 5(20): p. 3468-3479.
- [7] Abid, H.R., H.M. Ang, and S. Wang, 2012, *Nanoscale*, 4(10): p. 3089-3094.
- [8] Wang, Y., et al., 2018, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*,. 6(9): p. 11904-11912.
- [9] Jiang, X., et al., 2018, *Journal of Materials Chemistry A*,. 6(31): p. 15064-15073.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

- [۱۰] Denny Jr, M.S., et al., 2018, *Journal of the American Chemical Society*,. 140(4): p. 1348-1357.
- [۱۱] Polyzoidis, A., et al., 2015, *CHIMICA OGGI-CHEMISTRY TODAY*,. 33(3): p. 65-68.
- [۱۲] Ghosh, P., Y.J. Colón, and R.Q. Snurr, 2014, *Chemical Communications*,. 50(77): p. 11329-11331.
- [۱۳] Xu, W., et al., 2019, *Nanomaterials*,. 9(10): p. 1432.
- [۱۴] Ramsahye, N., et al., 2014, *The Journal of Physical Chemistry C*,. 118(47): p. 27470-27482.
- [۱۵] Wang, Y., et al., 2019, *Science of the Total Environment*,. 682: p. 118-127.
- [۱۶] Dang, Y.T., et al., 2020, *Microporous and Mesoporous Materials*,. 298: p. 110064.
- [۱۷] Molavi, H., et al., 2018, *Applied Organometallic Chemistry*,. 32(4): p. e4221.
- [۱۸] Aghajanzadeh, M., et al., 2018, *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*,. 28(1): p. 177-186.
- [۱۹] Jang, S., et al., 2020, *Catalysts*,. 10(2): p. 195.
- [۲۰] Weiwei, X., et al., 2019, *Plasma Science and Technology*,. 21(4): p. 044004.
- [۲۱] Mirhosseini-Eshkevari, B., M. Esnaashari, and M.A. Ghasemzadeh, 2019, *ACS omega*, 4(6): p. 10548-10557.
- [۲۲] Zango, Z.U., et al., 2020, *Chemical Engineering Science*,. 220: p. 115608.
- [۲۳] Wang, T., et al., 2019, *RSC advances*,. 9(6): p. 3359-3366.
- [۲۴] Chen, Q., et al., 2015, *Applied Surface Science*,. 327: p. 77-85.
- [۲۵] Zhang, Q., et al., 2019, *RSC advances*,. 9(29): p. 16357-16365.
- [۲۶] Chen, C., et al., 2017, *ACS applied materials & interfaces*,. 9(46): p. 41043-41054.
- [۲۷] Abid, H.R., et al., 2012, *Journal of colloid and interface science*,. 366(1): p. 120-124.
- [۲۸] Saleem, H., U. Rafique, and R.P. Davies, 2016, *Microporous and Mesoporous Materials*,. 221: p. 238-244.
- [۲۹] Yurdakal, S., et al., 2019, in *Heterogeneous photocatalysis*, Elsevier. p. 87-152.
- [۳۰] Li, Z., et al., 2019, *Applied Surface Science*,. 480: p. 770-778.
- [۳۱] Liu, W., et al., 2017, *Environmental science & technology*,. 51(7): p. 3911-3921.
- [۳۲] Yang ,F., et al., 2020, *Environmental Science and Pollution Research*,. 27(16): p. 20246-20258.
- [۳۳] Qiu, H., et al., 2019, *Chemical Engineering Journal*,. 360: p. 621-630.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

- [۳۴] ElHussein, E.A.A., S. Şahin, and Ş.S. Bayazit, 2020, *Journal of Environmental Chemical Engineering*,. 8(4): p. 103898.
- [۳۵] Luan, Y., et al., 2015, *RSC advances*,. 5(25): p. 19273-19278.
- [۳۶] Zou, C., et al., 2016, *RSC advances*,. 6(105): p. 102968-102971.
- [۳۷] Cavka, J.H., et al., 2008, *Journal of the American Chemical Society*,. 130(42): p. 13850-13851.
- [۳۸] Rodrigues, M.A., et al., 2018, *Separation and Purification Technology*,. 192: p. 491-500.
- [۳۹] Pourkhosravani, M., S. Dehghanpour, and F. Farzaneh, 2016, *Catalysis Letters*,. 146(2): p. 499-508.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## روش های دستگاهی مشخصه یابی ژل های آلی-فلزی

نگین محمودی بابلان<sup>۱\*</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند تبریز، ایران [n\\_mahmoodi98@sut.ac.ir](mailto:n_mahmoodi98@sut.ac.ir)

۲- استاد تمام گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

### چکیده

ژل های آلی-فلزی نسل جدیدی از چارچوب های آلی-فلزی هستند که کاربردهای مختلفی دارند و روز به روز پیشرفت-های قابل توجهی را در زمینه های مختلف از جمله: سنسورها، حسگرها، فرآیندهای جداسازی، باتری، جذب، کاتالیزور و غیره پیدا کرده اند. یکی از کاربردهای ژل های آلی-فلزی استفاده از آن ها به عنوان حسگر می باشد. اغلب ژل های آلی-فلزی دارای خاصیت فلورسانس می باشند و این ویژگی باعث شده تا در سنجش و تشخیص عناصر مختلف از آن ها استفاده شود. خاصیت فلورسانس اغلب در حضور نور UV قابل شناسایی و تشخیص می باشد. در این مقاله، مروری بر خاصیت فلورسانس ژل های آلی-فلزی به عنوان حسگر عناصر پرداخته شده است.  
کلمات کلیدی: ژل های آلی-فلزی، فلورسانس، حسگر، سنجش عناصر.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

ژل های آلی-فلزی به عنوان نوع جدیدی از مواد ژلی با ویژگی های منحصر به فرد ظهور کرده اند. خواصی از جمله سهولت در سنتز و ساخت، مساحت سطح بالا، ساختار متخلخل بالا و دسترسی به سطح بالا [۱]، به طور گسترده باعث شده است تا در کاربردهای مختلف مانند: جذب [۲]، کاتالیزور [۳]، میدان های الکتروشیمیایی [۴]، ساطع کننده ی نور حسگر سنجش فلورسانس [۵]، مورد استفاده قرار بگیرند. امروزه، نانوکامپوزیت های بر پایه ی ژل به سرعت در حال ظهور هستند. مواد پیشرفته با کاربردهای گسترده در مواد و علوم نانوکامپوزیت ها می توانند عملکرد بهتری را از طریق دستیابی به اثرات هم افزایی ایجاد بکنند. ژل های آلی-فلزی چگالی کمتر و شکل پذیری آسان تر دارند که به کاربردهای بالقوه آنها کمک می کند. بنابراین، برخلاف MOFها، که در آن آماده سازی زمانبر ضروری است، ژل های آلی-فلزی (MOGs)، یک ساختار فوق مولکولی متخلخل گسترده مشتق شده از MOFها، هستند که به سرعت با کوردیناسیون خود به خودی ساخته می شوند و از طریق فعل و انفعالات غیرکووالانسی مانند پیوند هیدروژنی، برهمکنش یونی، برهمکنش  $\pi-\pi$  و واندروالس ایجاد می گردند [۶].

ژل های آلی-فلزی عمدتاً از لیگاندهای آلی و یون های فلزی غیرآلی تشکیل شده اند. متفاوت تر چارچوب های آلی-فلزی (MOFs)، MOGs با دارا بودن خواص کوردیناسیون چارچوب جامد و خواص جریان مایع، در عین حال پتانسیل بالقوه ای در زمینه: لومینسانس [۷]، سنسورها [۸]، جداسازی [۹] دارند. با توجه به آماده سازی آسان و خواص پاسخگو به محرک های متعدد، MOGها، به سرعت و به طور موثر به آنالیت ها پاسخ می دهند و می توانند به عنوان حسگر عالی عمل کنند. بخصوص، MOGهای لومینانس، به عنوان یک ماده حسگر جدید، به سرعت برای سنجش آنیون ها توسعه یافته اند.

اگرچه تلاش قابل توجهی برای توسعه MOG به عنوان حسگر فلورسانس اختصاص داده شده است، اما طراحی و سنتز یک MOG جدید، که بتواند به عنوان حسگر نوری با یک محرک شیمیایی دارای ثبات بالا کارایی داشته باشد، هنوز هم چالش بزرگ است.

<sup>1</sup> Metal organic gels (MOG)

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

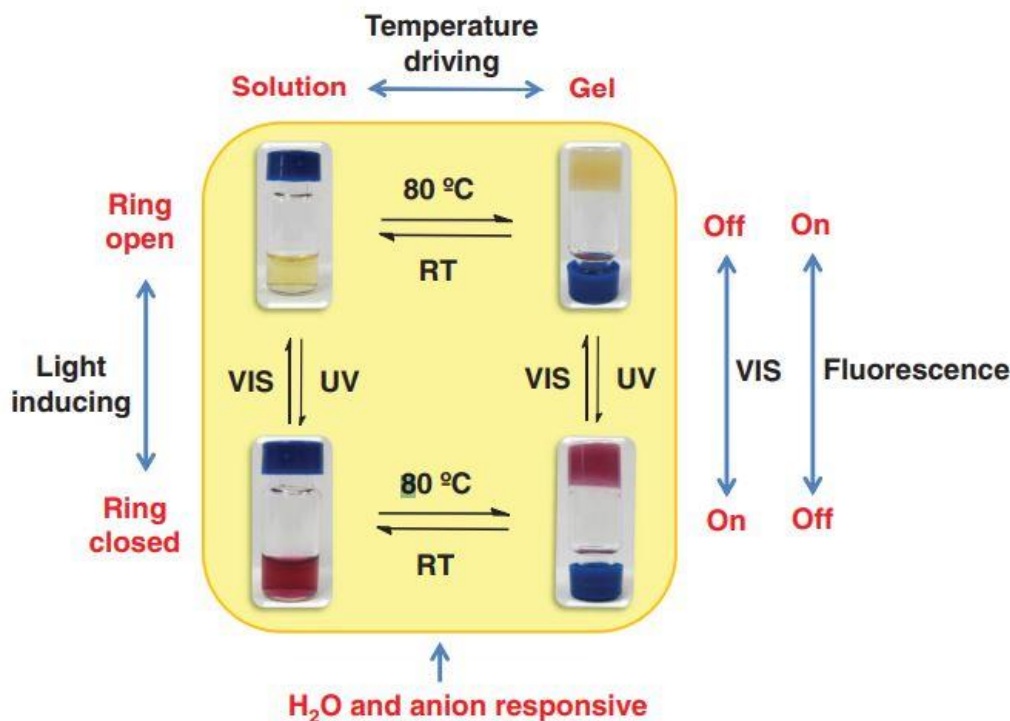
ژل ها، موادهایی قابل پردازش تر برای کاربردهای اندازه گیری دستگاهی را ممکن می سازند. ارگانوژل های حساس به نور با ترکیب کردن بخش های حساس به نور مانند (آزوبنزن و غیره) چندین ژل های فوق مولکولی با واحدهای کروموفلوروزنیک شناخته می شوند. ژل ها با تخلخل بالا و با خاصیت فوتولومینسانس توده ای، می توانند به طور بالقوه به عنوان حسگر شیمیایی برای مواد مختلف مورد استفاده قرار گیرند. MOG فلوروسنت برای شناسایی کاتیون ها [۱۰]، آنیون ها [۱۱]، مولکول های کوچک آلی [۱۲]، ماکرومولکول های بیولوژیکی [۱۳]، مورد استفاده قرار می گیرند. وی و همکاران در سال ۲۰۱۳، یک ژل فلزی آلی پاسخگو به محرک های متعدد از جمله نور، گرما، آب و آنیون ها را توسعه دادند. ژل یک انتقال فاز غیرعادی از ژل به محلول پس از سرد شدن را نشان داد. انتقال ژل-محلول در وابستگی به زمان گرمایش و هماهنگی ضعیف آنیون ها ضعیف بود. ژل خواص فتوکرومیک و رئولوژیکی برگشت پذیری خوبی را نشان داد و فلورسانس آن را می توان با UV-vis تنظیم کرد. این رفتارهای واکنشی منحصر به فرد، ناشی از اختلاط یک دیتیینیلتن فتوکرومیک و یک برهمکنش کوردیناسیون آلومینیوم-کربوکسیلات که باعث ژل شدن می شود، که یک مسیر آینده نگر برای ساخت عملکرد جدید مواد نرم با ترکیب پیوند کوردیناسیون در ژل ها را پیشنهاد می کند [۱۴]. شکل ۱. تبدیل ژل-ژل و ژل-محلول برگشت پذیر پس از گرمایش/سرمايش، و تابش اشعه ماوراء بنفش، همچنین رفتارهای پاسخگوی متعدد نسبت به رنگ، فلوروسانس، آب و آنیون ها را نشان می دهد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۱. تبدیل ژل-ژل و ژل-محلول برگشت پذیر پس از گرمایش/سرمايش، و تابش اشعه ماوراء بنفش، و رفتارهای پاسخگوی متعدد نسبت به رنگ، فلئوئورسانس، آب و آنیون ها [۱۴].

کین و همکاران در سال ۲۰۱۷، ژل آلی-فلزی MOG(Al) را با حرارت دادن  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  و لیگاند - benzentricarboxylic  $1,3,5$  در حلال اتانول را سنتز کردند، که می تواند به عنوان یک ماده میزبان برای تهیه MOG(Eu) از طریق فرآیند تبادل کاتیونی فلزی استفاده شود. داده های PXRD نشان داد که زروژل های MOG(Al) و MOG(Eu) کریستالیتی پایین با شبکه های مشابه دارند. طیف لومینسانس حالت جامد MOG(Eu) دارای پیک های آشکاری در  $580, 590, 614, 653$  و  $701$  نانومتر از کاتیون های  $\text{Eu}(\text{III})$  با بازده کوانتومی  $6/6\%$  و طول عمر طولانی ns  $32/6$  در دمای اتاق داشت. به دلیل انتقال انرژی بسیار موثر از لیگاند آلی به کاتیون  $\text{Eu}^{3+}$  MOG(Eu) توانایی تشخیص لومینسانس عالی نسبت به انواع آنتی بیوتیک ها را ارائه کرد [۱۵]. شکل ۲. ژل فلزی-آلی فلورسنت [MOG(Eu)] که با یون فلزی بین  $\text{Eu}^{3+}$  و  $\text{Al}^{3+}$  در MOG غیرفلورسنت Al سنتز شده است را نشان می دهد.





# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

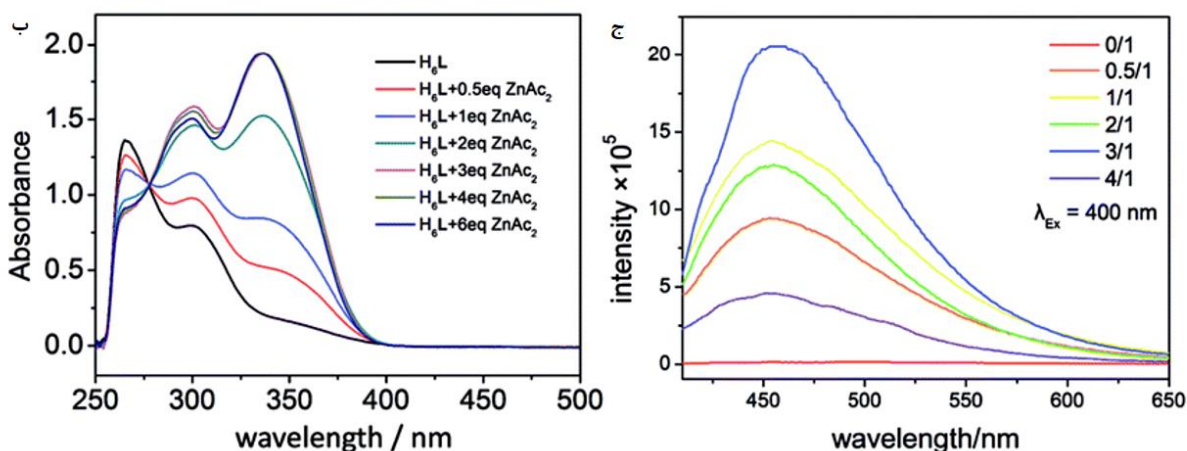
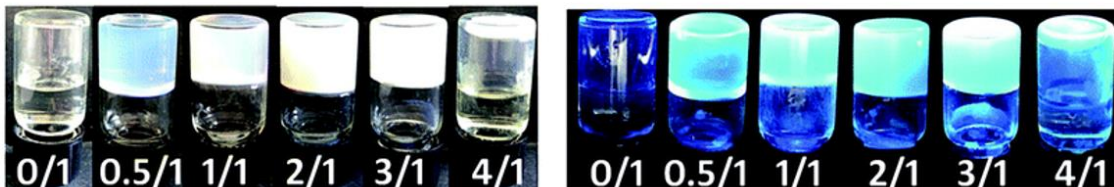
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



الف



شکل ۳. الف) تست ژل شدن در نسبت های مولی مختلف Zn/L تحت نور روز (سمت چپ) و نور UV (راست). طیف جذب UV-Vis (ب) طیف فلورسانس (ج) نمونه ها با نسبت مولی Zn/L متنوع [۱۶].

مولیک و همکاران ۲۰۱۹، برای اولین بار، یک بهبود چشمگیر همزمان در لومینسانس و پایداری NCهای پروسکایت هیبریدی از طریق جاسازی در یک ماتریس متخلخل فلزی-آلی (MOG) گزارش کردند. نانوکامپوزیت (EAPbBr<sub>3</sub>@MOG، EA: اتیل آمونیوم) گسیل واضحی را در ناحیه آبی شدید ( $\lambda_{max} < 440$  نانومتر) با افزایش ده برابری قابل توجهی در PLQY (۵۳٪) در مقایسه با ادغام NCs EAPbBr<sub>3</sub> (PLQY ~ 5٪) در ماتریس نرم MOG مزایای اضافی انعطاف پذیری و همچنین پایداری آب را فراهم می کند. به عنوان یک اثبات اصل، این نانوکامپوزیت ها بیشتر برای ساخت یک دیود تابش نور سفید مورد استفاده قرار گرفتند. ترکیبی از روشنایی بالا، پایداری و انعطاف پذیری این نانوکامپوزیت ها می تواند آن ها را در توسعه دیودهای نور آبی کارآمد برای کاربردهای عملی تبدیل کند [۱۷]. شکل ۴. شماتیک روش مصنوعی برای سنتز نانوکامپوزیت پروسکایت هیبرید آبی -MOG را نشان می دهد.

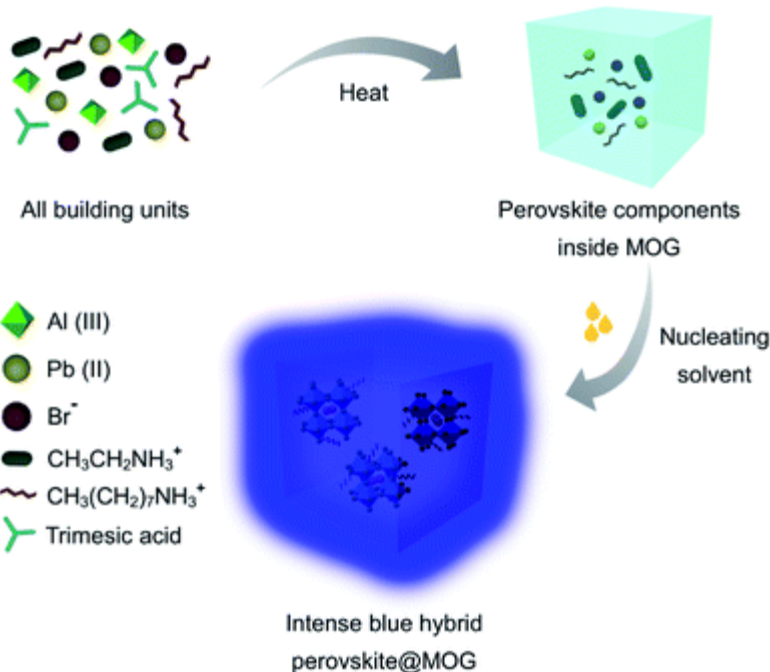


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۴. شماتیک روش مصنوعی برای سنتز نانوکامپوزیت پروسکایت هیبرید آبی -MOG [۱۷].

گو و همکاران در سال ۲۰۱۹، یک فلز آلی مبتنی بر Ni (II) سنتز کردند. ژل آلی-فلزی (Ni-MOG)، به عنوان یک حسگر فلورسانس  $AL^{3+}$  با گزینش پذیری و حساسیت بالا عمل کند، که حد تشخیص  $۵/۰$  میکرومولار را دارد. که علاوه بر این، یک فیلم کامپوزیت بیشتر با هیبریداسیون نیکل MOG با پلی (وینیل الکل) ساخته شد. فیلم کامپوزیت یک پاسخ فلورسانس سریع به محلول های  $AL^{3+}$  در غلظت های بالاتر از  $M \times ۱۰^{-۵}$  در ۵ دقیقه را بدست آورد. فیلم کامپوزیت Ni-MOG همچنین می تواند با موفقیت برای آن تشخیص حساس  $AL^{3+}$  در نمونه های واقعی آب لوله کشی و آب دریا تشخیص موثر  $AL^{3+}$  واقع شود. در این مقاله توضیح داده شده است بینش جدیدی را که در مورد آن ارائه می دهد نظارت بر کیفیت آب و دارای ارزش کاربردی امیدوارکننده است.

به طور خلاصه، یک حسگر شیمیایی فلورسانس Ni-MOG برای تشخیص  $AL^{3+}$  سنتز کرده ایم که تغییرات فلورسانس قابل توجهی از آبی به رنگ فیروزه ای در محلول آبی حاوی  $AL^{3+}$  تولید می کند. این حسگر شیمیایی فلورسانس Ni-MOG انتخاب پذیری عالی برای حضور انواع دیگر یون های فلزی رقیب در محلول های آبی را دارد. در عین حال، فیلم کامپوزیت با ترکیب Ni-MOG با مواد پلیمری، که همچنین دارای یک گزینش پذیری خوب برای سنجش  $AL^{3+}$  به



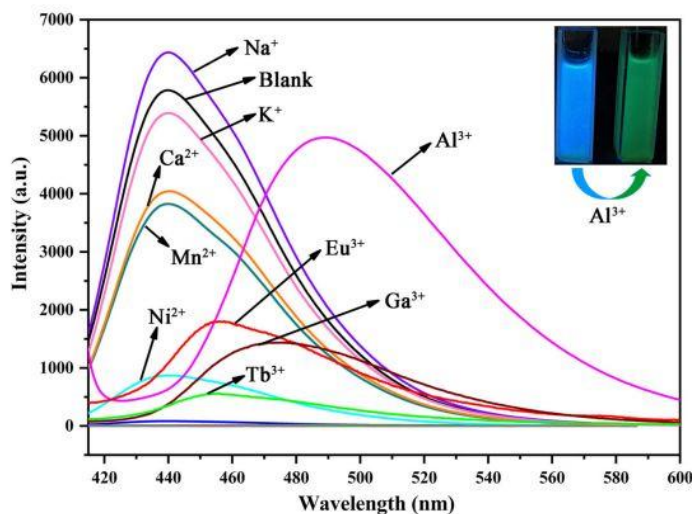
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شمار می رود که همچنین تغییرات فلورسانس را می توان به وضوح با چشم غیر مسلح تحت تابش UV مشاهده کرد. علاوه بر این، فیلم کامپوزیت Ni-MOG@PVA با موفقیت برای تشخیص  $Al^{3+}$  واقعی در نمونه هایی از آب لوله کشی و آب دریا استفاده شد. یافته ها در این کار ارزش کاربردی امیدوارکننده ای را در پایش کیفیت آب ارائه کرد [۱۰]. شکل ۵. نشر فلورسانس طیف های Ni-MOG با یون های مختلف را نشان می دهد.



شکل ۵. نشر فلورسانس طیف های Ni-MOG با یون های مختلف [۱۰].

لیو و همکاران در سال ۲۰۲۱، شناسایی و جذب یون های فلزات سنگین در محیط های آبی را مورد بررسی قرار دادند. یک روش سنتز سریع ژل های آلی-فلزی مبتنی بر  $Zr^{4+}$  (Zr-MOG-۱ و Zr-MOG-۲) برای اولین بار توسعه دادند. در این تحقیق نکته ی قابل توجه این است که Zr-MOG-2 نه تنها به یک سیگنال فلورسنت خوب دست می دهد، بلکه یک پلت فرم تشخیص برای  $CrO_4^{2-}$  نیز فراهم می کند. بنابراین، Zr-MOG-2 با فلورسانس عالی می تواند برای تشخیص انتخابی  $CrO_4^{2-}$  در محیط آبی استفاده شود. مکانیسم سنجش  $CrO_4^{2-}$  یک فرآیند انتقال انرژی رزونانس فلورسانس (FRET) نشان داده شده است. محدوده خطی برای تشخیص  $CrO_4^{2-}$  در محدوده ی ۰/۵-۰/۲+۱ میکرومولار است و حد تشخیص به اندازه ۵/۲ PPB است. اثر سنجش برای  $CrO_4^{2-}$  در نمونه های آب شبیه سازی شده نیز مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این، زروژل Zr-MOG-2 ظرفیت جذب خوبی برای  $CrO_4^{2-}$  در آب شامل یون های اضافی دیگر دارد. این پلتفرم حسگر فلورسنت تغییرکننده، پایه ای محکم برای استفاده چند منظوره از MOG ها ایجاد کرد [۱۸]. شکل ۶. مراحل تشکیل ژل آلی-فلزی برای پاسخ به محرک و حذف  $CrO_4^{2-}$  از آب را نشان می دهد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۶. مراحل تشکیل ژل آلی- فلزی برای پاسخ به محرک و حذف  $CrO_4^{2-}$  از آب [۱۸].

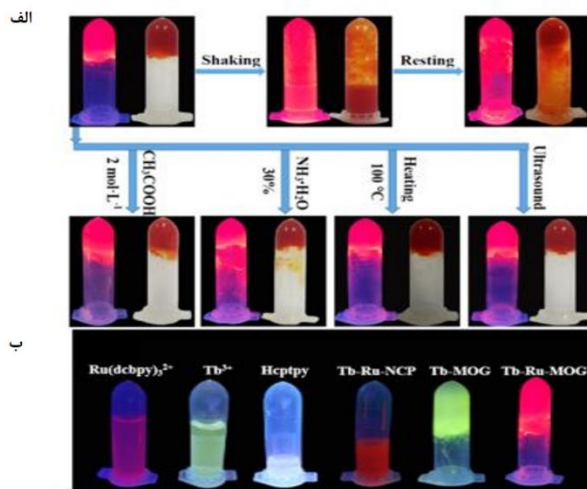
وانگ و همکاران در سال ۲۰۲۱، به طور خلاصه، نوع جدیدی از لومینفور Tb-Ru-MOG برای تجزیه و تحلیل ECL سنتز کردند. روش سنتز ساده، سریع، ملایم و مقرون به صرفه بود. به طرز چشمگیری، فلورسانس Tb-Ru-MOG قرمز رنگ منتشر کرد، که در سنجش ECL بسیار حساس برای تشخیص EP با بالا شدت و پایداری و محدوده باریک رفت و برگشتی بسیار خوب عمل کند. قابل ذکر است، استراتژی فوق نه تنها یک ساده و روش قابل اعتماد برای تشخیص EP اما همچنین راه جدیدی برای کاوش لومینفورهای ECL برای تجزیه و تحلیل الکتروشیمیایی را باز کرد [۱۹]. شکل ۷. پاسخ مکانیکی برگشت پذیر رفتار Tb-Ru-MOG و خواص مقاومت در برابر لرزش، اسید، قلیایی، گرما، و اولتراسوند (سمت چپ: زیر یک لامپ UV 365 نانومتر؛ سمت راست: زیر نور روز). (ب) تصاویر با نور UV از ژل های آلی-فلزی را نشان می دهد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۷. الف) تصویر پاسخ مکانیکی برگشت پذیر رفتار **Tb-Ru-MOG** و خواص مقاومت در برابر لرزش، اسید، قلیایی، گرما، و اولتراسوند (سمت چپ: زیر یک لامپ UV 365 نانومتر؛ سمت راست: زیر نور روز). ب) تصاویر با نور UV از ژل های آلی-فلزی [۱۹].

کیو و همکاران در سال ۲۰۲۲، ما یک MOG را بر پایه آلومینیوم-کربوکسیلات (که با MOG-Al مشخص می شود) طراحی و سنتز کردند. در نتیجه MOG-Al پاسخ سیگنال فلورسانس خاص خوبی را به ردیابی  $\text{Cu}^{2+}$  نشان می دهد. در شرایط بهینه، درجات فرونشاندن فلورسانس MOG-Al ( $F_0 - F$ ) یک همبستگی خطی با غلظت  $\text{Cu}^{2+}$  از ۰/۰۵ تا ۱۰۰ میکرومولار داشت و حد تشخیص (LOD) ۴۵ نانومتر است. پلتفرم سنجش پیشنهادی نیز برای تشخیص  $\text{Cu}^{2+}$  در نمونه های واقعی استفاده شد. بهبود رضایت بخش (۹۲-۱۱۶٪) برای  $\text{Cu}^{2+}$  در برنج، پودر شیر سویا و جگر خوک بدست آمد. این نتایج نشان می دهد که MOG-Al یک ماده امیدوارکننده برای سنجش خاص و حساس  $\text{Cu}^{2+}$  است [۲۰]. شکل ۸. شماتیک سنتز MOG-AL را نشان می دهد.

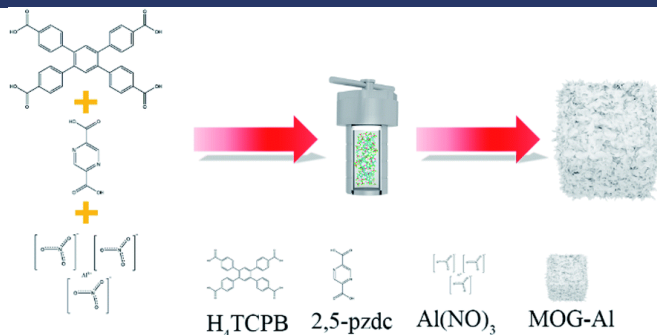


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۸. شماتیک سنتز MOG-AL [۲۰].

### ۳-نتایج

ژل های آلی-فلزی ، به عنوان نوع جدیدی از مواد ژلی با ویژگی های منحصر به فرد ظهور کرده اند. خواصی از جمله سهولت در سنتز و ساخت، مساحت سطح بالا، ساختار متخلخل بالا و دسترسی به سطح بالا، به طور گسترده در کاربردهای مختلف مانند: جذب، کاتالیزور ، میدان های الکتروشیمیایی، ساطع کننده ی نور حسگر سنجش فلورسانس استفاده کرده اند. ژل های آلی-فلزی ساختارهای متخلخل با چگالی کم هستند که با توجه به آماده سازی آسان و خواص پاسخگو به محرک های متعدد که به سرعت و به طور موثر به آنالیت ها پاسخ می دهند، به عنوان حسگر عناصر مورد مطالعه و تحقیق قرار گرفته اند. در این مقاله، انواع مختلف ژل های آلی-فلزی بر پایه آلومینیوم، آهن، زیرکونیوم، نیکل، تریبوم، یوروپیم که به عنوان حسگر عناصر مورد بررسی قرار گرفتند.

### منابع

1. Tu, T., et al., *Visual chiral recognition through enantioselective metallogel collapsing: synthesis, characterization, and application of platinum-steroid low-molecular-mass gelators*. *Angewandte Chemie International Edition*, 2011. 50(29): p. 6601-6605.
2. Samai, S. and K. Biradha, *Chemical and mechano responsive metal-organic gels of bis (benzimidazole)-based ligands with Cd (II) and Cu (II) halide salts: self sustainability and gas and dye sorptions*. *Chemistry of Materials*, 2012. 24(6): p. 1165-1173.
3. He, L., et al., *Novel iron (III)-based metal-organic gels with superior catalytic performance toward luminol chemiluminescence*. *ACS applied materials & interfaces*, 2017. 9(37): p. 31834-31840.
4. Peng, Z.W., et al., *Novel metal-organic gels of bis (benzimidazole)-based ligands with copper (II) for electrochemical selectively sensing of nitrite*. *Electrochimica Acta*, 2017. 238: p. 1-8.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

5. Yuan, D., et al., *Tb-containing metal-organic gel with high stability for visual sensing of nitrite*. Materials Letters, 2018. 211: p. 157-160.
6. Zhang, J. and C.-Y. Su, *Metal-organic gels: From discrete metallogelators to coordination polymers*. Coordination Chemistry Reviews, 2013. 257(7-8): p. 1373-1408.
7. Wang, Z., et al., *White-Light Emission from Dual-Way Photon Energy Conversion in a Dye-Encapsulated Metal–Organic Framework*. Angewandte Chemie International Edition, 2019. 58(29): p. 9752-9757.
8. Ma, X., et al., *Emissive intelligent supramolecular gel for highly selective sensing of Al<sup>3+</sup> and writable soft material*. Chemical Communications, 2018. 54(97): p. 13674-13677.
9. Nune, S.K., P.K. Thallapally, and B.P. McGrail, *Metal organic gels (MOGs): a new class of sorbents for CO<sub>2</sub> separation applications*. Journal of Materials Chemistry, 2010. 20(36): p. 7623-7625.
10. Gu, D., et al., *A metal–organic gel-based fluorescent chemosensor for selective Al<sup>3+</sup> detection*. Applied Organometallic Chemistry, 2019. 33(11): p. e5179.
11. Yuan, D. and Y.F. Li, *Carboxyphenyl-terpyridine-based series of gels for procedural visual recognition of multi-anions*. Analytical Methods, 2018. 10(41): p. 5032-5037.
12. Li, H., et al., *Luminescent metal–organic gels with tetraphenylethylene moieties: porosity and aggregation-induced emission*. RSC advances, 2013. 3(37): p. 16340-16344.
13. Jiang, Z.W., et al., *Dimension conversion: from a 1D metal–organic gel into a 3D metal–organic porous network with high-efficiency multiple enzyme-like activities for cascade reactions*. Nanoscale Horizons, 2020. 5(1): p. 119-123.
14. Wei, S.C., et al., *A multistimuli-responsive photochromic metal-organic gel*. Advanced Materials, 2014. 26(13): p. 2072-2077.
15. Qin, Z.-S., et al., *A water-stable Tb (III)-based metal–organic gel (MOG) for detection of antibiotics and explosives*. Inorganic Chemistry Frontiers, 2018. 5(1): p. 120-126.
16. Lu, S.-M., et al., *Ammonia-modulated reversible gel–solution phase transition and fluorescence switch for a salicylhydrazide-based metal–organic gel*. RSC advances, 2017. 7(49): p. 30979-30983.
17. Mollick, S., et al., *A hybrid blue perovskite@ metal–organic gel (MOG) nanocomposite: simultaneous improvement of luminescence and stability*. Chemical science, 2019. 10(45): p. 10524-10530.
18. Liu, W.-s., et al., *Zr 4+-based metal organic gel as a fluorescent “Turn on–off” sensing platform for the selective detection and adsorption of CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>*. Materials Chemistry Frontiers, 2021. 5(4): p. 1932-1941.
19. Wang, C., et al., *A superstable luminescent lanthanide metal organic gel utilized in an electrochemiluminescence sensor for epinephrine detection with a narrow potential sweep range*. ACS sensors, 2021. 6(1): p. 252-258.
20. Qi, H., et al., *Metal-organic gel as a fluorescence sensing platform to trace copper (ii)*. Analytical Methods, 2022. 14(1): p. 52-57.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## طراحی و شناسایی کاتالیزور پلی آمینواتیل آکریل آمید-مس (I) گرفت شده بر روی هسته- پوسته مگنتیت-سیلیکا جهت انجام واکنش N-آریل دار شدن آنیلین ها

محمدعلی پورشاهی<sup>۱\*</sup>، یعقوب منصوری<sup>۱،۲</sup>، فاطمه قهرمانی<sup>۱</sup>، ابوالفضل بضاعت پور<sup>۱</sup>

۱- گروه شیمی کاربردی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۱۱۳۶۷-۵۶۱۹۹، تلفن:

E-mail: mohammadali.p.sh2966@gmail.com +۹۸۴۵۳۱۵۰۵۲۰۵

۲- گروه پژوهشی علوم و فناوری نانو، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۱۱۳۶۷-۵۶۱۹۹

### چکیده

استفاده از نانوذرات مغناطیسی مانند مگنتیت ( $Fe_3O_4$ ) در سال های اخیر به دلیل جداسازی آسان از محیط واکنش و پایداری مناسب آن ها گسترش یافته است. در کار تحقیقاتی حاضر، ابتدا نانوذرات مگنتیت با روش هم رسوبی تهیه شدند و در میان پوسته ای از سیلیس به صورت هسته-پوسته در آمدند. سیلیس دار شدن هسته-پوسته به منظور تهیه آغازگر پلیمریزاسیون رادیکالی انتقال اتم (ATRP) تثبیت شده روی سطح صورت گرفت و پلیمریزاسیون ATRP با استفاده از مونومر اکریل آمید انجام گرفت. واکنش محصول با اتیلن دی آمین منجر به تشکیل یک لیگاند پلیمری شد که می تواند با یون  $Cu(I)$  کمپلکس شود. از این کاتالیزور در واکنش آریل دار کردن مشتقات آنیلین (جفت شدن اولمان) استفاده شد. برای شناسایی کاتالیزور از آنالیزهای مختلف مانند FT-IR, TGA, XRD, VSM, BET, SEM, TEM استفاده شد که در این مقاله به تفصیل دو آنالیز XRD و VSM و نتایج به دست آمده از این آنالیزها بررسی شد. کلمات کلیدی: مگنتیت، کاتالیزور، پلیمریزاسیون ATRP، جفت شدن اولمان.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

شیمی سبز بر طراحی فرآیندهای شیمیایی که حداقل تأثیرات زیست محیطی را به همراه دارد، متمرکز شده است. بهینه سازی فرآیندهای شیمیایی موجود همراه با توسعه فرآیندهای جدید و سازگار با محیط زیست به بهبود عملکرد کاتالیزوری بستگی زیادی دارد. بنابراین کاتالیزورها فاکتور مهمی برای رسیدن به اهداف شیمی سبز می باشند [۱]. کاتالیزهای همگن و ناهمگن مزایا و معایب خود را دارند به همین دلیل، نیاز اساسی به چارچوب کاتالیزوری دیگری وجود دارد که مانند کاتالیزور همگن فعال بوده و همانند کاتالیزورهای ناهمگن قابل بازیابی باشد. نانوکاتالیزورها ساختارهایی هستند که باعث می شوند تا مواد شیمیایی سریعتر و با عملکرد بالاتر همراه با سادگی جداسازی و بازیابی کاتالیزور ترکیب شوند [۲]. بازیابی نانوکاتالیزورها از محیط واکنش از طریق صاف کردن یا سانتریفیوژ به علت اینکه اندازه ی ابعاد در حد نانو کاهش یافته است، کاری سخت و زمانبر می باشد. برای حل این مشکل نانوکاتالیزورهای مغناطیسی سنتز شده اند. نانوکاتالیزورهای مغناطیسی را می توان با استفاده از آهنربای خارجی، بدون نیاز به صاف کردن، سانتریفیوژ یا سایر فرآیندهای پر زحمت از محیط واکنش جدا کرد. همچنین، نانوکاتالیزورهای مغناطیسی می توانند بارها در حالی که فعالیت اولیه خود را تا حد زیادی حفظ کرده اند مجدداً در واکنش های بعدی مورد استفاده قرار گیرند. علاوه بر این مزیت ها، مشخص شده است که نانوکاتالیزورهای مغناطیسی دارای چندین مزیت مهم وک اربردی دیگر نیز هستند که از آن جمله می توان به نسبت سطح به حجم بالا، سمیت کم، فعالیت کاتالیزوری زیاد و پایداری حرارتی و قابلیت اصلاح سطح و پراکندگی راحت اشاره کرد [۳]. تحقیقات متعددی با انواع مختلف اکسیدهای آهن صورت گرفته است مگمایت ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) و مگنتیت ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) دو گونه ی متداول و کاربردی اکسیدهای آهن هستند. در این میان مگنتیت به دلیل غیرسمی بودن و سازگاری زیستی قابل قبولی که دارد بیشتر مورد استقبال محققان قرار گرفته است [۴]. پدیده ی تراکم نانوذرات به دلیل برهمکنش زیاد بین نانوذرات (به علت اندازه نانو) یک مشکل عمده در ساخت و استفاده از این مواد می باشد. برای غلبه بر این مشکل، نانو ذرات مغناطیسی با پوسته ای از سیلیکا پوشش داده می شوند تا برهمکنش بین ذرات به حداقل برسد. همچنین این استراتژی یک فرصت عالی برای عامل دار کردن سطح پوسته سیلیس و در نتیجه امکان تثبیت انواع ترکیب های آلی، کمپلکس های فلزات واسطه و کاتالیزورهای همگن در سطح آن ها را فراهم می آورد. در سالیان اخیر، هسته-پوسته تهیه شده از  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  و سیلیس، به دلیل کاربردهای گسترده ای که در زمینه های مختلف مانند زیست پزشکی و ذخیره سازی داده ها دارند، بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. این نانو ذرات به دلیل خواص مغناطیسی، کاتالیزوری و الکتریکی منحصر به فرد، سازگاری بالا، دستکاری آسان سطح نانوذرات و امکان ساخت پوسته با ساختارهای مختلف مورد توجه ویژه ی شیمی دانان قرار گرفته است [۵].

- 1- Maghemite
- 2- Magnetite
- 3- Core-Shell

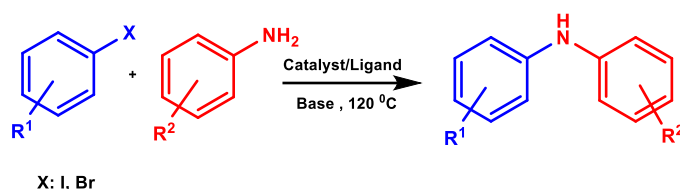
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

تشکیل پیوند کربن-نیتروژن از طریق واکنش کاتالیز شده با فلزات واسطه، به دلیل اینکه محصول این واکنش ها در حوزه های بیولوژیکی، دارویی و مواد، اهمیت بالایی دارد، مورد توجه قرار گرفته است. واکنش اولمان (واکنش  $N$ -آریل دار کردن آمین ها در حضور کاتالیزور مس)، شکل (۱) و واکنش گلدبرگ<sup>۱</sup> (واکنش  $N$ -آریل دار کردن آمیدها در حضور کاتالیزور مس)، روش های قدیمی برای سنتز ترکیب های آمین دار هستند.



شکل ۱. شمای کلی واکنش  $N$ -آریل دار کردن آمین ها.

این واکنش ها به دلیل زمان واکنش طولانی، دمای واکنش بالا، مقادیر استوکیومتری معرف های مس و تنوع کم گروه های عاملی واکنش دهنده، برای استفاده در صنعت مقرون به صرفه نیستند. در طول سالیان گذشته، پیشرفت های زیادی در اصلاح شرایط واکنش های جفت اولمان و گلدبرگ انجام شده است. در سالیان اخیر پژوهشگران شیمی آلی سعی دارند لیگاندهای مختلف را بر روی سطوح گوناگون تثبیت کنند، تا با طراحی کاتالیزهای ناهمگن، بازیافت کاتالیزور از محیط واکنش تسهیل یابد [۶].

در راستای استفاده از نانوذرات مغناطیسی هسته-پوسته به عنوان پایه کاتالیزور ناهمگن برای واکنش  $N$ -آریل دار کردن اولمان، سرداریان<sup>۲</sup> و همکاران با ساخت لیگاند شیف باز و تثبیت آن بر روی سطح نانوذرات مغناطیسی پوشش داده شده با سیلیس (شکل ۲)، یک کاتالیزور ناهمگن و مغناطیسی جدید تهیه کردند که قادر به کاتالیز موثر واکنش آریل دار کردن آمین های آلیفاتیک، هتروسیکل های حاوی نیتروژن و اسیدهای آمینه بود.

<sup>1</sup>- Goldberg reaction

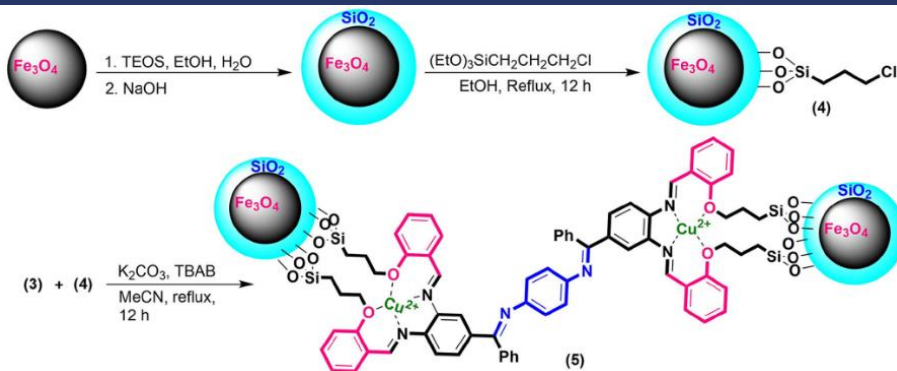
<sup>2</sup>- A. R. Sardarian

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

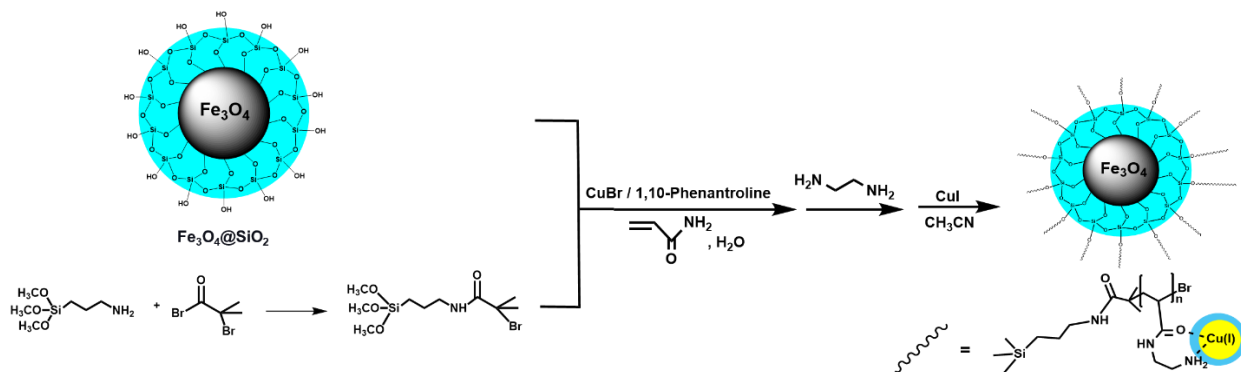
www.LabUMA2022.ir



شکل ۲. شمای کاتالیزور شیف باز تثبیت شده بر روی نانوذرات مغناطیسی پوشش دار [۵].

### ۲- سنتز و شناسایی کاتالیزور PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I)

برای سنتز کاتالیزور ابتدا به خاطر جلوگیری از اکسید شدن نانو ذرات مگنتیت، این نانوذرات از طریق واکنش با TEOS در محیط بازی پوشش دهی شدند. ترکیب BTPAm (۲- برومو-۲- متیل-۳- آمینو پروپیل بروماید با ترکیب ۳- آمینو پروپیل تری متوکسی سیلان سنتز گردید. در ادامه نانوذرات مگنتیت پوشش داده شده با سیلیس، در واکنش سایلیلاسیون با BTPAm، عامل دار شدند. سپس در حضور مقدار کاتالیتیکی مس (I) برمید و ۱،۱- فنانترولین، واکنش پلیمریزاسیون آکریل آمید با آغازگر تثبیت شده روی سطح Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SiO<sub>2</sub>، از طریق روش ATRP انجام گرفت. طی واکنش آمیددار شدن تبادلی با مقدار اضافی اتیلن دی آمین، مگنتیت گرافت شده با پلی (۲- آمینواتیل) آکریل آمید (PAE-AAm-g-) با مقدار اضافی اتیلن دی آمین، تهیه شد [۷]. در نهایت با استفاده از مس (I) یدید کاتالیزور PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I) سنتز گردید (شکل ۳).





# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شکل ۳. شمای کلی کاتالیزور PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I).

برای شناسایی کاتالیزور از آنالیزهای متداول برای شناسایی کاتالیزور مانند FT-IR, TGA, XRD, VSM, BET, SEM, TEM استفاده شد که در این میان مطالعه ی نتایج دو آنالیز XRD و VSM اطلاعات مفیدی را در مورد ساختار و خواص مغناطیسی کاتالیزور در اختیار ما قرار داد.

### ۲-۱- آنالیز XRD

برای به دست آوردن اطلاعاتی در خصوص جنس ماده، نوع عناصر و ساختار کریستالی از قبیل ثابت شبکه، هندسه ی شبکه، تعیین فاز کریستال ها، تعیین اندازه ی کریستال ها، جهت گیری تک کریستال ها، استرس، تنش و عیوب شبکه از تکنیک پراش پرتو ایکس XRD استفاده می شود. این تکنیک اولین بار توسط ماکس فون لاون در سال ۱۹۱۲ کشف گردید.

الگوی XRD نانوذرات مگنتیت، PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub> و PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I) در ناحیه  $2\theta = 10^\circ - 80^\circ$  در شکل (۴) نشان داده شده است. با دقت در الگوی XRD به دست آمده از مگنتیت (۴a)، مشاهده می شود که تمامی پیک های موجود با ساختار کریستالی اسپینل معکوس Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> با گروه فضایی Fd-3m مطابقت دارد و با مرجع JCPDS<sup>1</sup> شماره ی ۷۹-۰۴۱۷ یکسان می باشد. شش پیک شاخص Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> در نواحی  $2\theta = 57/250^\circ, 62/88^\circ, 70/53^\circ, 75/43^\circ, 85/35^\circ, 95/30^\circ$  که با اندیس های میلر (۴۴۰)، (۵۱۱)، (۴۲۲)، (۴۰۰)، (۳۱۱)، (۲۲۰) مشخص می شوند، در طیف XRD مربوط به نانوذرات مگنتیت نیز دیده می شوند [۸]. عدم مشاهده پیک های اضافی بیانگر خلوص بالای ترکیب سنتز شده است. با استفاده از رابطه ی دباي-شرر و قرار دادن مقدار پهنای پیک (۳۱۱) در نصف ارتفاع، که بیشترین شدت را دارد، اندازه ی متوسط ذرات مگنتیت سنتز شده در حدود ۱۰ nm محاسبه گردید. که این مقدار با مقادیر آنالیزهای TEM و SEM مطابقت دارد.

1- Joint Committee on Powder Diffraction Standards

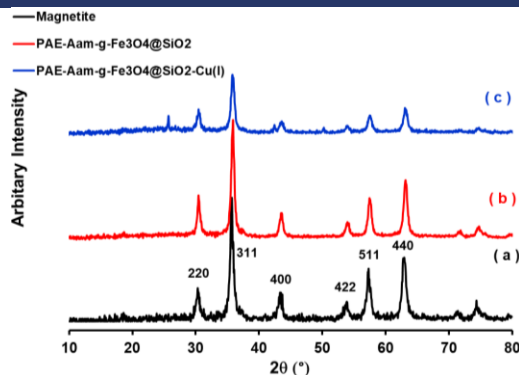
2- Miller

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۴. مقایسه الگوی XRD: (a) مگنتیت؛ (b) PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>؛ (c) PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I)

همچنین شکل های (b) و (c)، که به ترتیب متعلق به PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub> و PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I) است، نشان می دهند که انجام پلیمریزاسیون و گرافت پلیمر بر روی سطح نانوذرات مگنتیت و فلزدار کردن پلیمر گرافت شده، هیچ تغییری در ساختار کریستالی مگنتیت ایجاد نکرده است و نانوذرات گرافت شده همانند نانوذرات مگنتیت اولیه دارای ساختار کریستالی مکعبی و اسپینل معکوس است. لازم به ذکر است که به علت تشکیل لایه های آمورف سیلیسی بر روی نانوذرات مگنتیت از شدت پیک ها کاسته شده است [۷].

### ۲-۲- آنالیز VSM

اصلی ترین روش برای مطالعه ی خواص مغناطیسی مواد، آنالیز مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی VSM می باشد. دستگاه مغناطیس سنج VSM بر اساس قانون القای فارادی کار می کند که از طریق ارتعاش نمونه و اعمال میدان مغناطیسی به آن، یک جریان القایی در سیم پیچ های تعبیه شده در دستگاه ایجاد می شود که با مغناطیس نمونه متناسب است. با انتقال جریان القایی ایجاد شده به سیستم متصل به دستگاه نتیجه ی آنالیز به صورت حلقه پسماند به دست می آید. با تفسیر نمودار به دست آمده مغناطیس نمونه محاسبه می شود. با استفاده از نتایج به دست آمده از VSM می توان دسته بندی مغناطیسی مواد مانند فرومغناطیسی، پارامغناطیسی و ابرمغناطیسی را تشخیص داد. با اعمال میدان مغناطیسی به یک ماده ی مغناطیسی، بر خاصیت مغناطیسی محیط افزوده می شود و سرعت افزایش مغناطیس محیطی کاهش می یابد. در این حالت به بیشترین مقدار مغناطیس پذیری محیط، مغناطیس پذیری اشباع<sup>۲</sup> (M<sub>s</sub>) گفته می شود. میزان مغناطیس پذیری ماده در اثر کاهش میدان مغناطیسی در محیط کاهش می یابد. در مواد

<sup>1</sup>- Vibrating sample magnetometry  
1- Saturation Magnetization

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

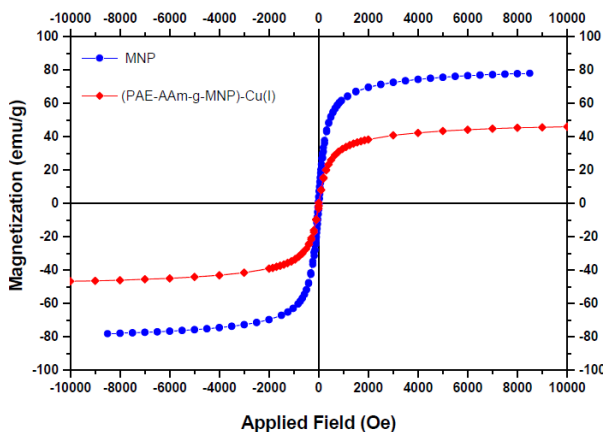
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

فرومغناطیس در اثر صفر شدن میدان مغناطیسی اعمالی در محیط، یک ممان مغناطیسی باقی می ماند که مغناطیسی شدن پسماند<sup>۱</sup> ( $M_r$ ) نامیده می شود. پارامتر دیگری که با کاهش شدت میدان مغناطیسی اعمالی، مغناطیس پذیری نمونه را صفر می کند و به مقدار اشباع منفی برمی گرداند به نیروی ضد پسماند<sup>۲</sup> معروف می باشد و با  $H_c$  نشان داده می شود [۹].

منحنی VSM برای نانوذرات مگنتیت و PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I) در شکل (۵) آورده شده است. در جدول (۱) نتایج حاصل از این آنالیز به طور خلاصه آورده شده است. نانوذرات مگنتیت به علت دارا بودن الکترون های جفت نشده خاصیت سوپر پارامغناطیسی از خود نشان می دهند و مقدار مغناطیس پذیری اشباع ( $M_s$ ) برای نانوذرات مگنتیت، ۷۸ emu.g<sup>-1</sup> می باشد. با نگاهی دقیق به جدول (۱) می توان متوجه شد که خاصیت مغناطیسی کاتالیزور PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I) کاهش یافته است که دلیل این کاهش، پوشش دهی نانوذرات مگنتیت با سیلیس می باشد [۷، ۱۰].



شکل ۵. نمودار مغناطیس سنجی نانوذرات مگنتیت و PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I).

مقدار مغناطیس شدن پسماند نانوکاتالیزور PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I)  $M_r = 1/60$  emu/g و نسبت مغناطیس پذیری پسماند به مغناطیس پذیری اشباع  $M_r/M_s = 0/02$  و  $H_c = 10/1$  اندازه گیری شد که داده های به دست آمده نشان دهنده ی خاصیت سوپر پارامغناطیسی ذرات است [۴۹، ۶۲].  
جدول ۱. خواص مغناطیسی نانوذرات تهیه شده.

Sample	<sup>a</sup> $M_s$	<sup>b</sup> $M_r$ (emu/g)	<sup>c</sup> $H_c$ (Oe)	<sup>d</sup> $M_r/M_s$
--------	--------------------	----------------------------	-------------------------	------------------------

۲\_ Magnetic Remanence

۳\_ Coercive force



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

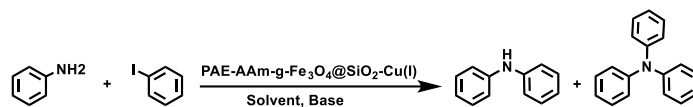
www.LabUMA2022.ir

	(emu/g)			
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	78	3.80	18.5	0.05
PAE-AAm-g-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @SiO <sub>2</sub> -Cu(I)	76	1.60	10.1	0.02

<sup>a</sup> Saturation magnetization. <sup>b</sup> Remanent magnetization. <sup>c</sup> Coercive force. <sup>d</sup> Remanence ratio.

۲-۳- بررسی کاتالیزور PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I) در واکنش N-آریل دار کردن آمین ها  
پس از سنتز کاتالیزور PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I). کارایی این کاتالیزور در واکنش N-آریل دار کردن  
اولمان بررسی شد. برای این منظور واکنش بین آنیلین و یدوبزنن به عنوان واکنش مدل انتخاب گردیده و شرایط واکنش  
از قبیل نوع حلال، باز، دمای واکنش و مقدار کاتالیزور بهینه شد و بازده واکنش ها از طریق دستگاه GC (کروماتوگرافی  
گازی) اندازه گیری شد. نتایج بهینه سازی واکنش در جدول (۲) آورده شده است. با دقت در جدول بهینه سازی می توان  
متوجه شد که کاتالیزور سنتز شده در واکنش N-آریل دار کردن اولمان به طور گزینشی عمل می کند و محصول دی-  
فنیل آمین را به عنوان محصول اصلی تولید می کند

جدول ۲. بهینه سازی واکنش N-آریل دار کردن. <sup>a</sup>



Entry	Solvent	Base	Cu (mol%)	Conv. (%)	Yield % <sup>b</sup>	
					Ph <sub>2</sub> NH (Selectivity)	Ph <sub>3</sub> N (Selectivity)
1	DMSO	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-	0	0	0
2	DMSO	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.18	76	59 (78)	17 (22)
3	DMSO	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.30	62	50 (81)	12 (19)
4	DMSO	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.42	47	45 (96)	2 (4)
5	DMSO	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.54	32	28 (88)	4 (12)
6	<b>DMSO</b>	<b>K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	<b>0.60</b>	<b>100</b>	<b>92 (92)</b>	<b>8 (8)</b>
7	DMSO	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.72	50	46 (92)	4 (8)
8 <sup>c</sup>	Acetone	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.60	0	0 (0)	0 (0)
9 <sup>c</sup>	H <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.60	0	0 (0)	0 (0)
10 <sup>c</sup>	CHCl <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.60	4	0 (0)	4 (100)
11 <sup>c</sup>	EtOAc	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.60	42	23 (55)	19 (45)
12 <sup>c</sup>	CH <sub>3</sub> CN	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.60	47	44 (94)	3 (6)
13 <sup>c</sup>	Toluene	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.60	50	26 (52)	24 (48)
14 <sup>c</sup>	n-Hexane	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.60	62	35 (56)	27 (44)
15 <sup>c</sup>	EtOH	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.60	67	50 (75)	17 (25)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



16	THF	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.60	69	18 (26)	51 (74)
17	DMAc	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.60	89	79 (89)	10 (11)
18	DMF	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.60	93	87 (94)	6 (6)
19 <sup>d</sup>	DMSO	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.60	73	69 (95)	4 (5)
20 <sup>e</sup>	DMSO	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.60	100	48 (56)	37 (44)
21	DMSO	-	0.6	0	0	0
22	DMSO	KOH	0.60	<b>0</b>	0 (0)	0 (0)
23	DMSO	NaOH	0.60	0	0 (0)	0 (0)
24	DMSO	Pyridine	0.60	25	20 (80)	5 (20)
25	DMSO	Et <sub>3</sub> N	0.60	28	28 (100)	0 (0)
26	DMSO	NaOAc	0.60	63	55 (87)	8 (13)
27	DMSO	K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.60	94	70 (74)	24 (26)

Optimal reaction conditions are in bold. <sup>a</sup> Reaction conditions: Aniline (0.75 mmol); Ph-I (0.5 mmol); base (1.0 mmol); solvent (1.0 mL); reaction temperature 120°C, and reaction time 20 h. <sup>b</sup> Determined by GC analysis. <sup>c</sup> Reflux temperature. <sup>d</sup> Reaction temperature 110°C. <sup>e</sup> Reaction temperature 140°C.

### ۳- بحث و نتیجه گیری

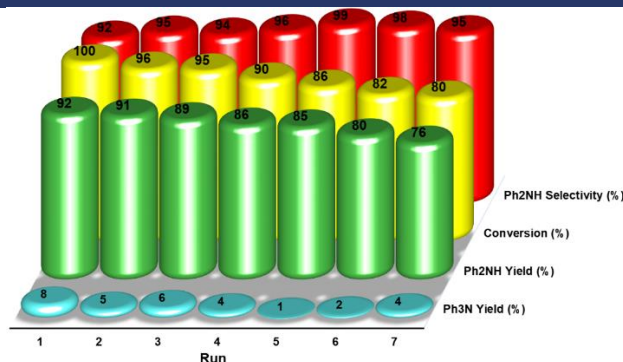
پس از سنتز کاتالیزور PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I)، این کاتالیزور از طریق روش های مرسوم شناسایی شد. مطالعه ی آنالیزهای انجام شده نشان دهنده ی سنتز صحیح نانوذرات مگنتیت و گرافت لیگاند پلیمری بر روی بستر مغناطیسی و تشکیل کمپلکس مس(I) در کاتالیزور نهایی است. پس از سنتز و شناسایی کاتالیزور PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I)، کارایی این کاتالیزور در واکنش N-آریل دار کردن اولمان بررسی شد. و نتایج به دست آمده نشان دهنده ی کارایی و عملکرد بالای این نانوکاتالیزور در کاتالیز واکنش N-آریل دار کردن اولمان در شرایط ملایم و سبز می باشد. قابلیت بازیافت مجدد کاتالیزور بدون کاهش زیاد در عملکرد کاتالیزور (شکل ۶) و همچنین بازده و گزینش پذیری بالا در انجام واکنش N-آریل دار کردن اولمان با مشتقات مختلف آنیلین و آریل هالیدهای مختلف از جمله مزیت های کاتالیزور سنتز شده است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۶. نمودار بررسی میزان کارایی کاتالیزور در چرخه ی بازیافت کاتالیزور.

تقدیر و تشکر

تشکر از راهنمایی های استاد راهنمای محترم، جناب پروفیسور یعقوب منصوری که در تمام مراحل انجام این پروژه  
من را راهنمایی نمودند.

منابع

- [1] Wang, Y., Wang, X., Antonietti, M., (2012) *Angewandte Chemie International Edition*. 51(1): 68-89.
- [2] Somwanshi, S.B., Somvanshi, S.B., Kharat, P.B. (2020) *Conference Series*. 2020. IOP Publishing.
- [3] Ghobadi, M., Kargar Razi, M., Javahershenas, R., Kazemi, M., (2021) *Synthetic Communications*. 51(5): 647-669.
- [4] Gupta, A.K.Gupta, M., (2005) *Biomaterials*. 26(18): 3995-4021.
- [5] Sardarian, A.R., Kazemnejadi, M., Esmailpour, M., (2021) *Applied Organometallic Chemistry*. 35(1): e6051.
- [6] Guo, X., Rao, H., Fu, H., Jiang, Y., Zhao, Y., (2006) *Advanced Synthesis & Catalysis*. 348(15): 2197-2202.
- [7] Mirzaeinejad, M., Mansoori, Y., Amiri, M., (2018) *Materials Chemistry and Physics*. 205: 195-205.
- [8] Hanawalt, J.D., Rinn, H.W., Frevel, L.K., (1938) *Analytical Edition*. 10(9): 457-512.
- [9] Leslie-Pelecky, D.L.Rieke, R.D., (1996) *Chemistry of Materials*. 8(8): 1770-1783.
- [10] Basavaraja, C., Jo, E.A., Huh, D.S., (2010) *Materials Letters*. 64(6): 762-764.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## طراحی و شناسایی کاتالیزور پلی (POPA) - پالادیوم (II) گرافت شده بر روی SBA-15

### جهت انجام واکنش هک

محمدعلی پورشاهی<sup>۱\*</sup>، یعقوب منصوری<sup>۱</sup>، فاطمه قهرمانی<sup>۱</sup>، ابوالفضل بضاعت پور<sup>۱</sup>

۱- گروه شیمی کاربردی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۱۱۳۶۷-۵۶۱۹۹، تلفن:

E-mail: mohammadali.p.sh2966@gmail.com +۹۸۴۵۳۱۵۰۵۲۰۵

۲- گروه پژوهشی علوم و فناوری نانو، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۱۱۳۶۷-۵۶۱۹۹

### چکیده

ذرات سیلیس متخلخل، به دلیل داشتن مساحت بالا و پایداری شیمیایی خوب، به ماده ای جذاب برای استفاده به عنوان بستر کاتالیزور برای ساخت کاتالیزورهای ناهمگن تبدیل شده است. به دلیل ماهیت کلوئیدی ذرات سیلیس متخلخل امکان انتقال جرم بهتر و توزیع یکنواخت نانوکاتالیست های مختلف فلز یا اکسید فلز در محلول مهیا می شود. در کار تحقیقاتی حاضر، ابتدا مونومر POPA، سنتز شد. برای پیوند زدن Poly(POPA) بر روی سطح مزوپور سیلیسی (SBA-15)، BTPAm سنتز شده بر روی سطح SBA-15 پیوند زده شد و از طریق پلیمریزاسیون ATRP، پلی (POPA) بر روی SBA-15 پیوند زده شد. در نهایت با استفاده از نمک  $PdCl_2$ ، کاتالیزور Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II) سنتز گردید. از این کاتالیزور در واکنش جفت شدن هک استفاده شد. برای شناسایی کاتالیزور از آنالیزوهای مختلف مانند FT-IR, TGA, XRD, VSM, BET, SEM, TEM استفاده شد که در این مقاله به تفصیل دو آنالیز BET و TGA و نتایج به دست آمده از این آنالیزها بررسی شد.

کلمات کلیدی: سیلیس متخلخل، SBA-15، پلیمریزاسیون ATRP، واکنش جفت شدن هک.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

نانومواد، موادی هستند که در مقیاس بسیار کوچک (اندازه ی حداقل یک بعد، کمتر از ۱۰۰ نانومتر) ساخته شده و مورد استفاده قرار می گیرند. در مورد نانوموادها، خواص فیزیکی مختلف می تواند به اندازه و شکل نانومواد بستگی داشته باشد. اهمیت نانومواد از زمانی که محققان دریافته اند اندازه بر خواص فیزیکی شیمیایی یک ماده، از جمله خواص شیمیایی، الکتریکی، مکانیکی و نوری آن تأثیر می گذارد، دوچندان شد. بنابراین، نانومواد به دلیل خواص منحصر به فرد خود در سالیان اخیر بشدت مورد استقبال محققان قرار گرفته اند. نانومواد کاربردهای مختلف و زیادی دارند که از آن جمله می توان به کاربرد نانو مواد در تصفیه خانه ها، پالایشگاه های نفت، صنایع پتروشیمی، فرآیندهای صنعتی، فرآیندهای کاتالیزوری، ساختمان ها و مصالح ساختمانی، تشخیص و تحویل داروها اشاره کرد [۱].

فناوری های کاتالیزوری برای حال و آینده حیات بشری بسیار با اهمیت هستند. انرژی، واکنش های شیمیایی، صنایع مربوط به محیط زیست، تبدیل نفت خام، زغال سنگ و گاز طبیعی به سوخت و مواد اولیه شیمیایی، تولید انواع محصولات پتروشیمی و شیمیایی، همه به فناوری های کاتالیزوری وابسته هستند [۲]. براساس اصول شیمی سبز، بازیابی کاتالیزور از محیط واکنش مهمترین ویژگی هر کاتالیزور برای استفاده از آن در صنعت می باشد. با توجه به مقیاس نانو، تماس بین واکنش دهنده ها و کاتالیزور به طور قابل توجهی در نانو کاتالیزورها افزایش می یابد (همانند کاتالیزور همگن) و عدم حلالیت در حلال های شیمیایی، کاتالیزور را ناهمگن می کند و بنابراین می توان کاتالیزور را از مخلوط واکنش به راحتی جدا کرد (همانند کاتالیزورهای ناهمگن) [۸]. همچنین، متناسب با نوع فرآیندی که انجام خواهد گرفت می توان فعالیت و گزینش پذیری نانو کاتالیزورها را با تنظیم خواص شیمیایی و فیزیکی مانند: اندازه، شکل، ترکیب و مورفولوژی دستکاری کرد [۳].

مواد متخلخل دارای حفره ها (یا منافذ) به صورت مجزا یا به هم متصل هستند، که شبکه های پیچیده ای از کانال ها را شکل می دهند، که در شرایط عادی با سیال های مختلف مثل: هوا، آب یا بخار آب پر می شود. بسته به نفوذپذیری ترکیب متخلخل، سیالات می توانند وارد حفره ها شده و خارج شوند و یا در حفره های پیوسته جابه جا شوند. بنابراین، همه مواد نفوذپذیر جزء مواد متخلخل دسته بندی می شوند، اما درجه نفوذپذیری مواد مختلف به طور قابل توجهی با یکدیگر متفاوت می باشد [۴]. اتحادیه بین المللی شیمی محض و کاربردی مواد متخلخل را بر اساس قطر منافذ (d) به: ۱- میکرومتخلخل ( $d < 2 \text{ nm}$ )، ۲- مزوپور ( $2 \text{ nm} < d < 50 \text{ nm}$ ) و ۳- ماکرو متخلخل ( $d > 50 \text{ nm}$ )، تقسیم بندی می کند. اندازه، شکل، توزیع اندازه منافذ، و ویژگی های شیمیایی دیواره ها، در تعیین ویژگی و کاربرد مواد متخلخل نقش اساسی دارند [۵].

به دلیل داشتن مساحت بالا و پایداری شیمیایی خوب، ذرات سیلیس متخلخل به ماده ای جذاب در ساخت کاتالیزورهای ناهمگن به عنوان بستر کاتالیزور تبدیل شده است. به دلیل ماهیت کلونیدی ذرات سیلیس متخلخل امکان

<sup>1</sup>- Drug delivery

2- IUPAC

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

انتقال جرم بهتر و توزیع یکنواخت نانوکاتالیست های مختلف فلز یا اکسید فلز در محلول مهیا می شود. فعالیت بالای کاتالیزور، درجه پایین شسته شدن فلز و سهولت در جداسازی و بازیافت کاتالیزور از مزیت های اصلی استفاده از مواد متخلخل سیلیس به عنوان بستر کاتالیزور می باشد [۶].

در سال ۱۹۹۸، ژائو و همکارانش یک ساختار مزوحفره ی سیلیسی با نام SBA-15 را توسعه دادند که از حفرات استوانه ای موازی با محور، که در یک سلول واحد شش ضلعی مرتب شده اند، تشکیل شده است. منافذ SBA-15 معمولاً بزرگتر از MCM-41 است که باعث افزایش حجم منافذ این مزوحفره می شود (منافذ SBA-15 بین ۵ تا ۳۰ نانومتر است). علاوه بر این، SBA-15 در مقایسه با سایر مزو متخلخل های سیلیسی، دارای دیواره های منفذی ضخیم تر (بین ۳/۱ تا ۶/۴ نانومتر) است که باعث می شود این ماده پایداری گرمایی و مکانیکی بالایی را از خود نشان دهد [۷]. ساختارهای سیلیسی مزوپور شش ضلعی (SBA-15) با منافذ یکنواخت، بزرگ و قابل تنظیم را می توان توسط کوپلیمرهای بلوکی آمفیفیلیک<sup>۱</sup> سنتز کرد. SBA-15 به کمک کوپلیمر غیر یونی پلورونیک اسید<sup>۲</sup> (P-123; PEO<sub>20</sub>PPO<sub>70</sub>PEO<sub>20</sub>) به عنوان سورفاکتانت در یک محلول با اسیدیته ی معین ساخته می شود. کوپلیمرهای سه بلوکی پلی (آلکیلن اکسید) مانند: پلی (اتیلن اکسید) و پلی (پروپیلن اکسید) به دلیل نظم میان ساختاری آن ها، خاصیت آمفیفیلیک زیاد، کم هزینه بودن، زیست تخریب پذیری و استفاده از شرایط اسیدی آبی با غلظت کوپلیمر کم، بیشترین توجه را برای ساختن SBA-15 متوجه خود کرده اند [۸]. تترا اتوکسی سیلان (TEOS)، تترا متوکسی سیلان (TMOS) و تترا پروپوکسی سیلان (TPOS) منابع مناسب سیلیس برای تهیه ی SBA-15 هستند. برای تهیه ی SBA-15 از TEOS (تترا اتوکسی ارتو سیلیکات) به عنوان منبع سیلیکا و سورفاکتانت P-123 در یک محلول اسیدی استفاده می شود (شکل ۱-۲). در این شرایط P-123 به شدت تمایل دارد که مایسل های استوانه ای شکل تشکیل دهد. TEOS در محیط اسیدی هیدرولیز می شود و یک دیواره ی سیلیکاتی به دور مایسل ها تشکیل می دهد. در نهایت با روش کلسینه کردن در دمای ۵۵۰°C مایسل های تشکیل شده از ساختار خارج شده و بدون اینکه آسیبی به دیواره های معدنی برسد، مزوحفره SBA-15 تشکیل میشود [۸، ۹].

1- Amphiphilic

2- Pluronic acid

3- Micelle

4- Calcination

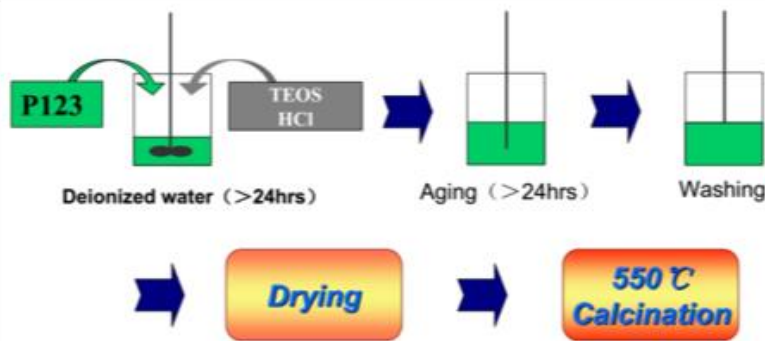


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱. طرح سنتز SBA-15.

SBA-15 می تواند سطح بالایی از لایه های پوشیده از گروه های هیدروکسیل را مهیا کند که به عنوان محل اتصال برای پیوند کووالانسی سیلان ها روی دیوار سیلیکونی بکار برده می شوند. وجود دیواره های منفذی ضخیم SBA-15 که باعث یکپارچگی ساختاری آن می شود، این امکان را می دهد که SBA-15 ساختار منظم خود را پس از تثبیت مولکول های مهمان حفظ کند. دو روش اصلی برای اصلاح سطح SBA-15، روش هم تراکی (تثبیت همزمان) و پیوند زدن می باشد [۱۰].

با توجه به اهمیت واکنش های جفت شدن به عنوان یک ابزار مصنوعی در سنتز آلی مدرن، این واکنش ها در دهه های اخیر توجه محققین را در دانشگاه ها و صنعت به خود جلب کرده است. علاقه مداوم به واکنش های جفت شدن، با بیش از ۴۰ سال سابقه، بیشتر به دلیل ارزشمند بودن آن ها در سنتز ترکیب ها مهم بیولوژیکی و کاربرد وسیع آن در صنایع دارویی می باشد. واکنش هایی که پیوندهای کربن-کربن را ایجاد می کنند، به عنوان یکی از چالش برانگیزترین زمینه ها در سنتز مواد آلی مطرح می شوند. تشکیل پیوند C-C از طریق واکنش های جفت شدن سوزوکی<sup>۱</sup>، هک<sup>۲</sup>، هیاما<sup>۳</sup> و سونوگاشیرا<sup>۴</sup> در سالیان اخیر توسعه یافته اند [۱۱]. اولین نمونه از واکنش جفت شدن هک در سال ۱۹۷۲ به عنوان یک مقاله ی مستقل منتشر شد. این واکنش اولین مورد از واکنش تشکیل پیوند کربن-کربن بود که به دنبال چرخه کاتالیزوری Pd(0)/Pd(II) انجام می گرفت. در واقع، واکنش مذکور راهی مفید را برای ساختن آلکن های استخلاف دار با گزینش پذیری استثنایی، در دسترس محققین عرصه ی شیمی قرار داد. به دلیل کارایی بالا و سادگی بسیار واکنش هک، این واکنش به طور گسترده در سنتز ترکیب های آلی مفید در صنایع شیمیایی، کشاورزی، داروسازی و سایر صنایع

<sup>1</sup>- Sozuki raction  
<sup>2</sup>- Heck reaction  
<sup>3</sup>- Hiyama reaction  
<sup>4</sup>- Sonogashira reaction

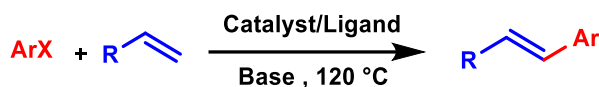
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

به کار برده می شود. گزینش پذیری بالا، شرایط واکنش ملایم، سمیت پایین و هزینه کم معرف (به خصوص اگر بتوان  
کاتالیزور Pd را بازیافت کرد)، واکنش هک را به یک روش سنتزی متعارف در آزمایشگاه تبدیل کرده است (شکل ۲).



X: I, Br, Cl      R: Ph, CONH<sub>2</sub>, OR, CN, COOR', ...

شکل ۲. شمای کلی واکنش هک.

اگرچه کاتالیزور اصلی برای جفت شدن هک، پالادیوم است، اما در طول سالیان اخیر از اشکال مختلف کاتالیزور  
پالادیوم، مانند کاتالیزورهای پالادیوم تثبیت شده بر روی نانوذرات و مزوپورهای گوناگون استفاده می شود. به این ترتیب  
امکان ساخت کاتالیزورهایی موثر و قابل بازیافت فراهم می شود. علاوه بر این، طیف گسترده ای از فلزات و لیگاندها در  
واکنش هک مورد بررسی قرار گرفته اند، که پیشرفت های چشمگیری برای تهیه و شناسایی انواع لیگاندها و کاتالیزورها  
برای ساده کردن روند واکنش هک مشاهده شده است [۱۲].

### ۲- سنتز و شناسایی کاتالیزور Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II)

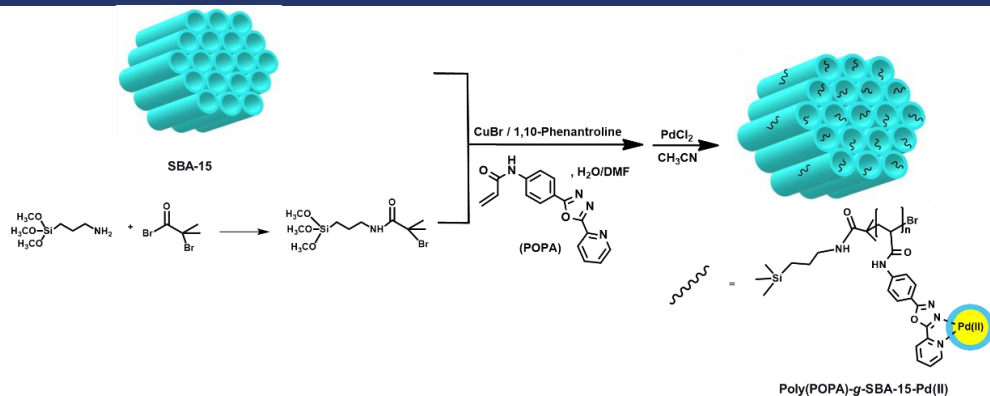
برای سنتز کاتالیزور پالادیوم (II) از پلی (POPA) گرافت شده بر روی SBA-15 از طریق پلیمریزاسیون رادیکالی  
انتقال اتم (ATRP)، ابتدا مونومر POPA طبق روشی که در منابع [۱۳، ۱۴] ذکر شده، سنتز شد. برای پیوند زدن  
Poly(POPA) بر روی سطح SBA-15، ترکیب BTPAm (۲- برومو-۲- متیل-N-۳- (تری متوکسی سیلیل) پروپان  
آمید)، از طریق واکنش ترکیب ۲- برومو-۲- متیل پروپیونیل بروماید با ترکیب ۳- آمینو پروپیل تری متوکسی سیلان  
سنتز گردید. BTPAm سنتز شده بر روی سطح SBA-15 پیوند زده شد و از طریق پلیمریزاسیون ATRP،  
پلی (POPA) بر روی SBA-15 پیوند زده شد [۱۴]. در نهایت با استفاده از نمک PdCl<sub>2</sub>، کاتالیزور Poly(POPA)-g-  
SBA-15-Pd(II) به دست آمد (شکل ۳).

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

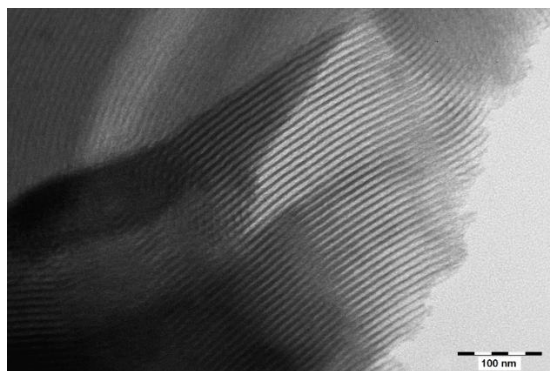


شکل ۳. شمای کلی کاتالیزور  $\text{Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II)}$ .

برای شناسایی کاتالیزور از آنالیزهای متداول برای شناسایی کاتالیزور مانند FT-IR, TGA, XRD, BET, SEM, TEM استفاده شد که در این میان مطالعه ی نتایج آنالیزهای TEM, TGA و BET اطلاعات مفیدی را در مورد ساختار و مورفولوژی بستر کاتالیزور در اختیار ما قرار داد.

### ۱-۲- بررسی آنالیز TEM کاتالیزور $\text{Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II)}$

تصویر TEM مربوط به SBA-15 در شکل ۴ نشان داده شده است. این تصویر نشان دهنده ی ساختار منظم کانال های مزوپور به صورت نوارهای موازی می باشد. همچنین بررسی این تصویر نشان می دهد قطر کانالها حدود ۱۰ نانومتر می باشد [۱۵].



شکل ۴. تصویر TEM ذرات SBA-15.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

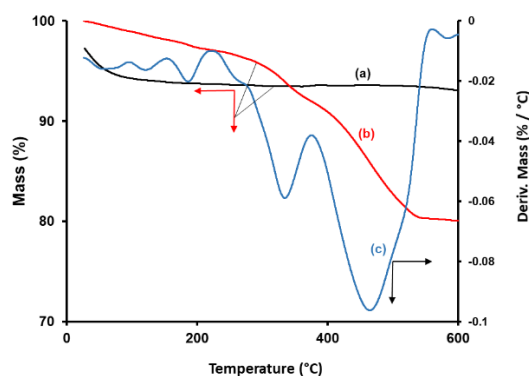
www.LabUMA2022.ir



#### ۲-۲- آنالیز (TGA)

برای تعیین میزان پایداری حرارتی مواد، درصد اجزا فرار آن ها و تخمین مقدار لیگاندگرافت شده بر روی سطح از آنالیز

گرموزن سنجی (TGA) استفاده می شود. TGA یک تکنیک تجزیه ای می باشد که تغییرات وزنی حاصل از حرارت دهی نمونه را اندازه می گیرد. نمودار TGA ذرات SBA-15 و کاتالیزور Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II) در شکل (۵) نشان داده شده است. شکل (۵a) که مربوط به آنالیز حرارتی SBA-15 است. تا دمای  $150^{\circ}\text{C}$  به دلیل از دست دادن رطوبت جذب شده توسط نانوذرات، کاهش وزن  $3/35\%$  مشاهده می شود. از دمای  $150-600^{\circ}\text{C}$  کاهش وزن  $0/83$  درصدی مشاهده می شود که این کاهش وزن در اثر تراکم گروه های سیلانول سطحی است. همچنین نمودار مربوط به کاتالیزور Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II) (شکل ۵b)، در بازه دمای  $150-600^{\circ}\text{C}$  کاهش وزن  $18/53$  درصدی دیده می شود. تفاوت این دو مقدار (۱۷/۷ درصد) بیانگر مقدار کمپلکس پلیمری گرافت شده بر روی نانوذرات می باشد [۱۴].



شکل ۵. نمودار TGA (در اتمسفر  $\text{N}_2$ ، سرعت روبش  $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) SBA-15 (a)، نمودار TGA کاتالیزور Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II) (b)، نمودار DTG کاتالیزور Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II) (c).

#### ۲-۲- آنالیز BET

به دست آوردن اطلاعات کافی و دقیق در مورد اندازه ی مساحت ویژه، تخلخل و چگالی نانو لوله ها برای استفاده از این مواد در زمینه های مختلف مانند کاتالیست ها، نانو جاذب ها، مواد دارویی، نانو الیاف و... اهمیت بالایی دارد. برای اندازه گیری مساحت ویژه و میزان تخلخل روش های مختلفی وجود دارد که از این بین، روش BET که مبتنی بر جذب

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

و واجذب گاز است کاربرد بیشتری دارد. گاز نیتروژن پر کاربردترین گاز برای انجام آنالیز BET می باشد. در این روش با دانستن ضخامت متوسط یک مولکول می توان سطحی که یک مولکول اشغال می کند را محاسبه نمود و براساس میزان گاز جذب شده، مساحت سطح کل نمونه را اندازه گیری کرد. سطح ویژه، قطر، حجم و توزیع سایز حفره های ماده را با استفاده از تئوری BET و همچنین مقادیر جذب و واجذب گاز می توان به دست آورد. آنالیز BET بر اساس سنجش حجم گاز نیتروژن جذب و واجذب شده توسط سطح ماده در دمای نیتروژن مایع (۷۷ کلوین) کار می کند. پس از قرار گرفتن سلول حاوی نمونه مورد نظر در مخزن نیتروژن مایع، با افزایش تدریجی فشار گاز نیتروژن در هر مرحله میزان حجم گاز جذب شده توسط ماده محاسبه می شود. سپس با کاهش تدریجی فشار گاز میزان واجذب ماده اندازه گیری می شود و در نهایت نمودار حجم گاز نیتروژن جذب و واجذب شده توسط ماده در دمای ثابت رسم می شود. ایزوترم جذب و واجذب  $N_2$  برای SBA-15 و کاتالیزور Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II) در شکل (۶) آورده شده است. مساحت، حجم حفرات و میانگین اندازه ی حفرات به طور خلاصه در جدول (۱) خلاصه شده است.

جدول ۱: خواص فیزیکی نانوذرات تهیه شده.

Sample	$D_{pore}$ (nm)	pore volume ( $cm^3 g^{-1}$ )	$S_{BET}$ ( $m^2 g^{-1}$ )
SBA-15	5.75	1.00	698
Poly(POPA)-g-SBA15-Pd(II)	6.97	0.49	280

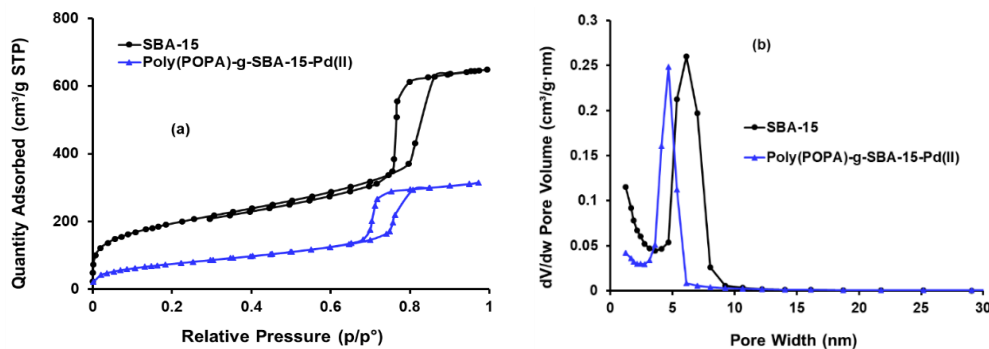
با مطالعه ی منحنی های نشان داده شده در شکل (۶) می توان متوجه شد که SBA-15 دارای ایزوترم نوع IV با حلقه ی هیستریس  $H_1$  است. همانطور که در جدول (۳-۱۱) نشان داده شده است، در SBA-15، قطر حفرات، مساحت و حجم حفرات به ترتیب  $5.75$  nm،  $698$   $m^2/g$  و  $1.00$   $cm^3/g$  اندازه گیری شده است. در مورد کاتالیزور Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II)، قطر حفرات، مساحت و حجم حفرات به ترتیب برابر  $6.97$  nm،  $280$   $m^2/g$  و  $0.49$   $cm^3/g$  اندازه گیری شد. کاهش اندازه ی مساحت و حجم حفرات در کاتالیزور نهایی، تأییدی بر گرافت لیگاند پلیمری بر روی سطح SBA-15 می باشد. همچنین نسبت  $P/P^0 > 0.8$  بیانگر درجه ی بالای یکنواختی اندازه ی منافذ و هندسه ی استوانه ای است [۱۶].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

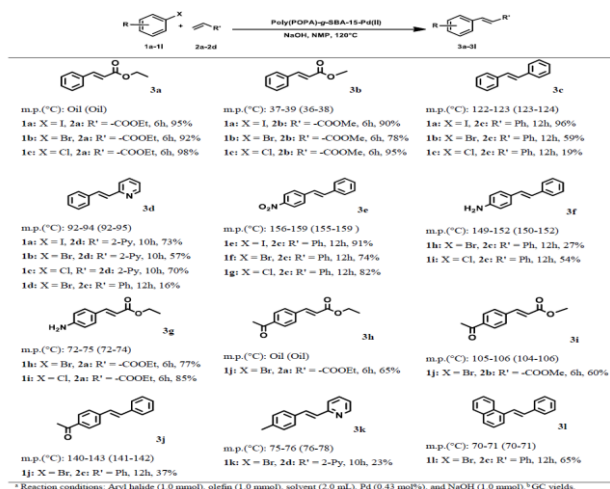


شکل ۶. (a) ایزوترم جذب و واجذب  $N_2$  و (b) توزیع اندازه حفرات، برای SBA-15 و کاتالیزور Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II)

### ۳-۲- بررسی کاتالیزور Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II) در واکنش جفت شدن هک

پس از سنتز کاتالیزور Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II)، کارایی این کاتالیزور در واکنش هک بررسی شد. شرایط واکنش از قبیل نوع حلال، باز، مقدار باز، دمای واکنش و مقدار کاتالیزور بهینه شد. در ادامه واکنش مشتقات مختلفی از آلکن های انتهایی و آریل هالیدها طبق شرایط بهینه ای که به دست آمده بود، انجام گرفت و بازده واکنش ها با دستگاه GC اندازه گیری شد (جدول ۲). جهت شناسایی محصولات به دست آمده از روش هایی مانند اندازه گیری نقطه ذوب، IR،  $^1H$  NMR و  $^{13}C$  NMR استفاده شد.

### جدول ۲. مشتق سازی واکنش هک.



### ۳- بحث و نتیجه گیری



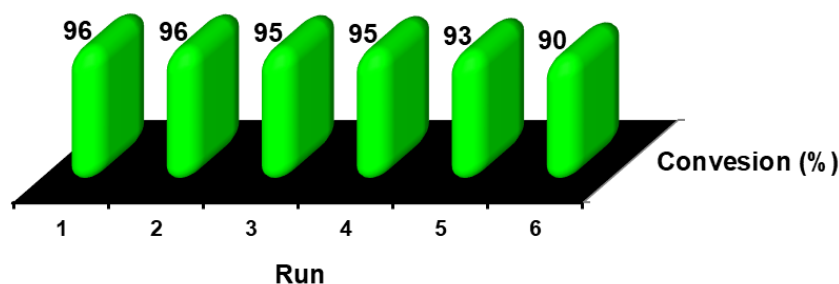
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

پس از سنتز کاتالیزور Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II)، این کاتالیزور از طریق روش های مرسوم شناسایی شد. مطالعه ی آنالیزهای انجام شده نشان دهنده ی مساحت زیاد بستر کاتالیزور نهایی و گرفت صحیح لیگاند پلیمری بر روی بستر است. همچنین پایداری بالای بستر مورد استفاده و مقدار تقریبی لیگاند پلیمری گرفت شده نیز اندازه گیری شد. پس از سنتز و شناسایی کاتالیزور Poly(POPA)-g-SBA-15-Pd(II)، کارایی این کاتالیزور در واکنش جفت شدن هک بررسی شد. و نتایج به دست آمده نشان دهنده ی کارایی و عملکرد بالای این نانوکاتالیزور در کاتالیز واکنش تشکیل پیوند کربن-کربن در شرایط ملایم و سبز می باشد. قابلیت بازیافت مجدد کاتالیزور بدون کاهش زیاد در عملکرد کاتالیزور (شکل ۷) و همچنین بازده و گزینش پذیری بالا در انجام هک با مشتقات مختلف استایرن و آریل هالیدهای مختلف از جمله مزیت های کاتالیزور سنتز شده است.



شکل ۷. نمودار بررسی میزان کارایی کاتالیزور در چرخه ی بازیافت کاتالیزور.

تقدیر و تشکر

از حمایت های مالی ارائه شده توسط شورای تحصیلات تکمیلی دانشگاه محقق اردبیلی تشکر و قدردانی می شود.

منابع

- [1] Saleh, T.A., (2020) *Environmental Technology & Innovation*: 101067.
- [2] Liu, W., (2005) *China Particuology*. 3(6): 383-394.
- [3] Polshettiwar, V.Varma, R.S., (2010) *Woodhead Publishing*. p. 3-53.
- [5] Aquino, C.Maschmeyer, T., (2009) *Elsevier: Amsterdam*. p. 3-30.
- [6] Yi, G.-R., Moon, J.H., Yang, S.-M., (2001) *Chemistry of Materials*. 13(8): 2613-2618.
- [7] Muresanu, M., Reiss, A., Stefanescu, I., David, E., Parvulescu, V., Renard, G., Hulea, V., (2008) *Chemosphere*. 73(9): 1499-1504.
- [8] Zhao, D., Huo, Q., Feng, J., Chmelka, B.F., Stucky, G.D., (1998) *Journal of the American Chemical Society*. 120(24): 6024-6036.
- [9] Katiyar, A., Yadav, S., Smirniotis, P.G., Pinto, N.G., (2006) *Journal of Chromatography A*. 1122(1): 13-20.
- [10] Shinde, P.S., Suryawanshi, P.S., Patil, K.K., Belekar, V.M., Sankpal, S.A., Delekar, S.D., Jadhav, S.A., (2021) *Journal of Composites Science*. 5(3): 75.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[11] Andrade, M.A.Martins, L.M.D.R.S., (2020) *Molecules*. 25(23): 5506.

[12] Heravi, M.M.Zadsirjan, V., (2021) *Elsevier*. p. 107-152.

[13] Mansoori, Y., Koochi-Zargar, B., Shekaari, H., Zamanloo, M.R., Imanzadeh, G.H., (2012) *Chinese Journal of Polymer Science*. 30(1): 112-121.

[14] Mirzaeinejad, M., Mansoori, Y., Koochi-Zargar, B., (2018) *Polymers for Advanced Technologies*. 29(4): 1206-1218.

[15] Gnanaprakash, G., Mahadevan, S., Jayakumar, T., Kalyanasundaram, P., Philip, J., Raj, B., (2007) *Materials Chemistry and Physics*. 103(1): 168-175.

[16] Freitas, L.B.d.O., Bravo, I.J.G., Macedo, W.A.d.A., de Sousa, E.M.B., (2016) *Journal of Sol-Gel Science and Technology*. 77(1): 186-204.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## روش های آزمایشگاهی استخراج عصاره از بافت های گیاهان دارویی

فهمیه جی دار\* آیدا عباسی کلو

۱- دانش آموخته دکتری ژنتیک بیومتری و کارشناس آزمایشگاه علوم و مهندسی خاک دانشگاه محقق اردبیلی،

[s.jeydar64@gmail.com](mailto:s.jeydar64@gmail.com)

۲- عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه محقق اردبیلی

### چکیده

عصاره های گیاهی منابعی از ترکیبات شیمیایی مفید را تشکیل می دهند که در پزشکی و سایر موارد کاربردهای بالقوهای دارند. استخراج اولین مرحله مهم در تهیه عصاره های گیاهی است. روشهای جدید و مدرن استخراج در توسعه این عصاره های گیاهی مؤثر هستند. روش های مختلف سنتی نظیر سوکسله، روش غرقابی و تقطیر آبی برای استخراج مواد مؤثر گیاهان وجود دارد. معایب عمده این روش ها زمان طولانی استخراج، نیاز به حلال های خالص و گران، گزینش پذیری پایین و احتمال تخریب ترکیبات حساس به حرارت می باشد. استفاده از روش های میکروویو، التراسوند و سیال فوق بحرانی جایگزین روش های سنتی شده اند. فرایند استخراج میکروویو با روش های قدیمی متفاوت است. بازده بالای استخراج در روش میکروویو، نتیجه ی ترکیب دو پدیده ی انتقال گرادیان حرارت و جرم در یک مسیر مشابه می باشد. مکانیزم استخراج به روش التراسوند، بر پایه ی پدیده ی شکافت و اثرات حرارتی می باشد که سبب انتقال جرم از دیواره ی سلولی می گردد. تخریب سلولی کارآمد و انتقال جرم مؤثر، دو فاکتور اصلی هستند که باعث افزایش استخراج با اولتراسوند می شود. در نهایت روش سیال فوق بحرانی برای استخراج برخی ترکیبات خاص از گیاهان در دمای نزدیک به محیط استفاده می شود، بنابراین از تخریب ماده در دنا تورا سیون حرارتی جلوگیری می کنند.

کلمات کلیدی: سوکسله، عصاره، گیاهان دارویی، میکروویو



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۱- مقدمه

امروزه تحقیقات وسیعی بر روی عصاره های گیاهی صورت می گیرد تا بتوانند به نمونه هایی با فعالیت بالای آنتی اکسیدانی دست یابند. از آنجایی که چندین روش برای تهیه عصاره گیاهی وجود دارد و اینکه هر روش در مقایسه با دیگر روشها از محدودیتها و مزایای منحصر به فرد برخوردار می باشد. در سالهای اخیر توجه فراوانی به ارائه روش های جدید استخراج شده است به گونه ای که بیشترین اجزای اصلی در کوتاهترین زمان ممکن با کمترین قیمت بدست آید [۷]. امروزه روشهای متنوعی برای استخراج این ترکیبات مورد استفاده قرار می گیرند. اکثر روشهای امروزی نسبت به روشهای قدیمی با محیط زیست سازگارتر بوده و ضایعات باقی مانده از فرایند استخراج بسیار کمتری دارند. این روشها در اکثر موارد باعث بهبود کمی و کیفی محصولات حاصل از استخراج شده و زمان فرایند استخراج را بسیار کاهش داده اند. این تکنیکها در طی پنجاه سال اخیر توسعه پیدا کرده اند. این تحقیقات نشان دهنده بهبود کل محتوای ترکیبات زیست فعال استخراجی از مواد گیاهی می باشد، روش هایی مانند التراسوند [۱۰]، میدان الکتریکی پالسی [۹]، هضم آنزیمی [۴] و مایکروویو [۵] از روشهای جدید در استخراج ترکیبات آنتی اکسیدان در گیاهان هستند [۱].

### ۲- روش های استخراج ترکیبات موثره از گیاهان.

#### روش سنتی استخراج

تکنیک های سنتی استخراج با حلال مواد مؤثره از ترکیبات گیاهی به نوع حلال انتخاب شده، درجه حرارت و مقدار هم زدن حلال وابسته است. روش های کلاسیک شامل روش غرق آبی، سوکسله، خیساندن و پرکولاسیون با مخلوط آب-الکل و یا چربی داغ است.

سوکسله یک روش جامع و استاندارد و مرجع اصلی برای ارزیابی اجرای دیگر روش های استخراج در فاز جامد-مایع است. این روش تکنیک قابل اعتماد و ثابت شده ای است که در مقایسه با دیگر روش های استخراج (به غیر از مواردی که استخراج ترکیبات نیاز به حرارت بالا دارد) از برتری بالایی برخوردار است. در مدت زمانی که گیاه با حلال در تماس است، انتقال جرم ترکیب مورد نظر از گیاه مورد آزمایش به حلال انجام می گیرد، این انتقال در بر گیرنده سه مرحله است. اول ماده در حلال حل می شود، دوم محلول از داخل ماده غذایی به سطح حرکت می کند، در مرحله سوم محلول در حلال پخش می گردد.

#### روش استخراج به کمک اولتراسوند

التراسوند نوعی از امواج صوتی است که فراتر از محدوده شنوایی انسان است. محدوده این امواج 20kHz تا 100MHz است. این امواج باعث ایجاد انقباض و انبساط در حد مولکولی میشوند. این فرآیند باعث تولید پدیده ای به اسم کاویتاسیون (حباب سازی) می شود که به معنی تولید، رشد و تخریب حبابها است. مقدار زیادی انرژی از طریق تبدیل انرژی جنبشی سنتزی به گرما تولید شده و به حبابها وارد می شود. مکانیزم پدیده فیزیکی استخراج از طریق التراسوند

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شامل دو مرحله اصلی است که عبارتند از انتشار از طریق دیواره سلولی و سپس خروج محتوای سلولی به داخل حلال [۸]. از مزایای اولتراسوند میتوان کاهش زمان استخراج، کاهش انرژی و حلال را نام برد. انرژی اولتراسوند برای فرآیند استخراج باعث تاثیر بیشتر اختلاط، تسریع انتقال انرژی، کاهش افت حرارتی و درجه حرارت استخراج، استخراج انتخابی، کاهش اندازه ذرات، پاسخ سریع به کنترل فرآیند استخراج می شود [۳]. امواج صوتی نوسان های مکانیکی در یک ماده جامد، مایع و گاز ایجاد می کنند برخلاف امواج الکترومغناطیسی، امواج صوتی باید در یک ماده پخش شوند و دارای چرخه های انبساط و انقباض در طی پخش در محیط می باشند. انبساط باعث افزایش فاصله مولکولی شده و انقباض آنها را با هم تحت فشار قرار می دهد. در حالت انبساط، حباب هایی در یک مایع ایجاد می شود و فشار منفی تولید می کند. حباب های تشکیل شده، رشد و در نهایت متلاشی می شوند. دو طرح کلی استخراج کننده های همراه با اولتراسوند، حمام های اولتراسوند و سیستم پروب اولتراسوند است. تاثیرات مکانیکی اولتراسوند باعث نفوذ مقدار بیشتری از حلال به درون مواد سلولی شده و انتقال جرم را بهبود می دهند. همچنین اولتراسوند در طی استخراج می تواند دیواره های سلولی را تخریب کرده و باعث تسهیل آزاد سازی محتوای آن شود. بنابراین، تخریب سلولی کارآمد و انتقال جرم موثر، دو فاکتور اصلی هستند که باعث افزایش استخراج با اولتراسوند می شود. برخلاف استخراج کننده های معمولی، عصاره های گیاهی در اثر اولتراسوند، از عرض دیواره های سلولی انتشار پیدا کرده و باعث پاره شدن دیواره سلولی در زمانی کوتاه تر می شود [۱۰].

روش استخراج به کمک مایکروویو

اگر چه در بیشتر موارد مواد گیاهی خشک برای استخراج استفاده می شوند اما هنوز سلول های گیاهی دارای مقادیر جزئی میکروسکوپی از رطوبت هستند که به عنوان هدف برای حرارت دهی مایکروویو به کار برده می شوند هنگامی که مواد گیاهی درون یک حلال شفاف در مایکروویو غوطه ور می شوند گرمای اشعه مایکروویو به طور مستقیم و بدون اینکه توسط حلال جذب شود، به ماده جامد می رسد و منجر به گرمایش سریع رطوبت باقیمانده در بخش جامد می شود. گرمایش باعث تبخیر آبی رطوبت شده و فشار بخار زیادی ایجاد می کند که دیواره سلولی بستر را شکسته و محتوای آن را در حلال آزاد می کند. حلال های مورد استفاده در بیشتر فرآیندهای MAE دارای ثابت دی الکتریک زیاد و ظرفیت بالای جذب انرژی مایکروویو هستند، با این حال، انتخاب پذیری استخراج و توانایی برای تعامل با مایکروویو را می توان با استفاده از مخلوط حلال ها تعدیل کرد. استفاده از مخلوط دو حلال که تنها یک حلال قادر به جذب مایکروویو باشد، غیرمعمول نیست [۲]. دماهای بالایی که در دیواره های سلولی در طی استخراج با مایکروویو بدست می آیند، دهیدراسیون سلولز را افزایش و قدرت مکانیکی آن را کاهش می دهند و این پدیده به دسترسی آسان حلال به ترکیبات درون سلول کمک می کند.

مزایای روش استخراج به کمک مایکروویو بر روش استخراج با سوکسله

<sup>1</sup> - Macrowave Assisted Extraction

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



- روش استخراج به کمک مایکروویو، جایگزین بهتری برای روش های استخراج جامد - مایع قدیمی برای استخراج متابولیت ها از گیاهان می باشد. بعضی از مزایای بالقوه آن نسبت به سوکسله در زیر آورده شده است.
- کاهش معنی دار در زمان استخراج، زمان استخراج از چند ثانیه تا چند دقیقه (۱۵ تا ۲۰ دقیقه) متغیر است.
- کاهش میزان حلال مصرفی
- بهبود راندمان استخراج
- تنظیم خودکار دستگاه ها که دقت و صحت بیشتری را فراهم می کنند.
- مناسب برای اجزای حساس به حرارت.
- قادر به استخراج اجزای خیلی کم مانند فلزات سنگین و باقی مانده آفت کش ها از چند میلی گرم نمونه گیاهی.
- ایجاد تلاطم در طی استخراج، که پدیده انتقال جرم را بهبود می بخشد.

#### روش سیال فوق بحرانی

این روش برای استخراج برخی ترکیبات خاص از گیاهان در دمای نزدیک به محیط استفاده می شود، بنابراین از تخریب ماده در دنا تورا سیون حرارتی جلوگیری می کنند. روش سیال فوق بحرانی یک تکنیک قدیمی استخراج با حلال است، اما کاربرد تجاری آن به دلیل سطح پیشرفته و گران قیمت تجهیزات فشار بالا و فناوری مورد نیاز بسیار کند صورت گرفته است. حال حاضر این روش یکی از روش های شناخته شده استخراج و جداسازی است، زیرا معیارهای طراحی و عملیاتی آن اکنون کاملاً درک شده است. خواص مطلوب انتقال سیالیت در نزدیکی نقاط بحرانی آنها منجر به نفوذ عمیق تر به ماتریس گیاهان جامد و استخراج کارآمدتر و سریعتر نمونه نسبت به حلال های آلی معمولی می شود. استخراج در تجهیزات فشار قوی به صورت غیرمداوم یا مداوم انجام میشود. در هر دو حالت، حلال فوق بحرانی با موادی در تماس است که محصول مورد نظر از آن جدا می شود. معمولاً از مخازن استخراج استوانه ای برای آماده سازی نمونه استفاده می شود [۱۱]. در فرآیند غیرمداوم، ماده جامد درون ظرف استخراج قرار می گیرد و حلال های فوق بحرانی تا رسیدن به شرایط استخراج هدف در آن تغذیه می شود. در فرآیند نیمه مداوم، حلال فوق بحرانی بطور مداوم از طریق یک پمپ فشار بالا با سرعت ثابت تغذیه می شود و برای ته نشینی املاح از سیال فوق بحرانی یک یا چند مرحله جداسازی استفاده می شود. در حال حاضر فناوری سیال فوق بحرانی به عنوان یک روش مؤثر با کارایی قابل مقایسه با روش های شیمیایی موجود شناخته شده است. این فناوری برای شناسایی کیفی و کمی اجزای سازنده محصولات طبیعی، از جمله ترکیبات حساس به گرما کاربرد دارد. در مقایسه با روش استخراج با سیال فوق بحرانی روش مایکروویو یک مرحله فیلتراسیون یا سانتریفوژ برای حذف باقیمانده مواد جامد در طی روش استخراج ضروری است. همچنین کارایی مایکروویو ها زمانی که ترکیبات هدف یا حلال ها غیر قطبی باشند و یا زمانی که آنها فرار باشند، خیلی کم و ضعیف است [۶].

#### ۳. نتیجه گیری

روش استخراج مایکروویو با توجه به هزینه پایین و سادگی فرآیند قابل مقایسه با روش هایی همچون استخراج با سیال فوق بحرانی است که به هزینه زیادی نیاز دارد. در بین روش های استخراج عصاره گیاهی به خصوص آنزیم های



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

آنتی اکسیدان از نظر علمی و ملاحظات اقتصادی، روش مایکروویو روش یک روش مناسب جدید برای استخراج ترکیبات  
موثره گیاهی است.

منابع

- [1] J. Azmir, I.S.M., Zaidu, M.M. Rahman, K. M. Sharif, A. Mohamed, F. Sahena, M.H.A. Jahurul, K. Ghafoor, N.A.N. Norulaini, K.M. Omar A (2013) *Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: a review. Journal of Food Engineering* 117(4), 426-436.
- [2] V. Camel (2001) *Recent extraction techniques for solid matrices-supercritical fluid extraction, pressurized fluid extraction and microwave-assisted extraction: their potential and pitfalls.* Royal Society of Chemistry Analyst, 126, 1182-1193.
- [3] S. Dey, V. K. Rathod (2013) *Ultrasound assisted extraction of  $\beta$ -carotene from Spirulina platensis.* Ultrasonics Sonochemistry, 20(1), 271-276.
- [4] R. Gaur, A. Sharma, S.K. Khare, M.N. Gupta (2007) *A novel process for extraction of edible oils: enzyme assisted three phase partitioning (EATPP).* Bioresource Technology, 98(3), 696-699.
- [5] B. Kaufmann, P. Christen (2002) *Recent extraction techniques for natural products: microwave- assisted extraction and pressurised solvent extraction.* Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques, 13(2), 105-113.
- [6] M. Letellier, H. Budzinski (1999) *Microwave assisted extraction of organic compounds.* Analusis, 27, 259-71.
- [7] Y. Ma, X. Ye, Y. Hao, G. Xu, G. Xu, D. Liu (2008) *Ultrasound-assisted extraction of hesperidin from Penggan (Citrus reticulata) peel.* Ultrason Sonochem, 15(3), 227-232.
- [8] T.J. Mason, L. Paniwnyk, J.P. Lorimer (1996) *The uses of ultrasound in food technology.* Ultrasonics Sonochemistry, 3(3), S253-S260.
- [9] S. Toepfl, A. Mathys, V. Heinz, D. Knorr (2006) *Potential of high hydrostatic pressure and pulsed electric fields for energy efficient and environmentally friendly food processing.* Food Reviews International, 22(4), 405-423.
- [10] M. Vinatoru, M.Toma, O. Radu, P.I. Filip, D. Lazurca, T.J. Mason (1997) *The use of ultrasound for the extraction of bioactive principles from plant materials.* Ultrasonics Sonochemistry, 4(2), 135-139.
- [11] L. Wang, C. L. Weller (2006) *Recent advances in extraction of nutraceuticals from . Plants.* Trends in Food Science & Technology, 17, 300-12.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## بررسی تجهیزات آزمایشگاهی جهت اندازه گیری میزان جذب آسفالتین از نفت خام با استفاده از فناوری نانو

سمیرا سلجوقی پبدنی<sup>۱</sup>، بهروز میرزایی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- هیئت علمی گروه آموزشی مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[mirzayib@uma.ac.ir](mailto:mirzayib@uma.ac.ir)

چکیده

در طول فرایند تولید نفت خام رسوب آسفالتین به عنوان یک فرایند ناخواسته شناخته می شود که می تواند معضلاتی مختلفی در مسیر پالایش و بهسازی نفت خام به وجود آورد. یکی از روش های نوین برای رفع این مشکل فناوری های نانو است که مورد توجه محققین و صنعتگران قرار گرفته است. علم و فناوری نانو توانایی به دست گرفتن کنترل ماده در ابعاد نانومتری و بهره برداری از خواص و پدیده های آن در مواد، ابزارها و سیستم های نوین است. جهت حذف آسفالتین از نفت خام تجهیزات مختلفی بکار گرفته می شود که در این مقاله هدف معرفی و همچنین کاربرد دستگاه اسپکتروفتومتری مرئی-فرابنفش جهت اندازه گیری میزان غلظت به منظور فرایند حذف آسفالتین از نفت خام به وسیله فناوری نانو است.

کلمات کلیدی: تجهیزات آزمایشگاهی، آسفالتین، فناوری نانو، اسپکتروفتومتری

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

یکی از مشکلات اساسی که به تولید نفت خام ارتباط دارد معضل رسوب آسفالتین است. آسفالتین به عنوان سنگین ترین و قطبی ترین جز نفت خام شناخته می شوند که به صورت محلول در حلال های آروماتیک وجود دارند اما به صورت نامحلول در نرمال آلکان ها قرار گرفته اند. ساختار کلوئیدی آسفالتین دلیل عمده ی به وجود آورنده رسوب آسفالتین است [۱]. بر اساس نظریه کلوئیدی، آسفالتین در نفت خام به صورت کلوئیدی هستند که رزین های طبیعی منجر به پایداری آسفالتین ها شده است. هرگونه تحول در شرایط تعادلی نفت خام نظیر تغییر دما، فشار می تواند باعث به وجود آمدن جمع کلوئیدهای آسفالتینی و رسوب آسفالتین در نفت خام شود. یکی از مشکلات اصلی تولید و انتقال و پالایش نفت خام رسوب آسفالتین است که منجر به کاهش تولید و افزایش هزینه های بهره برداری می شود علاوه بر این حضور رسوب آسفالتین در نفت خام منجر به آسیب به مخازن، گرفتگی دهانه مخازن و خط لوله و همچنین باعث غیرفعال کردن مسمومیت کاتالیست می شود [۲]. نانو ذرات به عنوان یکی از روش های کاربردی جهت حذف ترکیبات آلی از نفت خام بکار برده می شود. خواص منحصر به فرد نانو ذرات نظیر نسبت بالای سطح به حجم و سطح کاربردی بالای آن از جمله دلایل استفاده از نانو ذرات برای جداسازی آسفالتین از نفت خام است. تا امروزه جهت حذف رسوب آسفالتین از نفت خام نانو ذرات تجاری مختلفی نظیر  $MgO$ ،  $CaO$ ،  $NiO$ ،  $TiO_2$ ،  $Co_3O_4$  استفاده شده است [۳]. نوع و نیروی مورد نیاز متقابل بین سطح نانو ذرات و آسفالتین یکی از عوامل تأثیرگذار جهت جذب آسفالتین بروی سطح نانو ذرات محسوب می شود. آسفالتین دارای گروه های کربوکسیلیک، پیرولیک، پریدینیک، تیوفنیک و سولفید است. گروه های حاضر این دسترسی را می دهند تا آسفالتین با به اشتراک گذاشتن بر سطح نانو ذرات جذب شود. تاکنون نظرات مختلفی نظیر بار سطحی و نیروی واندروالس و اثر متقابل بین سطح و مولکول های قطبی آسفالتین جهت جذب آسفالتین از نفت خام ارائه شدند [۴]. جهت اندازه گیری میزان جذب آسفالتین از روش جذب سنجی با استفاده از تجهیزاتی هایی نظیر اسپکتروفتومتر مرئی-فرابنفش استفاده می شود [۵]. روش جذب سنجی یکی از بهترین و مرسوم ترین روش ها جهت اندازه گیری طیف وسیعی از آنالیت ها به شمار می روند. از تجهیزاتی که جهت فرایند جذب سنجی می توان استفاده کرد می توان به اسپکتروفتومترها که در دهه ی ۱۹۴۰ اختراع شد می توان اشاره کرد. در دستگاه اسپکتروفتومتر امکان تهیه طیف و اندازه گیری جذب در طول موج های مختلف امکان پذیر است. روش های اسپکتروفتومتری شامل انواع مختلفی از جمله اسپکتروفتومتری مرئی-فرابنفش، فرابنفش-مرئی-مادون قرمز نزدیک، نشر شعله و جذب اتمی است [۶]. در این مقاله به بررسی دستگاه اسپکتروفتومتری مرئی-فرابنفش و همچنین به مطالعه روش های اسپکتروفتومتری مرئی-فرابنفش و اجزای مختلف این ابزار می پردازیم.

<sup>1</sup> Ultraviolet-visible spectroscopy

<sup>2</sup> Ultraviolet/Visible/Near Infrared Spectroscopy (UV/VIS/NIR)

<sup>3</sup> Flame

<sup>4</sup> Atomic Absorption



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۴۰- روش اسپکتروفتومتری مرئی-فرابنفش (UV-Visible)

در دستگاه اسپکتروفتومتری مرئی-فرابنفش، اساس اندازه گیری بر پایه تابش نور به آنالیت مورد آنالیز در طول موج های مختلف و بررسی میزان جذب و عبور آن است. محدوده جذب در این ناحیه از ۱۹۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر است. این روش با پیروی از قانون بیر و لامبرت می توان غلظت نمونه مورد آنالیز را اندازه گیری نمود [۷]. با توجه به قانون بیر هنگامی که نور تک رنگی از داخل محلول عبور کند میزان نور جذب شده متناسب با غلظت مولکول هایی است که در مسیر اشعه نورانی قرار گرفته و نور را جذب می کنند و طبق قانون لامبرت، تحت شرایط مساوی شدت نور خارج شده با افزایش طول قانون لامبرت، تحت شرایط مساوی شدت نور خارج شده با افزایش طول سیری که نور از محلول عبور می کند کاهش می یابد بنابراین بر اساس قوانین بیر و لامبرت رابطه بین غلظت محلول و نور جذب شده به صورت خطی است و معمولاً در محدوده ای که جذب با غلظت رابطه خطی دارد تعیین غلظت مواد انجام می شود [۷]. این دستگاه شدت نور عبوری (I) را از نمونه را با شدت اولیه (I<sub>0</sub>) می سنجد. نسبت I/I<sub>0</sub> میزان عبور نامیده می شود، که با T نشان داده می شود. تعداد مولکول های جاذب نور در یک نمونه متناسب با میزان جذب آن در نمونه است و به صورت رابطه زیر قابل بیان است:

$$A = \epsilon \times b \times c \quad (1)$$

در این رابطه A میزان جذب قابل اندازه گیری نور،  $\epsilon$  ضریب جذب مولی [L/mol. cm]، b ضخامت سل (cm)، c غلظت نمونه mol.L<sup>-1</sup> در نظر گرفته شد [۷]. در نتیجه می توان نوشت:

$$A = \left( \log \frac{I_0}{I} \right) = \log \frac{I_0}{I} = \log 10 \times \epsilon \times b \times c \quad (2)$$
$$= \epsilon \times b \times c$$

در روش اسپکتروفتومتری مرئی-فرابنفش برخی عوامل نظیر انحرافات فیزیکی، انحرافات دستگاهی و انحرافات شیمیایی منجر به انحراف از قانون بیر و لامبرت می شوند. عوامل فیزیکی شامل محدودیت در غلظت ماده جاذب و وابستگی ضریب جذب مولی ( $\epsilon$ ) به ضریب شکست (n) است. انحرافات دستگاهی به علت تک رنگ نبودن نور، آلودگی سل ها، خطی نبودن جریان حاصل در دتکتور با شدت نور تابشی، تغییر در مقدار برق و حرارت حاصل می گردد و انحرافات شیمیایی نیز ناشی از اثرات تفکیک، تجمع، تشکیل کمپلکس و یا حلال کافت و همچنین ناشی از اثرات

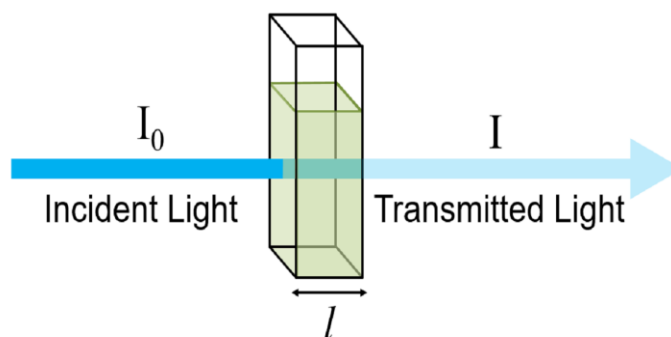
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

فلورسانس و واکنش های فتوشیمیایی است [۷]. در شکل ۱ بیان قانون بیر و لامبرت در اسپکتروفتومتری مرئی -  
فرابنفش نشان داده شده است [۸].



شکل ۱. قانون بیر و لامبرت در اسپکتروفتومتری مرئی - فرابنفش [۸].

### ۴۱- اجزای اسپکتروفتومتر (UV- Visible)

#### ۳-۱ منبع نور<sup>۱</sup>

نقش منبع نور در دستگاه اسپکتروفتومتر ایجاد انرژی تشعشعی است. منبع نور در اسپکتروفتومتر با توجه به ناحیه مورد استفاده متفاوت است. جهت اندازه گیری در منطقه مرئی و ماوراءبنفش از ۳۵۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر لامپ تنگستن مورد استفاده قرار میگیرد. در طول موجهای پایین از ۳۵۰ نانومتر به دلیل اینکه پوشش شیشه ای فیلامان شروع به جذب می کند بنابراین استفاده از لامپ تنگستن در این محدوده توصیه نمی شود [۹]. لامپ دوتریوم دستگاه اسپکتروفتومتر طیف ممتدی را در ناحیه ۱۹۰ تا ۳۵۰ را منتشر می کند؛ بنابراین جهت اندازه گیری طول موجهای ماوراءبنفش از لامپ دوتریوم استفاده می شود. روش کارکرد لامپها در دستگاه اسپکتروفتومتر به این شکل است که زمانی که میزان جذب در طیف UV اندازه گیری می شود، لامپ دیگر خاموش می شود و زمانی که اندازه گیری جذب در نور مرئی انجام می شود عکس این مسئله انجام می پذیرد که به علت جلوگیری از تداخل طول موجهای غیر ضروری در نور منتشر شده از نمونه است [۹].

#### ۳-۲ محفظه نمونه<sup>۲</sup>

<sup>1</sup> Source

<sup>2</sup> Cell or cuvettes

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

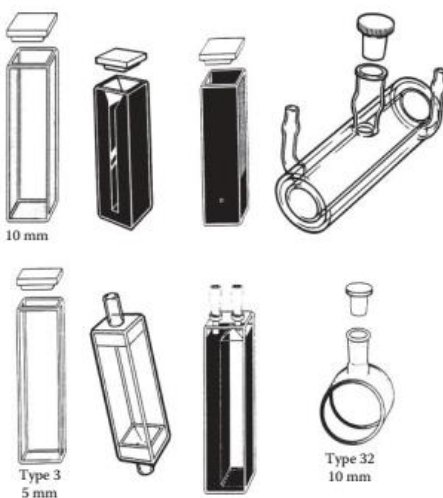
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



جهت نگهداری نمونه مورد آزمایش از محفظه نمونه استفاده می شود مدل های مختلفی در شکل و حجم های متفاوت برای انواع اسپکتروفتومترها و بهنام های کووت، میکروسول، میکروپلیت، لوله آزمایش و غیره در اندازه های مختلف موجود است که در شکل ۲ نشان داده شده است [۱۰].



شکل ۲ مدل های مختلف محفظه نمونه در اسپکتروفتومتری [۱۰].

کووت باید نورتابشی را جذب نکند. این کووت ها بسته به نوع استفاده انواع مختلفی دارند که شامل کووت های شیشه ای، سیلیکا یا کوارتز و کووت های پلیمری اکریلیک هستند. هر یک از این کووت در طول موج خاصی کاربرد دارند که در شکل ۳ محدوده کارکرد هر کدام از این کووت ها نشان داده شده است [۱۰].

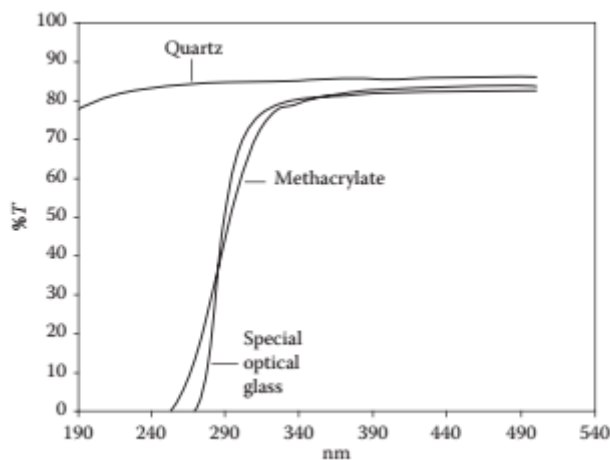


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳- محدوده ی کارکرد کووت های مورد استفاده در اسپکتروفتومتری مرئی-فرابنفش [۱۰].

### ۳-۳ مونوکروماتور<sup>۱</sup>

جداسازی طول موج مورد نظر و خارج کردن موج های اضافی و ایجاد نور تک رنگ در دستگاه اسپکتروفتومتر توسط مونوکروماتور انجام می پذیرد. مونوکروماتور نور سفید را به موج هایی با طول موج متفاوت تبدیل می کند که در این میان هر طول موج که برای دست یافتن به غلظت نمونه کاربرد دارد. اجزای تشکیل دهنده ی مونوکروماتور یک شکاف که نور تولید شده به وسیله منبع نور را محدود به یک سطح معین می کند و همچنین مجموعه ای از آینه ها برای عبور نور از سیستم نوری، یک جزء برای جداسازی طول موج های پرتو نور، علاوه بر از فیلترهایی نیز برای عبور دادن اشعه با فرکانس خاص و حذف سایر فرکانس ها استفاده می کند و در نهایت تنها طول موج مورد نظر کاربر از شکاف خروجی دستگاه خارج می شود [۱۰].

### ۳-۴ آشکارساز<sup>۲</sup>

آشکارسازها جهت اندازه گیری شدت امواج کاربرد دارند، دارای خاصیت فتوالکتریک بوده که توانایی تبدیل انرژی نوری را به الکتریکی را دارد. مبدل های فتوالکتریک سطحی دارند که می تواند انرژی تابشی را جذب کند. انرژی

<sup>1</sup> Monochromator

<sup>2</sup> Detector

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

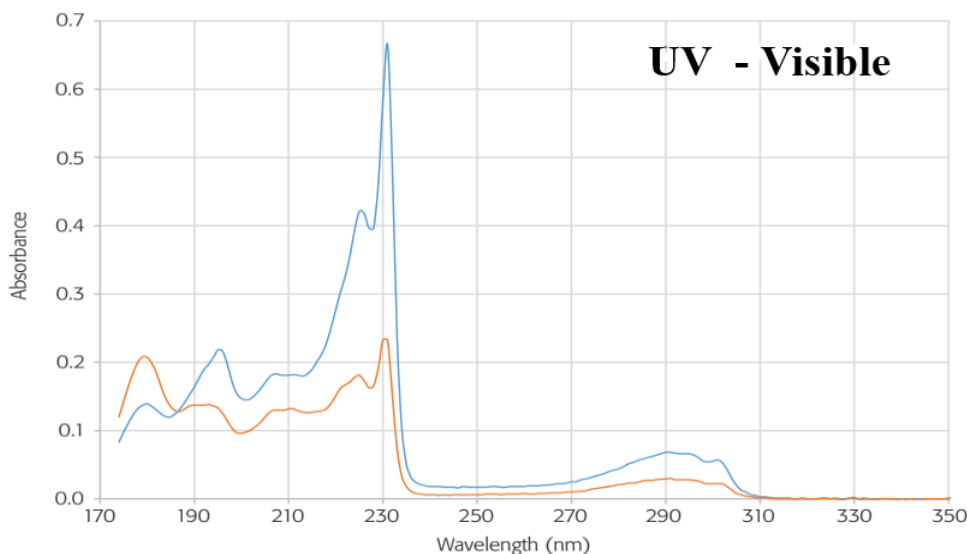
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



جذب شده یا باعث گسیل الکترون می شود که منجر به یک جریان نوری یا حرکت الکترون ها به نوار رسانایی یک نیمه هادی جامد می شود منجر به افزایش رسانایی می شود [۱۰].

۳-۵ صفحه نمایشگر<sup>۱</sup>

اسپکتروفتومترها می توانند خروجی خود را به صورت های مختلف نمایش دهند اما مرسوم ترین روش همان طور که در شکل ۴ مشاهده می کند اتصال به رایانه جهت نمایش داده هاست که آن را به صورت نموداری از مقدار عبور یا مقدار جذب بر حسب طول موج نمایش می دهند [۱۰].



شکل ۴- نمایش داده های خروجی اسپکتروفتومترها به صورت نمودار در رایانه [۱۰].

### 42- کاربرد اسپکتروفتومتری (UV-Visible)

کاربرد این دستگاه در اندازه گیری های کیفی و کمی بر مبنای جذب محلول ها در نواحی ماوراءبنفش و مرئی است. از اسپکتروفتومتری برای سنجش غلظت مواد، اندازه گیری فعالیت آنزیم های مختلف، کلسترول، تری گلیسیرید، قند، لیپوپروتئین ها، اوره، کراتینین و طیف وسیعی از آنالیت ها با کاربردهای و تحقیقاتی، طیف وسیعی از داروها و بخش گسترده ای از متابولیت ها با اسپکتروفتومتری مرئی-فرا بنفش استفاده می شود علاوه بر این این دستگاه قابلیت سنجش

<sup>1</sup> Device Display

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

نمونه های فوق العاده کوچک را نیز داراست بنابراین از این دستگاه در زمینه های مختلف نظیر تجزیه مواد در رشته های شیمی، مواد، کشاورزی، پزشکی قابل استفاده است [۹].

### ۴۳- نتیجه گیری

رسوب آسفالتین یکی از مشکلات اصلی در فرایند و تولید نفت خام است که منجر به آسیب به مخازن و خط لوله انتقال نفت است که از راه های مختلف حذف این ترکیبات آلی از نفت خام استفاده از نانو ذرات به دلیل نسبت بالای سطح به حجم و سطح کاربردی آن هاست به منظور تعیین غلظت آسفالتین از دستگاه اسپکتروفتومتری استفاده می شود که این دستگاه قابلیت اندازه گیری و سنجش غلظت مواد در طیف های مختلف رادار است و در جهت اندازه گیری غلظت آسفالتین و سایر محلول ها می تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

### منابع

- [۱] Groenzin, H. and O.C. Mullins, Molecular size and structure of asphaltenes from various sources. *Energy & Fuels*, 2000. **14**(3): p. 677-684.
- [۲] Buenrostro-Gonzalez, E., et al., Asphaltene precipitation in crude oils: Theory and experiments. *AIChE Journal*, 2004. **50**(10): p. 2552-2570.
- [۳] Cortés, F.B., et al., Sorption of asphaltenes onto nanoparticles of nickel oxide supported on nanoparticulated silica gel. *Energy & Fuels*, 2012. **26**(3): p. 1725-1730.
- [۴] Mochida, I., X.Z. Zhao, and K. Sakanishi, Catalyst deactivation during the hydrotreatment of asphaltene in an Australian brown coal liquid. *Fuel*, 1988. **67**(8): p. 1101-1105
- [۵] Alboudwarej, H., et al., Spectrophotometric measurement of asphaltene concentration. *Petroleum science and technology*, 2004. **22**(5-6): p. 647-664
- [۶] Antonov, L., et al., UV-Vis spectroscopic and chemometric study on the aggregation of ionic dyes in water. *Talanta*, 1999. **49**(1): p. 99-106.
- [۷] Verma, G. and M. Mishra, Development and optimization of UV-Vis spectroscopy-a review. *World Journal of [۸] Pharmaceutical Research*, 2018. **7**(11): p. 1170-1180.
- Shinde, G., et al., A Review on Advances in UV Spectroscopy. *Research Journal of Science and Technology*, 2020. **12**(1): p. 47-51.
- [۹] Patel, M.U. and R. Dominko, Application of in operando UV/vis spectroscopy in lithium-sulfur batteries. *ChemSusChem*, 2014. **7**(8): p. 2167-2175.
- [۱۰] Robinson, J.W., et al., Undergraduate instrumental analysis. 2005.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## بررسی روش آزمایشگاهی جداسازی آسفالتین از نفت خام با استفاده از حلال

سمیرا سلجوقی پبدنی<sup>۱</sup>، بهروز میرزایی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- هیئت علمی گروه آموزشی مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[mirzayib@uma.ac.ir](mailto:mirzayib@uma.ac.ir)

### چکیده

تشکیل رسوب آسفالتین در اثر تحول در شرایط ترمودینامیکی سیال به وجود می آید. عواملی نظیر کاهش فشار مخزن و همچنین تزریق سیالات به منظور ازدیاد برداشت می تواند از دلایل این تغییرات ترمودینامیکی باشد. عوامل دیگری مانند زمان تماس، نسبت حلال به نفت خام و دما بر میزان رسوب آسفالتین تأثیرگذار است. تشکیل شدن آسفالتین به میزان آسفالتین موجود در نمونه نفتی وابسته نیست و ممکن است در مخزنی با وجود میزان کمی آسفالتین امکان رسوب آسفالتین وجود داشته باشد. تعیین مقدار رسوب آسفالتین و میزان حلال که باعث ایجاد رسوب آسفالتین می شود جهت حذف این ترکیب از نفت خام از اهمیت زیادی برخوردار است در این مقاله به بررسی روش جداسازی آسفالتین با استفاده از روش استاندارد IP-143 که یکی از روش های تعیین میزان رسوب آسفالتین در نفت خام است پرداخته می شود.

کلمات کلیدی: تجهیزات آزمایشگاهی، آسفالتین، استاندارد IP-143

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

نفت و مشتقات یکی از بااهمیت ترین و پرکاربردترین موادی که تا امروزه بشر شناخته و بکار برده است. بالا بردن بازدهی و کاهش هزینه های تولید از اهداف اصلی در صنایع نفت است [۱]. عوامل مختلفی نظیر گرفتگی تأسیسات سرچاه نفت، خطوط انتقال و تجهیزات پالایشگاهی از اصلی ترین دلایل کاهش تولید و افزایش هزینه های مربوط به استخراج نفت و تولید مشتقات نفتی است. تغییر در عملیاتی همچون فشار، دما و ترکیب درصد نفت دلیل ته نشینی و رسوب ترکیبات سنگین موجود در نفت خام می شود. در این بین آسفالتین به دلیل دارا بودن وزن مولکولی بالا، قطبیت بالا و درصد آروماتیک بالا باعث مشکلات زیادی در تولید نفت خام می شود [۱]. افت فشار در اثر تولید و تغییر در ترکیب درصد سیال در مخازن یکی از دلایل اصلی ناپایداری آسفالتین است که این ناپایداری آسفالتین باعث نامحلول بودن آن و جدا شدنش باعث ایجاد یک فاز غنی از آسفالتین می شود و این امر باعث بالا بردن ویسکوزیته نفت می گردد و در پی آن آسفالتین رسوب کرده، ته نشین شده و با چسبیدن به حفرات صخره های مخزن و کاهش تراوایی صخره ها باعث کاهش شدید تولید می شود به منظور برطرف کردن این مشکل تولید باید متوقف شود و به روش های مکانیکی و یا اضافه کردن حلال های آروماتیک به همراه مواد شیمیایی خاص آسفالتین ته نشین شده تمیز شود حفرات بسته شده باز گردد. در طی فرایند استخراج نفت، فازهای نفت و آب به صورت پیوسته در کنار یکدیگر قرار دارند و علت فشار بالا، فاز آب در نفت پراکنده می گردد [۲]. موادی نظیر آسفالتین و رزین ها در نفت وجود دارند که از نظر سطح فعال هستند این مواد در سطح تماس بین آب و نفت جمع می شوند و از جدایی دو فاز جلوگیری می کنند. در میان این مواد آسفالتین به داشتن قطبیت بالا نقش اساسی را ایفا می کند زیرا با تشکیل امولسیون پایدار با آب، از فیلم ایجاد شده بین سطح آب و محافظت کرده و از پاره شدن آن در برخورد با حفرات دیگر جلوگیری می کند. این فرایند باعث پایداری زیاد آب در نفت می شود و جداسازی آب از نفت را با هزینه های بالا و به رو می کند [۲]. با توجه به مشکلات ایجاد شده توسط آسفالتین تعیین میزان آسفالتین در نفت خام بسیار حائز اهمیت بود که در این مقاله به روش جداسازی آسفالتین از نفت خام با استفاده از روش استاندارد IP-143 می پردازیم.

### ۴۴- روش ها و استانداردهای اندازه گیری میزان آسفالتین

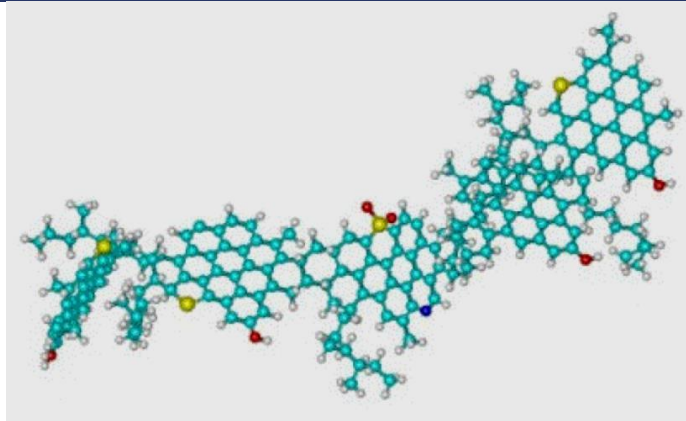
آسفالتین ها در نرمال آلکان ها حل نمی شوند به همین علت به صورت استاندارد به منظور جداسازی آسفالتین از یک نمونه ی نفتی، آن نمونه را در یک نسبت معین با یک نرمال آلکان خاص ترکیب می کنند، این ترکیب برای مدت معین باقی می ماند، سپس آسفالتین رسوب کرده به وسیله صافی جدا می گردد. در شکل ۱ نمایی فرضی از آسفالتین نشان داده شده است [۳].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱. نمایی فرضی از آسفالتین [۳].

با توجه به این که روش رسوب بر کیفیت و کمیت آسفالتین رسوب کرده و علاوه بر این بر نوع و میزان مواد رسوب کرده تأثیرگذار است روش های استاندارد مختلفی برای این کار طراحی شده است که در جدول ۱ نشان داده شده است

جدول ۱. استانداردهای موجود برای تعیین محتوای آسفالتین [۴].

روش	حلال	حجم حلال به ازای یک گرم نمونه (ml)
ASTM D-893	n-pentane	۱۰
ASTM D-2006	n-pentane	۵۰
ASTM D-2007	n-pentane	۱۰
ASTM D-2007	n-heptane	۱۰۰
ASTM D-4124	n-heptane	۱۰۰
IP 143	n-heptane	۳۰
Syncrude method	n-pentane	۲۰

۴۵- روش استاندارد IP-143 جهت استخراج آسفالتین از نفت خام

روش استاندارد IP-143 یکی از روش هایی است که منظور جداسازی آسفالتین از نفت خام از آن استفاده می شود [۵]. در این روش ابتدا یک نمونه نفت خام توسط ترازو وزن می شود پس از آن به نسبت ۴۰:۱ نفت خام و نرمال هپتان به



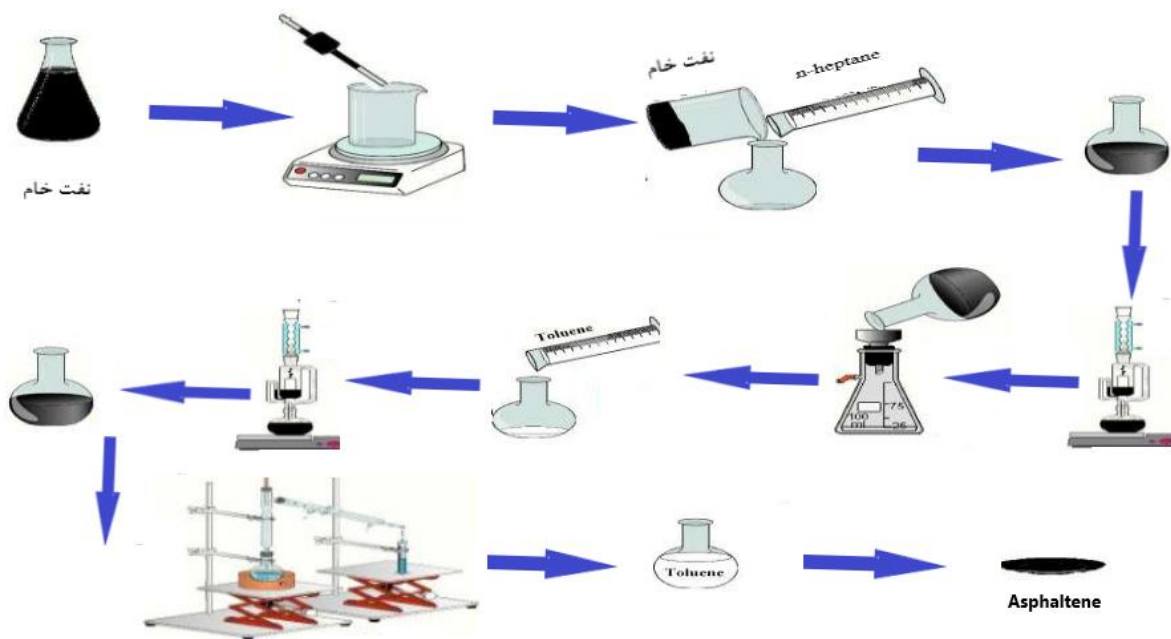
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

حلال نرمال هپتان اضافه می شود. این محلول را به بالن ته گرد انتقال می دهند سپس روی هیتر قرار می گیرد تا عمل  
رفلاکس در دمای  $125^{\circ}\text{C}$  در جه به مدت ۲ ساعت انجام پذیرد تا نرمال هپتان و نفت خام به صورت کامل در هم حل  
شوند. پس از سپری شدن زمان موردنظر محلول به مدت ۲۴ در یک مکان تاریک قرار می گیرد پس از آن محلول به وسیله  
یک سیستم فیلتراسیون شامل ارلن خلا، کاغذ صافی و قیف بوختر صاف می شود. تا آسفالتین رسوب داده شده با نرمال  
هپتان از محلول موجود جدا شود برای اینکه مقدار وکس و یا رزین باقی مانده در رسوب آسفالتین موجود توسط نرمال  
هپتان شستشو داده شود در داخل یک بالن ته گرد مقدار مشخصی نرمال هپتان ریخته و کاغذ صافی موجود را در  
داخل دستگاه سوکسوله قرار داده تا عمل رفلاکس به مدت ۱ ساعت ادامه پیدا کند. پس از سپری شدن یک ساعت بالن  
حاوی نرمال هپتان تخلیه شده و با حلال تولوئن تعویض می گردد و عمل رفلاکس به مدت ۲ ساعت به وسیله ی تولوئن  
انجام می شود تا رسوب آسفالتین موجود بر روی کاغذ صافی به طور کامل در داخل حلال تولوئن حل شود. پس از حل  
شدن کامل آسفالتین موجود روی سطح کاغذ صافی در تولوئن، تولوئن محلول حاصل تحت فرآیند تقطیر خارج گردید  
و محصول نهایی آسفالتین استخراج شده در ظرف موجود باقی ماند [۵]. در شکل ۲ شماتیک انجام مراحل استخراج  
آسفالتین نشان داده شده است.



شکل ۲. شماتیک مراحل استخراج آسفالتین

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

آسفالتین یکی از ترکیباتی است که به صورت معلق در نفت خام یافت می شود. عواملی مختلفی نظیر تغییرات فشار، دما یا ترکیب نفت باعث به هم خوردن تعادل شیمیایی موجود در مخزن و چاه شده که در نتیجه باعث تشکیل رسوب می شود. تعیین مقدار رسوب آسفالتین و میزان حلال که باعث ایجاد رسوب آسفالتین می شود از جهت حذف این ترکیب از نفت خام دارای اهمیت زیادی است. تعیین میزان رسوب آسفالتین شامل استانداردهای ASTM D-893، ASTM D-2006، ASTM D-2007، ASTM D-4124، IP 143، است که استاندارد IP-143 به عنوان یکی از مرسوم ترین و رایج ترین استانداردها جهت تعیین میزان رسوب آسفالتین در نفت خام است که با بکار گیری حلال n-heptane توانایی جداسازی آسفالتین از نفت خام را فراهم می آورد.

#### منابع

- [۱] Kokal, S.L. and S.G. Sayegh. *Asphaltenes: The cholesterol of petroleum*. in *Middle East oil show*. 1995. OnePetro.
- [۲] Pina, A., P. Mougine, and E. Béhar, *Characterisation of asphaltenes and modelling of flocculation-state of the art*. *Oil & Gas Science and Technology-Revue de l'IFP*, 2006. **61**(3): p. 319-343.
- [۳] Aske, N., *Characterisation of crude oil components, asphaltene aggregation and emulsion stability by means of near infrared spectroscopy and multivariate analysis*. 2002.
- [۴] Speight, J., et al., *Molecular weight and association of asphaltenes: a critical review*. *Revue de l'Institut français du pétrole*, 1985. **40**(1): p. 51-61.
- [۵] Alboudwarej, H., et al., *Sensitivity of asphaltene properties to separation techniques*. *Energy & Fuels*, 2002. **16**(2): p. 462-469.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

## معرفی طیف سنجی پراش اشعه X و کاربرد آن در مشخصه یابی آسفالتین

سمیرا سلجوقی پبدنی<sup>۱</sup>، بهروز میرزایی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- هیئت علمی گروه آموزشی مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[mirzayib@uma.ac.ir](mailto:mirzayib@uma.ac.ir)

### چکیده

طیف سنجی پراش اشعه X (XRD) یک تکنیک بسیار سریع و تحلیلی به منظور شناسایی فاز یک ماده ی کریستالی است. امروزه این تکنیک یکی از روش های معمول برای مطالعه ساختارهای کریستالی و فاصله اتمی است. اشعه های X مورد استفاده در پراش، به طور معمول دارای طول موجی در حدود ۰.۵ تا ۲.۵ آنگستروم هستند از این رو این روش بر مبنای خاصیت موجی اشعه بنا شده است؛ بنابراین با به کارگیری این ناحیه طیفی می توان اطلاعاتی بسیار کاربردی ساختارهای کریستالی را نظیر هندسه شبکه، تعیین اندازه کریستال ها، جهت گیری تک کریستال و عیوب ساختار را تعیین نمود. علاوه بر این طیف سنجی پراش اشعه X با مشخص نمودن پارامترهای تأثیرگذاری چون زاویه براگ، شدت و پهنای پیک ها و اندازه ذرات توانایی شناسایی ترکیبات را داراست. در این مقاله ابتدا به اساس کار و سپس به معرفی سایر اجزای طیف سنجی پراش اشعه X و کاربرد آن در مشخصه یابی آسفالتین پرداخته می شود. کلمات کلیدی: تجهیزات آزمایشگاهی، ساختارهای کریستالی، طیف سنجی پراش اشعه X



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

برای اولین بار در سال ۱۸۹۵ اشعه X کشف شد و تاکنون به سه منظور رادیوگرافی اشعه X<sup>۱</sup> در جهت تصویربرداری از اجسامی که نور را از خود عبور نمی دهند، کریستالوگرافی اشعه ایکس<sup>۲</sup> جهت تشخیص مشخصات کریستالی مواد و طیفسنجی فلورسانس اشعه X<sup>۳</sup> به منظور تشخیص ترکیبات شیمیایی مواد استفاده شده است. کریستالوگرافی اشعه ایکس که بر روی مواد جامد انجام می پذیرد و تحت عنوان طیفسنجی پراش اشعه X<sup>۴</sup> نیز شناخته می شود [۱]. روش طیفسنجی پراش اشعه X در می تواند با شناسایی ساختار مواد اطلاعاتی نظیر تشخیص ترکیبات مختلف تک فازی معدنی، غیر معدنی و ترکیبات شیمیایی، تشخیص ترکیبات چند فازی در مخلوط های کریستالی میکرون سایز، تشخیص ساختار کریستالی مواد، آنالیز کریستالی ساختارها را در اختیار محققین قرار بدهد. علاوه بر این روش طیفسنجی پراش اشعه X می تواند با انجام محاسبات ضریب پیک های حاصل از پراش را اندازه بلوره های موجود در نمونه را تعیین کند. طیفسنجی پراش اشعه X به دلیل اصول فیزیکی ساده یک تکنیک کم هزینه و پر کاربرد است [۱]. در این روش شدت اشعه پراشیده شده در هر زاویه و پهنای هر پیک وابسته به طیف وسیعی از خصوصیات و کمیت کریستال ها است. یکی از مزایای روش طیفسنجی پراش اشعه X عدم نیاز به خلأ است که کاهش هزینه ی ساخت این دستگاه را به دنبال دارد و همچنین تکنیکی غیر تماسی، غیر مخرب و نیاز به آماده سازی پیچیده ندارد. از معایب این روش می توان به وضوح و تفکیک پایین و شدت کم اشعه پراشیده شده نسبت به پراش الکترونی اشاره کرد. شدت اشعه پراشیده شده در طیفسنجی پراش اشعه X به عدد اتمی است، برای عناصر سبک تر این شدت کمتر بوده و به خوبی پاسخ نمی دهد [۲]. یکی از روش های مشخصه یابی آسفالتین بکار گیری طیفسنجی پراش اشعه X است. برای نخستین بار لاپوت با به کارگیری طیفسنجی پراش اشعه X آمورف بودن ساختارهای آسفالتین را مشخص نمود [۳]. نلستین با از طیفسنجی پراش اشعه X جهت مشخصه آسفالتین استفاده کرد و نتایج این تحقیق حاکی از این بود که پیک دوم در پراش پرتو X نمونه آسفالتین و پیک حاصل از کربن آمورف بسیار مشابه هستند. با به کارگیری طیفسنجی پراش اشعه X امکان محاسبه ی پارامترهای بلورینگی و نسبت بخشهای آروماتیکی<sup>۵</sup> امکان پذیر است [۴].

### ۴۶- اساس کار طیفسنجی پراش اشعه X

اساس کار این دستگاه پراش اشعه X است، از این رو یک منبع تولید اشعه X در این دستگاه مورد نیاز است. برای تولید اشعه ایکس روش های مختلفی وجود دارد که کاربردی ترین روش برای تولید اشعه X، روش ترمز پرتو الکترونی است.

<sup>1</sup> X-ray radiography

<sup>2</sup> X - ray crystallography

<sup>3</sup> X - ray fluorescence soectrometry

<sup>4</sup> x- Ray Powder Dffraction

<sup>5</sup> aromaticity

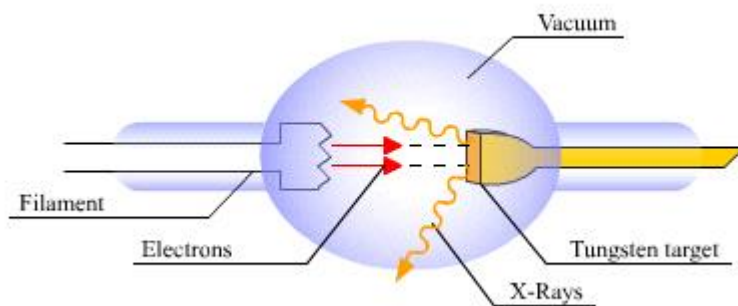
## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

جهت تولید اشعه X همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است از یک لامپ پرتوکاتی از جنس تنگستن استفاده می شود. با عبور دادن یک جریان الکتریکی از این فیلمان باعث داغ شدن آن می شود زمانی که کاتد داغ می شود الکترون های آن انرژی گرمایی را گرفته و در نتیجه انرژی لازم را جهت کندن شدن از هسته را به دست می آورند. الکترون های آزاد شده از فیلمان داغ، در محیط خلأ تحت اختلاف پتانسیل الکترواستاتیکی شتاب گرفته و به سمت آند می روند. الکترون ها با برخورد به آند، رفته رفته انرژی جنبشی خود را از دست می دهند و در نهایت متوقف می شوند. بخش عمده ای از انرژی جنبشی الکترون ها به هنگام برخورد به صورت گرمایی هدررفته که منجر به گرم شدن آند می شود. بخشی از این انرژی نیز در قالب فوتون هایی با فرکانس ناحیه X منتشر می شود. این فوتون ها همان اشعه X هستند [۵].



شکل ۱. روش تولید اشعه X [۱].

برخورد اشعه X به یک اتم یا مولکول، باعث تحریک و نوسان الکترون های اتم یا مولکول می شود. همان طور که می دانیم ذرات باردار شتابدار، از خود موج الکترومغناطیسی ساطع می کنند؛ بنابراین، این نوسان ها خود باعث تابش امواج جدیدی خواهند شد. اگر فرکانس نور بازتابیده با فرکانس نور ابتدایی یکی باشد، این پدیده را پراکندگی رایلی می نامند اساس کار XRD، پراکندگی رایلی از صفحات کریستال است. نخستین بار پراش اشعه ایکس توسط ویلیام هنری براگ و پسرش ویلیام لورنس براگ به منظور بررسی خواص ساختاری کریستال ها استفاده گردید [۲]. اشعه X به صفحات کریستال برخورد کرده و بازتاب می شود. همان گونه که در شکل ۲ مشاهده می شود دو اشعه از سمت چپ تابیده می شوند که این دو اشعه دارای اختلاف مسیر هستند که به زاویه تابش و فاصله دو صفحه وابسته است و از رابطه ی زیر تعیین می شود:

<sup>1</sup> Rayleigh scattering

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

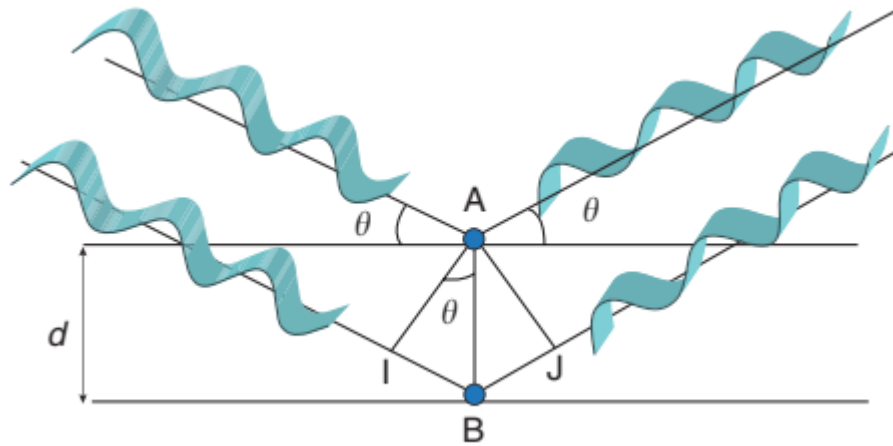
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

$$2d_{hkl} \sin \theta = n\lambda$$

(1)



شکل ۲. بیان قانون براگ [۲].

۴۷- اجزای طیفسنجی پراش اشعه X

یک دستگاه طیفسنجی پراش اشعه X شامل منبع اشعه X، نمونه، آشکارساز و اپتیک اشعه X است. در شکل ۳ اجزای طیفسنجی پراش اشعه X نشان داده شده است [۲].

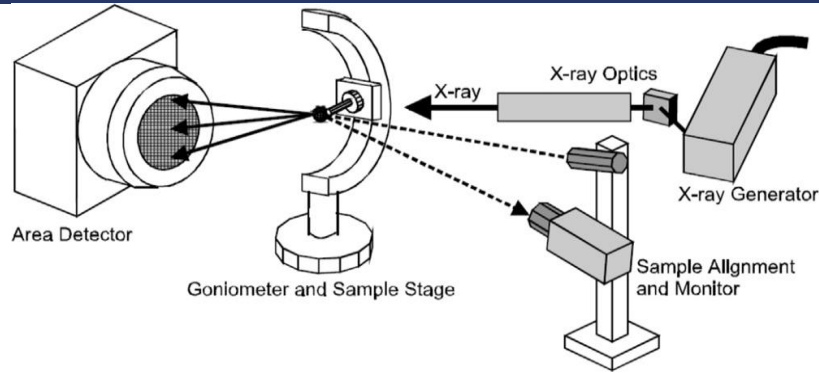


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

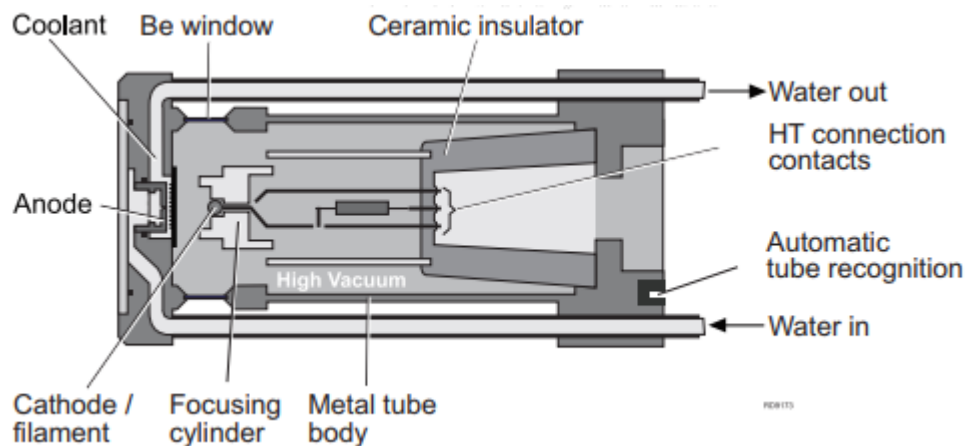
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳. طیفسنجی پراش اشعه X [۲].

### ۳-۱ منبع اشعه X

یکی از اجزا طیفسنجی پراش اشعه X منبع اشعه X است که همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده است معمولاً از یک از لوله اشعه ایکس استفاده می شود. در منبع اشعه X با ایجاد پتانسیل الکتریکی و برخورد اشعه ایکس و الکترون های پراورزی باعث شتاب گرفتن اشعه ایکس و برخورد آن به عنصر هدف می گردد که سبب ایجاد یک طیف مشخص از امواج الکترومغناطیس در طول موج معین می شود. به منظور افزایش عمر این لامپ ها محیطی برای چرخش آب ایجاد شده تا آن را خنک کند [۶].



شکل ۱. منبع پراش اشعه X [۱].

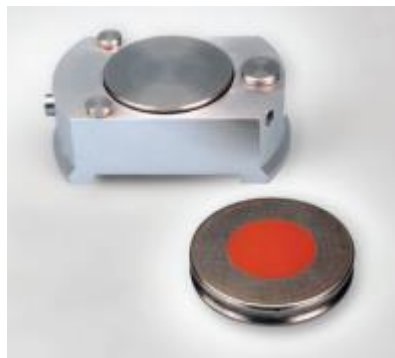
## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

طیفسنجی پراش اشعه X می تواند انواع نمونه ها را بررسی کند. این ها شامل مواد و پودرها، لایه های نازک، ژل ها و مایعات، سطوح صیقلی و ناهموار، مقادیر بسیار کم و مواد حساس به هوا یا رطوبت است. نمونه در طیفسنجی پراش اشعه X به آماده سازی سخت و پیچیده نیاز ندارد. در آنالیز طیفسنجی پراش اشعه X به طور معمول از پودر نمونه استفاده می گردد. نمونه ی پودری، شامل صفحات نمونه است که به صورت تصادفی در نمونه وجود دارند. این امر باعث افزایش سرعت بررسی نمونه می شود. ذرات این پودر باید کوچک تر از ۵۰ میکرومتر باشند. نمونه ای با ذرات کوچک تر منجر به پهن شدگی قله ها در نمودار پراش می شود. در شکل ۵ نگهدارنده ی نمونه در طیفسنجی پراش اشعه X نشان داده شده است [۶].



شکل ۵. نگهدارنده ی نمونه در طیفسنجی پراش اشعه X [۱].

#### ۳-۳ آشکارساز

در طیفسنجی پراش اشعه X چندین نوع آشکارساز مورد استفاده قرار می گیرد که متداول ترین آن ها آشکارساز تناسبی است. در این آشکارسازها اشعه X وارد محفظه ای شیشه ای شده و اتم های گاز موجود در آن را یونیزه می کند. الکترون های حاصل از یونیزه شدن اتم ها به وسیله اشعه، درون محفظه به سمت رسانای متصل به اختلاف پتانسیل حرکت می کنند و جریانی را در آن ایجاد می کنند. شدت این جریان نشان دهنده شدت اشعه X است. نوع دیگری از آشکارسازها که برای طیفسنجی پراش اشعه X استفاده می شود آشکارساز CCD است که نسبت به آشکارساز تناسبی بازده بالاتری دارد ولی به علت قیمت بالاتر آن نسبت به آشکارساز تناسبی، کمتر مورد استفاده قرار می گیرد [۱].

#### ۳-۴ اپتیک

به منظور بهبود اشعه X در طیفسنجی پراش اشعه X از اپتیک استفاده می گردد. اپتیک طول موج های اضافی را از تابش اشعه X جهت تشکیل اشعه تک طول موج حذف، اشعه را همسو و واگرایی را کنترل می کند. امروزه از کریستال

<sup>1</sup> proportional detector

<sup>2</sup> charge-coupled device

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

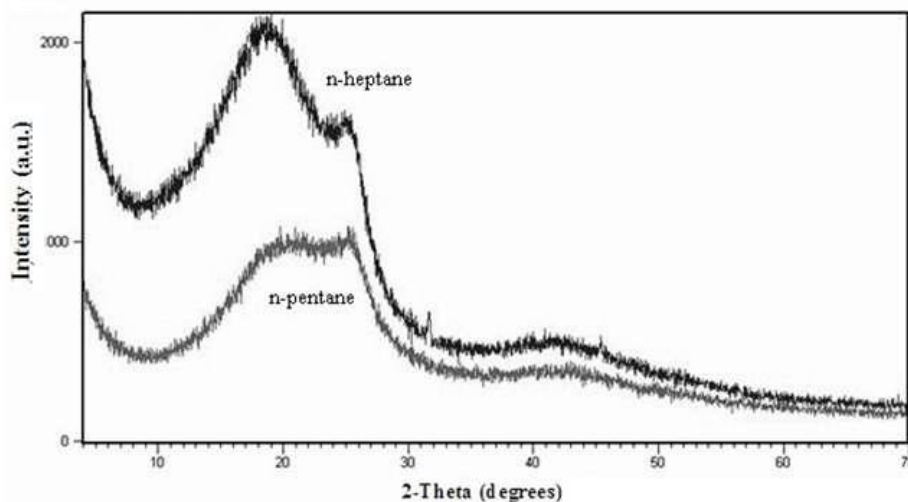
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

گرافیت بجای استفاده می گردد این کریستال با قرارگیری بین نمونه و آشکارساز باعث حذف طول موج های اضافی در تابش منبع و تابش های زمینه حاصل از پراش از کریستال می گردد [۱].

### ۴- مشخصه یابی آسفالتین به وسیله طیفسنجی پراش اشعه X

تکنیک طیفسنجی پراش اشعه می تواند پارامترهای کریستالی و خصوصیات ساختاری ماده آلی آمورف را از طریق موقعیت پیک های شناسایی شده و شدت آن ها ارائه دهد. روش استخراج آسفالتین ها معمولاً با استفاده از حلال n-heptane و n-pentane انجام می پذیرد. الگوی پراش اشعه X آسفالتین استخراج شده با استفاده از این دو حلال در شکل ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که بازده آسفالتین های به دست آمده با استفاده از حلال های با تعداد کربن بیشتر یعنی n-heptane از نظر محتوای کمتر است؛ اما در عین حال از نظر درجه بلورینگی بالاتر از n-pentane است. شدت پیک های ایجاد شده در آسفالتینی که با استفاده از n-heptane استخراج شده بسیار بیشتر از شدت پیک های در آسفالتینی که با استفاده از n-pentane استخراج شده است که این نشان دهنده کریستالی بودن آسفالتینی است که با بکار گیری n-heptane است. بازده کمتر آسفالتین استخراج شده توسط n-heptane به علت حفظ کردن رزین های با وزن مولکولی بالا و آسفالتین های با وزن مولکولی پایین در محلول است [۷].



شکل ۵. الگوی پراش اشعه X آسفالتین استخراج شده با استفاده از n-pentane و n-heptane

### ۵- نتیجه گیری

طیفسنجی پراش اشعه X ابزاری جهت شناسایی ساختارهای کریستالی است که به دلیل پیچیده نبودن ساختار و تجهیزات و همچنین مخرب نبودن این روش بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این روش می تواند یا شناسایی ساختار



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

اطلاعات بسیار مؤثری ساختارهای کریستالی نظیر تشخیص ترکیبات مختلف تک فازی معدنی، غیر معدنی و ترکیبات شیمیایی همچون پارامترهای کریستالی و خصوصیات ساختاری ماده آلی آمورف در آسفالتین را مشخص نماید.

منابع

- [1] Tilley, R., Crystal Structure. Crystals and Crystal Structures. First edition. Ingleterra: John Wiley & Sons, 2006: p. 1-14.
- [2] Thakral, N.K., et al., Applications of powder X-ray diffraction in small molecule pharmaceuticals: achievements and aspirations. Journal of pharmaceutical sciences, 2018. **107**(12): p. 2969-2982.
- [3] Pfeiffer, J.P., The properties of asphaltic bitumen. 1950.
- [4] Sheu, E.Y., Petroleum asphaltene properties, characterization, and issues. Energy & Fuels, 2002. **16**(1): p. 74-82.
- [5] Iwashita, N., X-ray powder diffraction, in Materials science and engineering of carbon. 2016, Elsevier. p. 7-25.
- [6] Klug, H.P. and L.E. Alexander, X-ray diffraction procedures: for polycrystalline and amorphous materials. 1974.
- [7] El-Sayed, K., A. El-Feky, and M. Ba, Asphaltene Using X-ray Diffraction and Raman Spectroscopy. Research Article ING of Egyptian Asphaltene Using X-ray Diffraction Raman Spectroscopy Feky, AA; 1Mohamed Bakr Mohamed. **2**.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

### نگاهی به ساختار و نحوه ی کار با دستگاه TGA در بهینه سازی انرژی در صنایع نفت و

### گاز با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده

نگار انجمنی<sup>۱</sup>، عزیز باباپور<sup>۲</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران [www.negar95ajm@yahoo.com](mailto:www.negar95ajm@yahoo.com)

۲- هیئت علمی گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- هیئت علمی گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده:

با توجه به اهمیت بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع، نیروگاه ها و ساختمان ها، ذخیره سازی انرژی حرارتی و استفاده از مواد تغییر فاز دهنده در سال های اخیر، به عنوان یک مسئله مهم و اساسی مورد توجه بسیاری از محققین و پژوهشگران قرار گرفته است. محققان اغلب در تلاشند تا منابع مختلف انرژی تجدید پذیر را بیابند تا به طور مداوم نیازهای رو به رشد انرژی را تامین کنند و همچنین انرژی تولید شده را با فناوری شناخته شده مناسب ذخیره کنند. در راستای موارد فوق، به منظور ذخیره انرژی، مواد تغییر فاز دهنده (PCM) نقش اصلی را ایفا می کنند. و تجزیه و تحلیل TGA برای تعیین پایداری حرارتی مواد تغییر فاز دهنده انجام گرفت. هدایت حرارتی PCM ها نیز با افزودن نانو مواد به طور قابل توجهی بهبود یافت. در این مطالعه به بررسی نقش مواد تغییر فاز دهنده در تجهیزات صنایع نفت و گاز پرداخته ایم.

کلمات کلیدی: آنالیز توزین حرارتی، صنایع نفت و گاز، مواد تغییر فاز دهنده.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۱- مقدمه

انرژی با توجه به تأثیر مستقیم آن بر رشد اقتصادی (EG) و نقش اصلی آن در هدایت تغییرات آب و هوای جهانی به یک کانون اصلی در قرن بیست و یکم تبدیل شده است. هدف جهانی انرژی شامل سه هدف کلیدی است: اطمینان از دسترسی مقرون به صرفه، قابل اعتماد و دسترسی جهانی به خدمات انرژی مدرن؛ افزایش قابل ملاحظه سهم انرژی های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی جهانی [۱]. سوخت های فسیلی، منابع هسته ای و منابع تجدیدپذیر سه منبع اصلی انرژی هستند. احتراق سوخت های فسیلی انواع مختلفی از آلودگی هوای محیط را ایجاد می کند از جمله گازهای سمی مختلف مانند انتشار دی اکسید کربن که محیط زیست را آلوده کرده و اثر گلخانه ای را افزایش می دهد و باعث گرم شدن کره زمین می شود [۲]. بحران انرژی و آلودگی های ناشی از آن، مسئول ۷۵ درصد گازهای گلخانه ای در سراسر جهان است. از آنجایی که عرضه بیش از حد انرژی از توسعه اقتصادی حمایت می کند، جهان با چالش تولید زیاد کربن دی اکسید مواجه بوده که نیاز به همکاری جهانی دارد. در سطح جهان، ایران در مجموع بزرگترین ذخایر نفت و گاز طبیعی و همچنین دارای پتانسیل وسیع انرژی های تجدیدپذیر است. توسعه منابع (RE) رفاه اجتماعی و رشد اقتصادی پایدار را در ایران تضمین می کند. سیاست های انرژی های تجدیدپذیر در ایران به منظور افزایش اهمیت سوخت های فسیلی در بخش انرژی صنعتی برای دستیابی به توسعه پایدار ایجاد شده اند. استراتژی های انرژی پایدار شامل بهبود امنیت انرژی با گسترش منابع طبیعی، حفظ محیط زیست، ارتقای بخش مالی، حمایت از تحقیق و توسعه برای تقویت منابع انرژی طبیعی و پاک می شود [۳]. از این منظر، گاز طبیعی با توجه به در دسترس بودن گسترده و رد پای زیست محیطی بسیار کمتر آن در مقایسه با نفت و به ویژه زغال سنگ، به طور گسترده ای به عنوان مناسب ترین ماده اولیه برای تولید (E + EC<sup>۳</sup>) در نظر گرفته می شود. در واقع، گاز طبیعی شاهد افزایش شدید تقاضای خود خواهد بود و تا سال ۲۰۴۰ به ۲۵/۱ درصد از سهم انرژی اولیه خواهد رسید، بنابراین از زغال سنگ (۲۱/۳٪) پیشی گرفته و به نرخ مصرف قابل مقایسه با نفت (۲۷/۷٪) دست خواهد یافت [۴]. گاز طبیعی را می توان عمدتاً از طریق دو گزینه گازی یا گاز مایع طبیعی (LNG)<sup>۴</sup> منتقل کرد. در حال حاضر، گاز طبیعی عمدتاً به شکل گاز از طریق خطوط لوله، منتقل می شود. خطوط لوله برای حمل و نقل زمینی با طول کوتاه تا متوسط، مناسب هستند. استفاده از یک خط لوله گاز طبیعی نسبت به زنجیره LNG هزینه کمتری دارد، زیرا نیازی به کارخانه مایع سازی و سرمایه گذاری مجدد نیست. مقدار معمول انرژی مصرف شده برای انتقال گاز از طریق خط لوله ۱۰ تا ۱۵ درصد از انرژی دریافتی<sup>۵</sup> است، در حالی که برای LNG این مقدار حدود ۲۵ درصد از انرژی دریافتی است [۵]. بنابراین

<sup>1</sup> Economic growth

<sup>2</sup> Renewable energy consumption

<sup>3</sup> Energy + Energy consumption

<sup>4</sup> Liquefied Natural Gas

<sup>5</sup> The Energy Delivered



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

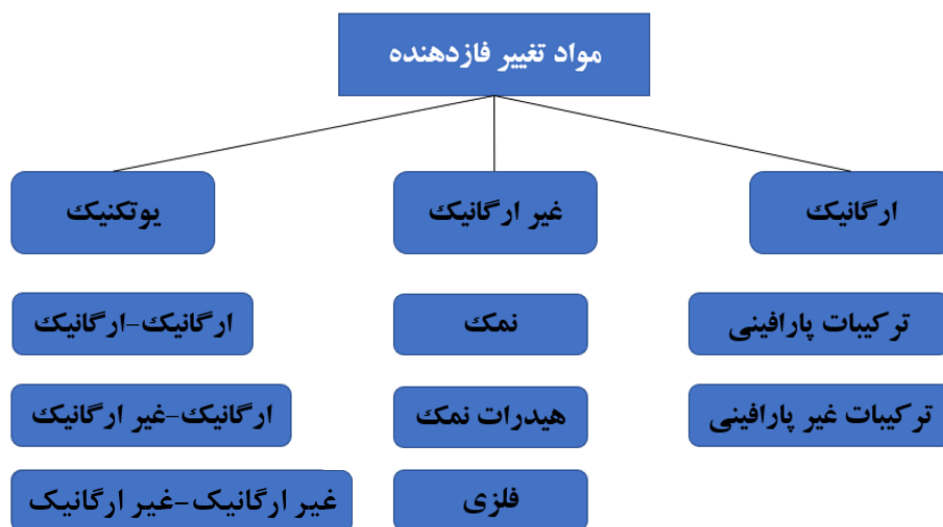
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



بهینه سازی فرآیند جداسازی و پالایش می تواند انرژی تلف شده را برای انتقال در خطوط لوله جبران کند و این امر اهمیت بهینه سازی را دوچندان می کند.

### ۲- مواد تغییر فازدهنده

یافتن انرژی جایگزین، توسعه فناوری ذخیره سازی انرژی جدید و بهبود کارایی استفاده از انرژی برای توسعه پایدار جامعه انسانی ضروری است. در فرآیند استفاده و تبدیل انرژی، بخشی از انرژی به صورت انرژی حرارتی هدر می رود. همچنین در میان انرژی های جدید مورد استفاده، مقداری از انرژی های تجدیدپذیر عمدتاً به صورت انرژی حرارتی وجود دارد، مانند انرژی زمین گرمایی و انرژی خورشیدی و غیره. برای توسعه و استفاده از این بخش از انرژی حرارتی، ذخیره و انتقال انرژی یکی از مشکلات فنی کلیدی است. مواد تغییر فازدهنده (PCM) اخیراً توجه بیشتری را به خود جلب کرده اند. روش های ذخیره سازی انرژی حرارتی را می توان به دو دسته عمده تقسیم کرد: ذخیره گرمای نهان و ذخیره گرمای محسوس. روش اول پرکاربردترین روش ذخیره سازی حرارت در حال حاضر است و همچنین به یکی از بالقوه ترین روش های ذخیره انرژی تبدیل شده است. مواد تغییر فازدهنده به طور کلی به سه دسته ارگانیک، غیرارگانیک و یوتکنیک تقسیم بندی شده اند [۶]. از جمله مواد ارگانیک تغییر فازدهنده می توان به مواد پارافینی اشاره کرد. از جمله مواد غیرارگانیک تغییر فازدهنده می توان به برخی نمک ها و هیدرات آن ها اشاره کرد. مواد یوتکنیک نیز ترکیبی از دو یا چند ماده تغییر فازدهنده ارگانیک یا غیرارگانیک هستند. در شکل (۱) تقسیم بندی مواد تغییر فاز دهنده قابل مشاهده است.



شکل ۱. تقسیم بندی مواد تغییر فازدهنده

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



اگرچه مواد تغییر فاز دهنده های معدنی گرمای نهان بالایی دارند، اما برخی از مشکلات ذاتی آن ها، مانند نیاز به یک ظرف مخصوص به دلیل خوردگی، خنک کننده فوق العاده زیاد و تجزیه، هنوز باقی مانده است. برخی از مشکلات اصلی PCM های آلی رسانایی کم، درجه پایین پایداری این مواد در شرایط مختلف و نشت مایع در هنگام تبدیل فاز از جامد به مایع است. بنابراین، کپسوله کردن PCM یک راه حل مناسب برای مشکلات ذاتی در انواع مختلف PCM است. میکروکپسول ها یا نانوکپسول های حاوی PCM دارای چندین مزیت از جمله افزایش ناحیه انتقال حرارت، کاهش واکنش پذیری PCM نسبت به محیط بیرون و کنترل تغییرات حجمی مواد ذخیره سازی در طول دوره تغییر فاز هستند [۷]. تجزیه و تحلیل حرارتی (TGA) یک تکنیک تحلیلی کمی است که جرم یک نمونه را از ۱ میلی گرم تا چند گرم به عنوان دمای کوره تا ۱۶۰۰ درجه سانتیگراد تحت یک جریان گاز پایدار یا متغیر کنترل می کند [۸].

### ۳- کاربرد مواد تغییر فاز دهنده در صنایع نفت و گاز

بخش صنعت یک سوم کل انرژی مصرف شده در جامعه را تشکیل می دهد که بخش قابل توجهی از آن در نهایت به دلیل ناکارآمدی تبدیل به گرمای اتلاف می شود. متوسط راندمان حرارتی برای کوره های صنعتی نصب شده تقریباً ۶۰ درصد است که با کاهش عوامل اصلی تلفات حرارتی در کوره های صنعتی، یعنی نشت گازهای خروجی، عایق ضعیف و عملکرد ناکارآمد پارامترهای احتراق می تواند بهبود یابد. با استفاده از فناوری های موجود در صنعت مانند مواد تغییر فاز دهنده می توان کاهش ۲۵ درصدی انرژی را کسب کرد. در سال های اخیر با گسترش مواد تغییر فاز دهند به منظور ذخیره و آزادسازی انرژی در شرایط خاص مورد توجه قرار گرفته است. از این رو در سال های اخیر پروژه های بسیاری درباره استفاده از انرژی تجدید پذیر خورشیدی که با استفاده از مواد تغییر فاز دهند مورد استفاده قرار می گیرد، انجام شده است [۹]. در بسیاری از فرآیندهای صنعتی، ثابت نگه داشتن دمای عملیات به خصوص در فرآیندهایی که با دماهای بالا سر و کار داریم بسیار مهم است. با توجه به گرایش به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای حاصل از سوخت های فسیلی که به عنوان منبع انرژی برای گرمای سیالات، جایگزینی منابع گرمایی تجدید پذیر بازیابی حرارت فرآیند، مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. هنگام استفاده از کلکتورهای خورشیدی، دمای منبع تغذیه با تابش خورشید یا هنگام بازیابی گرما از یک فرآیند تغییر می کند. یک روش تنظیم دما که به تواند خروجی پایدار را با وجود نوسانات دمای ورودی ایجاد کند، مورد نیاز است. یکی از راهبردهای امیدوارکننده این است که از مبدل حرارتی یا تثبیت کننده در بالادست هرگونه فرآیند حساس به دما استفاده شود. مواد تغییر فاز دهنده دارای توانایی کاهش نوسانات دما با جذب و آزادسازی انرژی حرارتی هستند. طیف گسترده ای از PCM ها در حال حاضر در دسترس و قابل استفاده در زمینه های مختلف هستند.

کمپرسورها نقش مهمی برای مصرف انرژی در صنعت دارند. کمپرسور یک دستگاه مکانیکی است که با کاهش حجم گازها، فشار آن ها را افزایش می دهد. در برخی دستگاه ها و ماشین آلات، کمپرسورها هوا را فشرده کرده و به قسمت احتراق ارسال می کنند. در حقیقت کمپرسورها با صرف انرژی مکانیکی، سیال را با سرعت به درون خود مکیده و فشرده می کنند. در اثر این عملیات، دمای گاز فشرده شده نیز افزایش می یابد. معمولاً گاز با فشار بالا در خروجی کمپرسورها را از یک سیستم خنک کننده عبور می دهند تا دمای گاز کاهش یابد. تاکنون استراتژی های مختلفی جهت صرفه جویی و بهینه سازی انرژی در کمپرسورها ارائه شده است که با توجه به

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



نیازهای خاص این استراتژی ها متفاوت هستند. انواع گوناگونی از کمپرسورها وجود دارد که برای مصارف صنعتی و عمومی طراحی شده اند.

دیگر چالش موجود هنگام کارکرد یک کمپرسور پدیده سرچ می باشد که باید حتی الامکان از رخداد چنین پدیده های جلوگیری شود. پدیده سرچ به پدیده های گفته می شود که در طول آن، جهت جریان گاز در داخل کمپرسور برای لحظاتی برعکس می شود، یعنی گاز داخل کمپرسور ضمن غلبه بر نیروی پروانه، به طور معکوس به سمت ورودی کمپرسور حرکت میکند. در این حالت جریان ورودی یا فشار مکش از حد مجاز طراحی کمتر شده، گاز قادر به خروج از کمپرسور نبوده و کمپرسور دچار ارتعاشات شدیدی می گردد. ارتعاشات ایجاد شده ممکن است منجر به آسیب رساندن به بلبرینگ ها، آسیب به تیغه های روتور، شفت روتور خم، سروصدای زیاد، تلف شدن انرژی و کاهش بازده کمپرسور شود [۸].

مبدل های حرارتی عناصر حیاتی در هر کارخانه فرآیندی هستند. مبدل های حرارتی به طور گسترده ای برای انتقال حرارت بین جریان گرم و جریان سرد در سیستم های حرارتی استفاده می شود. در صنعت مبدل های حرارتی، اثربخشی معمولاً به عنوان مقیاسی برای ارزیابی عملکرد مبدل حرارتی استفاده می شود. کارایی یک مبدل حرارتی به صورت نرخ انتقال حرارت واقعی تقسیم بر حداکثر نرخ انتقال حرارت ممکن تعریف می شود [۱۰]. برای برخی از سیستم های حرارتی، نگرانی اصلی میزان انرژی حرارتی است که از یک جریان گرم به یک جریان سرد منتقل می شود. در این سیستم ها، اثربخشی در واقع نشان دهنده عملکرد مبدل های حرارتی در انجام ماموریت است. با این حال، برای برخی از سیستم های حرارتی، نگرانی اصلی میزان انرژی است که از یک جریان گرم به یک جریان سرد منتقل می شود. انرژی دریافتی در جریان سرد به اثر کار یا خنک کننده تبدیل می شود. هرچه مقدار انرژی بیشتر توسط جریان سرد دریافت شود، عملکرد سیستم بهتری حاصل می شود. مواد تغییر فاز دهنده موجود می تواند این مشکل را برطرف کند و باعث بهبود عملکرد این مبدل های حرارتی شوند [۱۱].

### ۴- معرفی دستگاه DSC-TGA

آنالیز گرماسنج روبشی تفاضلی (DSC)، یک تکنیک حرارتی تحلیلی می باشد، که دما و جریان گرمایی مربوط به انتقال حرارتی در یک ماده را اندازه گیری می کند. تفاوت در مقدار حرارت مورد نیاز برای افزایش دمای یک نمونه و مرجع در این تکنیک حرارتی اندازه گیری می شود. هم نمونه و هم ظرف مرجع، با داشتن ظرفیت گرمایی مشخص در محدوده دمایی که اسکن می شود، در معرض تاریخچه گرمایش یکسانی قرار می گیرند. اصل اساسی ساده است، اینکه DSC مقدار انرژی جذب شده یا آزاد شده توسط یک نمونه را اندازه گیری می کند تا دمای نمونه را تا ظرف مرجع حفظ کند. تغییرات فیزیکی شامل انتقال شیشه ای، دمای ذوب و تبلور، گرمای

<sup>1</sup> Differential Scanning Calorimetry

<sup>2</sup> Glass Transition



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



همجوشی، زمان القای اکسیداسیون<sup>۱</sup> (OITs) و انجماد را می توان تعیین کرد. این تکنیک توسط واتسون و اونیل در سال ۱۹۶۲ توسعه یافت و در سال ۱۹۶۳ به صورت تجاری معرفی شد [۱۲].

تنظیم DSC از یک محفظه اندازه گیری و یک کامپیوتر تشکیل شده است. دو ظرف به طور همزمان در محفظه اندازه گیری گرم می شوند. ظرف نمونه شامل مواد مورد بررسی است. یک ظرف خالی دوم به عنوان مرجع استفاده می شود. برای نظارت بر دما و تنظیم سرعت تغییر دمای ظروف، از رایانه استفاده می شود. نرخ گرمایش معمولی تقریباً ۱۰ درجه سانتیگراد در دقیقه است. سرعت تغییر دما برای مقدار معین گرما بین دو ظرف متفاوت است. این تفاوت به ترکیب محتویات ظرف و همچنین تغییرات فیزیکی مانند تغییرات فاز بستگی دارد. اختلاف حرارت خروجی دو بخاری ثبت می شود. نتیجه نموداری از اختلاف گرما (q) در مقابل دما (T) است [۱۳].

در دستگاه DSC-TGA، نمونه شاهد و مجهول، به ترموکوپل و گرمکن های الکتریکی متصل اند. مدار کنترل کننده در این سیستم مقدار گرمای لازم برای یکسان نگه داشتن دمای نمونه شاهد و مجهول را مشخص کرده و سپس به سیستم اعمال می شود. در نهایت اختلاف انرژی اعمال شده بر حسب دما توسط دستگاه رسم خواهد شد. همچنین در روش آنالیز DSC-TGA، نمونه مجهول و شاهد تحت حرارت قرار گرفته و دمای هر دو یکسان نگه داشته می شود. انرژی ای که صرف ثابت نگه داشتن دمای نمونه شاهد و مجهول می شود، با یکدیگر متفاوت بوده و تفاوت این میزان انرژی بر حسب دما رسم می شود. این روش آنالیز به صورت مستقیم گرمای واکنش را محاسبه می کند و در دماهای کمتر از ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد استفاده می شود [۱۴]. در شکل (۲) تصاویری از دستگاه DSC-TGA قابل مشاهده است.



شکل ۲. تصاویری از دستگاه آنالیز DSC-TGA

در ادامه نحوه محاسبه و فرمول های آنالیز گرماسنجی روبشی تفاضلی می پردازیم. انواع تاخیرهای دما بین نمونه ها و ترموکوپل ها ایجاد می شود، زیرا دومی در تماس مستقیم با نمونه ها نیست.  $\Delta T$  اندازه گیری شده برابر با  $T_S - T_R$  نیست که در آن  $T_S$  و  $T_R$  به ترتیب دماهای نمونه و مرجع هستند.  $T_S - T_R$  ممکن است با در نظر گرفتن مسیرهای جریان گرما در سیستم

<sup>1</sup> Oxidation Induction Times

<sup>2</sup> E. S. Watson

<sup>3</sup> M. J. O'Neill

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



استنتاج شود. نماد اضافی زیر (به دلیل گیر و باکستر) مرتبط است (شکل ۳). معادلات زیر برای جریان گرما در سیستم  
گرماسنجی روبشی تفاضلی حاکم است [۱۵].

$$\Delta T_R = HR_D C_R \quad (1)$$

$$\Delta T_S = HR_D C_S \quad (2)$$

$$\Delta T = HR_D (C_S - C_R) \quad (3)$$

$$\Delta T_L = HR_S C_S \quad (4)$$

$$\Delta T_S = \Delta T_R + \Delta T \quad (5)$$

$$\Delta T_L = R_S / R_D \Delta T_S \quad (6)$$

که در آن ها  $T_{SP}$  و  $T_{RP}$  به ترتیب دمای نمونه و پلت فرم مرجع که توسط ترموکوپل ها اندازه گیری می شود.  $T_{SP}$  معمولاً  
به عنوان آبسیسا منحنی DSC رسم می شود،  $T_F$  دمای بلوک گرمایش نقره،  $R_D$  مقاومت حرارتی بین دیواره کوره و  
نمونه یا سکوها مرجع،  $R_S$  و  $R_R$  مقاومت های حرارتی بین پلت فرم نمونه (یا مرجع)،  $C_S$  و  $C_R$  ظرفیت حرارتی نمونه  
(یا مرجع) و ظرف آن،  $H$  نرخ گرمایش تحمیلی،  $\Delta T_R$  تأخیر دمایی سکوی مرجع نسبت به کوره.  $\Delta T_S$  تأخیر دمای  
سکوی نمونه نسبت به کوره.  $\Delta T_L$  تأخیر دمای نمونه نسبت به ترموکوپل نمونه می باشند.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

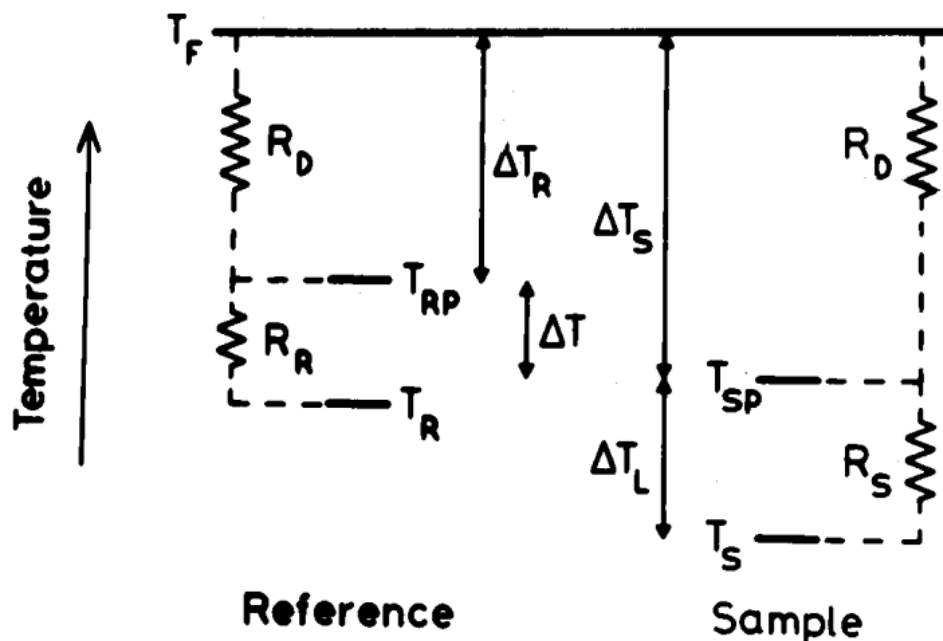
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### Heating Block



دهد [۱۵]. را نشان می DSC شکل ۳: نمودار مقاومت حرارتی که یک شار حرارتی

۵-مروری بر مطالعات صورت گرفته

احمد ساری<sup>۱</sup> و همکارانش در سال ۲۰۱۰ [۱۶] استرهای اسید چرب با گلیسرول به عنوان مواد جدید ذخیره انرژی تغییر فاز دهنده جامد-مایع را مورد بررسی قرار دادند. دماهای ذوب و گرمای نهان استرهای سنتز شده در محدوده ۳۱ تا ۶۳۱ درجه سلسیوس و ۱۴۹ تا ۱۸۵ ژول بر گرم به روش DSC یافت شدند پایداری حرارتی استرها با روش آنالیز TGA بررسی شد همچنین هدایت حرارتی PCMها نیز با افزودن ۵ درصد وزنی گرافیت منبسط شده به طور قابل توجهی بهبود یافت و افزایش هدایت حرارتی استرها در محدوده ۱۲-۴۲٪ بود. بنابراین نتیجه گرفتند که استرهای سنتز شده را می توان به عنوان PCM بالقوه برای ذخیره انرژی حرارتی در نظر گرفت چون قابلیت اطمینان حرارتی خوبی با توجه به ۱۰۰۰ سیکل حرارتی داشتند.

فانگ<sup>۲</sup> و همکارانش در سال ۲۰۱۰ [۱۷] مواد تغییر فاز دهنده کامپوزیت اسید لوریک/LA) دی اکسید سیلیکون را مورد بررسی قرار دادند که LA به عنوان ماده تغییر فاز دهنده برای ذخیره انرژی حرارتی و SiO<sub>2</sub> به عنوان ماده بهبود دهنده ضریب هدایت گرمایی

<sup>1</sup> Ahmet Sari

<sup>2</sup> Guiyin Fang



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

عمل می کند. مواد تغییر فاز دهنده کامپوزیت اسیدلوریک (LA)/دی اکسید سیلیکون ( $\text{SiO}_2$ ) با استفاده از روش سل-ژل تهیه شدند و در نهایت، سه نوع PCM کامپوزیت  $\text{LA/SiO}_2$  با فرم پایدار به دست آمد که با عنوان FS-PCM1، FS-PCM2 و FS-PCM3 نشان داده شده اند. و پایداری حرارتی توسط یک دستگاه تجزیه و تحلیل حرارتی (TGA) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین مشاهده کردند که تغییرات نرخ کاهش وزن در FS-PCM1، FS-PCM2 و FS-PCM3 در طول ۱۰ دقیقه اولیه به دلیل آزاد شدن مولکول های آب جذب شده در منافذ  $\text{SiO}_2$  سریعتر است. و سپس نرخ کاهش وزن تقریباً ثابت است. بنابراین نتیجه گرفتند PCM های کامپوزیت  $\text{LA/SiO}_2$  پایدار دارای پایداری حرارتی بیشتری هستند و می توانند به طور مکرر در یک سیستم ذخیره انرژی حرارتی استفاده شوند. این روش همچنین ممکن است برای پراکنده کردن بسیاری از PCM های آلی دیگر در  $\text{SiO}_2$  برای انواع کاربردهای ذخیره انرژی حرارتی استفاده شود.

تان<sup>۱</sup> و همکارانش در سال ۲۰۱۰ [۱۸] تغییر فاز مایع/جامد برای ذخیره انرژی سرد گاز طبیعی مایع را مورد بررسی قرار دادند. آب به عنوان ماده تغییر فاز دهنده در خارج از لوله های انتقال حرارت به وسیله گاز نیتروژن برودتی که جایگزین گاز طبیعی سرد شده بود، جامد شد. مشخصات لایه برودتی در مقاطع مختلف توسط دوربین های دیجیتالی ثبت شد. دمای گاز سرمازا، دیواره لوله و ناحیه قله توسط ترموکوپل های تعبیه شده به طور مداوم اندازه گیری شد. نتایج آزمایشات لوله صاف و آنالیز مقاومت حرارتی ثابت می کند که مقاومت حرارتی اصلی در سیال انتقال حرارت گازی در داخل لوله رخ می دهد. افزایش انتقال حرارت داخلی با افزودن پره های داخلی موج مانند به دست آمد. علاوه بر این، نتایج نشان می دهد که لایه برودتی نه تنها در جهت شعاعی افزایش می یابد بلکه در جهت محوری نیز منتشر می شود.

ممان<sup>۲</sup> و همکاران در سال ۲۰۱۳ [۱۹] به بررسی و توسعه مواد تغییر فاز دهنده کامپوزیتی پایدار با ترکیب دودسیل الکل در سرباره کوره بلند دانه بندی شده پرداختند. هدف این تحقیق توسعه مواد تغییر فاز کامپوزیتی پایدار (PCM) با ترکیب دودسیل الکل به سرباره کوره بلند دانه بندی شده زمینی<sup>۳</sup> (GGBS) از طریق اشباع خلاء بود. PCM کامپوزیتی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و تجزیه و تحلیل طیف مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) مشخص شد. خواص حرارتی، پایداری حرارتی و قابلیت اطمینان کامپوزیت با استفاده از کالری متری اسکن تفاضلی (DSC)، تحلیلگر وزنی حرارتی (TGA) و تست چرخه حرارتی تعیین شد. نتایج آزمایشات آن ها نشان داد که حداکثر درصد دودسیل الکل حفظ شده در GGBS بدون تراوش ۱۱ درصد بود. بنابراین این

<sup>1</sup> Tan

<sup>2</sup> Heat Transfer Fluid

<sup>3</sup> Wave-Like Internal Fins

<sup>4</sup> Memon

<sup>5</sup> Ground Granulated Blast Furnace Slag

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



کامپوزیت به عنوان فرم پایدار PCM کامپوزیتی<sup>۱</sup> نامیده شد. نتایج FT-IR تأیید می کند که شکل اجزای کامپوزیت از نظر شیمیایی پایدار هستند. دمای ذوب و انجماد PCM کامپوزیت ۲۱/۱۶ و ۱۹/۱ درجه سلسیوس بود، در حالی که گرمای نهان ذوب و انجماد ۲۲/۵۱ و ۲۱/۶۲ J/g بود. نتایج TGA و تست چرخه حرارتی تأیید کرد که فرم پایدار کامپوزیت از نظر حرارتی پایدار و قابل اعتماد است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که کامپوزیت تهیه شده یک کاندید بالقوه برای ذخیره انرژی حرارتی در ساختمان است.

ژانگ و همکاران در سال ۲۰۱۸ [۲۰] به بررسی استفاده از سرباره کوره بلند<sup>۲</sup> (BFS) برای تهیه مواد تغییر فاز دهنده کامپوزیتی با دمای بالا (C-PCM) پرداختند. سرباره کوره بلند یک زباله جامد معمولی است که در تولید فولاد تولید می شود. اکثر تحقیقات قبلی گزارش کرده اند که سرباره کوره بلند به عنوان مصالح ساختمانی سنتی (سیمان، پر کردن بستر، بتن) استفاده شده است. در این مطالعه، یک روش استفاده جدید برای سرباره کوره بلند برای تهیه مواد تغییر فاز دهنده کامپوزیتی با دمای بالا (C-PCM) برای ذخیره انرژی حرارتی پیشنهاد شده است. سه PCM غیر آلی معمولی (Al، NaNO<sub>3</sub> و Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> با دمای عملیاتی متفاوت) با سرباره کوره بلند پیش زمین شده برای ساخت C-PCM های مبتنی بر سرباره کوره بلند با استفاده از فرآیند اختلاط و هم جوشی ترکیب شدند. نتایج نشان داد که NaNO<sub>3</sub> سازگاری شیمیایی عالی با سرباره کوره بلند دارد و C-PCM های تهیه شده عملکرد تغییر فاز کاملی داشتند. آنتالپی C-PCM های NaNO<sub>3</sub>/BFS ۶۵/۵۳ ژول بر گرم با نقطه ذوب ۳۰۰/۵ درجه سلسیوس و فوق سرد شدن آنها ۰/۱ درجه سلسیوس به دست آمد. علاوه بر این، C-PCM های NaNO<sub>3</sub>/BFS می توانند قابلیت اطمینان حرارتی خوبی را پس از ۱۰۰ چرخه حرارتی حفظ کنند، که یک کاربرد بالقوه در سیستم ذخیره انرژی حرارتی ارائه می دهد. علاوه بر این، ساختار مورفولوژیکی، قابلیت اطمینان حرارتی و خاصیت انتقال حرارت C-PCM های NaNO<sub>3</sub>/BFS با استفاده از SEM، TGA و TG-DSC مشخص شد.

۶- نتیجه گیری:

زندگی روزمره ما، چه در سطح جهانی و چه در سطح ملی، مشروط به تولید و مصرف انرژی است. با توجه به عرضه و تقاضای انرژی بالا در جوامع بشری، میزان مصرف انرژی در صنعت بسیار زیاد است. بنابراین بهینه سازی مصرف انرژی یک امر کاملاً ضروری است. در این میان برای ذخیره انرژی، مواد تغییر فاز دهنده (PCM) نقش اصلی را ایفا می کنند. مواد تغییر فاز به دلیل ظرفیت ذخیره انرژی، کارایی بهتری از خود نشان می دهند چون از اتلاف انرژی جلوگیری می شود. در این مطالعه انواع مواد تغییر فاز دهنده را در دستگاه

<sup>1</sup> Form-stable Composite PCM

<sup>2</sup> Blast Furnace Slag

<sup>3</sup> pre-ground

<sup>4</sup> super-cooling

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



TGA از نظر پایداری حرارتی مورد آزمایش قرار گرفتند و محققان دریافتند این مواد به دلیل پایداری حرارتی بالا قابل استفاده در تجهیزات صنایع گاز و نفت می باشند.

### مراجع

- [1] Gielen, Dolf, Francisco Boshell, Deger Saygin, Morgan D. Bazilian, Nicholas Wagner, and Ricardo Gorini (2019) "The role of renewable energy in the global energy transformation." *Energy Strategy Reviews* 24: 38-50.
- [2] Qazi, Atika, Fayaz Hussain, Nasrudin ABD Rahim, Glenn Hardaker, Daniyal Alghazzawi, Khaled Shaban, and Khalid Haruna (2019) "Towards sustainable energy: a systematic review of renewable energy sources, technologies, and public opinions." *IEEE access* 7: 63837-63851.
- [3] Azam, Anam, Muhammad Rafiq, Muhammad Shafique, Haonan Zhang, and Jiahai Yuan (2021) "Analyzing the effect of natural gas, nuclear energy and renewable energy on GDP and carbon emissions: A multi-variate panel data analysis." *Energy* 219: 119592.
- [4] Azam, Anam, Muhammad Rafiq, Muhammad Shafique, and Jiahai Yuan (2021) "An empirical analysis of the non-linear effects of natural gas, nuclear energy, renewable energy and ICT-Trade in leading CO2 emitter countries: Policy towards CO2 mitigation and economic sustainability." *Journal of Environmental Management* 286: 112232.
- [5] Chen, Zhong-Hua, Fei Yu, Xing-Rong Zeng, and Zheng-Guo Zhang. (2012) "Preparation, characterization and thermal properties of nanocapsules containing phase change material n-dodecanol by miniemulsion polymerization with polymerizable emulsifier." *Applied Energy* 91, no. 1: 7-12.
- [6] Zichittella, Guido, and Javier Pérez-Ramírez (2021) "Status and prospects of the decentralised valorisation of natural gas into energy and energy carriers." *Chemical Society Reviews* 50, no. 5: 29,84-3012.
- [7] Rezvanpour, Mohammad, Mahdi Hasanzadeh, Danial Azizi, Alireza Rezvanpour, and Mohammad Alizadeh (2018) "Synthesis and characterization of micro-nanoencapsulated n-eicosane with PMMA shell as novel phase change materials for thermal energy storage." *Materials Chemistry and Physics* 215: 299-304.
- [8] Saadatkhah, Nooshin, Adrián Carillo Garcia, Sarah Ackermann, Philippe Leclerc, Mohammad Latifi, Said Samih, Gregory S. Patience, and Jamal Chaouki (2020) "Experimental methods in chemical engineering: thermogravimetric analysis—TGA." *The Canadian Journal of Chemical Engineering* 98, no. 1: 34-43.
- [9] Royo, P., L. Acevedo, V. J. Ferreira, T. García-Armingol, A. M. López-Sabirón and G. Ferreira (2019). "High-temperature PCM-based thermal energy storage for industrial furnaces installed in energy-intensive industries." *Energy* 173: 1030-1040.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[10] Zohuri, B. (2017). Compact heat exchangers, Springer.

[11] San, J.-Y. and K.-L. Pai (2009). "Performance of a serpentine heat exchanger: Part II–Second-law efficiency." Applied Thermal Engineering 29(14-15): 3088-3093.

[12] Chauhan, A., and B. Mitt (2012) "Modern approach to research by DSC and its advancements." Pharmaceutica Analytica Acta Journal 3, no. 8.

[13] Bashyal, Umesh (2020) "Failure analysis of injection moulded parts using DSC."

[14] Kodal, Mehmet, Nursel Karakaya, Abdulmounem Alcheikh Wis, and Guralp Ozkoc. "Thermal properties (DSC, TMA, TGA, DTA) of rubber nanocomposites containing carbon nanofillers (2019)" In Carbon-Based Nanofillers and Their Rubber Nanocomposites, pp. 325-366. Elsevier.

[15] Lukas, Kevin, and Peter K. LeMair (2009) "Differential Scanning Calorimetry: Fundamental Overview." Resonance: Journal of Science Education 14, no. 8.

[16] Sarı, Ahmet, Alper Bicer, Ali Karaipekli, Cemil Alkan, and Ahmet Karadag (2010) "Synthesis, thermal energy storage properties and thermal reliability of some fatty acid esters with glycerol as novel solid–liquid phase change materials." Solar Energy Materials and Solar Cells 94, no. 10: 1711-1715.

[17] Fang, Guiyin, Hui Li, and Xu Liu (2010), "Preparation and properties of lauric acid/silicon dioxide composites as form-stable phase change materials for thermal energy storage." Materials Chemistry and Physics 122, no. 2-3: 533-536.

[18] Tan, Hongbo, Yanzhong Li, Hanfei Tuo, Man Zhou, and Baocong Tian (2010) "Experimental study on liquid/solid phase change for cold energy storage of Liquefied Natural Gas (LNG) refrigerated vehicle." Energy 35, no. 5: 1927-1935.

[19] Memon, Shazim Ali, Tommy Yiu Lo, S. A. Barbhuiya, and Weiting Xu (2013) "Development of form-stable composite phase change material by incorporation of dodecyl alcohol into ground granulated blast furnace slag." Energy and buildings 62: 360-367.

[20] Zhang, Yuanbo, Jicheng Liu, Zijian Su, Bingbing Liu, Manman Lu, Guanghui Li, Corby Anderson, and Tao Jiang (2018) "Utilizing blast furnace slags (BFS) to prepare high-temperature composite phase change materials (C-PCMs)." Construction and Building Materials 177: 184-191.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## تعیین اندازه نانوذرات در روش پراکندگی نور دینامیکی پویا: مطالعه مروری

نگار انجمنی ورمونی<sup>۱</sup>، گیتی بهبودی، علی نعمت‌اله‌زاده، عزیز باباپور

دپارتمان مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (www.negar95ajm@yahoo.com)

### چکیده

تعیین اندازه ذرات یکی از نیازهای مهم در صنعت و بیوتکنولوژی به شمار می‌رود و شناسایی کافی نانوذرات برای توسعه نانوفرمولاسیون‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. تعیین اندازه ذرات برای شناسایی مناسب نانوذرات ضروری است. پراکندگی نور دینامیکی یک تکنیک اندازه‌گیری نوری برای توصیف سیستم‌های نانو ذرات است. یکی از عمومی‌ترین روش‌ها برای تعیین توزیع اندازه ذرات است. اندازه‌گیری‌های پراکندگی دینامیک نور<sup>۱</sup> (DLS) به‌عنوان ابزار ساده، آسان و قابل تکرار برای تعیین اندازه ذرات محبوبیت پیدا کرده‌اند. در این روش الگوریتم‌های متفاوتی برای تعیین اندازه و توزیع اندازه ذرات وجود دارد، که با توجه به دقت مورد نیاز و همچنین نمونه‌ی مورد آزمایش انتخاب می‌شوند. نانوتکنولوژی با ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر سروکار دارد. بنابراین، اندازه‌گیری مناسب برای این زمینه اهمیت دارد. خواص فیزیکوشیمیایی نانومواد به بررسی رفتار آن‌ها در محیط‌زیست کمک می‌کند. از این‌رو، شناسایی کافی نانوذرات به‌منظور به دست آوردن داده‌های قابل اعتماد با خروجی بالا ضروری است. در این پژوهش، مروری بر نظریه‌ی پراکندگی نور دینامیکی و الگوریتم‌های متداول تعیین اندازه ذرات انجام شده است.

کلمات کلیدی: نانوذرات - پراکندگی نور دینامیکی - نانوتکنولوژی.

<sup>1</sup> Dynamic light scattering

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۱- مقدمه

از تکنیک های مختلف موجود برای تعیین اندازه نانوذرات میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، یا میکروسکوپ الکترونی اسکنی (SEM) و همچنین پراکندگی پرتو ایکس با زاویه کوچک (SAXS) استفاده می شود. در این مطالعه بر DLS تمرکز شده است (۱۳). اهمیت نانوذرات در طیف وسیعی از زمینه های علمی و فنی، آشکار و غیر قابل انکار است. آن ها عملکرد بسیاری از محصولات صنعتی و پژوهش محور را به طور قابل ملاحظه ای افزایش می دهند. تحقق موفقیت آمیز چنین محصولاتی به شدت به اندازه گیری های ابعادی قابل اعتماد برای ارتباط خواص فیزیکی-شیمیایی در مقیاس نانومتر با عملکرد مورد نظر آن ها بستگی دارد. DLS روش انتخابی در اکثر موارد است. در سال های اخیر، به عنوان مثال، بیش از ۵۰ درصد از محصولات دارویی حاوی نانومواد ارائه شده به مرکز ارزیابی و تحقیقات دارویی در سازمان غذا و داروی ایالات متحده برای تعیین اندازه به DLS متکی بودند. علیرغم تسلط قاطع آن در خصوصیات نانوذرات، سازگاری و تکرارپذیری اندازه گیری های DLS، عمدتاً به دلیل تجزیه و تحلیل و تفسیر داده های مشکوک، یک چالش مهم باقی مانده است (۱۴).

در عمل کنونی، انتخاب وزن و میانگین توزیع اندازه توسط DLS اغلب غیر قابل توجیه است یا به نظر می رسد به طور موقت انتخاب شده است. یک معضل رایج این است که نرم افزار DLS به طور معمول انواع مختلفی از مقادیر مرکزی را بر اساس شدت، حجم یا وزن اعداد به عنوان خروجی اندازه گیری ارائه می دهد. با این حال، متأسفانه، سازندگان ابزار، بهترین راهنماها و استانداردهای مستند، اغلب راهنمایی های مبهم، ناکافی یا حتی نادرست ارائه می کنند. به عنوان مثال، تعریف اندازه DLS در ISO 22412 (۲۰۱۷) فعلی به عنوان "مقدار مرکزی توزیع اندازه ذرات اساسی" مبهم است. یعنی به میانگین، میانه، حالت یا سایر گرایش های مرکزی اشاره دارد (۱۴).

شناسایی کافی نانوذرات به دلیل نگرانی های ایمنی که اغلب به خواص فیزیکی (به عنوان مثال، اندازه ذرات، بار سطحی و شکل) و خواص شیمیایی (به عنوان مثال، عامل دار شدن سطح با لیگاندهای مختلف از جمله پلی اتیلن ژلاتین، ناخالصی و کریستالینیتی) خواص نانوذرات نسبت داده می شود، مرتبط می شود. برای گسترش دامنه کاربردهای نانوذرات، یک چارچوب تحقیقاتی فشرده در دانشگاه و صنعت پدید آمده است و بودجه قابل توجهی توجه رسانه ها را در چند سال اخیر به خود جلب کرده است. بار سطحی و اندازه ذرات دو عامل متداول ذکر شده هستند که مسئول طیفی از اثرات بیولوژیکی نانوذرات از جمله جذب سلولی، سمیت و انحلال هستند. داده های در حال ظهور تأثیر این دو عامل را در پروفایل انتشار از نانوذرات طراحی شده برای حمل محموله های دارویی (مانند ماکرومولکول ها و پپتیدها) و انتشار در مکان های هدف (مانند روده کوچک برای اهداف دارورسانی خوراکی نشان می دهند). بررسی این دو پارامتر در طول



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

توسعه نانوذرات<sup>1</sup> DDS (سیستم های تحویل دارو) مهم است، به ویژه با توجه به این واقعیت که ماتریس های بیولوژیکی برای تغییر این دو ویژگی نانوذرات با مکانیسم های مختلف (مانند جذب پروتئین که باعث ایجاد تاج مشخص می شود) شناخته شده اند. DLS - همچنین به عنوان طیف سنجی همبستگی فوتون یا پراکندگی نور شبه الاستیک شناخته می شود - و ZP<sup>2</sup> (پتانسیل زتا) به عنوان تکنیک های ساده قابل اجرا در محیط های آزمایشگاهی معمولی برای بررسی (هیدرودینامیک) اندازه و بار سطحی نانوذرات ظهور کرده اند. از تکنیک هایی که به طور انحصاری برای شیمی دانان کلوئیدی در دسترس بود، هر دو DLS و ZP به ابزارهای محبوب در جامعه داروسازی تبدیل شده اند. ابزارهای یکپارچه، فشرده و مقرون به صرفه، رابط های دیجیتال کاربر پسند را همراه با امکان تجزیه و تحلیل جامع داده ها ارائه می دهند. علاوه بر این، تکنیک ها غیر تهاجمی هستند و نیاز به حداقل آماده سازی نمونه و بدون کالیبراسیون قبل آزمایشی دارند. ابزارهای مدرن قادرند کاربران را در مورد کیفیت داده های تولید شده با امکان اندازه گیری های وابسته به زمان و امکان صادرات ردیابی داده ها به صورت فایل های سازگار با نرم افزارهای مختلف ترسیم راهنمایی کنند. متأسفانه، به دلیل استفاده مکرر با عدم رعایت احتیاط و آموزش مناسب، کیفیت داده های گزارش شده با DLS و ZP در تحقیقات نانوپزشکی همیشه عالی نیست. پراکندگی نانوذرات در سیستم های کلوئیدی فازهای دوگانه را نشان می دهد، در طول زمان ته نشین نمی شود و با حرکت براونی ذرات مشخص می شود. برای نانوذرات باردار، سیستم به دلیل اثر متقابل بین سطوح، مولکول ها و یون ها که منجر به ایجاد لایه های جذب شده روی نانوذرات می شود، پیچیده تر می شود. هم DLS و هم ZP از این خواص پراکندگی کلوئیدی برای استنتاج شعاع هیدرودینامیکی (RH) استفاده می کنند [۱]. در این مطالعه مروری، بر نظریه پراکندگی نور دینامیکی و الگوریتم های متداول تعیین اندازه ذرات پرداخته شده است.

### ۲- پراکندگی نور پویا (DLS)

پراکندگی نور پویا یا DLS یک اندازه گیری سریع و مجموعه ای مبتنی بر سل است که مطابق شکل ۱ اطلاعات مربوط به ضریب انتشار نانوذرات را از تجزیه و تحلیل همبستگی نوسانات سیگنال اساسی استخراج می کند [۲]. شدت پراکندگی از یک پرتو لیزر ارسال شده از طریق یک پراکندگی نانوذره به دلیل حرکت براونی در نوسان است. سرعت این نوسانات می تواند ضریب انتشار آن ها و در نتیجه اندازه هیدرودینامیکی آن ها را نشان دهد. DLS همچنین به عنوان طیف سنجی همبستگی فوتون<sup>3</sup> (PCS) یا پراکندگی نور شبه الاستیک (QELS) شناخته می شود. داده ها ممکن است به صورت ریاضی معکوس شوند تا توزیع اندازه شدت به دست آید. با توجه به ماهیت تکنیک، داده ها دقت پایین

<sup>1</sup> Drug delivery systems

<sup>2</sup> Zeta potential

<sup>3</sup> Photon correlation spectroscopy

<sup>4</sup> Quasi-elastic light scattering

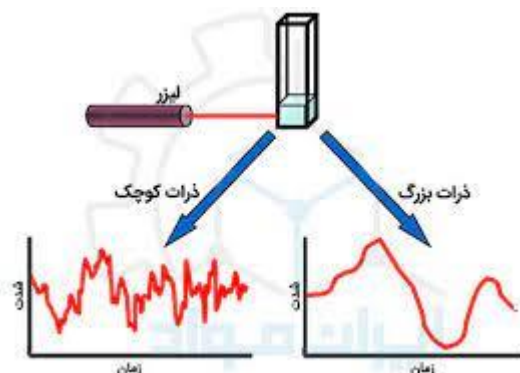
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

و حاوی چند پراکندگی ذاتی از مواد استاندارد کامل خواهند بود. در یک تبدیل دیگر، توزیع شدت ممکن است به توزیع  
حجمی تبدیل شود، داده ها از کیفیت کافی برخوردار هستند [۲].



شکل ۱. شماتیک پیکربندی نوری در DLS [۲].

### ۲-۱- اندازه ذرات در تعریف نانومواد

اندازه یک عامل مهم برای تعریف نانوذرات است، اگرچه بحث های قابل توجهی در مورد آستانه اندازه برای تشخیص  
نانوذرات از مواد فله وجود دارد. به منظور پرداختن به این موضوع، اتحادیه اروپا دستورالعملی (EU/۶۹۶/۲۰۱۱) منتشر  
کرد که دستورالعمل های خاصی را در مورد چگونگی تعریف یک نانومواد ارائه می کرد. برخی از گزیده های مرتبط از  
سند عبارتند از [۱]:

(۱) [بند ۸] «یک محدوده اندازه تعریف شده، تفسیر یکنواخت را تسهیل می کند. حد پایین در ۱ نانومتر پیشنهاد  
شد. حد بالایی ۱۰۰ نانومتر معمولاً با رضایت و موافقت عمومی استفاده می شود، اما هیچ مدرک علمی برای حمایت از  
مناسب بودن این مقدار وجود ندارد. استفاده از یک حد بالایی ممکن است برای طبقه بندی نانومواد بسیار محدود کننده  
است و یک رویکرد متمایز ممکن است مناسب تر باشد.

[بند ۹] «سازمان بین المللی استاندارد، اصطلاح «نانوماده» را به عنوان «مواد» با هر ابعاد خارجی در مقیاس نانو یا  
داشتن ساختار داخلی یا ساختار سطحی در «مقیاس نانو» تعریف می کند. اصطلاح «مقیاس نانو» به عنوان محدوده اندازه  
تقریباً ۱ نانومتر و ۱۰۰ نانومتر تعریف می شود.

[پاراگراف ۱۱] «یک نانو ماده همان طور که در این توصیه تعریف شده است باید ۵۰٪ یا بیشتر از ذرات دارای اندازه  
بین ۱ نانومتر تا ۱۰۰ نانومتر باشد.»

علاوه بر ارائه تعریف الزام آور قانونی از نانومواد، این سند همچنین دستورالعمل های روشنی در مورد چگونگی توصیف  
آن ها ارائه می دهد:

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



(۴) [بند ۸] «برای اهداف نظارتی، توزیع اندازه اعداد نیز باید با استفاده از اندازه متوسط و انحراف استاندارد اندازه برای اصلاح تعریف در نظر گرفته شود. توزیع اندازه یک ماده باید به صورت توزیع اندازه بر اساس غلظت عددی (یعنی تعداد اجسام در محدوده اندازه معین تقسیم بر تعداد اشیاء در کل) و نه بر اساس کسر جرمی ذرات نانومتری در نانومواد ارائه شود. یک کسر جرمی کوچک ممکن است دارای بیشترین تعداد ذرات باشد. گزاره های جالب کمی در این سند ارائه شده است و درک DLS به عنوان یک ابزار اندازه گیری اندازه نانوذرات از این منظر مناسب است. این سند آستانه اندازه بسیار محبوب بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر را کاهش داد تا به عنوان نانومواد در نظر گرفته شوند، اگرچه هنوز مواد در مقیاس نانو تعریف شده است که حداقل یک بعد خارجی  $\geq 100$  نانومتر داشته باشند. حتی مخلوطی از ذرات با اندازه های مختلف را می توان به عنوان نانومواد در نظر گرفت تا زمانی که ۵۰% ذرات (بر اساس تعداد) موجود  $\geq 100$  نانومتر باشد. در نتیجه اکنون دانستن توزیع اندازه جمعیت مختلف ذرات در یک مخلوط مهم می شود.

### ۲-۲- پراکندگی نور توسط ذرات

ذرات نور فرودی را متناسب با توان ششم شعاع خود پراکنده می کنند. وقتی اندازه ذرات  $b1/10$  طول موج نور فرودی (یعنی  $\lambda/10$ ) باشد، نور پراکنده همان انرژی (پراکندگی الاستیک) را به نور فرودی منتقل می کند و وابسته به زاویه نیست (پراکندگی رایلی). با این حال، زمانی که اندازه ذرات از این آستانه  $\lambda/10$  فراتر رفت، پراکندگی رایلی با پراکندگی Mie جایگزین می شود که در آن نور پراکنده از نظر انرژی (پراکندگی غیرکشسان) مطابق شکل ۲ با نور فرودی وابسته به زاویه است، جایی که نور پراکنده در جهت نور فرودی شدیدتر است. این آستانه اندازه ( $\lambda/10$ ) به دلیل نحوه تعامل امواج الکترومغناطیسی با یک ذره است [۱].



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

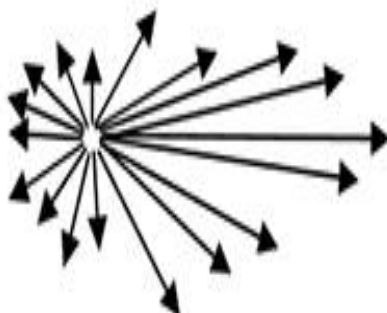
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



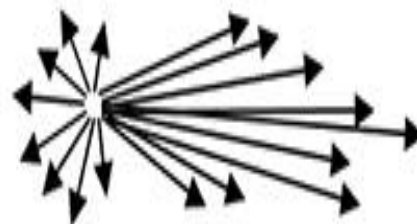
پراکندگی ریلی



پراکندگی مای



پراکندگی مای از ذرات بزرگتر



جهت نور ورودی →

شکل ۲. شماتیک تفاوت بین پراکندگی Rayleigh و Mie [۱].

۲-۳- پراکندگی نور توسط ذرات

عملگرهای اساسی ریاضی ذرات موجود در پراکندگی کلوئیدی لیزر فرودی را پراکنده می کنند و شدت نور پراکنده در DLS تشخیص داده می شود. ذرات متحرک پیوسته در پراکندگی باعث تداخل سازنده و مخرب می شوند و از این رو، شدت نور پراکنده در طول زمان در نوسان است (شکل ۳آ). در DLS، نوسان شدت در نور پراکنده با فواصل فروپاشی کوتاه ( $\tau$ ) همبستگی دارد و شدت تابع همبستگی خودکار (ACF) از طریق معادله تک نمایی زیر (شکل ۳ب) برای نمونه هایی با ذرات تک پراکنده خالص به دست می آید (معادله ۱) [۱]:

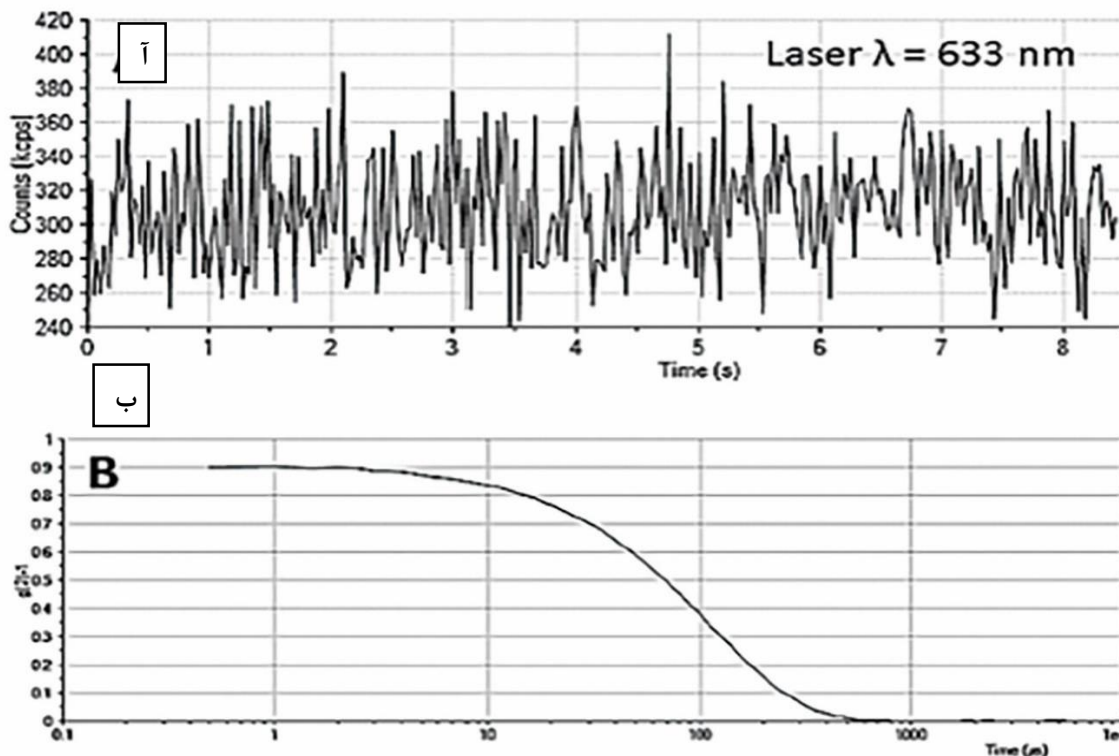
<sup>1</sup> Autocorrelation Function

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳. (الف) نوسان در شدت نور پراکنده شده توسط نانوذرات در طول DLS به دلیل تداخل های سازنده و مخرب (ب) همبستگی ایجاد شده توسط نرم افزار به منظور تخمین  $R_H$ . نتایج حاصل از اندازه گیری های DLS در ۲۵ درجه سانتی گراد بر روی دانه های لاتکس کربوکسیله ۱۰۰ نانومتری ( $PDI = 0.1$ ) پراکنده در آب (۱۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر) [۱].

$$G(\tau) = 1 + b \cdot e^{-2Dtq^2\tau} \quad (1)$$

در اینجا،  $b$  = ثابت وابسته به ابزار و تنظیمات اپتیک،  $D_t$  = ضریب انتشار انتقالی و  $q$  = بردار پراکندگی است که می تواند بیش تر به صورت (معادله (۲)) بیان شود [۱]:

$$|q| = \frac{4\pi n_0}{\lambda_0 \sin \frac{\theta}{2}} \quad (2)$$

که در آن،  $n_0$  = ضریب شکست (RI) حلال،  $\lambda_0$  = طول موج در خلاء و  $\theta$  = زاویه پراکندگی است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شدت  $ACF(G(\pi))$  اغلب به صورت  $G2(\tau)$  نوشته می شود و به عنوان تابعی از تابع همبستگی میدان  $G1(\tau)$  همان طور که در معادله زیر ذکر شده است بیان می شود [۱]:

(۳)

$$G2(\tau) = 1 + G1(\tau)^2$$

در ابزارهای DLS (به عنوان مثال، Malvern Zetasizer) یک همبستگی ایجاد می شود که در آن تابع همبستگی خام (RCF) در برابر زمان تاخیر ( $\tau$ ) ترسیم می شود (شکل ب ۲) همانطور که در معادله نشان داده شده است [۱]:

(۴)

$$RCF = G2(\tau) - 1 = G1(\tau)^2$$

که نشان می دهد که RCF به تابع همبستگی میدان  $G1(\tau)$  وابسته است. توابع خودهمبستگی  $[G2(\tau) - 1]$  یا  $G2(\tau)$  در DLS با برازش داده ها محاسبه می شوند و سپس  $D_t$  با استفاده از معادله (۱) محاسبه می شود. شعاع هیدرودینامیکی ( $R_H$ ) ذرات کروی جامد را می توان همانطور که در معادله ۵ نشان داده شده است به دست آورد (معادله استوکس-اینشتین) [۱]:

(۵)

$$D_t = \frac{k_B T}{6\pi\eta R_H}$$

که در آن  $k_B =$  ثابت بولتزمن ( $1.380658 \times 10^{-23}$  J/K)،  $T =$  دما،  $\eta =$  ویسکوزیته مطلق و  $R_H =$  شعاع هیدرودینامیکی است.

معادلات ریاضی توصیف شده نشان می دهد که نتایج DLS به چند متغیر از جمله ویسکوزیته حلال، ابزار، دما، RI (ضریب شکست) ماده و غیره بستگی دارد [۱].

$R_H - 4 - 2$  (شعاع هیدرودینامیکی) و  $Rg$  (شعاع چرخش)

$R_H$  (شعاع هیدرودینامیکی) شعاع کره سخت فرضی است که با همان سرعت ذرات مورد سنجش تحت DLS منتشر می شود. از این رو،  $R_H$  یک اندازه گیری فرضی است، زیرا چنین کره های سختی به ندرت در پراکندگی های کلوئیدی وجود دارند.

<sup>1</sup> Raw correlation function



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

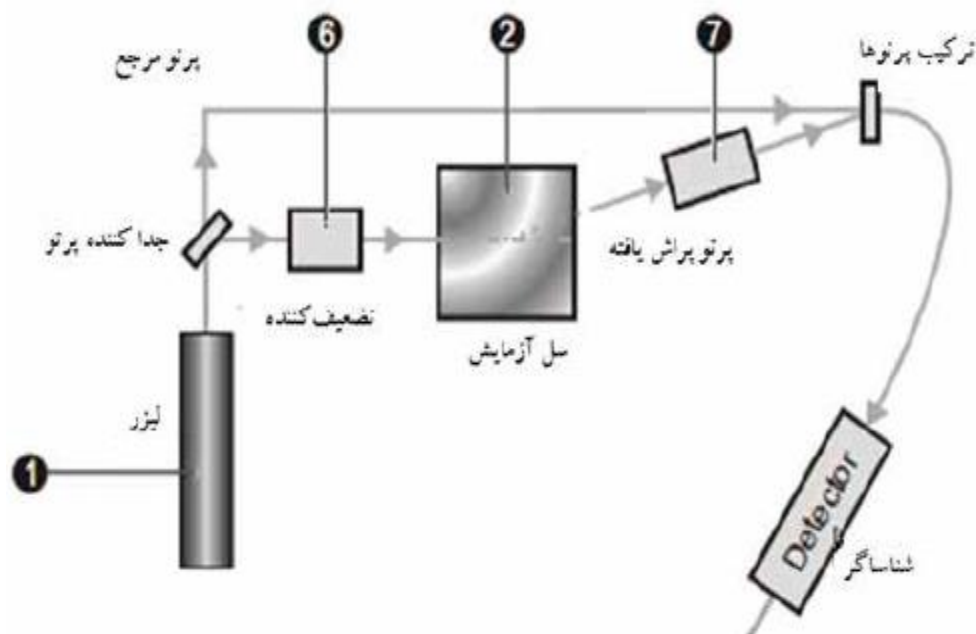
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

DLS تنها اندازه نشان گر کلئوئید را ارائه می دهد. Rg (شعاع چرخش) میانگین جرم فاصله از مرکز جرم تا هر اتم درون مولکول (به عنوان مثال، پروتئین) یا نانوذره است. برای نانوذرات کوچک تر که پراکندگی ریلی را نشان می دهند، Rg با SAXS (پراکندگی پرتو ایکس با زاویه کوچک) اندازه گیری می شود در حالی که پراکندگی نور ساکن (SLS) برای ذرات بزرگتر که پراکندگی Mie ناهمسان گرد را نشان می دهند، استفاده می شود. نسبت Rg/RH بینش هایی را در مورد فشردگی و شکل ذرات پراکنده ارائه می دهد (~0.78) برای نانوذرات کروی، 1/5-2/1 برای سیم بیچ ها و <math>2</math> برای نانولوله ها [3].

### ۳- ابزار دقیق و جنبه های فنی DLS

طیف وسیعی از ابزارهای پراکندگی نور ا به عنوان مثال، Malvern (سری Zetasizer @)، Brookhaven (سری NanoDLS @)، Microtrac (سری Wave II @) [در سال های اخیر ظاهر شده اند. سری ابزارهای The Malvern Zetasizer @ در بین فارغ التحصیلان دانشگاهی محبوبیت زیادی دارند و به عنوان تکامل تدریجی Correlator اصلی Malvern @ که در سال 1970 به بازار عرضه شد، ظاهر شدند. به طور کلی این ابزارها دارای سه جزء اصلی لیزر، نمونه و آشکارساز نور هستند (شکل 4) [1].



شکل 4. شماتیک ابزار دقیق DLS [1].

<sup>1</sup> Small angle X-ray scattering

<sup>2</sup> Static light scattering

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

#### ۱-۳- لیزر

لیزر مورد استفاده در Malvern Zetasizer® لیزر ۴ mW Ne-He با طول موج ۶۳۳ نانومتر است به استثنای Zetasizer® APS و Zetasizer®  $\mu V$  که در آن لیزرهای دایود ۶۰ mW (۸۳۰ نانومتر) استفاده می شود. Malvern همچنین ابزارهای DLS را با طول موج های دیگر به عنوان مثال، ۵۳۲ نانومتر (سبز) تامین می کند. سری NanoDLS دارای لیزر با طول موج ۶۳۸ نانومتر است. منابع لیزر پرتوی پایدار از نور تک رنگ منسجم را ارائه می دهند. یک تضعیف کننده برای تغییر قدرت لیزر وجود دارد [۱].

#### ۲-۳- نمونه

سل های تمیز و مربعی ساخته شده از شیشه بدون خش یا پلاستیک یک بار مصرف شفاف نوری (۳ × ۳ میلی متر، ۵ × ۵ میلی متر یا ۱۰ × ۱۰ میلی متر) استفاده می شود. سل های پلاستیکی با الکترودهای داخلی با قابلیت اندازه گیری DLS و ZP (DTS1070 سازگار با ZS, Zetasizer® ZS90 و ZS90) نیز موجود است. نمونه باید تمیز، همگن و شفاف بدون رسوب باشد. حداقل حجم نمونه مورد نیاز با مدل متفاوت است (۱۲ میکرولیتر برای Zetasizer® S، ۲ میکرولیتر برای Zetasizer®  $\mu V$ ). با این حال، حداقل ۱-۲ میلی لیتر نمونه باید برای به دست آوردن داده های با کیفیت خوب تهیه شود [۱].

#### ۳-۳- آشکارساز

ابزارهای مدرن DLS مجهز به آشکارسازهای APD هستند که بازده کوانتومی ۶۵٪ در طول موج های قرمز دارند و بنابراین، از لیزرهای ۶۳۳ نانومتری استفاده می شود. در جدیدترین ابزارها، آشکارسازها در زاویه ۱۷۳ درجه قرار می گیرند تا پراکندگی عقب را تشخیص دهند، اگرچه در برخی از نسخه های قدیمی (Nano S90, ZS90) زاویه هنوز ۹۰ درجه است. قرار دادن آشکارسازها در ۱۷۳ درجه تشخیص پراکندگی برگشتی را امکان پذیر می کند و از نور پراکنده اضافی جلوگیری می کند. این کمک می کند تا سیگنال های نور پراکنده با شدت کم که از ذرات کوچک تر منشا می گیرند، پنهان شود. همچنین مساحت نمونه روشن شده در داخل سل را در مقایسه با آرایش ۹۰ درجه افزایش می دهد (۸ برابر). در چنین NIBS (سیستم پراکندگی غیر تهاجمی) لنزهای فوکوس برای تغییر طول مسیر نور پراکنده قبل از رسیدن به آشکارساز با انتخاب ناحیه نورانی نمونه در وسط (برای نمونه های رقیق) یا نزدیک به آن در دسترس هستند [۴].

#### ۴-۳- رابط نرم افزار عامل

<sup>1</sup> Non-invasive backscatter system

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

نرم افزارهای فعلی (به عنوان مثال، Zetasizer®) با ارائه یک سری گزینه، امکان طراحی SOP های سفارشی (پروتکل های عملیاتی استاندارد) را در اختیار کاربران قرار می دهند. رابط به کاربر اجازه می دهد تا داده ها را برای حلال ها (به عنوان مثال، نام حلال، ویسکوزیته) و مواد (به عنوان مثال، RI، جذب) وارد کند. داده های متداول ترین پراکنده کننده ها (مانند آب، تولوئن) و مواد (مانند پلی استایرن، پروتئین) به طور پیش فرض در آخرین نسخه ها وجود دارد. در حالی که منابع آنلاین برای جزئیات در مورد سایر حلال ها و مواد موجود است. این اطلاعات به ویژه در هنگام پراکنده گی Mie ناهمسانگرد اهمیت پیدا می کند. ورودی در شرایط تجربی (به عنوان مثال، دما، زمان تعادل) نیز مورد نیاز است. پس از تولید، SOP ها می توانند بر روی نمونه های بعدی بدون تغییر اجرا شوند. Zetasizer® داده های توزیع اندازه را در زبانه اصلی نشان می دهند، در حالی که زبانه دوم  $ACF(G1(\pi)-1)$  و شدت نور پراکنده نوسان (kcps) را در طول زمان نشان می دهد. برگه سوم بیش تر برای راهنمایی است که به طور سیستماتیک تمام آزمایش های در حال اجرا را جدول بندی می کند و کیفیت داده ها را نشان می دهد. پس از اتمام آزمایش، داده ها در پایگاه داده قابل بازیابی ذخیره می شوند. به طور معمول، هر دو اندازه و توزیع اندازه با PDI (شاخص پراکنده گی چندگانه) بیش از شدت، حجم و تعداد ارائه می شود. داده های توزیع اندازه هم به صورت نمودار خطی یا هم به صورت هیستوگرام در دسترس هستند و می توانند با نرم افزارهایی که به صورت رایگان برای دانلود از منابع آنلاین Malvern در دسترس هستند، صادر شوند [۵].

### ۳-۵- الگوریتم های برازش داده ها و تجزیه و تحلیل

در DLS، ACF نور پراکنده با دو الگوریتم ریاضی متفاوت نصب شده است:

الف) در روش تجمعی، قسمت اولیه (تا ۱۰٪) ACF در یک واپاشی نمایی منفرد قرار می گیرد که در آن ترم تجمعی اول و دوم به ترتیب با میانگین Z و PDI ارائه می شود. بنابراین، اندازه میانگین Z همیشه یک مقدار واحد برای هر نمونه ارائه می دهد. روش تجمعی نسبت به سایر الگوریتم ها در برابر نویز آسیب پذیرتر است. با این حال، برای نمونه های پلی دیسپرس ناهمگن نامناسب است و در مواردی ممکن است همراه کننده باشد.

ب) الگوریتم CONTIN برای نمونه های چندپراکنده و ناهمگن که برازش تجمعی نامناسب است ترجیح داده می شود. در اینجا، تابع همبستگی با دوره های زمانی طولانی تر برازش داده می شود و تجزیه و تحلیل توزیع اندازه را با اندازه و عرض متوسط برای هر پیک ارائه می دهد.

برای نمونه های کاملاً تک پراکنده، هر دو این الگوریتم باید نتایج یکسانی را تولید کنند. با این حال، در واقعیت، نمونه ها به ندرت تک پراکنده هستند و از این رو، نتایج به دست آمده از طریق این دو الگوریتم متفاوت است. PDI برای

<sup>1</sup> Standard operating protocol

<sup>2</sup> Kilo counts per second



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

DLS معمولاً شدت نور پراکنده شده توسط بخش های مختلف ذرات با اندازه های متفاوت را نشان می دهد و با (عرض/میانگین) ۲ برای هر پیک محاسبه می شود. در حالی که  $PDI \leq 0.1$  به عنوان مقادیر بسیار تک پراکنده  $0.1-0.4$  در نظر گرفته می شود و  $NO.4$  به ترتیب به طور متوسط و بسیار پراکنده در نظر گرفته می شوند [۱].

### ۴- عوامل موثر بر نتایج DLS

#### ۴-۱- آماده سازی نمونه

آماده سازی نمونه در اندازه گیری های DLS بسیار مهم است. نمونه ها یا در حلال ها (به عنوان مثال، آب، متانول، اتانول و تولوئن) یا رقیق کننده ها (مثلاً متانول ۱۰٪ در آب) تهیه می شوند [۶]. برخی از حلال ها (مانند تولوئن) نور را پراکنده می کنند که به عنوان نویز پس زمینه دخالت می کنند. در حالی که برخی مانند DMSO<sup>۱</sup> تغییرات قابل توجهی در ویسکوزیته با تغییر دما نشان می دهند [۷]. نمونه های اندازه گیری DLS باید شفاف، همگن و بدون تیرگی باشند. بررسی ته سل برای رسوب مفید است، هر رسوب وجود ذرات بزرگ تر را تایید می کند که می تواند به دلیل پراکندگی ضعیف، pH اشتباه و فراصوت ناکافی باشد و آزمایش را به خطر بیندازد. استفاده از آب DI<sup>۲</sup> (دیونیزه) معمولاً توصیه نمی شود؛ زیرا عدم وجود یون ها نمی تواند از فعل و انفعالات طولانی بین ذرات محافظت کند، از این رو اندازه به دست آمده در آب DI همیشه ۲ تا ۱۰ نانومتر بزرگ تر از اندازه واقعی است. در شرایط کمی مانند PEC<sup>۳</sup> استفاده از آب شور رقیق داده های بهتری را ارائه می دهد، زیرا یون ها از ذرات در برابر فعل و انفعالات دور دست محافظت می کنند [۸]. استفاده از ۱۰ میلی مولار KNO<sub>3</sub> در مقایسه با NaCl بهتر است؛ زیرا یون های کلرید بسیار واکنش پذیر هستند. فیلتر کردن نمونه ها برای حذف ذرات گرد و غبار یا توده مفید است اگرچه این امر می تواند توزیع اندازه باریک مصنوعی ایجاد کند. با استفاده از فیلترهای به طرز صحیح شسته شده با اندازه منافذ سه برابر بزرگ تر از (مثلاً ۵ میکرومتر) بزرگ ترین ذرات مورد انتظار در نمونه ها را می توان انجام داد. ذرات بزرگ با چگالی کم ممکن است در بالای لایه حلال شناور شوند (کرم رنگ) و می توانند DLS را بی اثر کنند. برای فرمولاسیون پودر (مثلاً محصولات خشک شده منجمد) هم زدن شدید می تواند نانوذرات را حل کند. برای انجام سونیکاسیون به خصوص زمانی که پروتئین ها درگیر نمونه هستند باید احتیاط کرد. به دست آوردن یک پراکندگی پایدار و همگن در نانوذرات پلیمری توسط فراصوت ممکن است تا ۲۴ ساعت طول بکشد [۹].

#### ۴-۲- غلظت نمونه

<sup>1</sup> Dimethyl sulfoxide

<sup>2</sup> Deionized

<sup>3</sup> Polyelectrolyte complex

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

غلظت بالاتر نانوذرات منجر به پراکندگی چندگانه می شود که در آن نور پراکنده شده از یک ذره قبل از رسیدن به آشکارساز با ذرات دیگر تعامل می کند و شدت خود را از دست می دهد. در نتیجه اندازه به دست آمده به طور مصنوعی کوچک تر است. تجمع غیر قابل پیش بینی در غلظت های بالا اتفاق می افتد؛ مگر اینکه از سورفکتانت ها استفاده شود [۱۰]. برعکس، استفاده از نمونه های خیلی رقیق ممکن است نور پراکنده کافی برای تجزیه و تحلیل تولید نکند. بنابراین، یافتن غلظت نمونه بهینه ضروری است. ارائه یک دستورالعمل کلی در مورد غلظت ایده آل برای DLS دشوار است؛ زیرا متفاوت است و به عوامل مربوط به هر دو ابزار (مانند حجم پراکندگی، زاویه پراکندگی، توان لیزر و حساسیت آشکارساز) و خواص مواد (به عنوان مثال وزن مولکولی و فشردگی) از ذرات بستگی دارد. به عنوان مثال، نانوذراتی که کروی هستند، نور بیشتری را نسبت به نانوذراتی که فشرده تر هستند پراکنده می کنند. کتابچه راهنمای Malvern Zetasizer® بیان می کند که حداقل یک میلیون ( $10^6$ ) فوتون باقی مانده باید در طول آزمایش شناسایی شوند تا داده های با کیفیت خوب با نسبت سیگنال به نویز (S/N) بالا به دست آید که در آن فوتون های باقی مانده به معنای تفاوت بین فوتون های پراکنده از نمونه و حلال باشند [۱۱]. کتابچه راهنمای کاربر Brookhaven Instruments یک غلظت نمونه را پیشنهاد می کند که می تواند تعداد حداکثر تا ۶۰۰ keps را تولید کند، اگرچه شمارش های بین ۵۰۰-۶۰۰ keps برای اکثر نمونه ها خوب عمل می کنند. نویز در آزمایش های DLS به طور معکوس متناسب با جذر فوتون های شمارش شده تغییر می کند و از این رو، یک آستانه حداقلی برای تعداد فوتون های مورد نیاز برای دستیابی به نسبت S/N خوب وجود دارد. در عمل، ممکن است لازم باشد آزمایش های DLS روی رقیق سازی سریالی برای تعیین غلظت بهینه انجام شود [۱۲].

#### ۴-۳- تاثیر تجمع

نانوذرات تمایل به تجمع دارند و در حالی که برخی از این تجمعات برگشت پذیر هستند. بنابراین، سورفکتانت های مختلف اغلب برای تولید پراکندگی های پایدار استفاده می شوند. به دست آوردن داده های با کیفیت بالا از پراکندگی با نانوذرات تجمع شده دشوار است، زیرا توده های تجمع شده بزرگ تر، نور زیادی را پراکنده می کنند که ممکن است به آشکارساز آسیب برساند. پراکندگی بیش از حد، نور پراکنده شده با شدت کم را از ذرات کوچک تر می پوشاند. از این رو، قله های گسترده ظاهر می شوند، در حالی که اعتماد به داده ها کاهش می یابد. تجمع با افزایش غلظت افزایش می یابد و بنابراین، DLS فقط در غلظت های رقیق (معمولا ۵۰-۱۰۰ میکروگرم در میلی لیتر) قابل اعتماد است که آن را برای بسیاری از فرمول های درمانی که در آن غلظت های بسیار بالاتر (تا چند میلی گرم در میلی لیتر) استفاده می شود، نامناسب می کند [۱۳].

#### ۴-۴- شکل نانوذرات

اغلب نانوذرات از قبیل، نانوستارها و نانولوله ها کروی نیستند. برای چنین نانوذراتی، DLS یک  $R_H$  ارائه می دهد که طبق تعریف، شعاع یک کره سخت فرضی است که با سرعت مشابه با نانوذرات غیر کروی در پراکندگی حرکت می کند.

$$D_t = \frac{k_B T}{2\pi n l} \left[ \ln \left( \frac{L}{d} \right) \right] + 0.32$$

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



نیر و همکاریانش<sup>۱</sup> معادله استوکس-انیشیتین را به گونه ای اصلاح کرده اند که داده های به دست آمده از ساختارهای استوانه ای (مانند نانولوله ها) برازش شود [۱۴]:

(۶)

که  $k_B$  ثابت بولتزمن ( $1.38 \times 10^{-23}$  J/K)،  $T$  دما،  $\eta$  ویسکوزیته مطلق،  $L$  طول سیلندر و  $d$  قطر سیلندر است. نسبت ابعاد ( $L/d$ ) برای نانولوله ها شناخته شده است و از این رو،  $D_t$  برای چنین نانومواد استوانه ای نیز می تواند توسط DLS تعیین شود.

### ۴-۵- انتشار چرخشی نانوذرات

در DLS معمولاً ضریب انتشار انتقالی ( $D_t$ ) تعیین می شود، در حالی که ضریب انتشار چرخشی ( $D_r$ ) اغلب شناسایی نمی شود، زیرا ذرات پراکنده بسیار سریع می چرخند. با این حال، برای برخی از ذرات (به عنوان مثال، طلای کلئیدی، نانوذرات بزرگ تر و کریستالی) پیک های شدت در اندازه های کوچک تر ( $10^{-1}$  نانومتر) ممکن است به دلیل انتشار چرخشی ذرات ظاهر شود. ساده ترین راه برای شناسایی این پیک ها، مقایسه طیف های DLS روی همان نمونه در زوایای پراکندگی  $90^\circ$  و  $173^\circ$  درجه است. برخلاف انتشار انتقالی، پراکندگی نور در اثر چرخش ذرات وابسته به زاویه نیست و از این رو، هیچ جابه جایی برای پیک های ناشی از انتشار چرخشی مشاهده نخواهد شد. برعکس به دلیل جابه جایی انتقالی در زوایای پراکندگی مختلف به اوج می رسد [۱۲].

### ۴-۶- موارد مربوط به سل

برای نمونه هایی دارای حلال های آلی یا آزمایش هایی که به دمای بالای  $50^\circ$  درجه سانتی گراد نیاز دارند، باید از سل های پلاستیکی اجتناب شود. مخصوصاً برای سل های شیشه ای، زمانی که ناحیه روشنایی نزدیک به دیواره آن است - بخشی از لیزر بازتابیده شده از دیوار - ممکن است توسط آشکارساز به عنوان نور با شدت بالا ثبت شود. این به عنوان شعله ور شناخته می شود و معمولاً به صورت پیک تیز در  $10^{-1}$  میکرومتر ظاهر می شود. برای جلوگیری از شعله ور شدن ناحیه روشنایی باید با استفاده از لنز فوکوس به سمت وسط سل حرکت کرد [۱۲].

### ۴-۷- تعمیر و نگهداری ابزار

<sup>1</sup> Nair et al.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

برای به دست آوردن داده های با کیفیت بالا از DLS، تعمیر و نگهداری مناسب ابزار مورد نیاز است. پس از روشن کردن دستگاه باید حداقل ۳۰ دقیقه دست نخورده بماند تا زمان کافی برای تثبیت لیزر داشته باشد. طبق دستورالعمل- های منتشر شده توسط NIST (موسسه ملی استاندارد و فناوری)، ابزارها باید به طور منظم با نانوذرات مرجع با اندازه دقیق مشخص و PDI بسیار پایین بررسی شوند. سیتوکروم C یا BSA (آلبومین سرم گاوی) و دانه های لاتکس با اندازه های مختلف (به عنوان مثال، ۱۰۰ نانومتر) می توانند به ترتیب به عنوان مرجع برای اندازه های  $\geq 20\text{nm}$  و  $\geq 20\text{nm}$  استفاده شوند. ابزار باید بتواند اندازه ها را در ۲٪ انحراف برای نمونه های مرجع نشان دهد. طلای کلئیدی با اندازه های مختلف نیز می تواند به عنوان ماده مرجع استفاده شود [۱۲].

### ۵- موارد عملی

#### ۵-۱- وضوح DLS

یک ضعف ذاتی DLS وضوح پایین آن است. به عنوان مثال، DLS قادر به تمایز بین ذرات ۹۰ و ۱۱۰ نانومتر نیست و یک پیک گسترده با PDI بالا ظاهر می شود. برای ارائه وضوح پیک، DLS به ذرات متفاوت در اندازه با حداقل یک فاکتور از ۳ (به عنوان مثال، ۱۰ و ۳۰ نانومتر، ۵۰ و ۱۵۰ نانومتر) نیاز دارد. این یک محدودیت DLS به خصوص برای نمونه های خیلی پراکنده است. برای افزایش وضوح، می توان قبل از اندازه گیری ذرات، جداسازی انجام داد. جدیدترین ابزارهای DLS را می توان با ابزارهای تحلیلی همراه کرد که DLS را قادر می سازد اندازه هر کسری را دقیقاً تعیین کند [۱۵].

#### ۵-۲- بیان $R_H$ بر اساس شدت، حجم یا تعداد

یک معضل رایج که محققان با آن مواجه هستند، نحوه بیان اندازه ذرات است؛ زیرا اکثر نرم افزارهای DLS فعلی گزینه هایی را برای بیان توزیع اندازه ذرات بر اساس شدت، تعداد و حجم ارائه می دهند. بیان داده ها بر روی این سه پارامتر اغلب سه توزیع مختلف  $R_H$  و اندازه ایجاد می کند. اصول DLS بر اساس اندازه گیری شدت نور پراکنده است و از این رو، مقدار نماینده  $R_H$  همیشه باید در اندازه گیری شدت استنتاج شود در حالی که دو پارامتر دیگر (حجم و تعداد) باید فقط به عنوان اطلاعات پشتیبانی استفاده شوند [۱۲].

#### ۵-۳- اهمیت ورود اطلاعات صحیح به نرم افزار

در نرم افزارهایی مانند Zetasizer® باید با داده های مربوط به هر دو فازهای پراکنده کننده (مانند RI و ویسکوزیته) و پراکنده شونده (مانند RI و جذب) وارد شوند. برای پراکنده سازهای ریلی ( $\geq 100$  نانومتر) این اطلاعات اغلب مورد نیاز نیست. با این حال، برای ذرات  $100\text{N}$  نانومتر - که اغلب در مورد DDS نانوذرات صدق می کند - این اطلاعات بسیار مهم می شود. دانستن RI و ویسکوزیته دقیق نمونه در چنین مواردی ضروری است و می توان به ترتیب با استفاده از رفراکتومتر و رئومتر به دست آورد. پیش بینی اینکه چگونه نانوذرات ویسکوزیته نمونه را تغییر می دهند

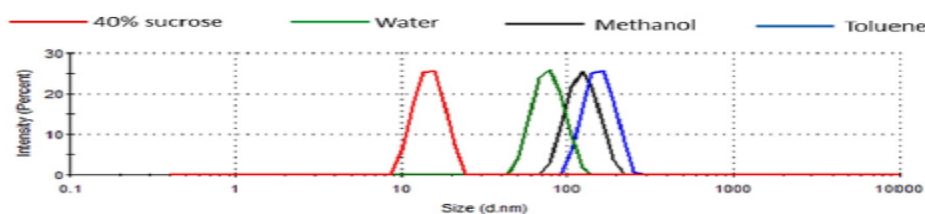
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

دشوار است. به عنوان یک دستورالعمل کاری می توان بیان کرد که اگر تعداد نانوذرات در واحد حجم پراکنده کننده با افزایش غلظت افزایش یابد، معمولاً ویسکوزیته پراکندگی را نیز افزایش می دهد [۱۶]. دانستن این پارامترها در مورد پراکنده کننده و آموزش نرم افزار بر این اساس برای جلوگیری از داده های اشتباه بسیار مهم است. دو آن و همکارانش<sup>۱</sup> مثالی را اجرا کردند که در آن DLS روی پراکندگی دانه های لاتکس کربوکسیله شده با تک پراکندگی بالا (~ ۱۰۰ نانومتر) در آب (۱۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر) در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد انجام شد، اما در تنظیمات برای پراکنده کننده های مختلف (۴۰ درصد ساکارز، آب، متانول و تولوئن) آنالیز شد، در شکل ۵ نشان داده شده است [۱۲].



Solvent	Viscosity (cP)	RI	z-average (nm)	PDI
40% sucrose	5.1178	1.4	15	0.008
water	0.8872	1.33	87	0.009
methanol	0.5476	1.326	122	0.011
toluene	0.5564	1.496	153	0.005

شکل ۵. داده های DLS مبتنی بر شدت بر روی پراکندگی ۱۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر دانه های لاتکس کربوکسیله تجاری در دسترس (متوسط اندازه ۱۰۰ نانومتر) در آب با دمای ۲۵ درجه سانتی گراد با نرم افزار Zetasizer® در حالی که با چهار حلال با ویسکوزیته های و RI مختلف (۴۰ درصد ساکارز، آب، متانول و تولوئن) تنظیم شده است، انتخاب شدند. اندازه متوسط z از ۱۵ نانومتر تا ۱۵۳ نانومتر بسته به حلال متغیر است [۱۲].

### ۶- گزارش مناسب داده های DLS

NIST دستورالعمل های زیر را در مورد گزارش داده های DLS صادر کرده است:

در یک حداقل، میانگین قطر (یا شعاع) Z متوسط و میانگین شاخص چندپراکندگی به همراه انحرافات استاندارد آن ها بر اساس اندازه گیری های ۳ تا ۱۰ تکراری باید گزارش شود. تعداد اندازه گیری های تکراری نیز باید گزارش شود. اگر یک الگوریتم تجزیه و تحلیل توزیع اندازه اعمال شود، باید به همراه مقادیر پارامترهای کلیدی مورد استفاده در تجزیه و تحلیل شناسایی شود.

سایر اطلاعات مهمی که باید گزارش شوند شامل غلظت ذرات (بر اساس جرم یا حجم)، ترکیب محیط پراکندگی، مقادیر ضریب شکست برای ذرات و محیط پراکندگی، مقدار ویسکوزیته برای محیط، دمای اندازه گیری، فیلتراسیون یا سایر

<sup>1</sup> Duan et al.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

روش های مورد استفاده برای حذف مواد خارجی / ذرات گرد و غبار قبل از تجزیه و تحلیل (از جمله منافذ اندازه و نوع فیلتر)، نوع سل و اندازه (طول مسیر)، ابزار ساخت و مدل، زاویه (های) پراکندگی و طول موج لیزر می باشند.

اطلاعات اضافی که گنجانند آن ها در گزارش می تواند مفید باشد شامل خودهمبستگی اندازه گیری شده  $y$ -intercept (دامنه)، میانگین نرخ شمارش در طول اندازه گیری ها، مدت زمان یک اندازه گیری سیگنال و میانگین نسبت سیگنال به نویز می باشد. بنابراین، اطلاعات گسترده ای در مورد نحوه انجام اندازه گیری های DLS برای اطمینان از کیفیت و تکرارپذیری باید ارائه شود. متأسفانه، داده های DLS گزارش شده در تحویل دارو به ندرت چنین استانداردهای بالایی را برآورده می کند و این موضوع نیاز به رسیدگی فوری دارد [۱۲].

#### ۶-۱- فرآیند اندازه گیری DLS

اندازه گیری DLS با نور لیزر پراکنده شده از حرکت براونی هم زمان مجموعه بزرگی از ذرات در محلول نمونه برداری می کند. کمیت بنیادی اندازه گیری شده تابع همبستگی زمانی (ACF) شدت نور پراکنده است. نرخ واپاشی برای مجموعه ذرات در داخل ACF تعیبه شده است و به یک ثابت انتشار متوسط آشکار مربوط می شود که سپس از طریق معادله استوکس انیشتین به قطر ذره تبدیل می شود. از آنجایی که قطر از شدت پراکنده ناشی می شود و با سرعت واپاشی نسبت معکوس دارد، اندازه متوسط هیدرودینامیکی اندازه گیری شده با DLS به طور طبیعی به عنوان یک میانگین هارمونیک وزنی با شدت ارائه می شود. دو رویکرد روش انباشته و وارونگی معمولاً برای تجزیه و تحلیل ACF استفاده می شود. در روش انباشته، قطر میانگین هارمونیک با شدت وزنی، میانگین  $Z$  نامیده می شود و از اولین تجمع کننده ACF محاسبه می شود. یک پارامتر عرض توزیعی،  $PDI^2$ ، از نسبت انباشته اول و دوم مشتق می شود. رویکرد  $NNLS^3$  مجموعه ای از شعاع ذرات و مجموعه ای از نرخ های واپاشی مربوطه را ارائه می کند و برازش حداقل مربعات را برای به دست آوردن وزن ها برای یک هیستوگرام با مقیاس لگاریتمی اندازه ذرات انجام می دهد. تئوری و عمل روش تجمعی به طور کلی به خوبی مستند شده است و تخمین اندازه قطعی و قابل اعتمادی را برای نمونه های ذرات با ضریب تغییرات (CV) کمتر از ۳ درصد در محیط محلول مناسب از نظر رقت سازی و غلظت نمک ارائه می کند. روش های وارونگی، از سوی دیگر، از نظر ریاضی ضعیف هستند و به شدت به پارامترهای وارونگی وابسته هستند [۱۷].

#### ۶-۲- پارامترسازی و نمایش گرافیکی داده های DLS

برای درک تجزیه و تحلیل داده های DLS و جلوگیری از سردرگمی باید به روشی که به راحتی قابل درک نیست و توزیع های اندازه  $NNLS$  به طور مشخص ارایه می شوند، پرداخته شود. یعنی مقادیر نسبی با مقیاس لگاریتمی به صورت

<sup>1</sup> Autocorrelation function

<sup>2</sup> Polydispersity index

<sup>3</sup> Non-negatively constrained leastsquares



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



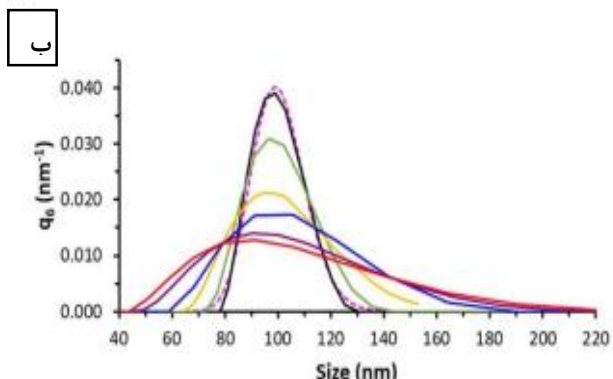
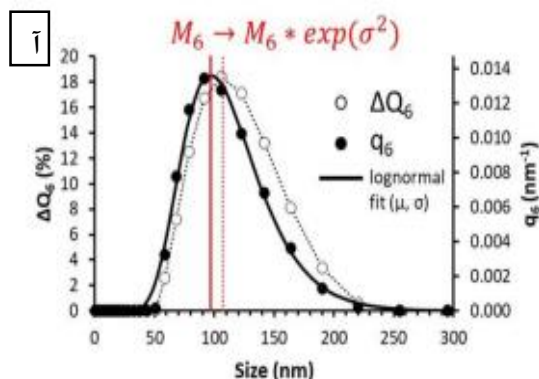
هیستوگرام نمایش داده شود. صرفاً تغییر مقیاس لگاریتمی به خطی نادرست است، همان طور که به دست آوردن مقادیر مرکزی مستقیماً از چنین نمایش های گرافیکی نادرست است. با این حال، این شیوه ها در مطالعات DLS فعلی مکرر هستند و اغلب منجر به نتایج مشکوک مطالعه می شوند. برای جلوگیری از خطاهای تفسیری، داده های گسسته با فاصله لگاریتمی - خروجی معمولی نرم افزار NNLS باید به یک توزیع چگالی با مقیاس خطی تبدیل شود، همان طور که در ISO 9276-1 (1998) توضیح داده شده است. نمونه ای از تبدیل صحیح خروجی حاصل از تحلیل روش وارونگی NNLS در شکل ۶ نشان داده شده است. در اینجا، برای راحتی ریاضیاتی از فرض مدل توزیع لگ نرمال، بر حسب پارامتر مقیاس  $(\exp(\mu))$  و پارامتر شکل  $(\sigma)$  مربوط به عرض توزیع استفاده شده است. با این حال، روندهای کلی توصیف شده در تبدیل میانگین برای همه توزیع های تک وجهی اعمال شده است. لگ نرمال در اینجا مناسب است، زیرا هم توزیع های خروجی NNLS و هم توزیع اندازه ذرات واقعی معمولی به طور کلی با چنین شکلی به خوبی تقریب می شوند [۱۸]. شکل ۶ نشان می دهد که خواندن حالت از روی هیستوگرام مقیاس لگاریتمی مقادیر نسبی اندازه گیری شده منجر به تخمین بیش از حد مقدار واقعی با ضریب  $\exp(\sigma^2)$  می شود که به طور خاص به خطای ۱۰ درصدی در مورد این نمونه معمولی خاص نانوذرات طلا با قطر متوسط ۱۰۰ نانومتر مربوط می شود. به طور کلی پذیرفته شده است که توزیع های NNLS به دلیل وزن دهی داده ها و هموارسازی لازم برای مقابله با نویز ذاتی در ACF در طول فرآیند وارونگی گسترده هستند. اما این واقعیت که گسترده گی توزیع وابسته به تنظیم کننده است، تا حد زیادی نادیده گرفته می شود. با اصلاح ساده مقدار تنظیم کننده (یا سایر پارامترهای وارونگی، مانند محدوده اندازه و تعدادها)، توزیع اندازه های بسیار متفاوتی ممکن است از داده های ACF یکسان تولید شود. این برای نمونه نانوذره طلا ۱۰۰ نانومتری در شکل ۶ ب نشان داده شده است که در آن یک مجموعه واحد از داده های ACF با استفاده از طیف وسیعی از پارامترها در الگوریتم وارونگی تجزیه و تحلیل شده است. با دانش قبلی، می توان به توافق خوبی بین توزیع NNLS و توزیع اندازه میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) دست یافت (برای مقایسه به شدت وزن تبدیل شده است). با این حال، بدون دانش قبلی، نمی توان با اطمینان عرض صحیح توزیع را از اندازه گیری های DLS به دست آورد (یعنی پارامتر شکل در مورد توزیع لگ نرمال). اگر تصحیح نشود، تأثیر یک پارامتر شکل نادرست - تقریباً همیشه خیلی بزرگ - به طور چشم گیری در طول تبدیل بین میانگین های وزنی تقویت می شود (ISO 9276-2:2014)، که پیامدهای مهمی برای تفسیر داده ها دارد [۱۷].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۶. الف) نمایش گرافیکی داده های اندازه وزن شده با شدت به دست آمده برای نانوذرات طلای ۱۰۰ نانومتری با روش وارونگی NNLS. ب) مقایسه توزیع های چگالی وزن دار شدت به دست آمده برای نانوذرات طلا ۱۰۰ نانومتری توسط AFM خط نقطه دار) و DLS (خطوط جامد) [۱۷].

در شکل ۶ آ هیستوگرام ها از مقادیر نسبی اندازه گیری شده  $(\Delta Q_6)$  (دایره های باز) و توزیع چگالی مربوطه  $(q_6)$  (دایره های جامد) هستند که با تقسیم مقادیر نسبی بر فواصل اندازه با مقیاس لگاریتمی مربوطه محاسبه می شوند. خط جامد از نظر پارامتر مقیاس  $(\exp(\mu))$  و پارامتر شکل  $(\sigma)$  با توزیع چگالی، یک تناسب لگ نرمال است. خط نقطه چین فقط برای هدایت چشم بین نقاط داده NNLS گسسته است. غالباً طبقه اندازه در هیستوگرام لگاریتمی مقیاس شده مقادیر نسبی با حالت واقعی  $(M)$  توزیع اندازه با ضریب  $\exp(\sigma^2)$  متفاوت است. در شکل ۶ ب توزیع AFM از عدد به وزن شدت تبدیل شده است و با یک تابع لگ نرمال مطابقت دارد. همه توزیع های DLS رسم شده (خطوط ثابت در رنگ های مختلف) از همان داده های اندازه گیری ACF تنها با تنظیم مجدد پارامترهای الگوریتم وارونگی NNLS تولید شده اند. خط قرمز (مسطح ترین منحنی) نشان دهنده توزیع چگالی است.

### ۳-۶- پارامترسازی و نمایش گرافیکی داده های DLS

DLS شدت پراکندگی را در محدوده ای از زوایای پراکندگی  $\theta_{dls}$  برای زمان معین  $t_k$  در مراحل زمانی  $\Delta t$  اندازه گیری می کند.

شدت وابسته به زمان  $I(q, t)$  حول شدت متوسط  $I(q)$  به دلیل حرکت براونی ذرات در نوسان است [۱۹]:

$$[I(q)] = \lim_{t_k \rightarrow \infty} 1 / \int_0^{t_k} I(q, t) \cdot dt \approx \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k I(q, i, \Delta t) \quad (7)$$

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



که در آن  $I(q)$  نشان دهنده میانگین زمانی  $I(q)$  است. در اینجا فرض بر این است که کل مدت زمان اندازه گیری های مرحله زمانی به اندازه کافی بزرگ است که  $I(q)$  میانگین سیستم نانو ذرات مغناطیسی (MNP) را نشان می دهد. در یک آزمایش پراکندگی، معمولاً  $\theta_{dls}$  مطابق شکل ۷ به عنوان بزرگی بردار موج پراکندگی  $q$  بیان می شود [۱۹]:

(۸)

$$q = (4\pi n/\lambda)\sin(\theta_{dls}/2)$$

که در آن  $n$  ضریب شکست محلول و  $\lambda$  طول موج در خلاء نور فرودی است.



شکل ۷. پیکربندی نوری تنظیمات آزمایشی معمولی برای اندازه گیری های پراکندگی نور پویا [۱۹].  
شکل ۸ نوسانات معمولی شدت ناشی از پراکندگی ذرات بزرگ و پراکندگی ذرات کوچک را نشان می دهد. از آنجایی که ذرات کوچک در برابر نیروهای تصادفی حساس تر هستند، ذرات کوچک شدت نوسانات سریع تری نسبت به ذرات بزرگ باعث می شوند. سپس نوسان شدت وابسته به زمان نور پراکنده در یک زاویه خاص را می توان با معرفی تابع خودهمبستگی مشخص کرد [۱۹]:

<sup>1</sup> Magnetic nanoparticles



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

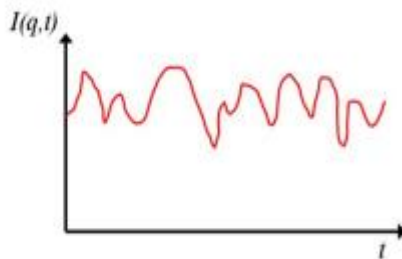
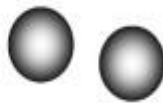
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

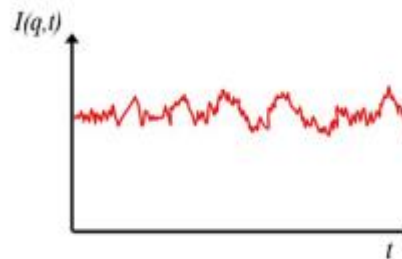


آ

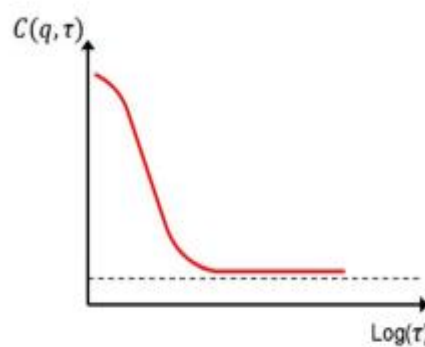
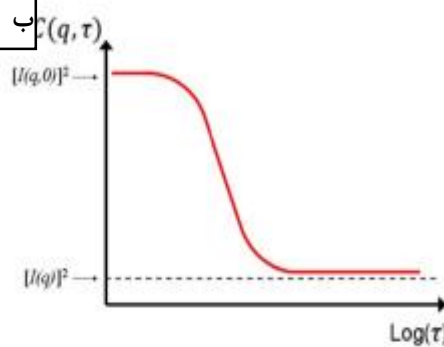
Large Particles



Small Particles



ب



شکل ۸. تصویر شماتیک اندازه گیری شدت و تابع خودهمبستگی مربوطه در پراکندگی نور دینامیکی [۱۹].

$$c(q, \tau) = \lim_{t_k \rightarrow \infty} 1/t_k \int_0^{t_k} I(q, t). I(q, t + \tau). dt \approx \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{1}{k} \sum_{j=0}^k I(q, i. \Delta t). I(q, (i + j). \Delta t) \quad (9)$$

که  $\tau = i \Delta t$  زمان تاخیر است، که نشان دهنده تاخیر زمانی بین دو سیگنال  $I(q, i \Delta t)$  و  $I(q, (i + j) \Delta t)$  است. تابع  $C(q, \tau)$  برای یک سری  $\tau$  به دست می آید و نشان دهنده همبستگی بین شدت در  $t_1$  و  $I(q, t_1 + \tau)$  و شدت پس از تاخیر زمانی  $\tau$  است. بخش آخر معادله نشان می دهد که چگونه تابع همبستگی به صورت تجربی محاسبه می شود، زمانی که شدت در مراحل زمانی گسسته اندازه گیری می شود. تابع خودهمبستگی بالاترین مقدار خود را  $[I(q, 0)]^2$  در  $\tau = 0$  دارد. از آنجایی که  $\tau$  در مقیاس های زمانی طولانی به اندازه کافی بزرگ می شود، نوسانات نامرتب می شود و  $C(q, \tau)$  به  $[I(q)]^2$  کاهش می یابد. برای  $I(q, t)$  غیر تناوبی، یک فروپاشی یکنواخت از  $C(q, \tau)$  مشاهده می شود که  $\tau$  از صفر تا بی نهایت افزایش می یابد و

$$c(q, \tau) / [I(q)]^2 = g^{(2)}(q, \tau) = 1 + \xi |g^{(1)}(q, \tau)|^2$$

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



(۱۰)

جایی که  $\xi$  یک ابزار ثابت تقریباً برابر با واحد است و  $g^{(1)}(q, \tau)$  تابع همبستگی میدان الکتریکی نرمال شده است. معادله ۹ به عنوان رابطه سیگرت<sup>۱</sup> شناخته شده است و به جز در مورد حجم پراکندگی با تعداد بسیار کمی پراکنده یا هنگامی که حرکت پراکندگی ها محدود است، معتبر است. برای تک پراکندگی، ذرات کروی،  $g^{(1)}(\tau)$  از رابطه زیر به دست می آید [۱۹]:

(۱۱)

$$g^1(q, \tau) = \exp(-D_f q^2 \tau).$$

هنگامی که مقدار  $D_f$  به دست آمد، قطر هیدرودینامیکی یک پراکندگی کاملاً تک پراکنده متشکل از ذرات کروی را می توان از معادله استوکس-اینشتین استنباط کرد. عملاً تابع همبستگی مشاهده شده یک فروپاشی نمایی واحد نیست بلکه می تواند به صورت زیر بیان شود [۱۹]:

$$g^1(q, \tau) = \int_0^\infty G(\Gamma) e^{-\Gamma \tau} d\Gamma \quad (۱۲)$$

که در آن  $G(\Gamma)$  توزیع نرخ فروپاشی  $\Gamma$  است. برای یک نرخ فروپاشی با توزیع محدود، روش تجمعی می تواند برای تجزیه و تحلیل تابع همبستگی استفاده شود. یک تابع همبستگی نرمال شده مناسب را می توان به صورت زیر بیان کرد [۱۹]:

$$\ln(g^{(1)}(q, \tau)) = -\langle \Gamma \rangle \tau + \frac{\mu_2}{2} \tau^2 \langle \Gamma \rangle = \int_0^\infty G(\Gamma) \Gamma d\Gamma \quad (۱۳)$$

که در آن  $\langle \Gamma \rangle$  میانگین نرخ فروپاشی است و می توان آن را به صورت زیر تعریف کرد [۱۹]:

$$\langle \Gamma \rangle = \int_0^\infty G(\Gamma) \Gamma d\Gamma \quad (۱۴)$$

<sup>1</sup> Siegert

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

و  $\mu^2 = \langle \Gamma \rangle^2 - \langle \Gamma^2 \rangle$  واریانس توزیع نرخ فروپاشی است. سپس، شاخص چند پراکندگی (PI) به صورت  $PI = \langle \Gamma \rangle^2 / \langle \Gamma^2 \rangle$  تعریف می شود. میانگین شعاع هیدرودینامیکی از میانگین نرخ فروپاشی  $\langle \Gamma \rangle$  با استفاده از رابطه به دست می آید [۱۹]:

$$R_H = \frac{K_B T}{6 \pi \eta r \Gamma} q^2 \quad (15)$$

### ۷- میانگین Z

در بیشتر موارد، نتایج DLS اغلب بر حسب میانگین Z بیان می شود. از آنجایی که میانگین Z زمانی به وجود می آید که داده های DLS از طریق استفاده از تکنیک تجمعی تجزیه و تحلیل می شوند، هم چنین به عنوان "میانگین تجمعی" تحت پراکندگی ریلی، شناخته می شود. مقدار نور پراکنده شده توسط یک ذره متناسب با توان ششم شعاع آن (حجم مجذور) است. این سناریو باعث می شود که شعاع هیدرودینامیکی متوسط تعیین شده توسط DLS نیز با مجذور حجم وزن شود. چنین ویژگی میانگین گیری شده، میانگین Z نامیده می شود. برای تعلیق ذرات با توزیع اندازه گسسته، میانگین Z برخی از ویژگی های دلخواه y به صورت زیر محاسبه می شود [۱۹]:

$$\langle y \rangle = \frac{\sum_i n_i R_{H,i}^6 y_i}{\sum_i n_i R_{H,i}^6} \quad (16)$$

که در آن  $n_i$  تعداد ذرات نوع i با شعاع هیدرودینامیکی  $R_{H,i}$  و خاصیت y است. اگر فرض شود که این پراکندگی ذرات دقیقاً از دو اندازه ذرات ۱ و ۲ تشکیل شده است، معادله ۱۰ نتیجه می دهد [۱۹]:

$$\langle y \rangle = \frac{n_1 R_{H,1}^6 y_1 + n_2 R_{H,2}^6 y_2}{n_1 R_{H,1}^6 y_1 + n_2 R_{H,2}^6 y_2} \quad (17)$$

که در آن  $R_{H,i}$  و  $y_i$  حجم و ویژگی دلخواه برای ذره ۱ ( $i = 1$ ) و ذره ۲ ( $i = 2$ ) هستند. اگر فرض شود که دو ذره ۱ با هم ترکیب شده و یک ذره ۲ را تشکیل می دهند و فرض شود که با  $n_0$  کل ذره ۱ شروع می شود، که برخی از آن ها با هم ترکیب شدند تا  $n_2$  عدد ذره ۲ را تشکیل دهند. با این فرض،  $n_1 = n_0 - n_2$  عدد ذره ۱ وجود دارد. علاوه بر این، تحت این فرض  $R_{H,2} = 2 R_{H,1}$  است. این روابط با معادله ۱۷ اگر جایگزین شود [۱۹]:

$$\frac{\langle y \rangle}{y_1} = \frac{1 + \left( 2 \left( \frac{y_2}{y_1} \right) - 1 \right) 2 \left( \frac{n_2}{n_0} \right)}{1 + 2 \left( \frac{n_2}{n_0} \right)} \quad (18)$$

جایی که  $2n_2/n_0$  کسری از ذرات کل ۱ است که به عنوان ذرات ۲ موجود است. با حل این کسر، رابطه زیر به دست می آید [۱۹]:



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

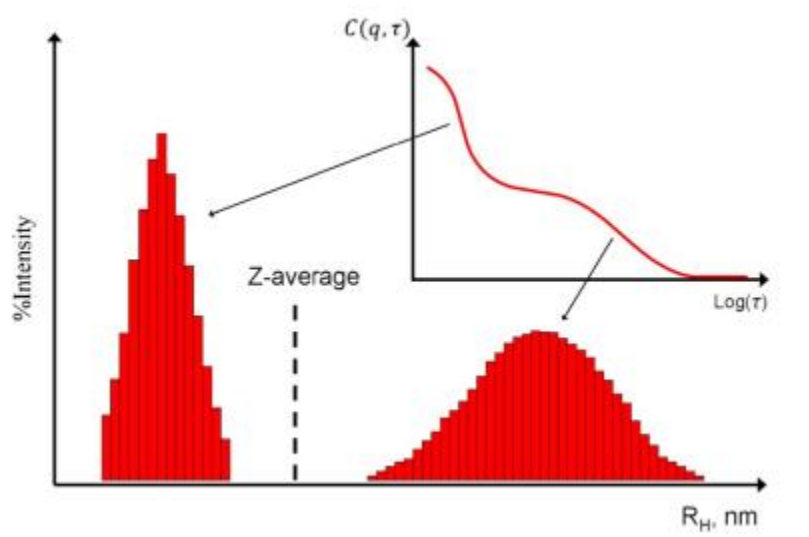
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



$$\frac{2n_2}{n_0} = \frac{\frac{\langle y \rangle}{y_1} - 1}{\frac{2y_2}{v_1} - \frac{\langle y \rangle}{v_1} - 1} \quad (19)$$

با این حال، باید توجه داشت که میانگین  $Z$  فقط باید برای ارائه اندازه مشخصه ذرات استفاده شود. اگر سوسپانسیون یک وجهی (فقط یک قله)، کروی، تک پراکنده باشد. همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، برای مخلوطی از ذرات با تفاوت اندازه آشکار (توزیع دو وجهی)، میانگین  $Z$  محاسبه شده حاوی اطلاعات اندازه نامربوط است [۱۹].



شکل ۹. اندازه میانگین  $Z$  (انباشته) برای تعلیق ذرات با توزیع دو وجهی [۱۹].

#### ۸. نتیجه گیری

خصوصیات نانوذرات از اهمیت ویژه ای در علم نانو مواد و تهیه فرمولاسیون های نانو برخوردار است. تعیین اندازه ذرات برای توصیف مناسب نانوذرات ضروری است. روش پراکندگی نور دینامیکی به عنوان ابزاری ساده، آسان و تکرارپذیر برای تعیین اندازه ذرات مورد استفاده قرار می گیرد. اندازه گیری پراکندگی نور دینامیکی برای کنترل کیفیت و برای ارزیابی نمونه، برای تعیین اندازه ذرات، بررسی تأثیرات فیزیکی و شیمیایی و مطالعه تعامل بین ماکرومولکول ها است. اندازه ذره بر ویژگی های زیادی از مواد تاثیرگذار است و شاخص مهمی از کیفیت و عملکرد به حساب می آید. تکنیک DLS نیز برای بررسی توزیع اندازه نانوذرات در مایعات مورد استفاده قرار می گیرد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

1. S. Bhattacharjee, (2016) *Journal of controlled release*, 235, 337-351.
2. U. Nobbmann, and A. Morfesis, (2018) *Pittsburgh Conference*.
3. E.E. Ureña-Benavides, and C.L. Kitchens, (2012) *RSC advances*, 2, 1096-1105.
4. S. Amin, G.V. Barnett, J.A. Pathak, C.J. Roberts, and P.S. Sarangapani, (2014) *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 19, 438-449.
5. H.J. Kim, J.W.Sohn, N. Hong, C. Williams, and W. Humphreys, (2021) *Journal of Physics: Photonics*, 3, 024008.
6. E. Mastan, and S. Zhu, (2015) *Macromolecules*, 48, 6440-6449.
7. J.A. Finnigan, and D.J. Jacobs, (1970) *Chemical Physics Letters*, 6, 141-143.
8. D.A. Noday, P.S. Steif, and Y. Rabin, (2009) *Experimental Mechanics*, 49, 663-672.
9. R. Pohl, R., Hauser, M. Li, E. De Souza, R. Feldstein, R. Seibert, K. Ozhan, N. Kashyap, and S. Steiner, (2012) *Journal of Diabetes Science and Technology*, 755-763.
10. J. Panchal, J. Kotarek, E. Marszal, and E.M. Topp, (2014) *The AAPS journal*, 16, 440-451.
11. K.H. Müller, M.bMotskin, A.J. Philpott, A.F. Routh, C.M. Shanahan, M.J. Duer, and J.N. Skepper, (2014) *Biomaterials*, 35(3), 1074-1088.
12. S. Bhattacharjee, (2016) *Journal of Controlled Release*, 235, 337-351.
13. C. Zhou, W. Qi, E.N. Lewis, and J.F. Carpenter, (2015) *Analytical biochemistry*, 472,7-20.
14. N. Nair, W.J. Kim, R.D. Braatz, and M.S. Strano, (2008) *Langmuir*, 24, 1790-1795.
15. M. Bouri, R. Salghi, M. Algarra, (2011) *Nanoscale research letters*, 6, 1-5.
17. N. Farkas, and J.A. Kramar, (2021) *Journal of Nanoparticle Research*, 23, 1-11.
18. A.R. Montoro Bustos, K.P. Purushotham, A. Possolo, N. Farkas, A.E. Vladár, K.E. Murphy, and M.R. Winchester, (2018) *Analytical chemistry*, 90, 14376-14386.
19. J. Lim, S.P. Yeap, H.X. Che, and S.C. Low, (2013) *Nanoscale research letters*, 8, 1-14.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## تجزیه و تحلیل تریبولوژی پوشش های پلیمری حاوی پلی دی متیل سیلوکسان توسط آزمون پین روی دیسک

علیرضا طاهری<sup>۱</sup>، سید محمد عرب<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ساخت و تولید دانشگاه محقق اردبیلی

taherimechanic@student.uma.ac.ir

۲- عضو هیات علمی گروه مهندسی مکانیک دانشگاه محقق اردبیلی

### چکیده

پوشش های کامپوزیتی کاربردهای بسیار زیادی در صنعت ساختمان، پزشکی، برق، نفت و گاز، خودروسازی، صنایع دفاعی و... دارند. در این تحقیق پوشش های پلی استایرن حاوی پلی دی متیل سیلوکسان تهیه شده و خاصیت تریبولوژی آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هنگامی که پلی دی متیل سیلوکسان به پوشش های پلیمری اضافه می شود کمترین نرخ کاهش جرم را نشان می دهد. این موضوع هنگامی که نمونه مورد نظر تحت امواج التراسونیک قرار می گیرد با توجه به افزایش دما در حین فرآیند و واکنشی که بین پایه پلی دی متیل سیلوکسان و عامل پخت اتفاق می افتد و منجر به کاهش زنجیره های پلیمری شده در نتیجه درجه بلورینگی افزایش می یابد و باعث افزایش مقاومت سایشی و کاهش نرخ سایش می شود. جهت بررسی تریبولوژیکی پوشش ها از آزمون تست سایش پین روی دیسک طبق استاندارد ASTM G99 استفاده شده است.

کلمات کلیدی: پلی دی متیل سیلوکسان، پوشش پلیمری، تریبولوژی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

کامپوزیت های زمینه پلیمری یک دسته از مواد با خواص مطلوب هستند که به طور وسیع در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می گیرند [۱]. برای بهبود استحکام پلیمر خاص می توان از ترکیبی از پلی استایرن و پلی بوتادین (پلی-استایرن گرید مقاوم HIPS) استفاده کرد. دارای خواص مکانیکی به خصوص ضربه پذیری خوب و قیمت ارزان است که این خصوصیات باعث استفاده از پلی استایرن با گرید مقاوم در ساخت انواع وسایل و تجهیزات گردیده است [۲]. پلی دی-متیل سیلوکسان (PDMS) نیز معرفی می شود به دلیل ویژگی های منحصر به فرد آن، رایج ترین الاستومر در ریزسیالات است. در میان پلیمرهای نیمه آلی، پلیمرهای سیلیکونی یا سیلوکسان ها از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند. پلی دی-متیل سیلوکسان تنها از یک مونومر ساخته شده است. ویژگی های قابل توجه پلی دی-متیل سیلوکسان پایداری حرارتی بالا، انرژی سطحی پایین و آبگریزی بالا و مقاومت سایش بالایی دارد و دارای زیست سازگاری بالا است [۳]. سایش در اجزاء و قطعات مختلف سبب محدود کردن عمر سازه می شود. خسارات ناشی از سایش برآوردهای آماری زیادی را در جوامع پیشرفته و در حال پیشرفت به خود اختصاص می دهد. سایش، تغییر شکل یا حذف مواد روی سطح، ناشی از برهم کنش ها در تماس مکانیکی دو سطح می باشد. سایش و خوردگی در مراحل اولیه تخریب های سطحی هستند، ولی در مراحل بعدی می توانند موجب پیدایش اصطکاک، سروصدا، گرمای ناخواسته، و تغییرات ابعادی در قطعه گردد. همچنین علاوه بر خواص ذاتی ماده مانند ضریب الاستیسیته، شرایط محیطی و تریبوسیستمی نیز در مقدار سایش موثر می باشند [۴].

به طوری کلی در فرآیندهای مکانیکی سه مرحله را می توان برای سایش اختصاص داد [۵]:

در مرحله اول که بین دو سطح، تماس شکل می گیرد، نرخ سایش می تواند زیاد یا کم باشد.

در مرحله دوم یا مرحله پایدار که در آن سایش با مقدار ثابتی انجام می شود، بیشترین عمر کاری ماده در این مرحله است. مرحله سوم که در این مرحله به علت کاهش مقاومت به سایش ماده در اثر مرحله قبل، نرخ سایش بالا بوده و ماده به سرعت دچار آسیب و از کارافتادگی می شود.

اخیرا ژو و همکاران فیلم های فوق آب گریز PDMS/SiO<sub>2</sub> را بر روی یک فولاد برای محافظت در برابر خوردگی مورد آزمایش قرار دادند که نتایج نشان داد افزودن پلی دی-متیل سیلوکسان تاثیر زیادی بر میکروتوپوگرافی، ترشوندگی، زبری و مقاومت به سایش فیلم های نهایی دارد [۶]. همچنین مارتین و همکارانش برای نخستین بار سطوح مقاوم و شفاف در برابر سایش را با استفاده از پلی دی-متیل سیلوکسان ساختند. پلی دی-متیل سیلوکسان برای کاربرد پزشکی استفاده می-شود و با استفاده از نانوذرات سیلیسیوم اکسید و رزین متیل فنیل پوشش داده شده اند و بعد از چند آزمایش مشخص

<sup>1</sup> Polydimethylsiloxane

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شد مقاومت به سایش بهبود یافته است [۷].

روش های متعددی برای اندازه گیری سایش و اصطکاک وجود دارد که دستگاه های سایش پین بر روی دیسک<sup>۱</sup> پین بر روی صفحه و رینگ بر روی رینگ تنها چند نمونه از مرسوم ترین وسایل آزمایشگاهی هستند که برای برآورد مقاومت سایشی و رفتار اصطکاک مواد و روان کننده ها به کار گرفته و مرسوم ترین روش اندازه گیری سایش و اصطکاک به حساب می آیند. در این پژوهش جهت مطالعه و ارزیابی رفتار سایشی از دستگاه پین روی دیسک استفاده شده است.

### روش شناسی تحقیق:

مهم ترین عامل توسعه و رشد پژوهش ها در چند دهه گذشته، پیشرفت تکنولوژی و ارتقا کارایی و بهره وری مواد اولیه و باکیفیت بوده است. مواد اولیه با درجه خلوص بالا یکی از عوامل مهم و تاثیر گذار در نتیجه یک آزمایش می باشد.

جدول ۱. مشخصات مواد اولیه

دانشیته	شرکت سازنده	درصد خلوص	مواد اولیه
۱/۰۴	پتروشیمی تبریز	۹۹%	پلی استایرن HIPS
۰/۹	داوکرینگ	۹۹/۹%	پلی دی متیل سیلوکسان
۰/۸۹	مرک	۹۹/۸%	تتراهیدرو فوران

در ابتدا ۲ گرم پلی استایرن HIPS با ۲۰ سی سی محلول تتراهیدرو فوران تحت همزن مغناطیسی به مدت یک ساعت و نیم مخلوط شد. سپس پلی دی متیل سیلوکسان سیلیکارد ۱۸۴ به نسبت ۱:۱۰ با محلول بدست آمده از مرحله قبل اضافه شد و به مدت ۶۰ دقیقه با سرعت زیاد همزده شد. سپس از التراسونیک پراب دار برای پراکندگی خوب PDMS استفاده شد. سپس برای حذف THF محلول بدست آمده تحت همزن مغناطیسی در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. در پایان پوشش اعمال شده بر روی آلومینیوم ۱۱۰۰ در آن تحت دمای ۱۲۵ درجه به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت. جهت بررسی تریبولوژیکی پوشش ها از آزمون تست سایش پین روی دیسک مطابق شکل ۱ استفاده شده است. پین مورد استفاده از جنس فولاد کرم دار با قطر ۵ میلیمتر بود. آزمون سایش در دمای محیط انجام گرفت. در این آزمون بار اعمالی ۴۰۰ گرم و سرعت خطی ۰/۱۶ m/s و مسافت کل سایش ۳۰۰ متر انتخاب شد. کاهش جرم نمونه ها با استفاده از ترازوی

<sup>1</sup> Pin on Disk

<sup>2</sup> Pin on Plate

<sup>3</sup> Ring on Ring

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



دیجیتال با دقت  $0.0001$  اندازه گیری شد. آزمون سایش در شرایط خشک و بدون حضور روانکار انجام گرفت. در این پژوهش پوشش HIPS خالص و پوشش HIPS/PDMS تحت آزمون سایش پین روی دیسک طبق استاندارد ASTM G99 قرار گرفتند و خواص تریبولوژی آنها مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱. شماتیک دستگاه پین روی دیسک

### بحث و نتیجه گیری:

برای ارزیابی سایش، میزان کاهش جرم نمونه ها در طول آزمون که بیان کننده میزان سایش آنها می باشد اندازه گیری شده است، همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود پوشش پلی استایرن خالص مقدار کاهش جرم آن  $0.009$  گرم و پوشش حاوی پلی دی متیل سیلوکسان مقدار کاهش جرم آن  $0.001$  گرم است که این علت به خاطر این است که عامل پخت پلی دی متیل سیلوکسان یک ترموستات است که در دمای بالای  $80$  درجه سانتی گراد شروع به واکنش شیمیایی می کند. هنگامی که نمونه مورد نظر تحت امواج التراسونیک قرار می گیرد با توجه به افزایش دما در حین فرآیند و واکنشی که بین پایه پلی دی متیل سیلوکسان و عامل پخت اتفاق می افتد و منجر به کاهش زنجیره های پلیمری شده در نتیجه درجه بلورینگی افزایش می یابد و باعث افزایش مقاومت سایشی و کاهش نرخ سایش می شود. در نمودارهای شکل ۳ همانطور که دیده می شود نرخ ضربه اصطکاک با نرخ سایش رابطه مستقیم دارد و دیده می شود نمونه های حاوی PDMS نرخ ضربه اصطکاک پایین تری دارد و پیک های مشاهده شده در مسافت اولیه پوشش مورد نظر با توجه به تغییر مکانیزم و با افزایش ضربه اصطکاک، خستگی سطح اتفاق خواهد افتاد و سیلان ماده



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

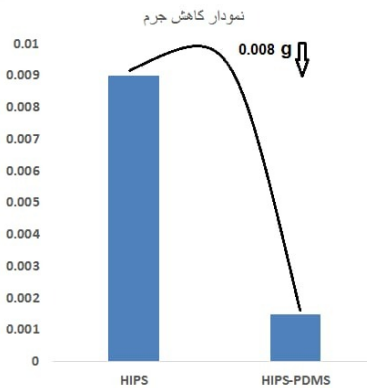
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ایجاد می شود ولی در نمونه های پلی استایرن خالص این مکانیزم با سرعت بیشتری اتفاق افتاده است. همانطور که در تصاویر شکل ۴ دیده می شود، در نمونه زیرلایه سطح دچار تغییر پلاستیک شدید در جهت لغزش شده که همزمان نشان دهنده مکانیزم سایش چسبان و خراشان و نرخ سایش بالا می باشد. در پوشش های پلی استایرن خالص نرخ سایش بالا است ولی در پوشش هایی که پلی دی متیل سیلوکسان اضافه می شود با توجه به اینکه ضخامت پوشش افزایش چشمگیری داشته است نرخ سایش کم شده و سایش خراشان اتفاق افتاده است.



شکل ۲. نمودار کاهش جرم پوشش های کامپوزیتی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

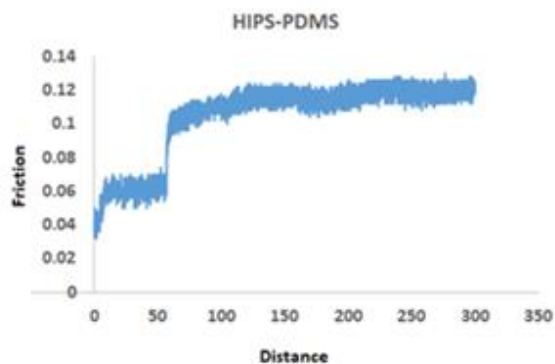
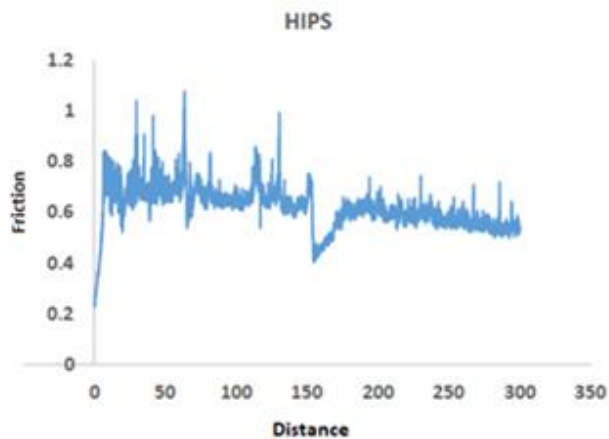
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



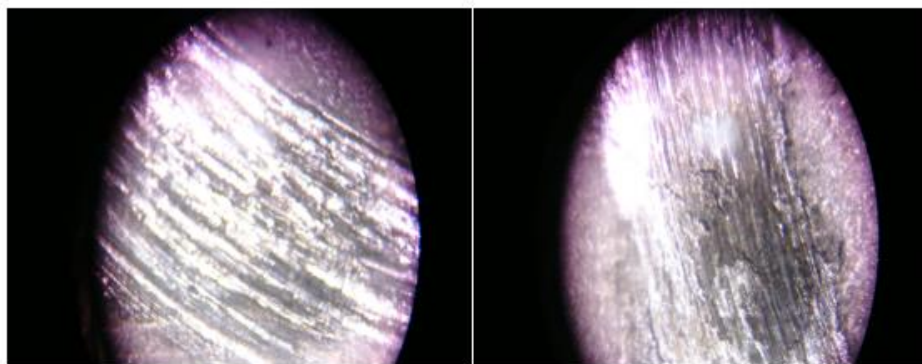
ILRS



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



شکل ۳. نمودار ضریب اصطکاک پوشش کامپوزیتی



شکل ۴. تصاویر میکروسکوپی بعد از عملیات پین روی دیسک

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### منابع

- [۱] L. E. Nielsen and R. F. Landel, *second edition, revised and expanded*. 1993.
- [۲] A. J. Mohan, V. C. Sekhar, T. Bhaskar, and K. M. Nampoothiri, *Bioresour. Technol.*, vol. 213, pp. 204–207, 2016, doi: 10.1016/j.biortech.2016.03.021.
- [۳] V. Bergeron, P. Cooper, C. Fischer, J. Giermanska-Kahn, D. Langevin, and A. Pouchelon, *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 122, no. 1–3, pp. 103–120, 1997, doi: 10.1016/S0927-7757(96)03774-0.
- [۴] I. M. Hutchings, vol. 13, no. 3. 1992. doi: 10.1016/0261-3069(92)90241-9.
- [۵] P. Mukhopadhyay, P. S. Kannaki, M. Srinivas, and M. Roy, *Wear*, vol. 315, no. 1–2, pp. 31–37, 2014, doi: 10.1016/j.wear.2014.03.010.
- [۶] X. F. Zhang, Y. Q. Chen, and J. M. Hu, *Corros. Sci.*, vol. 166, no. July 2019, 2020, doi: 10.1016/j.corsci.2020.108452.
- [۷] S. Martin and B. Bhushan, *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 488, pp. 118–126, 2017, doi: 10.1016/j.jcis.2016.10.094.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## کاربرد تلفن هوشمند و نرم افزار ImageJ در اندازه گیری زاویه تماس سطح غشا

یاسین سالاریه<sup>۱</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۲\*</sup>

۱- کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استاد، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل،

ایران، [nematollahzadeha@uma.ac.ir](mailto:nematollahzadeha@uma.ac.ir)

### چکیده

امروزه کارایی فناوری های غشائی به طرز چشمگیری افزایش یافته است. چرا که فرایندهای غشائی معمولاً در مقایسه با فرایندهای

رقیب خود ارزان تر، دارای تجهیزات کمتر و دارای قیمت محصول تمام شده کمتری هستند. اما با تمام این مزایا تلاش های زیادی در رابطه با این فرایندها در حال انجام شدن است تا بتوان موادی مناسب تر برای تولید غشاء، ماژولی بهتر و آرایش مناسب تری برای جریان در این ماژول ها پیدا کرد تا در خور فرایند مزبور باشند. ویژگی های سطح غشا در ارتقای عملکرد جداسازی غشائی نقش مهمی را ایفا می کنند. زیرا مولکول های جریان خوراک ابتدا با سطح غشاء تماس می گیرند؛ سپس مولکول های انتخاب شده بر روی سطح غشاء جذب می شوند و از ماتریس غشا به سمت محصول نفوذ می کنند. آبگریزی و آبدوستی از جمله ویژگی های سطحی غشا هستند؛ که نقش به سزایی در بهبود بازده عملکرد غشا و فرآیند جداسازی مورد نظر دارند. این دو ویژگی توسط معیار و شاخصی به نام زاویه تماس از همدیگر متمایز می شوند. زاویه تماس زاویه ای است، برای یک مایع (یا قطره) که میان سطح تماس مایع/بخار با جایی که مایع سطح جامد را لمس می کند تعریف می شود. زاویه تماس یک قطره از مایع با سطح آن در تعیین ترشوندگی، مؤثر است. هرچه زاویه تماس به صفر درجه نزدیک تر باشد؛ ترشوندگی یا آبدوستی بیشتر است. هرچه زاویه تماس به ۱۸۰ درجه نزدیک تر باشد آبگریزی افزایش می یابد. این مقاله به نحوه محاسبه زاویه تماس سطح غشا توسط تلفن هوشمند به همراه نرم افزار ImageJ پرداخته است. امید که این مقاله راهگشای پژوهش های آینده باشد.

کلمات کلیدی: تلفن هوشمند، نرم افزار ImageJ، زاویه تماس، سطح غشا

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

فرآیند تماس مایع با سطح جامد، که به آن ترشوندگی گفته می شود، بیش از دو قرن توجه علمی را به خود جلب کرده است. ترشوندگی معمولاً در محیطی اتفاق می افتد که ممکن است از گاز یا مایع غیرقابل اختلاط دیگری تشکیل شده باشد که هر یک از آنها را می توان سیال نامید. یک سیستم مرطوب کننده با یک زاویه تماس<sup>1</sup> (CA) مشخص می شود که به عنوان زاویه بین مماس به سطح مشترک مایع-سیال و مماس به سطح جامد در خط تماس بین سه فاز تعریف می شود (شکل ۱) [۱].

متداول ترین روش برای اندازه گیری زوایای تماس، روش قطره چسبیده<sup>2</sup> مبتنی بر روش های اندازه گیری اپتیکی است. یک زاویه سنج معمولی شامل یک پایه ی افقی به همراه یک قاب شامل نمونه جامد است که بین منبع نور و دوربین CCD قرار دارد. یک سیستم دوزینگ موتوریزه شده ی مایع، مقدار مشخصی از مایع آزمایش را روی سطح جامد پخش می کند و یک قطره بی حرکت و چسبیده را تشکیل می دهد. اولین زاویه سنج زاویه تماس توسط ویلیام زیسمن<sup>3</sup> در سال ۱۹۶۰ طراحی و توسط رامه هارت<sup>4</sup> ساخته شد. زاویه سنج زاویه تماس دستی اصلی از یک چشمی با میکروسکوپ استفاده می کرد و زاویه تماس توسط یک نقاله تعیین شد (شکل ۲ الف). از آن زمان، زاویه سنج های زیادی توسط تولیدکنندگان مختلف با طرح ها، لوازم جانبی و زیرسیستم های کمی متفاوت طراحی شده اند. نسل فعلی ابزارهای زاویه تماس از دوربین ها و نرم افزارها برای گرفتن و تجزیه و تحلیل شکل قطره استفاده می کنند (شکل ۲ ب). علاوه بر این، زاویه سنج های امروزی معمولاً دارای طراحی ماژولار هستند که به دستگاه امکان می دهد تا قابلیت های اضافی را در خود جای دهد، به عنوان مثال، محفظه محیطی با دمای بالا، محفظه فشار/خلأ، واحدهای دوزینگ نانو/پیکو، پایه ی شیب دار<sup>5</sup> و اتوماسیون کامل برای توزیع قطره. چنانچه یک سیستم دوربین با سرعت بالا نصب شده باشد، دینامیک فرآیند ترشوندگی نیز قابل بررسی است [۲].

خواص ترشوندگی سطحی مواد غشایی در درجه اول توجه زیادی را هم در علم سطح و هم از نظر کاربرد به خود جلب کرده است. نقش مهمی در خواص و عملکرد غشاء در طول فرآیند جداسازی مانند شار محصول مورد نظر، درصد پس زنی و گرفتگی دارد. عواملی مانند pH، دما، چگالی بار الکتریکی و انرژی سطحی نیز می توانند بر تعامل سطح غشاء با ماکرومولکول های مایع تأثیر بگذارند [۳].

ImageJ ابزاری عالی برای پردازش تصاویر و انجام تجزیه و تحلیل است. در علوم زیستی، از آن برای تعیین کمیت تصاویر پزشکی برای کمک به تشخیص نشانگرهای پاتولوژیک استفاده می شود. همچنین برای پردازش و تعیین کمیت

<sup>1</sup> Contact Angle

<sup>2</sup> Sessile Drop

<sup>3</sup> William Zisman

<sup>4</sup> ramé-hart

<sup>5</sup> Tilting Base

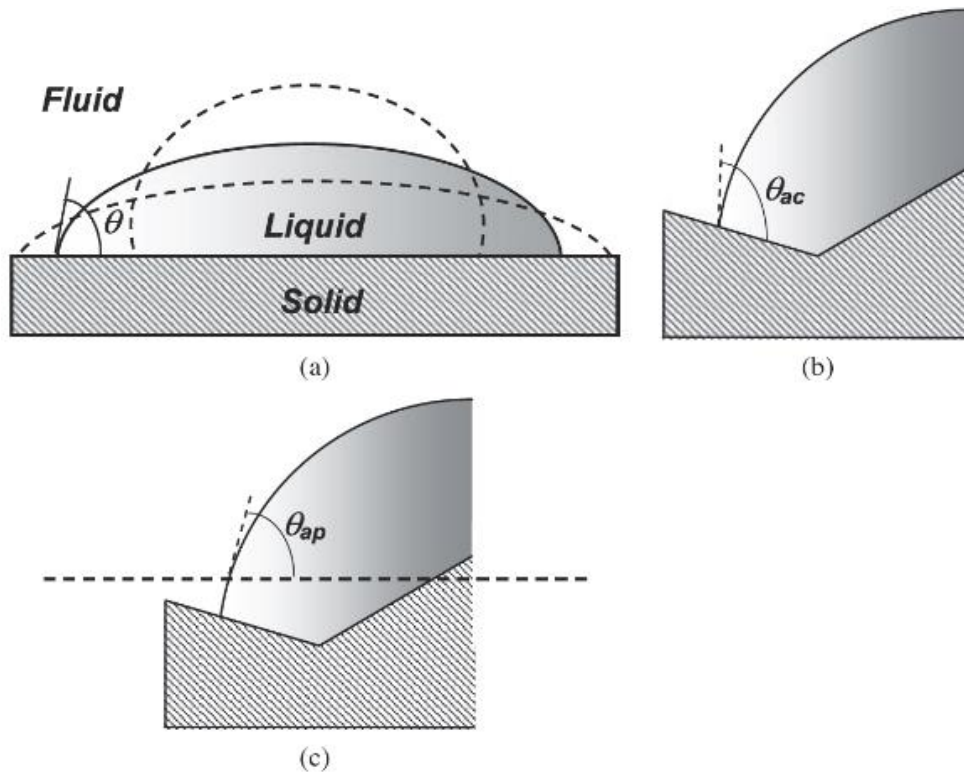
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

داده های آزمایش های تک سلولی یا تک مولکولی با استفاده از تکنیک های فوق رزولوشن مانند PALM و STORM استفاده می شود. در فیزیک و مهندسی، برای تعیین کمیت و تجسم داده های به دست آمده از میکروسکوپ نیروی اتمی استفاده می شود. برای نجوم، ImageJ برای تجزیه و تحلیل تصاویر به دست آمده از تلسکوپ ها و ماهواره ها و تجسم داده های به دست آمده از رصدخانه ها استفاده می شود [۴].  
نرم افزار ImageJ به عنوان یکی از ابزارهای قدرتمند کلیدی در توسعه ی پردازش تصویر، به جامعه ی علمی امکان استخراج داده های مفید از تصاویر آزمایشگاهی می دهد که این مقاله به بیان نحوه ی محاسبه ی زاویه ی تماس سطح غشا توسط نرم افزار ImageJ به صورت تفصیلی پرداخته است.



شکل ۵۵. زوایای تماس: (الف) زوایای تماس هندسی مختلف برای حجم مشخص قطره؛ (ب) زاویه تماس واقعی؛ (ج) زاویه تماس ظاهری [۱].

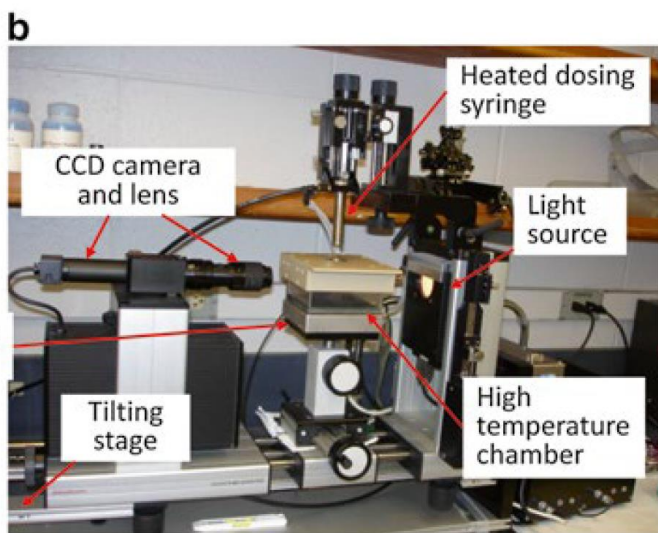
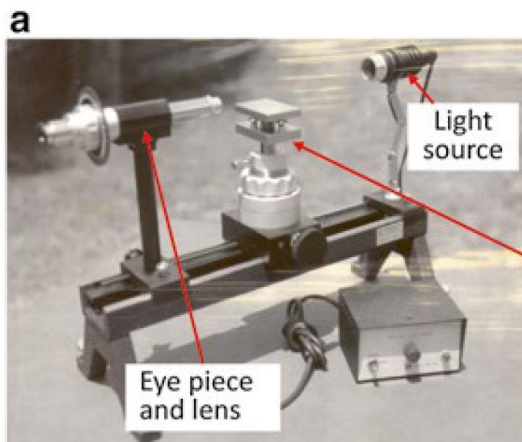


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۵۶. عکس های زاویه سنج (الف) رام هارت کلاسیک مدل A1۰۰ و (ب) مدل OCA۲۰ از Dataphysics [۲].

۴۸- عوامل موثر بر اندازه گیری زاویه ی تماس مبتنی بر روش قطره چسبیده عوامل متعددی گزارش شده است که در تعیین تجربی زاویه تماس با استفاده از روش قطره چسبیده تأثیر دارند و باید در نظر گرفته شوند، به شرح زیر [۵]:

### ۲-۱- زبری و ناهمگنی شیمیایی سطح

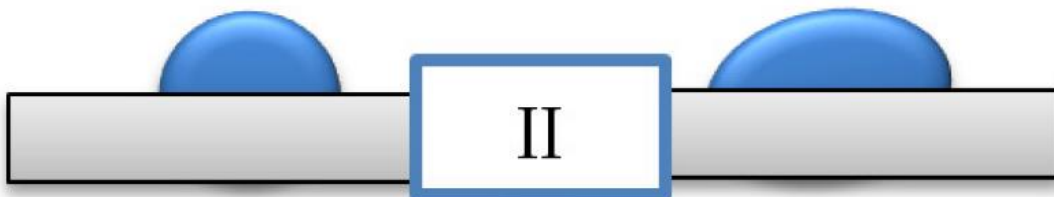
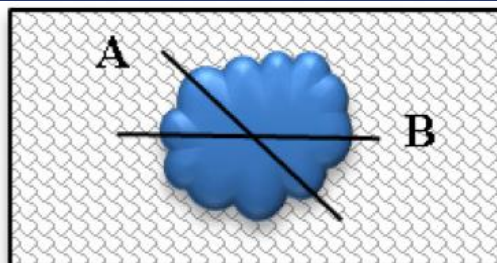
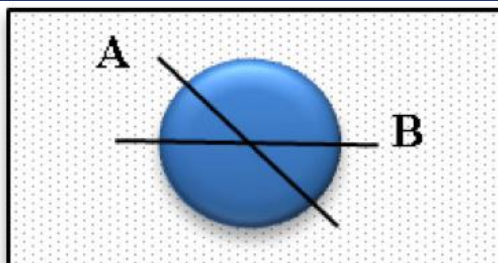
یک قطره چسبیده روی یک سطح صاف، افقی و صاف (سطح ایده آل) تقارن محوری را نشان می دهد که فرم کلاهیکی را اتخاذ می کند. یک قطره متقارن محوری فقط یک زاویه تماس را در امتداد خط تماس نشان می دهد، تغییرناپذیری این زاویه مشخصه مایع و ویژگی سیستم است. ناهمگنی شیمیایی و زبری سطح باعث ایجاد انحراف از شکل متقارن محوری قطره ها می شود. زاویه تماس در آن حالت در امتداد خط تماس متفاوت است، به عنوان مثال، هیچ زاویه تماسی را نمی توان به سیستم اختصاص داد. شکل ۳ نمونه هایی از یک قطره متقارن محور کامل و همچنین یک قطره نامنظم به صورت آمیب شکل نشان می دهد. در مورد اول یک CA منحصر به فرد وجود دارد و در مورد دوم CA در امتداد خط تماس تغییر می کند [۵].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۵۷. انواع قطره های چسبیده: یک قطره متقارن محوری (چپ) و قطره غیر متقارن محوری (راست). I و II به ترتیب سطح مقطع صفحات A و B هستند [۵].

### ۲-۲- ناخالصی سطحی

ذرات یا مایعات جذب شده روی سطح از برهم کنش مستقیم بین مایع و سطح جامد جلوگیری می کنند؛ به همین دلیل، CA اندازه گیری شده ممکن است درست نباشد. اگر ناخالصی به طور همگن روی سطح پخش شود، CA اندازه گیری شده زاویه سطح جامد اصلی نخواهد بود؛ در صورتی که ناخالصی به طور ناهمگن پخش شود، افت نامتقارن خواهد بود. این آلودگی معمولاً با روش هایی که برای تمیز کردن سطح انجام می شود، مرتبط است [۵].

### ۳-۲ - اندازه قطره

حجم قطره (اندازه قطره) باید در محدوده بین ۰/۵ تا ۱۰ میلی متر مکعب باشد. به طور کلی از قطره های اندازه کوچک استفاده می شود، اما مقایسه بین نتایج به دست آمده با قطره هایی با اندازه های مختلف باید تاثیر اندازه قطره را نیز شامل شود [۵].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۲-۴- زمان نشست قطره بر روی سطح

اندازه گیری CA باید در مدت کوتاهی پس از نشست قطره روی سطح جامد انجام شود. زمان برای همه قطره ها باید یکسان باشد. به این ترتیب حجم از دست رفته در اثر تبخیر و واکنش احتمالی مایع با سطح به حداقل می رسد [۵].

### ۲-۵ - دما

دماهای بین ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتی گراد می توانند تفاوت کمی در کشش سطحی مایع نشان دهند. به همین دلیل، تغییرات جزئی دما تأثیر محسوسی در زاویه تماس ندارد [۵].

### ۲-۶- ارتعاش مکانیکی

در طول اندازه گیری، نمونه باید ثابت باشد تا از تغییر شکل افت در اثر ارتعاشات جلوگیری شود [۵].

### ۲-۷ - واکنش پذیری قطره

واکنش شیمیایی بین جامد و مایع می تواند در اندازه گیری دخالت کند، به همین دلیل باید قبل از اندازه گیری تجزیه و تحلیل دقیق انجام شود تا از حصول مقادیر اشتباه جلوگیری شود. بنابراین بسیار مهم است که تعیین دقیق CA برای ایجاد خواص سطحی قابل اعتماد یک ماده معین ضروری است. به طور خاص کالیبراسیون و تحلیل حساسیت شرایط تجربی اندازه گیری CA با روش قطره ی چسبیده را مهم نشان می دهد [۵].

### ۴۹- روش اندازه گیری زاویه ی تماس سطح غشا

ابزاری که مبتنی بر روش های اپتیکی برای اندازه گیری زاویه تماس می باشد، معمولاً دارای دو زیرسیستم است. اولین زیرسیستم (که به عنوان زیرسیستم سخت افزاری نامیده می شود) برای نگه داشتن سطح جامد، تولید قطره و گرفتن تصویر قطره روی سطح غشا استفاده می شود. زیرسیستم دوم (به نام زیر سیستم نرم افزاری) برای تحلیل تصویر و محاسبه زاویه تماس است، که در این مقاله از نرم افزار ImageJ استفاده شده است. آرایش معمولی زیرسیستم سخت-افزاری در شکل ۳ نشان داده شده است [۶].

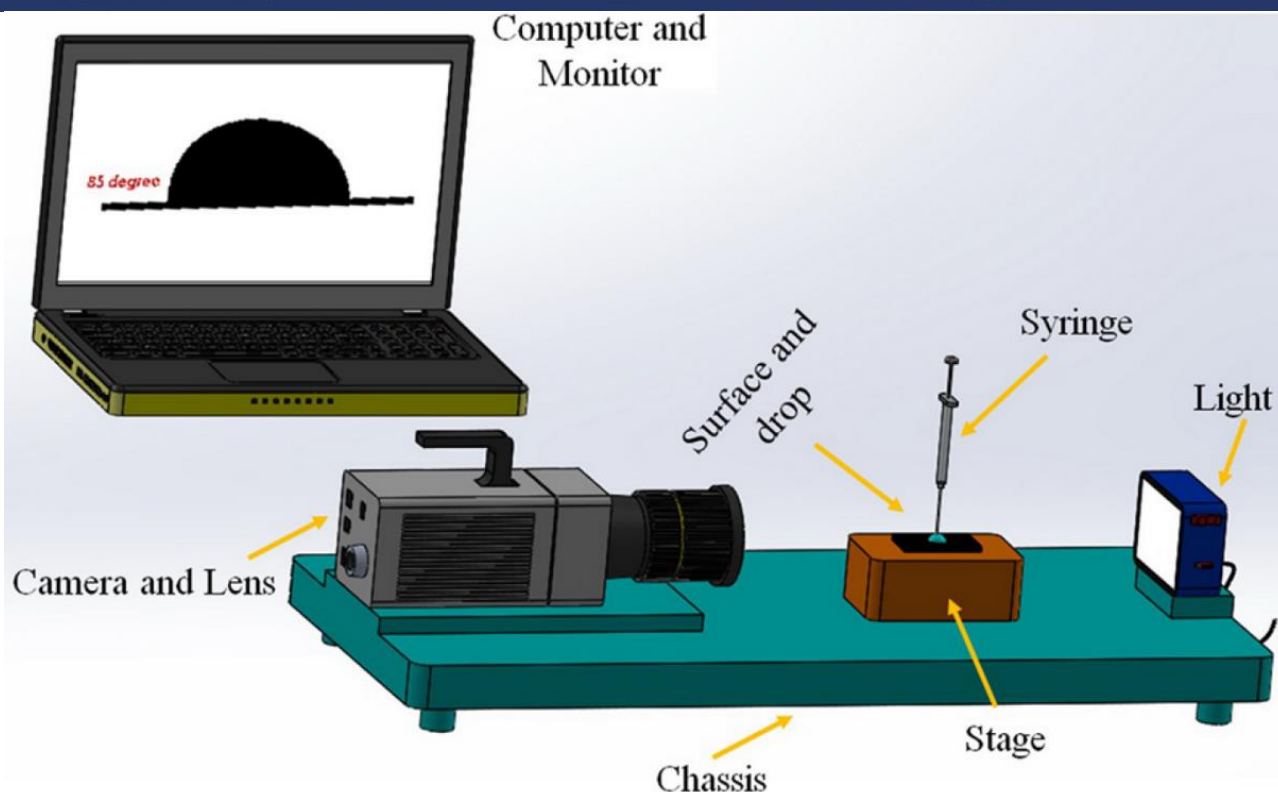


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۵۸. شماتیک یک دستگاه ساده برای اندازه گیری زاویه تماس با استفاده از روش اپتیکی [۶].

### ۳-۱- زیرسیستم سخت افزاری مبتنی بر تلفن هوشمند

برای انجام صحیح اندازه گیری زاویه تماس سطحی، علاوه بر تلفن هوشمند، به سخت افزار مرتبط دیگری نیز نیاز است (توجه داشته باشید که استفاده از تلفن هوشمند بدون سخت افزار همچنان می تواند مقادیر زاویه تماس را ارائه دهد، اما با دقت کمتر و برای کارهای علمی توصیه نمی شود). شکل ۴ چینش سخت افزار را نشان می دهد. این سخت افزار از چهار قسمت تشکیل شده است، یک پایه برای نگه داشتن تلفن هوشمند، یک سیستم تزریق قطره مایع، یک پایه که می تواند سطح غشا را تراز کند و یک دیود ساطع کننده نور (LED) که نور پس زمینه را خنثی می کند. یک سرنگ پیستونی رزوه دار ۵۰۰ میکرولیتری برای تولید قطره استفاده می شود. همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، هر چهار قسمت با دو میله به هم وصل شده اند که به کاربر اجازه می دهد موقعیت هر یک از قطعات را برای برآورده کردن نیازهای آزمایشی مختلف تنظیم کند (به عنوان مثال، تغییر در نور یا تطبیق ویژگی های اپتیکی یا نوری تلفن های هوشمند مختلف و ...). همانطور که در شکل ۴ مشاهده می شود، سخت افزار را می توان به راحتی جدا کرد زیرا هر یک از اجزاء را می توان از میله جدا کرد، با شل کردن یک پیچ تنظیم و لغزش قطعه از دو میله به بیرون. این طراحی ماژولار

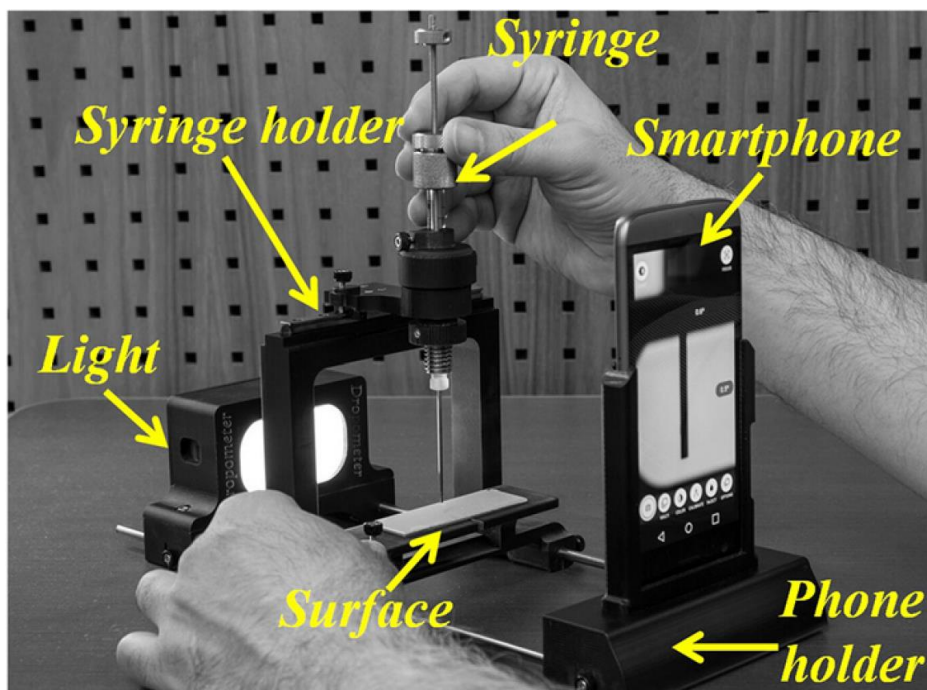
## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

می تواند سخت افزار را بسیار انعطاف پذیر کند تا هر جزء مورد نظر را اضافه یا حذف کند تا امکان اجرای انعطاف پذیر سیستم را در دستگاه های دیگر فراهم کند. چنین طراحی ماژولار همچنین می تواند امکان تغییر هر یک از اجزا را بدون نیاز به تغییرات عمده در سخت افزار فراهم کند (به عنوان مثال، در آینده، اگر کسی بخواهد یک محفظه محیطی برای انجام اندازه گیری زاویه تماس با دمای محیط بالا اضافه کند) [۶].



شکل ۵۹. اجزای دستگاه اندازه گیری زاویه تماس مبتنی بر تلفن هوشمند [۶].

۲-۳ - زیرسیستم نرم افزاری مبتنی بر نرم افزار ImageJ

۱-۲-۳ - افزونه ی Brugnara

هنگام استفاده از افزونه ی Brugnara، تصویر باید چرخانده و ذخیره شود تا به نظر برسد که قطره از سطح آویزان است. با باز کردن این افزونه؛ یک علامت متقاطع مانند عملگر جمع، به عنوان مکان نما ظاهر می شود. ابتدا باید با

<sup>1</sup> Brugnara Plugin

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

انتخاب نقطه سه فاز<sup>۱</sup> چپ و سپس نقطه سه فاز سمت راست، پایه ی قطره را مشخص کرد. تعریف لبه قطره با قرار دادن سه نقطه دیگر در اطراف لبه قطره تکمیل می شود. هر پنج نقطه باید به ترتیب و در جهت عقربه های ساعت گذاری شوند. شکل ۶ نقاط انتخاب چند رنگ را روی تصویر لبه ای نمونه قطره ی نیم کره شکل، نشان می دهد [۷].

دکمه چهارم در نوار ابزار افزونه (نماد سند<sup>۲</sup>) کادر گفتگویی با نام Point List dialog box را باز می کند. در این کادر می توان یکی از روش های دستی نقاط را انتخاب کرد که با یک دایره و بیضی بر روی پنج نقطه ای که هم اکنون تعریف شده است، برازش منحنی انجام داد. این گزینه ها از یک الگوریتم ردیابی لبه برای یافتن لبه ی قطره استفاده می کنند. این ردیاب لبه تعداد نقاط مورد استفاده برای تعریف دایره یا بیضی را بسیار افزایش می دهد. الگوریتم تشخیص لبه از اولین تابع مشتق از شدت تصویر و فرآیندی به نام Canny- Deriche Filtering استفاده می کند. یک تصویر لبه هایلایت شده با کادر محاوره ای Removing Points نمایش داده می شود که در شکل ۶ مشاهده می شود. باید حداقل و حداکثر مقدار آستانه<sup>۴</sup> (از ۰ تا ۲۵۵) تنظیم شود تا دقیق ترین (نازک) لبه قطره به دست آید. دکمه Set Threshold تصویر لبه را با استفاده از مقادیر آستانه جدید به روز می کند. هنگامی که تنظیمات پذیرفته شد، یک پنجره نتایج زاویه تماس دایره ( $\theta_C$ )، زاویه تماس چپ بیضی، زاویه تماس راست بیضی و میانگین زاویه تماس بیضی ( $\theta_E$ ) را در قالبی ارائه می دهد که قابل کپی و الصاق در یک برنامه صفحه گسترده همانند EXCEL است. این پنجره گزارش همچنین می تواند به عنوان یک فایل متنی ذخیره شود [۷].

روش Manual Points بسیار قوی است زیرا با هر کنتراست تصویری کار می کند. با این حال، کاملاً به دقت قرار دادن نقطه توسط کاربر بستگی دارد. هیچگونه بهینه سازی برای این روش وجود ندارد [۷].

<sup>1</sup> Triphase Point

<sup>2</sup> Document Icon

<sup>3</sup> Edge Detector

<sup>4</sup> Threshold

<sup>5</sup> Spreadsheet

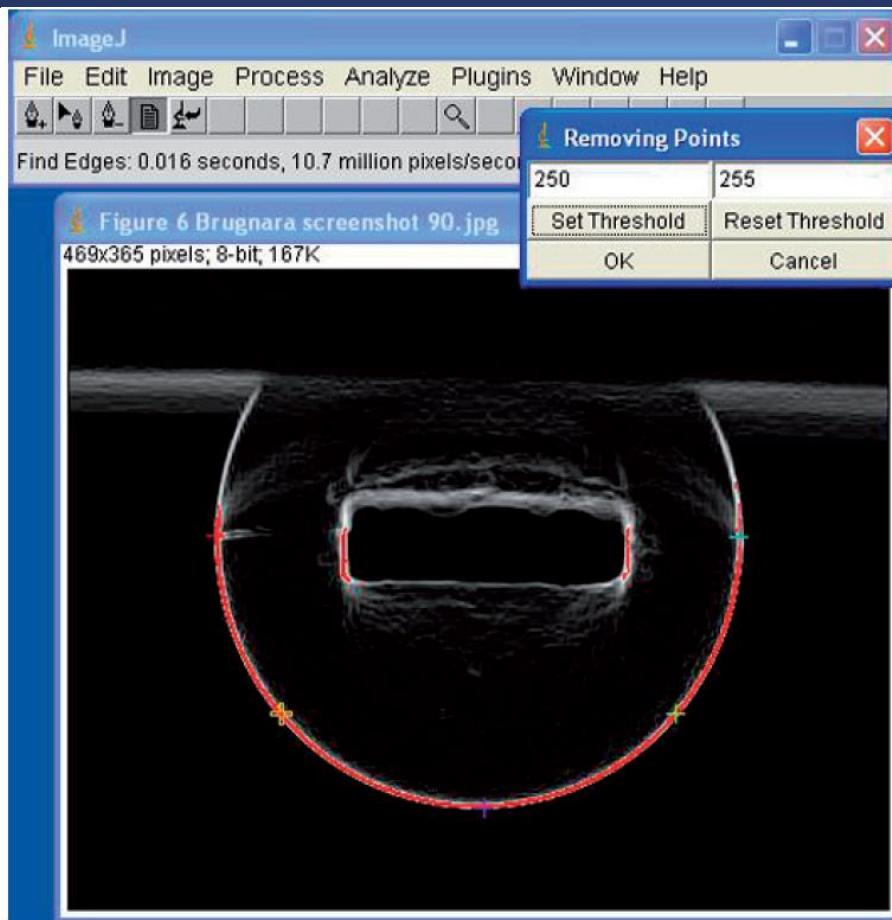


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۶۰. تصویر لبه ای از نمونه نیمه در افزونه Brugnara. چند نقطه ی رنگی خط پایه و لبه را مشخص می کنند. لبه تعیین شده توسط آستانه با رنگ قرمز نشان داده شده است. نوار ابزار افزونه در بالای شکل نشان داده شده است [۷].

### ۳-۲-۲- افزونه ی DropSnake

افزونه DropSnake از بازتاب قطره برای اندازه گیری دقیق تری از نقاط سه فاز استفاده می کند. این افزونه برای اندازه گیری قطره های نامتقارن، ایده آل است زیرا از هیچ فرضیاتی برای شکل استفاده نمی شود. اگر قطره روی سطح کج شده یا در تماس با سوزن سرنگ برای اندازه گیری زوایای تماس پیشروی و عقب نشینی<sup>۱</sup> باشد، این افزونه مفید می باشد [۷].

<sup>1</sup> Advancing and Receding Contact Angles

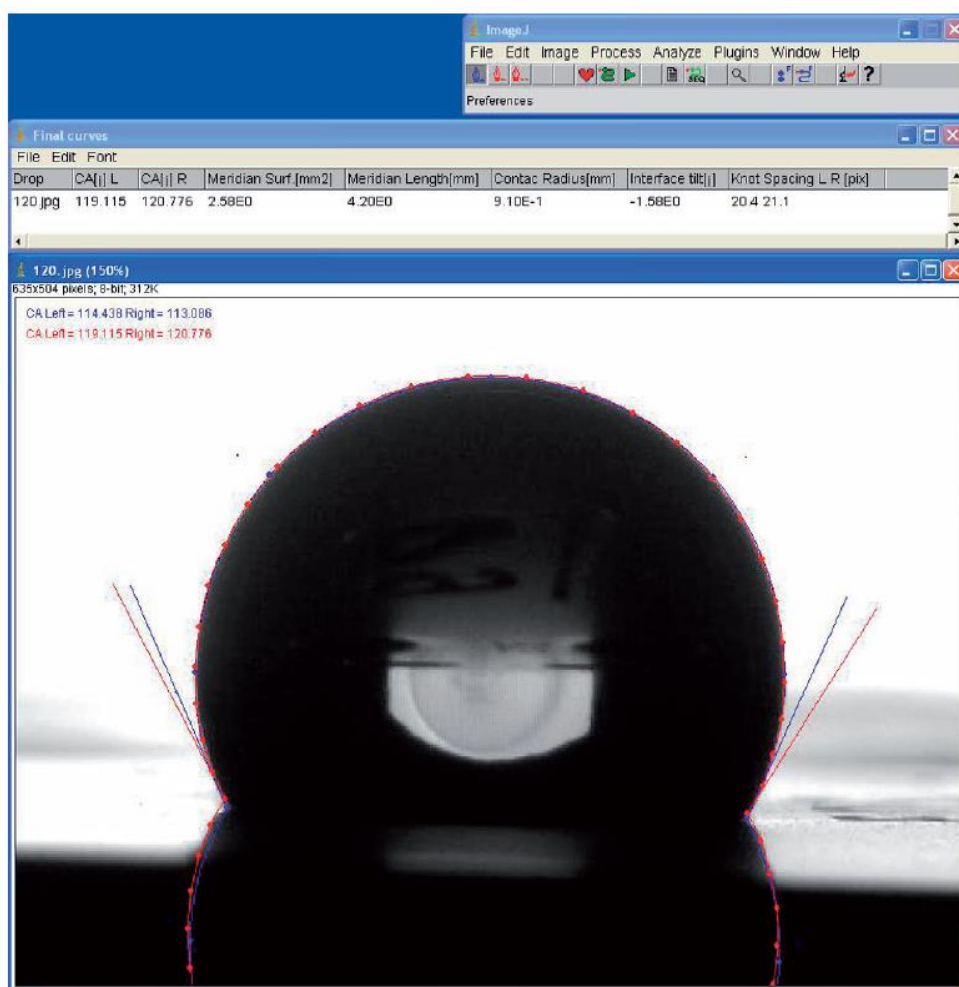
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

در ابتدا، هفت گره در امتداد کانتور قطره قرار می گیرد که از نقطه سه فاز پایین سمت چپ شروع می شود، در جهت عقربه های ساعت در اطراف قطره ادامه می یابد و به نقطه سه فاز پایین سمت راست ختم می شود. پس از قرار دادن گره هفتم، دوبار کلیک کردن در هر نقطه از تصویر نشان می دهد که تعریف لبه قطره کامل است. یک منحنی ماریچی آبی در اطراف لبه قطره با انعکاس متقارن ماریچ در زیر قطره ظاهر می شود (شکل ۷) [۷].



شکل ۶۱. نوار ابزار افزونه DropSnake در بالا نشان داده شده است. زوایای تماس در قسمت سمت چپ بالای تصویر و در پنجره نتیجه "منحنی های نهایی" نمایش داده می شوند. ماریچ های اولیه (آبی) و تصحیح شده (قرمز) ترسیم شده توسط افزونه DropSnake روی تصویر نشان داده شده است [۷].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

گره های امتداد قطره را می توان با استفاده از ماوس تنظیم کرد تا منحنی آبی از لبه قطره نزدیک شود. منحنی مارپیچ باید با کلیک کردن روی دکمه سبز رنگ نوار ابزار مارپیچ تصحیح شود. منحنی مارپیچ نهایی تخمین زده می شود و اندازه گیری های زاویه در کادر محاوره ای منحنی نهایی نمایش داده می شود. یک منحنی مارپیچ قرمز روی قطره ظاهر می شود که حاوی گره های بسیار بیشتری است. با کلیک کردن روی دکمه نوار ابزار فلش سبز رنگ مارپیچ قرمز را پذیرفته می شود؛ بنابراین تجزیه و تحلیل به پایان می رسد و نتایج را می توان برش داد و در اسناد دیگر چسباند یا به عنوان یک فایل متنی ذخیره کرد. اگر افزونه در شناسایی نقاط سه فاز روی یک تصویر قطره ای خاص مشکل دارد، ممکن است کاربر مجبور به تغییر تنظیمات پیش فرض با کلیک کردن روی دکمه نوار ابزار قلب شود [۷].

### ۵۰- نتیجه گیری

فرآیند جداسازی غشایی طیف گسترده ای از جداسازی مایع-جامد مانند ماکرومولکول ها، ذرات کلونیدی، املاح محلول، محلول های چند جزئی و جداسازی مخلوط های گازی انتخابی را پوشش می دهد. تجزیه و تحلیل زاویه تماس اطلاعات ارزشمندی در مورد ماهیت آب دوستی و آبگریزی سطح غشاء می دهد. خواص آب دوستی یا آبگریزی سطح غشا احتمالاً ماهیت ترشوندگی سطح را توسط مایعات (به ویژه آب) هدایت می کند و در نتیجه بر عملکرد غشا در کاربردهای مختلف تأثیر می گذارد. اثر خواص سطح به طور معمول برای انتخاب طرح های پیش تصفیه بهینه و شرایط عملیاتی برای فرآیندهای مختلف جداسازی مبتنی بر غشاء مشهود است. بنابراین، تعیین آب دوستی یا آبگریزی غشا یک بخش ضروری از خصوصیات سطح غشا است.

زوایای تماس مبتنی بر روش قطره ی چسبیده را می توان با استفاده از تجهیزات بسیار کم هزینه مانند تلفن هوشمند، در ارتباط با برنامه های رایانه ای با دسترسی باز مانند نرم افزار ImageJ، به دقت اندازه گیری کرد. اجزای دستگاه اندازه گیری زاویه تماس بیان شد که در مقایسه با دستگاه اندازه گیری سنتی، این ابزار از مزیت اندازه کوچک، قابل حمل بودن و سادگی برخوردار است و عملکرد آن با یک دستگاه اندازه گیری سنتی برتر مطابقت دارد.

### منابع

- [1] A. Marmur, (2009), *Contact Angle, Wettability and Adhesion*, Volume 6, 3-18.
- [۲] KY. Law, H. Zhao, (2016), *Surface wetting: characterization, contact angle, and fundamentals*, Basel, Switzerland, Springer International Publishing.
- [۳] R.S. Hebbbar, A.M. Isloor, A.F. Ismail, (2017), *Membrane Characterization*, Chapter 12, 219-255.
- [۴] J. Broeke, JMM. Pérez, J. Pascau, (2015), *Image Processing with ImageJ*, Birmingham, UK, Packt Publishing Ltd.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[۵] JM. Schuster, CE. Schvezov, MR. Rosenberger, (2015), *Procedia Materials Science*, Volume 8, 742-751.

[۶] H. Chen, MC. Jesus L, A. Amirfazli, (2018), *Review of Scientific Instruments*, Volume 89, Issue 3.

] DL. Williams, AT. Kuhn, MA. Amann, MB. Hausinger, MM. Konarik, EI. Nesselrode, v[ (2010), *Galvanotechnik*, 101(11):2502.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

## مروری بر دستگاه الکتروریسی در تولید غشاهای مبتنی بر نانوالیافها

فاطمه عسکری<sup>۱</sup>، مجید صفاجو جهانخاملو<sup>۲</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- استاد تمام گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

### چکیده

ساختارهای الیافی با قطرهای نانومقیاس بسیاری از ویژگی های شگفت انگیز مانند رفتار مکانیکی عالی و نسبت سطح به حجم زیاد را ارائه می دهند که از آنها در حوزه های مختلف می توان استفاده کرد. مساحت سطح بزرگ آنها توانایی عملکرد بالایی را به آنها می دهد. در میان بسیاری از تکنیک های موجود برای تولید نانوالیاف؛ الکتروریسی<sup>۲</sup> به عنوان یک فرآیند ساده به سرعت در حال ظهور است که در آن کنترل دقیق شرایط عملیاتی و خواص محلول پلیمری، تولید ساختارهای بسیار متخلخل از نانوالیاف را امکان پذیر می سازد. در مقایسه با تکنیک های وارونگی فاز سنتی برای ساخت غشاء، الکتروریسی امکان تشکیل منافذ به هم پیوسته با اندازه منافذ یکنواخت و تخلخل های بیش از ۹۰ درصد را فراهم می کند. در نتیجه، غشاهای الکتروریسی شده به طور گسترده ای در بسیاری از کاربردهای تصفیه آب مانند تقطیر غشایی و پیش تصفیه خوراک قبل از فرآیندهای اسمز معکوس یا نانوفیلتراسیون با حذف یون های فلزی دو ظرفیتی، گریس و سایر آلاینده ها استفاده می شوند.

کلمات کلیدی: دستگاه الکتروریسی، نانو الیاف، غشاء، الکتروریسی غشاها

<sup>1</sup> Nano fibers

<sup>2</sup> Electrospinning

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

با توجه به اینکه منابع آب شیرین به سرعت در حال اتمام است، نیاز به روش های تصفیه آب کارآمدتر و کم هزینه تر برای کمک به برآوردن نیازهای روزافزون آب ضروری است. فناوری های مبتنی بر غشاء در چند دهه اخیر به دلیل بازده جداسازی بالا، هزینه های نسبتاً کم و سهولت کار محبوبیت پیدا کرده اند. یک غشاء به عنوان یک مانع بین دو فاز عمل می کند که اجازه می دهد مواد به طور انتخابی از یک طرف به طرف دیگر منتقل شوند. غشاهای بسته به ساختارشان به عنوان متخلخل یا متراکم طبقه بندی می شوند. خواص حمل و نقل و گزینش پذیری غشاء به شدت به ساختار منافذ آن بستگی دارد. غشاهای نانو متخلخل از لایه های تشکیل شده اند که در آن مولکول ها از طریق مکانیسم انتشار محلول منتقل می شوند. غشاهای نانو متخلخل معمولاً در فرآیندهای نمک زدایی مانند اسمز معکوس (RO)<sup>1</sup> و اخیراً اسمز مستقیم (FO) استفاده می شوند. غشاهای نانوفیلتراسیون (NF) دارای منافذ بسیار کوچک 1-10 انگستروم هستند و همچنین متراکم در نظر گرفته می شوند. به منظور دستیابی به شار بالا، لایه متراکم به ضخامت تنها چند صد نانومتر ساخته شده است. بنابراین یک لایه نگهدارنده متخلخل برای یکپارچگی مکانیکی به ویژه در کاربردهای فشار بالا مانند NF و RO ضروری است. این لایه پشتیبانی باید پایداری مکانیکی، حرارتی و شیمیایی را نشان دهد. اکثر غشاهای کامپوزیت لایه نازک (TFC) بر پایه تکیه گاه متخلخل نامتقارن تهیه شده توسط وارونگی فاز هستند. با این حال، نانو الیاف های الکتروریسی شده در حال حاضر جایگزین سیستم های پشتیبانی معمولی در غشاهای TFC با عملکرد بهبود یافته به دلیل تعامل منحصر به فرد بین لایه های مانع و پشتیبانی می شوند. لایه های پشتیبانی وارونگی فاز تجاری را نمی توان به راحتی تا FO گسترش داد زیرا ضخامت آنها باعث مقاومت در برابر انتشار می شود و در نهایت منجر به عملکرد ضعیف غشاء می شود. خواص حمل و نقل غشاهای TFC را می توان با کنترل ساختار لایه پشتیبانی بدون به خطر انداختن یکپارچگی مکانیکی و مناسب بودن آن به عنوان بستری برای پلیمریزاسیون سطحی، برای سازگاری بهتر با FO افزایش داد. غشاهای الکتروریسی یک انتخاب امیدوارکننده برای توسعه غشاهای FO با شار بالا هستند زیرا ساختار منافذ به هم پیوسته آنها مسیر کوتاه تری را برای انتشار مولکول ها به وجود می آورند. یکی دیگر از مزایای استفاده از غشاهای الکتروریسی این است که می توان ضخامت آنها را نازک کرد و در عین حال خواص مکانیکی را به خوبی حفظ کرد. اخیراً برخی از مطالعات استفاده از نانوالیاف الکتروریسی شده را برای غشاهای تراوش تبخیری با کارایی بالا گزارش کرده اند [1].

### 1- شرح روش

<sup>1</sup> Reverse osmosis (RO)

<sup>2</sup> Forward osmosis (FO)

<sup>3</sup> Nanofiltration (NF)

<sup>4</sup> Thin Film Composite (TFC)



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

الکتروریسی یکی از مناسب ترین روش ها برای تولید نانومواد پیوسته با خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی متفاوت است. الکتروریسی الیاف با قطر ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر تولید می کند. نانو الیاف ها به دلیل خواص منحصر به فردشان مانند نسبت سطح بسیار بالا به وزن، چگالی کم، حجم منافذ بالا، اندازه منافذ کوچک، سفتی برتر و استحکام کششی در مقایسه با الیاف معمولی در طیف وسیعی از کاربردها استفاده می شوند. ترسیم، سنتز قالب، جداسازی فاز، خود مونتاژ و الکتروریسی روش های موجود برای تولید نانو الیاف پلیمری هستند. فرآیند چرخش الکتروریسی فرصتی را برای تولید نانو الیاف پیوسته و تغییر ابعاد فیبر در صورت لزوم فراهم می کند. در این روش از پلیمرهای طبیعی و مصنوعی، کریستال های مایع، سوسپانسیون ذرات جامد، سرامیک و امولسیون ها برای تولید الیاف با قطرهای ۲ نانومتر تا چند میکرومتر استفاده می شود [۲].

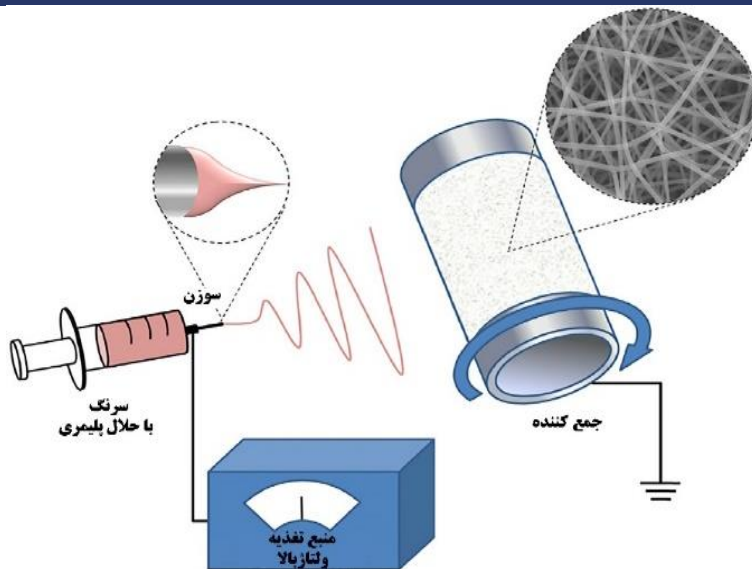
الکتروریسی با توجه به شکل ۱ شامل سه جزء، یک منبع ولتاژ بالا، یک لوله موئین با یک سوزن که نقش نازل را دارد و یک صفحه جمع کننده است. روش کار این دستگاه به اینصورت است که با استفاده از یک سرنگ محلولی که می خواهند با آن الکتروریسی انجام دهند را برمی دارند. محلول، پلیمری است که داخل یک حلال حل شده و تبدیل به یک محلول ویسکوز شده است. باید به میزان ویسکوزیته حتما توجه شود که خیلی زیاد نباشد. محلول را داخل سرنگ کشیده و سرنگ را داخل دستگاه قرار می دهند. به نوک سرنگ یک سوزن متصل می شود که جنس آن فلزی است. سرنگ را به یک رشته سیم که دارای جریان برق و دو سر مثبت و منفی است وصل می کنند. سر مثبت به سرنگ و سر منفی به صفحه جمع کننده متصل می شود. در پشت سرنگ یک نیروی مکانیکی اعمال می شود تا پیستون سرنگ را به سمت جلو حرکت دهد. هر قطره ای که از سرنگ خارج می شود در طول مسیر باردار شده است. در روبه روی سرنگ یک صفحه جمع کننده قرار دارد که می توان آن را با یک استوانه جایگزین کرد تا نانوالیاف های تشکیل شده به دور استوانه بپیچد. سطح این استوانه دارای بار منفی است و قطره ای که دارای بار مثبت است را به سرعت به سمت خود جذب می کند. قطره مانند یک نخ کشیده می شود. برای اینکه سطح غشاء را الکتروریسی کنند، ورق غشاء را به دور استوانه با یک چسب ثابت می کنند و غشا را می چرخانند. نانو الیاف های تشکیل شده بصورت تصادفی و به شکل تار و پود بر روی سطح غشاء قرار می گیرند [۳].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱. شکل شماتیک دستگاه الکتروریسی

## ۲- پیشینه تحقیق

جیاکسین کوی و همکارانش در سال ۲۰۲۰، به منظور تصفیه فضاها از غشاهای نانوالیاف الکتروریسی شده استفاده کردند. محققین عوامل موثر بر فناوری الکتروریسی و پیشرفت تحقیقات در تهیه نانو الیاف الکتروریسی شده و فیلتراسیون فاضلاب صنعتی را مورد بررسی قرار دادند. همچنین در این پژوهش، مطالعات اخیر را در مورد حذف روغن، فلزات سنگین و رنگها از آب توسط غشاهای الیاف کامپوزیتی مختلف گزارش کردند. این غشاهای نانوالیاف الکتروریسی شده عملکرد بسیار خوبی را در تصفیه روغن ها، یون های فلزات سنگین و رنگها در آب نشان دادند که کاربرد بالقوه آنها در تصفیه فاضلاب ثابت شده است. اما شار عملی به دلیل رسوب پس از بازیافت بسیار کمتر از مقدار نظری بود. بنابراین، باید روشهای بیشتری برای پوشش اصلاح سطح نانوالیاف الکتروریسی شده انجام شود تا سرعت رسوبگذاری روی سطح غشاء کاهش یابد. اثر هم افزایی بین مواد غشایی، زبری سطح و پوشش بر روی چسبندگی قابل بررسی است. در نهایت، کاربردهای عملی غشاهای کامپوزیت الکتروریسی شده در تصفیه فاضلاب باید گسترش یابد. در حال حاضر، پیشرفت زیادی برای این غشاهای در مقیاس آزمایشگاهی حاصل شده است، اما کاربردهای صنعتی و تولید در مقیاس بزرگ آنها هنوز محدود است. بنابراین، تحقیقات بیشتری در زمینه فناوری الکتروریسی برای

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

کاربردهای عملی آنها برای دستیابی به غشاهای نانوالیافی مقرون به صرفه و پایدار طولانی مدت در آینده باید انجام شود [۴].

هایشنگ چن و همکارانش در سال ۲۰۲۰، مطالعه را در مورد کاربرد نانوالیاف های الکتروریسی شده (ENMs) برای تصفیه آب انجام دادند. آنان در مورد تهیه ENMs عامل دار، کاربرد دقیق آنان در تصفیه آب و روش های اصلاح این غشاها را تحلیل کردند. همچنین فرآیند الکتروریسی و عوامل تاثیرگذار بر آن مورد مطالعه قرار گرفته است. نتیجه نشان داد که، ENMs با تخلخل بالا، قطر فیبر نازک و کوچک عملکرد بهتری دارند. فناوری اصلاح قبل از الکتروریسی و پس از الکتروریسی می تواند عملکرد خاصی را ایجاد کند. متعاقباً، ENMs عامل دار قابلیت های تصفیه آب مانند جداسازی، جذب، فوتوکاتالیز و ضد میکروبی را نشان می دهند. ویژگی هایی مانند ضخامت، اندازه منافذ و قطر را می توان با تنظیم پارامترهای اسپینینگ تغییر داد، که بر نفوذپذیری و انتخاب پذیری غشاها تأثیر می گذارد. علاوه بر این، اصلاح عملکردی ENMs را می توان با دوپینگ نانوذرات، پیوند متقابل پوشش سطحی یا پیوند، IP<sup>۲</sup>، LBL<sup>۳</sup> خود مونتاژ و غیره به دست آورد که ENMs را قادر می سازد تا با انواع مختلف تصفیه فاضلاب سازگار شوند [۵].

چنشین لیو و همکاران در سال ۲۰۲۱، الکتروریسی غشای نانوالیافی و کاربردهای آن در فیلتراسیون هوا را بررسی کردند. آلودگی هوا ناشی از ذرات معلق ۲.۵ (PM<sub>2.5</sub>) محیط یک مشکل زیست محیطی است، که نمی توان آن را نادیده گرفت. در این بررسی مروری کوتاه بر تکنیک های الکتروریسی، ساختارهای مختلف غشاهای نانوالیافی الکتروریسی شده، ویژگی ها و عملکردهای منحصربه فرد غشاهای ساخته شده، و خلاصه ای از کاربردهای بیرونی و داخلی در فیلتراسیون PM ارائه کردند. نتایج نشان داد که، غشای نانوالیافی که با استفاده از تکنیک های الکتروریسی ساخته شده اند، وضعیت پایداری در زمینه فیلتراسیون PM به دست آورده اند. ساختارهای منحصربه فرد مانند رشته های مهره ای و چند لایه، همراه با کاربردها و ترکیب های مختلف مواد الکتروریسی، عملکرد فیلتراسیون بهینه، ویژگی ها و عملکردهایی مانند پایداری حرارتی، فعالیت ضد باکتریایی و زیست تخریب پذیری را به غشاها می دهد. در نهایت، ماسک ها و فیلترهای الکتروریسی، برنامه های قابل اعتماد و امیدوارکننده ای هستند که می توانند هم در محیط های بیرونی و هم در محیط های داخلی استفاده شوند. از مطالعات به این نتیجه می توان رسید که غشاهای الکتروریسی شده به عنوان محیط فیلتر PM دارای ویژگی های مفیدی از جمله: محافظت در برابر PM با حفظ راحتی پوشیدن، همچنین ویژگی های منحصربه فرد غشاهای الکتروریسی شده مانند تخلخل بالا، افت فشار کم و ساختارهای مختلف با هم اجازه

<sup>1</sup> Haisheng Chen

<sup>2</sup> Electrospun nanofiber membranes

<sup>3</sup> Interfacial polymerization (IP)

<sup>4</sup> Layer-by-layer (LBL)

<sup>5</sup> Chenxin Lyu

<sup>6</sup> Particulate Matter 2.5 (PM)<sub>2.5</sub>



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



می دهند هوا راحت تر از فیلتر عبور کند و بنابراین تنفس راحت باشد که از عوامل مهم ماسک های محافظ هستند. ساخت نسبتاً آسان و تولید در مقیاس بزرگ امکان پذیر است و تطبیق پذیری خوب و سازگاری با شرایط سخت با معرفی عوامل مختلف، عملکردهای مختلفی مانند پایداری حرارتی و توانایی ضد باکتریایی قابل دستیابی است [۶].

### نتیجه گیری

الکتروریسی یک روش ساخت غشاء است که در آن ساختارهای نانوالیافی بسیار متخلخل را می توان از انواع پلیمرها تولید کرد. تکنیک بسیار متنوع است که در آن شرایط عملیاتی و پارامترهای محلول مستقیماً مورفولوژی غشاهای حاصل را تعیین می کنند. نانوالیاف های تولید شده از طریق الکتروریسی به سرعت به عنوان یک انتخاب برای فرآیندهای غشایی در کاربردهای محیطی ظاهر شده اند. در مقایسه با روش های مرسوم ساخت غشاء، الکتروریسی قادر به تولید غشاهایی با قابلیت اتصال متقابل منافذ بالا و توزیع اندازه منافذ نسبتاً یکنواخت است که هر دو به عملکرد کلی غشاء کمک می کنند. علاوه بر این، مساحت سطح بالای نانوالیاف به این غشاها اجازه می دهد تا عملکرد راحتی داشته باشند. در سال های اخیر، عواملی مانند نانوذرات برای افزایش عملکرد غشاهای الکتروریسی شده وارد شده اند، که در نهایت ممکن است عملکرد آنها را برای کاربردهای خاص مانند حذف ویروس ها، باکتری ها یا یون های فلزی سمی از آب بهبود بخشد.

### منابع

1. Ahmed, F.E., B.S. Lalia, and R. Hashaikh, *A review on electrospinning for membrane fabrication: Challenges and applications*. Desalination, 2015. **356**: p. 15-30.
2. Islam, M.S., et al., *A review on fabrication of nanofibers via electrospinning and their applications*. SN Applied Sciences, 2019. **1**(10): p. 1-16.
3. Wendorff, J.H., S. Agarwal, and A. Greiner, *Electrospinning: materials, processing, and applications*. 2012: John Wiley & Sons.
4. Cui, J., et al., *Electrospun nanofiber membranes for wastewater treatment applications*. Separation and Purification Technology, 2020. **250**: p. 117116.
5. Chen, H., et al., *Functionalized electrospun nanofiber membranes for water treatment: A review*. Science of the Total Environment, 2020. **739**: p. 139944.
6. Lyu, C., et al., *Electrospinning of Nanofibrous Membrane and Its Applications in Air Filtration: A Review*. Nanomaterials, 2021. **11**(6): p. 1501.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## مروری بر دستگاه تصویربرداری اسپکتروسکوپی رامان - میکروسکوپ الکترونی روبشی

فاطمه عسکری<sup>۱</sup>، مجید صفاجوجهانخاملو<sup>۲،۳</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- استاد تمام گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

### چکیده

امروزه با پیشرفت علم و تکنولوژی دستگاه ها و ادوات پیشرفته زیادی برای تشخیص و بررسی نمونه ها در آزمایشگاه ها موجود هستند. یکی از این دستگاه های نوظهور، تصویربرداری اسپکتروسکوپی رامان - میکروسکوپ الکترونی روبشی (Raman/SEM) است. این دستگاه از ترکیب دو دستگاه باهم ساخته شده است تا بتواند به طور همزمان تصاویر و مشخصات جامع از نمونه خود را که حاصل از برهم نهشت دو تصویر Raman/SEM است در اختیار محققان قرار دهد. همچنین تجزیه و تحلیل مورفولوژیکی، عنصری، شیمیایی، فیزیکی و الکترونیکی نمونه را به طور همزمان مطالعه می کند.

کلمات کلیدی: دستگاه رامان، دستگاه اسپکتروسکوپی رامان - میکروسکوپ الکترونی روبشی، Raman/SEM، میکروسکوپ الکترونی روبشی

<sup>1</sup> Raman Spectroscopy - Scanning Electron Microscope (Raman/SEM)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)؛ یک روش ثابت و رایج برای آنالیز سطوح نمونه در محدوده نانومتری است. این تکنیک تصویربرداری سطح با وضوح بالا است که می تواند توپوگرافی و مورفولوژی نمونه را تعیین کند. برای تولید یک تصویر یک پرتو الکترونی که توسط یک ولتاژ الکتریکی شتاب می گیرد (از چند ده ولت تا ۳۰ کیلوولت) ناحیه مورد نظر را روی نمونه اسکن می کند. از طریق برهم کنش های الکترون و نمونه، الکترون های برگشتی و ثانویه پدیدار و شناسایی می شوند. این سیگنال های الکترونی معمولاً برای تصویربرداری از نمونه ها با توجه به مورفولوژی و توپوگرافی (الکترون های ثانویه) و تضاد آنها در ترکیب (الکترون های برگشتی) استفاده می شوند. وضوح جانبی می تواند تا حدود ۱ نانومتر باشد با این حال، قابلیت های تجزیه و تحلیل SEM به ساختار سطح محدود می شود. برای غلبه بر این محدودیت، SEM اغلب برای تشخیص ویژگی های اضافی نمونه با سایر تکنیک های تحلیلی ترکیب می شود. به عنوان مثال، طیفسنجی پراکنده انرژی اشعه ایکس (SEM-EDX) اطلاعاتی در مورد ترکیب عنصری نمونه در سطح ارائه می دهد [۱].

از طرف دیگر طیفسنجی رامان اطلاعات ساختاری در مورد مواد معدنی مانند ساختار بلوری و چند شکلی، تأثیر عناصر کمیاب بر ساختار بلوری و وجود گونه های شیمیایی مانند هیدروکسیدها، کربنات ها، ترکیبات آلی، اجزاء سیال و غیره را ارائه می دهد [۲]. تکنیک تصویربرداری کانفوکال رامان شامل طیفسنجی رامان است که از طریق یک میکروسکوپ کانفوکال جمع آوری می شود. این سیستم، برای تجزیه و تحلیل ترکیبات مولکولی در یک نمونه بکار می رود. از طیفسنجی رامان می توان برای مطالعه جامد، مایع و نمونه های گازی استفاده کرد. در این تصویربرداری نمونه را زیر یک لیزر تابش کننده لیزر رامان در میکروسکوپ قرار دهیم. فوتون های لیزر بعد از برخورد به نمونه موجب تحریک ارتعاشات های مولکولی درون ساختار ماده می شوند. مولکول پس از تحریک آماده تابش طول موج های تغییر یافته می شود. در رامان برخی طول موج های کمتر و برخی بیشتر از طول موج تابش اولیه، تابش می شوند. تغییرات طول موج ها در هر ماده منحصر به فرد است. اینکه چه طول موج های تابش شوند به ماهیت و نوع ماده بستگی دارد. تابش ها سپس جمع آوری شده و پس از پردازش های اپتیکی وارد سیستم اسپکترومتر برای جداسازی می شوند. طول موج های مختلف توسط المان ساطع کننده تفکیک شده و به سمت آشکارساز فرستاده می شود. آشکارساز نیز با توجه به شدت هر طول موج، نمودار طیف رامان را به عنوان خروجی به رایانه ارسال می کند تا تصاویری از منطقه ارائه شود. هر پیک در طیف رامان نشان دهنده یک ارتعاش خاص در آن مولکول است. در حالت تصویربرداری رامان کانفوکال، نمونه نقطه به نقطه و

<sup>1</sup> Scanning Electron Microscope (SEM)

<sup>2</sup> Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX)

<sup>3</sup> Confocal Raman imaging



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

خط به خط اسکن می شود و فقط اطلاعات از صفحه کانونی به آشکارساز می رسد. به این ترتیب اطلاعات مربوط به توزیع فضایی اجزای شیمیایی درون نمونه جمع آوری و تصویربرداری می شود. میکروسکوپ های رامان کانفوکال با وضوح بالا اطلاعات یک طیف کامل رامان را در هر پیکسل تصویر به دست می آورند و به وضوح جانبی در حد پراش نور استفاده شده دست می یابند. در نتیجه، زمان ادغام برای هر پیکسل یک پارامتر حیاتی است. راه اندازی میکروسکوپ رامان کانفوکال بیشتر با وضوح عمق خوب مشخص می شود که تصاویر سه بعدی رامان و پروفایل های عمق را تسهیل می کند. [۳] در نتیجه محققان با بررسی ویژگی های دستگاه رامان و SEM ترکیب از این دو دستگاه را با نام SEM/Raman ابداع کردند. نام دیگر این دستگاه میکروسکوپ تلفیقی موسوم به رابیز<sup>۱</sup> است. این دستگاه تجزیه، تحلیل و مشخصات جامع نمونه را در یک سیستم واحد در اختیار قرار می دهد. با استفاده از این دستگاه می توان تغییرات مکانی در تنش\_کرنش را تعیین و عیوب را مشخص کرد. می توان خواص مولکولی و کریستالی مواد پیچیده را تصویر کرد. درک همزمان از ساختارهای سطحی و ویژگی های مولکولی سطح نمونه میسر می شود. این دستگاه در حوزه های مختلف از جمله: علم مواد، مهندسی سطح، نانوفناوری، علوم پلیمر، زمین شناسی، علوم زیستی و صنایع داروسازی کاربرد دارد. [۴]



شکل ۱. اسپکتروسکوپی رامان - میکروسکوپ الکترونی روبشی

<sup>1</sup> Raman imaging and scanning Electron (RISE)

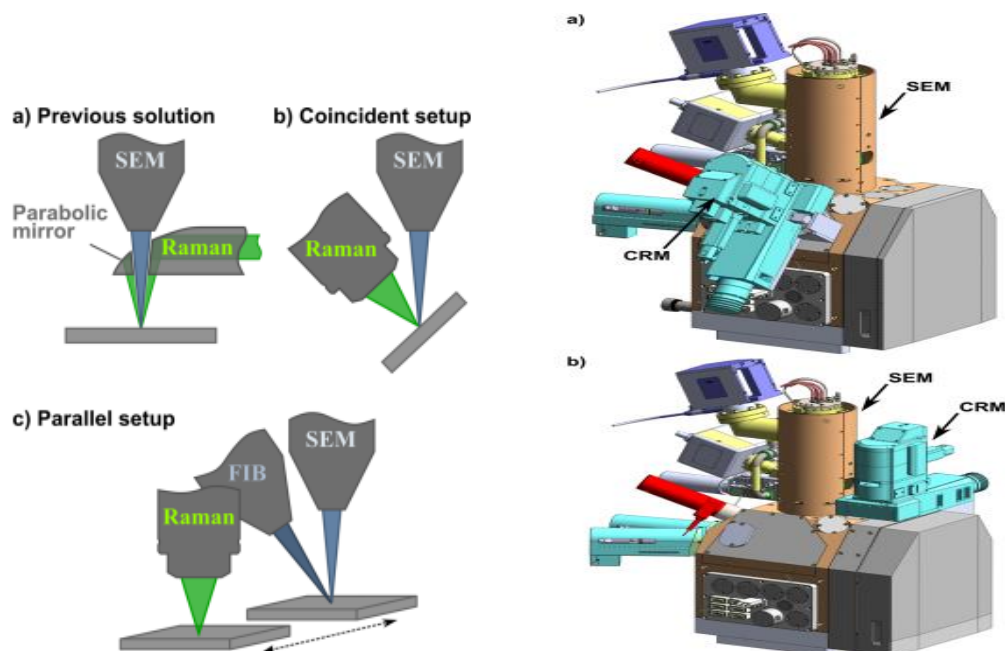
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

بسیاری از محققانی که در زمینه داروسازی، علوم زمین، نیمه هادی ها و علوم مواد در حال پژوهش هستند، قبلاً از CRM و SEM در ابزارهای جداگانه استفاده می کردند، اما این جداسازی، همپوشانی اندازه گیری ها را دقیقاً از همان موقعیت روی نمونه بسیار دشوار می کند. ادغام هر دو تکنیک در یک ابزار می تواند بر این مشکل غلبه کند. سیستم های قبلی که اندازه گیری های رامان را در محل با SEM ارائه می کردند. معمولاً از یک آینه سهموی جمع شونده در داخل محفظه SEM تشکیل شده اند که بین قطعه SEM و نمونه قرار می گیرد. پرتو لیزر از کنار وارد می شود و توسط آینه سهموی بر روی نمونه متمرکز می شود و سیگنال رامان تولید شده با همان آینه جمع آوری شده و به آشکارسازهای خارج از محفظه هدایت می شود. این سیستم ها در بهترین حالت برای تحریک لیزر سبز به وضوح جانبی  $2\text{ }\mu\text{m}$  میکرومتر دست می یابند که بیش از شش برابر بیشتر از ابزارهای CRM مستقل است. (شکل ۲)



<sup>1</sup> Confocal Raman Microscopy (CRM)

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



ب

الف

شکل ۲. الف) نماهای سه بعدی از تنظیمات ابزار هم زمان و موازی، ب) ادغام روش اولیه با روش های موازی و هم زمان

برای حل مشکلاتی که وجود داشت، محققین یک ادغام Raman-SEM را ارائه کردند که در آن عملکرد نوری و SEM کامل حفظ می شود. پرتو لیزر برای میکروسکوپ کانفوکال رامن از طریق یک پنجره نوری به محفظه SEM جفت می شود و فقط لنز شیئی سازگار با خلاء و یک اسکنر پیزوالکتریک در داخل محفظه خلاء قرار دارند. تصویربرداری با اسکن عدسی شیئی با اسکنر پیزوالکتریک انجام می شود که امکان جمع آوری سریع داده های زیر ۱ میلی ثانیه در هر پیکسل را فراهم می کند و اطمینان می دهد که اسکن مستقل از موقعیت مرحله نمونه یا جرم نمونه است. اطلاعات حاصل از اندازه گیری تک نقطه ای (تک طیف) تقریباً همیشه مشکوک است، زیرا هرگز نمی توان مطمئن بود که آیا کالیبراسیون موقعیت درست است یا خیر. فقط یک نقشه کامل از طیف های رامن می تواند به تصاویری منجر شود که توزیع اجزای شیمیایی مختلف را نشان می دهند و امکان پوشش مستقیم با تصویر SEM مربوطه را برای میکروسکوپ همبستگی واقعی فراهم می کنند. در ابزار یکپارچه Raman-SEM محققین، یک تصویر SEM و یک نقشه طیفی CRM از همان ناحیه نمونه را می توان در محل به دست آورد و سپس دقیقاً روی آن قرارداد. راه اندازی درجا با قابلیت نقشه برداری بسیار سودمند است، همچنین زمانی که با ساختارهایی که به تنهایی قابل مشاهده یا تشخیص نیستند، سروکار داریم. دو پیکربندی هندسی مختلف طراحی شده است (شکل ۲). راه اندازی اول که تنظیم موازی نامیده می شود، از ستون های SEM و CRM استفاده می کند که به موازات یکدیگر قرار گرفته اند. در این شکل، نمونه از SEM به موقعیت تصویربرداری رامن و بالعکس منتقل می شود. نتایج به دست آمده توسط هر دو تکنیک را می توان با هم مرتبط کرد و تصاویر را روی هم گذاشت.

در راه اندازی احتمالی دوم، به نام تنظیم هم زمان، ستون CRM به سمت ستون SEM متمایل می شود و به محور نوری SEM و CRM اجازه می دهد در یک نقطه منطبق شوند. این بدان معناست که نیازی به جابه جایی نمونه بین آنالیز SEM و CRM نیست. با این حال، در این تنظیمات، فواصل کاری هر دو CRM و SEM بیشتر است و در نتیجه وضوح جانبی کاهش می یابد. راه اندازی موازی برای ادغام بیشتر با تکنیک های دیگر مانند FIB<sup>۱</sup> مناسب تر است، زیرا فضای بیشتری را در مجاورت SEM می دهد. به طور معمول، ستون FIB نسبت به ستون SEM 60-50 درجه کج می شود. تنظیم هم زمان برای ادغام FIB دشوارتر است. اگرچه در شکل ۲ ترسیم نشده است، اما در اصل امکان قرارداد ستون FIB در کنار یا مقابل ستون CRM وجود دارد [۵].

<sup>۱</sup> Focused Ion Beam



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

#### ۵۲- پیشینه تحقیق

متیو پی نلسون و همکارانش در سال ۲۰۰۱، از دستگاه Raman-SEM برای مشخص کردن محیط ذرات ریز استفاده کردند. در این مطالعه مقدماتی از این دستگاه برای تعیین اندازه، مورفولوژی، ترکیب عنصری و مولکولی، و ساختار مولکولی ذرات ریز در چندین نمونه آزمایش و یک نمونه هوای محیط استفاده شده است. Raman و SEM هنگامی که با یکدیگر ترکیب شوند، اطلاعات مکانی، عنصری و مولکولی دقیقی را برای ذرات کوچک ۲۵۰ نانومتر ارائه می کنند. مطالعات اولیه پتانسیل Raman-SEM را برای تعیین مولکولی و عنصری ذرات آلی و معدنی نشان می دهد. از آنجایی که هر دو تکنیک غیرمخرب هستند، ذرات موردعلاقه را می توان بین ابزار جابه جا کرد. همچنین در این پژوهش، مسائل عملی مانند سازگاری بستر فیلتر و سازگاری ابزار دقیق مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان داد که قدرت تفکیک فضایی هر دو تکنیک در حد زیر میکرون قابل مقایسه هستند که آنها را برای تجزیه و تحلیل  $PM_{2.5}$  مناسب می کند. این سیستم ترکیبی دانشمندان را قادر می سازد تا ترکیب  $PM_{2.5}$  را بهتر درک کنند تا درک آنها از رابطه بین منابع انتشار انسانی و غلظت  $PM_{2.5}$  محیط را بهبود بخشند. طیفسنجی رامان از بسترهای فیلتر نشان می دهد که کوارتز به دلیل نداشتن پس زمینه رامان و اورسانس، یک ماده سازگار با رامان است، در حالی که ماده فیلتر ترجیحی برای تجزیه و تحلیل SEM، پلی کربنات به دلیل سطح آن است. با این حال، SEM/EDX و تجزیه و تحلیل تصویربرداری شیمیایی رامان از گونه های ذرات معلق محیطی کاندید نشان می دهد که پلی کربنات یک بستر مناسب برای هر دو تکنیک است. تجزیه و تحلیل تصویربرداری شیمیایی رامان از نمونه واقعی مانیتور شده با هوا شواهدی از نیترات آمونیوم  $PM_{2.5}$  ارائه می دهد [۶].

ون ژانگ<sup>۳</sup> و همکارانش در سال ۲۰۲۰، از دستگاه Raman-SEM برای مشاهده مستقیم انتشار نانو پلاستیک ها از پلاستیک تجاری استفاده کردند. این فناوری به شناسایی شیمیایی مستقیم نانو ذرات منفرد بر روی سطح RPP<sup>۴</sup> به کوچکی ۳۶۰ nm از جمله نانو PVC و نانو  $CaCO_3$ <sup>۵</sup> در کمپلکس هایی با رنگ دانه دست می یابد. پس از شستن و فیلتر کردن از طریق یک فیلتر پلی اترسولفون ۱ میکرومتری، نانو PVC را به وضوح از سایر اجزای یک فیلتر خشک شده در هوا جدا کردند. یافته های آنان شواهد مستقیم و بینش های دقیقی را در مورد انتشار بالقوه نانو پلاستیک ها از محصولات پلاستیکی بازیافتی باز یافتی ارائه می دهد. روش RISE<sup>۶</sup> به پژوهشگران کمک کرد تا به طور شهودی منشأ، وقوع و

<sup>1</sup> Matthew P. Nelson

<sup>2</sup> Particulate Matter 2.5 (PM)<sub>2.5</sub>

<sup>3</sup> Wen Zhang

<sup>4</sup> Recycled Polyvinylchloride Powde (RPP)

<sup>5</sup> Polyvinyl chloride (PVC)

<sup>6</sup> Calcium Carbonate (CaCO<sub>3</sub>)

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

سرنوشت NPها را در محیط درک کنند. RISE نشان داد که RPP، نوعی پلاستیک بازیافتی تجاری، منبع آزادسازی بالقوه NPها است. اطلاعات مورفولوژیکی و شیمیایی نانوذرات را می توان همزمان با تجزیه و تحلیل یک نانوماده تک دانه ای به دست آورد. نقشه برداری خودکار RISE ترکیب شیمیایی دوبعدی منطقه انتخاب شده را برای متمایز ساختن PVC از سایر اجزای نانو دانه ها بدون جداسازی کلونیدی ارائه کرد. پژوهش آنان به مشاهدات درجا و شناسایی مستقیم نانوذرات منفرد آزاد شده از سطح پلاستیک های کالای بازیافتی دست یافت [۷].

اوته اشمیت و همکارانش در سال ۲۰۲۱، از RISE برای تصویربرداری فازهای مختلف SiC<sup>۱</sup> در سرامیک های سیلیکون کاربید متخلخل استفاده کردند. در این مقاله، پژوهشگران کاربید سیلیکون متبلور شده<sup>۲</sup>، یک ماده کاربید سیلیکون خالص با ۱۱-۱۵ درصد تخلخل باز را مطالعه کردند. این ماده در دماهای بسیار بالا از ۲۳۰۰ تا ۲۵۰۰ درجه سانتیگراد پخته می شود که در آن مخلوطی از دانه های بسیار ریز با قطر ۴ میکرومتر ۱۰ و ۹۰ درصد دانه های درشت با قطر ۱۰۰ میکرومتر به یک ماتریس فشرده SiC بدون انقباض تبدیل می شود. یک تصویر کلی SEM از RSiC<sup>۳</sup> که تحت شرایط خلاء بالا در ولتاژ شتاب ۱ کیلوولت به دست آمده است منافذ به صورت ویژگی های تیره در تصویر SEM ظاهر می شوند و ۲۰ درصد از سطح تحلیل شده را پوشش می دهند. مناطق بزرگ بین منافذ بدون خاصیت به نظر می رسند که نشان دهنده ترکیب یکنواخت SiC است. تصویر SEM ناحیه ای بین منافذ را نشان می دهد، جایی که کنتراست بسیار خفیفی از دانه ها قابل مشاهده است. این منجر به مطالعه همان ناحیه با استفاده از Raman-SEM می شود. چهار نوع مختلف از SiC در این ناحیه نمونه شناسایی شد که در پوشش تصویر رامن و SEM، نشان داده شده است. طیفسنجی رامن به ماهیت پیوند شیمیایی حساس است و تفاوت های ساختاری در RSiC را آشکار می کند. هدف از این پژوهش، نشان دادن زیر ساختارهای منحصربه فرد پلی تیپ های کاربید سیلیکون با تبلور مجدد در سرامیک های RSiC است که با استفاده از میکروسکوپ همبستگی Raman-SEM، نشان داده شدند [۸].

نتیجه گیری

این مقاله دستگاه تلفیقی Raman-SEM را مورد بررسی قرار داد. عملکرد سه بعدی این سیستم می تواند چشم اندازهای جدیدی را برای خصوصیات SEM باز کند و در بسیاری از موارد استفاده از تکنیک های سه بعدی پیچیده تر و گران تر را کاهش دهد. در نهایت، پتانسیل تحلیلی قابل توجه Raman-SEM با توسعه یک دستگاه تصویربرداری رامن کانفوکال واقعی در SEM که تجزیه و تحلیل نقطه ای جدید، پروفایل عمق، تصویربرداری و قابلیت های سه بعدی را ارائه می دهد، تا حد زیادی گسترش یافته است. ترکیب حالت های تصویربرداری SEM، میکرو آنالیز EDX و تصویربرداری رامن کانفوکال این امکان را فراهم می کند که ظرفیت ما برای به دست آوردن اطلاعات در مورد مورفولوژی، شیمی ساختار و ساختار اتمی، مولکولی و بلوری در مقیاسی قابل مقایسه با میکرو آنالیز عنصری را افزایش دهیم.

<sup>1</sup> Nano Plastics (NP)

<sup>2</sup> Silicon Carbide (SiC)

<sup>3</sup> Recrystallized Silicon Carbide (RSiC)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

منابع

1. Khursheed, A., *Scanning electron microscope optics and spectrometers*. 2011: World scientific.
2. Lyon, L.A., et al., *Raman spectroscopy*. Analytical Chemistry, 1998. **70**(12): p. 341-362.
3. Toporski, J., T. Dieing, and O. Hollricher, *Confocal Raman Microscopy*. Vol. 66. 2018: Springer.
4. Hollricher, O., U. Schmidt, and S. Breuninger, *RISE microscopy: correlative Raman-SEM imaging*. Microscopy Today, 2014. **22**(6): p. 36-39.
5. Jiruše, J., et al., *Integrating focused ion beam–scanning electron microscope with confocal Raman microscope into a single instrument*. Journal of Vacuum Science & Technology B, Nanotechnology and Microelectronics: Materials, Processing, Measurement, and Phenomena, 2014. **32**(6): p. 06FC03.
6. Nelson, M.P., et al., *Combining Raman chemical imaging and scanning electron microscopy to characterize ambient fine particulate matter*. Aerosol Science & Technology, 2001. **34**(1): p. 108-117.
7. Zhang, W., et al., *Direct observation of the release of nanoplastics from commercially recycled plastics with correlative Raman imaging and scanning electron microscopy*. Acs Nano, 2020. **14**(7): p. 7920-7926.
8. Schmidt, U., et al., *RISE imaging of various phases of SiC in sintered silicon-carbide ceramics*. Microscopy and Microanalysis, 2021. **27**(S1): p. 3280-3281.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## بررسی روش های دستگاہی تولید غشا به منظور استفاده در فرایندهای جداسازی

فاطمه بابگپ بزرگ<sup>۱</sup>، دکتر علی نعمت اله زاده<sup>۲\*</sup>.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- استاد تمام، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

### چکیده

فرایندهای جداسازی غشایی در حال حاضر فناوری های به خوبی تثبیت شده در طیف گسترده ای از کاربردها و صنایع از جمله بیوتکنولوژی، داروسازی، فراوری مواد غذایی، صنایع نفت و همچنین نمک زدایی آب دریا هستند باگذشت زمان و تکامل روزافزون علم و فناوری، تجهیزات بسیار متنوع و کارآمدی در ارتباط با فرایندهای جداسازی توسط غشا پلیمری ساخته و در مقیاس های آزمایشگاهی و صنعتی مورد استفاده قرار گرفته شده اند. در این مقاله مروری بر انواع روش های دستگاہی ساخت غشا به منظور استفاده در فرایندهای جداسازی و همچنین به بررسی مزایا و معایب هر کدام از این روش ها پرداخته می شود.

کلمات کلیدی: غشا پلیمری، جداسازی غشایی، روش های دستگاہی، ساخت غشا.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

در سال های اخیر، فرایندهای جداسازی با استفاده از غشا از کاربردهای ساده در آزمایشگاه تا استفاده در عملیات بزرگ صنعتی با تأثیر فنی و تجاری قابل توجهی تکامل یافته اند و در طول چندین دهه گذشته تلاش قابل توجهی توسط فیزیکدانان، شیمی دانان و مهندسان برای توسعه و ساخت غشاهایی بهتر و گسترش دامنه کاربرد آنها انجام شده است، از جمله این پیشرفت ها در فرایندهای جداسازی می توان به ساخت انواع غشاهای تخت و مارپیچ و استفاده از غشاهای مایع و همچنین انتقال تسهیل شده توسط حلال برای حذف انتخابی گونه های شیمیایی خاص نیز می توان اشاره کرد. به عنوان تعریف کلی می توان گفت جداسازی، تغلیظ و خالص سازی گونه های شیمیایی موجود در یک مخلوط یک مشکل عمده در صنعت فرایندهای شیمیایی است. در سال های اخیر، تکنیک های جداسازی جرمی مرسوم مانند تقطیر، کریستالیزاسیون<sup>1</sup> استخراج با حلال مورد استفاده قرار می گرفتند که امروزه در بعضی از موارد غشاهای نیمه تراوا به عنوان موانع جداسازی مورد استفاده قرار گرفته و جایگزین شده اند؛ به این علت که در بسیاری از موارد، فرایندهای جداسازی غشایی سریع تر، کارآمدتر و مقرون به صرفه تر از تکنیک های جداسازی مرسوم هستند. از جمله مزیت های دیگر غشاها می توان به استفاده از این غشاها در صنایع دارویی و غذایی اشاره کرد، زیرا با استفاده از غشا می توان جداسازی اجزا در دمای محیط را انجام داد و به محلول های حساس به دما اجازه می دهد بدون آسیب و یا تغییر شیمیایی مواد تشکیل دهنده عمل جداسازی انجام گیرد. به طور کلی بیش از یک فرایند برای انجام فرایندهای جداسازی در دسترس است که انتخاب فرایند مناسب

<sup>1</sup> Crystallization

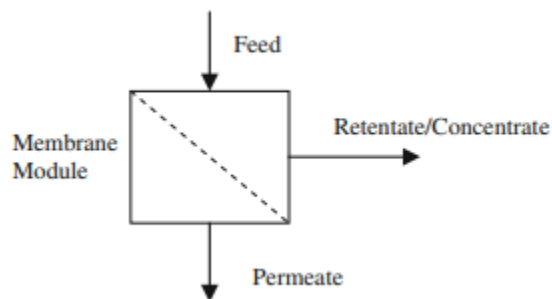
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

به عوامل متعددی از جمله ماهیت اجزای مخلوط، حجم محلول موردنیاز، درجه جداسازی موردنیاز و همچنین در فرایندهای صنعتی که در مقیاس بزرگ انجام می گیرند به هزینه عملیات بستگی دارد. امروزه تحقیقات غشایی شامل چندین رشته علمی می شود به این صورت که شیمی دانان مواد پلیمری جدیدی تولید می کنند، فیزیک دانان و ریاضی دانان خواص انتقال غشاهای مختلف را با استفاده از مدل های ریاضی برای پیش بینی ویژگی های جداسازی یک غشا توصیف می کنند و مهندسان شیمی از مدل ها و غشاهای جدید توسعه یافته برای طراحی فرایندهای جداسازی برای استفاده در صنایع شیمیایی استفاده می کنند [۱]. شکل ۱ سیستم جداسازی غشایی را نشان می دهد که جریان ورودی را به دو جریان پساب جدا می کند که یک بخش از آن قسمتی است که از غشا عبور کرده است و بخش دیگر حاوی اجزایی است که توسط غشا رد شده اند [۲].



شکل ۱. نمای کلی یک سیستم جداسازی غشایی [۲].

## ۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

از جمله محققانی که مدل های انتقال جرم را برای توضیح تشکیل غشا در سطح مشترک بین محلول پلیمری و حمام انعقادی پیشنهاد کردند می توان به پژوهش کوهن<sup>۱</sup> و همکارانش اشاره کرد، همچنین کیم<sup>۲</sup> و همکاران

<sup>1</sup> kohen

<sup>2</sup> kim



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

مدلی از مکانیسم تجزیه اسپینودال<sup>۱</sup> را بر اساس انتقال جرمی که در طول تشکیل غشای نامتقارن اتفاق می افتد، مورد بحث قرار دادند [۶]. وانگ<sup>۲</sup> و همکارانش بر روی ساخت غشاهای پلی وینیلیدین فلوراید<sup>۳</sup> (PVDF) در تقطیر غشایی پژوهشی انجام دادند؛ که در آن مطالعه، پلی وینیلیدین فلوراید – کلرو تری فلئورو اتیلن<sup>۴</sup> (PVDF-CTFE)، یک کوپلیمر مبتنی بر PVDF، برای ساخت غشاهای ورقه ای تخت و فیبر توخالی استفاده شد [۳]. در پژوهشی دیگر یان<sup>۵</sup> و همکارانش بر روی ساخت غشاهای گرافن/پلی وینیلیدین فلوراید<sup>۶</sup> (G/PVDF) در درصد های وزنی مختلف گرافن ۰/۱ تا ۰/۲ درصد وزنی از طریق روش وارونگی فاز به منظور تصفیه آب انجام دادند [۴]. همچنین ویجو و همکارانش یک رویکرد نوآورانه در استفاده از PES ارزان قیمت و Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> برای جایگزینی پلی آمید های گران قیمت به عنوان محیطی مناسب برای الیاف توخالی ماتریس مخلوط دولایه و حذف مشکلات رسوب گذاری بین لایه ای ارائه دادند [۵]. در تحقیقی دیگر کومار<sup>۸</sup> و همکارانش بر روی ساخت غشا با استفاده از استات سلولز<sup>۹</sup> (CA) و سلولز استات فتالات<sup>۱۰</sup> (CAP) به عنوان افزودنی (۱wt٪، ۳wt٪ و ۵wt٪) برای تهیه غشاهای فیبر توخالی اولترافیلتراسیون پلی فنیل سولفون (PPSU) برای حذف آرسنیک از آب آشامیدنی استفاده کردند [۶].

۳-روش تحقیق

۳-۱-روش های ساخت غشا

روش ساخت غشا می تواند تأثیر قابل توجهی بر اثربخشی آن داشته باشد، همچنین روش های مختلف آماده سازی باعث ایجاد غشاهای همسان گرد و ناهمسان گرد مختلفی می شود که به فرایندهای غشایی مختلف مربوط می شوند. غشاهای همسان گرد غیر متخلخل متراکم معمولاً در فرایندهای جداسازی غشا استفاده نمی شوند، زیرا شار گذر غشایی از طریق این غشاهای نسبتاً ضخیم برای فرایندهای جداسازی عملی بسیار کم است. با این حال، آن ها به طور گسترده در کارهای آزمایشگاهی برای مشخص کردن ویژگی های غشا استفاده می شوند. در آزمایشگاه، غشاهای همسان گرد با ریخته گری محلول یا پرس حرارتی مذاب تهیه می شوند. ارزش تجاری یک غشا با خاصیت انتقال و

<sup>1</sup> Spinodal

<sup>2</sup> wang

<sup>3</sup> Polyvinylidene fluoride

<sup>4</sup> chlorotrifluoroethylene

<sup>5</sup> yan

<sup>6</sup> graphene/polyvinylidene fluoride

<sup>7</sup> Widjojo

<sup>8</sup> komar

<sup>9</sup> Cellulose acetate

<sup>10</sup> Cellulose acetate phthalate

<sup>1</sup> Polyphenylsulfone

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

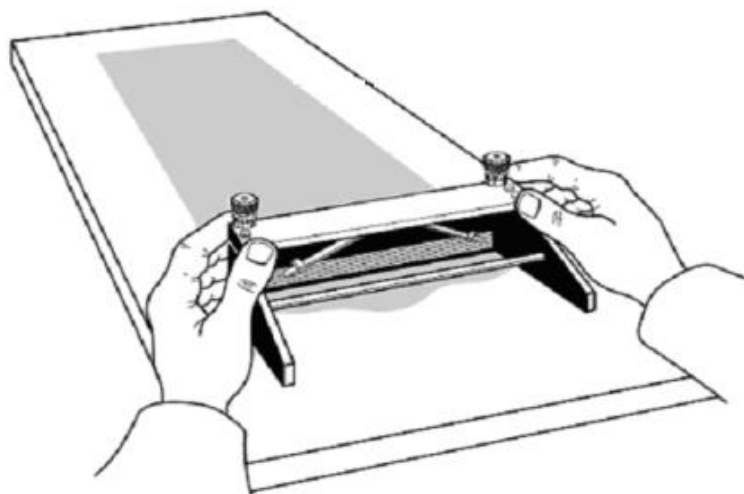
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



نفوذپذیری و همچنین گزینش پذیری آن تعیین می شود. به طور کلی غشاهای مصنوعی در دو هندسه اصلی ساخته می شوند که دسته اول عبارتند از ورق تخت که از این نوع غشا در ساخت غشا دیسک و ماریچی هم استفاده می شود و نوع دوم شامل دسته ورق استوانه ای که از این نوع غشا در مازول های لوله ای و مویرگی و همچنین فیبر توخالی استفاده می شود، در این مقاله به شرح کامل ساخت انواعی از این غشاها پرداخته می شود.

### ۱-۱-۳- غشاهای تخت<sup>۱</sup>

برای تولید غشا می توان از انواع مواد پلیمری و مواد معدنی استفاده کرد، غشاهای ساخته شده از مواد معدنی در مقایسه با غشاهای پلیمری دارای پایداری شیمیایی و حرارتی بالاتری هستند با این حال مواد پلیمری به دلیل اینکه بیشترین ترکیبات آلی را تشکیل می دهند بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. روش وارونگی فاز در چند دهه گذشته محبوب ترین و مهم ترین روش آماده سازی به ویژه برای تولید غشاهای تجاری است و همچنین یکی از روش های شناخته شده برای تهیه غشاهای پلیمری با استفاده از روش وارونگی فاز ناشی از بارش غوطه وری است، به این صورت که در این فرایند با استفاده از چاقوی ریخته گری که دستگاه فیلم کش هم نامیده می شود انجام می گیرد این وسیله عبارت است از یک تیغه از جنس فولاد ضد زنگ که بر روی دو پایه قرار دارد. طراحی آن به گونه ای است که فاصله بین این تیغه و صفحه ای که فیلم روی آن قالب گیری می شود، قابل تنظیم است مواد پلیمری بر روی یک تکیه گاه مناسب ریخته می شود و پس از آن در یک حمام ضد حلال غوطه ور می شود تا غشا تشکیل شود، از این روش برای تهیه غشاهای ورقه تخت در آزمایشگاه استفاده می شود همچنین می توان گفت ساخت غشای ورقه ای یک فرایند پیچیده است، زیرا شامل مراحل زیادی مانند آماده سازی محلول دوپ، رئولوژی شکاف هوای محلول ریخته گری و بارش غوطه ور شدن در حمام منعقد کننده است. در شکل ۲ نمای کلی از این دستگاه مشاهده می شود.



<sup>1</sup> flat membrane

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

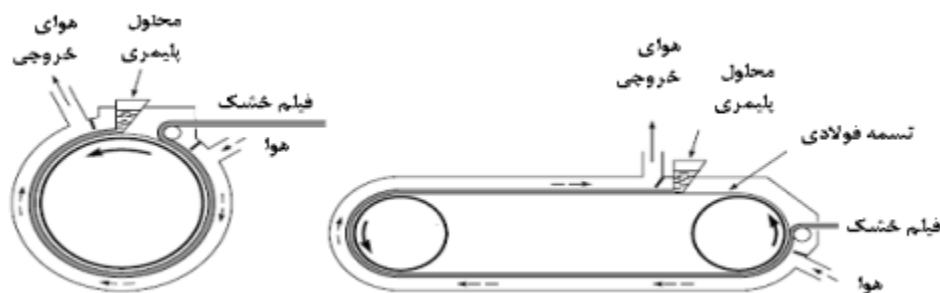
### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شکل ۲. شماتیک یک فیلم کش در مقیاس آزمایشگاهی [۷].

برای تولید تجاری غشاهای تخت معمولاً به این صورت عمل می شود که محلول بر روی یک سطح چرخان یا یک کمر بند فولادی ضد زنگ پیوسته ریخته می شود و هنگام خروج با هوا در ارتباط است تا خشک گردد این ماشین ها معمولاً برای کنترل بخار آب توسط فیلم هنگام خشک شدن و به حداقل رساندن بخار حلال مورد استفاده قرار گرفته و لایه در نهایت درون حمام انعقادی تشکیل می شود. در فرایند وارونگی فاز، تشکیل غشاهای نامتقارن توسط ترمودینامیک و سینتیک کنترل می شود. در شکل زیر شماتیک کلی این دستگاه ها نشان داده شده است [۷].



شکل ۳. ماشین آلات مورد استفاده برای ساخت فیلم در مقیاس تجاری [۷].

### ۲-۱-۳- فیبر توخالی<sup>۱</sup>

غشاهای فیبر توخالی پلیمری اولین بار در سال ۱۹۶۶ شناخته شدند، این نوع الیاف توخالی نسبت به غشاهای ورقه ای مسطح دارای مزایای منحصر به فردی از جمله سطح غشا بالا، ساختار خود نگه دارنده و سهولت در جابه جایی هستند. با این حال، آن ها باید به عنوان ماژول های بزرگ برای کاربردهای صنعتی مونتاژ شوند. هیدرودینامیک سیال در این ماژول ها از جمله پارامتر مهم جداسازی است. شرکت ها استراتژی های طراحی بی شماری را برای بهبود هیدرودینامیک سیال و انتقال جرم درون ماژول ها بررسی کرده اند. اساس فیلتراسیون الیاف توخالی مانند اساس غشاهای لوله ای و موینگی است اما در اینجا قطر لوله کوچک تر است که باعث می شود این الیاف منعطف باشند. همچنین این نوع غشاها با اکستروژن کردن یک محلول پلیمری از طریق یک اسپینر حلقوی و یک سیال مته سوراخ در مرکز حلقوی تهیه شدند. چرخش غشاهای فیبر توخالی یک فرایند بسیار پیچیده است که شامل پارامترهای چرخشی زیادی است که یکی از سودمندترین شکل غشاها هستند که در فرایندهای جداسازی استفاده می شوند. آن ها را می توان با هر روشی که برای ساخت الیاف شیمیایی استفاده می شود تولید کرد، یکی از این نوع روش ها ساخت محلول پلیمری توسط ریسندگی مذاب که اقتصادی ترین روش تولید غشای فیبر توخالی است که یک روش بسیار اکولوژیکی

<sup>1</sup> Hollow fiber



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



است، زیرا هیچ فاضلاب یا محصولات جانبی مضرى در آن دخیل نیست از بین تمام پلیمرهای ترموپلاستیکی که می توان  
آن ها را با ریسندگی مذاب پردازش کرد، پلی الفین ها مناسب ترین برای ساخت غشاهای الیافی توخالی یافت شده اند  
[۸]. غشاهای فیبر توخالی توسط فرایندهای تولید مرطوب و نیمه مرطوب و خشک با استفاده از حلال ها تولید می شوند.  
ریسندگی فیبر توخالی یک فرایند فیزیکی دشوار است و به طور کلی شامل چهار مرحله است که عبارت اند از:

۱- فرمولاسیون محلول ۲- اکستروژن ۳- انعقاد ۴- آماده سازی فیبر انعقادی  
برای غشاهای فیبر توخالی پلیمری، پارامترهای مهم بسیاری وجود دارد که باید در طول آماده سازی غشاها کنترل  
شوند. این پارامترها شامل مقدار و نوع پلیمرها، حلال ها و مواد افزودنی مخلوط شده در محلول دوپ در حال چرخش،  
میزان دوپ و سیال حفره ای، نوع سیال حفره، سرعت جذب فیبر هستند.  
۲-۳- روش های ریسندگی

ساختار و خواص نفوذ الیاف توخالی به شدت به شرایط ریسندگی بستگی دارد. غشاهای توخالی پلیمری با  
اکستروژن کردن محلول پلیمری از طریق یک اسپینر حلقوی و جریان سیال در مرکز اسپینر حلقوی تهیه می شوند.  
دستگاه های ساخت غشاهای فیبر توخالی معادل انتقال جرم یک مبدل حرارتی پوسته ولوله هستند. به این ترتیب آن ها  
از یک بسته لوله تشکیل شده اند که انتهای آن در یک صفحه لوله تعبیه شده است. صفحه لوله ایجاد شده است تا امکان  
ارتباط سیال جداگانه با فضاهای فیبر داخلی و پوسته فراهم کند. لومن ها در امتداد صفحه لوله باز هستند. پس از  
مهر و موم کردن صفحه لوله بر روی کیس، منی فولدهای جداگانه در قسمت بیرونی کیس اجازه ورود و حذف جریان های  
سیال به فضای لومن و پوسته را می دهد همچنین بعد از آن خوراک را می توان به لومن یا پوسته وارد کرد. همچنین  
ممکن است یک جاروب نفوذی به ماژول وارد شود که باعث می شود جاروب با تراوش مخلوط شود و عملکرد ماژول را  
به طور چشمگیری با افزایش اختلاف پتانسیل شیمیایی در سراسر غشا بهبود می بخشد. یک خط پایه برای عملکرد  
فرایند را می توان با فرض یکنواخت بودن الیاف، یکسان قرار دادن شعاع داخلی و خارجی و نفوذ و فاصله یکنواخت  
تعیین کرد. علاوه بر این، پیش بینی های عملکرد پایه فرض می کنند که توزیع سیال از درگاه های خارجی روی کیس از  
طریق منی فولدها به لومن و پوسته یکسان است، یعنی سرعت جریان در داخل و خارج هر فیبر در بسته فیبر یکسان  
است. متأسفانه، عملکرد واقعی این نوع دستگاه ها ضعیف تر از عملکرد ایده آل است که باعث نوآوری در طراحی ماژول  
برای بهبود عملکرد شده است. تفاوت ها در توان عملیاتی کمتر از حد انتظار و مصرف انرژی بیشتر آشکار می شوند.  
فرایندهای ریسندگی محلول بر اساس تکنیک وارونگی فاز هستند. غشاهای فیبر توخالی تولید شده از ریسندگی  
محلول می توانند بسته به شرایط به کار گرفته شده نامتقارن، متراکم یا ریز متخلخل باشند. همان طور که گفته شد این  
فرایند بر اساس تکنیک وارونگی فاز است و به طور کلی به سه تکنیک به نام های ریسندگی خشک، ریسندگی مرطوب  
و ریسندگی خشک/مرطوب طبقه بندی می شوند که به تعریف هر کدام می پردازیم.

۱-۲-۳- تکنیک ریسندگی خشک

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



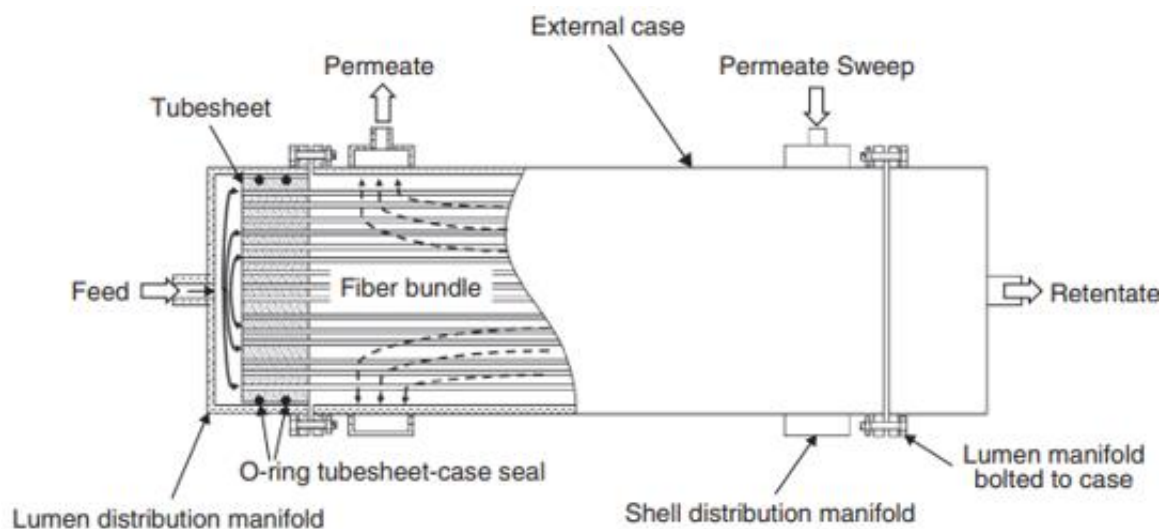
در این روش محلول پلیمری در یک حلال مناسب حل شده و از طریق یک اسپینر اکستروود می شود. محلول دوپ معمولاً بالاتر از دما و فشار محیط است. جامد شدن الیاف به دلیل تبخیر حلال پس از خروج الیاف از توری است. عوامل حیاتی در تعیین خواص الیاف، جهت گیری مولکولی ناشی از رئولوژیکی در لایه پوست در حال انجماد و شرایط وارونگی فاز است. در حال حاضر هیچ سیستم تجاری جداسازی گاز غشایی با استفاده از ریسندگی خشک تولید نشده است.

### ۱-۲-۳- تکنیک ریسندگی مرطوب

در ریسندگی مرطوب، الیاف با اکستروود کردن یک محلول دوپ از طریق یک اسپینر به داخل حمام انعقادی تشکیل می شوند. تشکیل پوست و انجماد فیبر به ماهیت وارونگی فاز بستگی دارد. هر نوع مورفولوژی غشایی را می توان با این تکنیک به دست آورد زیرا پارامترهای بسیاری درگیر می توانند متفاوت باشند. مطالعات اخیر گزارش داده اند که لایه های پوستی بدون نقص غشاهای فیبر توخالی نامتقارن با استفاده از این روش از طریق روش انعقاد حمام دوگانه اصلاح شده تولید شدند.

### ۱-۲-۳- تکنیک ریسندگی خشک/مرطوب

ریسندگی خشک/مرطوب ترکیبی از ویژگی های مطلوب روش های ریسندگی خشک و مرطوب است. فیبر اکستروود شده قبل از غوطه ور شدن در محیط انعقاد از یک شکاف هوایی با طول معین عبور می کند. الیاف سپس بر روی یک درام بادگیر جمع آوری می شود و قبل از اینکه تحت هر فرایند پس از درمان قرار گیرد، شسته می شود. در روش ریسندگی خشک/مرطوب، ناحیه شکاف هوا مسئول تشکیل یک لایه پوستی بدون نقص بسیار نازک است. در شکل ۴ نمای کامل از یک غشای فیبر توخالی داده شده است [۹].



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

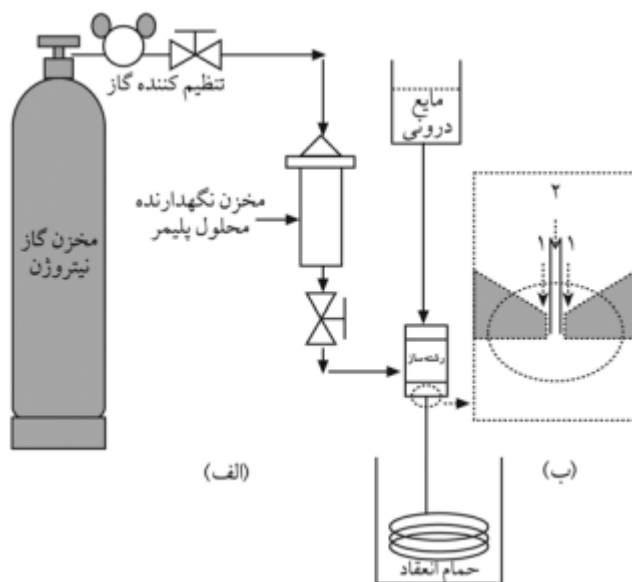
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۴- نمای بریده شده از یک ماژول غشای فیبر توخالی [۱۰].

همچنین شماتیک دستگاه ساخت غشا الیاف توخالی در مقیاس آزمایشگاهی و نحوه عملکرد این دستگاه در شکل ۵ آورده شده است، عملکرد آن به این صورت است که محلول پلیمری با اعمال فشار مخزن نیتروژن به سمت مخزن نگهدارنده محلول پلیمری و پس از آن به قطعه رشته ساز منتقل می شود و پس از انجام این مراحل الیاف تولید شده از مسیر (ب) خارج می شوند و در مرحله بعد الیاف به دست آمده وارد حمام انعقاد می شوند و به مدت چند روز در دمای محیط خشک می شوند تا مورد استفاده قرار گیرند [۱۱].



شکل ۵. نمای کلی از تجهیزات ساخت غشا الیاف توخالی [۱۱].

#### ۴- نتیجه گیری

در این پژوهش به بررسی برخی از تجهیزات ساخت غشا برای استفاده در فرایندهای جداسازی پرداخته شد که عبارتند از بررسی غشاهای فیبر توخالی و ورق تخت و بررسی مزایا و معایب هر کدام پرداخته شد؛ از جمله این مزایا می توان به مساحت مؤثر بزرگ و چگالی بالای غشاهای الیاف توخالی در مقایسه با غشاهای تخت و همچنین سهولت ساخت الیاف توخالی نسبت به ورق مسطح که نیاز به کنترل ویسکوزیته سخت گیرانه دارد اشاره کرد. همچنین غشا الیاف توخالی به دلیل قطر کم اهمیت زیادی پیدا کرده اند. از جمله موارد دیگر می توان به انعطاف پذیری رشته ها اشاره کرد. همچنین می توانند از بخش نفوذ پذیر و هوا جدا شوند و جریان های خوراک با مقدار بالایی از مواد جامد معلق را فرآوری کنند. با وجود مزایای فراوان الیاف توخالی، عمده ترین معایب الیاف توخالی رسوب غیر قابل بازگشت و شکستن الیاف اشاره کرد و در قسمت بعد به بررسی معایب و مزایا غشاهای تخت پرداخته شد که می توان به این موضوع اشاره



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

کرد، این نوع غشاهای برای کاربردهای در مقیاس کوچک توسعه یافته اند و برای کارهای آزمایشگاهی بسیار مناسب هستند و همچنین می توان گفت در مقایسه با انواع دیگر غشاهای گران قیمت تر هستند.

### ۵-منابع

- [۱] Strathmann, H., Journal of membrane science, 1981. 9(1-2): p. 121-189.
- [۲] Chen, J.P., H. Mou, L.K. Wang, T. Matsuura, and Y. Wei, ۲۰۱۱. Springer. p. 271-332.
- [۳] Wang, J., L. Zheng, Z. Wu, Y. Zhang, and X. Zhang, Journal of Membrane Science, 2016. 497: p. 183-193.
- [۴] Woo, Y.C., Y. Kim, W.-G. Shim, L.D. Tijing, M. Yao, L.D. Nghiem, J.-S. Choi, S.-H. Kim, and H.K. Shon, Journal of Membrane Science, 2016. 513: p. 74-84.
- [۵] Widjojo, N., T.-S. Chung, and S. Kulprathipanja, Journal of Membrane Science, 2008. 325(1): p. 326-335.
- [۶] Kumar, M., S. Rao, T. A.M. Isloor, G.P.S. Ibrahim, Inamuddin, N. Ismail, A.F. Ismail, and A.M. Asiri, International Journal of Biological Macromolecules, 2019. 129: p. 715-727.
- [۷] Baker, R.W., *Membrane technology and applications*. 2012: John Wiley & Sons.
- [۸] Wang, L.K., J.P. Chen, Y.-T. Hung, and N.K. Shamma, Vol. 13. 2008 :Springer.
- [۹] Ismail, A.F., K.C. Khulbe, and T. Matsuura, 2015, Springer. p. 193-220.
- [۱۰] Mat, N.C., Y. Lou, and G.G. Lipscomb, Current Opinion in Chemical Engineering, 2014. 4: p. 18-24.
- [۱۱] سیدعباس موسوی، مهدی پورافشاری چنار، مرتضی صادقی، عباسعلی احمدیان، ۱۳۸۵، مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، ۴۶۵-۴۵۹.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## سنتز و مشخصه یابی اکسید گرافن با استفاده از پراش پرتو ایکس و طیفسنجی رامان

مصطفی بدرود<sup>۱</sup>، فهیمه حوری آباد صبور<sup>۲\*</sup>، مجید صفاجو جهانخانملو<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- هیئت علمی گروه آموزشی مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

f.saboor@uma.ac.ir

### چکیده

گرافن و مشتقات آن به دلیل ویژگی های خاص مکانیکی، شیمیایی و الکتربیکی یکی از گزینه های مناسب برای کاربردهای مختلف نظیر کاربرد در ساخت انواع کامپوزیت ها می باشند. کامپوزیت های مختلف گرافن با موادی همچون پلیمرها، نانو ذرات فلزی و مواد کربنی مختلف خواص ویژه ای را ایجاد می کند که موجب می شود این دسته از مواد در کاربردهایی همچون بیوسنسورها، ذخیره سازی انرژی، داروسازی و تصفیه آب مورد استفاده قرار گیرند. در این مقاله سنتز و مشخصه یابی اکسید گرافن مورد بررسی قرار گرفته است. ابتدا اکسید گرافن به روش هامرز بهبود یافته سنتز شده و سپس نمونه با آنالیزهای پراش پرتو ایکس (XRD) و طیفسنجی رامان مشخصه یابی شده است. از آنالیزهای XRD و طیفسنجی رامان برای بررسی تغییرات ساختاری ایجاد شده در گرافیت حین سنتز و تشکیل اکسید گرافن استفاده شده است.

کلمات کلیدی: اکسید گرافن، پراش پرتو ایکس (XRD)، طیفسنجی رامان

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

گرافن صفحه ای دوبعدی تشکیل شده از اتم های کربن با ساختاری شش ضلعی است. در این ماده پیوند بین اتم های کربن از نوع هیبرید  $SP^2$  است. در یک صفحه گرافن، هر اتم کربن با ۳ اتم کربن دیگر پیوند داده است. این سه پیوند در یک صفحه قرار دارند و زوایای بین آن ها  $120^\circ$  است. در یک صفحه گرافن، هر اتم کربن دارای اوربیتال خارج از صفحه است که این اوربیتال مکان مناسبی برای پیوند با برخی گروه های عاملی و همچنین اتم های هیدروژن است [۱]. به منظور اتصال ذرات مختلف به سطح گرافن نیاز به گرافن عامل دار شده یا اکسید گرافن است. اکسید گرافن ماده ای ورقه ای با قابلیت پراکندگی در آب است که به وسیله اکسید کننده از گرافیت به دست می آید. به علت ایجاد تغییر در ساختار اصلی گرافن حین فرایند اکسایش، اکسید گرافن برخلاف گرافن از رسانایی (الکتریکی-حرارتی) مناسبی برخوردار نمی باشد. در حالی که به دلیل وجود گروه های اکسیژنی فراوان در سطح می تواند مکان های مناسب بسیاری برای اتصال نانو ذرات فلزی فراهم آورد. اکسید گرافن متشکل از صفحات اکسید شده گرافن است که در آن صفحات پیوند کربن با گروه های اپوکسی و هیدروکسیل وجود دارد [۲].

از جمله روش های شیمیایی متداول برای سنتز اکسید گرافن می توان به روش برودی<sup>۱</sup>، هامرز<sup>۲</sup> و استادن میر<sup>۳</sup> اشاره کرد. مبنای این روش ها اکسید کردن گرافیت و تبدیل آن به گرافیت اکساید و سپس ورقه کردن گرافیت اکساید و تولید اکسید گرافن است. برای نخستین بار برودی سنتز اکسید گرافن را با افزودن پتاسیم کلرات به مخلوط گرافیت در نیتریک اسید را ارائه کرد. پس از آن استادن مایر با بهبود روش برودی و با به کارگیری سولفوریک اسید غلیظ و نیتریک اسید بخار کننده و افزودن پتاسیم کلرات در طی واکنش، اکسید گرافن کاربردی تر با درجه اکسیدشدگی بالاتر تولید نمود. در سال ۱۹۵۷، هامرز روشی برای سنتز اکسید گرافن ارائه نمود که امروزه بیشترین استفاده را دارد. در روش هامرز گرافیت توسط پتاسیم پرمگنات و سدیم نترات در سولفوریک اسید غلیظ اکسید می شود. قابل ذکر است که روش های برودی و استادن مایر منجر به تولید گاز سمی دی نیتروژن تتراکسید می شود. به منظور حل این مشکل مارکانو<sup>۴</sup> و همکارانش روشی

<sup>1</sup> Brodie

<sup>2</sup> Humers

<sup>3</sup> Staudenmaier

<sup>4</sup> Marcano



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



را جهت بهبود روش هامرز طراحی کردند. در روش بهبود یافته سدیم نیترات را حذف نمودند و مخلوط سولفوریک اسید غلیظ با فسفریک را با نسبت ۵ به ۸ استفاده کردند. در این روش بازده تولید اکسید گرافن خیلی بیشتر و بدون تولید گازهای سمی است. در روش هامرز اکسید گرافن تولید شده از میزان اکسیدشدگی بالاتر و فاصله بین لایه های بیشتری نسبت به اکسید گرافن سنتز شده در روش های دیگر برخوردار است [۳]. در این مقاله ابتدا سنتز اکسید گرافن با استفاده از روش هامرز ارائه شده و در ادامه بررسی و مشخصه یابی نمونه سنتز شده در مقایسه با گرافیت با استفاده از آنالیزهای پراش پرتو ایکس (XRD) و طیف سنجی رامان ارائه شده است.

### روش آزمایش

#### ۱-۲- مواد و روش سنتز

برای سنتز اکسید گرافن از مواد شیمیایی شامل گرافیت (Merck 99.9%)، نیترات سدیم (Merck 99%)، پتاسیم پرمنگنات (Merck 99%)، اسیدسولفوریک (Merck 98%) و آب اکسیژنه (Merck) استفاده شده است. از روش هامرز بهبود یافته برای سنتز اکسید گرافن استفاده شده است. به این منظور ابتدا ۳ گرم گرافیت و ۳ گرم نیترات سدیم در ۱۵۰ میلی لیتر اسیدسولفوریک به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق بروی همزن مغناطیسی مخلوط می شود. سپس ۹ گرم پتاسیم پرمنگنات به آرامی به مخلوط اضافه شده و به مدت ۲۴ ساعت بروی همزن مغناطیسی همزده می شود. در ادامه به میزان ۲۵۰ میلی لیتر آب اکسیژنه و ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر به محلول قبلی اضافه می شود. سپس محلول برای خنک شدن به مدت ۲۴ ساعت بروی همزن و همچنین ۲۴ ساعت به صورت ساکن در دمای اتاق قرار داده می شود. در انتها جامد ته نشین شده را با استفاده از سانتریفیوژ جدا کرده و چندین بار با آب مقطر شستشو و جداسازی انجام می شود تا PH محلول بالای رسوب جامد به حدود ۴-۵ رسیده و نهایتاً نمونه خشک می شود. جامد به دست آمده اکسید گرافیت است که توسط دستگاه اولتراسونیک به مدت ۳۰ دقیقه در آب پخش گردید تا به گرافن اکسید تبدیل شود، دوباره سانتریفیوژ شده و در دمای ۶۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک گردیده است.

#### ۳-۵ نتایج و بحث

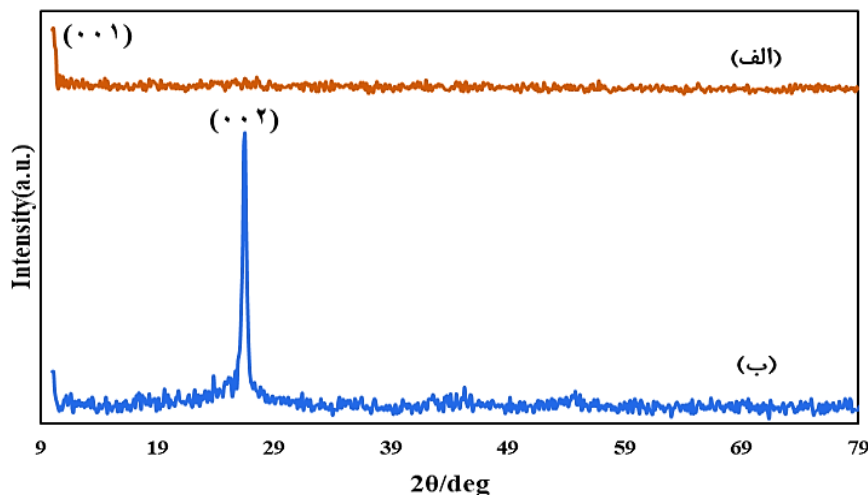
نتایج آنالیز XRD برای گرافیت و نمونه ی سنتز شده گرافن اکساید در شکل ۱ نشان داده شده است. همان طور که در آنالیز XRD گرافیت خالص مشاهده می شود این ماده دارای یک پیک در محدوده  $26.5^\circ$  است که مربوط می شود به صفحات (۰۰۲) در این ساختار پس از اکسید شدن گرافیت، این پیک حذف شده و پیک دیگری در محدوده  $11^\circ$  که مشخصه صفحات (۰۰۱) است، مشاهده می شود. با اکسید شدن گرافیت و اضافه شدن گروه های عاملی اکسیژن دار به ساختار آن، فاصله بین لایه های گرافیت افزایش می یابد و پیک مشاهده شده در گرافیت به سمت زوایای کوچکتر جابجا می شود؛ بنابراین موقعیت این پیک بر حسب زاویه به میزان اکسید شدن گرافیت بستگی دارد. با توجه به این موضوع و پیک مشاهده شده برای اکسید گرافن سنتز شده در محدوده  $11.3^\circ$  می توان نتیجه گرفت که گرافیت به میزان خوبی اکسید شده است [۴].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱. آنالیز (XRD) (الف) گرافیت، (ب) گرافن اکساید

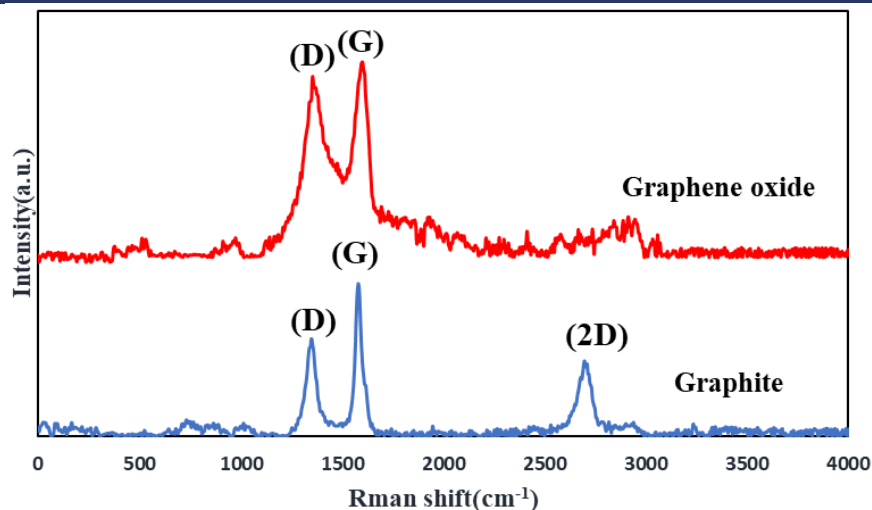
در شکل ۲ طیف رامان مربوط به نمونه های گرافیت و اکسید گرافن سنتز شده را نشان داده شده است. با توجه به شکل، D-band و G-band برای گرافیت در محدوده ی  $1351\text{ cm}^{-1}$  و  $1582\text{ cm}^{-1}$  برای اکسید گرافن در محدوده ی  $1356\text{ cm}^{-1}$  و  $1603\text{ cm}^{-1}$  مشاهده می شود که مکان باندهای مورد نظر با مقادیر گزارش شده همخوانی دارد [۵]. در طیف سنجی رامان ترکیبات گرافنی چند پیک شاخص بانام های D-band، G-band، 2D-band مشاهده می شود. D-band به عنوان پیوند بی نظمی یا مربوط به عیب و نقص نظم ساختار شناخته می شود و همچنین G-band حالت اولیه در گرافن و گرافیت است. نشان دهنده ی آرایش بندی  $sp^2$  است که گرافن را تشکیل می دهد. یکی از کاربردهای G-band برای کمک به تعیین ضخامت لایه گرافن است. 2D-band مرتبه ی دوم D-band است که در بعضی از پژوهش های مربوط به نانولوله های کربنی نیز به عنوان G'-band نیز شناخته می شود مربوط به فرایند ارتعاشی یک شبکه ی دو فوتونی است و برخلاف D-band به بی نظمی شبکه مربوط نمی شود [۶]. با مقایسه طیف رامان گرافیت و اکسید گرافن مشاهده می شود که شدت D-band در محدوده ی  $1351\text{ cm}^{-1}$  و G-band در  $1582\text{ cm}^{-1}$  در طیف رامان اکسید گرافن نسبت به گرافیت افزایش داشته است که این امر به دلیل فرایند اکسیداسیون وسیع رخ داده است. همچنین کاهش چشم گیر 2D-band در محدوده ی  $2699\text{ cm}^{-1}$  در نمونه اکسید گرافن بیانگر اکسید شدن تمامی لایه های گرافیت است که توسط فراری و همکاران تأیید شده است این نتایج تأییدی بر نتایج به دست آمده یعنی تبدیل گرافیت به اکسید گرافن است [۶].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۲. طیفسنجی رامان گرافیت و اکسیدگرافن

#### ۴- نتیجه گیری

در این مقاله نانو صفحات اکسیدگرافن به روش هامرز با استفاده از پودر گرافیت به عنوان ماده اولیه ساخته شدند. نتایج به دست آمده از آنالیز XRD در محدوده  $11.3^\circ$  شکل گیری اکسید گرافن را تأیید نمود. همچنین افزایش شدت پیک D-band و G-band اکسید گرافن نسبت به گرافیت خالص که به دلیل اکسیداسیون گسترده و کاهش قابل توجه 2D-band در محدوده  $2699\text{ cm}^{-1}$  بیانگر اکسید شدن تمامی لایه های گرافیت است. نتایج این دو آنالیز دستگاهی نشان دهنده تبدیل گرافیت به اکسید گرافن است؛ بنابراین با تحلیل و بررسی داده های موجود می توان با دقت مناسبی تشکیل نانو صفحات اکسیدگرافن را تأیید نمود.

#### منابع

- [1]. Li, X., et al., Chemically derived, ultrasmooth graphene nanoribbon semiconductors. science, 2008. **319**(5867): p. 1229-1232.
- [2]. Katsnelson, M.I., Graphene: carbon in two dimensions. Materials today, 2007. **10**(1-2): p. 20-27.
- [3]. Akhavan, O., E. Ghaderi, and R. Rahighi, Toward single-DNA electrochemical biosensing by graphene nanowalls. ACS nano, 2012. **6**(4): p. 2904-2916.
- [4]. Ain, Q.T., et al., The systemic effect of PEG-nGO-induced oxidative stress in vivo in a rodent model. Beilstein journal of nanotechnology, 2019. **10**(1): p. 901-911.
- [5]. Tuinstra, F. and J.L. Koenig, Raman spectrum of graphite. The Journal of chemical physics, 1970. **53**(3): p. 1126-1130.
- [6]. Noor, N., et al. Photocatalytic properties and graphene oxide additional effects in TiO<sub>2</sub>. in Solid State



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

## طراحی و ساخت راکتور تولید سرد غیر تعادلی در هوا

جعفر برهانیان<sup>۱</sup>

۱- گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، صندوق پستی ۱۷۹، اردبیل

### چکیده

طراحی و ساخت راکتور ارزان قیمت و در عین حال کارا و دقیق برای تولید پلاسمای سرد و غیر تعادلی در فشار اتمسفری و با گاز کاری هوا، که از اهمیت به سزایی در بسیاری از کاربردها برخوردار است مورد تشریح قرار گرفته است. با استفاده از آی سی، ماسفت، تراسفورماتور، منبع تغذیه dc ۲۰ ولتی و تعداد دیگری از قطعات الکترونیکی یک منبع تغذیه پالسی که توان تولید پالسهایی با حداکثر دامنه ولتاژ ۱۲ کیلو ولت و با توان ۱۵۰ وات را ساخته و از طریق آن انرژی مورد نیاز برای ایجاد پلازما در هوا تامین می گردد. راکتور ساخته شده می تواند برای تولید پلاسمای مورد نیاز برای بسیاری از کاربردهای پزشکی، تصفیه آب و هوا، تولید نانوذرات، لایه نشانی و غیره مورد استفاده قرار گیرد. کلمات کلیدی: منبع تغذیه پالسی، پلاسمای با فشار اتمسفری، تخلیه DBD

<sup>۱</sup> borhanian@uma.ac.ir

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



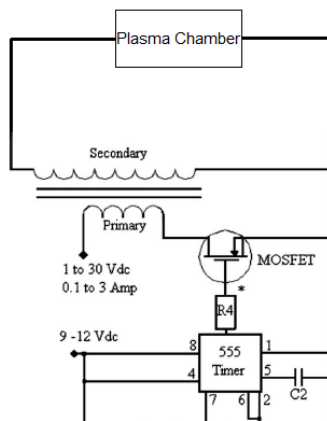
### مقدمه

پلاسمای سرد (پلاسمایی که دمای توده آن در حد دمای آزمایشگاه است) نقش بسیار مهمی در تکنولوژی روز بازی می کند. از جمله مهمترین کاربردهای آن می توان به استفاده های آن در پزشکی [۱]، در تصفیه آب [۲]، در کاهش آلودگیها [۳] و بسیاری دیگر اشاره کرد. ایجاد پلاسمای سرد در فشارهای پایین دارای قدمت زیادی می باشد ولی در گذشته اغلب این نوع پلاسماها در فشارهای پایین و با گازی کاری که در بیشتر مواقع از نوع گازهای نجیب هستند تولید شده اند. ایجاد چنین پلاسمایی نیاز به سیستم خلا دارد که فراهم کردن و نگهداری آن بسیار هزینه بر بوده و استفاده از گازهای نجیب مانند آرگون و هلیوم نیز هزینه های اضافی دیگری را تحمیل می کند. همچنین پلاسماهای تولید شده در فشارهای پایین حاوی مقادیر (چگالی) اندکی از الکترونها و سایر گونه های فعال می باشد که بازده فرایند مورد نیاز را پایین می آورد. به همین دلیل جهت افزایش بازده و کاهش هزینه، طی چند دهه گذشته سعی وافری صورت گرفته است تا بتوان چنین پلاسمایی را در فشار بالا (اغلب فشار اتمسفری) و بخصوص با گاز کاری هوا ایجاد کرد و موفقیتهایی نیز در این زمینه صورت گرفته است [۴]. برای نیل به چنین مقصودی لازم است راکتورهای طراحی شود که بتوان چنین پلاسمایی را از طریق آن تولید کرد. با توجه به نوع کاربرد و هدف سازنده چنین راکتورهایی دارای مشخصات متنوعی می باشند [۵].

در این مقاله هدف تشریح مشخصات و نحوه ساخت راکتوری با هزینه پایین است که می تواند پلاسمای سرد و غیرتعادلی در هوا با فشار اتمسفری تولید کند که برای بسیاری از کاربردها مانند فراوری سطوح مختلف جامدی، برهنشکس پلاسمای مایع، پزشکی پلاسمایی و غیره مورد استفاده قرار گیرد.

### پیکربندی راکتور

در این بخش مدارات و پیکربندی آزمایش توضیح داده می شود. پلاسمای را می توان با انواع تغذیه الکتریکی مانند تغذیه dc، تغذیه ac، تغذیه RF، تغذیه مایکروویو و تغذیه پالسی ایجاد کرد. تغذیه dc پالسی از جمله بهترین روشها



شکل ۱. شماتیک کلی راکتور با جزئیات الکترونیکی منبع تغذیه

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



است چرا که اولاً دارای بازده بالاتری است و ثانیاً فرصت کافی برای انجام برخی فرایندهای مضر در داخل پلاسما را نمی دهد. در شکل ۱ شماتیک کلی راکتور به نمایش گذاشته شده است. راکتور شامل دو بخش است. بخش تغذیه الکتریکی که از نوع dc پالسی بوده و وظیفه تامین انرژی الکتریکی را دارد و بخش plasma chamber یا محفظه پلاسما که در آنجا انرژی الکتریکی به گاز (هوا) منتقل شده و باعث یونیزه شدن و تبدیل هوا به پلاسما می شود. همانطور که از شکل ۱ پیدا است، برای ایجاد ولتاژ بالای پالسی از آی سی پالس ساز (555 Timer) NE555، از یک ماسفت با نوع IRFP260N، ترانسفورماتور و تعدادی قطعات الکترونیکی دیگر استفاده شده است. آی سی 555 در مد astable توسط یک منبع تغذیه dc که توان ایجاد حداکثر ولتاژ ۱۲ ولت را دارد تغذیه می شود که خروجی آن پالس تقریباً مربعی با دامنه در حدود ۱۰ ولت می باشد. این پالس خروجی مربعی شکل به واسطه ماسفت به عنوان ولتاژ اولیه ترانسفورماتور به کار گرفته شده و می توان ولتاژی در حدود حداکثر ۱۲ کیلوولت را به عنوان ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور دریافت کرد که این ولتاژ به دو الکتروود متصل شده و توانایی ایجاد پلاسما در هوا را دارد. فرکانس و چرخه کار (duty cycle) پالس خروجی از آی سی نقش بسیار مهمی در ایجاد پلاسما بازی می کند. برای اینکه بتوان بیشترین میزان انتقال انرژی به پلاسما صورت گیرد باید جفت شدگی الکتریکی بین منبع تغذیه و پلاسما صورت گیرد. این جفت شدگی با تغییر فرکانس و چرخه کار و به صورت آزمون و خطا بدست آمده است. فرکانس  $f$  و چرخه کار  $D$  پالس خروجی از آی سی 555 از طریق روابط زیر با تغییر مقاومتها و ظرفیت خازن قابل تنظیم است.

$$f \approx \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(Pot1 + Pot2)C_1}, \quad D \approx \frac{Pot1 + Pot2}{Pot1 + 2Pot2} \quad (1.1)$$

در آزمایش ما از خازن با ظرفیت ثابت استفاده شده ولی مقاومتهای ۵۰ کیلو اهمی Pot1 و Pot2 متغیر انتخاب شده اند که با تغییر آنها فرکانس و چرخه کار قابل تنظیم می باشند. محفظه پلاسما به کار گرفته شده متشکل از دو الکتروود آلومینیومی که با قطر ۵ سانتیمتر می باشد که در فضای آزاد و به فاصله قرار گرفته و هوا با فشار یک اتمسفر بین آنها را پر کرده است. بر روی الکتروودها شیشه ای از جنس کوارتز با ضخامت ۱ میلیمتر پوشانده شده است که مانع از گذار تخلیه الکتریکی به رژیم قوسی می شود. این نوع تخلیه الکتریکی را تخلیه سد دی الکتریک گویند.

### ۵۴- نتایج

در این بخش هدف گزارش یکی از نتایجی است که در آزمایشگاه مورد تجربه قرار گرفته است. وسایل تشخیصی بکار گرفته شده عبارتند از اسیلوسکوپ چهارکاناله مدل GPS-2204 و پروب ولتاژ بالا مدل PINTEK-HVP-39pro



شکل ۳. تخلیه الکتریکی (پلاسما) ایجاد شده توسط پالس نمایش داده شده در شکل ۲. فاصله بین الکتروودها بدون محاسبه ضخامت دی الکتریک ۲ میلیمتر قرار داده شده است.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

که برای اندازه گیری ولتاژ به کار گرفته می شوند. نتایج تجربی نشان می دهند که وقتی فرکانس پالس اعمالی در حدود ۹ کیلوهرتز و چرخه کار در حدود ۶۵ درصد قرار می گیرد جفت شدگی به حداکثر خود رسیده و شاهد تشکیل پلاسما خواهیم بود. در شکل ۲ نمونه ای از ولتاژ اعمالی که خروجی ثانویه ترانسفورماتور است به تصویر کشیده شده است. با اعمال ضرب پراب های ولتاژ، پالس های نشان داده شده دارای دامنه ای در حدود 10.6 kV داشته، عرض پالس در حدود ۱۶۷ میکروثانیه و فرکانس تکرار پالس نیز حدود ۸/۸۵ کیلوهرتز می باشد. تصویر پلاسمای ایجاد شده توسط این پالس در شکل ۳ به نمایش گذاشته شده است. همانطور که مشخص است پلاسمای ایجاد شده در رژیم رشته ای بوجود آمده است. فاصله بین دو الکتروود بدون در نظر گرفتن ضخامت دی الکتریک های قرار داده شده بر روی الکتروودها ۲ میلی متر انتخاب شده است. نتایج نشان می دهند با تغییر فرکانس چگالی رشته ها تغییر پیدا می کند.

منابع

- [1] Mounir Laroussi (2020) *Frontiers in Physics*, **8**, 1.
- [2] J. E. Foster, S. Muhovic, J. Groele, and I. M. Blankson (2018), *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **51**, 293001.
- [3] R. C. Sanito, Sheng Jie. You, and Ya Fen Wang (2022), *J. Hazard Mat.*, **424**, 127390.
- [4] P. E. Bruggeman, F. Iza, and R. Brandenburg (2017), *Plasma Sources Sci. Technol.*, **26**, 123002.
- [5] A. Fridman, A. Chirokov, and A. Gutsol (2005), *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **38**, R1.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

## روش های بررسی عملکرد بازدارنده های رسوب آسفالتین در کنترل تشکیل رسوبات در میادین نفتی

پوریا علی محمدزاده نجّار<sup>۱\*</sup>، بهروز میرزائی<sup>۲</sup>، صابر محمدی<sup>۳</sup>، فاطمه محمودی عالمی<sup>۴</sup>، امید قنبرپور<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی دانشگاه محقق اردبیلی [amznpourya@gmail.com](mailto:amznpourya@gmail.com)

۲- عضو هیئت علمی گروه مهندسی شیمی دانشگاه محقق اردبیلی [mirzayib@uma.ac.ir](mailto:mirzayib@uma.ac.ir)

۳- دکتری مهندسی نفت، مدیر گروه تولید و بهره‌وری از مخازن پژوهشگاه صنعت نفت

۴- دکتری مهندسی نفت، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت

۵- کارشناس ارشد مهندسی نفت، پژوهشگاه صنعت نفت

### چکیده

آسفالتین ها آروماتیک ترین و سنگین ترین اجزای نفت خام، بصورت ذرات جامد در نفت خام حضور دارند و باعث افزایش ویسکوزیته نفت خام می شوند. آسفالتین ها دسته انحلال پذیر نفت خام، می توانند در طول فرآیند تولید بی ثبات شده و باعث کاهش راندمان در تولید شده و هزینه های بسیاری را در پی داشته باشند. علیرغم مطالعاتی که در خصوص رسوب بازدارنده ها انجام شده است، روش جامعی که بتواند تمام این روش ها را در کنار هم آنالیز کند، وجود ندارد. در این مطالعه سعی شده است تا روش های مختلف بررسی اثر بازدارنده ها بر روی رسوب آسفالتین، در کنار یکدیگر مورد بررسی قرار گیرد. یافته های این مقاله می تواند رویکردهای مختلف رسوب را بررسی کند، تا بتوانیم به راحتی ابزار مناسب جهت بررسی عملکرد بازدارنده ها بر روی آسفالتین رسوب شده را به کار بگیریم.

کلمات کلیدی: آسفالتین، بازدارنده ها، رسوب آسفالتین.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

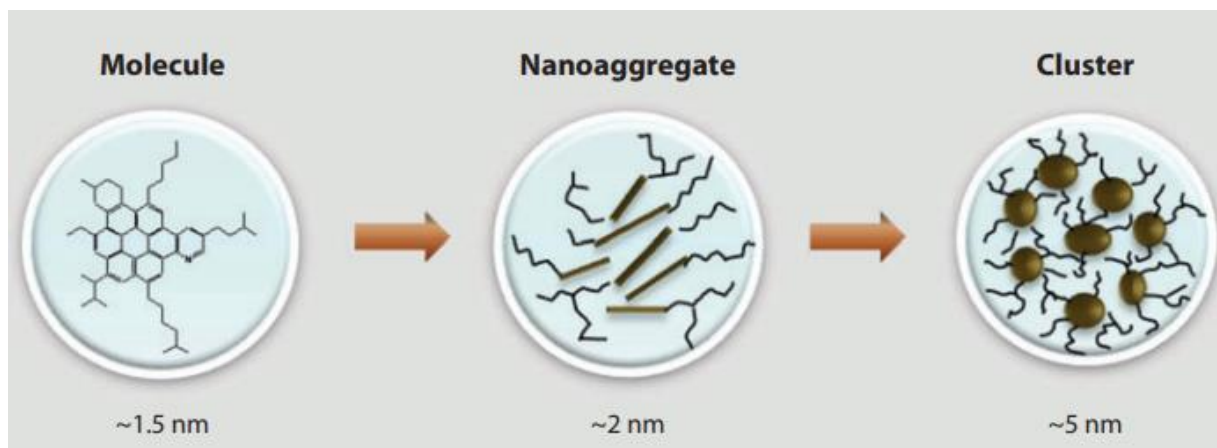
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

### مقدمه

بر اساس استاندارد SARA ترکیبات نفت خام به ۴ دسته: الف) ترکیبات اشباع؛ ب) ترکیبات آروماتیک؛ ج) رزینها؛ و د) آسفالتینها دسته بندی می شوند [1]. آسفالتینها بخش پیچیده ای از نفت خام هستند که عمدتاً از هیدروکربن ها با وزن مولکولی بالا و ویژگی های آروماتیک تشکیل شده اند [2]. ترکیب، ساختار مولکولی و حالت کلوئیدی آسفالتین در نفت خام، معمای اصلی شیمی نفت در شش دهه گذشته بوده است [3]. آسفالتینها از نظر شیمیایی غیرقطبی هستند اما در مقایسه با سایر اجزای نفت خام، قطبیت بیشتری از خود نشان می دهند. آسفالتینها در پارافینها با وزن مولکولی کم (مانند نرمال-هپتان و نرمال-هگزان) نامحلول هستند و در هیدروکربن های آروماتیک (مانند بنزن، پیریدین و تولوئن) حل می شوند [1]. در شکل ۱ مشاهده می شود که مولکول های آسفالتین تحت برهم کنش با یکدیگر، نانو توده ها و خوشه های آسفالتین را تشکیل می دهند [4]. آسفالتینها دارای ساختار خوشه ای شامل حلقه های متراکم چندتایی آروماتیک می باشند که زنجیره های آلکیل به آن متصل است. تعداد حلقه ها از حداقل ۶ حلقه در ذرات کوچک تر تا ۱۵ الی ۲۰ حلقه در ذرات بزرگ تر آسفالتین تغییر می کند. لذا می توان آسفالتینها را آروماتیک های پلی اتمی دانست [1].



شکل ۱. (سمت چپ) ساختار مولکولی آسفالتین؛ (مرکز) نانو توده های آسفالتین؛ (راست) خوشه های متشکل از نانو توده های آسفالتین [4].

<sup>1</sup> Saturate, Aromatic, Resin, Asphaltene Analysis

<sup>1</sup> Polynuclear



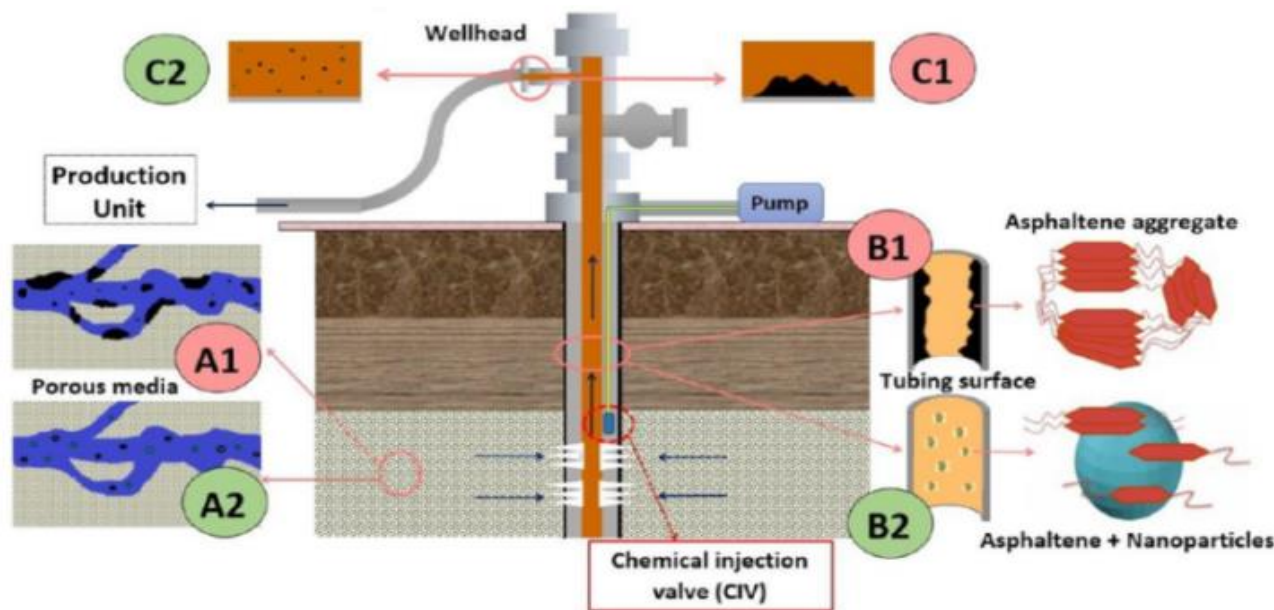
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

رسوب و ته نشینی آسفالتین که از دلایل اساسی مشکلات موجود در صنایع بالادستی و پایین دستی نفت است، ممکن است در مخازن نفت به دلیل تغییر در فشار، دما و ترکیب سیال رخ دهد [5]. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود، آسفالتین های نفت در طی بهره برداری روی سنگ مخزن در محیط متخلخل، سطوح لوله در چاه نفت، خطوط جریان، اتصالات سر چاهی و جدا کننده ها رسوب کرده و فرآیند برداشت را دچار چالش های بسیاری می کند [6]. از جمله چالش هایی که باید حل شود، کاهش هزینه های مربوط به بازبایی و انتقال ماسه های نفتی و بهبود کیفیت نفت خام تولید شده با اثرات زیست محیطی کمتر می باشد [7]. برای مقابله با مشکل رسوب آسفالتین و مهار آن می توان به ۳ روش: الف) شستشوی مکانیکی (که بسیار پر هزینه و مشکل ساز است؛ ب) حرارتی؛ پ) مواد شیمیایی (بر پایه پلیمرها، سورفاکتانت ها، ترکیبات یونی و نانوذرات) عمل کرد؛ که استفاده از نانوذرات بسیار کم هزینه و مورد تحقیق است [5]. بنابراین تأثیر نانوذرات را بصورت شماتیک می توان در شکل ۲ ملاحظه نمود [6]. همانگونه که آسفالتین ها از طریق پیوند هیدروژنی بهم متصل می شوند، بصورت مشابه نیز می توانند با گونه های دیگر نانوذرات فعل و انفعال نشان داده و بعنوان بازدارنده عمل کرده و پایداری آسفالتین را افزایش دهند [8].



شکل ۲. در A1 (سطح سنگ مخزن در محیط متخلخل)، B1 (سطح لوله در چاه نفت)، C1 (خط جریان یا اتصالات مجموعه سر چاه)، آسفالتین ها رسوب کرده اند. A2، B2 و C2 بیانگر حالت هایی هستند که در آن نانوذرات استفاده شده است [6].

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

بمنظور عملکرد بازدارنده ها، مطالعات بسیاری صورت گرفته است و روش های مختلف بررسی و تعیین رسوب آسفالتین در نمونه های مختلف نفت، با و بدون نانوذرات مورد استفاده قرار گرفته است. از این رو؛ محمدی و همکاران روش پراکندگی نور دینامیکی (DLS)<sup>1</sup> را در خصوص توضیح مکانیسم ته نشینی آسفالتین در حضور نانوذرات مورد استفاده قرار دادند و دریافتند که در شرایط اسیدی، پیوند هیدروژنی موجود بین آسفالتین و نانوذرات  $TiO_2$ ، پایداری آسفالتین را در سیال افزایش داده و منجر به بالاتر رفتن نقطه شروع ته نشینی آسفالتین می شوند [8]. مقبول و همکاران نیز نقطه شروع ته نشینی آسفالتین را بررسی کرده و گزارش دادند که تشخیص ته نشینی آسفالتین توسط میکروسکوپ نوری در غلظت های کم رسوب کننده، ممکن است ۶ ماه یا بیشتر به طول انجامد [2]. تکنیک طیفسنجی غیرمستقیم نیز در کنار سایر تکنیک هایی که برای اندازه گیری نقطه شروع ته نشینی آسفالتین (مانند فیلتراسیون، طیفسنجی مستقیم، روش هدایت، روش کشش سطحی، ویسکوزیتمتری مویرگی و تشدید مغناطیسی هسته ای) استفاده می شود، که می تواند همزمان میزان رسوب آسفالتین را ثبت کند [9]. بر همین اساس؛ شجاعتی و همکاران تاثیر نانوذرات اکسید فلزی را بر نقطه شروع ته نشینی آسفالتین با تکنیک غیرمستقیم که ترکیبی از روش گرانشی و طیفسنجی بوده، بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که در حضور نانو ذرات  $\gamma-Al_2O_3$  ناپایداری آسفالتین کاهش می یابد [9]. همچنین؛ منجری و همکاران اثر حنای استخراج شده شیمیایی را بر روی رشد آسفالتین با استفاده از روش IP-143 مورد بررسی قرار داده و دریافتند که در حضور ذرات حنا، تمایل به رسوب و ته نشینی در آسفالتین ها کاهش داشته است [10]. بر همین اساس؛ غلوم و همکاران اثر بازدارنده های تجاری و غیر تجاری را بر روی رفتار آسفالتین ۴ نوع نمونه نفت به روش لیزر (SDS) مورد بررسی قرار دادند؛ آنها به این نتیجه رسیدند که حالت اسیدی و بازی بازدارنده ها بر روی برهم کنش آنها با مواد اشباع، آروماتیک و رزین ها جهت تعیین نقطه شروع ته نشینی آسفالتین مؤثر است [11]. فرانکو و همکاران اثر ماهیت شیمیایی دو نوع نانوذره اکسید آهن را بر جذب آسفالتین در محیط متخلخل توسط روش پراکندگی نور دینامیکی (DLS) بررسی کردند؛ و دریافتند که نانوذرات  $Fe_3O_4$  فعالیت بیشتری را نسبت به کنترل تجمع آسفالتین، از خود نشان می دهد [12]. علیرغم کارهای صورت گرفته، یک منبع مطالعاتی که تمام این روش ها را با هم مورد بررسی قرار دهد خیلی موجود نیست، که یکی از نواقص مقالات مروری است. در این کار، روش های مختلف رایج جهت بررسی عملکرد بازدارنده های رسوب آسفالتین مورد مطالعه قرار گرفته و بصورت مختصر مقایسه شده اند. در ادامه، مزایا و معایب هریک از روش ها مورد بحث و تحلیل قرار گرفته است.

روش های مختلف بررسی عملکرد بازدارنده های آسفالتین

<sup>1</sup> Dynamic Light Scattering

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

عملکرد بازدارنده ها را می توان در شرایط محیطی (اتمسفریک) [5] و شرایط دما و فشار بالا (HPHT)، مورد بررسی قرار داد. با توجه به اینکه مخازن نفت تحت دما و فشار بالا قرار دارند، بنابراین نتایج حاصل از بررسی عملکرد بازدارنده ها با استفاده از روش HPHT، اطمینان بیشتری حاصل می کند [6].

روش های بررسی عملکرد بازدارنده های آسفالتین در شرایط اتمسفریک

### آزمایش میکروسکوپی

آزمایش میکروسکوپی برای ارزیابی ظرفیت بازدارندگی و پراکندگی نانوذرات نسبت به رسوب آسفالتین طراحی شد. این روش به عنوان یک استراژی جدید و مؤثر در شبیه سازی و طراحی مواد، دستاوردهای بزرگی در زمینه فناوری نانو داشته است. نتایج بدست آمده از این روش در بخش های مختلف صنعت نفت، مورد بحث قرار گرفته است. اثرات بازدارندگی CNPs بر روی شروع تهنشینی آسفالتین (AOP) با و بدون نانوذرات مورد بررسی قرار گرفت. در شکل 3 تصاویر میکروسکوپی از فرآیند تیتراسیون توسط رسوب دهنده نرمال-هپتان، با و بدون نانوذرات را نشان می دهد. همانطور که در شکل 3a مشاهده می شود، تصاویر میکروسکوپی نشان می دهد که با افزایش غلظت نرمال-هپتان تا 26 درصد حجمی بدون حضور نانوذرات، اندازه ذرات آسفالتین افزایش داشته است و با افزایش درصد حجمی نرمال-هپتان تا 45 درصد حجمی، اندازه رسوبات آسفالتین افزایش داشته است. همانطور که در شکل 3b ملاحظه می شود در حضور نانوذرات، نقطه تشکیل رسوب تا 37 درصد حجمی نرمال-هپتان به تعویق می افتد. اندازه متوسط سنگ دانه های آسفالتین در تصاویر میکروسکوپی پردازش شده، تعیین شد. بیشترین قطر سنگ دانه های آسفالتین در 45 درصد حجمی نرمال-هپتان بدون حضور CNPs، 4056 نانومتر تعیین شد؛ در حالیکه قطر سنگ دانه های آسفالتین در حضور نانوذرات، 3177 نانومتر کاهش یافته و به 879 نانومتر رسید. این کاهش در قطر رسوبات آسفالتین نشان دهنده اثر بازدارندگی CNPs می باشد. نتایج حاصل از آزمایش میکروسکوپی نشان می دهد که حضور بازدارنده ها، بدلیل برهم کنش بخش آروماتیک CNPs با بخش ناپایدار آسفالتین که مانع از جذب دیگر مولکول های سبک آسفالتین می شود، رشد اندازه آسفالتین ها را به خوبی کنترل می کند [5].

<sup>1</sup> Carbon Nano-Particles

<sup>2</sup> Asphaltene Onset Point

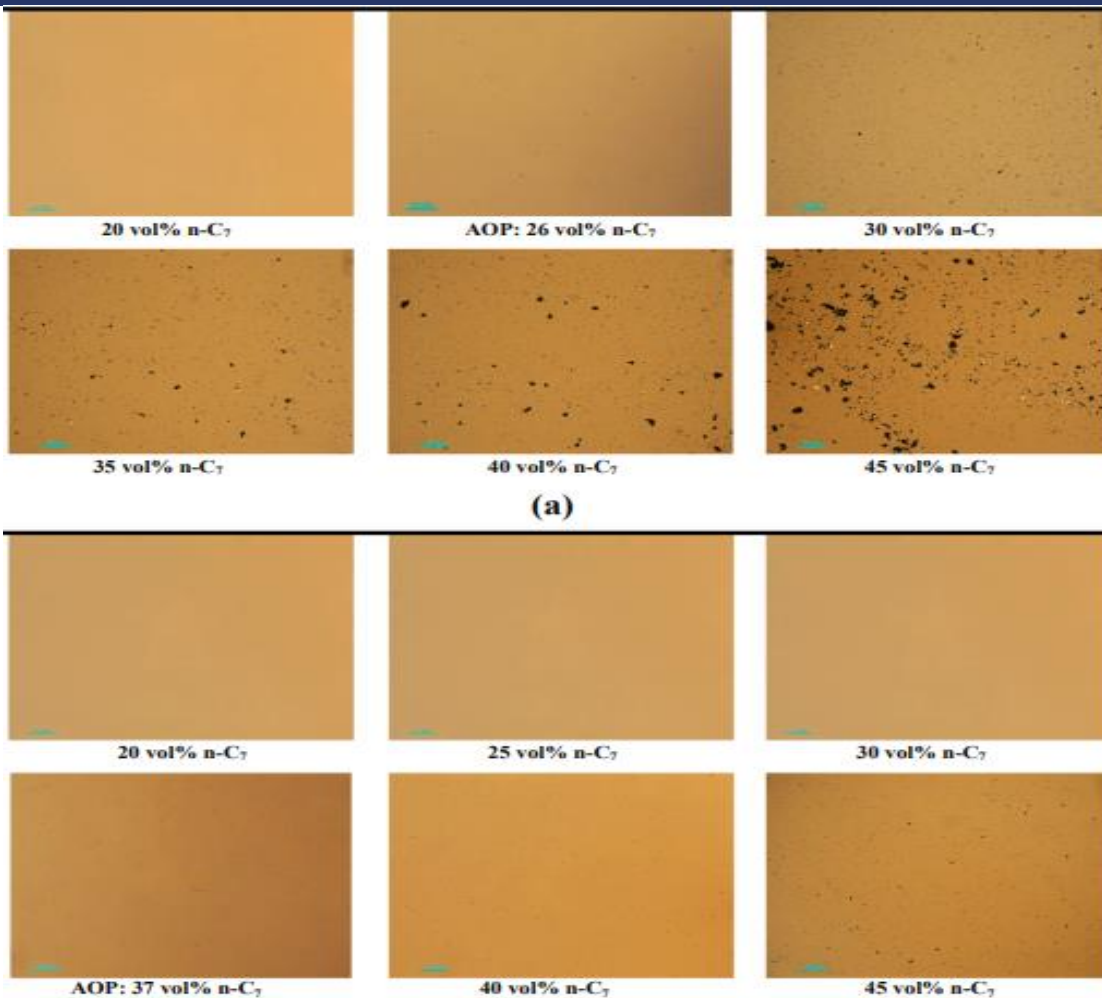


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۳. تصاویر میکروسکوپی در مقیاس ۱۰ میکرومتر در فرآیند تیتراسیون توسط n-C<sub>7</sub>: (a) نفت خام بدون نانوذرات؛ (b) نفت خام درمان شده با 400 ppm نانوذرات [5].

آزمایش پراکندگی رسوب آسفالتین (ADT)<sup>۱</sup>

آزمایش ADT برای ارزیابی ظرفیت بازدارندگی CNPs جهت پراکندگی مولکول های آسفالتین طراحی شده است. ADT حضور و تمایل آسفالتین ها را به منظور رشد و رسوب در نفت خام، ارزیابی می کند. به منظور تعیین

<sup>1</sup> Asphaltene Dispersant Test

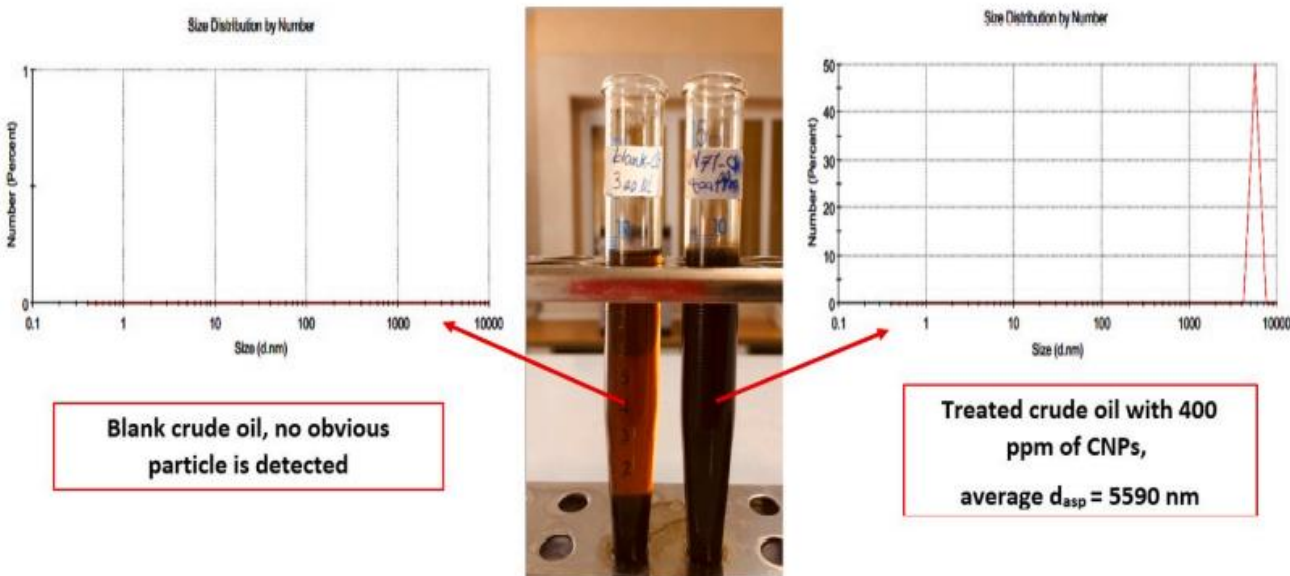
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

مقدار آسفالتین برای ارزیابی های بعدی، قبل از انجام آزمایش ADT، مقدار نفت خام مورد استفاده در آزمایش تعیین شد. همچنین این آزمایش کارائی مواد شیمیایی تصفیه کننده برای بازدارندگی آسفالتین ها در توده فاز نفت را ممکن می سازد. همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می شود، تصاویر لوله های مدرج ADT ها پس از زمان پیری ۲ ساعت و نتایج DLS مشخص شده است. از لوله مدرج در سمت چپ شکل ۴ مشخص است که در لوله حاوی نفت خام بدون CNPs، تمام محتویات آسفالتین نفت توسط رسوب دهنده n-C7 رسوب داده شده است. حجم آسفالتین ته نشین شده ۱ سی سی است. همچنین تجزیه و تحلیل DLS نفت خام در شکل ۴ تأیید می کند که هیچگونه ذره آسفالتین معلقی در لوله مدرج سمت چپ وجود ندارد. در لوله مدرج سمت راست که حاوی نفت خام با CNPs است، میزان آسفالتین ته نشین شده به حدود ۰,۶ سی سی کاهش یافته است. نتایج حاصل از این آزمایش، عملکرد خوب CNPs بر روی پراکندگی آسفالتین ها را نشان می دهد. همچنین تجزیه و تحلیل DLS، اندازه متوسط سنگ-دانه های آسفالتین پراکنده در فاز مایع را حدود ۵۵۹۰ نانومتر نشان داد. اندازه بزرگ سنگ دانه های آسفالتین توسط DLS نشان می دهد که CNPs بطور مؤثری برای تعلیق و تثبیت سنگ دانه های بزرگ آسفالتین عمل کرده-اند [5].



شکل ۴. تصاویر ADT و نتایج تجزیه و تحلیل DLS برای (سمت راست) نفت خام بدون CNPs؛ (سمت چپ) نفت خام حاوی 400 ppm از CNPs [5].

<sup>1</sup> Dynamic Light Scattering

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

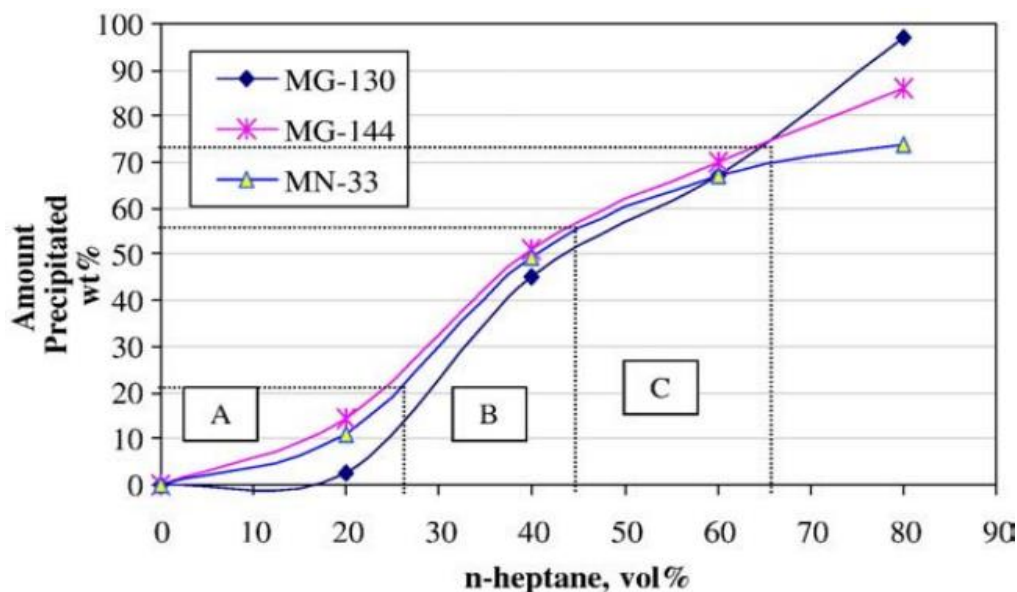
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



بنابراین می توان نتیجه گرفت که تزریق مداوم CNPs در دوزهای پائین به چاه های نفت می تواند آسفالتین  
معلق را جذب کرده و مانع رشد سنگ دانه های آسفالتین شود [5].

### آزمایش IP-143

آزمایش IP-143 به منظور اندازه گیری آسفالتین نمونه های نفتی و بررسی اثر بازدارنده ها بر روی رسوبات  
آسفالتین مورد استفاده قرار گرفت. خواص فیزیکی ۳ نوع بازدارنده بر روی ۳ نمونه نفت خام مورد بررسی قرار  
گرفت. حلالیت آسفالتین جدا شده از نفت خام توسط بازدارنده های A و B و C با استفاده از مخلوط تولوئن و نرمال -  
هپتان با کلاس های حلالیت مختلف، مورد آزمایش قرار گرفت. بازدارنده A یک بازدارنده اسیدی با محتوای  $N_2$  و  
S بالا (۰.۶۳٪ و ۰.۱۷٪) نسبت به مهارکننده B و C که بازدارنده های اسیدی هستند (۰.۰۱ و ۰.۱ درصد)، می باشد.  
بازدارنده A دارای بالاترین مقدار رزین (۷۶ درصد) و کمترین مقدار ترکیبات آروماتیک و اشباع (۲۳ و ۰.۶ درصد)  
است. همچنین بازدارنده های B و C محتوای آروماتیک مشابه (۶۵ درصد) را نشان می دهند، اما میزان رزین  
بیشتری در مهارکننده B (۱۸.۲ درصد) نسبت به بازدارنده C (۶.۸۹ درصد) مشاهده شد. نسبت H/C بازدارنده ها  
نیز بررسی شد و مشخص شد که بازدارنده های B و C بالاترین نسبت H/C (۱.۴۸) را بدلیل ماهیت اسیدی شان دارا  
هستند. همانطور که در شکل ۵ مشاهده می شود، بازدارنده A بدلیل بازی بودن و محتوای بالای رزین در مقایسه  
با بازدارنده های اسیدی B و C با محتوای رزین پایین، تأثیر بیشتری بر روی پایداری آسفالتین دارد [11].





# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شکل ۵. مقدار آسفالتین های رسوب شده در سیستم حلال دوتایی تولوئن و نرمال-هپتان برای نمونه های

مختلف نفت خام [11].

روش های بررسی عملکرد بازدارنده های آسفالتین در شرایط دما و فشار بالا (HPHT)

آزمایش فشار بالا-دما بالا، سیستم های تشخیص رسوب (SDS)؛ میکروسکوپ فشار بالا (HPM)<sup>۲</sup> و  
فیلتراسیون دما بالا-فشار بالا (HPHTF)<sup>۳</sup> را شامل می شود که می توانند برای بررسی عملکرد بازدارنده ها بر روی  
رسوبات آسفالتین در دما و فشار مخزن، مورد استفاده قرار گیرند [5].

آزمایش SDS یا لیزر

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می شود، آزمایش SDS در یک سلول لیزری HPHT، مجهز به آشکارساز  
عبور NIR و یک HPM اندازه گیری شد. سیستم تشخیص رسوب به عنوان تابعی از فشار در دمای ثابت به منظور  
بررسی عملکرد ۲ نوع بازدارنده بر روی نقطه شروع ته نشینی آسفالتین انجام می شود. علاوه بر این، با استفاده از  
SDS می توان نقطه حباب نفت مخزن را بوسیله منحنی کلاسیک P-V، تعیین کرد. در نقطه حباب بدلیل شکل-  
گیری فاز بخار، قدرت عبور نور (LTP)<sup>۴</sup> از سیال تقریباً صفر است. تغییرات ناگهانی در LTP قبل از نقطه حباب،  
نشان دهنده ایجاد ذرات جامد در سیال مخزن می باشد که در صفحه نمایش گرافیکی نشان داده شده است [6].



<sup>1</sup> Solid Detection System

<sup>2</sup> High Pressure Microscopy

<sup>3</sup> High Pressure High Temperature Filtration

<sup>4</sup> Light Transmittance Power

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

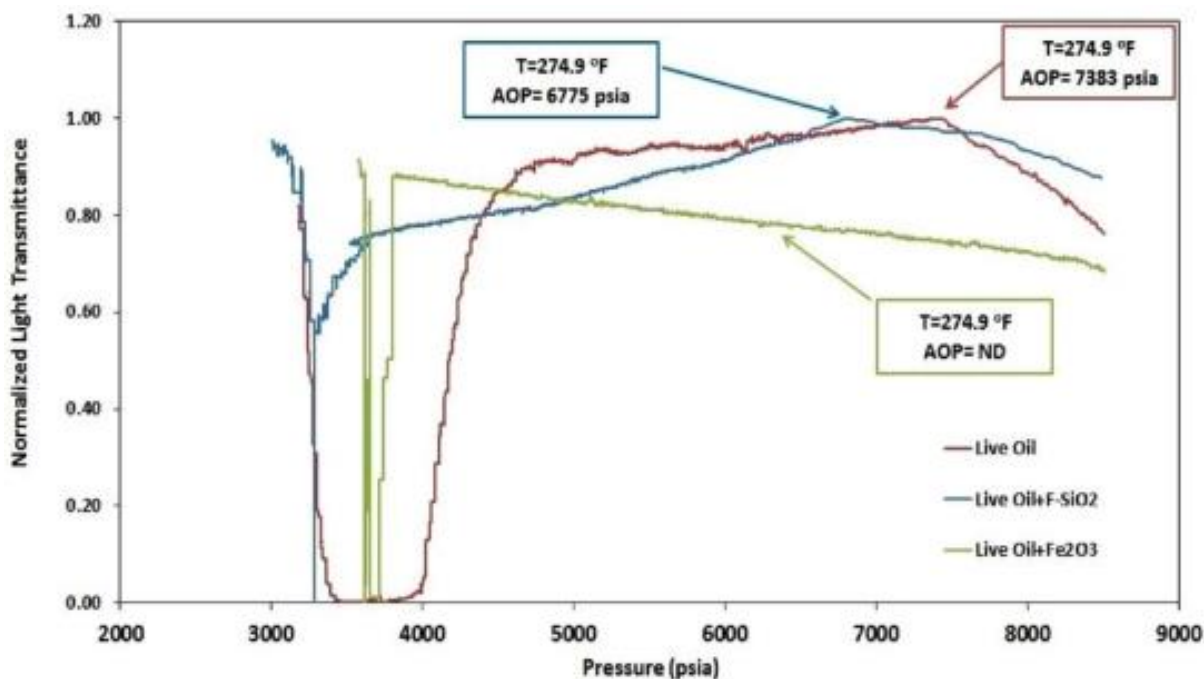
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۶. (الف) تصویر SDS مجهز به انتقال NIR و HPM را نشان می دهد. (ب) نمای نزدیک از HPM

[6].

آزمایش SDS از فشار اولیه 9000 psi شروع شد و تا نزدیکی فشار حباب با و بدون نانوذرات در نمونه نفت، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده ناشی از کاهش فشار در دمای ثابت از آزمایش SDS در شکل ۷ مشاهده می شود. در طول کاهش فشار همدمما از نمونه نفت، سیگنال LTP به دلیل کاهش چگالی سیال در نتیجه تکامل حباب های گاز تا جاییکه که سنگدانه های آسفالتین قابل تشخیص تشکیل شوند، به صورت خطی افزایش می یابد. جاییکه LTP به دلیل رشد سنگدانه های آسفالتین شروع به افت کند، بعنوان نقطه عطف LTP در نمودار (که نشان دهنده AOP است)، شناخته می شود. بنابراین از شکل ۷ مربوط به آزمایش SDS می توان استنباط کرد که با کاهش فشار همدمما، در حضور نانوذرات  $Fe_2O_3$  رسوب آسفالتین مشاهده نمی شود و پایداری آسفالتین در نمونه نفت تا فشار 3900 psi حفظ شده است [6].



شکل ۶. کاهش فشار همدمما SDS در ۲۷۴٫۹ درجه فارنهایت برای نفت خام بدون نانوذرات و نفت خام درمان شده با 150 ppm نانوذرات [6].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

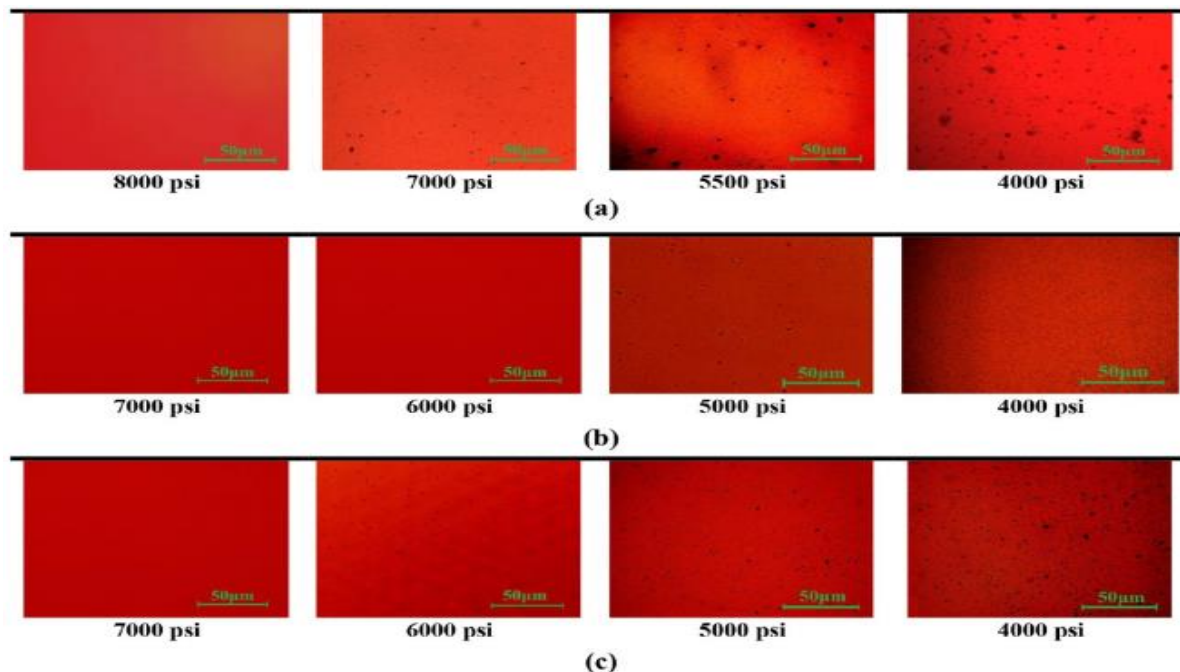
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### آزمایش میکروسکوپی فشار بالا یا HPM

آزمایش HPM امکان یک نظارت کلی بر نقطه شروع ته نشینی آسفالتین بعنوان تابعی از فشار، دما و ترکیب آسفالتین برای توصیف رفتار مورفولوژی سنگدانه های آسفالتین و همچنین بررسی عملکرد بازدارنده های مختلف بر ته نشینی آسفالتین را فراهم می کند. عکس هایی با وضوح بالا از نمونه در مراحل فشار مشخص شده برای نظارت بر فرآیند تجمع در نمونه های با و بدون نانوذرات، گرفته شد. تصاویر میکروسکوپی در شکل ۷ توسط آزمایش HPM نشان داده شده است.



شکل ۷. تصاویر HPM رفتار تجمع آسفالتین در ۲۷۴،۹ درجه فارنهایت: (a) نفت خام بدون نانوذرات، (b) نفت خام درمان شده با ۱۵۰ پی پی ام  $Fe_2O_3$ ، و (c) نفت خام درمان شده با ۱۵۰ پی پی ام  $F-SiO_2$  [6].



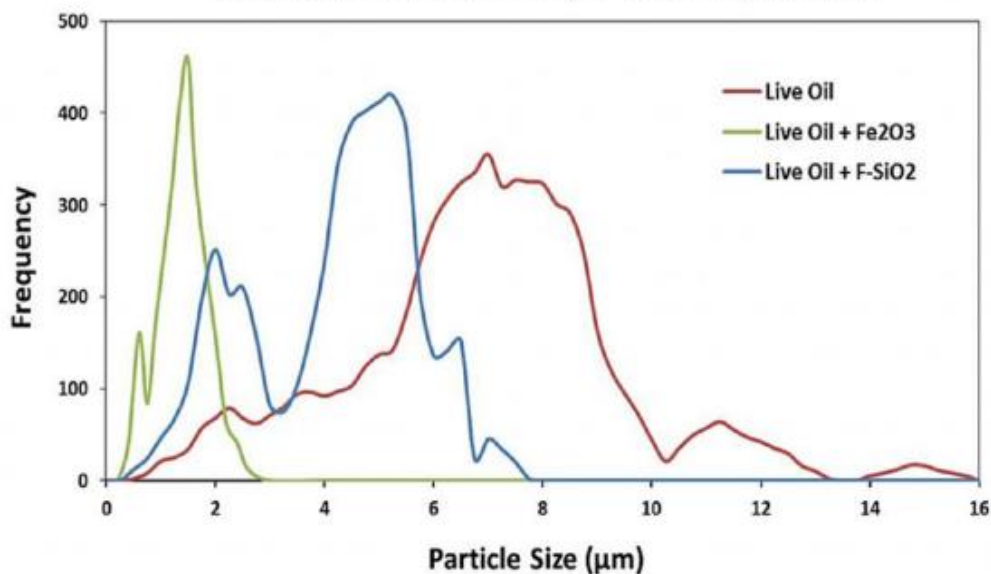
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

### Size Distribution at 4000 psi - HPM Experiment



شکل ۸. آزمایش های HPM توزیع اندازه ذرات آسفالتین برای نفت خام بدون نانوذرات و نفت خام درمان شده با 150 ppm نانوذرات  $Fe_2O_3$  و  $F-SiO_2$  در فشار 4000 psi و دمای ۲۷۴٫۹ درجه فارنهایت [6].

در شکل ۸ می توان توزیع اندازه سنگ دانه ها را در فشار 4000 psi برای نمونه های نفت خام بدون و با نانوذرات مشاهده نمود. اندازه متوسط ذرات آسفالتین در نفت خام بدون نانوذرات با کاهش فشار از 7000 psi تا 4000 psi، به ترتیب از ۱٫۱۵ میکرومتر به ۸٫۰۷ میکرومتر افزایش داشت؛ درحالیکه در حضور نانوذرات  $Fe_2O_3$  اولین سنگ دانه در فشار 5000 psi با قطر متوسط ۰٫۸ میکرومتر مشاهده شد، که این عدد در فشار 4000 psi به ۱٫۳۸ میکرومتر رسید. نتایج بدست آمده از آزمایش HPM نشان می دهد در حضور نانوذرات شروع ته نشینی آسفالتین در فشارهای کمتری صورت می گیرد [6].

### آزمایش فیلتراسیون فشار و دما بالا یا HPHTF

دستگاه فیلتراسیون HPHT برای اندازه گیری میزان آسفالتین های رسوب شده در شرایط مختلف فشار و دما بدون و با نانوذرات استفاده می شود. برای شروع آزمایش، نمونه نفت به داخل سلول PVT منتقل شد. برای هر آزمایش سلول PVT در فشار و دمای آزمایش به مدت ۷۲ ساعت تثبیت شد. سپس فشار در هر مرحله آزمایشی کاهش یافت و برای هر فشار، محتوای آزمایشی به مدت ۲۴ ساعت همگن شد. سپس سیال از طریق فیلتر جابجا شد و ۱۰ سی سی نمونه سیال مخلوط شده در فشار و دمای آزمایش از سلول PVT خارج شد تا به شرایط جوئی

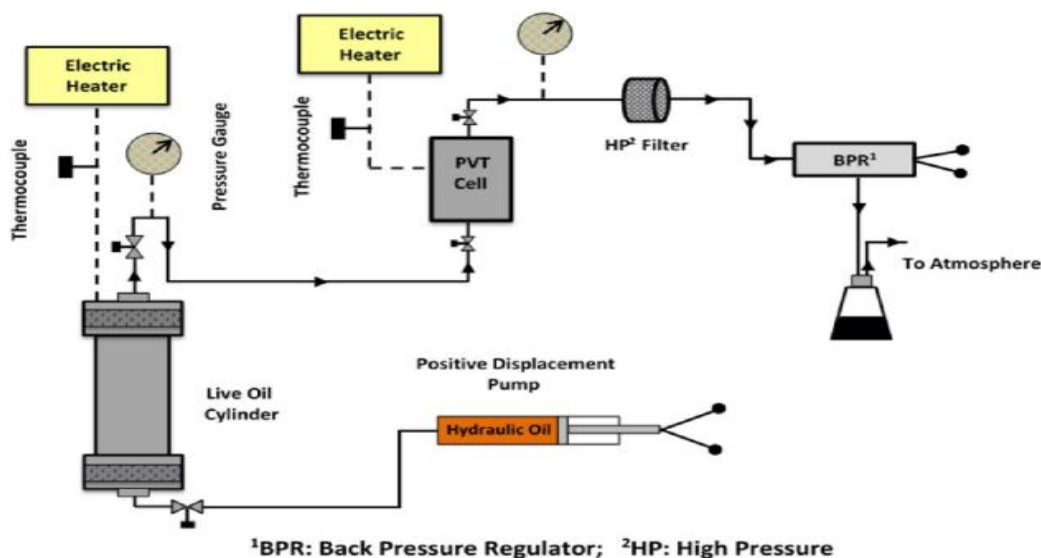
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

برسد. سپس محتوای آسفالتین توسط آزمایش IP-143 به منظور تعیین میزان آسفالتین های رسوب شده انجام شد. در طول فرآیند فیلتراسیون، ضروری است که نمونه نفت در هر مرحله فشار بالاتر از فشار نقطه حباب، هنگام عبور از فیلتر تک فاز باقی بماند. بنابراین، گاز هلیوم با فشار بالا در قسمت پشتی فیلتر تزریق می شود تا فشار معکوس در انتهای پایین دست فیلتر حفظ شود. این کار به انجام فرآیند فیلتراسیون HPHT در شرایط فشار ثابت کمک می کند. نمای شماتیک آزمایش HPHTF را می توان در شکل ۹ مشاهده کرد. از آنجائیکه آزمایش های HPHT بسیار پرهزینه و زمان بر هستند، انتخاب غلظت بهینه بازدارنده ها بسیار حائز اهمیت است. آزمایش های فیلتراسیون HPHT ایزوترمال در مراحل فشار خاص در یک منطقه تک فاز، برای اندازه گیری میزان آسفالتین های رسوب شده در نفت خام بدون نانوذرات و نفت خام درمان شده با نانوذرات در غلظت 150 ppm انجام شد. نتایج آزمایش های فیلتراسیون HPHT در شکل ۱۰ ارائه شده است. همانطور که از شکل ۱۰ استنباط می شود، با کاهش فشار تا فشار نقطه حباب برای تمام آزمایش های انجام شده، میزان ته نشینی آسفالتین افزایش می یابد. با کاهش فشار از 6500 psi تا 4000 psi، درصد وزنی آسفالتین رسوب شده از ۰,۲۲۶ به ۰,۵۸۶ افزایش داشته است، درحالیکه با کاهش فشار از 6500 psi تا 4000 psi در حضور نانوذرات  $Fe_2O_3$  این مقدار از ۰,۰۷۸ به ۰,۱۴۱ رسیده است که نشان دهنده اثر بازدارندگی نانوذرات بر روی شروع ته نشینی آسفالتین می باشد [6].



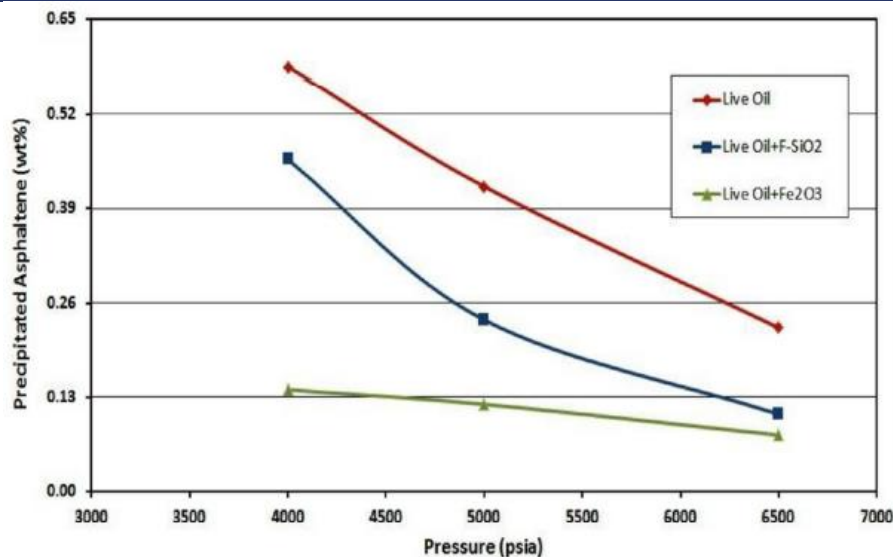
شکل ۹. نمودار شماتیک تنظیم فیلتراسیون HPHT [6].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱۰. مقدار آسفالتین رسوب شده توسط HPHTF در طول کاهش فشار در دمای ۲۷۴,۹ درجه فارنهایت برای نفت خام بدون نانوذرات و نفت خام درمان شده با 150 ppm نانوذرات  $F-SiO_2$  و  $Fe_2O_3$  [6].

### نتیجه گیری

آسفالتین ها از نمونه های نفت خام در طول کاهش فشار استخراج می شوند و فعل و انفعالات آسفالتین- نانوذرات در شرایط میدانی در فشارها و دماهای بالا رخ می دهد. بنابراین، رفتار جذب آسفالتین بر روی سطح نانوذرات و متعاقباً برهم کنش های آسفالتین-نانوذرات به طور ناچیزی در طول فرآیند استخراج تغییر می کند. به همین منظور، بررسی عملکرد بازدارنده های مختلف بر روی آسفالتین رسوب شده در طول فرآیند استخراج، می تواند موجب بهبود فرآیند و ازدیاد در برداشت شود. بنابراین، بررسی نقطه شروع ته نشینی آسفالتین با استفاده از آزمایش های اتمسفریک نمی توانند ارزیابی مناسبی از شرایط میدان داشته باشند و نتایج شبیه سازی مناسبی را ارائه کنند. با توجه به اینکه نتایج آزمایش های HPHTF، SDS و HPM برای بررسی پراکندگی آسفالتین و عملکرد بازدارنده ها با یکدیگر مطابقت بالایی دارند، بررسی رفتار آسفالتین در شرایط HPHT می تواند کاستی های آزمایش های اتمسفریک را پوشش داده و نتایج بهتری را ارائه کند.

منابع



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[۱] بهروز میرزائی، هادی سیدباقری، رسوب آسفالتین- پیش بینی، مدل سازی و حذف (۱۴۰۰) اردبیل، انتشارات

دانشگاه محقق اردبیلی، ۹-۸۹-۷۲۵۸-۶۲۲-۹۷۸.

[2] Michael P. Hoepfner, Vipawee Limsakoune, Varun Chuenmeechao, Tabish Maqbool, and H. Scott Fogler (2013) *Energy Fuels*, 27, 725-735

[3] Otto P. Strausz, Thomas W. Mojelsky and Elizabeth M. Lown (1992) *Fuel*, 71, 1355-1363

[4] Oliver C. Mullins (2011) *Annu. Rev. Anal. Chem.*, 4, 393-418

[5] Fatemeh Mahmoudi Alemi, Saber Mohammadi, Seyed Ali Mousavi Dehghani, Alimorad Rashidi, Negahdar Hosseinpour, Abdolvahab Seif (2021) *Chemical Engineering Journal*, 422, 130030

[6] Fatemeh Mahmoudi Alemi, Seyed Ali Mousavi Dehghani, Ali Rashidi, Negahdar Hosseinpour, and Saber Mohammadi (2021) *Energy & Fuel*, 35, 5908-5924

[7] Nashaat N. Nassar, Azfar Hassan, Pedro Pereira-Almao (2011) *Energy Fuels*, 25, 1017-1023

[8] Mohsen Mohammadi, Mahdi Akbari, Zahra Fakhroueian, Alireza Bahramian, Reza Azin, and Sharareh Arya (2011) *Energy Fuels*, 25, 3150-3156

[9] Faryar Shojaati, Masoud Riazi, Seyed Hamed Mousavi, Zeinab Derikvand (2017) *Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 531, 99-110

[10] Eiman Monjezi, Alireza Rostami, Edris Joonaki, Seyyed Reza Shadizadeh (2016) *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 11, 1027-1034

[11] Ebtisam F. Ghouloum, Misfera Al-Qahtani, Abeer Al-Rashid (2010) *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 70, 99-106

[12] Mozhdeh Igder, Negahdar Hosseinpour, Azadeh Amrollahi Biyouki, and Alireza Bahramian (2018) *Energy Fuels*, 32, 6689-6697

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## بررسی کارآیی انواع کاتالیزورها در تبدیل کاتالیستی ۴-نیتروفنول به آمینوفنول

سیده فاطمه مهری نژاد چوبری<sup>۱</sup>، علی نعمت اله زاده<sup>۲\*</sup>، نگین محمودی بابلان<sup>۳</sup>.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- هیئت علمی گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- دانشجوی دکتری مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند تبریز، ایران

Email: [nematollahzadeha@uma.ac.ir](mailto:nematollahzadeha@uma.ac.ir)

چکیده:

حذف گروه های نیترو از ترکیبات نیترو آروماتیک از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. ۴-نیتروفنول از رایج ترین آلاینده های سمی و خطرناک است که می تواند سلامت انسان ها را به خطر بیاندازد و باعث بسیاری از بیماری ها شود. تاکنون تکنیک های مختلفی برای تبدیل آن به ترکیبات ارزشمند ارائه شده است. با این حال، در این مقاله روش های مختلف تبدیل کاتالیستی ۴-نیتروفنول به ۴-آمینوفنول بررسی شده و مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج بررسی ها نشان داد که بهترین فعالیت کاتالیزوری با ثابت سرعت  $4/811 \text{ min}^{-1}$  و تبدیل حدود ۱۰۰ درصد، برای کاهش ۴-نیتروفنول را دارد. پس این کاتالیزور عملکرد نسبتاً خوبی برای حذف آلاینده ها از منابع آبی و محیط زیست را داشتند.

کلمات کلیدی: تبدیل کاتالیستی، ۴-نیتروفنول، آمینوفنول

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

آلودگی آب معمولاً ناشی از تولید محصولاتِ صناعی از جمله چرم، نساجی و داروسازی است. پساب های صنعتی حاوی مقادیر قابل توجهی از یون های فلزات سنگین و ترکیبات آلی سمی هستند که به رودها تخلیه می شوند [۱]. پاک سازی این مواد سمی از پساب ها برای حفاظت از مخازن آب، دارای اهمیت بالایی است [۲، ۳]. وجود نیتروآروماتیک ها، یون های فلزات سنگین و رنگ های آلی در منابع آبی به دلیل تهدیدی که این مواد سمی و سرطان زا برای سلامت انسان و سایر موجودات زنده ایجاد می کنند، همواره یک نگرانی جدی بوده است [۴]. نیتروفنول ها برای جانوران و گیاهان، به ویژه برای آب، خطرناک هستند [۵]. آن ها اغلب به عنوان محصول جانبی سنتز نیتروبنزن از طریق نیتراسیون بنزن با اسید نیتریک و سولفوریک تولید می شوند [۶]. با توجه به این که نیتروفنول ها معمولاً در سنتز رنگ ها، بازدارنده های خوردگی، آفت کش ها، علف کش ها، داروهای ضد درد، تب بر و نگه دارنده های چوب استفاده می شوند، انتشار آن ها در فاضلاب یک نگرانی زیست محیطی مهم تلقی می شود. در نتیجه، با کاهش نیترو به گروه های آمینه راه حل مهمی را برای به دست آوردن محصولی با سمیت کمتر فراهم می کند [۷]. با این حال، مشتقات نیتروفنول مانند ۴-نیتروفنول که یک نیتروآروماتیک بسیار پایدار و محلول در آب است و از رایج ترین آلاینده های آلی سمی و بسیار خطرناک است که در پساب های صنعتی و کشاورزی وجود دارد و ایمنی مواد غذایی و سلامت انسان را به خطر می اندازد و پس از حل شدن در خون می تواند منجر به بیماری هایی (مانند التهاب، آلرژی، سیانوز و...) شود. همچنین طبق گزارش آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (EPA) به عنوان آلاینده های غیر قابل تجزیه در نظر گرفته شده است. به همین دلیل، پیدا کردن روشی اساسی برای حذف یا اصلاح این آلاینده ها قبل از رها شدن در محیط زیست، مهم است [۴، ۸-۱۱]. ماهیت نسوز و غیر قابل تجزیه آن ها، چالش بزرگی را در کاهش آن ها به سایر ترکیبات بی ضرر ایجاد می کند [۴]. با این حال، ۴-نیتروفنول را می توان به ۴-آمینوفنول، که یک ماده شیمیایی ارزشمند برای تولید برخی داروها، بازدارنده های خوردگی، عامل رنگ رزی، روان کننده ضد خوردگی و غیره است، کاهش داد. بنابراین، حذف ۴-نیتروفنول از محیط، به عنوان مثال در آب و استفاده مجدد از آن ضروری است [۱۱، ۱۲]. کاهش کاتالیستی ۴-نیتروفنول به ۴-آمینوفنول با عوامل احیا کننده (مانند  $\text{NaBH}_4$ ) در حضور نانوذرات مختلف به عنوان کاتالیست (مانند  $\text{Cu}$ ،  $\text{Fe}$ ،  $\text{Pd}$ ،  $\text{Pt}$ ،  $\text{Ag}$ ،  $\text{Au}$ ) مورد بررسی قرار می گیرد [۶].

<sup>1</sup> Nitrophenol

<sup>2</sup> Environmental Protection

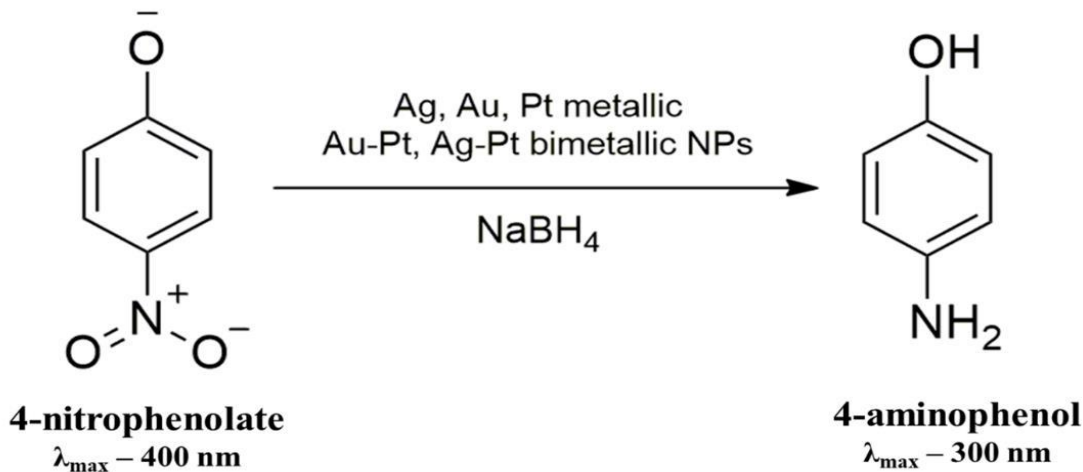


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱. کاهش ۴-نیتروفنول به ۴-آمینوفنول توسط  $\text{NaBH}_4$  [۱۳].

### ۱- شرح روش های حذف نیتروفنول

ترکیبات فنلی نقش مهمی در توسعه سریع بخش صنعت دارند. این ماده به عنوان مواد اولیه در تولید و ساخت رزین، پلاستیک، میکروکپسول ها، داروسازی، منسوجات، رنگ ها و محصولات پتروشیمی استفاده می شود. سپس به عنوان آلاینده های فرعی در محیط رها می شوند. هر گونه مصرف مایعات با غلظت بالای ترکیبات فنلی می تواند منجر به مشکل در راه رفتن شود. در واقع، قرار گرفتن بیش از حد در معرض سطوح بالای ترکیبات فنلی حتی می تواند باعث آسیب به قلب، کلیه ها و کبد شود. بنابراین، حذف ترکیبات فنلی از آب و فاضلاب با توجه به سمیت و ماندگاری بالای ترکیبات فنلی به موضوعی داغ در میان دانشمندان تبدیل شده است [۱۴].

روش های تصفیه ای که برای فاضلاب ها استفاده می شود کاملاً مؤثر نیستند، متأسفانه مقدار زیادی از این معطرهای محلول در آب حتی پس از روش های متداول، همچنان در آب باقی می ماند، این آلاینده ها در نهایت در سیستم آبی انباشته می شوند و نه تنها برای جانوران بلکه برای زندگی انسان ها نیز به دلیل وابستگی زیاد به آب تهدیدی جدی محسوب می شود [۱۵].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



روش های مختلفی برای تجزیه نیترو فنول ها توسعه یافته اند، از جمله جذب؛ هیدروژناسیون کاتالیزوری<sup>۱</sup>، کاهش فلز/ اسید<sup>۲</sup> و کاهش الکترولیتی<sup>۴</sup> [۱۶]، تجزیه میکروبی<sup>۵</sup>، روش الکتروفنتون<sup>۶</sup> [۱۷، ۱۸]، کاهش شیمیایی<sup>۷</sup> [۱۹]، تجزیه فوتوکاتالیستی<sup>۸</sup> [۲۰]، روش الکتروشیمیایی<sup>۹</sup> [۲۱]، فیلتراسیون غشایی<sup>۱۰</sup> [۲۲]، روش های رسوب گذاری<sup>۱۱</sup> [۱۵]، روش الکتروشیمیایی<sup>۱۲</sup> [۱۶]، فیلتراسیون غشایی<sup>۱۳</sup> [۱۷] و روش های رسوب گذاری<sup>۱۴</sup> [۱۸].

### ۱-۲- جذب

جذب به برهمکنش های فیزیکی بین ترکیبات نیترو فنول و جاذب برای حذف آلاینده از محیط آبی متکی است. به اصطلاح حذف آلاینده ها انتقال موفقیت آمیز آلاینده ی خطرناک از یک فاز به فاز دیگر است. بازیابی جاذب برای استفاده مجدد و بازیابی آلاینده جذب شده روش های بازیافت مورد نیاز برای فرآیند جذب پرهزینه و گاه بی اثر هستند، که این روش استفاده را نه تنها گران قیمت بلکه در نوع خود مشکل ساز می کند [۲۳].

### ۲-۲- حذف الکتروشیمیایی

حذف الکتروشیمیایی معمولاً از واکنش هایی استفاده می کند که در سطح مشترک الکتروود برای انجام فرآیندهای الکتروشیمیایی برای حذف نیترو فنول ها رخ می دهد. سنتز الکتروود، رسوب گیری الکتروود، اثر گونه های مزاحم و غیره، محدود عوامل حیاتی هستند که برای دستیابی به نتایج حذف بهینه باید در نظر گرفته شوند [۲۴].

- 
- 1 Adsorption
  - 2 Catalytic Hydrogenation
  - 3 Metal/Acid Reduction
  - 4 Electrolytic Reduction
  - 5 Microbial Degradation
  - 6 Electrofenton Method
  - 7 Chemical Reduction
  - 8 Photocatalytic Degradation
  - 9 Electrochemical Method
  - 1 Membrane Filtration 0
  - 1 Sedimentation 1
  - 1 Electrochemical Method 2
  - 1 Membrane Filtration 3
  - 1 Sedimentation 4

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



#### ۳-۲- جداسازی غشایی

جداسازی غشایی این مواد شامل استفاده از چندین مسیر مانند میکروفیلتراسیون، اسمز معکوس، اولترافیلتراسیون و نانوفیلتراسیون برای حذف است، اما برخی از مشکلات اساسی مرتبط با غشاها مانند انسداد مکرر، فرآیندهای جداسازی آهسته و زمان بر، طراحی تنظیمات اضافی و پرهزینه، تمیز کردن فیلتر با هزینه های تعمیر و نگهداری بسیار بالا، انطباق این سیستم ها را تا حدودی غیراقتصادی می کند [۲۳].

#### ۴-۲- روش احیای شیمیایی

روش احیای شیمیایی عملکرد کاتالیزوری خوبی دارد، اما نانوذرات فلزی به راحتی آگلومره می شوند و فرآیند آماده سازی مستلزم استفاده از عوامل کاهش دهنده سمی و چندین افزودنی است که برای محیط زیست نامطلوب است [۱۹].

#### ۵-۲- رسوب گذاری

روش های رسوب گذاری نیز تکنیک هایی هستند که اغلب برای حذف نیتروفنول ها مورد استفاده قرار می گیرند. این فناوری ها از آهک، پلی الکترولیت ها و پلیمرهای حجیم و غیره در طول فرآیندهای عملیاتی خود استفاده می کنند که مقدار زیادی زباله در محیط واکنش ایجاد می کند [۱۵].

#### ۶-۲- سایر روش ها

سایر روش ها نیز دارای معایبی مانند کارایی کم (تخریب میکروبی)، تنظیمات تصاویر گران قیمت (فوتوکاتالیز)، تشکیل مقادیر زیادی لجن (فرایندهای فنتون) و غیره را دارند [۲۵].

#### ۷-۲- تبدیل کاتالیستی

در مقایسه با سایر تکنیک ها تبدیل کاتالیستی ترکیبات آلی سمی، روشی ساده برای مقابله با سموم خواهد بود [۱]. سنتز و توسعه کاتالیزورهایی با کارایی بالا، برای حذف محیطی نیتروفنول ها از طریق کاهش به آمینوفنول ها می تواند به طور گسترده به عنوان پیش ساز برای تولید بسیاری از مواد شیمیایی استفاده شود [۶]. کاهش کاتالیزوری به دلیل کارایی بالا و سازگاری با محیط زیست، چشم انداز کاربردی زیادی دارد. محصولات احیا کننده ترکیب آمینوفنول واسطه های مفیدی برای سنتز داروهای تب بر، عامل توسعه دهنده، مهار خوردگی، مواد شیمیایی کشاورزی و افزودنی های نفتی هستند [۲۲]. کاهش کاتالیستی ۴-نیتروفنول به ۴-آمینوفنول یک رویکرد سبز برای اصلاح محیط زیست محسوب می شود [۲۶].

<sup>1</sup> Aminophenols



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

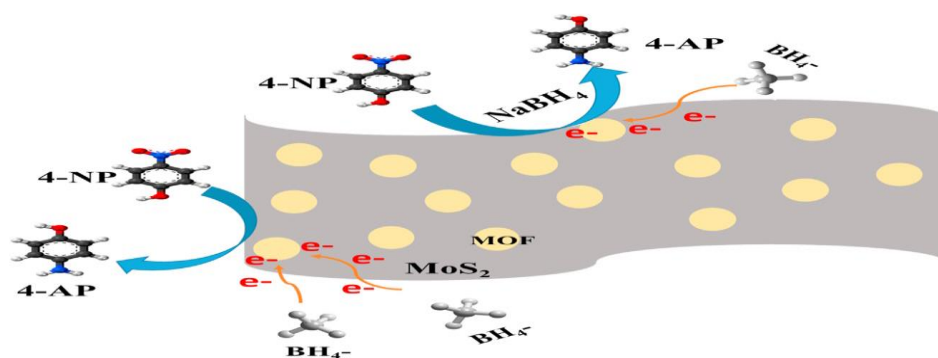
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

توسعه ی یک چارچوب جامع که مکانیسم ها و رفتار واکنش ۴-نیتروفنول را دقیق توصیف کند، حیاتی است. چنین چارچوبی برای به دست آوردن تفسیر دقیق و کامل از خواص کاتالیزوری ضروری است. سینتیک این واکنش ۴-نیتروفنول را می توان بر حسب مدل لانگمویر-هینسلوود درک کرد که در آن یون های ۴-نیتروفنولات و گونه های هیدروژن مشتق شده از  $BH_4^-$  بر روی سطح کاتالیزور جذب می شوند. جایی که واکنش می دهند، یک واکنش شبه مرتبه اول انجام می شود که در آن ۴-آمینوفنول تولید می شود و به دنبال آن دفع سریع آن، از سطح کاتالیزور انجام می شود [۷].

در طول چند دهه گذشته، بسیاری از کاتالیزورهای کارآمد توسط محققان معرفی شده اند، که نانوذرات فلزات نجیب به دلیل خواص کاتالیزوری و پایداری بالا، مورد توجه قرار گرفتند [۱]. سنتز و توسعه کاتالیزورهایی با کارایی بالا، برای حذف محیطی نیتروفنول ها از طریق کاهش به آمینوفنول های می تواند به طور گسترده به عنوان پیش ساز برای تولید بسیاری از مواد شیمیایی استفاده شود [۶].

کومار و همکارانش در سال ۲۰۲۲ نانو ساختار هیبریدی چارچوب آلی فلز تیتانیوم  $(Ti-MOF)/MoS_2$  را به عنوان کاتالیزور برای کاهش ۴-نیتروفنول به ۴-آمینوفنول گزارش کردند. نتایج آن ها نشان داد که نانو ساختار هیبریدی  $Ti-MOF/MoS_2$  فعالیت کاتالیزوری بسیار زیادی را برای کاهش ۴-نیتروفنول در عرض ۳ دقیقه نشان می دهد. علاوه بر این، در یک محیط آبی، نانو ساختار هیبریدی  $Ti-MOF/MoS_2$  قابلیت بازیافت و پایداری خوبی را نشان داد. عملکرد خوب نانو ساختار هیبریدی  $Ti-MOF/MoS_2$  به یک ماده کاتالیزوری برای حذف آلاینده های نیتروآروماتیک از منابع آب به شمار می رود [۴].



شکل ۲. کاهش ۴-نیتروفنول با استفاده از نانو ساختار هیبریدی  $Ti-MOF/MoS_2$  [۴].

<sup>1</sup> Aminophenols

<sup>2</sup> Kumar et al.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

فورام شاه و همکارانش<sup>۱</sup> در سال ۲۰۲۱ یک نانوکامپوزیت جدید با فعالیت کاتالیزوری تشکیل شده از نانوذرات اکسید سریم (نانوسریا) و Au/PTA/NC را سنتز کردند که در آن مولکول های PTA بین نانوسریا و نانوذرات طلا قرار گرفت. تشکیل نانو ذرات طلا (با اندازه تقریباً ۱۰ نانومتر) روی سطح نانوسریا به دلیل کاهش مولکول های PTA رخ داد. مطالعه طیف FTIR نشان داد که مولکول های PTA از طریق اتم های اکسیژن با پیوند دوگانه انتهایی PTA به سطح نانوسریا متصل شده اند. این نانوکاتالیزور توسعه یافته تبدیل کارآمد (بیش از ۸۰ درصد در ۵ دقیقه) ۴-نیتروفنول به ۴-آمینوفنول را در دمای اتاق و pH خنثی نشان داد [۲۷].

وانگ و همکارانش<sup>۲</sup> در سال ۲۰۲۱ یک COF کروی با گروه های نیتروژن برای ارائه مکان های اساسی برای یون های Ag طراحی کردند، که توسط آن نانوذرات کوچک نقره روی SCOف تثبیت شدند تا میکروکره های AgNPs@SCOF را با عملکرد کاتالیزوری برتر تشکیل دهند. شار نفوذ بهینه  $2000 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  (LMH) و راندمان کاهش ۴-نیتروفنول بیش از ۹۹ درصد با آزمایش های جریان به دست آمد، که بسیار بهتر از نتایج گزارش شده (زیر ۲۰۰ LMH) بود. علاوه بر این، تنها ۰/۷ درصد وزنی نانوذرات نقره از سیستم کاتالیزوری تحت یک فرآیند جریان مداوم برای آزمایش ۲۴ ساعته آزاد شد که منعکس کننده پایداری خوب میکروکره های Ag NPs@SCOF بود، ریزکره ها می توانند عملکرد کاتالیزوری پایدار را تحت یک فرآیند جریان مداوم حفظ کنند. کار آنها مواد و فناوری کارآمدی را ارائه داد که می تواند برای آلاینده های آلی سمی استفاده شود [۲۶].

خو و همکارانش<sup>۳</sup> در سال ۲۰۱۹ با مطالعه بر روی کاتالیزور نانوسیم دو فلزی Cu@Ni بر پایه گرافن را با روش کاهش فاز مایع به کمک یک میدان مغناطیسی خارجی گزارش کردند. نانوسیم های مس و نیکل به طور یکنواخت روی گرافن با قطر تقریبی ۸۰ نانومتر پراکنده شدند. فعالیت کاتالیزوری و عملکرد عالی چرخه کاهش ۴-نیتروفنول به ۴-آمینوفنول توسط NaBH<sub>4</sub> در دمای اتاق را نشان دادند. نتایج نشان داد که اگر نسبت های فلزی مختلف در کامپوزیت به طور معقولی تنظیم شود، فعالیت کاتالیزوری می تواند به طور چشمگیری افزایش یابد. به خصوص نسبت مولی نیکل به مس ۵:۱ بود، ثابت سرعت و ضریب فعالیت کاتالیزور جدید به ترتیب به  $1/16 \text{ min}^{-1}$  و  $5/81 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  رسید و ۸۰ درصد راندمان کاتالیزوری را می توان در بیش از ۶ چرخه استفاده مجدد حفظ کنند. گرافن نه تنها سطح وسیعی را فراهم کرد و پراکندگی نانوساختار و همچنین پایداری حرارتی را افزایش داد، بلکه تأثیر پیچیده تری برای کاتالیز داشت و هم افزایی کاتالیز را آسان کرد. به طور کلی، کاهش ۴-نیتروفنول به ۴-آمینوفنول به جذب موثر واکنش دهنده ها و انتقال سریع هیدروژن از BH<sub>4</sub><sup>-</sup> به ۴-نیتروفنول در کاتالیزورهای فلزی بستگی داشت. بخشی از الکترون های Cu@Ni-

<sup>1</sup> Foram Shah et al.

<sup>2</sup> Nanoceria

<sup>3</sup> Phosphotungstic Acid

<sup>4</sup> Wang et al.

<sup>5</sup> Zhiqiang Xu et al.

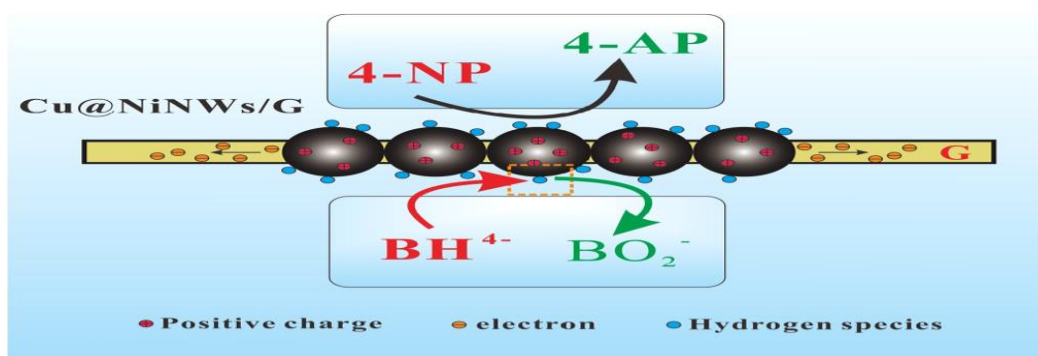
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

NWs از پایه فلزی به پایه گرافن مهاجرت کردند. انتقال الکترون باعث کمبود الکترونی Cu@Ni-NWs شد، در حالی که یون های  $BH_4^-$  و ۴-نیتروفنولات بار منفی داشتند و به طور موثر توسط Cu@Ni-NWs جذب شدند. فرایند جذب، هیدروژنه شدن یون های ۴-نیتروفنولات را در Cu@Ni-NWs ترویج و فعالیت کاتالیزوری نانوسیم ها را تقویت کرد [۲۸].



شکل ۳. شماتیکی از مکانیسم کاتالیزوری Cu@Ni-NWs/G برای کاهش ۴-نیتروفنول [۲۸].

جدول ۱. مقایسه ی فعالیت کاتالیستی و ثابت سرعت

کاتالیزورها	زمان (min)	تبدیل کاتالیزوری	ثابت سرعت $k_{app}(\text{min}^{-1})$	دما (C)	pH	سیکل	مراجع
Cu-AG-sponge	۴	>۹۰	$۰/۵۷۸۱ \text{ min}^{-1}$	-	-	-	[۱]
TiMOF/MoS2 hybrid nanostructure	۳	>۹۹	$\text{min}^{-1} ۱/۲۰۸$	-	-	-	[۴]
GO/AgNPs	۲۰	۹۶	$۰/۱۳۱۴ \text{ min}^{-1}$	-	۷	۹	[۵]
Ag/ZrGP composite	۱۰	>۹۹	$۰/۱۷۵۰ \text{ min}^{-1}$	۲۵	-	-	[۱۱]
AgNPs@SCOF	۳	>۹۹	$۱/۰۶ \text{ min}^{-1}$	۴۰	۷	۵	[۲۶]
Nanoceria-PTA*-AuNPs	۵	>۸۰	-	اتاق	۷	-	[۲۷]
Cu@Ni-NWs/G nanocomposite	۳	۸۰	$\text{min}^{-1} ۱/۱۶$	اتاق	-	۶	[۲۸]



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

Ag/PAM/PPy/GO composite nanosheets	۲/۵	۹۹/۵	$\text{min}^{-1} 2/0.28$	-	-	-	[۲۹]
NiCo <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-	-	$0.036 \text{ min}^{-1}$	اتاق	-	۲۰	[۳۰]
AgNPs/SiNS	۰/۴	حدود ۱۰۰	$4/811 \text{ min}^{-1}$	اتاق	-	۵	[۳۱]
fcc/hcp-Ni/Gr	۲	>۹۹	$\text{min}^{-1} 2/985$	اتاق	-	۵	[۳۲]
CNFs/AgNPs	۸	-	$0.372 \text{ min}^{-1}$	اتاق	-	۳	[۳۳]
Ag NPs/RGO-LS	-	>۹۹	$1/893 \text{ min}^{-1}$	۲۵	۷	۵	[۳۴]
AgNPs/NCDS	۴	>۹۹	$1/74 \text{ min}^{-1}$	اتاق	-	۵	[۳۵]

### ۲- نتیجه گیری

طبق نتایج به دست آمده از مقایسه کاتالیزورها که در جدول ۱ آورده شده است. نشان می دهد که AgNPs/SiNS به عنوان کاتالیزور برای کاهش ۴-نیتروفنول به ۴-آمینوفنول استفاده شده است، که بهترین فعالیت کاتالیزوری را با ثابت سرعت  $4/811 \text{ min}^{-1}$  و تبدیل حدود ۱۰۰ درصد، برای کاهش ۴-نیتروفنول در عرض ۰/۴ دقیقه را دارد. همچنین AgNPs/SiNS قابلیت بازیافت و پایداری خوبی دارند که می توان به عنوان کاتالیزوری امیدوارکننده برای حذف آلاینده های نیتروآروماتیک استفاده شود.

### منابع

- [1] Kamal, T., A.M. Asiri, and N. Ali, *Catalytic reduction of 4-nitrophenol and methylene blue pollutants in water by copper and nickel nanoparticles decorated polymer sponges*. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2021. 261: p. 120019.
- [2] Kamal, T., I. Ahmad, S.B. Khan, and A.M. Asiri, *Anionic polysaccharide stabilized nickel nanoparticles-coated bacterial cellulose as a highly efficient dip-catalyst for pollutants reduction*. Reactive and Functional Polymers, 2019. 145: p. 104395.
- [3] Ismail, M., K. Akhtar, M. Khan, T. Kamal, M.A. Khan, A. M Asiri, J. Seo, and S.B. Khan, *Pollution, toxicity and carcinogenicity of organic dyes and their catalytic bio-remediation*. Current pharmaceutical design, 2019. 25(34): p. 3645-3663.
- [4] Kumar, D.R., B.M. Francis, J.S. Ponraj, S. Muthuvijayan, R.K. Manavalan, H. Shankar, S. Balasubramanian, and S.C. Dhanabalan, *Realization of Ti MOF/MoS<sub>2</sub> Hybrid Nanostructure and their Catalytic Activity towards 4-Nitrophenol Reduction*. Journal of Materials Research and Technology, 2022.
- [5] Lu, Y., X. Wan, L. Li, P. Sun, and G. Liu, *Synthesis of a reusable composite of graphene and silver nanoparticles for catalytic reduction of 4-nitrophenol and performance as anti-*

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

*colorectal carcinoma*. Journal of Materials Research and Technology, 2021. 12: p. 1832-1843.

- [6] He, Y., N. Cheshomi, S.M. Lawson, A.K. Itta, F. Rezaei, S. Kapila, and A.A. Rownaghi, *PDMS/PAI-HF composite membrane containing immobilized palladium nanoparticles for 4-nitrophenol reduction*. Chemical Engineering Journal, 2021. 410: p. 128326.
- [7] Neal, R.D., Y. Inoue, R.A. Hughes, and S. Neretina, *Catalytic reduction of 4-nitrophenol by gold catalysts: the influence of borohydride concentration on the induction time*. The Journal of Physical Chemistry C, 2019. 123(20): p. 12894-12901.
- [8] Kassem, A.A., H.N. Abdelhamid, D.M. Fouad, and S.A. Ibrahim, *Catalytic reduction of 4-nitrophenol using copper terephthalate frameworks and CuO@ C composite*. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2021. 9(1): p. 104401.
- [9] Bai, Y., Q. Wang, C. Du, T. Bu, Y. Liu, X. Sun, W. Luo, R. Li, Y. Zhao, and X. Zheng, *Three-dimensional Cu/C porous composite: Facile fabrication and efficient catalytic reduction of 4-nitrophenol*. Journal of colloid and interface science, 2019. 553: p. 768-777.
- [10] Sun, J., M. Li, X. Sun, L. Wang, P. Han, G. Qi, D. Gao, L. Zhang, and S. Tao, *Copper-Based Integral Catalytic Impeller for the Rapid Catalytic Reduction of 4-Nitrophenol*. ACS omega, 2021. 6(33): p. 21784-21791.
- [11] Zhou, A., J. Li, G. Wang, and Q. Xu, *Preparation of Ag/ZrGP nanocomposites with enhanced catalytic activity for catalytic reduction of 4-nitrophenol*. Applied Surface Science, 2020. 506: p. 144570.
- [12] Li, J., C.-y. Liu, and Y. Liu, *Au/graphene hydrogel: synthesis, characterization and its use for catalytic reduction of 4-nitrophenol*. Journal of Materials Chemistry, 2012. 22(17): p. 8426-8430.
- [13] Varshney, S., R. Bar-Ziv, and T. Zidki, *On the Remarkable Performance of Silver-based Alloy Nanoparticles in 4-Nitrophenol Catalytic Reduction*. ChemCatChem, 2020. 12(18): p. 4680-4688.
- [14] Hashim, H.S., Y.W. Fen, N.A.S. Omar, and N.I.M. Fauzi, *Sensing Methods for Hazardous Phenolic Compounds Based on Graphene and Conducting Polymers-Based Materials*. Chemosensors, 2021. 9(10): p. 291.
- [15] Ghosh, B.K., S. Hazra, B. Naik, and N.N. Ghosh, *Preparation of Cu nanoparticle loaded SBA-15 and their excellent catalytic activity in reduction of variety of dyes*. Powder technology, 2015. 269: p. 371-378.
- [16] Xiong, Z., H. Zhang, W. Zhang, B. Lai, and G. Yao, *Removal of nitrophenols and their derivatives by chemical redox: A review*. Chemical Engineering Journal, 2019. 359: p. 13-31.
- [17] Sekar, R., S.K. Kailasa, H.N. Abdelhamid, Y.-C. Chen, and H.-F. Wu, *Electrospray ionization tandem mass spectrometric studies of copper and iron complexes with tobramycin*. International Journal of Mass Spectrometry, 2013. 338: p. 23-29.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

- [18] Abdelhamid, H.N. and H.-F. Wu, *Monitoring metallofulfenamic–bovine serum albumin interactions: a novel method for metallodrug analysis*. RSC advances, 2014. 4(96): p. 53768-53776.
- [19] Zhao, Q., D. Bu, Z. Li, X. Zhang, and L. Di, *Cold Plasma Preparation of Pd/Graphene Catalyst for Reduction of p-Nitrophenol*. Nanomaterials, 2021. 11(5): p. 1341.
- [20] Goda, M.N., H.N. Abdelhamid, and A.E.-A.A. Said, *Zirconium oxide sulfate-carbon (ZrOSO<sub>4</sub>@ C) derived from carbonized UiO-66 for selective production of dimethyl ether*. ACS Applied Materials & Interfaces, 2019. 12(1): p. 646-653.
- [21] Abdelhamid, H., A. El-Zohry, J. Cong, T. Thersleff, M. Karlsson, L. Kloo, and X. Zou, *Towards implementing hierarchical porous zeolitic imidazolate frameworks in dyesensitized solar cells*, R. Soc. Open Sci. 6 (2019), 190723.
- [22] Chen, Q., Y. Li, Q. Li, Y. Jia, and X. Qiao, *3D Hierarchical N, O Co-Doped MoS<sub>2</sub>/NiO Hollow Microspheres as Reusable Catalyst for Nitrophenols Reduction*. ChemistrySelect, 2019. 4(32): p. 9339-9347.
- [23] Najeeb, J., G. Ahmad, S. Nazir, K. Naseem, and A. Kanwal, *Critical analysis of various supporting mediums employed for the incapacitation of silver nanomaterial for aniline and phenolic pollutants: a review*. Korean Journal of Chemical Engineering, 2021. 38(2): p. 248-263.
- [24] Yasri, N.G. and S. Gunasekaran, *Electrochemical technologies for environmental remediation*, in *Enhancing cleanup of environmental pollutants*. 2017, Springer. p. 5-73.
- [25] Hu, H., J.H. Xin, H. Hu, X. Wang, D. Miao, and Y. Liu, *Synthesis and stabilization of metal nanocatalysts for reduction reactions—a review*. Journal of materials chemistry A, 2015. 3(21): p. 11157-11182.
- [26] Wang, N., F. Wang, F. Pan, S. Yu, and D. Pan, *Highly efficient silver catalyst supported by a spherical covalent organic framework for the continuous reduction of 4-nitrophenol*. ACS Applied Materials & Interfaces, 2021. 13(2): p. 3209-3220.
- [27] Shah, F., N. Yadav, and S. Singh, *Phosphotungstate-sandwiched between cerium oxide and gold nanoparticles exhibit enhanced catalytic reduction of 4-nitrophenol and peroxidase enzyme-like activity*. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2021. 198: p. 111478.
- [28] Xu, Z., X. He, M. Liang, L. Sun, D. Li, K. Xie, and L. Liao, *Catalytic reduction of 4-nitrophenol over graphene supported Cu@ Ni bimetallic nanowires*. Materials Chemistry and Physics, 2019. 227: p. 64-71.
- [29] Mao, H., C. Ji, M. Liu, Z. Cao, D. Sun, Z. Xing, X. Chen, Y. Zhang, and X.-M. Song, *Enhanced catalytic activity of Ag nanoparticles supported on polyacrylamide/polypyrrole/graphene oxide nanosheets for the reduction of 4-nitrophenol*. Applied Surface Science, 2018. 434: p. 522-533.
- [30] Yang, Y., D. Zeng, S. Shao, S. Hao, G. Zhu, and B. Liu, *Construction of core-shell mesoporous carbon nanofiber@ nickel cobaltite nanostructures as highly efficient*



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

*catalysts towards 4-nitrophenol reduction*. Journal of colloid and interface science, 2019. 538: p. 377-386.

- [31] Yan, Z., L. Fu, X. Zuo, and H. Yang, *Green assembly of stable and uniform silver nanoparticles on 2D silica nanosheets for catalytic reduction of 4-nitrophenol*. Applied Catalysis B: Environmental, 2018. 226: p. 23-30.
- [32] Zhuang, J., F. He, X. Liu, P. Si, F. Gu, J. Xu, Y. Wang, G. Xu, Z. Zhong, and F. Su, *In-situ growth of heterophase Ni nanocrystals on graphene for enhanced catalytic reduction of 4-nitrophenol*. Nano Research, 2021: p. 1-8.
- [33] Zhang, P., C. Shao, Z. Zhang, M. Zhang, J. Mu, Z. Guo, and Y. Liu, *In situ assembly of well-dispersed Ag nanoparticles (AgNPs) on electrospun carbon nanofibers (CNFs) for catalytic reduction of 4-nitrophenol*. Nanoscale, 2011. 3(8): p. 3357-3363.
- [34] Liu, Y., Y. Zhao, Y. Zhou, X. Guo, Z. Chen, W. Zhang, Y. Zhang, J. Chen, Z. Wang, and L. Sun, *High-efficient catalytic reduction of 4-nitrophenol based on reusable Ag nanoparticles/graphene-loading loofah sponge hybrid*. Nanotechnology, 2018. 29(31): p. 315702.
- [35] Reddy, B., R. Dadigala, R. Bandi, K. Seku, D. Koteswararao, and A.E. Shalan, *Microwave-assisted preparation of a silver nanoparticles/N-doped carbon dots nanocomposite and its application for catalytic reduction of rhodamine B, methyl red and 4-nitrophenol dyes*. RSC advances, 2021. 11(9): p. 5139-5148.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## طراحی و ساخت دستگاه پانچ برشی جهت بررسی خواص مکانیکی مواد و مطالعه همبستگی نتایج آزمون پانچ برشی با آزمون کشش بصورت تجربی و عددی

میلاذ سکاکی<sup>۱</sup>، مهدی اسکندر زاده<sup>۲\*</sup>، سیدمحمد عرب<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

(m.eskandarzade@uma.ac.ir)

### چکیده

اولین قدم در مهندسی مواد و ساخت و تولید، استخراج و مطالعه خواص مکانیکی مواد می باشد. ساخت و آماده سازی نمونه استاندارد برای استفاده در آزمون های مکانیکی، به خاطر محدودیت در دسترسی به ماده و یا محدودیت در زمان به دلیل پیچیدگی ساخت نمونه همیشه ممکن نیست. در بین آزمون های مکانیکی، آزمون پانچ برشی (SPT) به دلیل نیاز به مقدار کم ماده و سادگی در آماده سازی نمونه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این راستا، یک مجموعه برای آزمون پانچ برشی طراحی و ساخته شده است. همچنین همبستگی نتایج آزمون پانچ برشی با خواص آزمون کشش بصورت تجربی، عددی و تحلیلی بررسی شده است. نسبت تنش تسلیم کششی به تنش تسلیم برشی بصورت تجربی برابر  $1/7756$ ، تحلیلی برابر  $1/732$ ، و عددی برابر  $1/7871$  بدست آمد. همچنین با توجه به نتایج شبیه سازی، یک ناحیه پر تنش در سطح مقطع نمونه در ناحیه که برش رخ می دهد ایجاد شده و به تدریج با حرکت پانچ به سمت پایین، لبه های بالایی و پایینی در نقطه تماس و در فصل مشترک سطح درگیری نمونه با پانچ و قالب دچار تسلیم شده و با ادامه حرکت پانچ سطح مقطع نمونه در ناحیه برشی به صورت کامل تسلیم می شود.

کلمات کلیدی: تجهیزات آزمون های مکانیکی، آزمون پانچ برشی، شبیه سازی، ساخت و تولید

<sup>1</sup> Shear Punch Test

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

آزمون های مکانیکی مواد<sup>1</sup> در مهندسی از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند زیرا عملکرد موفقیت آمیز فلزات در کاربرد های مهندسی به توانایی فلز در برآورده ساختن نیازهای طراحی، شرایط کاری و امکان تولید در ابعاد مناسب بستگی دارد و توانایی یک فلز برای تامین این نیاز ها توسط خواص فیزیکی و مکانیکی آن مشخص می شود. در مطالعه و بررسی مواد، داشتن مواد کافی برای انجام فرآیند تست کشش استاندارد همیشه ممکن نیست. در این موارد، مهندسان به دنبال بررسی استحکام و شکل پذیری مواد با روش های جایگزین هستند. آزمون پانچ برشی یکی از آزمون های مکانیکی برای تعیین خواص مکانیکی ماده است که به دلیل اهمیت و مزایای خاص، مورد توجه مهندسان قرار گرفته است. شماتیک دستگاه پانچ برشی در شکل ۱ نمایش داده شده است. مطابق شکل ۱ نمونه حاضر شده برای آزمون پانچ برشی، بین دو نگهدارنده توسط پیچ ها ثابت نگهداشته شده و پانچ در اثر نیروی برشی سبب سوراخ شدن نمونه می شود. پانچ دستگاه متصل به یک نیرو و جابجایی سنج می باشد که مقدار لحظه نیرو-جابجایی بصورت یک نمودار توسط مانیتور نشان داده می شود. یکی از مزایای این آزمون، قابلیت بررسی استحکام و شکل پذیری ماده در مواردی است که دسترسی به ماده محدود بوده و یا مقدار کمی از ماده مورد نظر در دسترس باشد [۱].

<sup>1</sup> Mechanical Testing of Materials

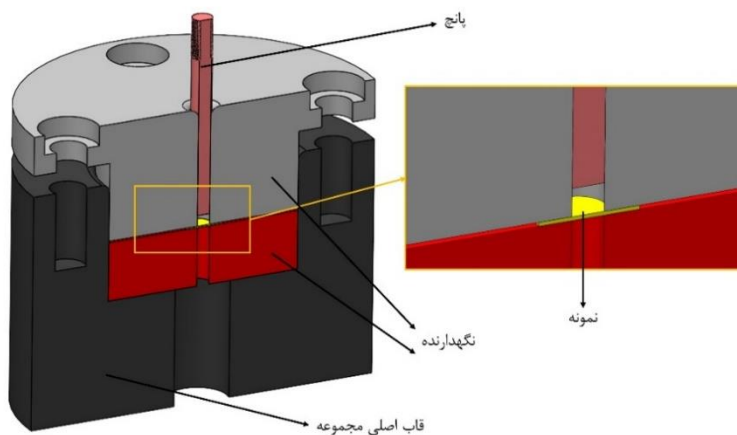


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۶۲: شماتیک دستگاه پانچ برشی

گودورو و همکاران [۳] در یک بررسی، همبستگی نتایج تنش تسلیم در آزمون پانچ برشی با نتایج تنش تسلیم در آزمون کشش محوری را بصورت تجربی و عددی مطالعه کرده اند. آن ها با ساخت یک مجموعه آزمایشی نمودار های SPT و آزمون کشش تک محوره را برای ماده نیوبیم خالص، برنج، فولاد ضد زنگ مارتنزیتی و مس بصورت تجربی بدست آوردند و نتایج آن را با داده های شبیه سازی عددی مقایسه کردند. آن ها با تحلیل داده های تجربی و عددی گزارش کردند که بین تنش تسلیم در آزمون کشش و تنش تسلیم در آزمون پانچ برشی یک رابطه خطی برقرار است. آن ها با استفاده از مدل المان محدود دریافتند که تسلیم از لبه های بالایی و پایینی نمونه که ما بین پانچ و قالب قرار دارد شروع شده و به مرکز نمونه کشیده می شود تا جایی که همه نمونه در سطح مقطع برشی به تسلیم برسد. با توجه به اینکه رابطه بین استحکام کششی و استحکام برشی خطی است، آزمون پانچ برشی یک تکنیک سودمند خواهد بود که از نتایج و داده های آن می توان در پیش بینی استحکام نهایی و تنش تسلیم کششی و قابلیت شکل پذیری ماده استفاده کرد [۲]. مطالعه و بررسی نحوه توزیع تنش و کرنش در طول فرایند آزمون پانچ برشی، امکان بهینه سازی و شناخت بیشتری از این فرایند را فراهم می کند. اطلاع از نحوه توزیع تنش و کرنش در همه نقاط در آزمون های تجربی بسیار سخت و گاهی غیر ممکن است از این رو شبیه سازی یک تکنیک بسیار مفید و کارآمد در مطالعه توزیع تنش و کرنش خواهد بود. در این تحقیق همبستگی بین استحکام تسلیم برشی و استحکام تسلیم کششی برای آلومینیوم ۶۰۶۱ در دماهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ درجه سلسیوس بصورت عددی و تجربی بررسی شده است. در چندین تحقیق رابطه بین استحکام تسلیم برشی و استحکام تسلیم کششی برای مواد مختلف خطی گزارش شده است [۶-۲].

۵۵- ماده و آزمون های مکانیکی

۲-۱- ماده

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

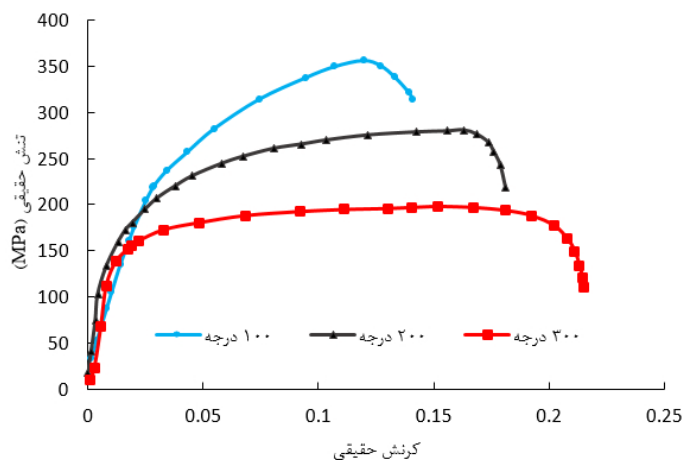
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

در این تحقیق از آلیاژ ۶۰۶۱ از سری آلیاژهای آلومینیوم استفاده شده است. از ویژگی های منحصر به فردی این آلیاژ می توان به استحکام قابل مقایسه با بسیاری از فولادها، استحکام خستگی خوب و سطح متوسط ماشین کاری و از معایب آن می توان به مقاومت کمتر در برابر خوردگی در مقایسه با بسیاری از آلیاژهای آلومینیومی اشاره کرد. هزینه تولید آن بسیار بالاست که استفاده آن را در صنایع محدود می سازد. آلیاژ آلومینیوم ۶۰۶۱ از مهمترین آلیاژهای آلومینیوم با استحکام بالا به شمار می رود که به صورت گسترده ای برای ساخت اجزاء مختلف در صنایع هوافضا، دفاعی و نظامی به کار می رود [۹-۷].

### ۲-۲- آزمون کشش تک محوره

آزمون کشش تک محوره یکی از اصلی ترین تست های متالورژیکی است که برای تعیین استحکام و دیگر خواص مکانیکی مواد مهندسی به کار می رود. این آزمون که در گروه آزمون های مخرب قرار می گیرد و به کمک دستگاه تست کشش اجرا می شود. این دستگاه با دو فک متحرک پنوماتیکی قدرتمند، نمونه استاندارد را از دو سر گرفته و با دور شدن دو فک از یک دیگر نمونه را تحت تنش کششی قرار می دهد (شکل ۳-ب). با دور شدن فک ها از هم و ایجاد تغییرات ابعادی در نمونه، رفتار ماده به وسیله رایانه رصد شده و خروجی به شکل یک نمودار روی صفحه کامپیوتر نمایان می شود (شکل ۲).

سیستم های بکار رفته در این دستگاه ها به منظور اعمال نیرو، ممکن است مکانیکی، هیدرولیکی یا پنوماتیکی باشد. معمولاً سیستم مکانیکی شامل یک یا چند پیچ متصل به سر نیرو دهنده است و پیچ توسط مهره ای چرخان حرکت می کند. در سیستم های هیدرولیکی نیرو توسط یک پیستون هیدرولیکی که درون سیلندری مملو از روغن حرکت می کند، اعمال می شود. در سیستم های پنوماتیکی نیرو گیره توسط سیستم هوای فشرده توسط یک کمپرسور اعمال می شود. نمونه ای از دستگاه کشش تک محوره و ابعاد نمونه آماده شده جهت آزمون کشش تک محوره در این تحقیق در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۶۳: خروجی آزمون کشش برای نمونه آلومینیومی در دماهای مختلف

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

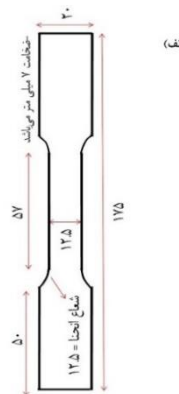
بدون توجه به اندازه و نوع کاربرد ماشین، یعنی ماشین های کوچک یا بزرگ و ماشین های مورد استفاده برای  
آزمون پانچ برشی، کشش، فشار یا خمش، تعدادی ویژگی های مشترک دارند که این ویژگی ها عبارتند از:

- سیستمی برای تنظیم محل و نگهداری نمونه آزمایش در وضعیت مطلوب
- مکانیزمی برای اعمال نیرو به نمونه آزمایش و تغییر نیرو با آهنگ کنترل شده
- سیستمی برای اندازه گیری دقیق نیروی وارد شده

خواص مکانیکی آلومینیوم ۶۰۶۱ مورد استفاده در تحقیق حاضر با استفاده از دستگاه تست کشش تک محوره  
(Santam STM-150, Iran) برای نمونه های ساخته شده با استاندارد ASTM با نرخ کرنش  $10\text{mm/min}$  بدست آمده  
است. در شکل ۲ قسمت الف، ابعاد نمونه های ساخته شده نشان داده شده است. نتایج تنش-کرنش حاصل از آزمون  
کشش برای نمونه استاندارد در دمای  $100, 200$  و  $300$  درجه سلسیوس در شکل ۲ نشان داده شده است.



(ب)  
نمونه  
فک های  
پنوماتیکی  
نگهدارنده نمونه



(الف)

شکل ۶۴: الف) ابعاد نمونه آماده شده جهت استفاده در آزمون کشش (ب) دستگاه تست کشش تک محوره

در شکل ۴ نمونه از دستگاه تست کشش تک محوره استفاده در این تحقیق برای نمونه استوانه نشان داده شده  
است. مطابق شکل ۴ دو فک پنوماتیک نمونه استوانه ای را از دو سر گرفته و با اعمال نیرو، سبب ازدیاد طول نمونه  
شده و در نهایت نمونه دچار گسیختگی خواهد شد.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۶۵: نمونه ای از دستگاه تست کشش تک محوره و روند تغییر شکل در کشش نمونه

### ۳-۲- طراحی، ساخت و تست پانچ برشی

مطابق شکل ۱، دستگاه پانچ برشی از یک قالب اصلی جهت نگه داشتن قطعات مختلف دستگاه و دو نگهدارنده تشکیل شده است که نمونه در بین این دو نگه دارنده ثابت نگه داشته می شود همچنین یک عدد پانچ نیروی لازم برای برش نمونه را فراهم می کند. جهت بررسی و اعتبارسنجی شبیه سازی عددی فرایند SPT برای آلومینیوم ۶۰۶۱، یک مجموعه آزمایشی برای آزمون تست پانچ برشی طراحی و ساخت شده است که مدل طراحی شده و مجموعه ساخته شده در شکل ۵ نمایش داده شده است. جنس ماده مجموعه مذکور جهت ساخت، ۴۲CrMo4 Steel می باشد. برای افزایش سختی و استحکام مکانیکی، مجموعه مورد نظر تحت عملیات حرارتی قرار گرفته است. دستگاه ساخته شده بگونه طراحی شده است که قابلیت همگام سازی با دستگاه استفاده با آزمون کشش تک محوره را داشته باشد. مکانیزم سیستم گیره ها و خروجی مشابه بخش قبل می باشد.

جهت تهیه نمونه ها برای آزمایش تست پانچ برشی، ابتدا قطعات نازکی در حدود ۲ میلی متر بریده شد، سپس ضخامت این قطعات با استفاده از عملیات سمباده زنی به ۰/۳۸ میلی متر کاهش پیدا کرد. بعد از ساخت و آماده سازی مجموعه و نمونه ها، با استفاده از دستگاه (Santam STM-150, Iran) با نرخ کرنش ۱۰mm/min نمونه ها در سه دمای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ درجه سلسیوس تحت آزمون پانچ برشی قرار گرفتند. داده های خام حاصل از دستگاه بر حسب نیرو - جابجایی می باشد. جهت بررسی نمودار های SPT بصورت مستقل از ضخامت ورق، داده های خام دستگاه که به صورت جابجایی است به جابجایی نرماله شده تبدیل شده است. برای نرماله کردن جابجایی دستگاه، مقادیر جابجایی به ضخامت نمونه تقسیم شده است (d/t). جهت محاسبه تنش برشی از رابطه ۱ استفاده شده است [۳]:

$$\tau = \frac{F}{2\pi r t} \quad (1)$$

در این رابطه  $\tau$  تنش برشی بر حسب Pa، F نیروی پانچ بر حسب N است که توسط دستگاه گزارش داده می شود، t ضخامت نمونه بر حسب mm و شعاع متوسط پانچ و قالب بر حسب mm می باشد. داده های بدست آمده از مدل FEM نیز به صورت مذکور به تنش نرماله شده و تنش برشی تبدیل شده اند.

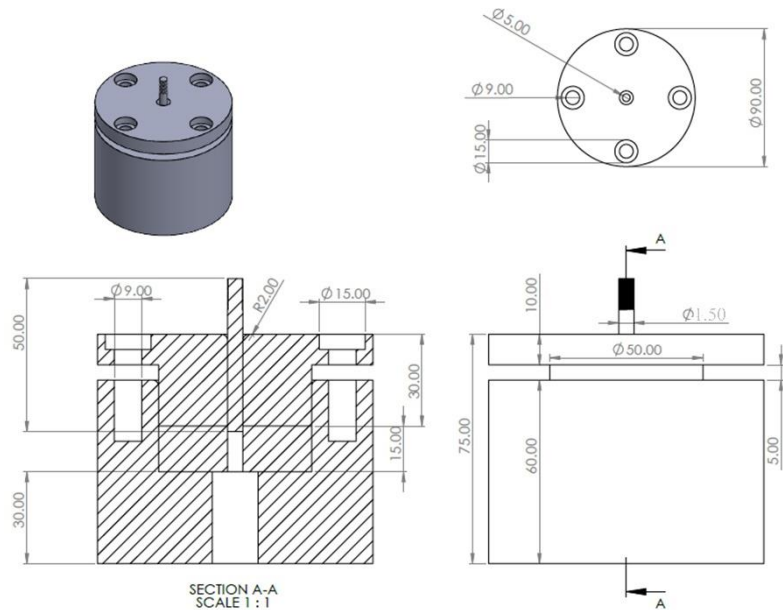
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

پس از تبدیل داده های خام به جابجایی نرماله و تنش برشی مطابق رابطه ۱، داده های حاصله تجزیه و تحلیل شد تا تنش تسلیم برشی در دمای ها گوناگون برای آلومینیوم ۶۰۶۱ محاسبه گردد. در جدول ۱ خواص و تنش تسلیم برشی که بصورت عددی و تجربی بدست آمده است، نشان داده شده است. برای بررسی اثرات آفست و شناسایی بهترین حالت تطابق داده ها، برای محاسبه تنش تسلیم از آفست ۰/۲٪ و ۰/۱۵٪ استفاده شده است [۲].



شکل ۶۶: ابعاد طراحی و دستگاه ساخته شده برای آزمون پانچ برشی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

جدول ۴: تنش تسلیم کششی و تنش تسلیم برشی تجربی و خواص برای آلومینیوم ۶۰۶۱ در دماهای مختلف

تنش تسلیم کششی تجربی MPa	تنش تسلیم برشی تجربی MPa	چگالی $g/cm^3$	ضخامت mm	دما °C
۲۲۰/۲	۱۲۳/۶	۲/۸۱	۰/۳۸	۱۰۰
۱۹۴/۳	۱۱۰/۱۷	۲/۸۱	۰/۳۸	۲۰۰
۱۵۵/۸	۸۹/۲۵	۲/۸۱	۰/۳۸	۳۰۰

### ۵۶-مدل سازی

در این تحقیق، شبیه سازی عددی با روش المان محدود در نرم افزار آباکوس انجام شده است. به دلیل تقارن مسئله و کاهش هزینه شبیه سازی، مسئله بصورت دو بعدی و کرنش صفحه ای و بصورت تقارن محوری، حول محور پانچ حل شده است. مطابق شکل ۵ مسئله شامل پانچ، نگه دارنده، قالب و نمونه با ابعاد نشان داده شده می باشد. لقی بین پانچ و قالب ۰/۱mm می باشد. همچنین پانچ، نگه دارنده و قالب به دلیل ماتریس سفتی بالا و تغییر شکل بسیار کمی که نسبت به نمونه دارند بصورت صلب مدل شده اند. مجموعه قالب، نگه دارنده و پانچ به صورت صلب گسسته با جزء دو گره ای RAX2 مدل شده و با توجه به اینکه قالب، نگه دارنده و پانچ به صورت صلب مدل شد، خواص مکانیکی به آن نسبت داده نشد. ورق به صورت شکل پذیر با جزء چهار گره ای CAX4R با تکنیک انتگرال کاهش یافته مدل شده است. . هندسه و شرایط مرزی اعمال شده در مدل سازی ارائه شده در شکل ۶ نمایش داده شده است.

<sup>1</sup> ABAQUSE CAE/2022

<sup>2</sup> Discrete rigid

<sup>3</sup> Deformable

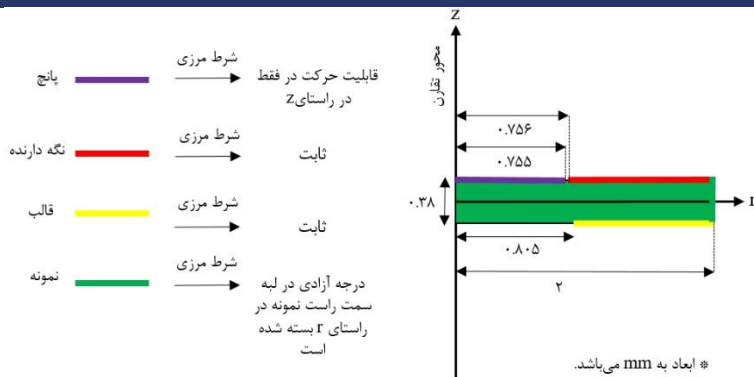


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخه)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاخه)

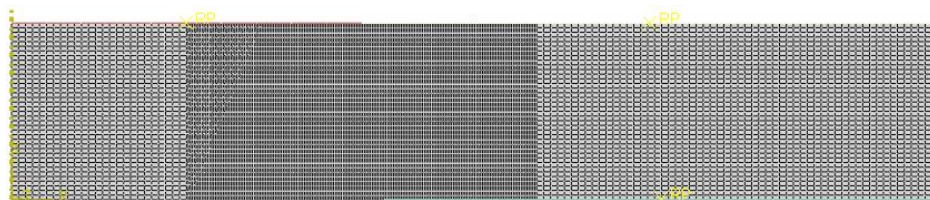
www.LabUMA2022.ir



شکل ۶۷: هندسه و ابعاد مدل شبیه سازی شده به همراه شرایط مرزی

خواص مورد نیاز در مدل المان محدود از طریق دادهای آزمون کشش استخراج شده و در شبیه سازی استفاده شده است. در این شبیه سازی جهت تعیین تنش تسلیم، از معیار تسلیم وون میسر استفاده شده است. از آنجایی که اثر اصطکاک در فرایند SPT بسیار ناچیز است [۳]، در تعریف تماس بین اجزا شرایط بدون اصطکاک به همراه تماس سخت در نظر گرفته شده است.

نمونه مش استفاده شده در مدل FEM در شکل ۷ نمایش داده شده است. جهت بهینه سازی و کاهش زمان حل، در نواحی نزدیک به محل برش، مش ریزتر انتخاب شده و در نواحی دورتر از مش بزرگتر استفاده شده است



شکل ۶۸: مش بکار رفته در مدل FEM

مقادیر تنش تسلیم بررسی عددی و تجربی در شکل ۹ نمایش داده شده است. مقایسه نتایج شکل ۹ تطابق بسیار خوبی بین داده های مدل المان محدود و داده ها تجربی را نشان می دهد. پس از اعتبار سنجی مدل می توان در مورد سایر نتایج مدل المان محدود با اطمینان بررسی و بحث کرد.

#### ۴- بحث و نتایج

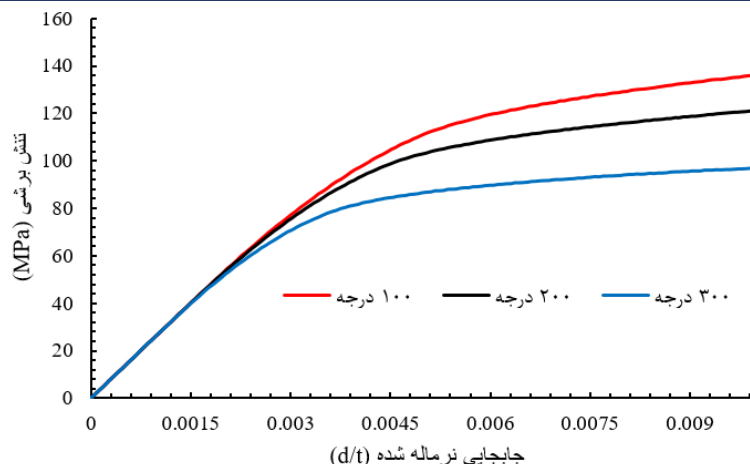
در این بخش، پس از اتمام فرایند شبیه سازی و اعتبار سنجی، داده های خام نیرو-جابجایی طبق روند مذکور در بخش ۳-۲ و رابطه ۱ به داده های تنش برشی-جابجایی نرماله تبدیل شدند. نمودار تنش برشی-جابجایی نرماله شده در دما های مختلف برای آلومینیوم ۶۰۶۱ در شکل ۸ نمایش داده شده است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۶۹: نمودار حاصل از آزمون پانچ برشی برای آلومینیوم ۶۰۶۱ در دماهای مختلف بر اساس مدل FEM

مطابق شکل ۸ نمودار تنش برشی-جابجایی، مشابه نمودار تنش-کرنش شامل یک ناحیه خطی (ناحیه الاستیک)، نقطه تسلیم، ناحیه پلاستیک (ناحیه وقوع کرنش-سختی) و یک نقطه بیشینه تنش برشی می باشد. مطابق شکل ۹ با کاهش تنش تسلیم کششی، مقدار تنش تسلیم برشی نیز کاهش پیدا می کند و یک همبستگی بین تنش تسلیم کششی و برشی مشاهده می شود که در ادامه به بررسی این موضوع می پردازیم.

مطابق شکل ۸، شیب ناحیه خطی در دماهای مختلف یکسان می باشد. همچنین با افزایش دما، ناحیه پلاستیک به سمت پایین شیفیت پیدا کرده است و مقادیر حداکثر تنش برشی و تنش تسلیم کاهش پیدا کرده است. این روند در داده های حاصل از بررسی تجربی نیز مشهود است. جهت تعیین نقطه تسلیم برشی از روی داده های نمودار SPT شبیه سازی شده، از آفست ۰/۲٪ و ۰/۱۵٪ استفاده شده است. در جدول ۲ تنش تسلیم کششی و تنش تسلیم برشی که در دماهای مختلف بصورت تجربی و عددی بدست آمده، آورده شده است.

جدول ۵: مقایسه داده های تجربی و عددی تنش تسلیم برشی برای آلومینیوم ۶۰۶۱

دما °C	تنش تسلیم کششی تجربی MPa	تنش تسلیم برشی تجربی MPa	تنش تسلیم برشی مدل FEM 0.15% offset MPa	تنش تسلیم برشی مدل FEM 0.20% offset MPa
۱۰۰	۲۲۰/۲	۱۲۵/۶	۱۲۰/۳۵	۱۲۴/۴۱
۲۰۰	۱۹۴/۳	۱۱۰/۱۷	۱۰۶/۹۷	۱۰۹/۸۸

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۸۸/۳۸

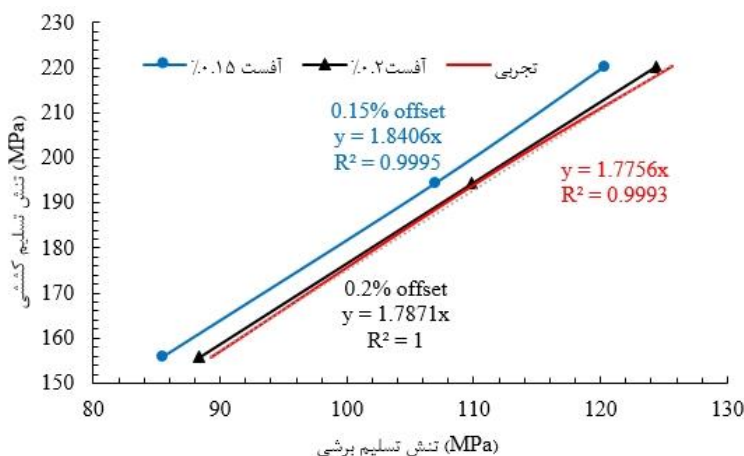
۸۵/۴۶

۸۹/۲۵

۱۵۵/۸

۳۰۰

مطابق جدول ۲ با افزایش دما، مقادیر تنش تسلیم کششی و برشی کاهش پیدا کرده است. همچنین مقادیر تنش تسلیم برشی با استفاده از آفست ۰/۲ درصد به مقادیر تجربی بسیار نزدیک تر است. جهت بررسی همبستگی بین تنش تسلیم کششی و برشی، مقادیر تنش تسلیم کششی بر حسب تنش تسلیم برشی در دما های مختلف در یک نمودار رسم شده است.



شکل ۷۰: همبستگی داده های تنش تسلیم برشی شبیه سازی شده با مقادیر تنش تسلیم کششی با آفست ۰/۲ و ۰/۱۵

شکل ۹ همبستگی داده های تنش تسلیم برشی شبیه سازی شده با مقادیر تنش تسلیم کششی با آفست ۰/۲ و ۰/۱۵ و همبستگی داده های تجربی تنش تسلیم برشی با تنش تسلیم کششی را نشان می دهد. مطابق شکل ۹ نسبت بین داد تنش تسلیم برشی شبیه سازی شده با مقادیر تنش تسلیم کششی با آفست ۰/۱۵ برابر است با:

$$\sigma_y = 1.8406\tau_y \quad (2)$$

همچنین نسبت بین داد تنش تسلیم برشی شبیه سازی شده با مقادیر تنش تسلیم کششی با آفست ۰/۲ برابر است با:

$$\sigma_y = 1.7871\tau_y \quad (3)$$



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

بر اساس شکل ۸ نسبت تنش تسلیم برشی تجربی با تنش تسلیم کششی برابر است با:

$$\sigma_Y = 1.7756\tau_Y \quad (4)$$

در روابط بالا  $\sigma_Y$  تنش تسلیم کششی بر حسب MPa و  $\tau_Y$  تنش تسلیم برشی بر حسب MPa می باشد.

مطابق روابط ۲ الی ۴ بین تنش تسلیم برشی و تنش تسلیم کششی یک رابطه خطی وجود دارد. این نسبت برای داده هایی که بر اساس آفست ۰/۲٪ است، بیشترین تطابق را با نسبت بدست آمده با داده های تجربی را دارد. چنین همبستگی بین تنش تسلیم برشی و کششی در بیشتر تحقیقات صورت گرفته در این زمینه گزارش شده است [۲ و ۳].

با توجه به اینکه در مدلسازی انجام شده، در حل مسئله معیار تسلیم وون میسر اعمال شده است، نسبت بین تنش تسلیم برشی و تنش تسلیم کششی که در این بخش بدست آمد، نشان دهنده نسبت تنش تسلیم برشی و تنش تسلیم کششی است که از این معیار بدست می آید. با توجه به تعریف معیار وون میسر:

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{xy})^2 + 6(\tau_{xz})^2 + 6(\tau_{yz})^2} = \sigma_Y \quad (5)$$

در حالت پیچش خالص که تنها زمانی که  $\tau_{xy} = \tau_Y$  باشد تسلیم رخ خواهد داد. بنابراین رابطه (۵) بصورت زیر خواهد شد:

$$\sigma_Y = \sqrt{3} \tau_Y \quad (6)$$

طبق رابطه ۶ که بصورت تحلیلی بدست آمد، رابطه تنش تسلیم برشی و تنش تسلیم کششی  $\sigma_Y = \sqrt{3} \tau_Y$  با مقایسه این با روابط بدست آمده برای نسبت بین داد تنش تسلیم برشی شبیه سازی شده با مقادیر تنش تسلیم کششی با آفست ۰/۲٪ و نسبت تنش تسلیم برشی تجربی با تنش تسلیم کششی تطابق بسیار خوبی مشاهده می شود.

شکل ۱۰ توزیع تنش وون میسر در نمای برش خورده نمونه زمانی که کل سطح مقطع نمونه در ناحیه برشی به تسلیم رسیده را نشان می دهد. مطابق شکل به محض درگیری پانچ با نمونه یک ناحیه با تنش بالا در مقطع نمونه در ناحیه برشی ایجاد می شود. ماکزیمم تنش در لبه بالایی و پایینی نمونه و در فصل مشترک سطح درگیری نمونه با پانچ و قالب رخ داده است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

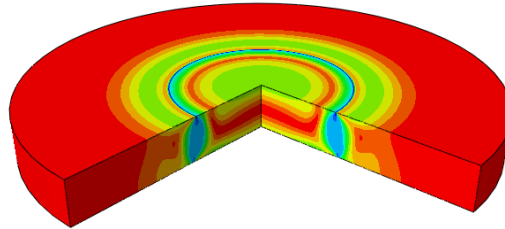
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



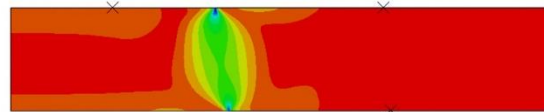
S, Mises  
(Avg. 75%)  
2.74  
26.03  
49.32  
72.60  
95.89  
119.18  
142.47  
165.75  
189.04  
212.33  
235.62  
258.90  
282.19



شکل ۷۱: توزیع تنش وون میسز در نمای برش خورده نمونه زمانی که کل سطح مقطع نمونه در ناحیه برشی به تسلیم رسیده (معیار آفست ۲/۰٪) در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس

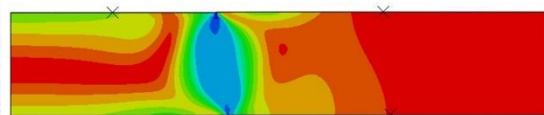
توزیع تنش در طول فرایند SPT برای نمونه آلومینیوم ۶۰۶۱ در دمای ۱۰۰ درجه در زمان قبل از تسلیم، حین تسلیم و بعد از تسلیم در شکل ۱۱ نمایش داده شده است. مطابق شکل ۱۱ تنش از لبه بالایی و پایینی قطعه به تدریج افزایش پیدا می کند تا جایی که کل سطح مقطع برشی به تسلیم برسد. الگوی توزیع تنش در تمامی مراحل یکسان می باشد. همچنین الگوی توزیع تنش و کرنش برای نمونه هایی که فرایند SPT در دمای ۲۰۰ و ۳۰۰ درجه تجربه کردند مشابه موارد بحث شده است.

S, Mises  
(Avg. 75%)  
0.25  
7.26  
14.26  
21.27  
28.27  
35.28  
42.28  
49.29  
56.29  
63.29  
70.30  
77.30  
84.31



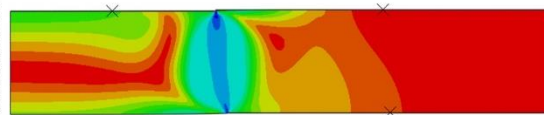
قبل از تسلیم

S, Mises  
(Avg. 75%)  
2.74  
26.03  
49.32  
72.60  
95.89  
119.18  
142.47  
165.75  
189.04  
212.33  
235.62  
258.90  
282.19



تسلیم صورت

S, Mises  
(Avg. 75%)  
3.83  
30.78  
57.74  
84.69  
111.65  
138.61  
165.56  
192.52  
219.47  
246.43  
273.38  
300.34  
327.29



بعد از تسلیم

شکل ۷۲: روند توزیع تنش در مقطع نمونه در ناحیه برشی قبل از تسلیم، در تسلیم و بعد از تسلیم در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۵- خلاصه و نتیجه گیری

در مطالعه و بررسی مواد، داشتن مواد کافی برای انجام فرآیند تست کشش استاندارد همیشه ممکن نیست. در این موارد، مهندسان به دنبال بررسی استحکام و شکل پذیری مواد با روش های جایگزین هستند. آزمون پانچ برشی به اختصار SPT (shear punch test) یکی از آزمون های مکانیکی برای تعیین خواص مکانیکی ماده است که به دلیل اهمیت و مزایای خاص، مورد توجه مهندسان قرار گرفته است. یکی از مزایای این آزمون، قابلیت بررسی استحکام و شکل پذیری ماده در مواردی است که دسترسی به ماده محدود بوده و یا مقدار کمی از ماده مورد نظر در دسترس باشد. در این راستا، دستگاه پانچ برشی طراحی و ساخته شد. در مطالعه حاضر، جهت بررسی همبستگی خواص ماده در آزمون SPT با خواص ماده در تست کشش تک محوره، تست SPT برای نمونه آلومینیوم ۶۰۶۱ در سه دما شامل ۲۰۰، ۱۰۰ و ۳۰۰ درجه سلسیوس بصورت تجربی و مدلسازی المان محدود بررسی شد. داده های خام حاصل از تست SPT بصورت تجربی و عددی جهت مطالعه و بررسی به تنش برشی - جابجایی نرماله شده تبدیل شدند.

با افزایش دما نمودار تنش- کرنش و تنش برشی - جابجایی نرماله شده به سمت پایین انتقال پیدا کرده و مقادیر تنش تسلیم کششی و برشی کاهش پیدا کرد. جهت مقایسه تنش تسلیم برشی که بصورت عددی و تجربی بدست آمده اند، با معیارهای آفست ۰/۲٪ و ۰/۱۵٪ مقادیر تنش تسلیم برشی شناسایی شده است. تطابق بسیار خوبی بین داده ها با آفست ۰/۲٪ با داده های تجربی مشاهده شد.

همبستگی بین تنش تسلیم کششی و برشی بصورت تجربی، عددی و تحلیلی بررسی شد و تطابق بسیار خوبی در پیش بینی تنش تسلیم کششی به کمک تنش تسلیم برشی به سه روش مذکور مشاهده شد که نتایج آن به شرح زیر است:

۱. همبستگی تنش تسلیم کششی و برشی بصورت تحلیلی:

$$\sigma_Y = \sqrt{3} \tau_Y = 1.7320\tau_Y$$

۲. همبستگی تنش تسلیم کششی و برشی بصورت تجربی:

$$\sigma_Y = 1.7756\tau_Y$$

۳. همبستگی تنش تسلیم کششی و برشی بصورت تجربی:

$$\sigma_Y = 1.7871\tau_Y$$

همچنین توزیع تنش و کرنش بصورت عددی بررسی شد. نتایج نشان داد که بیشینه تنش و کرنش در لبه بالایی و پایینی نمونه و در فصل مشترک سطح درگیری نمونه با پانچ و قالب رخ داده است. یک ناحیه با تنش بالا در سطح مقطع نمونه در ناحیه برشی مشاهده شد. تنش از لبه های بالایی و پایینی نمونه به تدریج افزایش پیدا می کند و با ادامه فرایند کل مقطع برشی نمونه به تسلیم می رسد. الگوی توزیع تنش و کرنش برای نمونه در دماهای مختلف مشابه بود.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



### منابع

- [1] Sellamuthu, P., Collins, P.K., Hodgson, P.D. and Stanford, N., 2013. Correlation of tensile test properties with those predicted by the shear punch test. *Materials & Design*, 47, pp.258-266.
- [2] V. Karthik, P. Visweswaran, A. Vijayraghavan, K. V. Kasiviswanathan, and B. Raj, "Tensile–shear correlations obtained from shear punch test technique using a modified experimental approach," *J. Nucl. Mater.*, vol. 393, no. 3, pp. 425–432, Sep. 2009.
- [3] R. K. Guduru, R. O. Scattergood, C. C. Koch, K. L. Murty, and A. V. Nagasekhar, "Finite element analysis of a shear punch test," *Metall. Mater. Trans. A*, vol. 37, no. 5, pp. 1477–1483, May 2006.
- [4] ف. اکبری پناه and ی. مرادی. "مطالعه رفتار سوپر پلاستیک آلیاژ Sn-1%Bi پس از فرآیند فورج چند محوره آزمایش پانچ برشی." *مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز*. [Online]. vol. 46, no. 4, pp. 27–32, 2017, [Online]. Available: [https://tumechj.tabrizu.ac.ir/article\\_6018.html](https://tumechj.tabrizu.ac.ir/article_6018.html)
- [5] R. K. Guduru, K. A. Darling, R. Kishore, R. O. Scattergood, C. C. Koch, and K. L. Murty, "Evaluation of mechanical properties using shear–punch testing," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 395, no. 1–2, pp. 307–314, Mar. 2005.
- [6] M. . Toloczko, M. . Hamilton, and G. . Lucas, "Ductility correlations between shear punch and uniaxial tensile test data," *J. Nucl. Mater.*, vol. 283–287, pp. 987–991, Dec. 2000.
- [7] B. B. Anaraki, A. Pourkamali, M. Shahabizadeh, "Finite Element Simulation of Multi-Stage Deep Drawing Processes & Comparison with Experimental Results," *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, 2012.
- [8] Z. Du, Z. Deng, X. Cui, and A. Xiao, "Deformation Behavior and Properties of 7075 Aluminum Alloy under Electromagnetic Hot Forming," *Materials (Basel)*, vol. 14, no. 17, p. 4954, Aug. 2021.
- [9] M. R. Rokni, A. Zarei-Hanzaki, A. A. Roostaei, and A. Abolhasani, "Constitutive base analysis of a 7075 aluminum alloy during hot compression testing," *Mater. Des.*, vol. 32, no. 10, pp. 4955–4960, Dec. 2011.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## طراحی و شناسایی کاتالیزور پلی آمینواتیل آکریل آمید-مس(II) گرفت شده بر روی

### SBA-15 مغناطیسی جهت انجام واکنش O-آریل دار شدن فنول ها

محمدعلی پورشاهی<sup>۱\*</sup>، یعقوب منصوری<sup>۱</sup>، فاطمه قهرمانی<sup>۱</sup>، ابوالفضل بضاعت پور<sup>۱</sup>

۱- گروه شیمی کاربردی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۱۱۳۶۷-۵۶۱۹۹، تلفن:

E-mail: mohammadali.p.sh2966@gmail.com +۹۸۴۵۳۱۵۰۵۲۰۵

۲- گروه پژوهشی علوم و فناوری نانو، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۱۱۳۶۷-۵۶۱۹۹

#### چکیده

مزوپورهای مغناطیسی در سالیان اخیر به دلیل پایداری حرارتی و مکانیکی بالا و جداسازی آسان از محیط واکنش آنها، مورد توجه قرار گرفته اند. در این کار تحقیقاتی، سطح مگنتیت با مزوحفره های سیلیکاتی از نوع SBA-15 پوشش دار می شود. سیلیل دار کردن به منظور تهیه آغازگر پلیمریزاسیون رادیکالی انتقال اتم (ATRP) تثبیت شده بر روی سطح انجام می گیرد و سپس پلیمریزاسیون ATRP با استفاده از مونومر اکریل آمید به انجام می رسد. از واکنش محصول با اتیلن دی آمین یک لیگاند پلیمری تشکیل می شود که می تواند با یون Cu(II) کمپلکس شود. این کاتالیزور در واکنش آریل دار کردن مشتقات فنول (جفت شدن اولمان) مورد استفاده قرار گرفت. از آنالیزهای متداول برای شناسایی کاتالیزور مانند FT-IR, TGA, XRD, VSM, BET, SEM, TEM و ... برای شناسایی کاتالیزور استفاده شد که در این مقاله به تفصیل آنالیزهای TEM, XRD و VSM و نتایج به دست آمده از این آنالیزها بررسی شد. کلمات کلیدی: مزوپورهای مغناطیسی، کاتالیزور ناهمگن، پلیمریزاسیون ATRP، آریل دار کردن مشتقات فنول.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

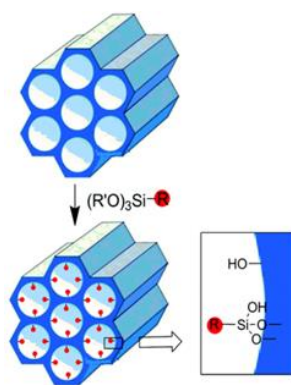
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

مزوپورها دسته ای از مواد متخلخل با ویژگی های منحصر بفرد مانند: مساحت بالا، اندازه حفرات قابل کنترل از ۲ تا ۵۰ نانومتر، ساختارهای حفره ای کاملاً مشخص می باشند که به عنوان بستر کاتالیزورهای ناهمگن، جاذب مواد شیمیایی و گازها و فاز جامد در کروماتوگرافی استفاده شده اند [۱]. مواد مزوپور با ابعاد حفرات یکنواخت توسط شرکت موبیل<sup>۱</sup> در سال ۱۹۹۲ ساخته شد. توزیع اندازه ی منافذ در این مزو متخلخل ها باریک بوده و مساحت این مواد غالباً زیاد می باشد (بیش از ۱۰۰۰ متر مربع در ۱ گرم) [۲].

یکی از راه های اصلاح خواص فیزیکی و شیمیایی مزوپورهای سیلیس، قرار دادن گروه های عاملی آلی بر روی سطح پیش ساخته از طریق روش پیوند زدن می باشد (شکل ۱). از مزایای این روش می توان به حفظ ساختار اصلی تکیه گاه مزوپور پس از واکنش و پایداری گرمایی نسبتاً بالای مواد تولید شده اشاره کرد. روش پیوند زدن را می توان از طریق واکنش سیلیلاسیون گروه های سیلانول آزاد و ژمینال با عوامل ارگانوسیلانی مانند آلکیل، آریل، آمینو و کلروسیلان ها بر روی سطح مواد مزوپور سیلیسی انجام داد [۳].



شکل ۱. روش پیوند زدن.

واکنش جفت شدن در دهه های گذشته به قدری با کاتالیز پالادیوم در هم آمیخته بود که هر دو اصطلاح غالباً به عنوان اجزای جدایی ناپذیر از هم به نظر می رسید. توسعه ی فوق العاده روش های کاتالیز شده با پالادیوم برای تشکیل پیوند کربن-کربن و کربن-هترواتم در طول سه دهه گذشته اساس چنین طرز تفکری بود. مهم است که بدانیم شیمی واکنش های جفت شدن قدمتی طولانی دارد، و فلز مس چندین دهه قبل تر از پالادیوم، به عنوان کاتالیزور واکنش های جفت شدن مورد

1- Mobil

2- Silanol



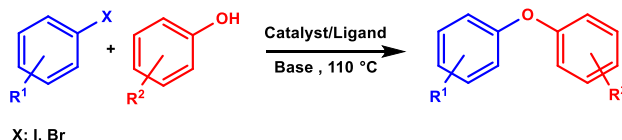
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

استفاده قرار می گرفت. با این حال، پس از کشف واکنش های جفت شدن توسط کاتالیزور پالادیوم، مس با درجه فزاینده ای از غفلت مواجه شد. اما به دلیل هزینه ی بالای استفاده از پالادیوم (لیگاندها برای پالادیوم اغلب پیچیده، گران و حساس به هوا می باشند) و در جهت پیشبرد واکنش ها در مسیر شیمی سبز، در سالیان اخیر فلز مس به عنوان کاتالیزور دوباره مورد توجه شیمی دانان قرار گرفت [۴]. ضمن ارزان بودن مس در مقایسه با فلزات واسطه ی دیگر، در بسیاری از واکنش های کاتالیزوری، مس بدون اینکه از لیگاند استفاده شود کارایی کاتالیزوری بالایی از خود نشان می دهد. همچنین در صورت نیاز به لیگاند، لیگاندها معمولاً از نظر ساختاری بسیار ساده و ارزان قیمت هستند [۵]. دی آریل اترها در انواع ترکیب های فعال بیولوژیکی و دارویی دیده می شوند. به طور خاص، دی آریل اترها بخش اصلی بسیاری از مواد مهم طبیعی، حشره کش ها، علف کش ها و مواد درمانی فعال را تشکیل می دهند. دی آریل اترهای متنوعی را توسط آریل دار کردن فنل ها با آریل هالیدها با استفاده از واکنش اولمان و معرف های مس می توان سنتز کرد، شکل (۲). با این حال، واکنش اولمان کلاسیک به دلیل نیاز به دمای بالا، زمان واکنش طولانی و مقادیر اضافی کاتالیزور مس، محدود شده است. اخیراً واکنش های اولمان با استفاده از لیگاندهای دو دندانه حاوی هترواتم و فلزات واسطه بهبود یافته اند. عمده ترین پیشرفت ها در واکنش های تشکیل پیوند C-O متعلق به استفاده از لیگاندهای دودندانه ی حاوی فلزات واسطه مانند Pd، Cu، Rh و Fe است. واکنش پذیری آریل هالیدها با نوکلئوفیل ها به نوع لیگاند، کاتالیزور، حلال، pH و دما بستگی دارد [۶].



شکل ۲. شمای کلی واکنش O-آریل دار کردن اولمان.

نانوذرات مغناطیسی می توانند به عنوان بستر در تهیه کاتالیزورهای قابل بازیافت ناهمگن برای واکنش اولمان استفاده شوند. آن ها به دلیل داشتن خاصیت سوپر پارامغناطیسی و نسبت سطح به حجم زیاد مورد توجه قرار گرفته اند. برای حفظ پایداری نانوذرات مغناطیسی، توسعه روش های پوشش دهی مناسب سطح این نانوذرات، مهم و ضروری است. نانوذرات مغناطیسی که دارای سطح عامل دار می باشند به طور گسترده در بیوتکنولوژی و کاتالیست استفاده می شوند. طراحی سیستم های جدید قابل جداسازی در دهه های اخیر به عنوان یک انتخاب جذاب برای جداسازی کارآمد نانوکاتالیست های ناهمگن از محصولات با پاسخ آنها به یک آهنربای خارجی، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. محمد مهدی خدایی و همکاران در سال ۲۰۱۹ با طراحی کاتالیزور تثبیت شده بر روی نانوذرات مگنیت، یک کاتالیزور زیست سازگار برای واکنش جفت شدن اولمان بین آریل هالیدها و فنول ها گزارش دادند، شکل (۳). آن ها با استفاده از

<sup>1</sup>- Diaryl Ether

2- Bidentate

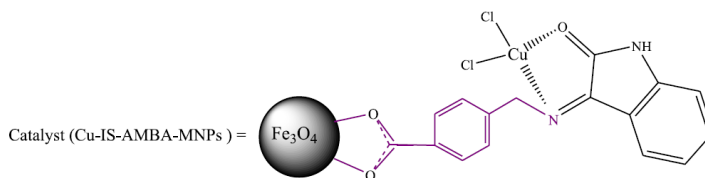
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

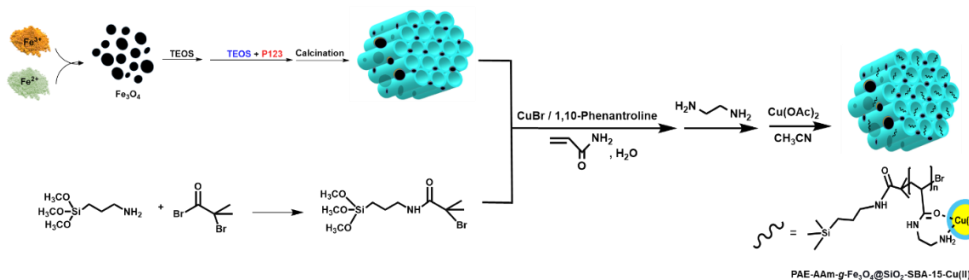
کمپلکس ایزاتین با مس که بر روی  $Fe_3O_4$  عامل دار شده با ۴-(آمینو متیل) بنزوئیک اسید تثبیت شده است، یک نانوکاتالیزور ناهمگن جدید و قابل بازیافت برای انجام واکنش تشکیل پیوند کربن-اکسیژن، با راندمان بالا و شرایط ملایم ارائه دادند. این کاتالیزور می تواند بدون اینکه فعالیت خود را از دست بدهد برای چندین مرتبه مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۳. نانوکاتالیزور مغناطیسی طراحی شده برای واکنش تشکیل پیوند کربن-اکسیژن [۷].

### ۲- سنتز و شناسایی کاتالیزور PAE-AAm-g- $Fe_3O_4$ @ $SiO_2$ -SBA-15-Cu(II)

برای افزایش سطح نانوذرات مگنتیت، این نانوذرات با مزوحفره ی SBA-15 پوشش دهی شد. برای این منظور در یک محیط اسیدی از TEOS به عنوان منبع سیلیکات و یک کوپلیمر غیر یونی P-123 استفاده شد. در مرحله ی بعد به منظور کلسینه کردن و خارج شدن سورفکتانت از ساختار مزوحفره، ماده ی سنتز شده در دمای  $550^\circ C$  درون کوره قرار گرفت تا ساختار نهایی SBA-15 مغناطیسی به دست آید. ترکیب BTPAm (۲- برومو-۲- متیل-N-۳-تری-متوکسی سیلیل) پروپان آمید، از طریق واکنش ترکیب ۲- برومو-۲- متیل پروپیونیل بروماید با ترکیب ۳-آمینو-پروپیل تری متوکسی سیلان سنتز گردید. در ادامه نانوذرات SBA-15 مغناطیسی، در واکنش سایلیلاسیون با BTPAm، عامل دار شدند. سپس در حضور مقدار کاتالیتیکی مس (I) برمید و ۱،۱۰-فنانترولین، واکنش پلیمریزاسیون آکریل آمید با آغازگر تثبیت شده روی سطح SBA-15 مغناطیسی، از طریق روش ATRP انجام گرفت. در ادامه طی واکنش آمیددار شدن تبادلی با مقدار اضافی اتیلن دی آمین، SBA-15 مغناطیسی گرفت شده با پلی (N-۲-آمینو اتیل) آکریل آمید (PAE-AAm-g- $Fe_3O_4$ @ $SiO_2$ -SBA-15) تهیه شد [۸] و در نهایت لیگاند سنتز شده مس دار شد (شکل ۴).



شکل ۴. شمای کلی کاتالیزور PAE-AAm-g- $Fe_3O_4$ @ $SiO_2$ -SBA-15-Cu(I)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

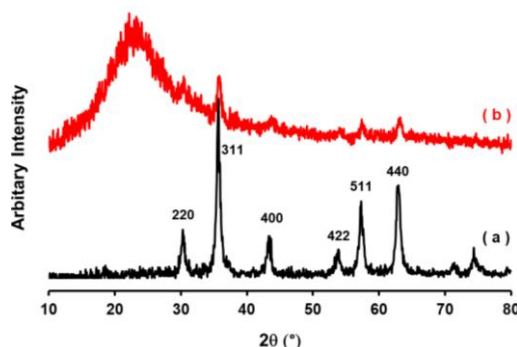


برای شناسایی کاتالیزور از آنالیزهای متداول برای شناسایی کاتالیزور مانند FT-IR, TGA, XRD, VSM, BET, SEM, TEM استفاده شد که در این میان مطالعه ی نتایج آنالیزهای XRD, TEM و اطلاعات مفیدی را در مورد ساختار، مورفولوژی و خواص مغناطیسی کاتالیزور در اختیار ما قرار داد.

### ۲-۱- آنالیز XRD

برای به دست آوردن اطلاعاتی در خصوص جنس ماده، نوع عناصر و ساختار کریستالی از قبیل ثابت شبکه، هندسه ی شبکه، تعیین فاز کریستال ها، تعیین اندازه ی کریستال ها، جهت گیری تک کریستال ها، استرس، تنش و عیوب شبکه از تکنیک پراش پرتو ایکس XRD استفاده می شود. این تکنیک اولین بار توسط ماکس فون لاون در سال ۱۹۱۲ کشف گردید.

الگوی XRD نانوذرات مگنتیت و PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-SBA-15-Cu(II) در ناحیه ۸۰-۱۰=۲θ در شکل (۵) نشان داده شده است. با دقت در الگوی XRD به دست آمده از مگنتیت (۵a)، مشاهده می شود که تمامی پیک های موجود با ساختار کریستالی اسپینل معکوس Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> با گروه فضایی Fd-3m مطابقت دارد و با مرجع JCPDS شماره ی ۷۹-۰۴۱۷ یکسان می باشد. عدم مشاهده پیک های اضافی، بیانگر خلوص بالای ترکیب سنتز شده است.



شکل ۵. الگوی XRD Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (a) و PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-SBA-15-Cu(II) (b)

همچنین شکل (۵b) متعلق به ترکیب PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-SBA-15-Cu(II) است، نشان می دهد که انجام پلیمریزاسیون و گرافت پلیمر بر روی سطح ذرات SBA-15 مغناطیسی و فلزدار کردن پلیمر گرافت شده، هیچ تغییری در ساختار کریستالی مگنتیت ایجاد نکرده است. در ضمن به علت تشکیل پوسته آمورف سیلیس و مزوحفرات سیلیکا بر روی نانوذرات مگنتیت از شدت پیک ها کاسته شده است [۹]. نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از آنالیزهای

<sup>1</sup>- X-ray diffraction



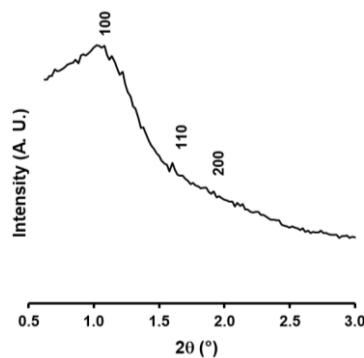
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

SEM و TEM کاملاً مطابقت دارد. در شکل (۶) الگوی Low Angle XRD مربوط به  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA$  آورده شده است. پیک شاخص  $2\theta=1/06^\circ$  متنظر با پراش ۱۰۰، تشکیل ساختار هگزاگونال (p6mm) و دو بعدی مزوحفره را تایید می کند [۱۰].



شکل ۶. الگوی Low angle XRD مربوط به  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA-15$ .

### ۲-۲- آنالیز VSM

اصلی ترین روش برای مطالعه ی خواص مغناطیسی مواد، آنالیز مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی VSM می باشد. دستگاه مغناطیس سنج VSM بر اساس قانون القای فارادی کار می کند که از طریق ارتعاش نمونه و اعمال میدان مغناطیسی به آن، یک جریان القایی در سیم پیچ های تعبیه شده در دستگاه ایجاد می شود که با مغناطیس نمونه متناسب است. با انتقال جریان القایی ایجاد شده به سیستم متصل به دستگاه نتیجه ی آنالیز به صورت حلقه پسماند به دست می آید. با تفسیر نمودار به دست آمده مغناطیس نمونه محاسبه می شود. با استفاده از نتایج به دست آمده از VSM می توان دسته بندی مغناطیسی مواد مانند فرومغناطیسی، پارامغناطیسی و ابرمغناطیسی را تشخیص داد. با اعمال میدان مغناطیسی به یک ماده ی مغناطیسی، بر خاصیت مغناطیسی محیط افزوده می شود و سرعت افزایش مغناطیس محیطی کاهش می یابد. در این حالت به بیشترین مقدار مغناطیس پذیری محیط، مغناطیس پذیری اشباع<sup>۲</sup> ( $M_s$ ) گفته می شود. میزان مغناطیس پذیری ماده در اثر کاهش میدان مغناطیسی در محیط کاهش می یابد. در مواد فرومغناطیس در اثر صفر شدن میدان مغناطیسی اعمالی در محیط، یک ممان مغناطیسی باقی می ماند که مغناطیسی شدن پسماند<sup>۳</sup> ( $M_r$ ) نامیده می شود. پارامتر دیگری که با کاهش شدت میدان مغناطیسی اعمالی، مغناطیس پذیری

1- Vibrating sample magnetometry

2- Saturation Magnetization

3- Magnetic Remanence

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

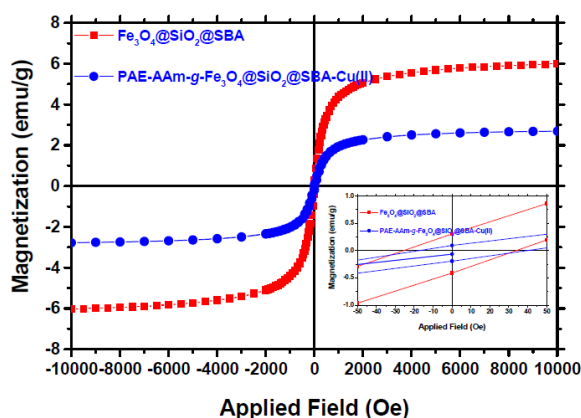
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



نمونه را صفر می کند و به مقدار اشباع منفی برمی گرداند به نیروی ضد پسماند<sup>۱</sup> معروف می باشد و با  $H_c$  نشان داده می شود [۱۱].

منحنی VSM برای  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA-15$  و  $PAE-AAm-g-Fe_3O_4@SiO_2-SBA-15-Cu(II)$  در شکل (۷) آورده شده است. در جدول (۱) نیز نتایج حاصل از این آنالیز به طور خلاصه آورده شده است.



شکل ۷. نمودار مغناطیس سنجی  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA-15$  و  $PAE-AAm-g-Fe_3O_4@SiO_2-SBA-15-Cu(II)$

نانوذرات مگنتیت به علت دارا بودن الکترون های جفت نشده خاصیت سوپر پارامغناطیسی از خود نشان می دهند و مقدار مغناطیس پذیری اشباع ( $M_s$ ) برای نانوذرات مگنتیت،  $78 \text{ emu.g}^{-1}$  گزارش شده است. با نگاهی دقیق به جدول (۱) می توان متوجه شد که خاصیت مغناطیسی ذرات  $Fe_3O_4@SiO_2-SBA-15$  و کاتالیزور  $PAE-AAm-g-Fe_3O_4@SiO_2-SBA-15-Cu(II)$  مزوپور SBA-15 می باشد. مقدار مغناطیس شدن پسماند نانوکاتالیزور مغناطیسی تثبیت شده با کمپلکس مس (II)،  $M_r = 0.15 \text{ emu/g}$  و نسبت مغناطیس پذیری پسماند به مغناطیس پذیری اشباع  $M_r/M_s = 0.06$  و  $H_c = 29/1$  اندازه گیری شد که این داده های به دست آمده نشان دهنده ی خاصیت سوپر پارامغناطیسی ذرات است [۱۲].

جدول ۱. خواص مغناطیسی نانوذرات تهیه شده.

Sample	<sup>a</sup> $M_s$ (emu/g)	<sup>b</sup> $M_r$ (emu/g)	<sup>c</sup> $H_c$ (Oe)	<sup>d</sup> $M_r/M_s$
$Fe_3O_4$	78	3.80	18.5	0.05

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

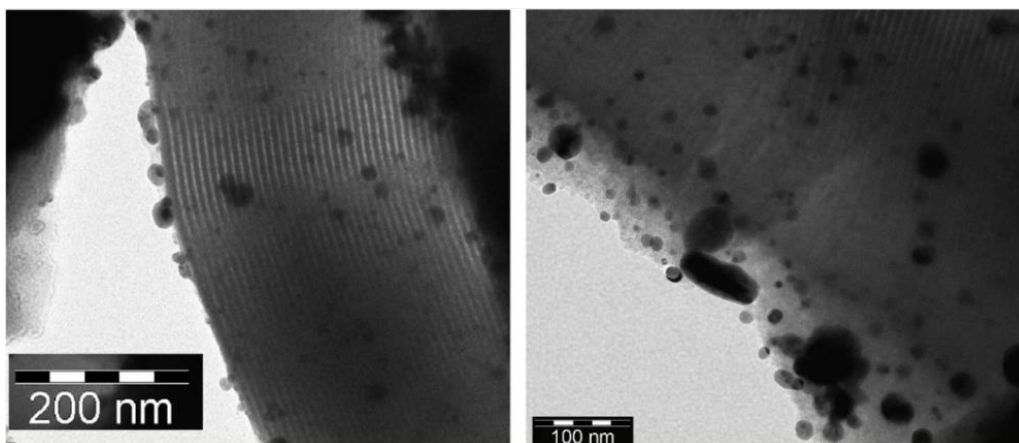
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @SiO <sub>2</sub> -SBA-15	5.9	0.35	28.4	0.06
PAE-AAm-g-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @SiO <sub>2</sub> -SBA-15- Cu(II)	2.7	0.15	29.1	0.06

<sup>a</sup> Saturation magnetization. <sup>b</sup> Remanent magnetization. <sup>c</sup> Coercive force. <sup>d</sup> Remanence ratio.

### TEM -۳-۲

تصاویر مربوط به آنالیز TEM ذرات Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-SBA-15 در شکل (۸) آورده شده است. تصاویر نشان داده شده بیانگر پراکندگی نانوذرات با ابعاد ۲۰ تا ۵۰ نانومتر بین کانال ها و آرایش منظم و تک بعدی کانال های مزوپور می باشند [۱۳].



شکل ۸. تصاویر TEM ذرات Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-SBA-15.

۲-۴- بررسی کاتالیزور PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-SBA-15-Cu(I) در واکنش O-آریل دار کردن فنول-

ها

پس از سنتز کاتالیزور PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-Cu(I)، کارایی این کاتالیزور در واکنش O-آریل دار کردن اولمان بررسی شد. شرایط واکنش از قبیل نوع حلال، باز، مقدار باز، دمای واکنش و مقدار کاتالیزور بهینه شد. در ادامه واکنش مشتقات مختلفی از فنول و آریل هالیدها طبق شرایط بهینه ای که به دست آمده بود، انجام گرفت و بازده واکنش-ها با دستگاه GC اندازه گیری شد (جدول ۲). جهت شناسایی محصولات به دست آمده از روش هایی مانند اندازه گیری نقطه ذوب و IR استفاده شد. بررسی شد.



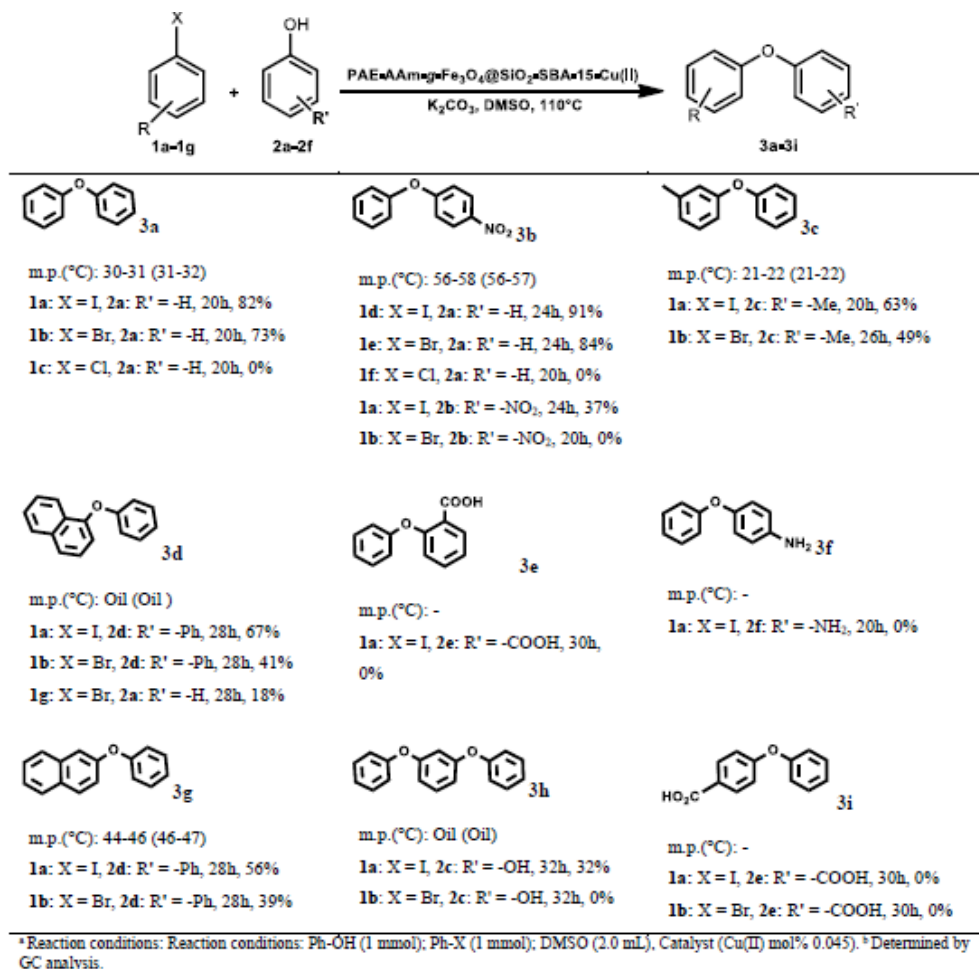
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

### جدول ۲. مشتق سازی واکنش O-آریل دار کردن اولمان.



### ۳- بحث و نتیجه گیری

پس از سنتز کاتالیزور PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-SBA-15-Cu(II)، این کاتالیزور از طریق روش های مرسوم شناسایی شد. مطالعه ی آنالیزهای انجام شده نشان دهنده ی مساحت زیاد نانوکاتالیزور مغناطیسی و گرفت لیگاند پلیمری بر روی بستر مغناطیسی و تشکیل کمپلکس مس(II) در کاتالیزور نهایی است. پس از سنتز و شناسایی کاتالیزور

کاتالیزور PAE-AAm-g-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>-SBA-15-Cu(II)، کارایی این کاتالیزور در واکنش O-آریل دار کردن اولمان بررسی شد. و نتایج به دست آمده نشان دهنده ی کارایی و عملکرد بالای این نانوکاتالیزور در کاتالیز واکنش O-آریل دار کردن

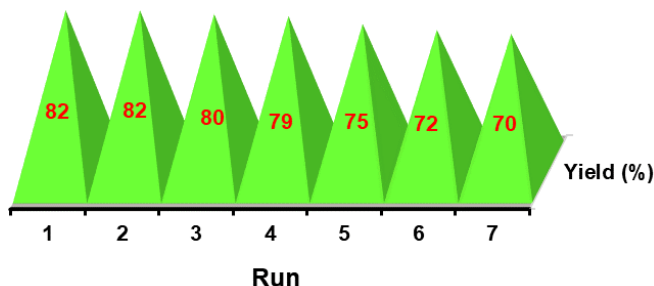
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

اولمان در شرایط ملایم و سبز می باشد. قابلیت بازیافت مجدد کاتالیزور بدون کاهش زیاد در عملکرد کاتالیزور (شکل ۹) و همچنین بازده و گزینش پذیری بالا در انجام واکنش  $O$ -آریل دار کردن اولمان با مشتقات مختلف فنول و آریل هالیدهای مختلف از جمله مزیت های کاتالیزور سنتز شده است.



شکل ۹. نمودار بررسی میزان کارایی کاتالیزور در چرخه ی بازیافت کاتالیزور.

تقدیر و تشکر

از حمایت های مالی ارائه شده توسط شورای تحصیلات تکمیلی دانشگاه محقق اردبیلی تشکر و قدردانی می شود.

منابع

- [1] Kang, K.-K.Rhee, H.-K., (2002) *Elsevier*. p. 101-108.
- [2] Zhao, J.Yan, W., (2011) *Elsevier: Amsterdam*. p. 173-195.
- [3] Sánchez-Vicente, Y., Pando, C., Cortijo, M., Cabañas, A., (2014) *Microporous and Mesoporous Materials*. 193: 145-153.
- [4] Beletskaya, I.P.Cheprakov, A.V., (2004) *Coordination Chemistry Reviews*. 248(21): 2337-2364.
- [5] Sambigiagio, C., Marsden, S.P., Blacker, A.J., McGowan, P.C., (2014) *Chemical Society Reviews*. 43(10): 3525-3550.
- [6] Choi, S.M., Byeon, J.S., Yum, E.K., (2020) *Bulletin of the Korean Chemical Society*. 41(8): 837-842.
- [7] Khodaei, M.M., Alizadeh, A., Haghypour, M., (2019) *Research on Chemical Intermediates*. 45(5): 2727-2747.
- [8] Mirzaeinejad, M., Mansoori, Y., Amiri, M., (2018) *Materials Chemistry and Physics*. 205: 195-205.
- [9] Cao, H., He, J., Deng, L., Gao, X., (2009) *Applied Surface Science*. 255(18): 7974-7980.
- [10] Zhao, D., Huo, Q., Feng, J., Chmelka, B.F., Stucky, G.D., (1998) *Journal of the American Chemical Society*. 120(24): 6024-6036.
- [11] Leslie-Pelecky, D.L.Rieke, R.D., (1996) *Chemistry of Materials*. 8(8): 1770-1783.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[12] Basavaraja, C., Jo, E.A., Huh, D.S., (2010) *Materials Letters*. 64(6): 762-764.

[13] Nuri, A., Mansoori, Y., Bezaatpour, A., (2019) *Applied Organometallic Chemistry*. 33(6): e4904.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## مروری بر طیف سنجی فوتوالکترون پرتو X (XPS) و کاربردهای آن

فرخ فر ولیزاده هرزند<sup>۱\*</sup>، علی نعمت الهزاده<sup>۱</sup>

۱- دانشگاه محقق اردبیلی، ([Farrokh.Valizadeh@student.uma.ac.ir](mailto:Farrokh.Valizadeh@student.uma.ac.ir))

### چکیده

طیف سنجی فوتوالکترون پرتو X (XPS) به یکی از پرکاربردترین تکنیک های آنالیز سطح تبدیل شده است. XPS یا طیف سنجی الکترونی برای تجزیه و تحلیل شیمیایی با قابلیت به دست آوردن ترکیب عنصری کمی، حالت شیمیایی و اطلاعات ضخامت لایه پوششی از بالای ۱۰ نانومتر از سطح نمونه، یک روش همه کاره و گسترده است. در این مقاله مروری، اصول اولیه این تکنیک از جمله اثر فوتوالکترونیک، چگونگی برهمکنش الکترون ها با ماده، عوامل موثر در این تکنیک مانند آلودگی سطحی، و اثر محیط شیمیایی اطراف یک عنصر بر انرژی اتصال الکترون های خود ارائه شده است. همچنین کاربردها و روش کار این تکنیک مورد بحث قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: طیف سنجی فوتوالکترون پرتو X (XPS)؛ الکترون اوژه؛ آنالیز عنصری؛ پرتو X

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

طیفسنجی فوتوالکترون پرتو X (XPS) بر اساس اثر فوتوالکتریک، که برای اولین بار توسط هاینریش هرتز در سال ۱۸۸۷ کشف شد، عمل می کند. او متوجه شد که با تابش نور، الکترون ها از سطوح ساطع می شوند [۱]. آلبرت انیشتین به طور رسمی این مفهوم را در سال ۱۹۰۵ توصیف کرد و در سال ۱۹۲۱ جایزه نوبل فیزیک را برای این کار دریافت کرد. گسیل فتون از تابش پرتو X برای اولین بار توسط رابینسون و راولینسون در سال ۱۹۱۴ مشاهده شد و اولین کاربرد تابش نوری به عنوان یک روش تجزیه و تحلیل توسط استنهارد و سرفاس در سال ۱۹۵۱ ارائه شد [۲]. تکنیکی که امروزه به نام (XPS) شناخته می شود، توسط کای سیگبان در دانشگاه اوپسالا در سوئد در دهه های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ انجام شد. او در سال ۱۹۸۱ جایزه نوبل را برای کارش در زمینه طیفسنجی الکترونی با وضوح بالا، که در ابتدا به عنوان طیفسنجی الکترونی برای آنالیز شیمیایی (ESCA) نامیده می شد، دریافت کرد [۳، ۴].

### ۵۷- اصول تکنیک XPS

در XPS، پرتوهای X نرم (انرژی های کمتر از ۶ keV) به نمونه ساطع و انرژی جنبشی الکترون های ساطع شده از نمونه آنالیز می شود. فوتوالکترون ساطع شده نتیجه انتقال کامل انرژی پرتو X به یک الکترون در هسته است. شکل (۱a) الکترون های هسته، الکترون هایی در اتم هستند که الکترون های ظرفیتی نیستند و در پیوندهای شیمیایی شرکت نمی کنند [۵]. هسته و الکترون های هسته یک اتم، هسته اتم را تشکیل می دهند. این به صورت ریاضی در یک معادله توصیف می شود. این معادله بیان می کند که انرژی پرتو X ( $h\nu$ ) با مجموع انرژی های تراز انرژی الکترون ( $BE$ ) (چقدر محکم به اتم/اوربیتال که به آن متصل است) و انرژی جنبشی الکترونی که گسیل می شود ( $KE$ )، به اضافه تابع کار طیف سنج ( $\Phi_{spec}$ ) که یک مقدار ثابت است، برابر است [۴، ۶].

$$h\nu = BE + KE + \Phi_{spec} \quad (1)$$

برای تعیین انرژی اتصال یک الکترون، معادله (۱) را می توان برای به دست آوردن معادله (۲) بازآرایی کرد، که در آن عبارات سمت راست ( $h\nu$  و  $\Phi_{spec}$ ) یا شناخته شده هستند و یا در آزمایش XPS ( $KE$ ) اندازه گیری می شوند.

$$BE = h\nu - KE - \Phi_{spec} \quad (2)$$

<sup>1</sup> X-ray photoelectron spectroscopy

<sup>2</sup> Heinrich Hertz

<sup>3</sup> Robinson and Rawlinson

<sup>4</sup> Steinhardt and Serfass

<sup>5</sup> Kai Siegbahn

<sup>6</sup> Electron spectroscopy for chemical analysis

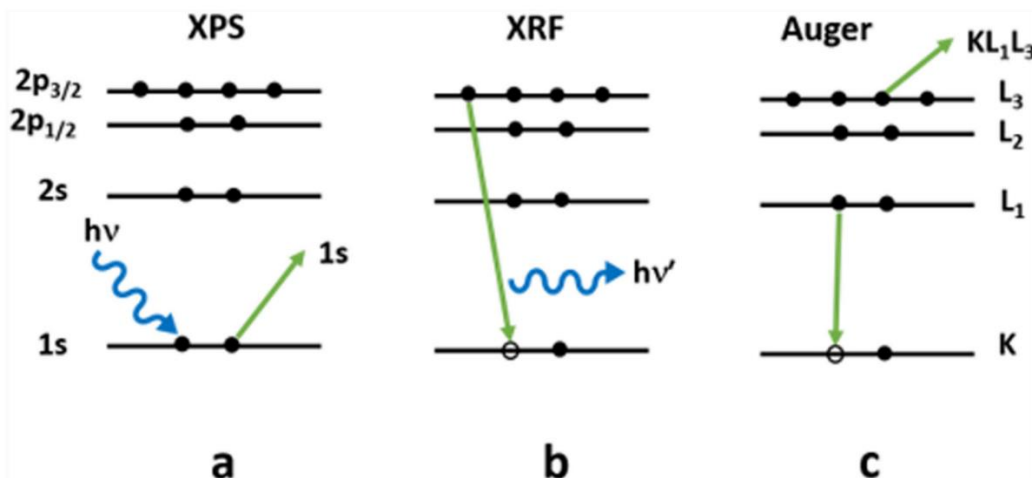
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

انرژی اتصال فوتوالکترون با توجه به تراز فرمی نمونه (نه سطح خلاء) اندازه گیری می شود که دلیلی است که  $\Phi_{\text{spec}}$  گنجانده شده است [۷].



شکل ۱. فرآیندهایی که از بمباران پرتو X یک سطح حاصل می شود شامل (a) گسیل یک فوتوالکترون، (b) فلورسانس پرتو X، و (c) گسیل یک الکترون اوژه است [۴].

پیک های فوتوالکترون توسط عنصر و مداری که از آن خارج شده اند مشخص می شوند. شکل (۲). به عنوان مثال،  $1s$  الکترون های ساطع شده از مدار  $1s$  یک اتم اکسیژن را توصیف می کند [۴]. شکل ۳. هر الکترونی با انرژی اتصال کمتر از انرژی منبع پرتو X باید از نمونه ساطع شود و با تکنیک XPS مشاهده شود. انرژی اتصال الکترون یک ویژگی مادی است و مستقل از منبع پرتو X است که برای بیرون راندن آن استفاده می شود. هنگامی که آزمایش ها با منابع مختلف پرتو X انجام می شود، انرژی اتصال فوتوالکترون ها تغییر نمی کند. با این حال، انرژی جنبشی فوتوالکترون های ساطع شده، همانطور که توسط معادله توضیح داده شده است، متفاوت خواهد بود [۸].

<sup>1</sup> Fermi level

<sup>2</sup> Vacuum level

<sup>3</sup> Auger

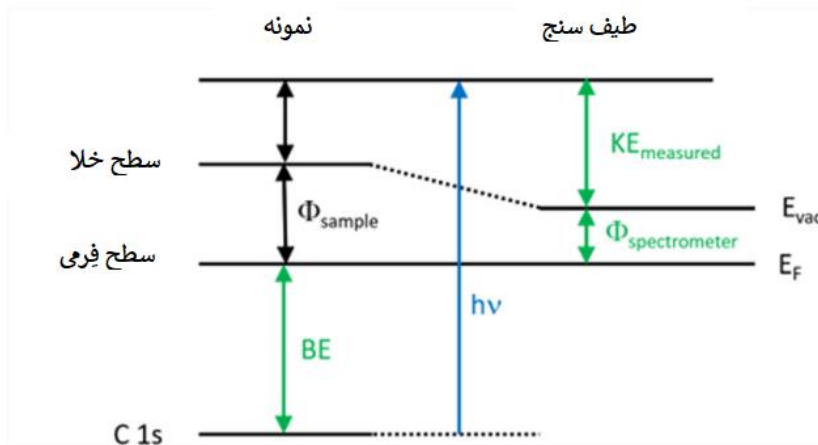


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

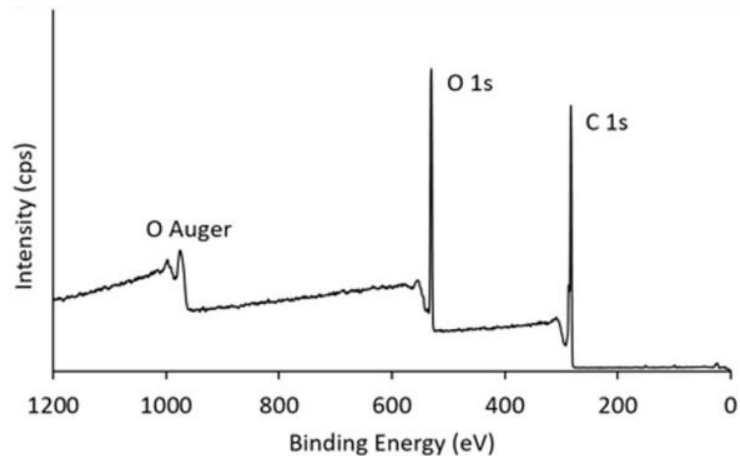
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲. نمودار، سطح انرژی معادله پایه XPS را به صورت شماتیک نشان می دهد، از جمله انرژی منبع پرتو X ( $h\nu$ )، انرژی اتصال الکترون ( $BE$ )، انرژی جنبشی اندازه گیری شده الکترون ( $KE$ )، و تابع کاری طیف سنج ( $\Phi_{\text{spectrometer}}$ ) [۴].



شکل ۳. طیف XPS [۹].

### ۵۸- الکترون های اوژه

از دست دادن الکترون در فرآیند XPS منجر به ایجاد یک حفره در لایه الکترون های هسته اتم می شود. این حالت برانگیختگی، با پر کردن حفره با یک الکترون از یک اوربیتال ظرفیتی رفع می شود [۱۰]. این فرآیند آرام سازی، انرژی

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

را در یکی از دو فرآیند رقابتی آزاد می کند: فلورسانس پرتو X (XRF) یا گسیل یک الکترون اوژه. فلورسانس پرتو X (شکل ۱(b)) در طیف الکترونی تشخیص داده نمی شود. الکترون های اوژه تولید شده توسط فرآیند شرح شده در شکل (c)، شناسایی خواهند شد و اغلب در XPS برای تجزیه و تحلیل کیفی استفاده می شوند [۱۱، ۴].

علامت گذاری پیک های اوژه بر نامگذاری K، L و M برای اوربیتال های اتمی متکی است [۱۲]. به عنوان مثال، پیک اصلی اکسیژن با KLL نشان داده می شود، که نشان می دهد اولین الکترون پرتاب شده از یک اوربیتال K، الکترونی که حفره هسته را پر کرده است از یک اوربیتال L، و الکترون نهایی اوژه پرتاب شده نیز از یک اوربیتال L است. زیروندها گاهی برای تمایز بین اوربیتال های خاص L، M و N استفاده می شوند که در شکل (c) نشان داده شده است. فرآیند اوژه شامل سه انتقال مختلف الکترون است و انرژی جنبشی الکترون اوژه پرتاب شده در معادله (۳) توضیح داده شده است [۱۳]. به عنوان مثال با در یک انتقال KLL:

$$KE_{Auger} \sim BE(K) - BE(L_1) - BE(L_2) \quad (3)$$

انرژی جنبشی الکترون اوژه به انرژی های اتصال اوربیتال های خاص در اتمی که از آن منشأ گرفته است بستگی دارد. از آنجایی که این انرژی های اتصال مستقل از انرژی منبع پرتو X هستند، نتیجه می شود که انرژی جنبشی الکترون اوژه نیز مستقل از انرژی تحریک پرتو X است. بنابراین، هنگامی که از منابع مختلف پرتو X برای تحریک استفاده می شود، انرژی اتصال محاسبه شده الکترون های اوژه تغییر می کند [۱۴].

#### ۵۹- محیط شیمیایی

بررسی XPS و طیف C 1s با وضوح بالا از پلی اتیلن ترفتالات (PET) در شکل ۴ نشان داده شده است [۴]. محور y معمولاً شدت بر حسب تعداد بر ثانیه و محور x انرژی اتصال بر حسب الکترون ولت است. به صورت قراردادی انرژی اتصال از چپ به راست کاهش می یابد. طیف ها معمولاً برای به دست آوردن اطلاعات عنصری اساسی و جستجوی حضور عناصر غیرمنتظره در نمونه استفاده می شوند [۱۵]. شکل ۴ (a) نشان می دهد که نمونه PET همانطور که انتظار می رود حاوی کربن و اکسیژن است. مزیت مهم XPS نسبت به سایر تکنیک ها، توانایی تعیین محیط شیمیایی اتم های موجود در نمونه است [۱۶]. این محیط شیمیایی، شامل عواملی مانند نزدیکترین همسایگان و حالت اکسیداسیون عنصر، بر انرژی اتصال پیک های فوتوالکترون و پیک های اوژه تأثیر می گذارد [۱۷]. در مورد C 1s، انرژی اتصال به شدت به الکترون گاتیوی نزدیکترین عناصر همسایه وابسته است. همانطور که اتم همسایه الکترون گاتیو تر می شود، انرژی اتصال برای الکترون C 1s همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است افزایش می یابد [۴]. بنابراین، تخصیص اوج برای سه قله C 1s را می توان همانطور که در شکل ۴ (b) نشان داده شده است، انجام داد. مساحت نسبی زیر هر قله نماینده تعداد اتم های کربن موجود در هر محیط است. برای بیشتر فلزات واسطه، انرژی اتصال در درجه اول تحت تأثیر وضعیت

<sup>1</sup> x-ray fluorescence

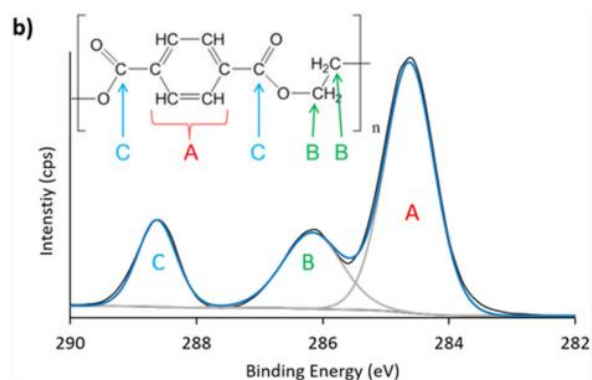
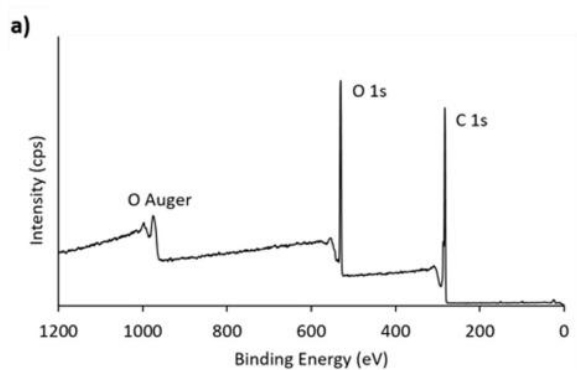
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

اکسیداسیون فلز قرار می گیرد. اگر یک اتم قبلاً مقداری چگالی الکترونی را از دست داده باشد و بار مثبت از خود نشان دهد، حذف یک الکترون از آن اتم دشوارتر خواهد بود و انرژی اتصال بالاتر خواهد بود. جدول ۲ انرژی های اتصال را برای چندین حالت اکسیداسیون تیتانیوم نشان می دهد، که این روند، افزایش انرژی اتصال را با افزایش حالت اکسیداسیون نشان می دهد که حذف یک الکترون از آن اتم دشوارتر خواهد بود و انرژی اتصال بالاتر خواهد بود [۱۸].



شکل ۴. طیف XPS (a) و طیف C 1s با وضوح بالا (b) PET. قسمت (b) ساختار شیمیایی PET و تخصیص سه قله در طیف C 1s را نشان می دهد [۴، ۹].

جدول ۱. انرژی های اتصال برای چندین حالت شیمیایی کربن [۱۹].

حالت شیمیایی	انرژی اتصال (eV)
C – C یا C = C	285.0
C – N	286.0
C – O	286.5
C = O	288.0
O – C = O	289.0
CF <sub>2</sub>	292.0
CF <sub>3</sub>	293-294

جدول ۲. انرژی های اتصال برای چندین حالت شیمیایی تیتانیوم برای

اوربیتال Ti 2p<sub>3/2</sub> [۴].



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



حالت شیمیایی	حالت اکسیداسیون	انرژی اتصال (eV)
Ti	Ti(0)	453.9
TiO	Ti(II)	455.2
TiO <sub>2</sub>	Ti(IV)	458.7

### ۶۰- حساسیت سطحی

برای درک اینکه چرا XPS یک تکنیک حساس به سطح است، فرآیندهای فیزیکی که بر الکترون‌هایی که در جامدات حرکت می‌کنند، باید بررسی شوند. پرتو ایکسی که بر نمونه تابش می‌شود، می‌تواند به عمق (چند میکرومتر) به داخل نمونه نفوذ کند [۲۰]. الکترون‌هایی که در این عمق در نمونه تولید می‌شوند با بسیاری از برخوردهای غیر کشسان (برخوردهایی که شامل از دست دادن انرژی است) مواجه می‌شوند و در نهایت قبل از فرار از نمونه، تمام انرژی خود را از دست می‌دهند. الکترون‌های تولید شده نزدیک‌تر به سطح، ممکن است قبل از فرار از نمونه و رسیدن به آشکارساز فقط یک یا دو برخورد غیرکشسان داشته باشند. این الکترون‌ها با انرژی جنبشی کمتر از حد انتظار نمونه را ترک می‌کنند، زیرا مقداری انرژی در مسیر خود به آشکارساز از دست داده‌اند. فقط الکترون‌هایی که بدون هیچ برخورد غیرکشسانی از سطح فرار می‌کنند به پیک‌های فوتوالکترون مشخصه‌ای که در تحلیل XPS استفاده می‌کنیم، کمک می‌کنند [۲۱].

حساسیت سطح XPS بر اساس میزان عمقی که یک الکترون می‌تواند تولید شود و همچنان بدون پراکندگی غیرکشسانی از آن خارج شود، تعیین می‌شود. قانون بیر؛ شدت الکترون‌های ساطع شده از یک نمونه (I) را در اعماق بیشتر از d توصیف می‌کند، که نشان دهنده تعداد کل الکترون‌های تولید شده از نمونه است [۲۲].

$$I = I_0 \exp\left(-\frac{d}{\lambda}\right) \quad (3)$$

$\lambda$  طول میرائی الکترون است که به انرژی الکترون و ماده‌ای که در آن حرکت می‌کند بستگی دارد. طول میرائی مشابه مسیر آزاد متوسط غیرالاستیک (IMFP) الکترون‌ها است (میانگین فاصله‌ای که یک الکترون با انرژی جنبشی

<sup>1</sup> Beer's law

<sup>2</sup> Attenuation length

<sup>3</sup> Inelastic mean free path

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



معینی می تواند قبل از پراکندگی غیرالاستیک طی کند)، اما طول میرائی اثر پراکندگی الاستیک را نیز در نظر می گیرد. الکترون هایی با انرژی جنبشی ۱۰۰۰ eV دارای IMFP در حد چند نانومتر هستند. با استفاده از قانون بیر، می توان نشان داد که حدود ۹۵ درصد از الکترون ها از عمق ۱۰ نانومتر یا کمتر پرتاب می شوند، و ۱۰ نانومتر اغلب به عنوان عمق اطلاعات برای XPS ذکر می شود. عمق اطلاعات (معمولاً عمق نمونه برداری) به عنوان حداکثر عمق نرمال سطحی که اطلاعات مفید از آن به دست می آید، تعریف می شود [۲۱، ۲۳].

### ۶۱- ابزار دقیق

یک ابزار XPS شامل یک منبع پرتو X، محل قرارگیری نمونه، لنزهای استخراج و آشکارساز است که در یک محیط خلاء فوق العاده بالا قرار دارد. شکل ۵ معرف شماتیکی از یک سیستم XPS است. ابزارهای XPS به دو دلیل در محیط های خلاء فوق العاده بالا (UHV) قرار می گیرند. اولاً، الکترون های ساطع شده نباید در حین سفر به آشکارساز، به مولکول های هوا برخورد کنند و این به خلاء در حد  $10^{-6}$  mbar نیاز دارد. در عمل، سیستم های XPS معمولاً فشار پایه بسیار پایین تری دارند که نزدیک تر به  $10^{-9}$  میلی بار است. از آنجایی که XPS یک تکنیک حساس به سطح است، به آلودگی سطح بسیار حساس است. در نتیجه، ابزارهای XPS از محیط UHV برای کاهش آلودگی سطحی که در داخل محفظه رخ می دهد، استفاده می کنند [۴].

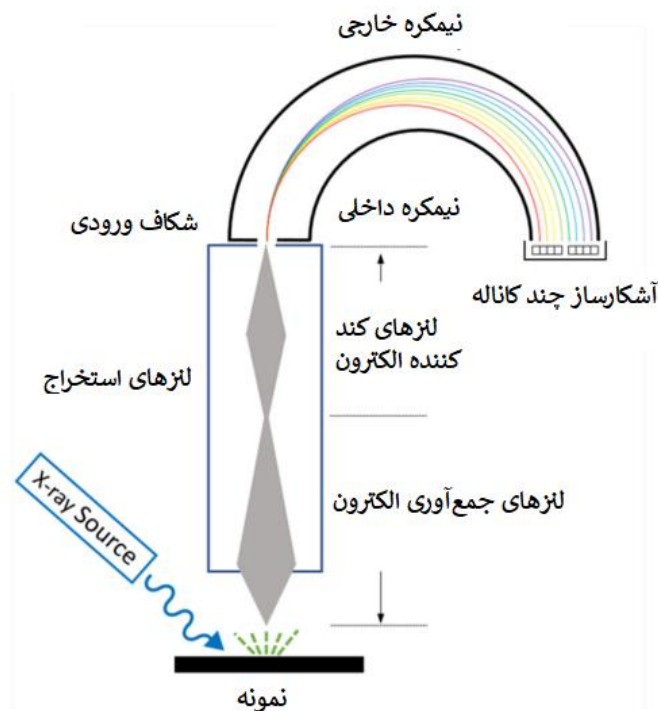
<sup>1</sup> Ultra-high vacuum

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۵. نمودار شماتیک اجزای اصلی یک XPS

### ۶۲- کاربردهای XPS

#### ۱-۷- پلیمرها

مواد پلیمری در طیف گسترده ای از کاربردها و محصولات مصرفی استفاده می شود که از لوازم الکترونیکی ارگانیک تا بسته بندی مواد غذایی را شامل می گردد. اطلاعات ترکیب سطح و وضعیت شیمیایی این مواد اغلب در تعیین عملکرد یک پلیمر حیاتی است. XPS یک تکنیک پر کاربرد برای مشخص کردن سطح طیف وسیعی از پلیمرهای اصلاح شده و ابزار مفیدی در شناسایی و کمی سازی سطح است [۲۴].

#### ۲-۷- فیلم های نازک

لایه ها و پوشش های نازک در طیف وسیعی از کاربردها استفاده می شوند تا ویژگی عملکردی خاصی را برای طیف وسیعی از محصولات صنعتی ارائه دهند. این پوشش ها می توانند خواص آنتی استاتیک، مقاومت در برابر خوردگی، کاهش سایش و افزایش چسبندگی را ارائه دهند. و همچنین لایه های نازک برای دستگاه های نوری، آینه ها و دستگاه های نیمه هادی کاربرد گسترده ای دارند. توانایی مشخص کردن ساختارهای لایه نازک با استفاده از طیف سنجی فوتوالکترونی



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

پرتو X با تفکیک زاویه ای<sup>۱</sup> (ARXPS) فرصتی منحصر به فرد برای بررسی مواد مورد استفاده در لایه های نازک و همچنین رابطها فراهم می کند. ARXPS، قابلیت های تجزیه و تحلیل XPS را گسترش می دهد و به بررسی ها اجازه می دهد تا فراتر از منطقه سطح به زیر سطح ادامه دهند. در چنین آزمایشی، تغییرات در ترکیب و شیمی با افزایش عمق را می توان اندازه گیری کرد [۲۷-۲۵].

#### ۴-۷- سیستم های زیست آلی

تجزیه و تحلیل XPS در کاربردهای سیستم های زیست آلی مانند محصولات غذایی، بیوشیمی و بیوژئوشیمی میکروارگانیزمها گسترش یافته است. XPS برای تعیین کمیت جذب گروه های عملکردی سطحی مختلف بر روی میکروبیومهایی مانند *Bacillus subtilis* استفاده شده است [۲۷].

#### ۵-۷- مواد زیستی

مواد زیستی موادی هستند که با بافت بومی، اندام یا عملکرد بدن در تعامل هستند. مواد زیستی اخیراً به دلیل کاربردهای بالقوه در جایگزینی اجزا و سیستم های اصلی در یک موجود زنده توجه زیادی را به خود جلب کرده اند. بیومواد به طور گسترده در کاربردهای دندانپزشکی، قلبی عروقی، زیبایی و ارتوپدی مورد استفاده قرار گرفته است. XPS مخصوصاً برای مطالعه محدودیت ها و امکانات چنین دستگاه ها و رابط های جدیدی مفید بوده است. یکی از مثال هایی که XPS در آن نقش داشته، بررسی سازگاری زیستی تیتانیوم مورد استفاده برای ایمپلنت های پزشکی است [۲۸].

#### ۶-۷- مواد کاتالیزوری

XPS برای توصیف سطوح مواد مورد استفاده به عنوان کاتالیزور برای واکنش های شیمیایی متعدد استفاده می شود. مطالعات سطحی کاتالیزورها از تحقیقات بنیادی تا تغییرات سطح هسته ناشی از گونه های جذب شده به عنوان مدلی از واسطه های واکنش تا تحقیقات کاربردی در مورد کاتالیزورهای مرتبط صنعتی را شامل می شود [۱۴].

#### ۷-۷- نانوساختارها

از آنجایی که مواد نانوساختار عمدتاً سطح و رابط هستند، XPS ابزار مهمی در پیشرفت فناوری نانو بوده است. XPS می تواند حضور و غلظت نسبی عناصر و ضخامت متوسط پوشش های سطحی مواد نانوساختار مانند نانوذرات را تشخیص دهد. XPS همچنین یک تکنیک مفید برای تجزیه و تحلیل آلودگی یا ناخالصی های بالقوه است که می تواند در طول سنتز مواد و / یا جابجایی نانومواد وارد شود. اسکن های با وضوح انرژی بالا اطلاعاتی در مورد وضعیت شیمیایی یا محیط شیمیایی محلی اتم ها در نمونه ارائه می دهند. اطلاعات اضافی در مورد مورفولوژی سطح را می توان با اندازه گیری تغییرات در شدت پیک ناشی از میرایی به دست آورد [۲۹].

<sup>1</sup> Angular resolved X-ray photoelectron spectroscopy

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

### ۸- نتیجه گیری

XPS یکی از برجسته ترین و در دسترس ترین تکنیک های تحلیل سطحی است و کاربردهای این روش همچنان در حال گسترش است. دو مزیت اصلی این تکنیک، حساسیت سطحی آن (حدود ۱۰ نانومتر) و توانایی آن در تشخیص تفاوت ها در محیط شیمیایی است. XPS می تواند همه عناصر را به جز هیدروژن و هلیوم با محدودیت های تشخیص تقریباً ۰.۱٪ تا ۱٪ تشخیص دهد و نسبتاً غیر مخرب است. از آنجایی که XPS بسیار حساس به سطح است، باید از آلودگی سطح جلوگیری شود. بار سطحی در نمونه های عایق می تواند مشکلاتی ایجاد کند، اما خنثی کننده های بار به رفع مشکل کمک می کنند. در حالی که XPS همچنان یک ابزار بسیار محبوب برای تجزیه و تحلیل سطح است، بایستی دقت و احتیاط در تفسیر داده ها به کار گرفته شود.

منابع

- [۱] Bingöl, A.B., *X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS)*. ۲۰۱۱
- [۲] Haasch, R.T., *X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and auger electron spectroscopy (AES)*, in *Practical Materials Characterization*. ۲۰۱۴, Springer. p. ۹۳-۱۳۲
- [۳] Kobayashi, K.J.N.I., S. Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Detectors, and A. Equipment, *Hard X-ray photoemission spectroscopy*. ۲۰۰۹. ۶۰۱(۲-۱): p. ۳۲-۴۷
- [۴] Stevie, F.A., et al., *Introduction to x-ray photoelectron spectroscopy*. ۲۰۲۰. ۳۸(۶): p. ۶۳۲۰۴
- [۵] Robinson, A.P. and J.J.P.o.P. Pasley, *Core electrons and specific heat capacity in the fast electron heating of solids*. ۲۰۲۰. ۲۷(۷): p. ۰۷۲۷۰۱
- [۶] Zemlyanov, D.Y., et al., *Versatile technique for assessing thickness of ۲D layered materials by XPS*. ۲۰۱۸. ۲۹(۱۱): p. ۱۱۵۷۰۵
- [۷] Kahn, A.J.M.H., *Fermi level, work function and vacuum level*. ۲۰۱۶. ۳(۱): p. ۱۰-۱۰
- [۸] Burrell, M.C.J.J.o.V.S., S. Technology A: Vacuum, and Films, *Method for correcting peak overlaps in quantitative Auger electron spectroscopy of Cr-containing oxides*. ۲۰۲۰. ۳۸(۱): p. ۰۱۳۲۰۱
- [۹] Avval, T.G., et al., *Polyethylene terephthalate by near-ambient pressure XPS*. ۲۰۲۰. ۲۷(۱): p. ۰۱۴۰۰۶
- [۱۰] Lee, S.Y., et al., *Ascertaining the carbon hybridization states of synthetic polymers with X-ray induced Auger electron spectroscopy*. ۲۰۱۸. ۱۲۲(۲۲): p. ۱۱۸۶۱-۱۱۸۵۵
- [۱۱] Van der Heide, P., *X-ray photoelectron spectroscopy: an introduction to principles and practices*. ۲۰۱۱: John Wiley & Sons.
- [۱۲] Krawczyk, M., et al., *Surface characterization of MoS<sub>2</sub> atomic layers mechanically exfoliated on a Si substrate*. ۲۰۲۰. ۱۳(۱۶): p. ۳۵۹۵
- [۱۳] Lefebvre, J., et al., *Experimental methods in chemical engineering: X-ray photoelectron spectroscopy-XPS*. ۲۰۱۹. ۹۷(۱۰): p. ۲۵۹۳-۲۵۸۸

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

- [۱۴] Major, G.H., et al., *Practical guide for curve fitting in x-ray photoelectron spectroscopy*. ۲۰۲۰. ۳۸(۶): p. .۰۶۱۲۰۳
- [۱۵] Greczynski, G. and L.J.P.i.M.S. Hultman, *X-ray photoelectron spectroscopy: towards reliable binding energy referencing*. ۲۰۲۰. ۱۰۷: p. .۱۰۰۵۹۱
- [۱۶] Mikhlin, Y.J.A.S., *X-ray photoelectron spectroscopy in mineral processing studies*. ۲۰۲۰. ۱۰(۱۵): p. .۵۱۳۸
- [۱۷] Krishna, D.N.G., R. George, and J.J.T.S.F. Philip, *Determination of nanoscale titanium oxide thin film phase composition using X-ray photoelectron spectroscopy valence band analysis*. :۶۸۱ .۲۰۱۹p. .۶۸-۵۸
- [۱۸] Li, X., et al., *Beam-Induced Effects on Platinum Oxidation during Ambient-Pressure X-ray Photoelectron Spectroscopy*. ۲۰۲۲. ۱۳(۲۴): p. .۵۶۸۲-۵۶۷۷
- [۱۹] Greczynski, G. and L.J.S.R. Hultman, *The same chemical state of carbon gives rise to two peaks in X-ray photoelectron spectroscopy*. ۲۰۲۱. ۱۱(۱): p. .۵-۱
- [۲۰] Greczynski, G. and L.J.J.o.A.P. Hultman, *A step-by-step guide to perform x-ray photoelectron spectroscopy*. ۲۰۲۲. ۱۳۲(۱): p. .۰۱۱۱۰۱
- [۲۱] Jablonski, A., C.J.J.o.P. Powell, and C.R. Data, *Effective attenuation lengths for different quantitative applications of X-ray photoelectron spectroscopy*. ۲۰۲۰. ۴۹(۳): p. .۰۳۳۱۰۲
- [۲۲] Connell, J.G.J.B., *X-ray photoelectron spectroscopy for batteries*. ۲۰۲۱: p. .۱-۸
- [۲۳] Fairley, N., et al., *Systematic and collaborative approach to problem solving using X-ray photoelectron spectroscopy*. ۲۰۲۱. ۵: p. .۰۱۰۱۱۲
- [۲۴] Barr, T.L., *Modern ESCA: The principles and practice of X-ray photoelectron spectroscopy*. ۲۰۲۰: CRC press.
- [۲۵] Greczynski, G. and L.J.A.S.S. Hultman, *Reliable determination of chemical state in x-ray photoelectron spectroscopy based on sample-work-function referencing to adventitious carbon: resolving the myth of apparent constant binding energy of the C 1s peak*. ۲۰۱۸. ۴۵۱: p. .۰۱۰۳-۹۹
- [۲۶] Natu, V., et al., *A critical analysis of the X-ray photoelectron spectra of Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>Tz MXenes*. ۲۰۲۱. ۴(۴): p. .۱۲۵۱-۱۲۲۴
- [۲۷] Rafiee, Z., et al., *Surface composition of nanoencapsulated food ingredients by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), in Characterization of Nanoencapsulated Food Ingredients*. ۲۰۲۰, Elsevier. p. .۲۶۸-۲۴۳
- [۲۸] Arroyo-Lamas, N., I. Arteagoitia, and U.J.I.J.o.M.S. Ugalde, *Surface Activation of Titanium Dental Implants by Using UVC-LED Irradiation*. ۲۰۲۱. ۲۲(۵): p. .۲۵۹۷
- [۲۹] Müller, A., et al., *Determining the thickness and completeness of the shell of polymer core-shell nanoparticles by X-ray photoelectron spectroscopy, secondary ion mass spectrometry, and transmission scanning electron microscopy*. ۲۰۱۹. ۱۲۳(۴۹): p. .۲۹۷۶۵ .۲۹۷۷۵



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## تکنیک اشعه ایکس مبتنی بر سینکروترون (SR X-ray) در مشخصه یابی مواد

آیلا پیری میاوقی<sup>۱\*</sup>، علی نعمت الهزاده<sup>۲</sup>

۱- کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - پیشرفته، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استاد تمام گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (Email: [nematollahzadeha@uma.ac.ir](mailto:nematollahzadeha@uma.ac.ir))

### چکیده

تشعشع سینکروترون (SR)، از نور قطبی و موازی با شدت بالا و درخشان تشکیل شده که طیف وسیعی از طول موجها، از فرسرخ تا پرتوهای X را شامل می شود بنابراین در حال تبدیل شدن به یکی از حیاتی ترین مؤلفه های تحقیقات در زمینه های مختلف علم مواد مانند نانومواد، بیومواد و مواد انرژی زا است. روش های مشخصه یابی مبتنی بر SR را می توان برای تجزیه و تحلیل سیستم های مختلف مانند پودر، لایه های نازک و فرم های توده ای با ساختارهای بلوری یا آمورف پیچیده استفاده کرد. در این بررسی مروری، ویژگی های SR به طور خلاصه توضیح داده شده است. همچنین با شفاف سازی مزایای SR و برتری آن نسبت به سایر آنالیزهای آزمایشگاهی معادل، به محققان توصیه می شود از قابلیت های این ابزار ارزشمند در شناسایی مواد خود استفاده کنند.

کلمات کلیدی: تکنیک های آزمایشگاهی، مشخصه یابی، Synchrotron radiation، X-ray.

<sup>1</sup>.Synchrotron Radiation

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۱. مقدمه

امروزه توسعه علم و فناوری را می توان با ساخت مواد کاربردی تر انجام داد. یک رویکرد سیستماتیک برای بهبود عملکرد مواد، مطالعه ساختار آنها است. در این راستا، کسب اطلاعات در مورد عیوب احتمالی در ساختار و مکانیسم های زیربنایی دخیل در شکل گیری آنها، فرصت اصلاح فرآیندهای سنتز و ساخت را در اختیار جوامع علمی و صنعتی قرار می دهد. اگرچه روش های مرسوم تعیین مشخصات مواد به عنوان مثال، پراش پرتو ایکس آزمایشگاهی (XRD) و طیف سنجی انتشار معمولی برای این منظور مفید هستند اما محدودیت هایی دارند. یکی از موثرترین راه حل ها برای مقابله با محدودیت های روش های مرسوم، استفاده از SR و توسعه امکانات آن است. تشعشع SR پرتوهای پرتو ایکس با شار بالا، تک رنگ و موازی با روشنایی بالا تولید می کنند. انرژی پرتوهای ساطع شده را می توان به گونه ای تنظیم کرد که به دریافت سیگنال هایی با نسبت سیگنال به نویز بالا کمک کند. از ویژگی های سودمند پرتوهای ایکس مبتنی بر SR، می توان ساختارهای کریستالی، آمورف و پیچیده را به طور دقیق مورد مطالعه قرار داد. طیف گسترده ای از کاربردهای SR، به ویژه در خصوصیات مواد برای بررسی خواص فلزات، سرامیک ها، پلیمرها، نانومواد و بیومواد وجود دارد. با توجه به اینکه هدف اصلی این مطالعه نشان دادن امکان سنجی SR برای تعیین مشخصات مواد است لذا ابتدا، ویژگی های SR با ارائه برخی از ویژگی های امکانات نسل جدید SR بیان شده است. مطالعات موردی متعدد در رابطه با اجرای روش های فوق الذکر توسط اشعه ایکس آزمایشگاهی و اشعه ایکس ساطع شده با SR برجسته شده اند که برتری SR را بر روش های معمولی بیان می کند. در ادامه این مقاله، مزایای استفاده از SR این ابزار قدرتمند برای محققان تبیین شده است.

### ۲. ویژگی های تشعشع سینکروترون (SR)

تشعشع سینکروترون (SR) تابش الکترومغناطیسی است که توسط الکترون های شتاب دهنده نزدیک به سرعت نور منتشر می شود. یک وسیله برای تولید پرتوهای ایکس تشعشع سنکروترون SR شامل (الف) یک شتاب دهنده الکترونی (تفنگ)، برای شتاب دادن الکترون ها به انرژی معین (از صدها مگا الکترون ولت تا چند گیگا الکترون ولت)، (ب) یک حلقه ذخیره سازی خلاء بالا که الکترون های شتاب گرفته به شکل پالس به داخل آن تزریق می شوند. و (ج) وسایل میدان مغناطیسی، مانند آهنرباهای خم کننده، ویگله ها و اندولاتورها<sup>۱</sup>، برای تنظیم نور ساطع شده و هدایت آن به خطوط پرتو است [۱].

<sup>1</sup>. Gun

<sup>2</sup>. wigglers

<sup>3</sup>. undulators

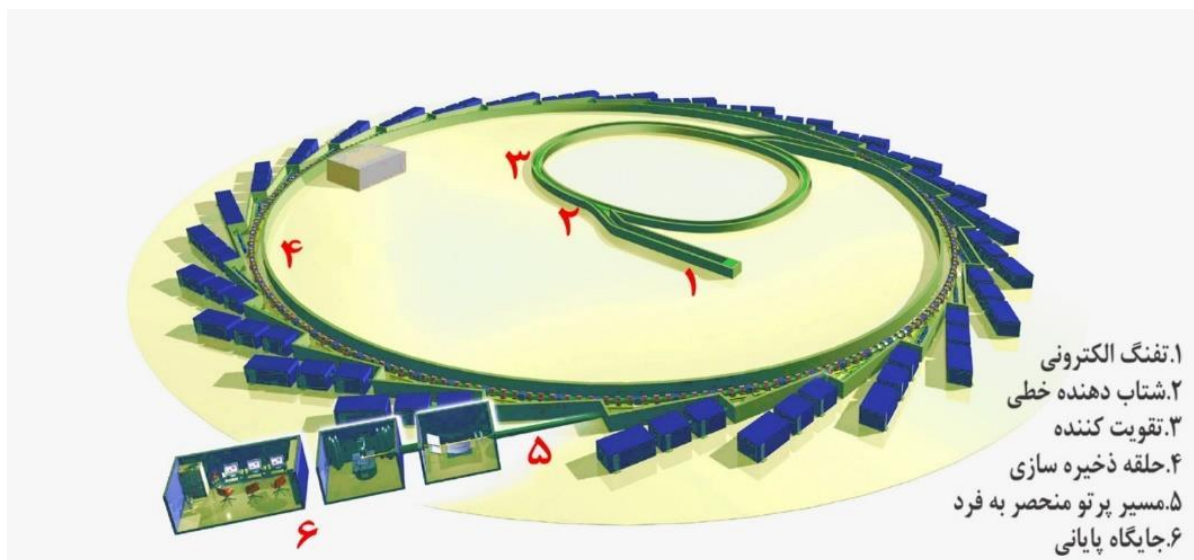
## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

همچنین امکانات تشعشع سینکروترون SR انتخاب طول موج و فوکوس را با استفاده از دستگاه هایی مانند شکاف-ها، آینه ها و مونوکروماتورها فراهم می کند. در SR-XRD، اشعه ایکس توسط تاسیسات SR تولید می شود. در این مرکز، الکترون ها در تفنگ الکترونی تولید می شوند و پس از آن به سرعت نور می رسند و انرژی سطح چند گیگا الکترونی در تقویت کننده را تولید می کنند. سپس الکترون ها به یک حلقه ذخیره خلاء فوق العاده بالا با محیط چند کیلومتر تزریق می شوند. در حلقه ی ذخیره سازی، الکترون ها با سرعت بالا حرکت می کنند و مجبور می شوند جهت حرکت خود را تحت میدان مغناطیسی تغییر دهند و تابش الکترومغناطیسی را در یک مخروط باریک در جهت حرکت خود به نام SR ساطع می کنند [۲].



شکل ۷۳- تصویری از نسل سوم منبع نور تشعشع سینکروترون SR [۲].

برای تشعشع سینکروترون SR، مسیر و خط پرتو به ابزار دقیقی اشاره دارد که پرتو SR را به ایستگاه پایانی آزمایشی می برد. این دستگاه دارای مونوکروماتور<sup>۱</sup>، شکاف<sup>۲</sup>، آینه و وسایل دیگر برای انتخاب طول موج و فوکوس مناسب است [۳]. تصویر شماتیکی از اپتیک معمولی خط پرتو SR-XRD در شکل ۲ نشان داده شده است. در خط پرتو، آینه موازی، مونوکروماتور و آینه متمرکز از اجزای نوری مهم به شمار می آیند. آینه موازی کننده برای تطبیق پرتو در جهت عمودی به نور موازی استفاده می شود و وضوح انرژی را بهبود می بخشد [۴]. مونوکروماتور عمدتاً Si(111) تک کریستال تک رنگ است که برای ایجاد اشعه ایکس تک رنگ قابل تنظیم و تمرکز پرتو در جهت افقی استفاده می شود [۳]. آینه فوکوس برای تمرکز بیشتر پرتو در جهت عمودی به نقطه نمونه استفاده می شود. آزمایش هایی که از

<sup>1</sup>. Monochromator

<sup>2</sup>. Slit



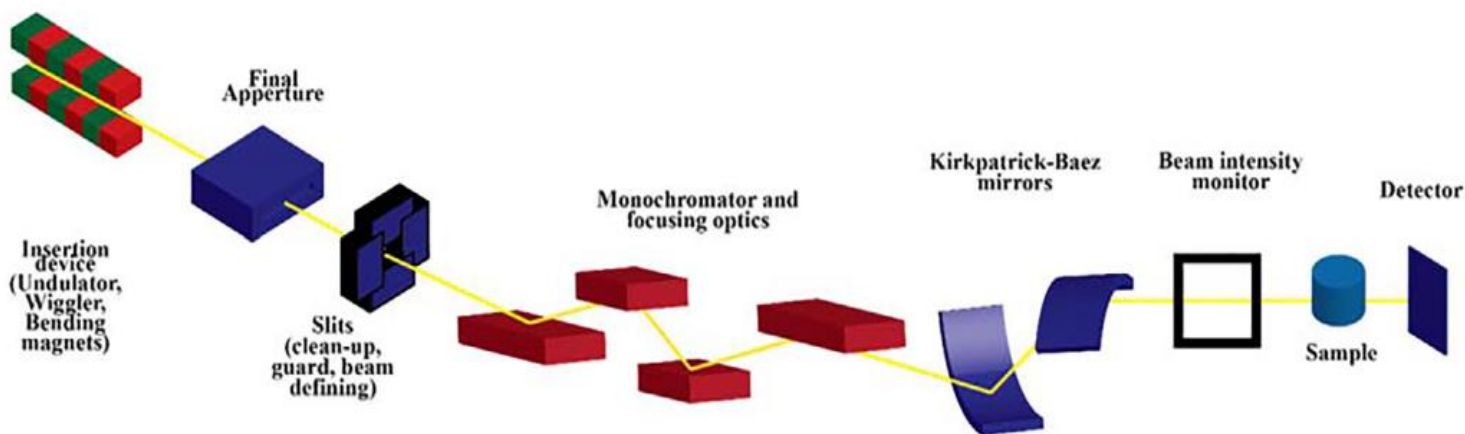
## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

SR Xray استفاده می کنند در ایستگاه پایانی انجام می شوند، که در داخل محفظه های محافظ تشعشع (کابین) قرار دارد تا از اپراتورها در برابر اشعه ایکس مضر محافظت کند. از آنجایی که اپراتورها نمی توانند در حین آزمایش وارد کابین ها شوند، تجهیزات عمدتاً از راه دور توسط رایانه کنترل می شوند.



شکل ۷۴- تصویر شماتیک از اپتیک معمولی خط پرتو SR-XRD [۲].

### ۳. تاریخچه پیدایش و انواع نسل های مختلف تابش نور

در سال ۱۹۴۷، تشعشع سینکروترون SR برای اولین بار در سنکروترون جنرال الکتریک در ایالات متحده مشاهده شد. برای مدت طولانی، مشکلاتی به همراه داشت زیرا منبع اصلی اتلاف انرژی در شتاب دهنده ذرات، با انرژی بالا بود. تا اواخر دهه شصت، SR برای تحقیقات ماده متراکم ارزشمند بود. از آن زمان، رشد انفجاری در ساخت تاسیسات اختصاصی SR این ابزار را در بسیاری از زمینه ها به ابزاری منحصربفرد تبدیل کرد [۵].

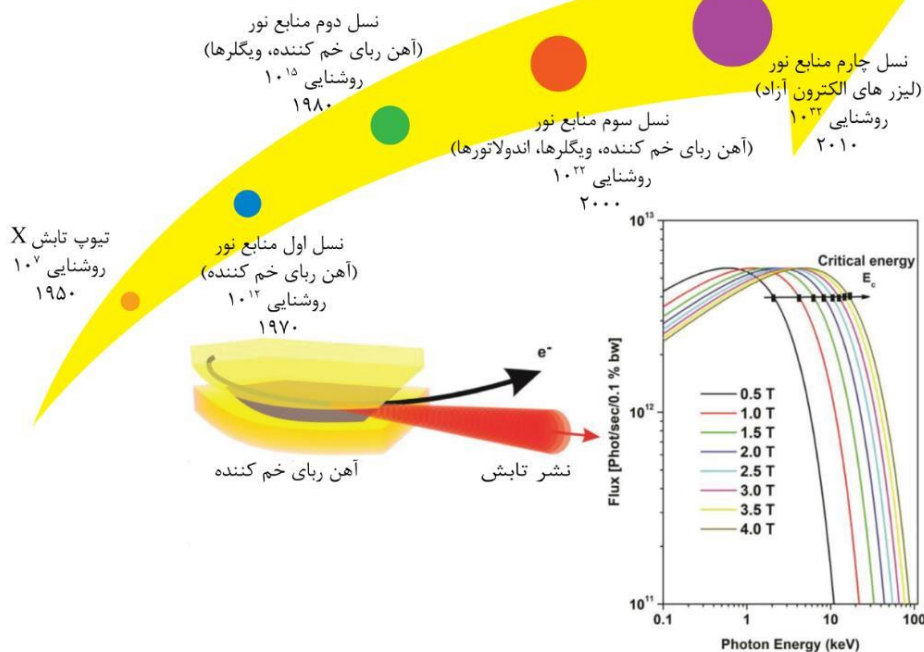
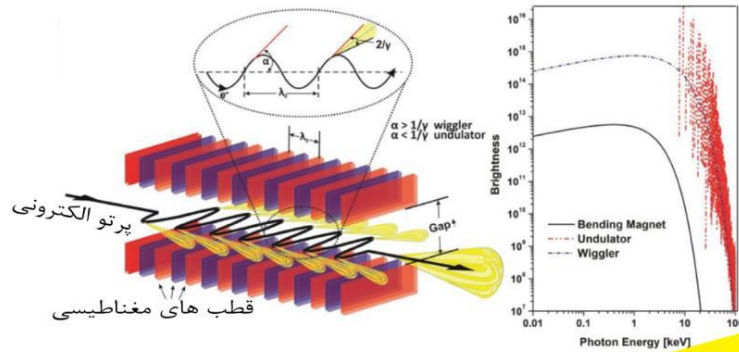
با توجه به شکل ۳ در سینکروترون های نسل دوم، تشعشعات الکترومغناطیسی ساطع شده از آهنرباهای خم کننده طیف گسترده ای از طول موج ها، از مادون قرمز تا پرتو ایکس را شامل می شود. در سنکروترون های نسل سوم یعنی فعلی، ویگلر و اندولاتورها (شکل ۲)، (که دستگاه های درج [ID] در تاسیسات نسل سوم SR هستند) تشعشعات پراثری تولید می کنند و ویژگی متمایز آنها تفاوت در طول موج آنهاست. ویگلرها طیف هایی شبیه به طیف هایی را نشان می دهند که با آهنرباهای خم کننده به دست می آیند، در حالی که اندولاتورها نور شبه تک رنگی شدیدی را ارائه می دهند [۲، ۶، ۷]. بنابراین، اندولاتورها را می توان به عنوان شناسه ارجح برای تاسیسات نسل سوم SR به دلیل زاویه توزیع کوچک تر در نظر گرفت، که باعث درخشندگی بالاتر می شود و پروبها را برای کاوش مناطق کوچک تر در نمونه ها مناسب می کند.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا) به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۷۵- انواع نسل های مختلف منبع تابش نور [۸].

### ۴. مزایای تشعشع سینکروترون (SR)

تشعشعات سینکروترون SR دارای چند ویژگی خاص است: (۱) روشنایی بالا: درخشندگی پرتوهای ایکس از منابع نسل سوم در حدود  $10^{12}$  تا  $10^{15}$  برابر شدیدتر از منابع آزمایشگاهی است این بدین معنی است که زمان لازم برای ثبت الگوی پراش به میزان قابل توجهی کاهش یافته و وضوح بسیار بالاتر رفته است. (۲) به شدت همسو شده: نور سینکروترون موازی است و بنابراین در حین انتشار به حداقل پخش شدگی می رسد. (۳) طیف وسیع انرژی: این تابش شامل طیف وسیعی از انرژی ها یعنی از مادون قرمز تا پرتو ایکس است که امکان انتخاب طول موج بهینه را برای کاهش جذب در

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

نگهدارنده های نمونه و نمونه یا طول موج های متفاوت در آزمایش را فراهم می کند. (۴) زمان پالس کوتاه: طول پالس سطح اجازه می دهد تا وضوح فرآیند در همه مقیاس زمانی انجام شود. تشعشعات سینکروترون SR عمق نفوذ بیشتری را نسبت به آنالیزهای معادل فراهم می کند و به طور قابل توجهی احتمالات را برای آزمایش های تکرارناپذیر با وضوح بالا در محل بهبود می بخشد [۲، ۹-۱۲].

#### ۵. نتیجه گیری

با توجه به توسعه روزانه مواد پیشرفته و پیچیده تر برای برآوردن خواسته های بشریت، محققان به ابزارهای مؤثرتری برای توصیف مواد نیاز دارند. فلزات و آلیاژها، سرامیک های پیشرفته، پلیمرها و کامپوزیت ها به عنوان مواد اصلی مهندسی، سریع تر از همیشه در حال توسعه هستند و کاربرد آن ها در زمینه های مختلف مانند مسائل انرژی، زیست مواد، هوافضا، خودرو و حمل و نقل، مسائل دریایی و غیره رو به افزایش است. با توجه به اینکه خواص مواد به شدت با ساختار آنها مرتبط است، این امر مستلزم مطالعاتی است که اطلاعات دقیقی در مورد مکانیسم ها و پدیده های مؤثر بر ساختار و خواص ارائه می دهد. مطالعات بررسی شده در این مقاله نشان داد که SR با شار بالا، تک رنگ و تابش واگرایی کم آن یک ابزار تحقیقاتی قوی و ارزشمند برای مشخص کردن مواد است. با استفاده از تکنیک های مختلف، می توان داده های تکمیلی در مورد سطح یا عمق مواد به دست آورد. تکنیک های مشخصه یابی مبتنی بر SR برای دستیابی به اطلاعات دقیق بسیار مؤثر هستند. اثبات برتری پرتو اشعه ایکس SR نسبت به آنالیزهای آزمایشگاهی معادل را می توان به شرح زیر برجسته کرد:

۱. قابلیت مطالعه فضای اشغال شده توسط اتم های سبک در ساختارها، در نتیجه شار بالا SR و دریافت سیگنال هایی به نسبت سیگنال به نویز بالا.

۲. محاسبه ریز تنش ها در ذرات ساختارها و بواسطه عمق نمونه ها.

۳. توانایی انجام آزمایش های درجا در دمای بالا و در یک سیستم چند فازی، همچنین جمع آوری سریع داده ها در تکنیک هایی که نیاز به انرژی پرتوهای مختلف دارند.

۴. فراهم کردن فرصتی برای انجام آزمایش های تکرارناپذیر و تفکیک ناپذیر، که محققان را قادر می سازد تا ساختار همزمان مواد را در مقیاس های میکرو/نانو مطالعه کنند.

به طور خلاصه می توان بیان کرد که تشعشع سینکروترون SR یک ابزار کاربردی است که به شدت به محققان توصیه می شود از آن برای بررسی و مشخصه یابی مواد خود استفاده کنند.

۶. تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله پیشاپیش از هیئت علمی و اجرایی سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی که به میزبانی دانشگاه محقق اردبیلی در راستای ارتقا علمی و پژوهشی دانشگاه برگزار می شود تشکر می نمایند



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۷. منابع

- [۱] Sedigh Rahimabadi, P., M. Khodaei, and K.R. Koswattage, 2020, *X-Ray Spectrometry*,. **49**(3): p. 348-373.
- [۲] Cheng, H., et al., 2017, *Progress in Natural Science: Materials International*,. **27**(1): p. 66-73.
- [۳] Isshiki, M., et al., 2001, *BL04B2 at SPring-8. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, **467**: p. 663-666.
- [۴] 杨铁莹, et al., 2015, *Introduction of the X-ray diffraction beamline of SSRF*. 《核技术》(英文版),. **26**(2): p. 20101-020101.
- [۵] Walker, G.,: 2008, *materials and chemistry*.: Elsevier.
- [۶] Hirose, Y., 2003, *Research Report, R&D Review of Toyota CRDL*, Search PubMed.
- [۷] Balerna, A. and S. Mobilio, 2015, in *Synchrotron radiation*., Springer. p. 3-28.
- [۸] Codling, K., et al., 2013, Vol. 10.: *Springer Science & Business Media*.
- [۹] Li, Y.-F., et al., 2015, *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*,. **11**(6): p. 1531-1549.
- [۱۰] Bharti, A. and N. Goyal, 2019, in *Synchrotron Radiation-Useful and Interesting Applications*., IntechOpen.
- [۱۱] Snigireva, I. and A. Snigirev, 2006, *Journal of Environmental Monitoring*,. **8**(1): p. 33-42.
- [۱۲] Twining, B.S., et al., 2003. *Analytical chemistry*, **75**(15): p. 3806-3816.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## بررسی رفتار فوتوکاتالیزوری $MnFe_2O_4/WS_2$ در فرایند احیای ترکیبات

### نیتروآروماتیک با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی

ثنا نوریان<sup>۱</sup>، ابوالفضل بضاعت پور<sup>۱\*</sup>، ماندانا امیری<sup>۱</sup>، آیت نوری<sup>۱</sup>

۵- اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی ([bezaatpour@uma.ac.ir](mailto:bezaatpour@uma.ac.ir))

#### چکیده

در این کار پژوهشی، ترکیب  $MnFe_2O_4/WS_2$  بعنوان فوتوکاتالیست به روش هیدروترمال تهیه شده و بعنوان فوتوکاتالیزور در فرایند کاهش انواع ترکیبات نیتروآروماتیک از جمله: نیتروبنزن، ۴-برومو آنیلین، ۱،۰-دی نیترو بنزن به عنوان سوبسترا و هیدرازین مونو هیدراته به عنوان احیا کننده، تحت تابش دهی نور مرئی مورد استفاده قرار گرفت. در این کار پژوهشی برای تعیین درصد راندمان واکنش و تعیین گزینش پذیری آنها از دستگاه کروماتوگرافی گازی با دکتور FID بهره گرفته شد. کاتالیزور معرفی شده از کارایی بسیار بالایی برخوردار بود که میتواند در استفاده های مجدد برای بیست مرتبه بدون کوچکترین تغییری در کارایی پایدار باشد

کلمات کلیدی: فوتوکاتالیست، احیای فوتوکاتالیزوری، نیترو بنزن

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

امروزه برای انجام هر انجام هر واکنشی با واکنشگرهای گوناگونی مواجه می شویم. هدف محققین، یافتن واکنشگرهای جدید و استفاده از روشهای نوین و سازگار با محیط زیست است. به کار گیری روشی سودمند با مواد شیمیایی ارزان، غیرسمی، گزینش پذیری بالا و پایداری بالا دارای اهمیت می باشد. آمین های آروماتیک به طور گسترده بعنوان واسطه های مهم در سنتز مواد شیمیایی و زیرساخت های بسیاری از ترکیبات دارویی مورد استفاده قرار می گیرند در حالی که روش های متعددی برای احیای گروههای نیترو به گروههای آمین در منابع منتشر شده است و از جمله آنها می توان به استفاده از کاتالیزورها بر پایه هیدروژناسیون کاتالیزوری با استفاده از هیدروژن مولکولی و سدیم بور هیدرات اشاره کرد. بازیابی کاتالیستها یکی از چالش های بزرگ دانشمندان حوزه کاتالیست میباشد که در سالهای اخیر با به کار گیری نانو ذرات اکسید آهن دارای خواص منحصر به فرد مغناطیسی میباشد سعی در رفع این مشکل برآمده اند [۱]. احیای ترکیبات نیترو آروماتیک به ترکیبات آمینو آروماتیک تحت نور مرئی و فوتوکاتالیزورهای نا همگن از مباحث جذابی است که در منابع گزارش شده است. [۲]. در چند سال اخیر پژوهشگران با تمرکز بر روی فوتوکاتالیست هایی با قابلیت فعالیت تحت نور مرئی سعی در بهبود شرایط زیست محیطی برآمدند. یکی از فوتوکاتالیزورهای استراتژیهای جالب تثبیت فوتوکاتالیزورها بر روی نانوذرات مغناطیسی بوده است که به لحاظ ویژگی های منحصر به فرد در حل مشکلات زیست محیطی بسیار حائز اهمیت است. در سال ۲۰۱۶ کورتان<sup>۱</sup> و همکارانش کاتالیزوری با قابلیت بازیابی مغناطیسی تهیه کردند که با استفاده از سدیم بوروهیدرید (به عنوان منبع هیدروژن) در فرایند احیای ترکیبات نیترو آروماتیک استفاده شده بود. [۳].

در سال ۲۰۲۱ اوجی مغالو و همکاران توانستند rGO/Cu<sub>2</sub>O را بعنوان فوتوکاتالیزور برای احیای ترکیبات نیترو آروماتیک تهیه و توسعه دهند [۴]. در همین راستا در سال ۲۰۲۱ نصیری قلعه بین و همکارانش استفاده از فوتوکاتالیزور rGO/CuM30 را در فرایند احیای ترکیبات نیترو آروماتیک گزارش دادند. [۵]. در کارهای گزارش شده، معمولاً برای بدست آوردن بازده بالای واکنش احیای فوتوکاتالیزوری، زمان طولانی تری مورد نیاز بوده است. از طرفی بازیابی و استفاده مجدد از کاتالیزورها، یکی از چالش های مهم پیش روی محققان بوده است. از این رو برای غلبه بر این چالش استفاده از نانو ذرات مغناطیسی یکی از راهکارهای مناسب مد نظر بوده است.

در این کار پژوهشی در نظر است که برای اولین بار ترکیب MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/WS<sub>2</sub> سنتز شده و در فرایند احیای فوتوکاتالیزوری ترکیبات نیترو آروماتیک مورد استفاده قرار گیرد.

### واکنش فوتوکاتالیزوری

جهت برر سی احیای فوتوکاتالیزوری ترکیبات نیترو آروماتیک از ترکیب تهیه شده MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/WS<sub>2</sub> استفاده شد. در این فرایند مقدار ۴۰ میلی گرم از فوتوکاتالیزور تهیه شده در ۲٫۵ میلی لیتر مخلوط حلال (متانول، استونیتریل) به

<sup>1</sup> Cortan



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

نسبت ۱۱:۱ اضافه و ۳۰ دقیقه در معرض امواج اولترا سونیک پخش شد در ادامه مقدار ۱ میلی مول نیتروبنزن به عنوان سوپسترا و ۱۵ میلی مول هیدرازین مونوهیدرات به عنوان منبع هیدروژن به راکتور شیشه ای اضافه شد و در مقابل پرتو نور مرئی ( لامپ LED ۲۰ وات) به فاصله دو سانتی متری قرار گرفت. مخلوط واکنش درون لوله آزمایش طی پرتو دهی تو سط یک مگنت نیم سانتی به مدت ۱۰ دقیقه همزده شد. پس از اتمام واکنش، جهت برر سی پید شرفت واکنش و شناسایی محصولات فرآیند کاهش ازد ستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Agilent 7890 با دتکتور FID موجود در آزمایشگاه تحقیقاتی معدنی دانشگاه محقق اردبیلی استفاده شد پس از گذشت ۱۰ دقیقه با استفاده از مگنت و جدا سازی کاتالیزور، مقدار ۲ میکرولیتر از محلول شفاف واکنش به وسیله سرنگ فیلتردار برداشته شده و توسط سرنگ ۱۰ میکرولیتر مخصوص تزریق به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق شد شرایط دستگاه جهت تزریق و محاسبه درصد پیشرفت واکنش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. شرایط دستگاه کروماتوگرافی گازی

مشخصات	شرایط
دمای اولیه ستون	60°C
دمای نهایی ستون	270°C
نوع ستون	CAPILLARY
جریان گاز حامل	250ML/MIN
دمای تزریق	260°C
دمای آشکارساز	270°C
نوع آشکارساز	FID
مقدار تزریق نمونه	2µL
نوع گاز حامل	N <sub>2</sub>

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱. دستگاه کروماتوگرافی گازی

جدول ۱.۲ احیای فوتوکاتالیزوری انواع ترکیبات نیترو آروماتیک

ترکیبات نیترو آروماتیک	محصولات	زمان (دقیقه)	درصد تبدیل (درصد)	گزینش پذیری (درصد)
		۱۰	۱۰۰	۱۰۰
		۱۰	۱۰۰	۱۰۰
		۲۰	۹۹	۱۰۰

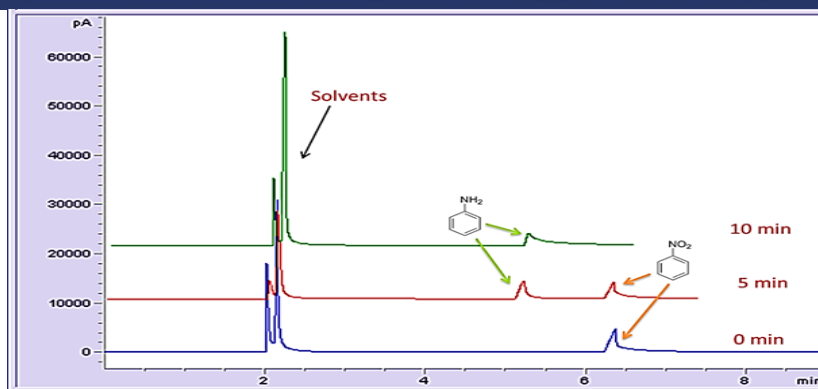
روند کاهش نیترو بنزن به آمین مربوطه در حضور فوتوکاتالیزور تهیه شده توسط کروماتوگرافی گازی انجام گرفت تا میزان راندمان محصول و پیشرفت واکنش محاسبه شود طبق شکل ۲ مشاهده می شود با گذشت زمان و انجام واکنش پیک مربوط به نیترو بنزن کاهش یافته و برعکس پیک مربوط به آمین مربوطه (آنیلین) افزایش یافته و در نهایت پیک نیترو بنزن حذف و پیک آنیلین ظاهر می شود.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۲. کروماتوگرامهای اخذ شده در طول واکنش احیای فوتوکاتالیزوری نیترو بنزن در زمانهای مختلف

### ۶۳- نتیجه گیری

هدف از این کار پژوهشی تهیه فوتوکاتالیست  $MnFe_2O_4/WS_2$  و بررسی آن بر روی واکنش احیای فوتوکاتالیزوری ترکیبات نیتروآروماتیک بود. این فوتوکاتالیست کارایی و فعالیت بسیار بالایی نشان طوریکه واکنش در شرایط بهینه تحت تابش نور مرئی می تواند ست ترکیبات نیتروآروماتیک را با بالاترین بازده احیا کند. کلیه راندمانهای بدست آمده بوسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی با دقت و تکرار پذیری بالایی گزارش شد.

### منابع

۱. Azad, R., et al., *Excellent photocatalytic reduction of nitroarenes to aminoarenes by BiVO<sub>4</sub> nanoparticles grafted on reduced graphene oxide (rGO/BiVO<sub>4</sub>)*. Applied Organometallic Chemistry, 2019. **33**(9): p. e5059.
۲. Amanchi, S.R., et al., *Photocatalytic hydrogenation of nitroarenes: supporting effect of CoO<sub>x</sub> on TiO<sub>2</sub> nanoparticles*. New Journal of Chemistry, 2019. **43**(2): p. 748-754.
۳. Kurtan, U., et al., *Synthesis of magnetically recyclable MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@Ag nanocatalyst: Its high catalytic performances for azo dyes and nitro compounds reduction*. Applied Surface Science, 2016. **376**: p. 16-25.
۴. Moghanlou, A.O., et al., *Cu<sub>2</sub>O/rGO as an efficient photocatalyst for transferring of nitro group to amine group under visible light irradiation*. Materials Science in Semiconductor Processing, 2021. **130**: p. 105838.
۵. Ghalebini, S.N., et al., *[1+1] Copper(II) macrocyclic Schiff base complex on rGO as a photocatalyst for reduction of nitroaromatics compounds under visible-light irradiation*. Journal of Molecular Liquids, 2021. **328**: p. 115338.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## کروماتوگرافی ژل تراوایی دستگاهی برای اندازه گیری وزن مولکولی پلیمرها و توزیع آن

فاطمه اسمعیل زاده<sup>۱</sup>، مجید صفاجو جهانخانیلو<sup>۲\*</sup>، جمال موثق<sup>۳</sup>

۱- مسئول آزمایشگاه آب شرکت آرتاویل تایر، اردبیل، ایران

۲- استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- مشاور مدیرعامل شرکت سبلان سلولز، اردبیل، ایران

### چکیده

کروماتوگرافی ژل تراوایی یا اندازه طردی روشی است که در آن مولکول های موجود در محلول بر اساس اندازه آنها که مرتبط با وزن مولکولی است، از هم جدا می شوند. از این روش برای اندازه گیری وزن مولکول های بزرگ یا تجمعات ماکرومولکولی مانند پروتئین ها و پلیمرهای صنعتی استفاده می شود. ستون کروماتوگرافی مملو از دانه های ریز متخلخل است که معمولاً از پلیمرهای شبکه ای شده و سخت تشکیل شده اند. اندازه منافذ این دانه ها برای تخمین ابعاد ماکرومولکول ها استفاده می شود. در این مقاله مروری بر دستگاه کروماتوگرافی ژل تراوایی جهت اندازه گیری وزن مولکولی پلیمرها و توزیع آن انجام شده و پیشرفت های اخیر در مورد استفاده از این دستگاه بررسی شده است. کلمات کلیدی: کروماتوگرافی ژل تراوایی، کروماتوگرافی اندازه طردی، وزن مولکولی، توزیع وزن مولکولی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

وزن مولکولی<sup>۱</sup> و توزیع وزن مولکولی<sup>۲</sup> ویژگی های اساسی نمونه پلیمری هستند. کروماتوگرافی ژل تراوایی<sup>۳</sup> که به درستی کروماتوگرافی اندازه طردی نامیده می شود، یک روش جداسازی برای پلیمرها است و وزن مولکولی نسبی را فراهم می کند [۱]. پورات و فلودین<sup>۴</sup> اولین بار گزارش کردند که پلیمرها ممکن است در یک محیط متخلخل بسته به میزان نفوذ محلول پلیمری، از هم جدا شوند [۲]. اصطلاح GPC توسط مور<sup>۵</sup> تعریف شد، که ژل های پلی استایرن سخت و شبکه ای با طیف گسترده ای از اندازه حفرات، مناسب برای جداسازی پلیمرهای مصنوعی در محیط های آلی ایجاد کرد [۳]. GPC برای کارهای تحلیلی و آماده سازی با طیف گسترده ای از محلول ها از وزن مولکولی کم تا بسیار بالا کاربردی است [۲]. این روش بسته به نوع ژل مورد استفاده می تواند برای طیف گسترده ای از حلال ها و پلیمرها استفاده شود. GPC برای تعیین خصوصیات معمول پلیمر و کنترل کیفیت، به ویژه در تعیین MWD و برای مشخص کردن پلیمرهای کم و مولکول های کوچک، به عنوان مثال، برای کنترل کیفی پیش پلیمرها<sup>۶</sup> رزین ها و برای افزودنی های پلیمری استفاده شده است [۴]. استفاده از چند آشکارساز GPC قدرت SEC را به ویژه در مورد کopolymerها به شدت افزایش می دهد. برای کopolymerهای استایرن-مالئیک انیدرید<sup>۷</sup>، نه تنها می توان توزیع وزن مولکولی را با استفاده از آشکارساز ضریب شکست افتراقی<sup>۸</sup> تعیین کرد، بلکه اطلاعاتی از ترکیب درصد SMA (محتوای استایرن یا تعداد اسید) را با ترکیب کروماتوگرام های DRI و آشکارسازهای UV نیز تعیین کرد. [۵].

همه پلیمرهای مصنوعی توزیعی از وزن های مولکولی را نشان می دهند که ممکن است به روش های مختلفی میانگین گیری شوند. هر خاصیت فیزیکی یا عملکردی پلیمر ممکن است به یک یا چند نوع وزن مولکولی متوسط مربوط باشد، نوع میانگین توسط فرآیند میانگین گیری فیزیکی ذاتی در روش مورد استفاده برای اندازه گیری ویژگی تعیین می شود. بسیاری از پلیمرها دارای توزیع پارامترهای مولکولی دیگری مانند ترکیب شیمیایی، منظم بودن زنجیر و انشعاب زنجیره هستند. در آزمایش GPC، مولکول های پلیمر بر اساس اندازه یا حجم هیدرودینامیکی آنها به دلیل توانایی آنها در نفوذ به بخشی از حجم منافذ ذرات ژل، یعنی فاز ساکن، جدا می شوند. همانطور که نمونه در امتداد ستون با فاز متحرک (حلال) حرکت می کند، بزرگترین مولکول ها تقریباً به طور کامل وارد هیچ کدام از منافذ نمی شوند چون

<sup>1</sup> Molecular Weight (MW)

<sup>2</sup> Molecular Weight Distribution (MWD)

<sup>3</sup> Gel Permeation Chromatography (GPC)

<sup>4</sup> Size Exclusion Chromatography (SEC)

<sup>5</sup> Porath and Flodin

<sup>6</sup> Moore

<sup>7</sup> Prepolymers

<sup>8</sup> Styrene-Maleic Anhydride (SMA)

<sup>9</sup> Differential Refractive Index (DRI)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

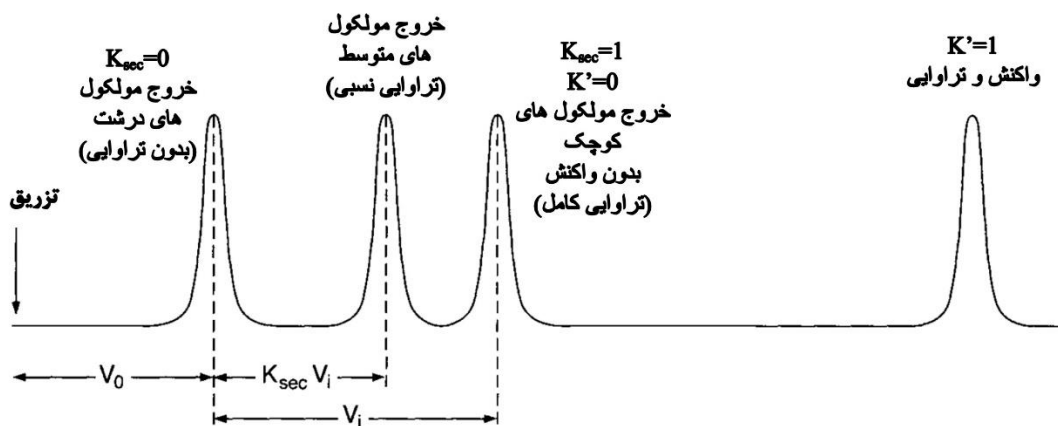
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

اندازه بزرگتری دارند، در حالی که کوچکترین مولکول ها تقریباً تمام منافذ فاز ساکن (حفرات ژل) را قابل دسترسی می دانند. هر چه مولکول کوچکتر باشد، حجم فاز ساکن بیشتری در دسترس آن است و مدت بیشتری در آن فاز ساکن باقی می ماند. در نتیجه، مولکول های کوچک بعداً از ستون شسته می شوند. جداسازی یک برش با اندازه معین در محلول توسط یک ضریب توزیع،  $K_{sec}$  تعیین می شود، که بر کسری از حجم منافذ داخلی ژل،  $V_i$ ، که برای این برش قابل دسترسی است، تعیین می شود. مقدار حجم نگهداری،  $V_r$ ، برای این املاح با معادله ۱ داده می شود.

$$V_r = V_0 + V_i K_{sec} \quad \text{معادله ۱}$$

که در آن  $V_0$  حجم فاز متحرک است و  $K_{sec}$  نسبت حجم منافذ قابل دسترسی یک برش به حجم کل منافذ است. برای مولکول های بسیار بزرگ که به طور کامل نمی توانند وارد حفرات ژل بشوند،  $V_r$  با  $V_0$  برابر است. مولکول های بسیار کوچک به هر دو فاز ثابت و متحرک دسترسی آزاد دارند، یعنی  $K_{sec}$  برابر واحد است. برای زنجیرهای پلیمری با اندازه متوسط،  $K_{sec}$  ثابتی بین ۰ و ۱ است. وابستگی  $V_r$  به اندازه زنجیرهای پلیمری در هر برش (پیک) در شکل ۱ برای محلولی با طیف وسیعی از اندازه ها، نشان داده شده است.



شکل ۱. محل قرارگیری پیک ها با توجه به اندازه مولکول در کروماتوگرافی ژل تراوایی

بنوا و همکاران [۶] پیشنهاد کردند که حجم هیدرودینامیکی،  $V_{\eta}$ ، که متناسب با حاصلضرب  $[\eta]$  و  $M$  است، که در آن  $[\eta]$  ویسکوزیته ذاتی پلیمر در حلال SEC است، ممکن است به عنوان پارامتر کالیبراسیون جهانی استفاده شود.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

تفسیر پلیمرهای خطی، بر حسب وزن مولکولی ساده است. اگر ثابت های  $K$  و  $a$  برای معادله مارک-هاوینک-ساکورادا<sup>1</sup> شناخته شوند،  $\log [\eta]M$  را می توان به صورت  $\log M^{1+\alpha} + \log K$  نوشت و  $V_r$  را می توان مستقیماً با  $M$  مرتبط کرد. وزن مولکولی متوسط اندازه،  $M_z$ ، به صورت معادله ۲ تعریف می شود:

$$\bar{M}_z = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} w_i M_i^{1+\alpha}}{\sum_{i=1}^{\infty} w_i M_i} \quad \text{معادله ۲}$$

برای پلیمرهای شاخه دار، اندازه مولکولی بسیار مهم است، زیرا پلیمر شسته شده با هر مقدار  $V_r$ ، از مخلوطی از زنجیره هایی تشکیل می شود که وزن های مولکولی و درجات انشعاب متفاوت اما حجم هیدرودینامیکی ثابت دارند. به عبارتی برای پلیمرهای شاخه دار، استفاده از SEC توصیه نمی شود.

پدیده های فیزیکی و شیمیایی متفاوتی بر روی سرعت نفوذ در ژل ها برای هر برش تاثیر دارند. از بین تئوری های موجود، تئوری بشقابک های فرضی بیشتر استفاده شده است. در این تئوری فرض می شود، هرستون از یک سری لایه های باریک، افقی و کاملاً مجزا از هم، که به طور متوالی قرار گرفته اند (بشقابک)، تشکیل شده است. بشقابکها در تعادل بین فاز متحرک و ساکن هستند. با انتقال محلول بین بشقابک ها عمل جداسازی صورت می گیرد. کارایی هر ستون به تعداد بشقابک های موجود در ستون و یا به عبارت دیگر به تعداد تعادلات ستون بستگی دارد. برای بررسی کارایی ستون تعداد بشقابک ( $N$ ) را از معادله ۳ می کنند. در این رابطه  $H$  نشان دهنده ارتفاع هر بشقابک و  $L$  طول ستون است.

$$H=L/N \quad \text{معادله ۳}$$

که در آن  $L$  طول ستون و  $N$  شماره صفحه است. اگر بیک های کروماتوگرامها متقارن باشند، میتوان آن را خطای عادی یا گاوسی در نظر گرفت و در این صورت  $N$  از معادله ۴ تعیین می شود.

$$N=16(V_e/W)^2 \quad \text{معادله ۴}$$

که در آن  $W$  عرض خط در نیمه ارتفاع کروماتوگرام و  $V_e$  حجم شستشوی ماده حل شونده است ( $V_e=V_0+V_i$ ). یک بسته بندی ریز ذرات معمولی با قطر ذره تقریباً  $10 \mu\text{m}$  یک ستون SEC با کارایی بالا (HP) دارای  $N > 20000$  صفحه  $\text{m}^{-1}$  را تشکیل می دهد.

شرایط ضروری برای تفکیک موثر پلیمرها توسط SEC این است که اندازه منافذ در بسته بندی ستون باید با اندازه پلیمر در محلول قابل مقایسه باشد و حجم منافذ قابل توجهی داشته باشد. برای بسته بندی ماکرو متخلخل معمولاً  $0.65 < V_i/V_0 < 0.85$  است. در نتیجه، برای جداسازی نمونه هایی با طیف وسیعی از وزن های مولکولی، آرایش سری ای از ستون ها ضروری است که هر کدام محدوده اندازه مولکولی متفاوتی را پوشش می دهند. می توان از یک ستون منفرد

<sup>1</sup> Mark-Houwink-Sakurada

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

حاوی چندین ژل با توزیع اندازه منافذ مختلف استفاده کنیم. برای توزیع اندازه منافذ ایجاد رابطه خطی بین  $\log M$  و  $V_T$  به منظور تسهیل تجزیه و تحلیل وزن مولکولی مفید است.

در حالت ایده آل، حلال مورد استفاده برای SEC باید حلال خوبی برای پلیمر باشد، باید پاسخ آشکارساز بالایی از پلیمر را بدهد و سطح بسته بندی داخل ستون ها را خیس کند [۷]. رایج ترین حلال ها در SEC عبارتند از تتراهیدروفوران برای پلیمرهایی که در دمای اتاق حل می شوند، ۰-دی کلروبنزن و تری کلروبنزن در دمای  $150^{\circ}\text{C}$  - برای پلی آلکن های کریستالی و ام-کرسول<sup>۱</sup> و ۰-کلروفنل در دمای  $90^{\circ}\text{C}$  برای پلیمرهای متراکم کریستالی مانند پلی آمید و پلی استر. برای پلیمرهای قطبی تر، دی متیل فرمامید و حلال های آبی ممکن است استفاده شوند. موقع استفاده از حلال بایستی به اثرات متقابل احتمالی حلال و ژل پر شده در داخل ستون ها توجه داشت.

در SEC غلظت وزنی پلیمر در حلال شستشو ممکن است به طور مداوم با یک آشکارساز اندازه گیری ضریب شکست، جذب UV، یا جذب فروسرخ کنترل شود [۸]. بنابراین کروماتوگرام حاصل، توزیع وزنی پلیمر به عنوان تابعی از حجم احتباس،  $V_T$  است. دستگاه SEC به آشکارسازهای غلظت بسیار حساس نیاز دارند که به طور خطی با غلظت پلیمر مرتبط باشند. رایج ترین آشکارساز برای کنترل غلظت پلیمر در حلال، رفرکتومتر دیفرانسیل<sup>۳</sup> است. پاسخ آشکارساز نسبت به غلظت پلیمر ارتباطی به وزن مولکولی آن ندارد. حساس ترین آشکارساز نورسنج دیفرانسیلی UV است که برای پلیمری با جذب قابل توجه اشعه ماوراء بنفش و حلال غیر جاذب مناسب است. این آشکارساز به طور قابل ملاحظه ای تحت تأثیر ضربان های جریان حلال، تغییرات سرعت جریان و نوسانات دما قرار نمی گیرد. برای شناسایی کوپلیمرها، دو آشکارساز به صورت سری لازم است. آشکارساز IR برای تشخیص پلی آلکن ها در دماهای بالا استفاده می شود زیرا نوبز و رانش پایه بسیار کمتر از آشکارساز رفرکتومتر دارد.

توالی زنجیره ای کوپلیمرها به شدت بر خواص فیزیکی آنها تأثیر می گذارد. بنابراین، برای توسعه و خواص نهایی مواد جدید از اهمیت حیاتی برخوردار است. روش های تحلیلی کمی برای نظارت بر توالی کوپلیمرها در دسترس است. در سال ۲۰۲۰ کنول<sup>۴</sup> و همکاران، دریافتند برای تعیین توالی کوپلیمر، طیفسنجی تشدید مغناطیسی هسته ای<sup>۵</sup> غیر حساس است (مخصوصاً زمانی که  $^{13}\text{C-NMR}$  مورد نیاز است) و اغلب وضوح طیفی کمی را بین سیگنال ها ارائه می دهد. محققین برای کنترل بر توالی در سراسر توزیع جرم مولی یا کمی کردن آن از پیرولیز - کروماتوگرافی گازی<sup>۶</sup> به عنوان یک روش جایگزین استفاده کردند. Py-GC نسبت به NMR حساس تر است و وضوح بهتری را بین زیر واحدهای

<sup>1</sup> m-cresol

<sup>2</sup> Infrared (IR) absorption

<sup>3</sup> Differential Refractometer (DRI)

<sup>4</sup> Knol

<sup>5</sup> Nuclear-Magnetic-Resonance spectroscopy (NMR)

<sup>6</sup> pyrolysis – gas chromatography (Py-GC)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

مختلف ارائه می کند. محققین نشان دادند که این روش می تواند با موفقیت برای تعیین توالی زنجیره کopolimerهای  
تصادفی و بلوکی استفاده شود. علاوه بر این، ما موفق شدیم از Py-GC برای نظارت بر توالی یک کopolimer تصادفی و  
بلوکی در سراسر توزیع جرم مولی استفاده کنیم [۹].

پلیمریزاسیون آکریلات به روش رادیکال آزاد با تعداد قابل توجهی از واکنش های جانبی در طول رشد زنجیره ای همراه  
است. مهم تر از همه، رادیکال های تکثیر شده زنجیر ثانویه می توانند تحت واکنش های انتقال درون مولکولی قرار گیرند  
و رادیکال های زنجیره میانی با ثبات تر و سومی را تشکیل دهند. این رادیکال های زنجیره میانی می توانند با افزودن  
مونومر به رادیکال های ثانویه در حال انتشار سریع تبدیل شوند. در عمل، در شرایط پلیمریزاسیون حالت پایدار، نرخ  
انتشار متوسطی مشاهده می شود که با سه ضریب سرعت جداگانه توصیف می شود. اینها ضرایب انتشار رادیکال ثانویه  
 $K_p^{SPR}$ ، واکنش بک بیتینگ<sup>۱</sup>  $K_{bb}$ ، و نرخ افزودن مونومر رادیکال سوم  $K_p^{tert}$  هستند. در سال ۲۰۲۰ کوئنتین<sup>۲</sup> و همکاران،  
آزمایش های پلیمریزاسیون لیزری پالسی در محدوده فرکانس لیزری ۱ تا ۱۰۰۰ هرتز برای مونومر ۲-اتیل هگزیل آکریلات  
در محدوده دمایی ۵ تا ۶۰ °C انجام دادند و با استفاده از SEC توانستند با موفقیت همه ضرایب روابط آرنیوسی را  
تعیین کنند [۱۰].

دیپاتی و همکاران در سال ۲۰۲۰ روش برجسب گذاری رادیویی<sup>۳</sup> و SEC را برای مشخص کردن پلیمر ترکیب کردند. از  
آنجایی که سیستم های دارورسانی و نانوداروها ضروری است که به راحتی از بدن حذف شوند. توسعه سیستماتیک و  
پیش بالینی داروهای جدید به ابزارهایی برای ارزیابی فارماکوکینتیک<sup>۴</sup>، توزیع زیستی و دفع آنها نیاز دارد. محققین  
تکنیکی به نام حذف اندازه پلیمرهای رادیواکتیو<sup>۵</sup> برای ردیابی وضعیت پلیمر نشاندار شده و نانوذرات آن با استفاده از  
کروماتوگرافی در حضور پارامترهای بیولوژیکی پیچیده مانند خون، ادرار و مدفوع پیشنهاد کردند. آنها از تری متیل  
کیتوزان<sup>۶</sup> به عنوان پلی ساکارید با منشا طبیعی که کاربردهای دارورسانی کنترل شده و هدفمند دارد، استفاده کردند.  
محققین از SERP برای نظارت بر تخریب TMC نشاندار شده و نانوذرات آن در شرایط آزمایشگاهی در حضور اسید  
قوی، آنزیم های آزاد شده توسط ماکروفاژها و همچنین در داخل بدن پس از تجویز به موش ها استفاده کردند. دفع  
نانوذرات TMC نشاندار شده رادیویی در ادرار و مدفوع به مدت ۱۴ روز پس از تزریق به موش های صحرایی سالم،  
کنترل شد و تایید شد که پلیمر می تواند به راحتی از بدن حذف شود. این کار توانایی SERP را برای درک سفر  
بیولوژیکی مواد زیستی در داخل بدن نشان داد. محققین بیان کردند که SERP راه را برای درک سرنوشت پلیمرها و

<sup>1</sup> Backbiting

<sup>2</sup> Quintens

<sup>3</sup> Radiolabeling

<sup>4</sup> Pharmacokinetics

<sup>5</sup> Size Exclusion of Radioactive Polymers (SERP)

<sup>6</sup> Trimethyl chitosan (TMC)



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

نانوذرات در محیط های پیچیده هموار می کند، ممکن است توسعه نانوداروهای ایمن تر و قابل تحمل تر را تسهیل کند  
.[۱۱]

### ۴. نتیجه گیری

تکنیک های SEC برای طیف گسترده ای از مواد محلول، هم با وزن مولکولی کم و بالا، محلول در حلال هایی با  
قطبیت های مختلف قابل استفاده هستند. انتخاب نوع ستون، اندازه منافذ ستون، حلال و دما باید به طور مناسب برای  
هر محلول انجام شود. SEC روشی نسبی است، به ویژه برای آشکارسازهای UV و ضریب شکست (RI) و باید با  
استفاده از استانداردهای پلیمری که وزن مولکولی آنها با استفاده از روش های مطلق مانند ویسکوزیته ذاتی یا پراکندگی  
نور تعیین شده است، کالیبره شود. در نتیجه، دقت آن به کالیبراسیون وابسته است.

منابع

1. Billmeyer, F. W. (1984). Textbook of polymer science. John Wiley & Sons.
2. Porath, J., & Flodin, P. E. R. (1959). Gel filtration: a method for desalting and group separation. *Nature*, 183(4676), 1657-1659. Moore, J. C. (1964). Gel permeation chromatography. I. A new method for molecular weight distribution of high polymers. *Journal of Polymer Science Part A: General Papers*, 2(2), 835-843.
3. Casis, N., Estenez, D. A., Vega, J. R., & Meira, G. R. (2009). Bulk prepolymerization of styrene in the presence of polybutadiene: Determination of grafting efficiency by size exclusion chromatography combined with a new extended model. *Journal of Applied Polymer Science*, 111(3), 1508-1522.
4. Krüger, S., Krahl, F., & Arndt, K. F. (2010). Random cross-linked poly (styrene-co-maleic anhydride): Characterization of cross-linking intermediates by size exclusion chromatography. *European polymer journal*, 46(5), 1040-1048.
5. BENOIT, H. C. (1967). Reflections on "A Universal Calibration for Gel Permeation Chromatography," by Z. Grubisic, P. Rempp, and H. Benoit. *J. Polym. Sci*, 5, 753.
6. Gaborieau, M., & Castignolles, P. (2011). Size-exclusion chromatography (SEC) of branched polymers and polysaccharides. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 399(4), 1413-1423.
7. Striegel, A. M. (2005). Multiple detection in size-exclusion chromatography of macromolecules.
8. Knol, W. C., Gruending, T., Schoenmakers, P. J., Pirok, B. W., & Peters, R. A. (2022). Co-Polymer sequence determination over the molar mass distribution by size-exclusion chromatography combined with pyrolysis-gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1670, 462973.
9. Quintens, G., & Junkers, T. (2022). Pulsed laser polymerization–size exclusion chromatography investigations into backbiting in ethylhexyl acrylate polymerization. *Polymer Chemistry*, 13(14), 2019-2025.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

10. Dikpati, A., Gaudreault, N., Chénard, V., Grenier, P., Boisselier, É., & Bertrand, N. (2022). Size Exclusion of Radioactive Polymers (SERP) informs on the biodegradation of trimethyl chitosan and biodegradable polymer nanoparticles in vitro and in vivo. *Journal of Controlled Release*, 346, 20-31

### سنتز مشتقات جدید ۱-فنیل-۱-تترازول-۵-تیول با استفاده از واکنش مایکل تحت شرایط بدون حلال و جداسازی، تفکیک، تجزیه و تحلیل محصولات با استفاده از کروماتوگرافی ستونی

سیامک اتابک<sup>۱\*</sup>، غلامحسن ایمانزاده<sup>۱</sup>، رقیه اصغرزاده<sup>۱</sup>

۶- اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی-کاربردی (g-imanzadeh@uma.ac.ir)

#### چکیده

بیشتر واکنش های شیمیایی در حلال های آلی مختلف انجام می گیرند. متاسفانه برخی از این حلال های سمی در آزمایشگاه های شیمیایی و صنایع مورد استفاده قرار می گیرند و می توانند یک مشکل بسیار جدی برای سلامت انسان و همچنین آسیب های زیست محیطی از طریق آلودگی را سبب شوند. به همین دلیل بی شک بهترین راه حل، انجام واکنش در شرایط بدون حلال است. با توجه به اهمیت و نقش دارویی ۱-فنیل-۱-تترازول-۵-تیول (PHtt)، در این کار تحقیقاتی مشتق های جدید PHtt، از واکنش آن با استرهای  $\beta, \alpha$ -غیراشباع و آکریلونیتریل در حضور باز  $K_2CO_3$  و TBAB به عنوان محیط یونی، تحت شرایط بدون حلال سنتز شدند و . برای جداسازی محصول ها از ستون شیشه ای کروماتوگرافی حاوی سیلیکاژل ۶۰ مرک (مش ۲۳۰-۲۴۰) که در آن ۱۵ الی ۳۰ گرم سیلیکاژل به ازای یک گرم ماده به کار رفت، استفاده شد. شناسایی محصولات توسط آنالیزهای FT-IR،  $^1H$  NMR،  $^{13}C$  NMR انجام گرفت.

کلمات کلیدی: کروماتوگرافی ستونی، ۱-فنیل-۱-تترازول-۵-تیول (PHtt)، افزایش مایکل، استرهای آکریلات و شرایط بدون حلال

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۱- مقدمه

کروماتوگرافی ستونی ( شکل ۱) یکی از روش های کروماتوگرافی است که به کمک فاز ساکن جهت جدا سازی، تفکیک و تجزیه و تحلیل انواع ترکیبات پیچیده آلی کاربرد دارد. این نوع از کروماتوگرافی جایگاه ویژه ای در آماده سازی و کنترل واکنش ها در سنتز آلی دارد. در کروماتوگرافی ستونی ذره بین دو فاز مایع و جامد پخش می شود. در این تکنیک، فاز ساکن در داخل لوله ای باریک که ستون نامیده می شود ثابت می شود. سپس، فاز متحرک به کمک نیروی گرانش یا با استفاده از یک نیروی خارجی حاصل از پمپ از درون ستون عبور می کند. به عبارتی فاز ساکن، یک جامد است که اجزای مایعی (فاز متحرک یا حلال) را که از آن عبور می نماید را به صورت انتخابی در سطح خود جذب می کند. نیروهایی که سبب جذب سطحی در این نوع کروماتوگرافی می شوند، در واقع همان نیروهایی هستند که باعث جذب در مولکول ها می شوند (مثل نیروهای ایجاد کمپلکس، پیوند هیدروژنی، نیروهای واندروالس و جاذبه های الکتروستاتیک. نحوه عمل کروماتوگرافی ستونی نیز همچون سایر روش های کروماتوگرافی است. در حقیقت برای جدا سازی مخلوط با این نوع کروماتوگرافی، ستون را با یک جرم جامد فعال مثل آلومینا یا سیلیکاژل پر نموده و مقداری از نمونه مایع را روی آن قرار می دهند. نمونه مورد نظر در ابتدا در بالای ستون کروماتوگرافی جذب شده و در ادامه حلال استخراج کننده را در داخل ستون عبور می دهند. فاز متحرک، اجزای نمونه را با خود جابجا می کند. ذرات با تمایل جذب پایین تر، نسبت به ذرات با چسبندگی بیشتر، تندتر حرکت نموده و سریع تر از ستون خارج می شود. در نهایت به دلیل تفاوت سرعت حرکت آنها، جدا سازی انجام می شود. به طور کلی هدف این کروماتوگرافی، ظاهر شدن نقاطی است که به خوبی از هم جدا شوند [۱].

### اساس کروماتوگرافی ستونی

معمولا کروماتوگرافی ستونی به سه دلیل روش بسته بندی ساده، فشار کاری کم و همچنین هزینه کم برای ابزار اهمیت فراوانی دارد. این کروماتوگرافی براساس اجزا، به شرح زیر است.

- ۴) جاذب های مناسب (فاز ساکن یا فاز ثابت)
- ۵) حلال ها یا مخلوط های حلال به عنوان فاز متحرک یا فاز شوینده
- ۶) مولکول های نمونه یا آنالیت [۲].



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

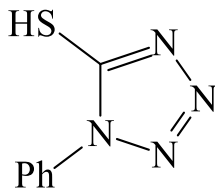
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱: شمای مربوط به کروماتوگرافی ستونی

توجه به تترازول ها با گسترش دامنه کاربردهای عملی این ترکیبها روز به روز در حال افزایش است. تترازول ها در اجزای بعضی از داروها، مواد انرژی زا و ترکیبهای مولد گاز وجود دارند و در برخی زمینه های دیگر نیز استفاده می شوند. از مشتق های تترازول می توان به تترازول-۵-تیول های ۱-استخلاف شده اشاره کرد. تترازول-۵-تیول های ۱-استخلاف شده گروهی از ترکیب های ناجور حلقه می باشند که به طور گسترده در سنتز ترکیب های دارویی و ترکیب های فعال بیولوژیکی مورد استفاده قرار می گیرند [۳]. از تترازول-۵-تیول های ۱-استخلاف شده می توان به ۱-فنیل-۱-تترازول-۵-تیول ( شکل ۲) اشاره کرد که عمدتاً در سنتز ترکیب های دارویی مورد استفاده قرار می گیرد [۴].



شکل ۲: ساختار مربوط به ۱-فنیل-۱-تترازول-۵-تیول.

توتومریزاسیون<sup>۱</sup> در PHtt به سه صورت می باشد (شکل ۳). براساس داده های موجود، ۱-فنیل-۱-تترازول-۵-تیون در کریستال و در محلول ترجیحاً به شکل تیون وجود دارد. بدیهی است، وضعیت حاصل توتومریزاسیون مورد بررسی قرار نگرفته است. اما، با توجه به برخی از داده های غیرمستقیم و نتایج محاسبات کوانتومی-شیمیایی، توتومر B از نظر ترمودینامیکی پایدارتر است [۵].

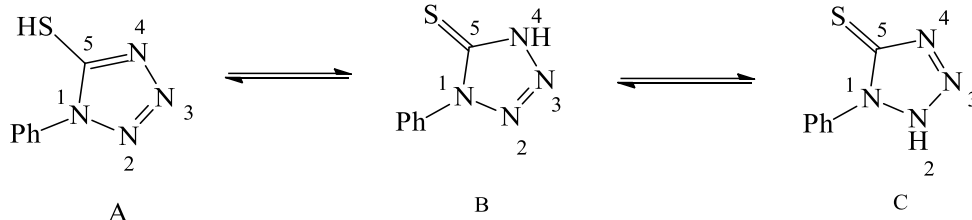
<sup>1</sup> Tautomerization

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

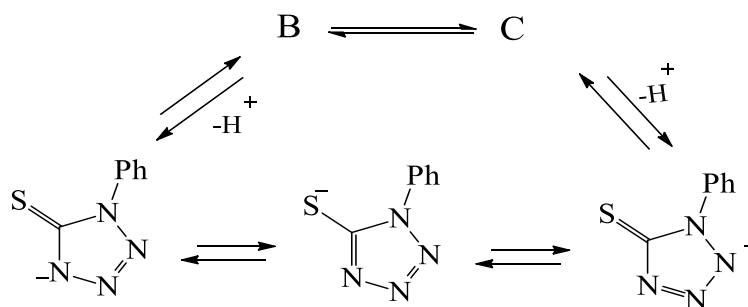
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۳: توتومریزاسیون در PHtt

یون های تترازولاتی که با پروتون زدایی از تیون های B و C تشکیل شده اند توسط ساختارهای رزونانسی زیر نشان داده می شوند ( شکل ۴). واکنش این آنیون ها از طریق آلکیلاسیون و یا واکنش با سایر الکتروفیل ها می تواند سبب تولید سه مشتق ایزومری ( $N_4^-$ ,  $S^-$ ,  $N_2^-$ ) شود. با این حال، به دلیل عدم وجود داده های سیستماتیک، اثر ساختار بستر، ماهیت گروه آلکیل کننده، ویژگی های محیط واکنش و سایر عوامل در تخمین جهت آلکیلاسیون یون های تترازولات دشوار است [۵].



شکل ۴: ساختارهای رزونانسی یون های تترازولاتی.

لابه او همکارانش در سال ۱۹۷۵ در کار تحقیقاتی خود که مربوط به واکنش افزایش مایکل PHtt بود، از دو مدل (شکل ۵-a و ۵-b) برای اثبات انجام نپذیرفتن واکنش از موقعیت  $N_2$  استفاده کردند که با مطابقت تقریبی جابجایی

<sup>2</sup> Systematic

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

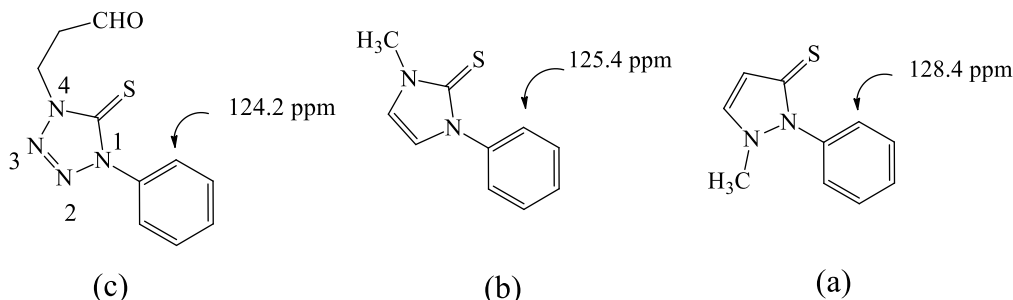
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

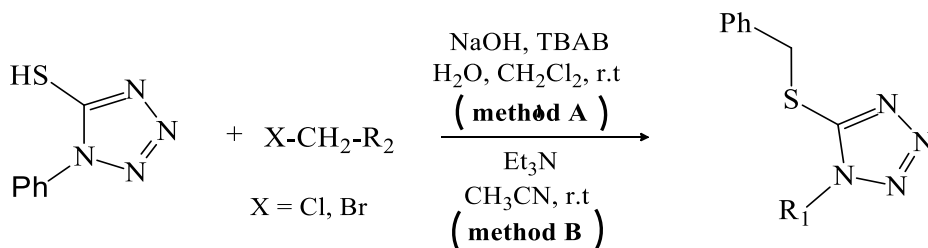


شیمیایی کربن های موقعیت اور تو PHtt آلکیله شده توسط آکرلئوئین (شکل ۵-c) با مدل (شکل ۵-b)، به این نتیجه رسیدند که واکنش از موقعیت N<sub>2</sub> نمی تواند انجام گیرد [۶].



شکل ۵: ساختار مدل های مربوطه (a و b) و PHtt آلکیله شده از موقعیت N<sub>4</sub> (c).

در سال ۲۰۱۴ کارابانویچ<sup>۲</sup> و همکارانش با بررسی و پژوهش، دسته جدیدی از ترکیب های انتخابی ضد بیماری سل فعال در برابر میکوباکتریوم های حساس به دارو و مقاوم به چند دارو را سنتز کردند. در این پژوهش، PHtt توسط آلکیل هالیدها و بنزیل هالیدهای مختلف به صورت انتخابی از موقعیت S آلکیله شد. آلکیلاسیون از دو طریق (روش A و روش B) می تواند پیش رود و محصول ها در هر دو، با بازده یکسانی تولید می شوند (شکل ۶) [۷].



شکل ۶: روش آلکیلاسیون H<sub>1</sub>-تترازول-۵-تیول های ۱-استخلاف شده از موقعیت S.

در سال ۱۹۷۹ کروتاک<sup>۱</sup> و همکارانش واکنش افزایش مایکل PHtt را به اتن سولفونیل فلوراید (ESF) مورد مطالعه قرار دادند (شکل ۷). نوع جهت گیری واکنش به انتخاب حلال وابسته است، به طوری که در حلال دی متیل فرم آمید،

<sup>1</sup> La'abe  
<sup>2</sup> Karbanovich  
<sup>3</sup> Mycobacterium  
<sup>4</sup> Alkylation



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

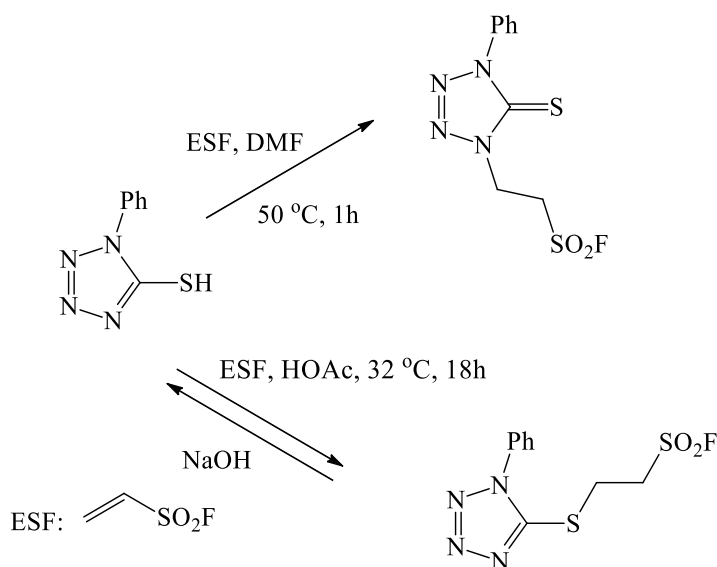
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



محصول  $N_4$ -مایکل تشکیل می شود و در حلال استیکا سید، محصول  $S$ -مایکل تشکیل می شود. همچنین اگر به محصول  $S$ -مایکل باز سدیم هیدروکسید اضافه شود، واکنش در جهت برگشت تولید PHtt پیش می رود. نوع جهت گیری واکنش به انتخاب حلال وابسته است [۸].



شکل ۷: واکنش افزایش مایکل PHtt را به اتن سولفونیل فلوراید (ESF)

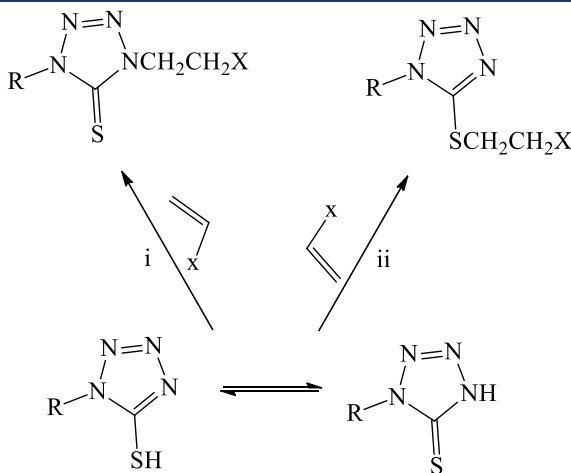
در سال ۱۹۷۵ لابه و همکارانش واکنش PHtt با ترکیب های  $\alpha,\beta$ -غیراشباع را در دو شرایط مختلف (یکی در حلال تتراهیدروفوران و در حضور باز تری اتیل آمین و دیگری فقط در حلال تتراهیدروفوران) از طریق واکنش باز تری اتیل آمین بررسی کردند (شکل ۸)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



X: CHO, COMe, CO<sub>2</sub>Me, CN

R: Ph, PhCH<sub>2</sub>

(i) Et<sub>3</sub>N, THF, 80 °C, 1h-3weeks

(ii) THF, r.t, 2 month

### شکل ۸: اکنش PHtt با ترکیب های $\alpha,\beta$ -غیراشباع

بسیاری از واکنش های شیمیایی که نقش اساسی در تامین نیازهای بشر دارند، در حلال انجام می گیرند. بنابراین حلال ها نقش اساسی در انجام واکنش های شیمیایی ایفا می کند. ولی در کنار مزایا، معایبی نیز دارند که می توان به میلیون ها تن ضایعات شامل فرآورده های جانبی واکنش ها، کاتالیزورها و حلال های مصرف شده اشاره کرد. حلال های آلی به طور گسترده، هم در سنتزهای شیمیایی و هم در تکنیک های استخراج مورد استفاده قرار گرفته اند و تا اندازه ای که جایگزین آب نیز شده اند، آثار زیان بخش حلال های آلی بر سلامت انسان و محیط زیست سبب شده که توجه شیمی دانان به جستجوی تکنولوژی های سبز جلب شود. یکی از مهمترین تکنیک ها برای انجام واکنش های شیمیایی، شرایط بدون حلال می باشد. هدف از این پژوهش، بررسی و مطالعه واکنش PHtt با ترکیب های  $\alpha,\beta$ -غیر اشباع در حضور باز K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> و TBAB به عنوان محیط واکنش، در شرایط بدون حلال و سبز بود.

روش کار برای افزایش S-مایکل PHtt به استرهای آکریلات

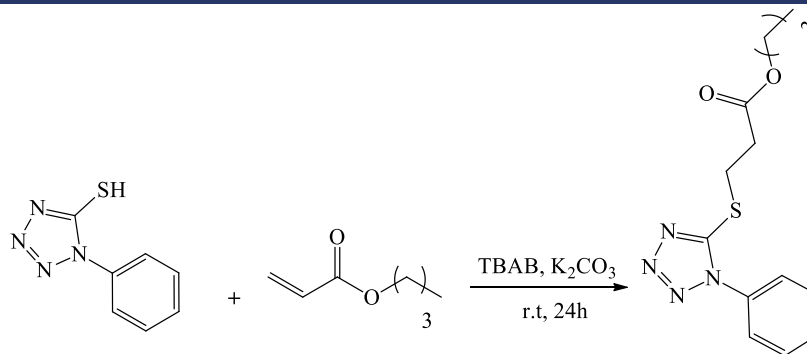
۱ میلی مول (۰/۱۷۸ گرم) PHtt، ۱ میلی مول (۰/۳۲ گرم) TBAB و ۱ میلی مول (۰/۱۳۸ گرم) K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> در یک بالن ۲۵ میلی لیتری ریخته می شوند و توسط میله همزن خوب مخلوط می شوند. ۲ میلی مول از استر آکریلات مورد نظر به بالن اضافه می شود. واکنش در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی گراد) به مدت ۲۴ ساعت قرار می گیرد. پیشرفت واکنش با کاغذ TLC دنبال می شود. مخلوط واکنش پس از سپری شدن مدت زمان لازم به وسیله ۲۰ میلی لیتر کلروفرم استخراج شده و توسط کلسیم کلرید خشک می شود. محصول توسط کروماتوگرافی ستونی با حلال اتیل استات و n-هگزان با نسبت درصدهای ۲۰ و ۸۰ به صورت پیوسته جداسازی می شود (شکل ۹).

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

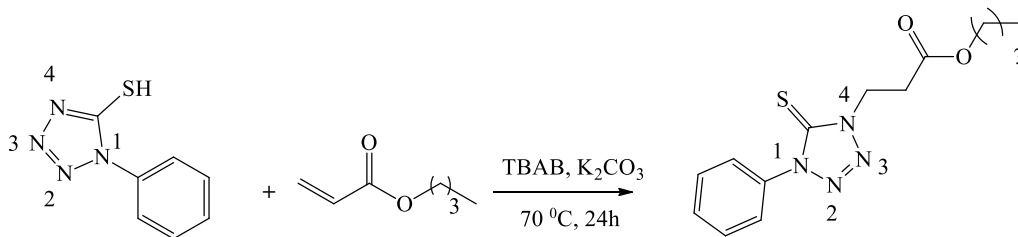
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۹: واکنش PHtt با بوتیل آکریلات (به عنوان مدل) در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی گراد) و زمان ۲۴ ساعت.

### ۳-۱- روش کار برای افزایش $N_4$ -مایکل PHtt به استرهای آکریلات

۱ میلی مول (۰/۱۷۸ گرم) PHtt، ۱ میلی مول (۰/۳۲ گرم) TBAB و ۱ میلی مول (۰/۱۳۸ گرم)  $K_2CO_3$  در یک بالن ۲۵ میلی لیتری ریخته می شوند و توسط میله همزن خوب مخلوط می شوند. ۲ میلی مول از استر آکریلات مورد نظر یا آکریلونیتریل به بالن اضافه می شود. واکنش در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار می گیرد. پیشرفت واکنش با کاغذ TLC دنبال می شود. مخلوط واکنش پس از سپری شدن مدت زمان لازم به وسیله ۲۰ میلی لیتر کلروفرم استخراج شده و توسط کلر سیم کلراید خشک می شود. محصول توسط ستون کروماتوگرافی با حلال اتیل استات و  $n$ -هگزان با نسبت درصدهای ۱۵ و ۸۵ به صورت پیوسته جداسازی می شود (شکل ۱۰)



شکل ۱۰: واکنش PHtt با بوتیل آکریلات (به عنوان مدل) در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد) و زمان ۲۴ ساعت.

نمونه ای از تحلیل طیف های ترکیب های سنتز شده

ساختار محصول های سنتز شده را طیف های  $^1H$  NMR،  $^{13}C$  NMR و IR تایید می کنند. با استفاده از محصول شکل (۹) به عنوان الگو برای واکنش استرهای آکریلات با PHtt، به ویژگی های طیف  $^1H$  NMR در شکل (۱۰) و در شکل (۱۱) به ویژگی های طیف  $^{13}C$  NMR این ترکیب اشاره شده است.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



در طیف  $^1\text{H NMR}$  مربوط به این ترکیب، پیام موجود در  $1/07 \text{ ppm}$  مربوط به هیدروژن های متیلی (a) می باشد و به صورت سه تایی با ثابت کوپلاژ  $7/4 \text{ Hz}$  ظاهر شده است. پیام موجود در  $1/52 \text{ ppm}$  مربوط به هیدروژن های متیلینی (b)

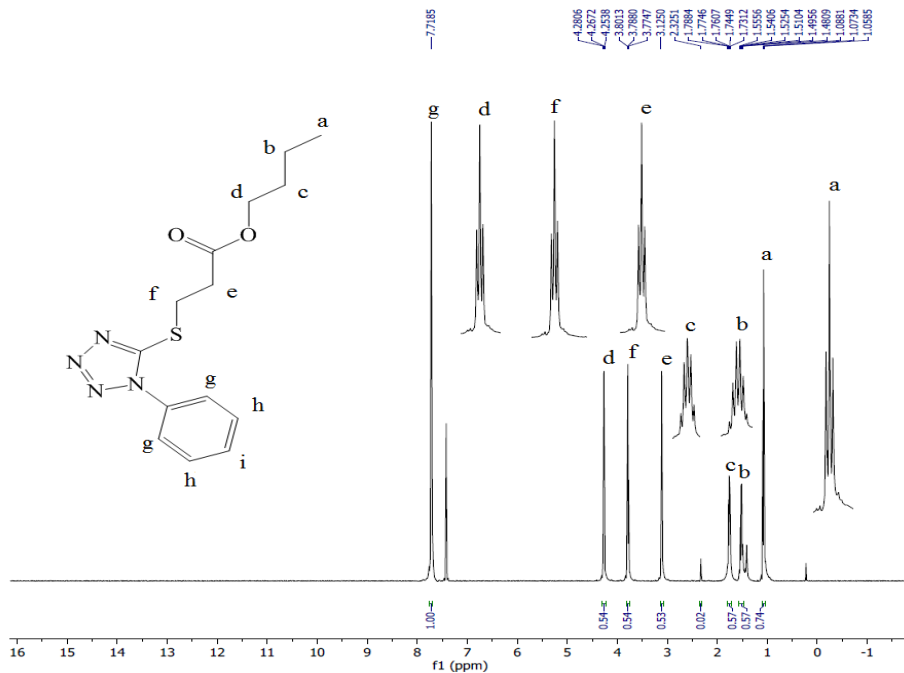
می باشد که با ثابت کوپلاژ  $7/4 \text{ Hz}$  و به صورت شش تایی ظاهر شده است. پیام ظاهر شده در  $1/76 \text{ ppm}$  مربوط به هیدروژن های متیلینی (c) است که به صورت پنج تایی و با ثابت کوپلاژ  $6/7 \text{ Hz}$  می باشد. پیام مربوط به هیدروژن های متیلینی (d) در  $3/12 \text{ ppm}$  ظاهر شده که به صورت سه تایی است و ثابت کوپلاژ آن  $6/6 \text{ Hz}$  می باشد. پیام موجود در  $3/78 \text{ ppm}$  مربوط به هیدروژن های متیلینی مجاور گوگرد (e) است و به صورت سه تایی بوده و ثابت کوپلاژ آن  $6/6 \text{ Hz}$  می باشد. پیام مربوط به هیدروژن های متیلینی مجاور اکسیژن (f) در  $4/26 \text{ ppm}$  که به صورت سه تایی با ثابت کوپلاژ  $6/7 \text{ Hz}$  ظاهر شده است. پیام موجود در  $7/71 \text{ ppm}$  مربوط به هیدروژن های حلقه آروماتیک می باشد که به صورت یکتایی ظاهر شده است. شکل (۲-۳) طیف  $^{13}\text{C NMR}$  این ترکیب را نشان می دهد. ۱۲ نوع کربن در این طیف مشاهده می شود. کربن متیلی (a) در  $13/7 \text{ ppm}$  ظاهر شده است. جابجایی شیمیایی کربن های متیلینی (b, c) از چپ به راست به ترتیب  $19/2 \text{ ppm}$  و  $30/7 \text{ ppm}$  می باشد. جابجایی شیمیایی مربوط به کربن های متیلینی متصل به گروه کربونیل (f)، گوگرد (g) و اکسیژن استری (d) به ترتیب  $34/1 \text{ ppm}$ ،  $28/3 \text{ ppm}$  و  $65/0 \text{ ppm}$  می باشد. کربن حلقه تترازول (h) در  $154/0 \text{ ppm}$  ظاهر شده است. پیام گروه کربونیل استر (e) در  $171/5 \text{ ppm}$  ظاهر شده است. جابجایی شیمیایی مربوط به کربن های حلقه آروماتیک (i, j, k, l)، از چپ به راست به ترتیب  $123/9 \text{ ppm}$  و  $129/9 \text{ ppm}$  و  $130/3 \text{ ppm}$  و  $133/7 \text{ ppm}$  می باشد. از مهم ترین صفت مشخصه در طیف IR این ترکیب می توان به ارتعاش کششی گروه کربونیل استر اشاره کرد که در ناحیه  $1736 \text{ cm}^{-1}$  به صورت یک پیک قوی ظاهر شده است (شکل ۱۲).

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

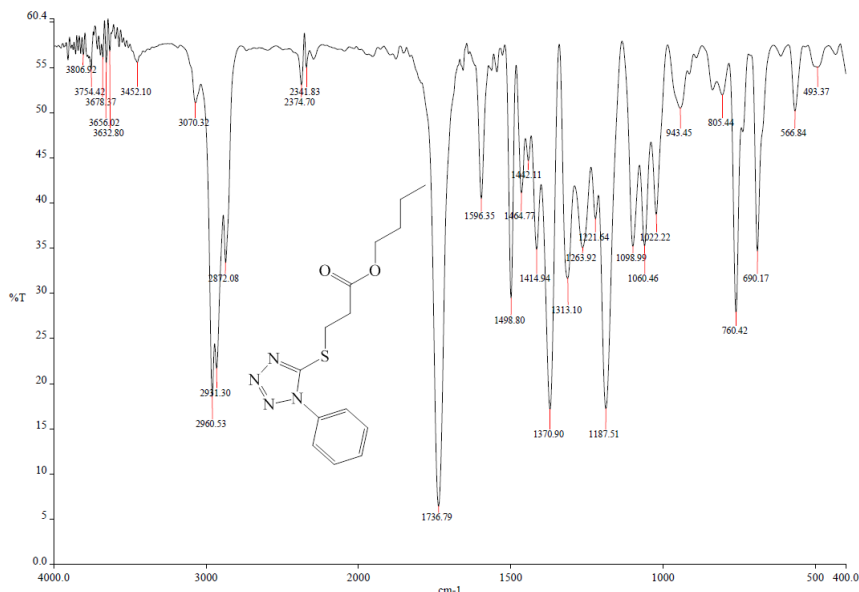


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱۲: شکل ۳-۳: طیف FT-IR محصول شکل (۹)

با استفاده از محصول شکل (۱۰) به عنوان الگو برای واکنش استرهای آکریلات با PHTt، به ویژگی های طیف  $^1\text{H}$  NMR در شکل (۱۳) و در شکل (۱۴) به ویژگی های طیف  $^{13}\text{C}$  NMR این ترکیب اشاره شده است. در طیف  $^1\text{H}$  NMR مربوط به این ترکیب، پیام موجود در ۰/۹۳ ppm مربوط به هیدروژن های متیلی (a) می باشد و به صورت سه تایی با ثابت کوپلاژ ۷/۳ Hz آشکار شده است. پیام موجود در ۱/۳۷ ppm مربوط به هیدروژن های متیلنی (b) می باشد که با ثابت کوپلاژ ۷/۳ Hz و به صورت شش تایی ظاهر شده است. پیام ظاهر شده در ۱/۶۲ ppm مربوط به هیدروژن های متیلنی (c) می باشد که به صورت پنج تایی و با ثابت کوپلاژ ۶/۷ Hz می باشد. پیام مربوط به هیدروژن های متیلنی (d) در ۳/۰۵ ppm ظاهر شده و به صورت سه تایی با ثابت کوپلاژ ۷/۶ Hz می باشد. پیام موجود در ۴/۱۴ ppm مربوط به هیدروژن های متیلنی مجاور اکسیژن (e) می باشد و به صورت سه تایی و با ثابت کوپلاژ ۶/۷ Hz ظاهر شده است. پیام مربوط به هیدروژن های متیلنی مجاور نیتروژن (f) در ۴/۶۵ ppm می باشد که به صورت سه تایی آشکار شده و ثابت کوپلاژ آن ۷/۶ Hz می باشد. پیام موجود در ۷/۴۸-۷/۵۱ ppm مربوط به هیدروژن حلقه آروماتیک (i) می باشد که به صورت چند تایی ظاهر شده است. پیام مربوط به هیدروژن های حلقه آروماتیک (h) در ۷/۵۵ ppm ظاهر شده است و به صورت سه تایی و با ثابت کوپلاژ ۸/۳ Hz مشاهده می شود. پیام موجود در ۷/۹۶ ppm مربوط به هیدروژن های آروماتیک (g) می باشد که به صورت دو تایی و با ثابت کوپلاژ ۸/۳ Hz ظاهر شده است. شکل (۳-۴) طیف  $^{13}\text{C}$  NMR این ترکیب را نشان می دهد. ۱۲ نوع کربن در این طیف مشاهده می شود. کربن متیلی (a) در ۱۴/۰ ppm ظاهر شده است. جابجایی شیمیایی کربن های متیلنی (b, c) به ترتیب ۱۹/۴ ppm و ۳۲/۳ ppm



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

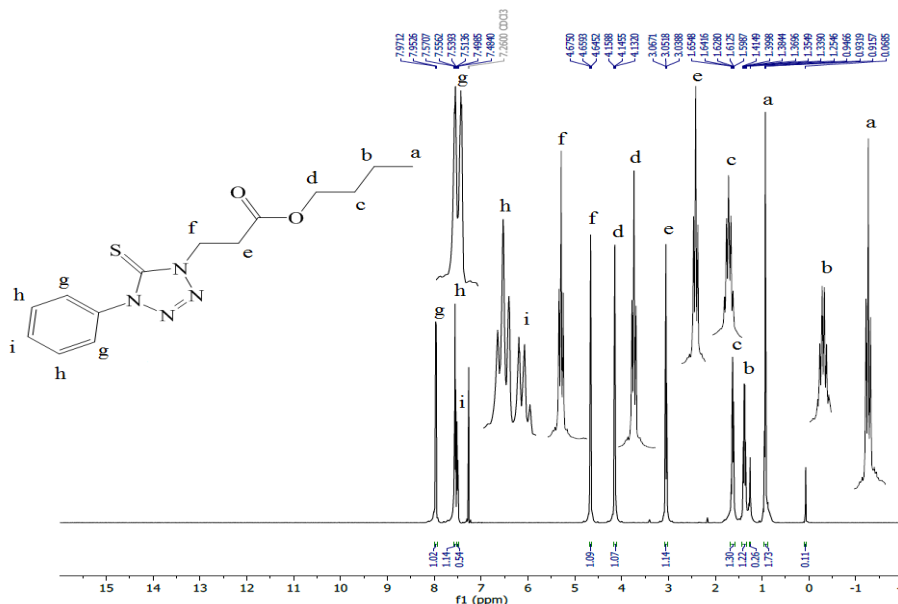
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



می باشد. جابجایی شیمیایی مربوط به کربن های متیلنی متصل به گروه کربونیل، اکسیژن استری و نیتروژن به ترتیب ppm ۳۰/۹، ppm ۶۵/۵ و ppm ۴۴/۳ می باشد. پیام مربوط به کربن حلقه تترازول (h) در ppm ۱۶۳/۶ ظاهر شده است. پیام گروه کربونیل استر در ppm ۱۷۰/۳ ظاهر شده است. برای کربن های حلقه آروماتیک (j, k, l, i)، جابجایی شیمیایی به ترتیب از چپ به راست ppm ۱۲۴/۰ و ppm ۱۲۹/۶ و ppm ۱۳۰/۰ و ppm ۱۳۵/۱ می باشد. از مهم ترین صفت مشخصه در طیف IR این ترکیب می توان به ارتعاش کششی گروه کربونیل استر اشاره کرد که در ناحیه  $\text{cm}^{-1}$  ۱۷۳۳ به صورت یک پیک قوی ظاهر شده است (شکل ۱۵).



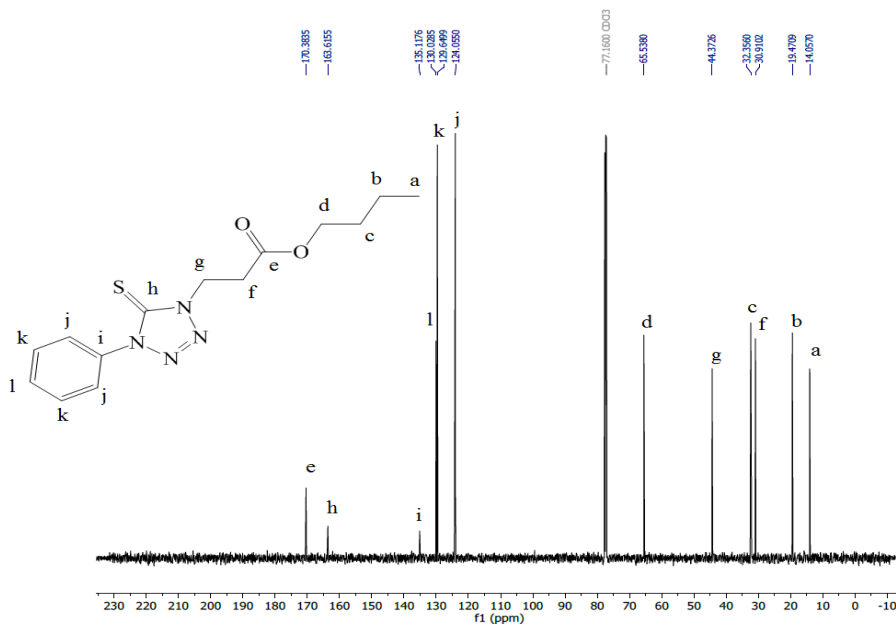
شکل ۱۳: طیف  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ) محصول شکل (۱۰)

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

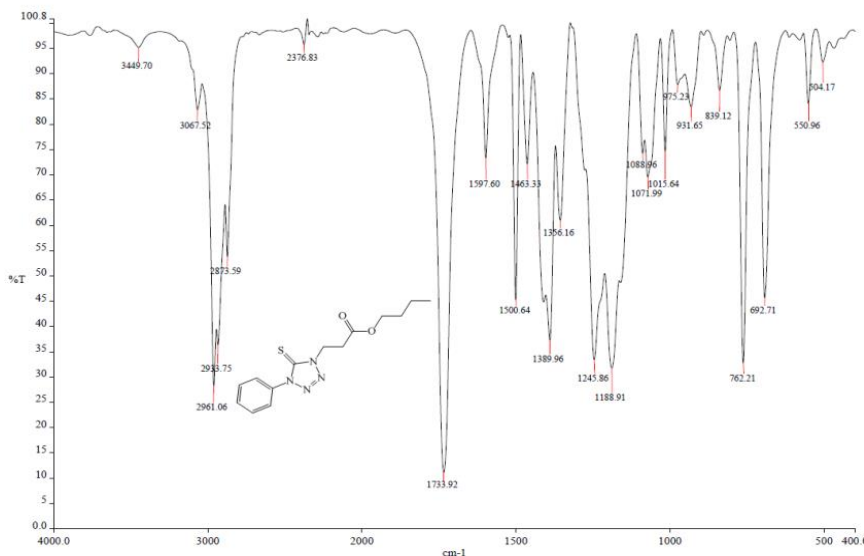
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱۴: طیف <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, CDCl<sub>3</sub>) محصول شکل (۱۰)



شکل ۲: طیف FT-IR محصول شکل (۱۰)

مقادیر بهینه جهت سنتز محصول های S-مایکل و N<sub>4</sub>-مایکل شامل PHtt، استر بوتیل آکریلات، K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> و TBAB با نسبت های مولی ۱:۲:۱ می باشد. دمای بهینه برای محصول S-مایکل ۲۵ درجه سانتی گراد و برای

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



محصول  $N_4$ -مایکل ۷۰ درجه سانتی گراد و زمان بهینه برای هر دو نوع محصول ۲۴ ساعت می باشد. با در دست داشتن شرایط بهینه برای انجام واکنش های  $S$ -مایکل و  $N_4$ -مایکل، این واکنش با سایر استرهای آکریلات تکرار شد تا دامنه عمل آن مشخص شود (جدول ۱).

جدول ۱: محصول های واکنش PHtt با ترکیب های  $\alpha, \beta$ -غیراشباع در حضور  $K_2CO_3$  و TBAB در دو دمای ۲۵ و ۷۰ درجه سانتی گراد و زمان ۲۴ ساعت.

بازده (%)	محصول	دما (°C)	ترکیب $\alpha, \beta$ -غیراشباع	ردیف
۹۰		۲۵		۱
۸۰		۷۰		۲
۹۰		۲۵		۳
۸۰		۷۰		۴
۹۰		۲۵		۵
۸۰		۷۰		۶
۸۰		۲۵		۷
۷۰		۷۰		۸



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### نتیجه گیری

مشتق های جدید PHtt تو سطر واکنش افزایش S-مایکل به استرهای آکریلات در حضور TBAB و  $K_2CO_3$  در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی گراد) و زمان ۲۴ ساعت توسط کروماتوگرافی ستونی با بازده بالایی بدست آمدند و همچنین مشتق های جدید PHtt توسط واکنش افزایش  $N_4$ -مایکل به استرهای آکریلات در حضور TBAB و  $K_2CO_3$  در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد و زمان ۲۴ ساعت با بازده بالایی بدست آمدند. واکنش PHtt با استرهای فومارات در حضور TBAB و  $K_2CO_3$  در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد انجام شد و به جای واکنش افزایش مایکل، واکنش جانشینی هسته دو ستری دو مولکولی ( $SN_2$ ) انجام گرفت و محصول ها توسط کروماتوگرافی ستونی با بازده بسیار خوبی بدست آمدند. بهترین شرایط برای واکنش های ذکر شده، شرایط بدون حلال است.

### منابع

۱. Coskun, O., *Separation techniques: Chromatography*. North Clin Istanb, 2016. 3(2): p. 156-160.
۲. Vorbeck, M.L. and G.V. Marinetti, *Separation of glycosyl diglycerides from phosphatides using silicic acid column chromatography*. Journal of Lipid Research .۱۹۶۵ , 3-6. p. (۱)۶.
۳. Myznikov, L.V., et al., *Mechanism of the zinc-catalyzed addition of azide ion to unsaturated compounds: Synthesis of 5-substituted 1H-tetrazoles from nitriles and of 1-substituted 1H-tetrazole-5-thiols from isothiocyanates*. Russian Journal of General Chemistry, 2017. 87(4): p. 731-738.
۴. Fujimoto, M., et al., *Process Development and Pilot-Scale Synthesis of Cefotetan*. Organic Process Research & Development, 2004. 8(6): p. 915-919.
۵. Koldobskii, G.I., A. Hrabalek, and K.A. Esikov-۱, *Substituted 5-Alkyl(aryl)sulfanyltetrazoles and Their Derivatives*. Russian Journal of Organic Chemistry, 2004. 40(4): p. 447-461.
۶. L'Abbe, G., et al., *Synthesis of 1,4-disubstituted tetrazoline-5-thiones*. The Journal of Organic Chemistry, 1976. 41(1): p. 1875-1876.
۷. Karabanovich, G., et al., *1-Substituted-5-[(3,5-dinitrobenzyl)sulfanyl]-1H-tetrazoles and their isosteric analogs: A new class of selective antitubercular agents active against*

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

*drug-susceptible and multidrug-resistant mycobacteria*. Eur J Med Chem, 2014. **82**: p. 324-40.

- .A Krutak, J.J., et al., *Chemistry of ethenesulfonyl fluoride. Fluorosulfonylethylation of organic compounds*. The Journal of Organic Chemistry, 1979. **44**(22): p. 3847-3858.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## تثبیت گاز CO<sub>2</sub> در استایرن اکساید با استفاده از چهارچوب فلز-آلی -NH<sub>2</sub>-MIL-101(Al)

### MoO<sub>2</sub> در یک اتوکلاو طراحی شده ساده

محسن علیپور<sup>۱</sup>، ابولفضل بضاعت پور<sup>۱\*</sup>، ماندانا امیری<sup>۱</sup>، علی خدایاری<sup>۱</sup>، آیت نوری<sup>۱</sup>.

۱- اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی (bezaatpour@uma.ac.ir)

#### چکیده

در این پژوهش چهارچوب فلز-آلی بر پایه فلز آلومینیوم اصلاح شده با اکسید مولیبدن با اتصال دهنده ی دوآمینو ترفتالیک اسید ساخته شده و به عنوان کاتالیزور ناهمگن فعال و پایدار در واکنش تثبیت دی اکسید کربن استفاده شده است. جهت بررسی فعالیت کاتالیزوری در فرایند تثبیت گاز دی اکسید کربن در استایرن اکساید استفاده شد. برای این منظور اتوکلاو تفلنونی با روکش استیل که برای استفاده در فشارهای مختلف طراحی شده بود مورد استفاده قرار گرفت. واکنش حلقه زایی با درصد بازده ۹۹٪ در مدت زمان ۷ ساعت برای NH<sub>2</sub>-MIL-101(Al)-MoO<sub>2</sub> نشان دادند. در این مطالعه اثرات دما، زمان واکنش، میزان کاتالیزور و فشار گاز دی اکسید کربن مورد بررسی قرار گرفت. کلمات کلیدی: تثبیت گاز دی اکسید کربن، چهارچوب های فلز-آلی، گاز های گلخانه ای



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

با توجه به افزایش روزافزون گازهای گلخانه ای ، دمای کره ی زمین در سال های اخیر رو به افزایش بوده و میتواند در بلند مدت باعث ایجاد مشکلات زیادی در ساختار و اکوسیستم پایدار این کره ی زنده ایجاد کند. راهکار های مختلفی برای مقابله با این مشکل وجود دارد که مهمترین آنها که بصورت طبیعی در کره ی زمین وجود دارد و انسان باید در حفظ و نگه داری و گسترش آن کوشا باشد ، گیاهان و درختان هستند. گاز های گلخانه ای به طور طبیعی در جو کره ی زمین یافت میشوند و از جمله مهمترین آنها میتوان اشاره کرد به : بخار آب ، گاز دی اکسید کربن ، گاز نیتروژن ، گاز متان ، دی نیتروژن مونوکسید و گاز اوزون و برخی دیگر از گاز ها. از این میان اثرات مضر گاز دی اکسید کربن نسبت به سایر گاز ها بیشتر بوده و باید راهکاری برای کنترل تولید آن ارائه کرد [۱]. چهارچوب های فلزی-آلی یا پلیمرهای کئوردیناسیونی دسته ای از ترکیبات تشکیل شده از یک بخش فلزی و یک بخش آلی یک ، دو یا سه عاملی می باشند. بخش فلزی این ترکیبات میتواند شامل فلزاتی نظیر Al ، Cu ، Zn ، Cr ، Pd ، Pt باشد و بخش آلی این ترکیبات شامل لیگند های کئوردینه شونده هستند که نقش اتصال دهنده را ایفا کرده و به عنوان ستون های این ترکیبات ایفای نقش میکنند. این ساختار ها دسته ای از ترکیبات متشکل از یون های فلزی و لیگند های آلی برای تشکیل ساختار های یک ، دو یا سه بعدی می باشند. که ابعاد و اندازه ی آنها بر حسب لیگند های استفاده شده میتواند از ۲۵ تا ۱۰۰ آنگستروم متفاوت باشد. برای انجام واکنش تثبیت گاز دی اکسید کربن از ماده اولیه اپوکسید ها استفاده میکنیم. اپوکسید ها در حضور گاز دی اکسید کربن عملا پیشرفت آنچنانی در تولید محصول ندارد اما وقتی از کاتالیزور استفاده میشود میزان پیشرفت واکنش به مقدار بسیار زیادی افزایش می یابد. در فرایند تثبیت گاز دی اکسید کربن طی این فرایند مقدار مشخصی از اپوکسید که معمولا از استایرن اکساید استفاده می شود با گاز دی اکسید کربن در حضور کاتالیزور در دما و فشار مشخصی از گاز دی اکسید کربن وارد واکنش شیمیایی می شوند [۲]. در سال ۲۰۱۹ آقای ژانگ شرایط واکنشی ملایم (دمای اتاق و فشار گاز دی اکسید کربن) را برای انجام تثبیت دی اکسید کربن انجام دادند. کاتالیزوری که آقای ژانگ برای انجام این استفاده کردند UiO-66-NH<sub>2</sub> بود [۳]. در کار پژوهشی دیگری در سال ۲۰۲۰ ، آقای تاپان پائول و همکارانش امکان تبدیل گاز دی اکسید کربن به ترکیبات مفید تر را مورد بررسی قرار دادند. آقای پائول تصمیم داشت تا دی اکسید کربن را به ترکیبات موثر و مفید تر از جمله اوره ، اسید فرمیک ، دی متیل کربنات تبدیل کند و از آن در داروسازی و فناوری های مربوط به الکتروشیمیایی از جمله باتری ها استفاده کند. [۴].

در این کار پژوهشی چهارچوب فلز-آلی NH<sub>2</sub>-MIL-101(Al) با تبدیل گروه های آمینی به شیف باز دودندانه ای و سپس مولیبدن اکساید اصلاح شد و در واکنش تثبیت گاز دی اکسید کربن روی استایرن اکساید مورد بررسی قرار گرفت.

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



در این کار پژوهشی چهارچوب فلز-آلی  $\text{NH}_2\text{-MIL-101(Al)}$  با تبدیل گروه های آمینی به شیف باز دودندانه ای و سپس مولیبدن اکساید اصلاح شد و کاتالیزور  $\text{NH}_2\text{-MIL-101(Al)-MoO}_2$  بدست آمد. کاتالیزور بدست آمده در واکنش تثبیت گاز دی اکسید کربن روی استایرن اکساید مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی میزان پیشرفت واکنش تثبیت گاز دی اکسید کربن و همچنین پی بردن به تاثیر مولیبدن در واکنش تثبیت گاز دی اکسید کربن و همچنین پی بردن به نقش کوکاتالیست در میزان پیشرفت واکنش، مراحل جداگانه ای مورد ارزیابی قرار گرفت. بصورتی که وقتی از کاتالیزور بدون مولیبدن  $\text{NH}_2\text{-MIL-101(Al)}$  در واکنش استفاده می شد از میزان پیشرفت مقدار محسوسی کاسته می شد بصورتی که در مدت زمان ۶ ساعت و مقدار کاتالیزور ۱۰ میلی گرم و فشار گاز دی اکسید کربن ۱ بار، درصد پیشرفت واکنش مقدار ۷۰٪ شد. با اصلاح ساختار کاتالیزور و قرار دادن مولیبدن در ساختار کاتالیزور میزان پیشرفت واکنش تا حد قابل توجهی افزایش پیدا کرد بصورتی که در مدت زمان ۶ ساعت و مقدار کاتالیزور ۱۰ میلی گرم و فشار گاز دی اکسید کربن ۱ بار، میزان پیشرفت واکنش به ۹۷٪ افزایش پیدا کرد. به دلیل اینکه واکنش در شرایط فشار و دما انجام خواهد می شد، به این منظور لازم بود تا راکتوری جهت انجام این فرایند طراحی و ساخته شود. راکتوری به این منظور طراحی شد که قابلیت انجام واکنش تحت دما و فشار گاز دی اکسید کربن را داشته باشد و همچنین همزمان در دما فشار بالا قابلیت همزنی و مخلوط مواد را نیز داشته باشد (شکل ۱).



شکل ۱. راکتور طراحی و ساخته شده جهت انجام واکنش تثبیت گاز دی اکسید کربن

برای انجام واکنش تثبیت گاز دی اکسید کربن چندین پارامتر مورد ارزیابی قرار می گرفت که از جمله آنها میتوان به پارامترهایی نظیر فشار، دما، مقدار کاتالیزور، مقدار ماده اولیه، زمان مورد بهینه سازی اشاره کرد. به این منظور، ابتدا به ساکن مقدار کاتالیزور مورد استفاده در فرایند تثبیت دی اکسید کربن مورد ارزیابی قرار گرفت تا برای صرفه جویی در مقدار کاتالیزور، کمترین مقدار با بیشترین بازدهی مورد استفاده قرار گیرد. برای بهینه سازی مقدار گرم کاتالیزور از مقدار ۲ میلی گرم بهینه سازی شروع و تا مقدار ۵۰ میلی گرم ادامه پیدا کرد تا مقدار بهینه (۱۰

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



میلی گرم) در مدت زمان واکنش ۶ ساعت و فشار گاز دی اکسید کربن ۱ بار حاصل شود. کلیه واکنشها در شرایط بدون حلال انجام یافت.

مهمترین پارامتر در واکنش های تثبیت گاز دی اکسید کربن، مقدار فشار گاز دی اکسید کربن می باشد. بصورتی که هرچقدر فشار گاز دی اکسید کربن استفاده شده برای انجام واکنش کم باشد، بیشتر به شرایط ایده ال و منطبق با محیط نزدیک می شود و اهمیت موضوع بیشتر می شود. به این منظور برای بهینه سازی فشار گازی دی اکسید کربن ، فشار اتوکلاو از فشار ۸ بار شروع شده و تا فشار ۱ بار ادامه پیدا کرد که در فشار ۱ بار، نتیجه مطلوب ۹۹ درصد راندمان حاصل شد. بررسی راندمان واکنش در زمانهای مختلفی ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ ساعت مورد بررسی قرار گرفت که زمان ۶ ساعت بعنوان زمان بهینه انتخاب شد.

جدول ۱. داده های حاصل از انجام واکنش تثبیت گاز دی اکسید کربن

شماره	مقدار کاتالیزور (میلی گرم)	فشار CO <sub>2</sub> (بار)	دما (°C)	زمان (ساعت)	درصد تبدیل	انتخاب پذیری
۱	۴۰	۱	۹۵	۷	۴۰	۱۰۰
۲	۲۰	۱	۹۵	۷	۹۷	۱۰۰
۳	۱۰	۱	۹۵	۷	۹۹	۱۰۰
۴	۱۰	۱	۹۵	۶	۹۸	۱۰۰

### ۶۵- نتیجه گیری

در طول چندین سال گذشته مطالعات زیادی در زمینه MOF ها انجام شده است. خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد MOF ها ، آنها را برای ذخیر گاز، جداسازی و انرژی ایمن مفید نشان داده است. در کار پژوهشی حاضر چارچوب فلز-آلی NH<sub>2</sub>-MIL-101(Al) اصلاح شده و کاتالیزور جدیدی NH<sub>2</sub>-MIL-101(Al)-MoO<sub>2</sub> حاصل شد که در فرایند تثبیت گاز دی اکسید کربن روی استایرن اکساید در شرایط بهینه معرفی شده در بالا مورد استفاده قرار گرفت. اصلاح چارچوب آلی فلزی زمان واکنش تثبیت و همچنین راندمان فرایند را بطور چشمگیری ارتقا داد.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### منابع

1. Ansari, S.N., et al., *Catalytic CO<sub>2</sub> Fixation over a Robust Lactam-Functionalized Cu(II) Metal Organic Framework*. Inorganic Chemistry, 2019. **58**(15): p. 9723-9732.
2. Senthilkumar, S., et al., *Unprecedented NH<sub>2</sub>-MIL-101(Al)/n-Bu<sub>4</sub>NBr system as solvent-free heterogeneous catalyst for efficient synthesis of cyclic carbonates via CO<sub>2</sub> cycloaddition*. Dalton Transactions, 2018. **47**(2): p. 418-428.
3. Liu, L., et al., *Metal–Organic Gel Material Based on UiO-66-NH<sub>2</sub> Nanoparticles for Improved Adsorption and Conversion of Carbon Dioxide*. Chemistry – An Asian Journal, 2016. **11**(16): p. 2278-2283.
4. Pal, T.K., D. De, and P.K. Bharadwaj, *Metal–organic frameworks for the chemical fixation of CO<sub>2</sub> into cyclic carbonates*. Coordination Chemistry Reviews, 2020. **408**: p. 213173.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## استفاده از تجهیزات اولتراسونیک برای سنتز نانومواد و کاتالیست ها

پویا حسینی لیوار\*، سمیه اللهیاری، مهدی شریف فتوتی، نادر راحمی

۱- دانشجوی کارشناسی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند

### چکیده

امواج اولتراسونیک شدید می توانند در سنتز مواد جدید به کار رفته و یک روش سنتز نوین بدون نیاز به دماها و فشارهای بالا یا زمان های طولانی معرفی کنند. اصول متفاوتی بر سونوشیمی (تغییر شیمی واکنش در اثر اولتراسوند)، بویژه سونوشیمی که برای تولید و اصلاح نانومواد به کار می رود حاکم است. این اثرات ناشی از کاویتاسیون صوتی هستند که همان شکل گیری، رشد و ترکیدن حباب در مایع به دلیل امواج فراصوت است و می توانند به چند دسته اثرات شیمیایی سونوشیمی، اثرات فیزیکی سونوشیمی و اثرات تلفیقی تقسیم شوند. این مقاله مروری ابتدا سونوشیمی را توضیح داده، فاکتورهای موثر بر آن را توضیح داده و سپس این سه اثر را که در سنتز نانومواد و کاتالیست ها نقش اساسی دارند تشریح می کند.

کلمات کلیدی: سنتز، نانومواد، تجهیزات اولتراسونیک، کاتالیست

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

اولتراسوند شدت بالا کاربردهای مهمی در سنتز مواد آلی، مواد آلی-فلزی و کاتالیست ها پیدا کرده است [۹-۱]. سونوشیمی از شرایط حادی که موقع تشعشع اولتراسوند اتفاق می افتد ناشی می شود. در این شرایط حاد نقاط داغی ایجاد می شوند که دمایی بالاتر از ۵۰۰۰ کلوین، فشارهایی بالاتر از ۱۰۰۰ اتمسفر و درجه سرمایش و گرمایشی بالغ ۱۰<sup>۶</sup> کلوین بر ثانیه دارند [۴، ۱۰]. این شرایط با شرایط سنتزهای مرسوم مانند هیدروترمال، روش های مرطوب یا پیرولیز شعله متفاوت است [۲-۴، ۱۱]. سرعت صوت در یک مایع معمولی ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر بر ثانیه است و طول موج امواج صوتی از ۱۰ سانتیمتر تا ۱۰۰ میلیمتر و فرکانس آنها از ۲۰ کیلوهرتز تا ۱۵ کیلوهرتز متغیر است. پس اثرات فیزیکی و شیمیایی اولتراسوند نمی تواند از اثر مستقیم بین موج صوتی و ماده شیمیایی حاصل شده باشد. اما این اثرات می تواند پدیده های را رقم زده باشد که ان پدیده مسئول اثرات فیزیکی و شیمیایی مشاهده شده باشد. تحقیقات محققان نشان داد ایجاد، رشد و ترکیدگی حبابی که در اثر امواج فراصوت در یک مایع غیر قابل تراکم مانند آب ایجاد می شود منشا تأثیرات فیزیکی و شیمیایی است و کاویتاسیون نام دارد [۱۱-۱۳] وقتی امواج صوت با دامنه مناسب درون مایع منتشر می شوند، مایع تحت تنش دینامیک قرار گرفته و دانسیته آن طی انقباض ها و انبساط ها مدام تغییر می کند. حباب ها به دلیل وجود یک ناخالصی در مایع مثل حباب گاز حل شده یا ذره جامد موجود در مایع ایجاد می شوند و تحت تاثیر میدان ارتعاش می کنند. حباب ها در یک اندازه خاص با میدان صوتی جفت شده و رشد فزاینده ای می یابند. در نهایت ترکیدگی اتفاق می افتد. این ترکیدگی آدیاباتیک است و چون دفع حرارت اتفاق نمی افتد دما و فشار به طور ناگهانی بالا می رود. این شرایط حاد از مشخصات روش سنتز سونوشیمی است و کمک می کند در حالی که سنتز در دمای اتاق انجام می شود دما و فشار به صورت محلی به شدت زیاد شود. در سنتز مواد به کمک سونوشیمی ماده اولیه می تواند فرار یا غیر فرار باشد. در حالت اول، ماده اولیه فرار (به عنوان مثال، یک ترکیب آلی فلزی فرار) به دلیل تفکیک پیوند به دلیل دماهای بالا در هنگام فروپاشی حباب اتم های فلزی آزاد تولید می کند که این اتم ها را می توان به فاز مایع تزریق کرد و در صورت وجود قالب ها یا تثبیت کننده های مناسب در محلول، نانوذرات یا مواد نانوساختار دیگر را تشکیل داد. مواد اولیه غیر فرار ممکن است حتی در خارج از حباب های در حال فروپاشی، واکنش هایی با رادیکال ها یا دیگر گونه های پراترزی تولید شده از سونولیز انجام دهند که در نهایت این مولکول های بخار در داخل حباب های در حال فروپاشی به فاز مایع منتشر می شوند تا مجموعه ای از واکنش ها را مانند احیای کاتیون های فلزی آغاز کنند.

### ۱- تجهیزات اولتراسونیک به کار رفته در سنتز مواد

در بین انواع تجهیزات اولتراسونیک موجود در بازار آنچه در آزمایشگاه ها در سنتز مواد به کار برده می شود اغلب از نوع پروبی است. نوع پروبی که در شکل ۱ نشان داده شده است نسبت به نوع حمامی به صورت متمرکزتری امواج فراصوت را وارد محلول سنتز می کند.

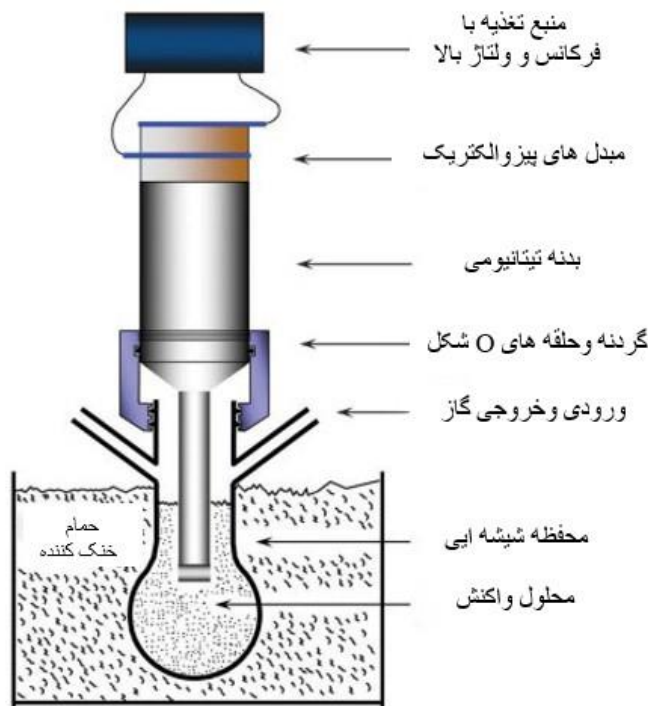


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱- اولتراسونیک پروبی جهت سنتز مواد

## ۲- اثرات شیمیایی اولتراسونیک پروبی در سنتز مواد

تابش امواج مافوق صوت به ترکیبات آلی فلزی فرار مانند  $Cr(CO)_6$  یا  $Fe(CO)_5$  در یک حلال غیر فرار مثل روغن سیلیکون یا هیدروکربن های با زنجیره بلند منجر به جدا شدن پیوندهای فلز- کربونیل و آزاد شدن اتم های فلز عنصری منفرد می شود [۱۴]. این اتم ها از نظر حرارتی تا حدی برانگیخته می شوند و نور مرئی مشابه تابش ناشی از تحریک شعله از خود ساطع می کنند که از خطوط انتشار اتمی آنها برای توصیف شرایط ترکیبگی حساب استفاده می شود [۱۵]. حلال های غیر فرار ضروری هستند، زیرا در حلال فرار و ایجاد بخار اضافی، مخصوصاً چند اتمی، انرژی موجود در حباب در حال فروپاشی جذب شده و دما و فشار کمتری حاصل می شود. سورفاکتانت ها، حفاظت کننده ها یا سایر واکنش دهنده ها مسیر آسانی را برای تولید انواع نانو مواد فلزی فراهم می کند. برای تهیه فلزات نجیب نانو ساختار معمولاً مواد اولیه غیر فرار در یک حلال فرار (معمولاً آب یا الکل) حل می شوند. در این موارد، سونولیز بخار حلال، مواد احیا کننده قوی تولید می کند که دارای مزایای متعددی نسبت به روش های احیاء سنتی است. زیرا هیچ عامل کاهنده اضافی مورد نیاز نیست، سرعت کاهش عموماً بسیار سریع است و در صورت وجود تثبیت کننده های مناسب، می توان نانو خوسه های بسیار کوچکی را به این روش ساخت. تابش امواج مافوق صوت به آب رادیکال های H و OH بسیار

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



واکنش پذیر تولید می کند که مسئول اکسایش- کاهش شیمیایی هستند. این رادیکال های واکنشی می توانند با افزودنی های آلی در محلول برای تولید رادیکال های ثانویه (R) واکنش دهند (به عنوان مثال، ۲- پروپانول یا اتانول) که می تواند به طور چشمگیری نرخ کاهش را افزایش دهد. برخلاف ذرات فلزی تهیه شده از فراصوت مواد فرار ترکیبات آلی فلزی که معمولاً آمورف هستند، معمولاً مواد تولید شده از ترکیبات غیر فرار به خوبی متبلور هستند.

#### ۳- اثرات فیزیکی اولتراسونیک پروبی در سنتز مواد

مهمترین اثرات فیزیکی اولتراسوند با شدت بالا جت های پرسرعت و امواج شوک شدید ناشی از کاویتاسیون است. این اثرات اغلب برای تهیه امولسیون، شکستن مواد شکننده، اصلاح سطوح جامد و لایه برداری مواد لایه ای استفاده می شوند. افزایش انتقال جرم در نتیجه جریان صوتی و گرمایش حرارتی شدید از دیگر اثرات فیزیکی اولتراسوند با شدت بالا است.

یک مثال خوب برای اثرات فیزیکی اولتراسوند، وارد کردن مواد مهمان به مواد لایه ای است که اولین بار توسط گرین، ساسلیک و همکاران توسعه داده شد [۱۶]. در کارهای جدیدتر لازم است گرافیت، که ساختار مسطح لایه ای دارد، مولکول ها یا اتم های مهمان را در بین هر لایه گرافن جای دهد. اما این فرایند معمولاً بسیار کند است. تابش اولتراسونیک می تواند سرعت ورود ماده مهمان را به گرافیت به طور چشمگیری افزایش دهد [۱۷]. به عنوان مثال، ترکیبات درونی پتاسیم ( $KC_8$ ) را می توان با فراصوت کردن گرافیت با پتاسیم در اتمسفر آرگون در ۳ دقیقه تهیه کرد، در حالی که روش های آماده سازی معمولی به ۱ تا ۸ ساعت از طریق یک واکنش حالت جامد در دمای بالا در یک اتمسفر استاتیک نیاز دارند.  $H_2PtCl_6$  همچنین می تواند به لایه های گرافیت تزریق شود تا نانوذرات پلاتین پس از قرار گرفتن در معرض جریان گاز  $H_2$  در گرافیت بنشینند [۱۸]. فراصوت پتاسیم به درون گرافیت در حضور اتانول می تواند نانو لوله های کربنی تولید کند [۱۹]. راندمان تبدیل در مقایسه با واکنش در غیاب اولتراسوند بسیار بالا و نزدیک به ۸۰٪ است. دلیل تشکیل نانو لوله های کربنی به طور کامل مشخص نیست، اما اولتراسوند انرژی مکانیکی لازم را برای غلبه بر نیروی واندروالس بین هر لایه گرافن فراهم می کند. لایه های گرافن لایه برداری شده منفرد می توانند از طریق فعل و انفعالات بین لایه ای به ساختاری پایدار در حلال برسند.

#### ۴- اثرات فیزیکی و شیمیایی تلفیقی اولتراسونیک پروبی در سنتز مواد

تحت شرایط خاصی، اثرات شیمیایی و فیزیکی اولتراسوند با شدت بالا می تواند هم افزایی در سنتز نانومواد ایجاد کند. کاربرد اثرات فیزیکی فراصوت در تهیه گرافن در بخش قبل توضیح داده شد، اما از اثرات شیمیایی اولتراسوند نیز می توان برای کمک به تهیه گرافن های عامل دار استفاده کرد. کار اخیر نشان داده است که استفاده از یک حلال واکنش- پذیر، مانند استایرن، که می تواند به صورت سونوشیمیایی فعال شود، امکان تولید نسبتاً آسان گرافن های تک لایه و چند لایه ای پلیمری را در یک مرحله فراهم می کند [20].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۵- انواع مواد سنتز شده به کمک سونویمی

#### ۶-۱- فلزات

تابش فراصوت، ترکیبات آلی فلزی فرار مانند  $\text{Co}(\text{CO})_3\text{NO}$  و  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ ،  $\text{Cr}(\text{CO})_6$ ،  $\text{Fe}(\text{CO})_5$  به راحتی با تفکیک گروه های آلی و همچنین لیگاند چند فلزی، اتم های فلزی منفرد را آزاد می کند. در یک حلال غیر فرار به عنوان مثال روغن سیلیکون یا هیدروکربن های با زنجیره بلند تشکیل نانوساختارهای فلزی میسر می شود.

#### ۶-۲- ترکیبات فلزی

هم ترکیبات آلی فلزی فرار و هم مواد اولیه فلزی غیر فرار تنها محدود به سنتز فلزات یا آلیاژهای نانوساختار با نقش کاتالیستی سونوشیمیایی یا احیاء به کمک اولتراسوند نیستند و ترکیبات فلزی مختلف از جمله اکسیدهای فلزی، هیدروکسیدهای فلزی، کالکوژنیدهای فلزی، کاربردهای فلزی و غیره نیز می توانند از پیش سازهای مربوطه تهیه شوند.

#### ۶-۳- مواد غیر فلزی

بر اساس اثرات فیزیکی/شیمیایی اولتراسوند، مواد تک لایه و چند لایه اغلب با شکستن ساختارهای لایه سه بعدی به ساختارهای مسطح دو بعدی تبدیل می شوند. به عنوان مثال در سنتز اکسید گرافن (GO) به روش هامرز که بسیار گسترده و تحسین برانگیز است، اکسیداسیون گرافیت فاصله بین لایه ای را افزایش می دهد و در نتیجه نیروی واندروالس بین لایه ها را تضعیف می کند. اولتراسوند نیز لایه برداری GO تک یا چند لایه را از مواد حجیم تسهیل می کند. ساگادوان و همکاران با ترکیب روش هامرز با تکنیک سونوشیمی GO کاملاً کریستالی [۲۱] سنتز کردند. این نمونه به طور خاص برای طراحی دستگاه های الکترونیکی هوشمند اپتو مورد نظر بود. با این حال، حضور اکسیدها (یعنی پل های اپوکسی، گروه های هیدروکسیل و گروه های کربوکسیل) ساختار نوار را مختل کرد که خواص الکترونیکی را کاملاً تخریب می کند. اگرچه اکسیدها می توانند با یک مرحله کاهش حذف شوند. در مطالعه دیگری، لی و همکاران گزارش دادند سنتز GO احیا شده با خلوص بالا (rGO) از گرافیت تازه از طریق یک روش احیای اولتراسونیک یک مرحله ای انجام می گیرد [۲۲] که در این صورت از شرایط واکنش سخت از جمله دمای بالا و به کارگیری هیدرازین سمی اجتناب می شود. rGO سنتز شده مانند یک ساختار کاغذ مانند چروکیده بسیار نازک بود که در آن حداقل حدود ۴ لایه با فاصله حدود ۱ نانومتر از هم قرار داشتند.

#### ۶-۴- کامپوزیت های غیر آلی



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

گاهی اوقات، ویژگی های یک ماده واحد نمی تواند همه خواسته های مورد نظر را برآورده کند، یا نمی تواند به عنوان یک کاندید واجد شرایط برای برخی فرآیندها یا واکنش های سریع عمل کند. از این رو، ادغام یا هم افزایی بین عناصر یا مواد با خواص مختلف از جمله هزینه کم، فعالیت بالا و پایداری خوب انتخابی بهتر است.

بر اساس تشدید پلاسمون سطحی، مجموعه ای از ترکیبات ترکیبی فلز/فلز را می توان برای تجزیه آلاینده های آلی مختلف به عنوان کاتالیست پلاسمونی توسعه داد. چو و همکاران هنگام فراصوت کلرید سدیم، نیترات نقره و پلی وینیل پیرولیدون در اتیلن گلیکول، نانومکعب های  $Ag/AgCl$  با نانوذرات نقره جاسازی شده در ماتریس های مکعبی  $AgCl$  تولید کردند [۲۳]. نانوبلورهای  $Ag/AgCl$  دارای طول لبه ۱۱۵ نانومتر بودند و اندازه و توزیع اندازه آنها با تغییر غلظت  $Ag^+$  و پلی وینیل پیرولیدون در محلول های اولیه به خوبی کنترل شد. تحت شرایط محیطی، هیبریدهای  $Ag/AgCl$  به دست آمده، عملکرد فتوکاتالیستی بهبود یافته تری را در زیر نور مرئی نشان دادند. بعدها، بائو و همکاران سنتز فتوکاتالیست پلاسمونیک  $Ag/AgX$  ( $XCl, Br$ ) را از طریق یک روش ساده پیرولیز اسپری اولتراسونیک یک مرحله ای انجام دادند که در آن  $AgNO_3$  و  $KCl$  (یا  $KBr$ ) به طور جداگانه به عنوان منبع  $Ag$  و منبع  $Cl$  (یا  $Br$ ) بود و بدون هیچ شرایط اضافی مانند سورفکتانت یا فشار بالا و یا عوامل کاهنده به کار رفت. از طریق تجزیه حرارتی محلول باقیمانده  $AgNO_3$ ، ذرات نقره فلزی به طور یکنواخت هسته شده و سطح دانه های  $AgX$  را پوشانده و به یک ساختار بالا و پایین مانند متوالی از تپه های کوچک تبدیل می شوند. با توجه به تشدید پلاسمون سطحی نانوذرات نقره با اندازه کوچک با توزیع یکنواخت، فتوکاتالیست های  $Ag/AgX$  دارای فعالیت کاتالیستی عالی تری برای تخریب آلاینده های متیل اورنج و متیلن بلو تحت نور مرئی هستند.

#### ۶- آینده تجهیزات سونوشیمی

نقش کاتالیستی سونوشیمی برای سنتز مواد متعدد به دلیل سادگی و اثربخشی تابش امواج فراصوت توسعه یافته است. تابش اولتراسوند همچنین ابزار مفیدی برای سرعت بخشیدن به واکنش هایی است که در آن نیروی برشی و امواج ضربه ای شدید موجب انتقال جرم سریع تر و تماس بهتر واکنش دهنده ها شود. علاوه بر این، اولتراسونیک با تغییر حالت کریستالی مواد به دست آمده قادر به افزایش فعالیت کاتالیستی در واکنش هایی مانند کاهش، اکسیداسیون، تخریب، پلیمریزاسیون و غیره می شود [۲۴]. اما در آینده، هم در طراحی رویکردهای به کمک اولتراسوند و هم در کنترل پذیری ویژگی های محصول، چالش های احتمالی وجود خواهد داشت. به عنوان مثال، نامشخص بودن نقش کاتالیستی سونوشیمی که به دلیل درک مکانیکی و تجربی ناقص پدیده کاویتاسیون است ممکن است عیوبی در سنتز ایجاد کند. دستگاه های نانو/میکرو اولتراسونیک موجود هنوز باید بر فعالیت، پایداری، دوام، انتخاب پذیری، هزینه کم، ماندگاری طولانی یا سایر الزامات تأکید کنند. با توجه به سنتز مواد معدنی از طریق سونوشیمی، مطالعات بیشتر همچنین نیاز به مشارکت بیشتر مکانیسم ها و انواع محصولات برای توسعه عمیق دارد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### منابع

1. Suslick, K.S., *Ultrasound: its chemical, physical, and biological effects*. 1988: Vch Publishers.
2. Suslick, K.S. and G.J. Price, *Applications of ultrasound to materials chemistry*. Annual Review of Materials Science, 1999. 29(1): p. 295-326.
3. Bang, J.H. and K.S. Suslick, *Applications of ultrasound to the synthesis of nanostructured materials*. Advanced materials, 2010. 22(10): p. 1039-1059.
4. Suslick, K.S., *Acoustic cavitation in homogeneous liquids*. Science, 1990. 247(4949): p. 1439-1447.
5. Mason, T., *Practical Sonochemistry: User's Guide to Applications in Chemistry and Chemical Engineering*, Ellis Howood Ltd, New York, 1992. b) JL Luche, *Synthetic Organic Sonochemistry*, Plenum Press, New-York, 1998: p. 150.
6. Mason, T.J. and J.P. Lorimer, *Applied sonochemistry: the uses of power ultrasound in chemistry and processing*. Vol. 10. 2002: Wiley-Vch Weinheim.
7. Chen, D., S.K. Sharma, and A. Mudhoo, *Handbook on applications of ultrasound: sonochemistry for sustainability*. 2011: CRC press.
8. Anandan, S .and M. Ashokkumar, *Sonochemical preparation of monometallic, bimetallic and metal-loaded semiconductor nanoparticles*. Theoretical and Experimental Sonochemistry Involving Inorganic Systems, 2010: p. 151-169.
9. Shchukin, D.G., D. Radziuk, and H. Möhwald ,*Ultrasonic fabrication of metallic nanomaterials and nanoalloys*. Annual review of Materials research, 2010. 40(1): p. 345-362.
10. Suslick, K.S. and D.J. Flannigan, *Inside a collapsing bubble: sonoluminescence and the conditions during cavitation*. Annu .Rev. Phys. Chem., 2008. 59: p. 659-683.
11. Suslick, K.S., *The chemical effects of ultrasound*. Scientific American, 1989. 260(2): p. 80-87.
12. Marberger, M., *Application of Newer Forms of Therapeutic Energy in Urology*. 1995: CRC Press.
13. Leighton, T .,*The Acoustic Bubble*./ Academic. Press, London, 1994: p. 234-243.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

14. Suslick, K.S., et al., *Sonoluminescence from metal carbonyls*. The Journal of Physical Chemistry, 1993. 97(13): p. 3098-3099.
15. McNamara, W.B., Y.T. Didenko, and K.S. Suslick, *Sonoluminescence temperatures during multi-bubble cavitation*. nature, 1999. 401(6755): p. 772-775.
16. Chatakundu, K., et al., *The enhancement of intercalation reactions by ultrasound*. Journal of the Chemical Society, Chemical Communications, 1987(12): p. 900-901.
17. Jones, J.E., et al., *Facile sonochemical synthesis of graphite intercalation compounds*. Organic Letters, 2004. 6(12): p. 1915-1917.
18. Walter, J., M. Nishioka, and S. Hara, *Ultrathin platinum nanoparticles encapsulated in a graphite lattice prepared by a sonochemical approach*. Chemistry of materials, 2001. 13(5): p. 1828-1833.
19. Viculis, L.M., J.J. Mack, and R.B. Kaner, *A chemical route to carbon nanoscrolls*. Science, 2003. 299(5611): p. 1361-1361.
20. Xu, H. and K.S. Suslick, *Sonochemical preparation of functionalized graphenes*. Journal of the American Chemical Society, 2011. 133(24): p. 9148-9151.
21. Sagadevan, S., et al., *Optical and electrical smart response of chemically stabilized graphene oxide*. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2017. 28(7): p. 5235-5243.
22. Soltani, T. and B.-K. Lee, *A benign ultrasonic route to reduced graphene oxide from pristine graphite*. Journal of Colloid and Interface Science, 2017. 486: p. 337-343.
23. Chen, D., et al., *Sonochemical synthesis of Ag/AgCl nanocubes and their efficient visible-light-driven photocatalytic performance*. Chemistry—A European Journal, 2012. 18(17): p. 5192-5200.
24. Li, Z., et al., *Sonochemical fabrication of inorganic nanoparticles for applications in catalysis*. Ultrasonics Sonochemistry, 2021. 71: p. 105384.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## استفاده از تجهیزات اولتراسونیک برای بهبود واکنش های شیمیایی

مهدی شریف فتوتی\*<sup>۱</sup>، سمیه اللهیاری<sup>۲</sup>، پویا حسینی لیوار<sup>۱</sup>، نادر راحمی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند

### چکیده

سونوشیمی استفاده از امواج اولتراسوند برای تغییر و بهبود واکنش های شیمیایی است. در یک فرایند سونوشیمی در اثر امواج اولتراسوند شیمی واکنش در اثر تشکیل رادیکال های آزاد تغییر می کند. هرچند بخشی از این تغییرات می تواند در اثر اثرات مکانیکی اولتراسوند مانند افزایش سطح تماس بین اجزاء واکنش دهنده، تازه کردن مداوم سطح اجزاء جامد، تسریع انحلال و توزیع پذیری باشد. در این مقاله مروری ابتدا مفهوم سونوشیمی شرح داده شده و مکانیزم آن توضیح داده خواهد شد. سپس فاکتورهای تاثیرگذار بر آن شرح داده شده و در ادامه تجهیزات اولتراسونیک که عموماً برای بهبود واکنش های شیمیایی به کار گرفته می شوند و طرز کار آنها توضیح داده خواهد شد. هدف از این مقاله معرفی پتانسیل های فراوانی است که به کارگیری تجهیزات اولتراسونیک در سرعت بخشیدن به فرایندهای شیمیایی دارند و لذا می توانند کاربردهای صنعتی گسترده ای در آینده داشته باشند.

کلمات کلیدی: تجهیزات اولتراسونیک، سونوشیمی، واکنش های شیمیایی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

اولتراسوند یک ابزار توانمند برای افزایش سرعت واکنش های شیمیایی در سیستم های مختلف است. تجهیزات اولتراسونیک به خوبی درجه تبدیل و بازدهی را افزایش داده، مسیر انجام واکنش را تغییر داده و حتی می توانند واکنش هایی را در سیستم های بیولوژیکی، شیمیایی و الکتروشیمیایی آغاز کنند. اگر اتفاقات فوق در اثر تأثیری باشد که امواج مافوق صوت بر شیمی واکنش می گذارند از عبارت سونوشیمی می توان استفاده کرد. کاربردهای سونوشیمی در صنعت به دلیل اینکه تولید امواج فراصوت پر هزینه و کم بازده است محدود است. اما توجه به سونوشیمی از زمانی که دانسته شد این هزینه ها می تواند با صرفه جویی که در بقیه بخش ها رخ می دهد سر به سر شود شدت گرفت. مثلاً استفاده از امواج مافوق صوت می تواند یک واکنش شیمیایی دما بالا را در دمای محیط پیش ببرد، نیاز به حلال های بسیار گران را حذف کند، مراحل سنتز را کاهش و به طور همزمان بازدهی را افزایش دهد، اجازه استفاده از مواد با خلوص کمتر را بدهد یا فعالیت کاتالیست های نرمال را به شدت افزایش دهد. به این دلیل استفاده از امواج اولتراسونیک در واکنش های شیمیایی به ویژه تولید مواد شیمیایی گران قیمت و مواد دارویی مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله مفهوم سونوشیمی توضیح داده شده و مقالاتی که از سونوشیمی برای بهبود بازدهی واکنش شیمیایی بهره گرفته شده است مرور خواهند شد.

### تاریخچه

مقالات و دست نوشته های مربوط به اولتراسوند به بیش از صد سال قبل بر می گردد. این نوشته ها مربوط به تئوریکرافت و بارنابی بود که در آنها به خوردگی پره های زیر دریایی شان در آب اشاره کرده بودند. ۲۲ سال بعد ریلیگ ادعا کرد در اثر اعمال امواج مافوق صوت در مایع غیر قابل تراکم کاونتاسیون رخ می دهد. کاونتاسیون تولید، رشد و ترکیدن حباب در اثر فشارهای مثبت و منفی ناشی از امواج مافوق صوت است. تا ۱۹۲۷ کسی به اثرات شیمیایی که کاونتاسیون می تواند داشته باشد اشاره نکرد. یکی از اساسی ترین مفاهیم های سونوشیمی این است که رادیکال های آزاد در اثر کاونتاسیون میکرو حباب ها در دوره منفی شدن فشار ایجاد شده در اثر امواج صوتی تشکیل می شوند. در ۱۹۹۴ گزارش شد که هنگام رشد حباب از محیط مایع اطراف حباب به داخل آن نفوذ ماده رخ می دهد. در ۱۹۵۰ اولین محاسبات کامپیوتری برای مدلسازی کاونتاسیون انجام شد. سه سال بعد سونولیز مایع آلی گزارش شد. در ۱۹۵۴ جریانه های سرعت بالای ناشی از کاونتاسیون به نام میکرو جت معرفی شدند که موقع برخورد به سطح جامد یک لایه از آن کنده و آن را تمیز می کنند. در دهه ۱۹۶۰ اثرات سونوشیمی مربوط به سیستم های بیولوژیکی بود. حمام های اولتراسونیک برای اهداف پاک کنندگی شیشه آلات یا ایجاد همزدگی در آزمایشگاه های شیمی و متالورژی به طور گسترده به کار رفت. در ۱۹۶۱ به اثرات فیزیکی اولتراسوند در محیط مایع نیز توجه شد. در دهه ۱۹۸۰ توجه به سونوشیمی در مقالات به شدت فزونی

<sup>1</sup> Thornycroft and Barnaby

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



گرفت و برای اولین بار این کلمه به کار رفت. محبوبیت سونوشیمی اوج گرفت تا جایی که یک جلسه بین المللی در مورد این موضوع در ۱۹۸۶ در انگلیس تشکیل شد. در دهه ۱۹۹۰ تجاری سازی تجهیزات سونوشیمی شروع شد.

### تئوری

اثرات شیمیایی و فیزیکی اولتراسوند توسط حباب های کائویتاسیون یا اصل کائویتاسیون توضیح داده می شود. در طول چرخه فشار منفی ناشی از امواج فراصوت، مایع در محل هایی که حاوی مقداری ناخالصی گازی یا بخار است (محل هسته زایی) یک فضای خالی یا حباب ایجاد می کند. محل های هسته زایی به عنوان "نقاط ضعیف" در مایع شناخته می شوند. عمل هسته زایی در غیاب اولتراسوند را می توان هر روز هنگام نوشیدن نوشیدنی گازدار مشاهده کرد. حباب های دی اکسید کربن در خراش هایی روی بطری های نوشیدنی ها ایجاد می شود که در آن ناخالصی های گازی مانند هوا ذخیره شده و به عنوان مکان های هسته زایی عمل می کنند. هنگام استفاده از اولتراسوند، فعالیت کائویتاسیونی به طور مستقیم با چگالی تعداد ذرات موجود در محیط متناسب است [۱]. زمانی که هیچ گازی در سیستم وجود نداشته باشد، زمانی که شدت صوت از آستانه هسته زایی سیستم بیشتر نباشد [۲] و یا زمانی که واکنش دهنده به اندازه کافی فرار نباشد تا وارد حباب کائویتاسیون شوند [۳]، اثرات شیمیایی ناشی از اولتراسوند نیز وجود نخواهد داشت. اثرات فیزیکی و شیمیایی اولتراسوند در نتیجه کائویتاسیون های پایدار و گذرا است که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

دو نظریه رقیب برای توضیح اثرات شیمیایی ناشی از کائویتاسیون وجود دارد: نظریه نقطه داغ و نظریه الکتریکی. نظریه نقطه داغ فرض می کند که وقتی که حباب ها می ترکند، نقاط داغ موضعی تشکیل می شوند که در آنها دما و فشار به بیش از ۵۰۰۰ کلوین و ۵۰۰ اتمسفر می رسد. نظریه الکتریکی از آن طرف فرض می کند که بار الکتریکی بر روی سطح حباب کائویتاسیون ایجاد می شود و گرادیان ها الکتریکی بزرگی در طول حباب تشکیل می شود که هنگام ترکیدن حباب قادر به شکستن پیوند شیمیایی هستند [۴]. نظریه نقطه داغ عموماً رایج تر و پذیرفته تر است، اگرچه مارگولیس (۱۹۹۲)، (۱۹۹۴) پدیده های بسیاری را گزارش می کند که با این نظریه در تضاد هستند و با نظریه الکتریکی توجیه می شوند [۵].

### انواع تجهیزات اولتراسونیک

#### ۴-۱ اولتراسونیک حمامی

شکل ۱ انواع سیستم های اولتراسونیک را که در آزمایشگاه برای سنتز یا انجام واکنش های شیمیایی به کار می روند نشان می دهد. اولتراسونیک حمامی در اصل برای اهداف تمیز کردن ساخته شد. سیستم های اولتراسونیک حمامی به طور گسترده در تحقیقات سونوشیمیایی مورد استفاده قرار می گیرند زیرا به راحتی در دسترس بوده و نسبتاً ارزان هستند. ظرف واکنش معمولاً در مایع موجود در حمام (صوت غیرمستقیم) غوطه ور می شود تا امواج صوتی به صورت غیر مستقیم به آن برسند. با این حال، خود حمام می تواند به عنوان ظرف واکنش استفاده شود، اما به هم زدن مکانیکی بیشتری نیاز دارد. علاوه بر این دیوارهای حمام در معرض مخلوط واکنش و یا تابش قرار می گیرند و آنها را مستعد خوردگی یا فرسایش می کند. هنگامی که فراصوت غیرمستقیم استفاده می شود، قدرت اولتراسونیک که به ظرف واکنش



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



می رسد در مقایسه با سایر سیستم های اولتراسونیک، مانند پروب، نسبتاً کم است. علاوه بر این، به دست آوردن نتایج قابل تکرار ممکن است دشوار باشد، زیرا مقدار توانی که به مخلوط واکنش می رسد به شدت به محل قرارگیری نمونه در حمام بستگی دارد. نتایج همچنین می تواند با زمان گرم شدن حمام در حین کار متفاوت باشد [۶]. از آنجا که هر حمام ویژگی های متفاوتی دارد، تعیین شرایط بهینه برای هر حمام و قرار دادن ظرف واکنش در یک مکان برای هر آزمایش مهم است. علاوه بر این، استفاده از تنها یک نوع ظرف واکنش برای هر واکنشی مهم است، زیرا شکل کف ظرف واکنش حتی زمانی که در حمام در یک موقعیت شبیه به هم قرار می گیرد به طور قابل توجهی بر الگوی موج تأثیر می گذارد [۷]، [۸]، [۹]. یکی دیگر از معایب استفاده از سیستم حمام این است که سیال ظرف واکنش را احاطه می کند و در نهایت دما را افزایش می دهد و حفظ شرایط همدم را دشوار می کند. به این دلیل، کویل های خنک کننده را می توان در داخل حمام قرار داد، اما این کویل ها بر میدان صوتی تأثیر می گذارند و ممکن است میزان انرژی را که به ظرف می رسد کاهش دهد.

#### ۴-۲ اولتراسونیک پروبی

سیستم های پروبی که سیستم های هورن یا هموزنایزر نیز نامیده می شوند، بیشتر برای تحقیقات سونوشیمیایی در آزمایشگاه استفاده می شوند. این ممکن است به این دلیل باشد که تولیدکنندگان آگاه هستند که این نوع تحقیقات در حال افزایش است و سیستم پروبی تجهیزاتی است که پاسخگویی به تقاضا را فراهم می کند. بعلاوه، سیستم های پروبی قادرند مقادیر زیادی انرژی را مستقیماً به مخلوط واکنش تحویل دهند که می تواند با تغییر دامنه تحویل داده شده به مبدل تنظیم شود. البته انتظاری و همکاری آنها هنگام بررسی تفکیک دی سولفید کربن دریافتند که استفاده از سیستم پروب با معایبی همچون فرسایش و سوراخ شدن نوک پروب همراه است که ممکن است محلول واکنش را آلوده کند. خوشبختانه چندین پروب با نوک های قابل جابجایی در دسترس هستند که جایگزین کردنشان آنها را راه حل نسبتاً ارزانی است. طرح های مختلف پروب به صورت تجاری در دسترس هستند و توسط پرکینز به تفصیل مورد بحث قرار گرفته اند. مقاله او همچنین بحث های ساخت مبدل، ملاحظات مواد، روش های اندازه گیری دامنه ورودی، و جنبه های سلامت و ایمنی را پوشش می دهد. همچنین چندین نویسنده آزمایش هایی را برای تعیین ویژگی های میدان صوتی در یک سیستم پروب انجام داده اند. نواحی موضعی شدت اولتراسونیک در یک سیال به شدت به توان تحویلی آن به مبدل بستگی دارد. آنها مشاهده کردند که وقتی توان تحویلی به سیستم کم باشد (یعنی مثلاً ۸ وات)، توزیع شدت اولتراسونیک مشخصه یک موج ایستاده در جهت محوری است. با این حال، با افزایش توان تحویلی به سیستم، الگوی موج از بین می رود و شدت در نزدیکی نوک پروب بیشتر می شود و به صورت محوری کاهش می یابد. در جهت شعاعی، آنها دریافتند که در توان های کم (یعنی ۸ وات) شدت در مرکز راکتور کمی بیشتر است اما در سطح مقطع راکتور قابل مقایسه است. با این حال، با افزایش توان تحویلی، شدت فراصوت در مرکز راکتور افزایش می یابد و در جهت شعاعی از بین می رود. حداقل ارتفاع مایع ۱ سانتی متری باید در ظرف واکنش حفظ شود چرا که اگر کمتر از آن باشد مبدل به درستی کار نمی کند [۱۰].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

از فویل آلومینیومی برای توصیف میدان صوتی یک سیستم پروبی استفاده شد که داده های مورد نیاز برای ایجاد یک معادله تجربی را فراهم می کند که می تواند برای تخمین مرتبه شدت فشار ( $P_I$ ) در اتمسفر به عنوان تابعی از فاصله ( $S$ ) بر حسب متر از فویل آلومینیومی از نوک پروب استفاده شود [۱۱]. شدت فشار در حدود هزاران اتمسفر در فواصل بسیار نزدیک به نوک پروب است و با فاصله از نوک آن به طور تصاعدی کاهش می یابد.

$$P_I = 9.82 \times 10^{-4} S^{-1.5}$$



شکل ۱. سمت راست اولتراسونیک پروبی و سمت چپ اولتراسونیک حمامی

کاربرد تجهیزات اولتراسونیک در واکنش های شیمیایی

۵-۱ سنتز مواد

مواد زیادی با استفاده از تکنیک سونوشیمی سنتز می شوند. مثلاً اخیراً، چندین پروتکل سازگار با محیط زیست با کمک اولتراسوند مبتنی بر واکنش Hantzsch برای سنتز یک مرحله ای ۴،۱-دی هیدروپیریدین ها (۴،۱-DHPs)، که یک ماده دارویی است، ایجاد شده است. این هتروسیکل ها فعالیت های ضد سرطان [۱۲]، ضد انعقاد، ضد میکروبی [۱۳] و ضد ترومبوتیک [۱۴] دارند.

ایمیدازول ها به دلیل خواص چندمنظوره در سنتز و فارماکولوژی، با چندین فعالیت بیولوژیکی مانند ضد باکتری [۱۵] و ضد صرع [۱۶]، همیشه در شیمی جایگاه برجسته ای دارند. بنابراین، در زمینه کاتالیست ناهمگن، روش های سنتز با واسطه اولتراسوند برای سنتز سازگارتر با محیط زیست مشتقات ایمیدازول در حضور حلال های سبز توسعه یافتند. سافاری و همکارانش [۱۷]  $MgAl_2O_4$  را به عنوان یک کاتالیست ناهمگن کارآمد در سنتز ساده این مواد با

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



استفاده از اتانول به عنوان حلال مورد بررسی قرار داده اند به منظور مقایسه با روش های مرسوم واکنش در حضور تابش اولتراسونیک ( اولتراسونیک حمامی در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و فرکانس ۵۰ کیلوهرتز و توان ۲۰۰ وات) و رفلکس در شرایط مشابه انجام گردید. در تمام موارد استفاده از امواج اولتراسونیک این امکان را فراهم می کند که محصول مورد نظر با بازدهی بالا و زمان واکنش کوتاهتر به دست آید. از مزایای دیگر این پروتکل می توان به مقدار کم کاتالیست مورد نیاز ( تنها ۰/۳۵ درصد مولی)، شرایط ملایم و سنتز آسان اشاره کرد.

#### ۵-۲- تخریب مواد آلی

از آنجا که تشعشع امواج اولتراسوند در مایع به تشکیل رادیکال های هیدروکسیل منجر می شود می توان از این روش برای انجام واکنش های اکسیداسیون پیشرفته برای تخریب مواد آلی درون آب و خاک و هوا استفاده کرد. نویسندگان تأثیر پارامترهای عملیاتی مانند غلظت اولیه محلول، دمای سیستم واکنش، توان اعمالی، فرکانس اولتراسوند و حضور گونه های دیگر در محیط (۱- بوتانول، NaCl و  $FeSO_4$  را مورد مطالعه قرار دادند. شرایط بررسی شده غلظت های اولیه ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میکروگرم در لیتر، دماهای ۲۰ و ۴۰ درجه سانتیگراد، توان اعمالی ۴۵، ۷۵ و ۱۵۰ وات و فرکانس های اولتراسوند تخریب ۲۴ و ۸۰ کیلوهرتز و سه هیدروکربن آروماتیک در مدت زمان ۱۲۰ دقیقه بود. نویسندگان تأیید کردند که تخریب با افزایش دما و کاهش توان و فرکانس کاهش می یابد. NaCl بیش از حد، نیز باعث کاهش تخریب شد. برعکس، یون های آهن در غلظت های پایین باعث افزایش تخریب به دلیل مشارکت واکنش های نوع فنتون شدند. در نهایت، آزمایشات در حضور ۱- بوتانول نشان داد که واکنش سرکوب شده است و نقش حیاتی رادیکال ها را در این فرآیند تأیید کرد [۱۸].

در کار دیگری نویسندگان دریافتند که تخریب داروها به فرکانس اولتراسونیک، pH محلول و دمای سیستم بستگی دارد. بالاترین نرخ تخریب برای استامینوفن و ناپروکسن در اولتراسوند در فرکانس های بالا ( ۱۰۰۰ کیلوهرتز) و در شرایط اسیدی رخ داده است. برعکس در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و در غیاب اولتراسوند تخریب ۵,۲٪ برای استامینوفن و ۱۰,۶٪ برای ناپروکسن در ۲۸ کیلوهرتز رخ داد. هنگامی که فرکانس ۱۰۰۰ کیلوهرتز و دما ۳۵ درجه سانتیگراد بود، تخریب برای استامینوفن و ناپروکسن به ترتیب ۲۹,۱٪ و ۴۶,۲٪ بود. افزودن نانولوله کربنی به طور قابل توجهی نرخ تخریب را بهبود بخشید. نویسندگان موفق شدند ۴۴,۵٪ و ۹۰,۳٪ از استامینوفن و ناپروکسن را به ترتیب در ۲۵ درجه سانتیگراد و ۲۸ کیلوهرتز تخریب کنند. نرخ تخریب بالاتر ارائه شده توسط سیستم ترکیبی اولتراسوند-نانولوله کربنی با نانولوله های پراکنده در محلول مرتبط است که به عنوان هسته در طول واکنش عمل می کنند و تولید پراکسید هیدروژن را افزایش می دهند [۱۹].

نیشرگ و گوگات از یک فرآیند سونوشیمیایی برای تجزیه دی کلرووس در فاضلاب استفاده کردند. نویسندگان آزمایش ها را با استفاده از یک سیستم اولتراسوند ساده با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز و توان اسمی ۲۷۰ وات انجام دادند. در میان پارامترهای عملیاتی ارزیابی شده، pH، دما و پگالی توان برجسته بود. علاوه بر این، نویسندگان تأثیر مواد افزودنی مانند پراکسید هیدروژن معرف فنتون و  $CCl_4$  را ارزیابی کردند. نویسندگان مشاهده کردند که فرکانس های پایین در



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

تصفیه فاضلاب های آلوده به دی کلرووس کار آمد هستند علاوه بر این شرایط اسیدی مقادیر دمای بهینه ، اتلاف انرژی و ورود مواد افزودنی باعث تخریب می شود. ترکیب اولتراسوند و معرف فنتون منجر به تخریب کامل دی کلرووس اولیه شد. مطالعه تله های رادیکال نشان داد که تخریب از طریق یک مکانیسم رادیکالی رخ داده است. در نهایت، نویسندگان به این نتیجه رسیدند که هزینه و پایداری سیستم از مزایای راکتورهای سونوشیمیایی با فرکانس پایین است [۲۰].

مونه آگودو و همکاران تخریب رنگ راکتیو بلو ۴ را با ترکیب سیستم همگن عکس فنتون با اولتراسوند بررسی کردند [۲۱]. نویسندگان با تعیین میزان کاهش کل کربن آلی (TOC) به کارایی فرآیند تخریب دسترسی پیدا کردند. تأثیر غلظت های اولیه  $F_e^{2+}$ ، pH و  $H_2O_2$  بر میزان معدنی شدن رنگ ارزیابی شد. در شرایط بهینه شده ، ۹۴٪ از حذف TOC در ۶۰ دقیقه اتفاق افتاد. نویسندگان فرض کردند که معدنی شدن رنگ توسط سیستم فتو فنتون- اولتراسوند توسط مجموعه ای از مکانیسم ها رخ داده است: (۱) معدنی شدن با فتولیز مستقیم، (۲) گونه های اکسیداتیو تولید شده توسط اولتراسوند، (۳) واکنش های اکسیداسیون مستقیم با پراکسید هیدروژن، (۴) واکنش های رادیکال (عمدتاً رادیکال هیدروکسیل) و (۵) پیرولیز مستقیم در داخل حباب کاویتاسیون. نویسندگان همچنین دریافتند که واکنش های رادیکال (در محلول و مجاورت حباب ها) مسئول معدنی شدن هستند که ۹۳/۶ درصد و به دنبال آن واکنش هایی با پراکسید هیدروژن ۲/۵۶ درصد نقش دارند. فتولیز و واکنش های مجدد با گونه های اکسیداتیو تولید شده توسط اولتراسوند در ۱/۹۲ درصد مشارکت داشت [۲۱].

دورنمای استفاده از راکتورهای اولتراسونیک در مقیاس بزرگ

هنگام پاسخ به این موضوع که آیا مقیاس واکنشی را که توسط سونوشیمی تسریع می شود را می توان افزایش داد یا نه عوامل متعددی باید در نظر گرفته شوند. اولاً، مهم است که بدانیم سونوشیمی چه نقشی در بهبود دارد. آیا اثرات واقعا شیمیایی هستند (یعنی افزایش به دلیل تشکیل رادیکال های آزاد است) یا عمدتاً فیزیکی هستند؟ اگر آنها فیزیکی هستند، چه تأثیراتی برای تقویت واکنش مهم است؟ اگر تجزیه ذرات تنها نقش مهمی باشد که اولتراسوند ایفا می کند، ممکن است راکتور سونوشیمیایی لازم نباشد. در عوض، مواد جامد را می توان قبل از قرار گرفتن در یک راکتور معمولی، فراصوت کرد. با این حال، اگر سایر اثرات فیزیکی اولتراسوند، مانند افزایش سرعت انتقال جرم و/یا نوسازی سطح، مهم باشد، در طول واکنش نیاز به سونیکاسیون برقرار خواهد بود. در برخی موارد، استفاده از اولتراسوند ممکن است یک واسطه واکنش ایجاد کند که واکنش را تسریع می کند. با این حال، اگر این تنها نقشی است که اولتراسوند ایفا می کند، ممکن است به جای استفاده از اولتراسوند، افزودن فیزیکی واسطه لازم مقرون به صرفه تر باشد. هنگامی که به این نتیجه رسیدیم که برای به دست آوردن افزایش واکنش مورد نظر به سونوشیمی نیاز است، قبل از افزایش مقیاس باید چندین فاکتور در نظر گرفته شود. خواص سیال و گازهای محلول برای نوع و مقدار فراصوت مورد نیاز بسیار مهم است. علاوه بر این وجود جامدات، ماهیت، اندازه و ساختار آنها نیز بر انتخاب راکتور تأثیر می گذارد. به عنوان مثال، هنگامی که سیستم واکنش مایع-جامد است، یک راکتور سونوشیمی انتخاب خوبی نخواهد بود، زیرا تیغه به سرعت در اثر حضور جامدات فرسایش می یابد. علاوه بر دانستن ویژگی های مخلوط واکنش و سینتیک واکنش، باید از

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

سیستم بهینه و شرایط اولتراسونیک مانند دمای واکنش محیط، فشار، فرکانس، توان اتلاف شده، میدان اولتراسونیک و برهمکنش های آنها آگاهی داشت. افزودن تجهیزات در یک راکتور (مانند بافل ها، همزن ها و کویل های خنک کننده) بر توزیع انرژی اولتراسونیک تأثیر می گذارد.

### منابع

1. Madanshetty, S.I. and R.E. Apfel, *Acoustic microcavitation: Enhancement and applications*. The Journal of the Acoustical Society of America, 1991. **90**(3): p. 1508-1514.
2. Fitzgerald, M.E., V. Griffing, and J. Sullivan, *Chemical effects of ultrasonics`—hot spot" chemistry*. The Journal of Chemical Physics, 1956. **25**(5): p. 926-933.
3. Griffing, V., *The chemical effects of ultrasonics*. The Journal of Chemical Physics, 1952. **20**(6): p. 939-942.
4. Margulies, T.S. and W. Schwarz, *Sound wave propagation in fluids with coupled chemical reactions*. The Journal of the Acoustical Society of America, 1985. **78**(2): p. 605-615.
5. Lepoint-Mullie, F., D. De Pauw, and T. Lepoint, *Analysis of the 'new electrical model' of sonoluminescence*. Ultrasonics sonochemistry, 1996 : (1) <sup>3</sup>. p. 73-76.
6. Thompson, L.H. and L. Doraiswamy, *Sonochemistry: science and engineering*. Industrial & Engineering Chemistry Research, 1999. **38**(4): p. 1215-1249.
7. Mason, T., et al., *Dosimetry in sonochemistry: the use of aqueous terephthalate ion as a fluorescence monitor*. Ultrasonics Sonochemistry, 1994. **1**(2): p. S91-S95.
8. Pugin, B., *Qualitative characterization of ultrasound reactors for heterogeneous sonochemistry*. Ultrasonics, 1987. **25**(1): p. 49-55.
9. Weber, M. and W. Chon, *Distribution of ultrasonic cavitation intensities in a liquid system*. The Canadian Journal of Chemical Engineering, 1967. **45**(4): p. 238-240.
10. Ratoarinoro, N., et al., *Power measurement in sonochemistry*. Ultrason. Sonochem, 1995. **2**(1): p. S43-S47.
11. Chivate, M. and A. Pandit, *Quantification of cavitation intensity in fluid bulk*. Ultrasonics Sonochemistry, 1995. **2**(1): p. S19-S25.
12. Naik, T.R.R., *Therapeutic Significance of 1, 4-Dihydropyridine Compounds as Potential Anticancer Agents*. Org. Synth.-A Nascent Relook, 2020 :p. 1-19.
13. Ahamed, A., et al., *Antimicrobial, anticoagulant, and cytotoxic evaluation of multidrug resistance of new 1, 4-dihydropyridine derivatives*. Saudi journal of biological sciences, 2018. **25**(6): p. 1227-1235.
14. Cooper, K., et al., *1, 4-Dihydropyridines as antagonists of platelet activating factor. 1. Synthesis and structure-activity relationships of 2-(4-heterocyclyl) phenyl derivatives*. Journal of medicinal chemistry, 1992. **35**(17): p. 3115-3129.
15. Lu, X., et al., *Synthesis and evaluation of anti-tubercular and antibacterial activities of new 4-(2, 6-dichlorobenzyloxy) phenyl thiazole, oxazole and imidazole derivatives. Part 2*. European journal of medicinal chemistry, 2012. **49**: p. 164-171.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

- ۱۶ Mishra, R. and S. Ganguly, *Imidazole as an anti-epileptic: an overview*. Medicinal Chemistry Research, 2012. **21**(12): p. 3929-3939.
- ۱۷ Safari, J., S. Gandomi-Ravandi, and Z. Akbari, *Sonochemical synthesis of 1, 2, 4, 5-tetrasubstituted imidazoles using nanocrystalline MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> as an effective catalyst*. Journal of Advanced Research, 2013. **4**(6): p. 509-514.
- ۱۸ Benhelal, E., et al., "*ACEME*": *Synthesis and characterization of reactive silica residues from two stage mineral carbonation Process*. Environmental Progress & Sustainable Energy, 2019. **38**(3): p. e1.۳۰۶۶
- ۱۹ Avnir, D. and S. Braun, *O. Lev and M. Ottolenghi*. Chem. Mater, 1994. **6**(1605): p. 1.
- ۲۰ Serna-Galvis, E.A., et al., *Effective elimination of fifteen relevant pharmaceuticals in hospital wastewater from Colombia by combination of a biological system with a sonochemical process*. Science of the total environment, 2019. **670**: p. 623-632.
- ۲۱ Bendicho, C., et al., *Ultrasound-assisted pretreatment of solid samples in the context of green analytical chemistry*. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2012 :۳۱ .p. 50-60.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

### راکتورهای شیمیایی ناپیوسته

مهسا حبیبیان قره ورن<sup>۱</sup>، مجید صفاجو جهانخانملو<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

#### چکیده

راکتور شیمیایی مهم ترین تجهیز فرآیندی است که واکنش های شیمیایی درون آنها صورت می گیرد و مواد اولیه به محصولات تبدیل می شوند. در طراحی راکتور تسلط بر مفاهیم ترمودینامیک و سینتیک شیمیایی نیاز است. با توجه به نوع فرآیند، راکتورها در اندازه ها و جنس های مختلف ساخته می شوند. راکتورها براساس واکنشی که درون آن انجام می شود به دو دسته همگن و ناهمگن طبقه بندی می شوند. هم چنین از نظر عملکرد به سه دسته راکتور پیوسته، نیمه پیوسته و ناپیوسته تقسیم می شوند. راکتورهای ناپیوسته مرسوم ترین نوع راکتورها در صنعت هستند. برای مواقعی که حجم واکنش تا حدودی ثابت است، به کار برده می شوند. در این مقاله مزایا، معایب و انواع این راکتورها مورد بررسی قرار گرفته و تحقیقات اخیر بر روی راکتورهای ناپیوسته در منابع مرور شده است.

کلمات کلیدی: واکنش شیمیایی، راکتور پیوسته، راکتور ناپیوسته

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مقدمه:

راکتور قلب فرآیندهای شیمیایی و پلیمری محسوب می شود و مهم ترین تجهیز در واحد شیمیایی به شمار می رود. واکنش شیمیایی درون آن انجام می گیرد. شکل گیری و ساختار محصول نهایی در داخل راکتور شیمیایی انجام می شود. راکتور، سیستم باز یا بسته ای است که به صورت دوره ای عمل می کند [۱]. در ابتدا مواد اولیه یا خام برای اینکه قابلیت ترکیب شدن را داشته باشند و آماده ورود به مرحله واکنش شیمیایی شوند، باید از یک رشته مراحل فیزیکی مانند، جداسازی عبور کنند. سپس، واکنش های شیمیایی مدنظر درون راکتور انجام شده و فرآورده نهایی حاصل می شود. در نهایت نیاز است عملیات فیزیکی نهایی بر روی محصول انجام گیرد [۲]. راکتورها را در شکل ها، اندازه ها و جنس های مختلف می سازند. برای استفاده از راکتور مناسب باید نوع فرآیند را در طراحی مشخص کنیم تا نوع راکتور و اندازه ی آن انتخاب شود؛ زیرا ممکن است شرایط داخل راکتور نسبت به دما و زمان تغییر کند. به عنوان مثال بسته به خاصیت گرماگیری و گرمادهی دمای تنظیم شده راکتور می تواند متفاوت باشد. ورودی، خروجی و مدت زمان حضور واکنش دهنده ها و فرآورده ها در طراحی راکتور عوامل موثر می باشند، لذا این موارد را هم باید مد نظر قرار داد. برای طراحی راکتورها از قوانین بقای جرم و انرژی استفاده می شود. بطور خلاصه، شدت مواد یا انرژی وارد شده به حجم کنترل منهای شدت مواد خارج شده از حجم کنترل بعلاوه ی تولید مواد یا انرژی در حجم کنترل منهای مصرف مواد یا انرژی در حجم کنترل برابر شدت تجمع مواد یا انرژی در داخل حجم کنترل است [۱]. طراحی راکتور، اصول مهندسی واکنش های شیمیایی را در بر می گیرد. برای این کار طراح باید اطلاعات کافی از مباحث سینتیک واکنش و ترمودینامیک را داشته باشد. در طراحی راکتور از مباحث ترمودینامیک می توان به گرمای آزاد شده، حداکثر پیشرفت واکنش و میزان ثابت تعادل واکنش پاسخ داد [۱،۲]. سینتیک واکنش تعیین خواهد کرد که تغییرات شیمیایی با چه سرعتی انجام می شود و عوامل موثر بر سرعت واکنش را مشخص می کند. سرعت واکنش از این جهت حائز اهمیت است که اندازه و نوع راکتور مناسب برای انجام واکنش را تعیین می کند [۱]. در انجام و سرعت واکنش، متغیرهای زیادی تاثیرگذار هستند [۲]. راکتورها را براساس واکنشی که در آن انجام می شود، به دو دسته تقسیم می کنند:

I. همگن (تک فازی، متجانس)

II. ناهمگن (چندفازی، نامتجانس) [۱-۳]

واکنشی همگن است که فقط در یک فاز صورت گیرد، به عبارت دیگر؛ همه ی ترکیب شونده ها در یک فاز باشند. فاز می تواند جامد، مایع، گاز باشد. واکنش ناهمگن، واکنشی است که برای انجام آن بیش از یک فاز و حداقل دوفاز نیاز است [۲ و ۳]. عوامل اصلی موثر بر سرعت واکنش در سیستم همگن، دما، فشار و غلظت هستند. ولی در واکنش ناهمگن به دلیل وجود بیش از یک فاز علاوه بر عوامل موثر گفته شده بر سیستم همگن، سرعت انتقال جرم و حرارت نیز تاثیر گذار می باشند [۱]. در طراحی می توان برای هر فرآیند، طرح های زیادی را در نظر گرفت ولی طرح مناسب باید از

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

تمامی جنبه ها مثل هزینه های مربوط به راکتور و خالص سازی فرآورده ها، مقرون به صرفه باشد. [۲] به طور کلی راکتورها از نظر عملکرد به سه دسته پیوسته، نیمه پیوسته و ناپیوسته تقسیم می شوند [۱]. راکتور پیوسته بیشتر در سیستم های ناهمگن مورد استفاده قرار می گیرد [۲]. جریان همواره از یک ورودی وارد شده، در داخل راکتور واکنش انجام شده و از خروجی دیگر خارج می شود [۳]. در راکتور نیمه پیوسته، اکثر مواد واکنش دهنده ها به طور پیوسته وارد راکتور شده، ترکیب درصد مخلوط و بیشتر اوقات حجم مواد داخل راکتور با زمان تغییر می کند. بیشتر واکنش هایی که در فاز مایع-مایع و مایع-گاز هستند، در این راکتورها انجام می شوند [۱]. راکتور ناپیوسته شامل حجم واکنشی ثابت است که مجهز به همزن، کنترلر دما، کنترلر فشار، گشتاور سنج، pH متر و در برخی موارد دریچه شیشه ای برای مشاهده روند تشکیل مواد است [۲]. در این راکتور در نهایت محصول خارج می شود و تا وقتی که واکنش تمام نشده است، ماده ای به راکتور اضافه یا از آن خارج نمی شود. غلظت مواد با گذشت زمان تغییر می کند ولی در داخل راکتور ترکیب نسبی مواد شیمیایی در هر لحظه یکسان است [۱]. در این نوع راکتورها فقط میزان انجام واکنش را در طول زمان های مختلف اندازه می کنند که می توان با استفاده از روش های زیر انجام داد:

- I. اندازه گیری تغییرات حجم در یک سیستم فشار ثابت
- II. اندازه گیری تغییرات فشار کل در سیستم حجم ثابت
- III. اندازه گیری تغییرات یک خاصیت فیزیکی
- IV. اندازه گیری غلظت یک ماده در واکنش

منظور از حجم ثابت در راکتور ناپیوسته، حجم راکتور نیست بلکه حجم مخلوط داخل واکنش مدنظر می باشد. اکثر واکنش هایی که در فاز مایع می باشند و همچنین واکنش های فاز گازی که در ظرف صلب صورت می گیرد، از این دسته می باشند. این راکتورها، دستگاه های ساده ای هستند و به تجهیزات اضافی نیازی ندارند و بیشتر برای سیستم های همگن [۲] و مطالعه سرعت در مقیاس های کوچک مورد استفاده قرار می گیرند [۳]. تمامی مولکول ها در این راکتور زمان اقامت یکسانی دارند لذا ریز و درشت بودن مولکول های سیال تاثیری بر عملکرد راکتور ناپیوسته ندارد [۳] برای حالتی که نیاز است محصول کمی تولید شود، راکتورهای ناپیوسته مورد استفاده قرار می گیرند. هزینه ساخت این راکتور کمتر است. شروع و پایان واکنش، کنترل عملیات و تمیز کردن آن آسان است [۴]. کنترل کیفیت نامطلوب محصول نهایی، مدت زمان طولانی تمیز کردن و پر کردن مجدد از معایب این راکتور است. برای واکنش هایی که زمان اقامت طولانی در راکتور پیوسته دارند، هزینه های زیادی لازم است [۵]. بیشتر محصولات پلیمری تولید شده در راکتور

<sup>1</sup> Continous Reactor

<sup>2</sup> Semibatch Reactor

<sup>3</sup> Batch Reactor



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

نایپوسته قیمت بالایی دارند [۴]. بازده، انتخابی بودن و یکنواخت بودن زمان اقامت در راکتورهای نایپوسته بیشتر است و این باعث می شود که واکنش های جانبی کمتر صورت بگیرند و محصولات ناخواسته کمتری تولید شود. در این راکتورها، وزن مولکولی و کیفیت محصول پلیمری وابسته به سرعت واکنش، تبادل گرمای مونومرها، افزایش ویسکوزیته مواد داخل راکتور است.

مهم ترین انواع راکتورهای نایپوسته:

- I. راکتورهای نایپوسته ساکن
- II. راکتورهای نایپوسته همزن دار آزمایشگاهی
- III. راکتورهای نایپوسته همزن دار صنعتی
- IV. راکتورهای پلیمریزاسیون لنگ چرخشی<sup>۱</sup>

راکتورهای نایپوسته ساکن، در این راکتورها واکنش بدون عمل اختلاط صورت می گیرد. از جمله مشکلاتی که در استفاده از این نوع راکتور با آن مواجه می شویم عبارتند از: خروج حرارت تولید شده که عدم کنترل مناسب دما باعث ایجاد حباب در سطح محصول نهایی می شود، عدم پلیمریزاسیون همه مونومرها و انقباض محصول تا حدود ۲۱ درصد. راکتورهای نایپوسته همزن دار بیشتر برای بررسی سرعت واکنش در مقیاس کوچک مفید است. در صورتی در صنعت مورد استفاده قرار می گیرد که مواد کمتری نیاز باشد. مواد داخل راکتور به خوبی هم زده می شوند، هر چند که ورود مواد اولیه و خروج محصول غیرمداوم صورت می گیرد. مشکل خارج کردن حرارت تولید شده در این نوع راکتور به دلیل وجود همزن رفع می شود. معمولاً هم برای ساخت رزین های پلاستیکی مثل پلی استرها به کار می روند. همزدن در مخزن نقش مهمی در انتقال حرارت، معلق کردن جامدات، حفظ یکنواختی در طول واکنش های شیمیایی و انتقال جرم در سامانه های چند فازی ایفا می کند. مقدار توان مصرف شده به وسیله همزن تابع نوع پره همزن، خواص مایع، اندازه مخزن است. از راکتورهای طراحی شده استاندارد می توان برای ساده کردن طراحی و کاهش هزینه ها استفاده کرد. وقتی که سیال با ویسکوزیته پایین و اختلاط مغشوش داریم برای هندسه استاندارد از این علائم قراردادی استفاده می شود (قطر مخزن (D)، ارتفاع راکتور (L)، ارتفاع سیال درون راکتور (H)، قطر همزن (d<sub>T</sub>)، عرض تیغه (W)، فاصله همزن تا کف مخزن (C)، عرض بافل (B)، فاصله بین هر مارپیچ (P)، فاصله بین همزن و دیوار مخزن (C<sub>b</sub>)) [۴]. این هندسه را به عنوان هندسه استاندارد در نظر گرفته می شود؛ زیرا برآورد هندسه بهینه برای هر فرآیند کار دشواری است. برای اختلاط درهم H/D (نسبت ارتفاع سیال به قطر مخزن) برابر ۱ در نظر گرفته می شود. در همزدن درهم دو پدیده اتفاق می افتد، اول سیال همانند جسم جامد پیچ و تاب می خورد، بنابراین اختلاط کمتری صورت می گیرد، سپس، وقتی که

<sup>1</sup> Tumbling Reactors

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

سرعت همزن زیاد شد، سیال توسط نیروی سانتریفیوژ همزن به سمت دیواره پرتاب می شود. برای اینکه از رخ دادن این پدیده ها جلوگیری کنند، بافل استفاده می شود. مایع موجود در ظرف راکتور توسط همزن، مخلوط می شود که باید همزن مناسب برای راکتور استفاده شود؛ در غیر این صورت ممکن است انرژی مکانیکی تولید شده به هدر رود. پره، شفت یا محور، جعبه دنده، موتور از اجزای مشترک همه همزن ها هستند. برای جریانی که به صورت درهم است، دونوع همزن استفاده می شود، همزن محوری که حرکت سیال در جهت محور و موازی با محور است و همزن شعاعی که حرکت سیال در جهت شعاعی یا افقی و به سمت دیواره است. در صورتی شاهد حرکت شعاعی خواهیم بود که همزن نزدیک کف مخزن باشد و یا نسبت قطر همزن به قطر مخزن کوچک باشد. همزن ها را از دیدگاه انتقال مواد درون راکتور در دو دسته همزن با مساحت کم و سرعت حرکت زیاد و همزن با مساحت زیاد و سرعت حرکت کم بررسی می کنند. دسته اول برای مخلوط کردن مایعات با ویسکوزیته بالا و دسته دوم برای مخلوط کردن مایعات با ویسکوزیته کم و متوسط به کار گرفته می شود. پره ها را مناسب برای هر واکنش می سازند. پس بر این اساس انواع مختلفی دارند [۴-۶]:

- I. همزن با پره ملخی؛ در این همزن جریان از نوع محوری است و مناسب برای رسیدن به دور بالا در سامانه های با ویسکوزیته کم است.
- II. همزن توربینی با تیغه های زاویه دار؛<sup>۱</sup> این نوع همزن مناسب برای معلق سازی جامدات، اختلاط های معمولی با ویسکوزیته کم، رسیدن به سرعت های گردش بالا، است. همزن دارای تیغه های صافی است که برای ایجاد جریان محوری، زاویه دار شده اند. از جمله کاربردهایشان می توان به همگن کردن و تعلیق اشاره کرد.
- III. همزن توربینی با تیغه های مسطح؛<sup>۲</sup> همزن های ساده با جریان شعاعی هستند. مناسب برای توزیع، امولسیون سازی و معلق سازی مایعات هستند. کاربرد این همزن ها در تعلیق و تبدیل مایعات به ذرات ریز است.
- IV. همزن توربینی با تیغه های انحنا دار؛<sup>۳</sup> این نوع همزن همانند همزن توربینی بوده و تیغه های آن منحنی هستند.
- V. همزن پهن؛<sup>۴</sup> این ها همزن های ساده با جریان شعاعی هستند که دارای شعاع بزرگ و سرعت همزدن آرام می باشند. در راکتورهایی که واکنش در آن ها به کندی صورت می گیرد، استفاده می شوند.

<sup>1</sup> Marine Type Impeller

<sup>2</sup> Pitched-blade Turbine

<sup>3</sup> Flate-blade Turbine

<sup>4</sup> Sweptback or Curved-blade Turbine

<sup>5</sup> Paddle Stirrer

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



VI. همزن لنگری؛ دارای جریان آرام و شعاعی بوده و برای بهبود انتقال حرارت در مایعات با ویسکوزیته بالا استفاده می شود.

VII. همزن دوحرکتی؛ همان همزن لنگری با دو تیغه عمودی متصل به میله همزن هستند. از این همزن برای واکنش هایی که ویسکوزیته بالای 10000 cp دارند، استفاده می شود.

VIII. همزن مارپیچی؛ دارای جریان آرام و شعاعی است. این همزن برای سامانه هایی با ویسکوزیته بسیار بالاتر از 1000000 cp مناسب است. برای حصول اطمینان از اختلاط کامل در همه نقاط مخزن با عمق زیاد، از همزن مارپیچی که چندین پره دارند، استفاده می شود. این پره ها باید در فاصله 1-1.5، برابر قطر پره نصب شوند. زمانی از همزن های با چندین پره استفاده می کنیم که نسبت طول به قطر بیشتر از 2-2.5 باشد.

بافل ها یا پره های گرداب شکن نیز در داخل راکتور ناپیوسته برای بهبود اختلاط استفاده می شوند [7]. بیشتر مواقع برای اینکه از حرکت چرخشی مایع داخل راکتور جلوگیری و ایجاد اغتشاش شود از دو یا چهار بافل استفاده می کنیم. بافل ها اغلب به دیواره داخلی با مقداری فاصله از دیواره متصل می شوند که این عمل مانع به وجود آمدن نواحی مرده<sup>4</sup> می شود. در مخزن های بزرگ، جریان های گردابی بیشتری نسبت به مخازن کوچک ایجاد می شود. لذا لزومی به نصب بافل در مخازن کوچک نیست. در راکتورهای ناپیوسته پلیمریزاسیون لنگ چرخشی، عمل اختلاط توسط همزن راکتور انجام نمی شود؛ بلکه با دوران راکتور حول محور افقی انجام می شود. کنترل دما می تواند دستی یا اتوماتیک، بسته به نوع راکتور انجام شود. برای کنترل حرارتی بهتر واکنش، راکتور در یک حمام آب قرار می گیرد و با کنترل دمای حمام حرارت واکنش کنترل می شود [8].

تخلیه فاضلاب صنعتی در چند دهه اخیر افزایش یافته است. تصفیه فاضلاب صنعتی کارآمد برای رعایت مقررات دقیق تخلیه الزامی است. سیستم های تصفیه بیولوژیکی، مانند راکتور ناپیوسته متوالی<sup>5</sup> عموماً برای تصفیه فاضلاب خانگی استفاده می شوند. با این حال، نیاز به زیرساخت و انرژی کمتر و آلودگی زیست محیطی پایین، SBR را به تکنیک برجسته برای تصفیه فاضلاب صنعتی تبدیل کرده است. سینگ<sup>6</sup> و همکاران در سال 2022، برای تصفیه پساب تولید شده از صنایعی مانند نساجی، خمیر و کاغذ، داروسازی، دباغی و غیره امکان استفاده از SBR را مورد بررسی قرار دادند. عوامل مؤثر بر اثربخشی SBR از نظر حذف مواد آلی و مواد مغذی نیز بررسی شد. مشاهده شد که سیستم SBR

<sup>1</sup> Anchor Stirrer

<sup>2</sup> Double Motion Stirrer

<sup>3</sup> Helix stirrer

<sup>4</sup> Dead Zones

<sup>5</sup> Sequencing Batch Reactor (SBR)

<sup>6</sup> Singh



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

برای تصفیه فاضلاب صنعتی موثر است زیرا کار با آن آسان است، در برابر بارهای ضربه ای مقاوم بوده و می تواند غلظت زیست توده بالایی را حفظ کند. تغییرات در SBR معمولی، مانند دانه بندی لجن، افزودن حامل های بیوفیلیم، و ترکیب جاذبها، میکروبیوم های مقاوم به نمک و منعقد کننده ها بررسی شد. علاوه بر این، ترکیبات جدید مختلف SBR با سایر فن آوری های تصفیه پیشرفته، مانند فنتون، فرآیند مبتنی بر غشاء و فرآیند الکتروشیمیایی، حذف بهتر آلاینده های متداول و مقاوم را نشان دادند. محققین جنبه های پایداری فناوری SBR را برای تصفیه فاضلاب صنعتی ارائه کردند [۹].

دانش و کنترل اختلاط در فرآیندهای ناپیوسته می تواند از تلفات محصول در طول افزایش مقیاس جلوگیری کند. کمپس<sup>۱</sup> و همکاران در سال ۲۰۲۲، مدل جدید اختلاط حرارتی مبتنی بر اندازه گیری توزیع گرما پس از یک پالس حرارتی اعمال شده را ارائه کردند. این مدل برای پیش بینی اختلاط و پشتیبانی از افزایش، کاهش مقیاس، و طراحی و بهینه سازی راکتورهای ناپیوسته توسعه داده شد. مدل پیشنهادی تأثیرات سرعت چرخشی، نوع همزن، حلال، قطر همزن به مخزن، قطر ارتفاع مایع به مخزن، زمان تزریق و تعداد پمپاژ را در نظر می گیرد. نتایج محققین نشان داد، همبستگی قوی بین زمان اختلاط روش پالس حرارتی و ضریب انتقال جرم واکنش حساس به اختلاط وجود دارد [۱۰].

بیوگاز آجایگزینی برای سوخت های زیستی گازی است و از تجزیه زیست توده از موادی مانند فضولات حیوانی، لجن فاضلاب و پساب های صنعتی تولید می شود. بیوگاز از متان، دی اکسید کربن، نیتروژن، هیدروژن، سولفید هیدروژن و اکسیژن تشکیل شده است. تولید بی هوازی بیوگاز را می توان با طراحی یک راکتور با بالا و روش های عملیاتی ارزان تر کرد. در سال ۲۰۲۲ بانرجی<sup>۲</sup> و همکاران، پارامترهایی مانند نوع بستر، اندازه ذرات، دما، pH، نسبت کربن به نیتروژن (C/N) و غلظت را در طراحی راکتورهای تولید بیوگاز بررسی کردند. راکتورهای چند مرحله ای، ناپیوسته، راکتورهای تک مرحله ای پیوسته و راکتورهای دو مرحله ای پیوسته که در صنعت برای تولید بیوگاز استفاده می شوند، را بررسی کردند. نتایج برتری داده های بدست آمده از راکتور ناپیوسته در شرایط معین را نشان داد [۱۱].

نتیجه گیری

راکتورهای ناپیوسته برای مطالعه رفتار سیالات با مواد در شرایط مختلف دما و فشار استفاده می شوند. راکتورهای ناپیوسته جزء جدایی ناپذیر فرآیند پالایش نفت و فلزات گروه پلاتین هستند. کنترل موثر آنها برای اطمینان از فرآیند ایمن و کارآمد در صنایع معدنی ضروری است. در این راکتورها مراحل مختلف فرآیند در فرآیند واحد انجام می شوند.

<sup>1</sup> Camps

<sup>2</sup> Biogas

<sup>3</sup> Banerjee

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

راکتورها دارای قابلیت گرمایش، سرمایش و واکنش هستند. واکنش درون راکتور ناپیوسته می تواند واکنش گرمازا یا گرماگیر باشد و کنترل راکتورهای ناپیوسته اساساً به عنوان یک مشکل کنترل دما در نظر گرفته می شود.

در بسیاری از کاربردهای صنعتی، کنترل دمای راکتور با کنترل کننده های PID در ساختار آبخاری انجام می شود، با این حال کنترل سریع و دقیق دما با این کنترل کننده ها دشوار است (Stampar et al. 2013).

منابع

۱. دکتر وحید حدادی اصل، مبانی مهندسی پلیمریزاسیون (جلد چهارم): طراحی راکتورهای پلیمری (ویرایش جدید)، چاپ سوم زمستان ۱۳۹۲، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۲. اکتاولو نشپیل، ترجمه دکتر مرتضی سهرابی، طراحی راکتورهای شیمیایی (جلداول)، چاپ چهارم زمستان ۱۳۹۲، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۳. محمد چاقری، مهدی ارجمند، درآمدی بر طراحی راکتورهای شیمیایی پیشرفته، چاپ اول، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر ۱۳۹۰.

4. Wilderer, P. A., Irvine, R. L., & Goronszy, M. C. (Eds.). (2001). *Sequencing batch reactor technology*. IWA publishing.

5. Sung, S., & Dague, R. R. (1995). Laboratory studies on the anaerobic sequencing batch reactor. *Water Environment Research*, 67(3), 294-301.

6. Muttalib, N. A. A., Zaidel, D. N. A., & Alam, M. N. H. Z. (2017). Effect of impeller design on the rate of reaction of hydrolysis in batch reactor. *Chemical Engineering Transactions*, 56, 1423-1428.

7. Nawaf, A. T., Hamed, H. H., Hameed, S. A., Jarullah, A. T., Abdulateef, L. T., & Mujtaba, I. M. (2021). Performance enhancement of adsorption desulfurization process via different new nano-catalysts using digital baffle batch reactor and mathematical modeling. *Chemical Engineering Science*, 232, 116384.

8. Gorenflo, V., Schulze, S., Braun, A. M., & Stahl, W. (1998). The tumbling reactor: a new reactor design for biotechnology Cultivation of the phototrophic micro-alga *Scenedesmus communis*. *Biotechnology techniques*, 12(1), 55-61.

9. Singh, A., Srivastava, A., Saidulu, D., & Gupta, A. K. (2022). Advancements of sequencing batch reactor for industrial wastewater treatment: Major focus on modifications, critical operational parameters, and future perspectives. *Journal of Environmental Management*, 317, 115305.

10. Camps, L., Moens, L., Groth, U., Braeken, L., Kuhn, S., & Thomassen, L. C. (2022). Batch reactor scale-up of the mixing-sensitive Bechamp reaction based on the heat pulse method. *Chemical Engineering Science*, 247, 116928.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

11. Banerjee, S., Prasad, N., & Selvaraju, S. (2022). Reactor Design for Biogas Production-A Short Review. Journal of Energy and Power Technology, 4(1), 1-1.

## آنالیز و بررسی های داروها در نمونه های مو سر با دستگاه LC-MS/MS

رضا سلگی<sup>۱</sup>، مهرا ن مومیوند<sup>۲\*</sup>

۵- دانشگاه علوم پزشکی همدان ، دانشکده داروسازی، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی

۶- سازمان پزشکی قانونی ، مرکز پژوهش پزشکی قانونی ، تهران، ایران.

۷- دانشجوی کارشناسی دبیری زیست شناسی دانشگاه فرهنگیان مرکز شهید بهشتی تهران ،

mehranmommivand@gmail.com

۸- دبیر انجمن علمی زیست شناسی مرکز شهید بهشتی فرهنگیان

### چکیده

استفاده از نمونه موی سر در چندین ساله گذشته برای تشخیص های مرتبط با پزشکی قانونی بسیار مورد توجه بوده است که در این مقاله به بررسی اثر داروها و شناسای آنها با تکنیک های پیشرفته آنالیزی و کاربرد این موضوع در بالین خواهیم پرداخت. استفاده از نمونه موی سر در شناسایی داروها در چند سال اخیر در مباحث پزشکی و پزشکی قانونی جایگاه ویژه ای پیدا کرده است، دسترسی آسان و غیر تهاجمی به نمونه مو از یکسو و ماندگاری داروها به مدت طولانی در بافت موی سر از ویژگی های منحصر به فرد این نمونه می باشد. در تحقیقات اخیر تعداد مقالاتی که به بررسی نمونه های موی سر می پردازند افزایشی شده بطوریکه در یک مطالعه تعداد ۸۷ دارو از دسته های: روانگردان ، ضد افسردگی و خوب آورها در موی افراد بیمار تحت درمان دارویی بانظارت روانپزشکان با استفاده از دستگاه طیفسنجی جرمی کروماتوگرافی مایع (LC-MS/MS) بررسی شد که همه داروها در موی سر افراد مورد مطالعه شناسایی و اندازه گیری شدند. آنالیز نتایج مطالعات نشان داد که استفاده از این روش در بالین هم می توند مانند نمونه های اخذ شده در پزشکی قانونی کارآمد باشد. با توجه به اهمیت شناسایی داروها در مصارف مزمن جهت تمدید گواهینامه رانندگی، حضانت کودک، و سم شناسی قانونی و با توجه به مزایای ذکر شده، میتوان انتظار داشت بزودی در آزمایشگاهها از نمونه موی سر در تشخیص استفاده نمایند.

کلمات کلیدی: موی سر، روانگردان ، داروهای ضد افسردگی ، بنزودیازپین ها ، LC-MS/MS



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

در سال های اخیر با توجه به مصرف داروهای روانگردان، درخواست ها برای تشخیص آنها در یک ماتریکس جایگزین به طور گسترده در حال افزایش است. آزمایشگاه های پزشکی قانونی به طور معمول کوکائین، تریاک، آمفتامین، مشتقات آمفتامین، حشیش را برای اهداف مختلف مانند تمديد گواهی نامه رانندگی، تست مواد مخدر محل کار، پیوند اعضا، حضانت کودک و طلاق شناسایی میکنند. [۱]

اندازه گیری بنزودیازپین ها در مو توسط روانپزشکان در مراکز ترک اعتیاد به منظور نظارت بر روند درمان معتادان مرتباً درخواست می شود تا از مصرف داروی تجویز شده در طول درمان اطمینان حاصل شود. متأسفانه بیماران تحت درمان در بخش روانپزشکی تمایل به مصرف داروهای تجویز شده نداشته و تمایل به فریب درمانگر دارند که با توجه به اینکه نمونه مو میتواند مصرف بعضی از داروها را تا شش ماه گذشته نشان دهد در این زمینه به روانپزشکان در روند ادامه درمان کمک میکند. [۲]

تا کنون روش های آنالیزی موجود قادر به شناسایی داروهای مختلف در بازه های زمانی طولانی نیستند در حالیکه در یک مطالعه بر روی نمونه موی سر همزمان تعداد ۸۷ دارو در دسته های مختلف داویی شامل: بنزودیازپین ها، خواب آورها، ضد افسردگی ها، و داروهای ضد روان پریشی بود در ایتالیا بررسی شد. گستردگی و تنوع داروهای مورد مطالعه در نمونه موی سر که به عنوان کتابخانه بدن معرفی شده است بسیار حایز اهمیت است. آنالیز نمونه های موی سر توسط LC MS / MS در مطالعه مذکور توانست شناسایی ۸۷ دارو را در مصارف مزمن نشان دهد. [۳،۴]

### مبانی نظری و پیشینه تحقیق

از اولین تشخیص مصرف مرفین در نمونه مو تا کنون حدود دو دهه میگذرد، با توجه به اینکه دستگاه های آنالیز پیشرفته در سال های اخیر پیشرفت شگرفی داشته اند که در این زمینه دانشمندان مانند Kidwell D , Cone F , Kintz P توانستند با انتشار چندین مقاله در زمینه آنالیز نمونه مو و سم شناسی پزشکی قانونی کمک شایانی نمایند. [۵]

Arnold معتقد است که در مواقعی که تنها در صحنه جرم یک نمونه مو باقی مانده است بتواند با انجام آنالیزهای پیشرفته در شناسایی داروها، DNA و... به اندازه یک نمونه سرولوژیک ( خون، ادرار و...)، در اثبات و یا رد فرضیه ها موثر واقع شود [۶،۷]

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



از طرفی دیگر محققانی که دید نقادانه تری نسبت به موضوع آنالیز مو دارند معتقد هستند که تجربیات موفق به اندازه تجربیات نا موفق در پیشرفت این عرصه مهم بوده اند و متعقد هستند تا زمانی که علت این اختلاف روشن نشده است نباید در استفاده از مو برای تشخیصات پزشکی قانونی ساده انگاری کرد [۸،۹]

۶۶- مدل سازی، بررسی و تجزیه تحلیل داده ها (یافته ها)

روش

در روش نمونه برداری از موی سر که غیر تهاجمی می باشد استخراج داروها از نمونه ها حدود 20 میلی گرم مو را کاملاً با قیچی ریزریز کرده سپس دو بار با حلال ( دی کلرومتان ، متانول ) شسته شد و تا زمان خشک شدن زیر یک جریان نیتروژن قرار داده شد سپس درون 20 میکرولیتر لایزیم (I.S. 100 ng/ml) قرار داده شد در نهایت 700 میکرولیتر متانول به نمونه اضافه شد . پس از گذشت یک ساعت ، 5 میکرولیتر از ماده حاصله را درون دستگاه LC-MS/MS قرار داده شد. [۱۰]

۶۷- نتیجه گیری

این روش چند آنالیتی برای تعیین مقدار داروهای روانگردان در موی افرادی که دچار مصرف این داروها هستند توسط LC-MS/MS انجام شد که بر اساس دستورالعمل های بین المللی تایید شده است. [۱۱،۱۲]

۸۷ ماده از طریق استخراج شناسایی شدند که روش انجام آن بصورت تزریق مستقیم محلول متانولی با استفاده از شرایط کروماتوگرافی یکسان در چهار تزریق متوالی درون سیستم کروماتوگرافی مایع که مجهز به یک پمپ ایزوکراتیک ثانویه و یک شیر Valco بوده است ، انجام پذیرفت . از زمان شروع کار تا دقیقه ۱۲ پمپ ایزوکراتیک ثانویه سبب میشود تا تعادل ستون حفظ شود ، مجموع زمان انجام این عمل ۴۸ دقیقه خواهد بود. [۱۳]

در این روش کمترین حساسیت را گروه فنوتیازین ها داشتند که علت آن نیز عمدتاً حفظ بد کروماتوگرافی بوده است ، با این حال تمام پارامترهای اعتبارسنجی در محدوده قابل قبول بودند . در لیست ترکیبات شناسایی شده همه LOD و LOQ شناسایی شده در جدول ۱ فهرست شده اند [۱۴،۱۵].

این روش با استفاده از کالیبراسیون ۵ نقطه ای تایید شد و تمامی موارد مجهول شناسایی و مطابق استانداردهای بین المللی تایید شد ، این روش عمدتاً در کشور ایتالیا کاربرد دارد اما در سایر کشور های عضو اتحادیه اروپا در حال گسترش است [۱۶]

جدول ۱

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۵- روش شناسی تحقیق

در این مقاله بر اساس روش کمی با مروری بر چند مقاله اطلاعات جمع آوری شد ، طراحی این آزمایش توسط لیانگ منگ بود<sup>۱</sup> پیش نویس نمونه تصفیه شده و پیش نویس نمونه خطی توسط چن چن<sup>۲</sup> انجام شد و نیز جان ژانک<sup>۳</sup> این روش را توسعه داد. البته هنوز نحوه جایگیری و ذخیره ترکیبات مختلف در مو ناشناخته است. [۱۷]

داشمندان مطالعات زیادی در مورد اینکه با گذشت زمان بخشی از دارو در مو حذف شده یا مواد دیگری جایگزین آن شده است انجام داده اند اکثریت تحقیقات نشان میدهند که غلظت داروها در مو در زمان ۵ ماه تقریبا ۵۰ درصد کاهش پیدامیکنند مثلا چندین مقاله میزان نیم عمر متوکسی متامفتامین را ۵ ماه و کدوئین را حدود ۲/۵ ماه گزارش کرده اند. [۱۸،۱۹]

منابع

[۱] فائقه مقدم (۱۳۸۷) مجله علمی پزشکی قانونی، ۱۷، ۱۰۶-۹۳.

[۲] Nielsen MK, Johansen SS, Linnet K (2014) Forensic Sci Int 234:16–21.

[۳] . Pragst F, Broecker S, Hastedt M, Herre S, Andresen-Streichert H, Sachs H, Tsokos M (2013) Ther Drug Monit 35:737–752

[۴] Stramesi C, Polla M, Vignali C, Zucchella A, Groppi A (2008) Forensic Sci Int 176:34–37

Analyte	LOD (pg/mg)	LOQ (pg/mg)	Analyte	LOD (pg/mg)	LOQ (pg/mg)
7-Amino-clonazepam	5.0	15.0	Hydroxyzine	10.5	35.0
7-Amino-flunitrazepam	0.1	0.3	Imipramine	0.2	0.7
o-Hydroxy-ethylflurazepam	5.0	15.0	Ketazolam	0.2	1.0
o-Hydroxy-triazolam	1.0	5.0	Levomeprozazine	3.5	11.7
Alprazolam	0.2	1.0	Levosulpiride	12.6	42.0
Amisulpride	1.7	5.8	Lorazepam	5.0	15.0
Amitriptyline	1.4	4.6	Loxmetazepam	1.5	5.0
Asenapine	4.1	13.8	Maprotiline	1.8	6.0
Bromazepam	5.0	20.0	Medazepam	1.0	3.0
Bromperidol	2.7	9.1	Meprobamate	4.9	16.3
Brotizolam	2.0	4.0	Mianserin	1.1	3.8
Bupirone	5.6	18.7	Midazolam	0.5	3.0
Camazepam	0.1	0.5	Mirtazapine	2.9	9.6
Chlordesmethyldiazepam	0.5	2.0	Nitrazepam	3.0	10.0
Chlordiazepoxide	5.0	20.0	Noctriptyline	0.6	2.1
Chlorpromazine	0.6	2.1	Olanzapine	3.2	10.5
Citalopram	1.9	6.3	Oxazepam	1.5	5.0
Clobazam	1.0	3.0	Paliperidone	1.3	4.5
Cloemipramine	0.6	2.2	Paroxetine	4.1	13.8
Clonazepam	1.0	3.0	Pericyazine	7.0	23.4
Clothiapine	2.7	8.9	Perphenazine	2.8	9.3
Clotiazepam	0.1	0.3	Phenelzine	11.7	39.0
Clozapine	1.8	6.1	Pimozide	2.4	8.2
Demoxepam	3.0	10.0	Pinazepam	0.5	3.0
Desalkylflurazepam	0.5	2.0	Prazepam	0.5	2.0
Desipramine	0.3	0.9	Promazine	0.4	1.3
Desmethylocitalopram	0.3	1.1	Protriptyline	8.8	29.2
Desmethyloclozapine	5.1	17.0	Quetiapine	9.3	31.1
Desmethyldiazepam	0.3	1.5	Reboxetine	1.4	4.5
Desmethylvenlafaxine	2.7	9.0	Risperidone	1.1	3.7
Diazepam	0.3	1.5	Sertraline	0.6	2.0
Dibenzepin	0.1	0.3	Sulpiride	5.8	19.2
Dicyrazine	1.0	3.3	Temazepam	1.0	3.0
Dothiepin	0.4	1.4	Tiapride	2.8	9.2
Droperidol	1.2	3.9	Tranlycypromine	1.6	5.4
Duloxetine	0.4	1.3	Trazodone	0.4	1.5
Estazolam	0.3	1.0	Triazolam	1.0	5.0
Etizolam	1.5	5.0	Trimipramine	0.4	1.4
Flunitrazepam	0.5	2.0	Venlafaxine	2.7	9.1
Fluoxetine	0.8	2.8	Verapiride	6.7	22.2
Fluphenazine	9.9	32.9	Ziprasidone	2.6	8.6
Flurazepam	1.5	5.0	Zolpidem	0.1	0.3
Fluvoxamine	4.4	14.6	Zopiclone	13.0	43.4
Haloperidol	0.5	1.6			



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

- [۵] Favretto D, Stocchero G, Vogliardi S, Frison G, Trevisanuto D, Castagna F, Ferrara SD (2010) Ther Drug Monit 32:30–39
- [۶] Bao Y-P, Liu Z-M, Li J-H, et al. (2015);110:11–19.
- [۷] Morini L, Vignali C, Polla M, Sponta A, Groppi A (2012) Forensic Sci Int 218:53–6
- [۸] Rust KY, Baumgartner MR, Meggiolaro N, Kraemer T (2012) Forensic Sci Int 215:64–72
- [۹] Villain M, Concheiro M, Cirimele C, Kintz P (2005) J Chromatogr B Anal 825:72–78
- [۱۰] Kim J, Lee S, In S, Choi H, Chung H (2011) J Chromatogr B Anal Technol Biomed Life Sci 879:876–878
- [۱۱] Müller C, Vogt S, Goerke R, Kordon A, Weinmann W (2000) Forensic Sci Int 113:415–421
- [۱۲] Lendoiro E, Quintela O, de Castro A, Cruz A, Lopez-Rivadulla M, Concheiro M (2012) Forensic Sci Int 217:207–215
- [۱۳] Montesano C, Johansen SS, Klose Nielsen MK (2014) J Pharm Biomed Anal 87:295–306
- [۱۴] Maurer HH (2007) Anal Bioanal Chem 387:1315–1325
- [۱۵] Peters FT, Drummer OH, Musshoff F (2007) Forensic Sci Int 165: 216–224
- [۱۶] Peters FT (2006) Applications of liquid chromatography-mass spectrometry in toxicology. Pharmaceutical Press, Lond
- [۱۷] Pichini S, Gottardi M, Marchei E, Svaizer F, Pellegrini M, Rotolo MC, Algar OG, Pacifici R (2013) Clin Chem Lab Med 28:1–8
- [۱۸] Vignali C, Stramesi C, Morini L, Pozzi F, Collo G, Groppi A (2013) Drug Test Anal 5:208–212
- [۱۹] Frison G, Favretto D, Vogliardi S, Terranova C, Ferrara SD (2008) Ther Drug Monit 30:467–473

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

## روش طیف سنجی جرمی MALDI-TOF و کاربردهای آن

حسین کمالی<sup>۱\*</sup>، حسین افشاری<sup>۲</sup>

۱- آزمایشگاه مرکزی دانشگاه محقق اردبیلی

۲- گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی

E-mail: [kamali.hossein2020@gmail.com](mailto:kamali.hossein2020@gmail.com)

### چکیده

روش طیف سنجی جرمی MALDI-TOF یکی از روشهای نوین تجزیه است که کاربردهای فراوانی در تجزیه انواع ترکیبات زیستی و شیمیایی دارد. این روش نوعی از طیف سنجی جرمی است که در آن برای یونیزاسیون آنالیت از لیزر استفاده می شود و بنابراین زمان یونیزاسیون بسیار کم و انرژی یونیزاسیون بسیار زیاد است که این عوامل باعث میشود ترکیباتی چون پروتئینها، چربیها و پلیمرها و سایر ترکیبات ماکرومولکولی بتوانند بدون اینکه به ملکولهای خیلی کوچکتر تجزیه شوند، یونیزه شده و آنالیز شوند. همچنین در این روش از تونل زمان پرواز استفاده می شود که قدرت تفکیک مناسبی را برای جدا سازی و شناسایی دارد.

کلمات کلیدی: طیف سنجی جرمی، MALDI-TOF، بیومولکولها

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

طیف سنجی جرمی یک تکنیک تجزیه ای است که در آن نمونه ها به مولکول های باردار یونیزه می شوند و نسبت جرم به بار آنها ( $m/z$ ) قابل اندازه گیری است. در طیف سنجی جرمی<sup>1</sup> MALDI-TOF، منبع یون، باز جذب یا یونیزاسیون لیزری به کمک ماتریس (MALDI) است و تجزیه کننده جرم، آنالایزر زمان پرواز (TOF) است. مزایای این روش برای بیش از ۲۵ سال استفاده، اثبات شده است. مزایای ذاتی از جمله سرعت آن (زمان رسیدن به نتایج) و انعطاف پذیری کاربرد، راحتی و اثربخشی و به دلیل نیاز به حجم نمونه کم و تنوع نمونه (نمک ها، بافرها)، این روش را بیش از پیش مورد توجه قرار داده است. افزایش چشمگیر در تحلیل نتایج MALDI توسط نرم افزارها، امروزه بسیار متداول شده است و اتوماسیون آسان آن اجازه داده که آنالیزهای در حجم وسیع توسط آن صورت گیرد. با توجه موارد مختصری که اشاره شد، لزوم آشنایی هر چند کلی با این روش ضروری به نظر می رسد و در این نوشته کوتاه سعی شده برخی از اصول و کاربردهای آن توضیح داده شود.

### اصول MALDI

1. Matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry



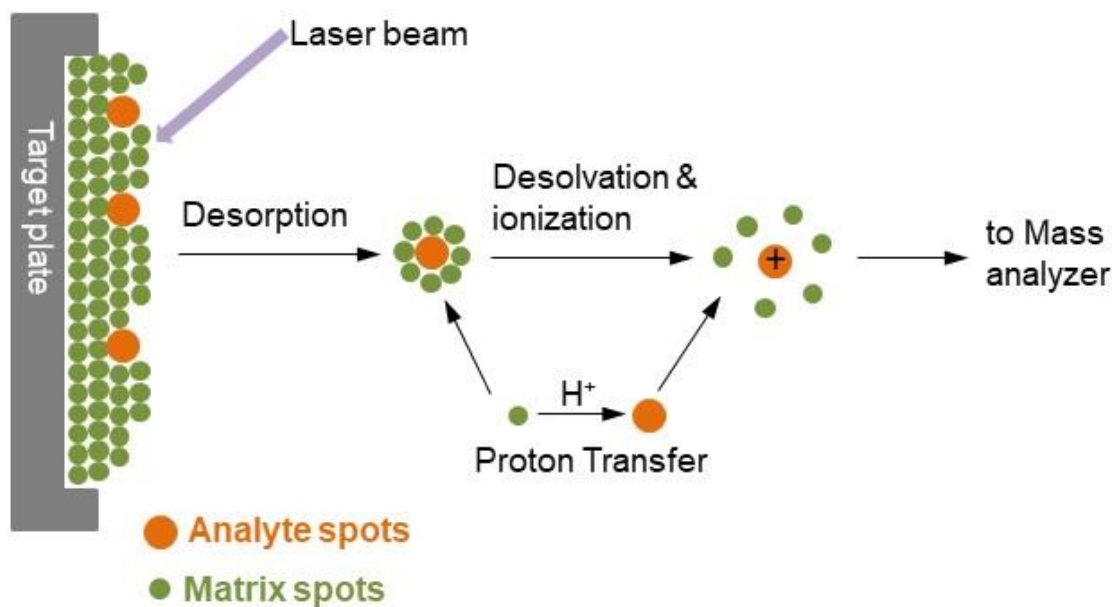
## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

MALDI یک یونیزاسیون نرم است که شامل برخورد لیزر به ماتریس مولکول های کوچک برای تبدیل مولکول های آنالیت به فاز گاز بدون تکه تکه شدن یا تجزیه آنها است. برخی از مولکول های زیستی بسیار بزرگ هستند و می توانند با حرارت دادن تجزیه شوند، و تکنیک های سنتی باعث تکه تکه شدن یا تخریب ماکرومولکول ها می شوند. MALDI برای تجزیه و تحلیل بیومولکول هایی مانند پپتیدها، لیپیدها، ساکاریدها یا سایر ماکرومولکول های آلی مناسب است. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود، آنالیت در مقدار بسیار زیادی از یک ترکیب ماتریسی قرار گرفته است که روی سطح جامدی به نام هدف قرار دارد که معمولاً از یک فلز رسانا ساخته شده و دارای جایگاه هایی برای چندین نمونه مختلف است. پس از یک پالس لیزر بسیار کوتاه، نقطه تابش شده به سرعت گرم می شود و به صورت ارتعاشی برانگیخته می شود. مولکول های ماتریکس که با انرژی از سطح نمونه جدا می شوند، انرژی لیزر را جذب کرده و مولکول های آنالیت را به فاز گاز نیز منتقل می کنند. در طول فرآیند فرسایش، مولکول های آنالیت معمولاً با پروتونه



شکل ۱. یونیزاسیون آنالیت ها توسط MALDI

شدن یا دیپروتونه شدن در کنار مولکول های ماتریکس مجاور، یونیزه می شوند. رایج ترین نوع یونیزاسیون MALDI برای حمل مولکول های آنالیت با یک بار مثبت طراحی شده است.

#### انواع لیزرهای رایج مورد استفاده در MALDI

لیزرهای هر دو طول موج فرابنفش (UV) و مادون قرمز (IR) در حال استفاده هستند، اما لیزرهای UV تا حد زیادی مهمترین منابع نور در MALDI تجزیه ای هستند. در این میان، لیزرهای نیتروژن و لیزرهای Nd:Yag با فرکانس

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

سه یا چهار برابر، اغلب برای اکثر کاربردها استفاده می شوند. برای IR-MALDI اغلب لیزرهای Er:Yag استفاده می شوند در حالی که لیزرهای TEA-CO<sub>2</sub> نیز در بعضی موارد و به ندرت استفاده می شود.

### ترکیبات مورد استفاده به عنوان ماتریس در MALDI

اعتقاد بر این است که اولین عملکرد ماتریس اساساً رقیق کردن و جداسازی مولکول های آنالیت از یکدیگر است که این فرایند در طول تبخیر حلال و تشکیل همزمان محلول جامد رخ می دهد. پس از تابش لیزر، ماتریس به عنوان واسطه ای برای جذب انرژی عمل می کند. انتخاب ماتریس مناسب کلید موفقیت در MALDI است. به طور کلی، آنالیت های بسیار قطبی با ماتریس های بسیار قطبی بهتر عمل می کنند و آنالیت های غیرقطبی ترجیحاً با ماتریس های غیرقطبی ترکیب می شوند. همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است، ماتریس های متفاوتی تاکنون بررسی شده و به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته اند. در حال حاضر، متداول ترین ماتریس های مورد استفاده عبارتند از  $\alpha$ -سیانو-۴-هیدروکسی سینامیک اسید، ۲،۵-دی هیدروکسی بنزوئیک اسید، ۳،۵-دی متوکسی-۴-هیدروکسی سینامیک اسید، و ۲،۶-دی هیدروکسی استوفنون.

جدول ۱. برخی از انواع ماتریسهای استفاده شده در UV-MALDI

کاربرد	نام اختصاری	ترکیب
پلیمرها، پپتیدها	NA	Nicotinic acid
گلیکوپپتیدها، فسفوپپتیدها و پروتئینها	DHAP	2,6-Dihydroxyacetophenone
پروتئینها	SA	3,5-Dimethoxy-4-hydroxycinnamic acid
اولیگو نوکلئوتیدها، DNA	PA	Picolinic acid
اولیگو نوکلئوتیدها ، DNA	HPA, 3-HPA	3-Hydroxypicolinic acid
اولیگو نوکلئوتیدها ، DNA	3-APA	3-Aminopicolinic acid
اولیگو نوکلئوتیدها ، DNA	ATT	6-Aza-2-thiothymine
پروتئینها، اولیگوساکاریدها	DHB	2,5-Dihydroxybenzoic acid
پروتئینها، اولیگوساکاریدها	DHB/XY and super-DHB	DHB-based mixtures
اولیگوساکاریدها	AQ-3	3-Aminoquinoline

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

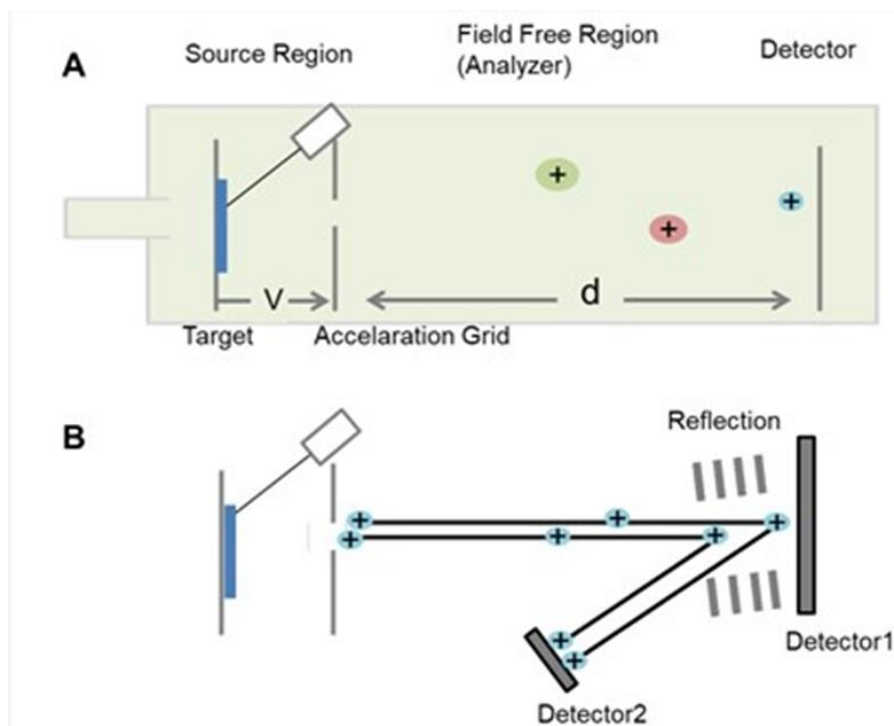
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



$\alpha$ -Cyano-4-hydroxycinnamic acid	$\alpha$ -CHC, $\alpha$ -CHCA, 4-HCCA, CHCA	پتیدها، پروتئینهای کوچک، تری آسیل گلیسرولها، و انواع ترکیبات دیگر
Dithranol (1,8,9-anthracenetriol)	none	پلیمرهای سنتزی
9-Nitroanthracene	9-NA	فولرنها و مشتقات آنها
Benzo[a]pyrene	none	فولرنها و مشتقات آنها

### ۵- آنالیزر زمان پرواز (TOF)

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، اصل اساسی TOF این است که یون ها با نسبت جرم به بار ( $m/z$ ) مختلف در طول پرواز خود در طول یک مسیر رانش بدون میدان با طول معین پراکنده می شوند. اگر همه یون ها سفر خود را در یک زمان یا حداقل در یک بازه زمانی به اندازه کافی کوتاه شروع کنند، یون های سبک تر زودتر از یون های سنگین تر به آشکارساز می رسند.



شکل ۲. شماتیک کلی برای آنالیزر (A) آنالیزر خطی (B) آنالیزر بازتابنده



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

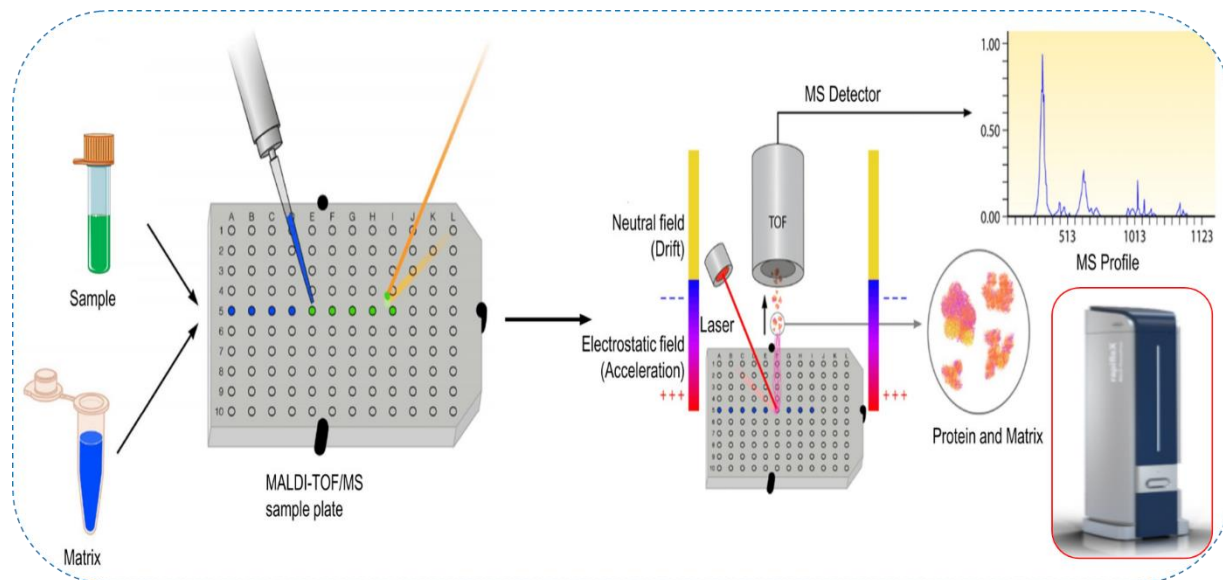


### ۶- آنالایزر لاینر TOF و آنالایزر TOF منعکس کننده

از نظر تئوری، به همه یون ها انرژی جنبشی اولیه یکسانی داده می شود به طوری که پس از رانش در امتداد منطقه آزاد میدان، یون های با  $m/z$  یکسان در یک زمان به آشکارساز می رسند. با این حال، در عمل، پالس توسط همه یون ها با شدت یکسان احساس نمی شود و بنابراین همه یون های دارای مقادیر  $m/z$  یکسان به سرعت ایده آل خود نمی رسند. برای اصلاح این مشکل، اغلب یک بازتاب به انتهای ناحیه رانش اعمال می شود. بازتاب کننده از مجموعه ای از الکترودهای حلقه با ولتاژ بالا تشکیل شده است که می توانند یون ها را در طول لوله پرواز معمولاً با زاویه کمی جابجا شده دفع کنند. یونهای با انرژی جنبشی متفاوت در عمقهای مختلفی در بازتابنده نفوذ می کنند و سپس به سمت مخالف بازتابنده می شوند. یون های سریع تر که انرژی جنبشی بیشتری را حمل می کنند، مسیر طولانی تری را نسبت به یون های کندتر طی می کنند، و بنابراین زمان بیشتری را نسبت به یون های کندتر که انرژی کمتری حمل می کنند، در بازتابنده سپری می کنند. به این ترتیب، آشکارساز یون هایی با همان جرم را در (تقریباً) یک زمان دریافت می کند. بنابراین، این نوع طراحی برای جدا کننده جرمی TOF وضوح آنها را به طور قابل توجهی افزایش داده است. با این حال، آنالیز کننده TOF بازتابی برای آنالیت هایی که به اندازه کافی پایدار نیستند تا در میدان الکتریکی پایدار بمانند، مناسب نیست.

### ۶- فرآیند طیف سنجی جرمی MALDI-TOF

طرح کلی طیف سنجی جرمی MALDI-TOF در شکل ۳ نشان داده شده است. آنالیت باید حداقل تا حدود ۰/۱ میلی گرم در میلی لیتر در برخی از حلال ها محلول باشد و ماتریکس نیز حل می شود تا محلول اشباع شده یا غلظتی در



شکل ۳. فرآیند طیف سنجی جرمی MALDI-TOF

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



حدود ۱۰ میلی گرم در میلی لیتر به دست آید. سپس محلول آنالیت با محلول ماتریس مخلوط می شود. برای طیف های MALDI بهینه شده، نسبت مولی ماتریس به آنالیت معمولاً به گونه ای تنظیم می شود که در محدوده ۱۰۰۰ به ۱ تا ۱۰۰۰۰۰ به ۱ قرار گیرد. سپس مخلوط برای آنالیز روی صفحه هدف فلزی قرار می گیرد. پس از خشک شدن، مخلوط نمونه و ماتریس متبلور می شود و یک رسوب جامد از نمونه جاسازی شده در ماتریس را تشکیل می دهد. صفحه متعاقباً در ابزار MALDI-TOF بارگذاری می شود و توسط نرم افزار مرتبط با سیستم مربوطه آنالیز می شود. MALDI منجر به تصعید و یونیزاسیون هر دو نمونه و ماتریس می شود. این یون های تولید شده بسته به  $m/z$  از طریق یک آنالایزر TOF جدا می شوند و نمایش طیفی این یون ها توسط نرم افزار MS تولید و آنالیز می شود و یک پروفایل MS ایجاد می کند. تصویر یک طیف سنج جرمی MALDI-TOF تجاری در شکل ۳ (داخل کادر) نشان داده شده است.

### ۷- کاربردهای طیف سنجی جرمی MALDI-TOF

#### ۷-۱- تقلبات در مواد غذایی

تجزیه و تحلیل شیمیایی محصولات غذایی مربوط به تشخیص رایج ترین تقلب ها به دلیل پیچیدگی ماتریس ها و ماهیت ناشناخته اکثر فرآیندها، یک کار پیچیده است. علاوه بر این، کلاهبرداری ها روز به روز پیچیده تر می شوند و توسعه قابل روش های تجزیه قابل اعتماد، جدید، سریع و مقرون به صرفه برای کنترل مواد غذایی با بسیار ضروری است. در طول سال ها، MALDI-TOF MS پتانسیل پاسخگویی به این نیاز را نشان داده است. همچنین به دلیل یک سری مزایای ذاتی از جمله سهولت استفاده، جمع آوری سریع داده ها و قابلیت به دست آوردن اطلاعات ارزشمند حتی از نمونه های پیچیده که به روش های ساده آماده سازی نمونه احتیاج دارند، محقق شده است. این ویژگی ها به راحتی در زمینه تقلبات غذایی در چندین ماتریس از جمله شیر و محصولات لبنی، روغن ها، ماهی و غذاهای دریایی، گوشت، میوه، سبزیجات و چند دسته دیگر بکار رفته است. برای مثال پروتئینهایی که نشانگر تازه بودن ماهی هستند با این روش اندازه گیری شده است [۷].

#### ۷-۲- تصویربرداری MALDI

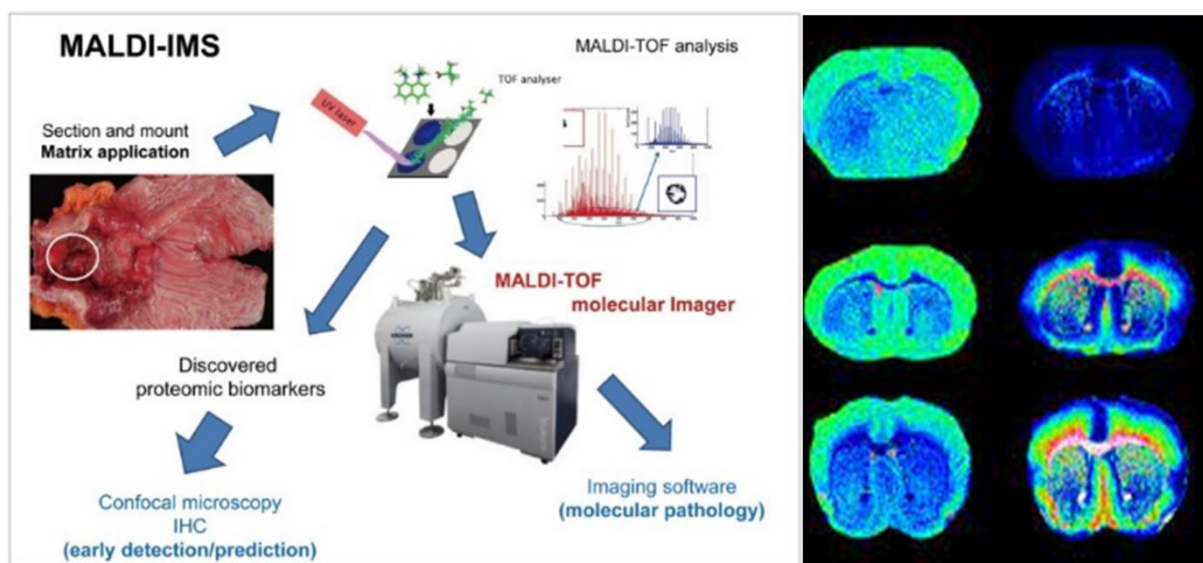
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

MALDI-TOF را می توان در پروفایل و تصویربرداری پروتئین ها به طور مستقیم از بخش های بافت نازک که به عنوان طیف سنجی جرمی تصویربرداری (MALDI-IMS) شناخته می شود، استفاده کرد. اطلاعات خاصی در مورد ترکیب مولکولی محلی، فراوانی نسبی و توزیع فضایی پپتیدها و پروتئین ها در قسمت مورد آنالیز ارائه می دهد. MALDI-IMS می تواند چندین ترکیب ناشناخته را در بخش های بافت بیولوژیکی به طور همزمان از طریق یک اندازه



شکل ۴. فرآیند MALDI-IMS و تصاویر حاصل از آن

گیری آنالیز کند که می تواند تصویربرداری مولکولی از بافت را به دست دهد و در عین حال یکپارچگی سلول ها و مولکول ها را در بافت ها حفظ کند.

۷-۳- میکروبیولوژی بالینی



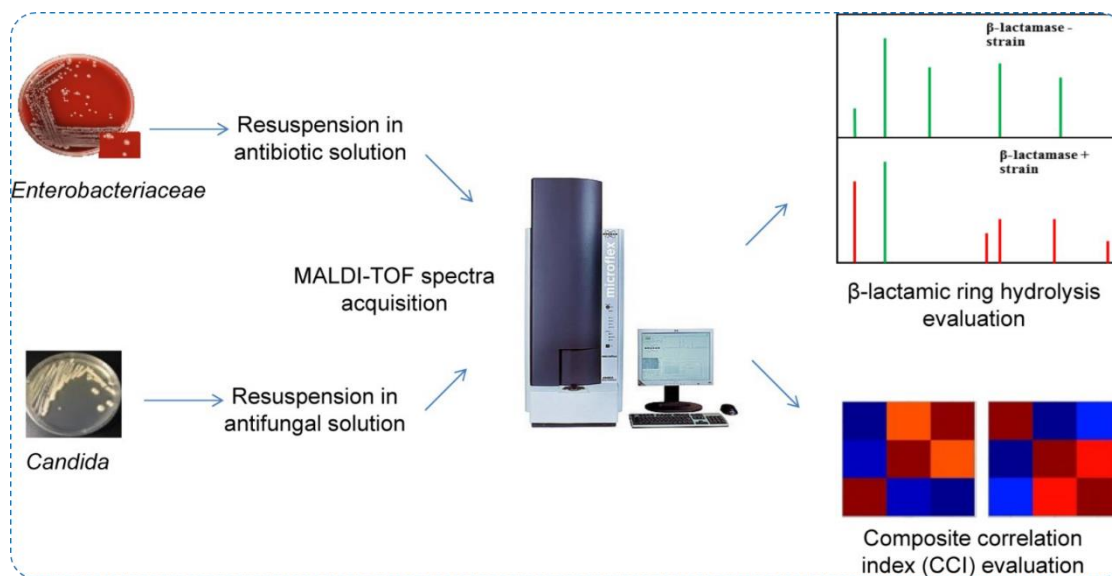
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

فن آوری MALDI-TOF اجازه می دهد تا شناسایی دقیق تنوع زیادی از گونه های باکتری در زمان بسیار کمی، از ۲۴ تا ۴۸ ساعت تا چند دقیقه، با مقدار کمی از زیست توده میکروبی مورد نیاز برای آنالیز امکان پذیر شود [۸]. روش کار بدین صورت است که کلنی ایزوله شده باکتری ها از محیط آگار با یک تیپ استریل جدا می شوند و بصورت یک لایه نازک روی پلیت فولادی دستگاه MALDI مالیده می شود و آنالیز می شود و داده ها با داده های موجود دیتابیس



شکل 5. استفاده از MALDI-TOF در میکروبیولوژی

مقایسه می شوند (شکل ۵).

### ۸- نتیجه گیری

فن آوری MALDI-TOF یکی از روشهای مفید در تجزیه و شناسایی ترکیباتی است که با روش طیف سنجی جرمی معمولی قابل آنالیز نیستند. در این روش، یونیزاسیون آنالیت توسط پالسهای لیزری صورت گرفته و در زمان کوتاه، انرژی بالا باعث یونیزاسیون ترکیبات با جرم ملکولی بالا مانند پروتئینها، پلیمرها و حتی DNA بدن تجزیه به ملکولهای کوچک سازنده شده و قابل آنالیز می گردند. قسمت تجزیه گر جرمی این تکنیک (TOF) نیز با طراحی خاصی، بدون اینکه از میدان مغناطیسی یا الکتریکی استفاده شود، باعث جدایی یونها می شود. از این تکنیک در موضوعاتی مانند تشخیصهای پزشکی، ژنتیک، آنالیز مواد غذایی، پلیمرها و غیره استفاده می شود.

منابع



- [1] Gross J H. *Mass spectrometry: a textbook*. Springer Science & Business Media, 2006.
- [2] Boesl U. Time - of - flight mass spectrometry: Introduction to the basics. *Mass spectrometry reviews*, 2017, 36(1): 86-109.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

- 
- 
- [3] Guerrero I C, Kleiner O. Application of mass spectrometry in proteomics. *Bioscience Reports*, 2005, 25(1-2): 71-93.
- [4] Fuchs B, Schiller J. Application of MALD - TOF mass spectrometry in lipidomics. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2009, 111(1): 83-98.
- [5] Duncan M W, Roder H, Hunsucker S W. *Quantitative matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry. Briefings in functional genomics and proteomics*, 2008, 7(5): 355-370.
- [6] Kenny D J, et al. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, 2006, 17(1): 60-66.
- [7] Zambonin, C. MALDI-TOF Mass Spectrometry Applications for Food Fraud Detection. *Appl. Sci.* 2021, 11, 3374.
- [8] Elena De Carolis, et al, *J Infect Dev Ctries* 2014; 8(9):1081-1088. doi:10.3855/jidc.3623

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب برای استخراج ترکیبات فرار و نیمه فرار از بافت جامدات

داود جاهدی وایقان<sup>۱</sup>، علی مهدی نیا<sup>۲\*</sup>

۲۰۱- پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی (mehdinia@inio.ac.ir)

### چکیده

دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب Thermal extraction device with absorbent column یک تجهیزات آزمایشگاهی مرتبط به آماده سازی نمونه است که می تواند ترکیبات فرار و نیمه فرار که پایدار دمایی هستند را از بافت جامدات جدا کرده و روی جاذب جمع آوری کند. دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب بر پایه تئوری روش Headspace Solid Phase Microextraction (HS-SFME) طراحی و ساخته گردید. هدف از ساخت دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب رفع مشکل از دست رفتن ترکیبات استخراج شده و امکان ذخیره ی آن برای تکرار آنالیز با دستگاه کروماتوگرافی گازی است. در قسمت جمع آوری کننده یک ستون حاوی پودر مواد جاذب استفاده شده است که می تواند ترکیبات که به همراه گاز خنثی از داخل ستون عبور می کنند را جذب کند و در خود ذخیره کند و متناسب با ترکیب استخراج شده، می توان از مواد جاذب گوناگون در داخل ستون استفاده کرد، و همچنین برای افزایش پتانسیل جذب جاذب، ستون حاوی پودر جاذب توسط خنک کننده ترمال، خنک می گردد. سپس آنالیت های فرار با مقدار کمی حلال از ستون جمع آوری کننده شسته می گردد. با این روش محلول استخراجی حاصل را می توان برای آنالیز های کروماتوگرافی مختلف ذخیره کرد.

کلمات کلیدی: دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب، آماده سازی نمونه، کروماتوگرافی گازی..



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

امروزه با توسعه صنایع، محیط زیست در معرض آلودگی های صنعتی و خطر دگرگونی چرخه های طبیعی محیط زیست بوده و این تهدیدی بر منابع طبیعی و سلامت زنجیره ی غذایی انسان ها است. لذا محققین در پژوهشگاه ها و صنایع مختلف به دنبال بهبود کیفیت زندگی و حفاظت از سلامت محیط زیست به همراه افزایش کیفیت محصولات صنایع و کاهش هزینه های مصرف کننده ها و کاهش هزینه های بهداشتی و درمانی هستند. بر این اساس محققین در واحدهای تحقیق و توسعه نیازمند ابزار و تجهیزات آزمایشگاهی مناسب جهت پژوهش های خود هستند.

آنالیز بافت های جامد (رسوب، خاک، بافت های گیاهی و جانوری) جهت اندازه گیری مقادیر کم (Trace)، یکی از مهمترین فعالیت های آزمایشگاهی است. جداسازی آنالیت از بافت جامد و آماده سازی نمونه های جامد برای آنالیز توسط دستگاه های کروماتوگرافی گازی (GC, GC-MS) و دستگاه کروماتوگرافی مایع با فشار بالا (HPLC) یکی از مهمترین مراحل آنالیز نمونه های جامد است. روش های و دستگاه های مورد استفاده برای جداسازی ترکیبات آلی از بافت های جامد می توان روش سوکسله، ماکرو ویو، اولتراسونیک، استخراج با حلال فوق بهرانی و استخراج با حلال فشار بالا را نام برد. که اکثرا دستگاه های گرانی هستند. و در برخی موارد (روش سوکسله و ...) حجم حلال آلی مورد استفاده خیلی بالا است و در آنالیز مقادیر trace به حلال فوق العاده خالصی نیاز دارد و هزینه آنالیز را بالا می برد و اکثر حلال های آلی سمی بوده و آلودگی زیست محیطی ایجاد می کنند. علاوه بر این روشهای ماکرو ویو و اولتراسونیک علاوه بر مصرف حلال در مرحله استخراج یک مرحله تمیزسازی محلول استخراجی هم نیاز دارند که این مرحله نیز باتوجه به نوع روش تمیز سازی باز نیازمند استفاده از حلال های آلی هستند و مشکل استفاده از حلال های آلی را دارند. علاوه بر این با افزایش تعداد مراحل آنالیز احتمال آلودگی نمونه از طریق ظروف استخراج افزایش یافته و خطای اندازه گیری افزایش می یابد [۱].

در سال های اخیر برای کاهش مصرف حلال های آلی روش های ریز استخراج معرفی شدند در این میان برای استخراج نمونه از بافت های جامد می توان روش ریز استخراج فاز جامد از فضای فوقانی Headspace Solid Phase Microextraction (HS-SFME) را نام برد [۲].

ترکیب روش HS-SFME با دستگاه GC-MS امکان جداسازی و اندازه گیری طیف وسیعی از آلودگی های آلی فرار (مانند متانول، اتانول و استون) تا نیمه فرار (مانند استرهای فتالیک اسید، هیدروکربنهای بیش از ۲۰ اتم کربن در مولکول) فراهم کرده است. و مراحل آنالیز را کم کرده است و احتمال آلودگی نمونه با حلال و ظروف استخراج را کاهش داده است [۳]. روش HS-SFME با وجود مزیت هایش مشکلاتی هم دارد. از جمله ریکواری پایین، تکرارپذیری کم اندازه گیری ها و هزینه تهیه فایبرهای پوشش داده شده را نام برد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



در آنالیز نمونه های جامد معمولاً از دستگاه استخراج گرمایی برای جداسازی ترکیبات فرار و نیمه فرار استفاده می شود. این دستگاه ها مستقیماً به دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل هستند و ترکیبات استخراج شده مستقیماً وارد دستگاه کروماتوگرافی گازی جهت آنالیز می شود. در مواردی که مقدار نمونه جامد کم است و نیاز به تکرار آنالیز با دستگاه کروماتوگرافی گازی باشد، با دستگاه های استخراج گرمایی معمول این امکان فراهم نمی شود، لذا هدف از ساخت دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب رفع مشکل از دست رفتن ترکیبات استخراج شده و امکان ذخیره ی آن برای تکرار آنالیز با دستگاه کروماتوگرافی گازی است. دستگاه استخراج گرمایی که بر پایه تئوری روش HS-SFME طراحی و ساخته شد. تکرارپذیری اندازه گیری ها بهبود یافته و هزینه تهیه فایبرهای پوشش داده شده حذف گردیده است.

### معرفی بخش های تشکیل دهنده دستگاه

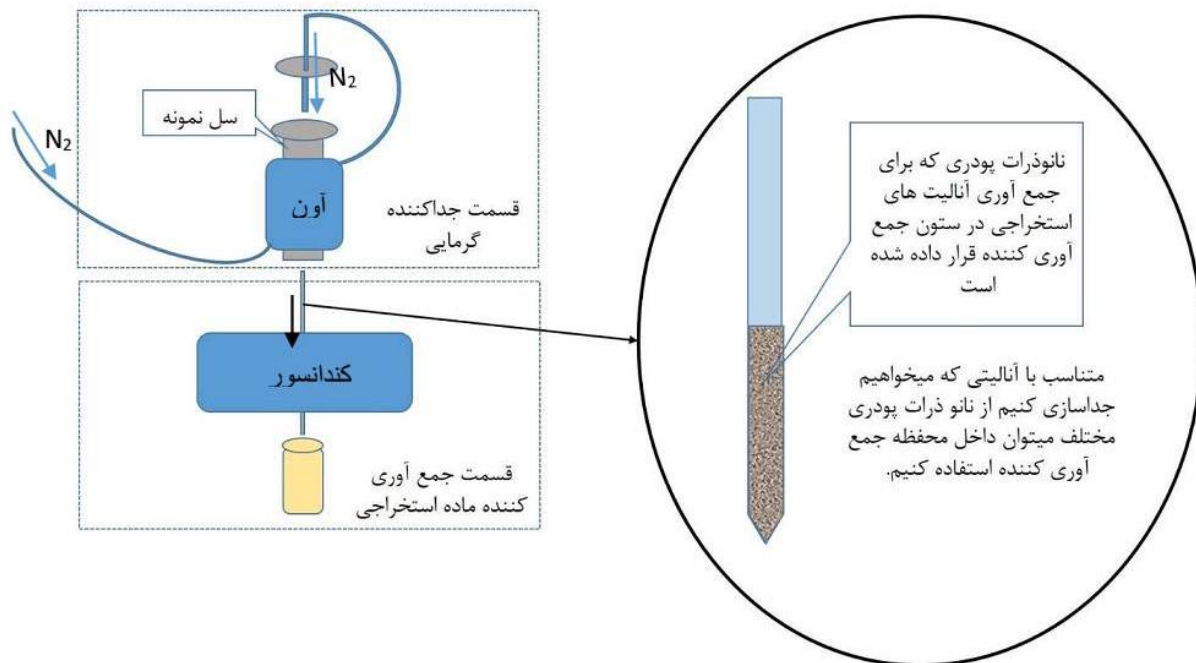
دستگاه استخراج گرمایی طراحی شده متشکل از یک بخش واجذب کننده و یک بخش جمع آوری کننده که در بخش جمع آوری کننده از ستون حاوی جاذب استفاده شده که برای افزایش پتانسیل جذب دمای ستون حاوی جاذب با استفاده از خنک کننده ترمال کاهش یافته، اجزای دستگاه تشکیل دستگاه عبارتند از: سیلندر نمونه برای قرار دادن پودر نمونه جامد، آون برای گرم کردن سیلندر نمونه و گاز خنثی، لوله فلزی مارپیچ برای گرم کردن گاز خنثی و انتقال آن به داخل سیلندر نمونه، فلومتر برای اندازه گیری فلوی گاز خنثی، درپوش سیلندر نمونه، ستون حاوی پودر جاذب برای جمع آوری ترکیب استخراج شده و خنک کننده ترمال برای کاهش دمای ستون جهت بالا بردن پتانسیل جذب جاذب.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱. خلاصه ای از میکانیسم کار دستگاه

### روش کار دستگاه

برای استخراج ترکیبات فرار از بافت جامد توسط دستگاه استخراج گرمایی، ابتدا دمای بخش استخراج کننده و بخش جمع آوری کننده در دمای های مورد نظر تنظیم می گردند، سپس حدود یک گرم از نمونه جامد در داخل سیلندر نمونه قرار داده میشود. درپوش سیلندر نمونه که متصل به لوله انتقال گاز خنثی به داخل سیلندر است، به همراه واشر مخصوص روی سیلندر قرار داده شده و سپس گیره های درپوش سیلندر را میبندیم و سیلندر نمونه را در داخل محفظه استخراج قرار میدهیم انتهای دیگر سیلندر نمونه به ستون جمع آوری کننده ماده استخراجی که در قسمت جمع آوری کننده دستگاه قرار دارد، هدایت می گردد. پس از جایگزاری نمونه در داخل قسمت استخراج کننده و نصب ستون جمع آوری کننده در بخش جمع آوری کننده، مسیر گاز ورودی به داخل سیلندر و جذب کننده را باز کرده و توسط فلومتر، فلوی گاز را در مقدار لازم تنظیم میکنیم. با عبور گاز داغ از داخل سیلندر نمونه ترکیبات فرار به همراه گاز حامل از سیلندر نمونه خارج شده و به داخل ستون جذب کننده که حاوی جاذب است منتقل شده و به خاطر دمای پایین ستون جمع آوری کنند ترکیبات فرار از گاز حامل جدا میشود. شکل ۱ خلاصه ای از میکانیسم کار دستگاه را نشان می دهد. پس از استخراج آنالیت های فرار با مقدار کمی حلال از ستون جمع آوری کننده شسته می شود و جهت آنالیز یک میکرولیتر از محلول استخراجی حاصل به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق میگردد.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### نتیجه گیری

جهت رفع مشکل از دست دادن ترکیب استخراج شده، در دستگاه استخراج گرمایی با ستون جاذب، در قسمت جمع آوری کننده یک ستون حاوی پودر مواد جاذب استفاده شده است که می تواند ترکیبات که به همراه گاز خنثی از داخل ستون عبور می کنند را جذب کند و در خود ذخیره کند و متناسب با ترکیب استخراج شده، می توان از مواد جاذب گوناگون در داخل ستون استفاده کرد، و همچنین برای افزایش پتانسیل جذب جاذب، میتوان ستون حاوی پودر جاذب را توسط خنک کننده ترمال، خنک کرد. بعد از استخراج نمونه آنالیت های فرار با مقدار کمی حلال از ستون جمع آوری کننده شسته می گردد. با این روش محلول استخراجی حاصل را می توان برای آنالیز های کروماتوگرافی مختلف ذخیره کرد.

### منابع

- [1] R. López, F. Goñi, A. Etxandia, E. Millán, Determination of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in human serum using headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-electron capture detection, *J. Chromatogr. B Anal. Technol. Biomed. Life Sci.* 846 (2007) 298–305.
- [2] C.L. Arthur, J. Pawliszyn, Solid Phase Microextraction with Thermal Desorption Using Fused Silica Optical Fibers, *Anal. Chem.* 62 (1990) 2145–2148.
- [3] V.A. Isidorov, HS-SPME / GC – MS analysis of volatile and semi-volatile, (2012) 2893–2907.
- [4] W.J. Havenga, E.R. Rohwer, Chemical characterization and screening of hydrocarbon pollution in industrial soils by headspace solid-phase microextraction, *J. Chromatogr. A.* 848 (1999) 279–295.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

## میکروسکوپ الکترونی و کاربرد آن در زیست شناسی

طاهره کریمی شایان<sup>۱</sup>، اسداله اسدی<sup>۱\*</sup>، آرش عبدالملکی<sup>۲</sup>

۱- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. Email:

asad.asady@gmail.com

۲- گروه بیوانفورماتیک، دانشکده فناوری های نوین، دانشگاه محقق اردبیلی، نمین، ایران

### چکیده

در مطالعه اشیا یی که خیلی کوچک هستند و با چشم غیر مسلح قابل بررسی نیستند از میکروسکوپ استفاده می شود. یکی از انواع میکروسکوپ، میکروسکوپ الکترونی می باشد که تکنیکی برای به دست آوردن تصاویر با وضوح بالا از نمونه های بیولوژیکی و غیر بیولوژیکی است. عدسی های آن از نوع عدسی های الکترومغناطیسی است و عمق و بزرگنمایی بیشتری در مقایسه با میکروسکوپ نوری دارد. از کاربرد های میکروسکوپ الکترونی در علوم زیستی میتوان در زمینه پزشکی برای بررسی کبد، عضلات ماهیچه ای، روده، کلیه و اعصاب اشاره کرد. علاوه بر این، در میکروبی شناسی بالینی، ویروس شناسی و قارچ شناسی نیز مورد استفاده قرار گرفته و بعنوان یک استاندارد طلایی در زمینه زیست شناسی مولکولی شناخته شده است.

کلمات کلیدی: میکروسکوپ، میکروسکوپ الکترونی، زیست شناسی

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مقدمه:

### ۱- میکروسکوپ:

میکروسکوپ، ابزار ضروری علم است که مشاهدات علمی مهمی را به تصویر می کشد. در مطالعه اشیایی که خیلی کوچک هستند (۱-۱۰۰ میکرومتر) و با چشم غیر مسلح قابل بررسی نیستند از میکروسکوپ استفاده می شود. در قرن هفدهم زاخاریاس یانسن عینک ساز هلندی بود که اولین میکروسکوپ را با قرار دادن دو عدسی در یک لوله ساخت [۱]. در همان قرن، آنتون ون لیوونهوک میکروسکوپ نوری را توسعه داد و بسیاری از اشیاء کوچک از جمله سلول های خون، باکتری ها و ساختارهای دیگر را برای اولین بار مشاهده کرد و بعد از آن میکروسکوپ الکترونی توسط فیزیکدان مجارستانی بنام لیو زیلارد اختراع و ثبت شد [۱]. در سال ۱۹۲۴، لویی دو بروگلی اینطور مستند کرد که الکترون ها می توانند هم به عنوان ذرات و هم به عنوان امواج عمل کنند [۲]. با این حال در سال ۱۹۳۱ ارنست روسکا فیزیکدان آلمانی و مکس نول نمونه ای از میکروسکوپ الکترونی را با قدرت ۴۰۰ برابر بزرگنمایی ساختند. دو سال بعد در ۱۹۳۳، روسکا یک میکروسکوپ الکترونی با بزرگنمایی بیشتر از بزرگنمایی میکروسکوپ نوری را ساخت [۳،۴].

بنابراین، ساختار ظریف بافت ها، معماری دقیق تک تک سلول ها و اندامک های آن، ساختار ویروس ها و غیره همگی فراتر از طیف میکروسکوپ نوری هستند [۱]. هدف از این مطالعه، معرفی، شناخت و عملکرد میکروسکوپ الکترونی و کاربرد آن در علوم زیست شناسی می باشد که ارائه اطلاعات ساختاری و سیستم های پیچیده بیولوژیکی با وضوح بالا را به منظور عملکرد بهتر روشن می سازد.

### ۲ - میکروسکوپ الکترونی :



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



دسته ای از میکروسکوپ ها می باشد که از یک باریکه الکترونی برای تصویرسازی استفاده می کنند. طول موج یک الکترون تا  $100/000$  برابر کوتاهتر از فوتون های نور مرئی می باشد بنابراین میکروسکوپ های الکترونی از قدرت تفکیک بالاتری نسبت به میکروسکوپ های نوری برخوردار است و ساختار اجسام کوچکتر را نمایان می سازد [۵].

### 3- انواع میکروسکوپ الکترونی:

#### 3-1- میکروسکوپ های الکترونی روبشی (SEM):

همه SEM ها از اصل اسکن برای تصویربرداری استفاده می کنند. بزرگنمایی با نسبت طول دو خط اسکن شده مربوطه تعیین می شود. ولتاژ شتاب دهنده معمولی از  $200 - 30$  keV است. رزولوشن در ولتاژهای بالاتر (۱-۲ نانومتر برای FEG در  $30$  کیلو ولت) بهترین است. مزایای اصلی SEM وضوح بالا، عمق فوکوس زیاد و آماده سازی نمونه است [۶]. در SEM، یک پرتو الکترونی کوچک بر روی نمونه متمرکز می شود [۷] و سیگنال هایی که تولید می شوند حاوی اطلاعاتی در مورد سطح نمونه، ترکیب و سایر خصوصیات مانند هدایت غیرالکتریکی هستند. برخلاف روش های TEM که به نمونه های بسیار نازک نیاز دارند، SEM می تواند نمونه های بزرگ را بررسی کند و اطلاعات ارزشمندی در مورد مورفولوژی، توپولوژی سطح را ارائه دهد [۸]. SEM یک روش تثبیت شده برای توصیف سطوح در خلاء فوق العاده بالا، و خلاء کم است. از SEM برای بررسی موادی مانند فلزات، آلیاژها، سرامیک ها و شیشه ها، علوم سطحی، تحقیقات نیمه هادی ها، تحقیقات پلیمری و مواد غذایی، زمین شناسی، کانی شناسی، باستان شناسی و زیست شناسی استفاده می شود. مزیت اصلی SEM عمق تمرکز فوق العاده است [۸]. کنتراست تصویر درخشان و آماده سازی نمونه نسبتاً ساده برای تصویربرداری از سطوح از دیگر مزایای آن است. ابزار دقیق SEM با توسعه SEM انتشار میدانی (FESEM) که در دهه ۱۹۸۰ در دسترس قرار گرفت، بهبود یافت. تصویربرداری با وضوح بالا توسط FESEM

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



با پیشرفت های بیشتر در الکترونوپتیک و آشکارسازهای الکترونی و همچنین در آماده سازی نمونه ممکن شد و توسعه SEM محیطی (ESEM) امکان استفاده از نمونه های هیدراته را فراهم کرد. با استفاده از ESEM می توان از تجمع بار الکتریکی روی سطوح نمونه های غیرفلزی جلوگیری کرد زیرا نمونه در یک محفظه داخلی با فشار بالاتر قرار می گیرد. در ESEM، بررسی نمونه ها با استفاده از تصویربرداری ثانویه را می توان در خلاء کم انجام داد، برخلاف SEM و FESEM که عمدتاً به خلاء بالا محدود می شوند ESEM برای نمونه هایی که حاوی مایعات هستند (به عنوان مثال، نمونه های طبیعی حاوی آب یا روغن) مفید است [۸].

### ۳-۲ - میکروسکوپ های الکترونی عبوری (TEM):

TEM ها در ۱۰۰-۴۰۰ keV کار می کنند تا نمونه های نازک را به تصویر بکشند. نمونه با یک پرتو موازی گسترده روشن می شود و تصویر توسط لنزهای تصویربرداری در سمت دیگر نمونه تشکیل می شود. بزرگنمایی ارتباطی به اندازه ناحیه نورانی ندارد و توسط لنزهای تصویربرداری تعیین می شود. تصویر بر روی یک صفحه الکترومینیسانس (یا فیلم یا آشکارساز) در یک موقعیت ثابت تشکیل می شود. در حالت تصویربرداری، صفحه تصویر عدسی شیئی به صفحه نمایش داده می شود و در حالت پراش، صفحه کانونی همان عدسی شیئی در همان صفحه نمایش داده می شود [۶]. TEM با وضوح بالا (HRTEM) که به عنوان TEM کنتراست فاز نیز شناخته می شود، برای بررسی ساختار کریستالی استفاده می شود. کنتراست فاز مکانیسم اصلی تشکیل تصویر در HRTEM است. تشکیل یک تصویر HRTEM شامل سه مرحله است: (۱) پراکندگی الکترون در نمونه، (۲) تشکیل یک الگوی پراش در صفحه کانونی پشتی عدسی شیئی و (۳) تشکیل یک تصویر در صفحه تصویر [۸]. ساختار اتمی یک نمونه اغلب می تواند مستقیماً توسط HRTEM مورد بررسی قرار گیرد. اسکن TEM (STEM) یک ابزار قدرتمند است که قادر به تصویربرداری با وضوح اتمی و

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



تجزیه و تحلیل در مقیاس نانو است. برای تصویربرداری از نمونه های بیولوژیکی، STEM از میکروسکوپ میدان تاریک استفاده می کند و نسبت به TEM معمولی کارآمدتر است و امکان تصویربرداری با کنتراست بالا از نمونه های بیولوژیکی را بدون نیاز به رنگ آمیزی فراهم می کند. STEM مشابه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) است. STEM از TEM معمولی متمایز می شود زیرا پرتو الکترونی روی یک نقطه باریک متمرکز شده است و نمونه روی الگوی شطرنجی اسکن می شود. الکترون های پراکنده شناسایی می شوند و شدت آنها به عنوان تابعی از موقعیت کاوشگر برای ایجاد یک تصویر ترسیم می شود. STEM وضوح فضایی بهتری دارد، قادر به اندازه گیری های تحلیلی اضافی است و به آماده سازی بیشتر نمونه نسبت به SEM نیاز دارد [۸].

#### ۳-۳- میکروسکوپ الکترونی ولتاژ پایین (LVEM):

LVEM شامل تمام حالت های تصویربرداری استاندارد است. LVEM می تواند در حالت های TEM یا پراش (پراش الکترون ناحیه انتخابی) و همچنین در حالت های روبشی (STEM و SEM با الکترون های پراکنده) با وضوح فضایی نانومتری کار کند. مزایای تصویربرداری تحت LVEM شامل توانایی تولید تصاویر با کیفیت بالا برای نمونه هایی است که مشاهده آنها تحت تکنیک های میکروسکوپ الکترونی معمولی غیرممکن است (به عنوان مثال، نمونه هایی که کنتراست کافی در TEM معمولی نشان نمی دهند). محدودیت ها این نوع میکروسکوپ این است که وضوح ۲ تا ۳ نانومتر را به دست می آورند و این ضخامت باید کمتر از مقدار مورد نیاز برای TEM یا STEM باشد [۸].



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

۴-۳- TEM ادغام شده با فلورسانس:

اطلاعات فلورسنت از یک بخش کامل یا از بخش های نازک را می توان به عنوان یک پوشش رنگی روی تصاویر TEM نمایش داد. از میکروسکوپ کانونی اسکن لیزری (LSCM) به دلیل توانایی همزمان آن در جمع آوری تصاویر فلورسنت و همچنین تصاویر نور عبوری و پراکنده استفاده می شود [۸]. از کاربردهای میکروسکوپ الکترونی در حوزه ی علوم زیستی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

تصویربرداری از بافت [۹]، بومی سازی پروتئین [۱۰]، تحقیقات دارویی (به عنوان مثال آنتی بیوتیک ها) [۱۱]، توموگرافی الکترونی [۱۲]، ویروس شناسی [۱۳]، سم شناسی [۱۴]، تشخیص ذرات [۱۵]، آنالیز ذرات [۱۶]، تحقیقات مواد مانند نانو ذرات نوری [۱۷]، نانومترشناسی [۱۸]، تحقیقات پزشکی [۱۱]، صلاحیت مواد، شناسایی ترکیبات شیمیایی، ساختار بلوری، فازهای غیر آلی، رسوبات [۱۹].

۴- نتیجه گیری:

میکروسکوپ الکترونی بالاترین قدرت و بالاترین وضوح را دارند و برای دیدن ساختار دقیق در سطح سلولی و ماکرومولکولی استفاده می شوند. الکترون ها در میکروسکوپ های الکترونی می توانند طول موجی در حد آنگستروم داشته باشند و به همین دلیل به راحتی می توانند برای مشاهده نانو ساختارها استفاده شوند. به دلیل طول موج کم پرتو الکترونی در میکروسکوپ های الکترونی، بزرگنمایی، عمق میدان و قدرت تفکیک میکروسکوپ های الکترونی چندین برابر میکروسکوپ های نوری است. این نوع میکروسکوپ در زمینه پزشکی برای بررسی کبد، عضلات ماهیچه ای، روده، کلیه و اعصاب کاربرد دارد. علاوه بر این، در میکروب شناسی بالینی، ویروس شناسی و قارچ شناسی نیز مورد استفاده قرار گرفته و بعنوان یک استاندارد طلایی در زمینه زیست شناسی مولکولی شناخته شده است.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



منابع:

- M. Nozari A., H. Basharnavaz, S. H. Kamali (2020) *Navel aspects in Iranian scientific laboratories*, 4, 27-32
- [1] S. Chatterjee., A. Roy, A. Laskar & S. Swarnakar (2012) *Current microscopy contributions to advances in science and technology*, 2, 891-902.
- [2] W. Greiner., (2001) *Quantum Mechanics: An Introduction*, 3, 540-674.
- [3] Dannen., Gene (1998) *Leo Szilard the Inventor: A Slideshow*.
- [4] O. oysterman., (2021) *Numerical predictions for a topological insulator: an SSH chain on In As (111) A* (Bachelor's thesis).
- [5] S. Mukherjee., (2013) *In the Science of Clays*, 69-110.
- [6] J. L. Labar., (2002) *Research Institute for Technical Physics and Materials Science*, page13.
- [7] R. Reichelt., (2007) *Scanning electron microscopy*, 133-272.
- [8] ELLEN C. JENSEN. (2012) *THE ANATOMICAL RECORD*, 295, 716-721
- [9] X.D. hen., L.Q. Ren, B. Zheng, H. Liu (2013) *Biophotonics in Pathology: Pathology at the Crossroads*, 185, 1-22.
- [10] R. Ilouz., V. Lev-Ram, E. A. Bushong, T. L. Stiles, D. Friedmann-Morvinski, C. Douglas & S. S. Taylor (2017) *Elife*, 6, e17681.
- [11] T.P. Cushnie., N. H.O. Driscoll, A.J Lamb (2016) *Cellular and Molecular Life Sciences*, 73, 4471-4492.
- [12] M. H. Li., Y.Q. Yang., B. Huang, X. Luo, W. Zhang, M. Han, J.G. Ru (2014) *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 24, 3031-3050.

سومین کنفرانس ملی  
تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

The Third National Conference on  
Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[13] S. Heider., C. Metzner (2014) *Virology*, 462, 199–206.

[14] J. A. Fagerland., H. G. Wall, K. Pandher, B. E. LeRoy & G.D. Gagne (2012)  
*Toxicologic pathology*, 40, 391-402.

[15] R.G., T. Sousa, S. Esteves, F. Rocha, P. Figueiredo, Quelhas, & L.M Silva  
(2015) In *International Conference Image Analysis and Recognition*, 377-384.

[16] W.J. Li., L.Y Shao, D.Z. Zhang, C.U. Ro, M. Hu, X.H. Bi, H. Geng, A. Matsuki,  
H.Y. Niu, J.M. Chen (2016) *Journal of Cleaner Production*, 2, 1330–1349.

[17] O. Wilhelmi., L. Roussel, P. Faber, S. Reyntjens, G. Daniel (2010) *Journal of  
Experimental Nanoscience*, 5, 244–250.

[18] V.A. Ukraintsev & Jr., G.W Banke (2012) *Journal of Micro/Nanolithography,  
MEMS, and MOEMS*, 1, 011010.

[19] A. Maloy., Stuart, F. Sommer, Walter, R. James, Michael, J. Romero, Tobias, R.  
Lopez, Manuel, Zimmermann, Eugene, M, Ledbetter, James (2017) *Nuclear  
Technology*, 132, 103–114.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

## میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) و کاربرد آن در بیماری صرع

طاهره کریمی شایان<sup>۱</sup>، اسداله اسدی<sup>۱\*</sup>، آرش عبدالملکی<sup>۲</sup>

- ۱- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران  
۲- گروه بیوانفورماتیک، دانشکده فناوری های نوین، دانشگاه محقق اردبیلی، نمین، ایران

Email: [asad.asady@gmail.com](mailto:asad.asady@gmail.com)

### چکیده

میکروسکوپ نیروی اتمی یا Atomic Force Microscope (AFM) ابزاری قدرتمند برای مطالعه برهمکنش های لیگاند-گیرنده و سلول-سلول، و همچنین خواص مکانیکی سلول های زنده در سلول های عصبی و سایر تحقیقات بیولوژیکی می باشد. پاسخ های عصبی به تخلیه های شبکه عصبی و تشنج های صرعی را می توان با میکروسکوپ نیروی اتمی پیشرفته مطالعه کرد. بنابراین AFM روش جدیدی برای مشاهده ریزساختار غشای عصبی در وضوح نانومتری است. کلمات کلیدی: میکروسکوپ نیروی اتمی، سلول های عصبی، صرع.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



مقدمه:

### دستگاهوری روش AFM :

اجزاء اساسی دستگاه AFM شامل: سوزن و انبرک، آشکارساز و اسکنر می باشد. تیرک و نوک آن از اجزاء مهم دستگاه AFM هستند. نوک سوزنی که به آن پروب می گویند، در انتهای تیرک یا انبرک تعبیه شده است. پروب تنها قسمتی ست که با نمونه در تماس می باشد. شکل پروب بسیار حائز اهمیت است و قدرت تقکیک تصویربرداری به آن بستگی دارد. تیرک از موادی با قابلیت ارتجاعی ساخته می شود، بنابراین به تغییرات نیروهای وارد شده بسیار حساس است و در نهایت هرگونه انحراف انبرک موجب تغییرات جزئی نور بازتابی می شود و توسط آشکارساز ثبت می گردد [۱].

### کاربرد میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) :

AFM یا میکروسکوپ نیروی روبشی (SFM) نوعی میکروسکوپ با وضوح بسیار بالا در حد نانومتر است که وضوح آن بیش از ۱۰۰۰ برابر پراش نوری است. AFM در سال ۱۹۸۶ توسط بینینگ و همکاران اختراع شد و به عنوان ابزاری قدرتمند برای مطالعه برهمکنش های لیگاند-گیرنده و سلول-سلول، و همچنین خواص مکانیکی سلول های زنده در سلول های عصبی و سایر تحقیقات بیولوژیکی ظاهر شد [۱]. AFM نیروهای بین پروب اسکن و مولکول های روی سطح سلول را تحت حرکات سه بعدی منحصر به فرد (اندازه نانومتر) حس می کند و می تواند اطلاعاتی در مورد نیروی چسبندگی / پیوند بین مولکول ها تا پیکونیوتون و تصویربرداری ساختاری سطح سه بعدی با وضوح بالا را ارائه دهد. علاوه بر این، AFM می تواند مستقیماً ارتباط بین خواص مکانیکی سلول (به عنوان مثال، خاصیت ارتجاعی) و پروتئین ها و اندامک های درون سلولی را اندازه گیری کند [۱]. هدف از این مطالعه، معرفی، شناخت و عملکرد میکروسکوپ AFM و کاربرد

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



آن در بیماری صرع می باشد که ارائه اطلاعاتی در مورد پلاستیسیته غشاء و برهمکنش های خارج سلولی در نورون های صرع را روشن می سازد.

صرع:

صرع فرایندی است که طی آن یک مغز طبیعی به دلیل عوامل مختلف از جمله آسیب یا استعداد ژنتیکی دچار اختلال می شود. تشنج های صرع می توانند از دوره های کوتاه و تقریباً غیرقابل تشخیص تا دوره های طولانی به دلیل فعالیت الکتریکی غیرطبیعی در مغز متفاوت باشند [۲]. به طور معمول در صرع فعالیت الکتریکی مغز غیرهمزمان است، زیرا تعداد زیادی از نورون ها معمولاً همزمان شلیک نمی کنند [۳]. به طور کلی فعالیت نورون ها توسط عوامل مختلفی هم در داخل سلول و هم در محیط سلولی تنظیم می شود، عوامل درون نورون شامل نوع، تعداد و توزیع کانال های یونی، تغییرات گیرنده ها و تغییرات بیان ژن است و عوامل اطراف نورون عبارتند از غلظت یون، شکل پذیری سیناپسی و... می باشد [۴].

کاربرد AFM در بیماری صرع:

پروتئین های ماتریکس خارج سلولی (ECM) در مغز توسط سلول های عصبی تولید و ترشح می شوند. خاصیت ارتجاعی غشای عصبی، انعطاف پذیری و پویایی مرتبط با آن، پاسخ های عصبی به تخلیه های شبکه عصبی و تشنج های صرعی را می توان با میکروسکوپ نیروی اتمی پیشرفته مطالعه کرد [۱]. میکروسکوپ نیروی اتمی یک تکنیک پیشرفته برای مطالعه اندازه گیری های ساختاری و عملکردی با وضوح نانومتر بین پروب AFM و سطح سلول است. AFM در سلول های زنده از جمله سیستم عصبی به کار گرفته شده است. AFM یک تکنیک منحصر به فرد است که به طور مستقیم اطلاعات عملکردی را با وضوح نانو اندازه گیری می کند. کاوشگر AFM علاوه بر توانایی خود در گرفتن تصویربرداری سه بعدی دقیق، اندازه گیری های کمی را بر روی ساختار و عملکرد اجزای درون سلولی مانند اسکلت سلولی، نیروی



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



چسبندگی و احتمال اتصال بین گیرنده های غشایی و لیگاندهای پوشش داده شده را نیز بررسی می نماید [۵]. فعل و انفعالات فیزیولوژیکی بین پروتئین های ماتریکس خارج سلولی (ECM) و گیرنده های اینتگرین غشایی، نقش مهمی در انعطاف پذیری عصبی در هیپوکامپ، (یک منطقه مهم در گیر در صرع)، ایفا می کنند. تحقیقات AFM در ارتباط با صرع:

عامل پروتئین ماتریکس خارج سلولی-اینتگرین بر روی نورون ها نقش مهمی در ایجاد انعطاف پذیری عصبی در مغز دارد. با این حال، نقش سیگنال دهی فیبرونکتین-اینتگرین در صرع مبهم است. در مطالعاتی که نقش عملکردی سیگنال دهی فیبرونکتین-اینتگرین را با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی، ایمونوسیتوشیمی و فارماکولوژی در سلول های گرانول شکنج دنداندار موش صرعی بررسی شد نتایج، افزایش قابل توجهی در گیرنده فیبرونکتین  $\alpha 5 \beta 1$ -اینتگرین در موش های صرعی را نشان داد، بنابراین طبق مطالعاتی که با استفاده از AFM به منظور شناسایی بیماری صرع، با اندازه گیری پلاستیسیته غشاء و برهمکنش های خارج سلولی در نورون های صرع انجام شده مشاهده شده است که نیروی اتصال و همچنین احتمال اتصال بین ECM، پروب AFM پوشیده شده با فیبرونکتین و اینتگرین غشایی در سلول های گرانول شکنج دنداندار در صرع بسیار کمتر می باشد و خاصیت ارتجاعی سلولی که نشان دهنده تغییرات در سازماندهی مجدد اسکلت سلولی است به طور قابل توجهی در صرع افزایش یافته است [۵]، همچنین قابلیت ارتجاعی سلولی، که نشان دهنده تغییرات در سازماندهی مجدد اسکلت سلولی است، به طور قابل توجهی در صرع افزایش یافته است. با این مطالعات آزمایشی بینش جدیدی در مورد نقش عملکردی سیگنال دهی گیرنده اینتگرین در صرع ارائه می دهد و ممکن است به شناسایی اهداف جدید برای پیشگیری و درمان صرع کمک کند [۶]. در تحقیقاتی که به منظور مشاهده ساختار غشای سلولی نورون های صرعی با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی انجام شد مدل نورون های صرعی بود که با قرار دادن

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



سلول های عصبی به مدت ۱۴ روز در شرایط آزمایشگاهی در محیط های بدون منیزیم به مدت ۳ ساعت ایجاد شد. در این مطالعه از تکنیک پچ کلمپ برای ثبت فعالیت الکتروفیزیولوژیک نورون های صرعی استفاده شد و AFM برای مشاهده و اندازه گیری ریزساختار غشای سلولی نورون صرعی انجام شد. در این محیط نورون های صرعی تخلیه صرعی را نشان دادند که پس از آن نورون ها به محیط کشت طبیعی برگردانده شدند. در اندازه گیری اسکن  $80 \times 80$  میکرومتر و  $2 \times 2$  میکرومتر، هیچ تفاوت آشکاری در مورفولوژی غشای سلولی بین نورون های صرعی و طبیعی وجود نداشت، اما در اندازه اسکن  $500 \times 500$  نانومتر، حفره های کوچکی در غشای سلولی در هر دو گروه مشاهده شده است اما تفاوت معنی داری در ابعاد حفره ها بین دو گروه مشاهده نگردید [۷].

نتیجه گیری:

AFM روش جدیدی برای مشاهده ریزساختار غشای عصبی در وضوح نانومتری می باشد. AFM می تواند اطلاعاتی در مورد نیروی چسبندگی / پیوند بین مولکول ها تا پیکونیوتون و تصویربرداری ساختاری سطح سه بعدی با وضوح بالا را ارائه دهد. علاوه بر این، AFM می تواند مستقیماً ارتباط بین خواص مکانیکی سلول (به عنوان مثال، خاصیت ارتجاعی) و پروتئین ها و اندامک های درون سلولی را اندازه گیری کند. بنابراین، AFM یک نانو تکنیک منحصر به فرد است که تغییرات عملکردی پیشرونده در پلاستیسیته غشای عصبی در صرع و اختلالات مغزی مرتبط را امکان پذیر می سازد.

منابع:

- [1] X. Wu., M. Muthuchamy, D. Samba Reddy (2016) *Frontiers in Aging Neuroscience*, 8, 1-12.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[۲] H. GD., M. Phee (2010) *Pathophysiology of disease*, 6, 16-32.

[3] EB. Bromfield., (2006) *American Epilepsy Society*, 4, 1-18.

[4] H. Blumenfeld., (2005) Cellular and network mechanisms of spike-wave seizures. *Epilepsia*, 9, 21–33.

[5] X. Wu ., M. Muthuchamy, D. Samba Reddy (2017) *Epilepsy Res*, 138, 71-80.

[6] H. Shen ., J. Wang, L. Liu, Z. Lin, Y. Che, F. Zhang, F. Zhang, Y. Bai, F. Yang (2007) *National library of medicine*, 27(4): 501-4.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## شناسایی فوتوکاتالیزورها جهت احیاء ترکیبات نیتروبنزن با استفاده از دستگاه TEM

رسول پیروی<sup>۱\*</sup> و سیامک اتابک<sup>۱</sup>

اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی-کاربردی (zamanlou@yahoo.com)

### چکیده

به طور کلی ترکیبات نیتروبنزن ها به علت سمی بودن، خطری زیادی برای محیط زیست دارند و سالانه مقدار زیادی از این مواد وارد چرخه محیط زیست می شود. اخیراً از فوتوکاتالیزورهایی استفاده می شود که از طریق احیای آن ها، علاوه بر کاهش خطرات زیست محیطی، سبب تولید آنیلین ها می شوند که فواید زیادی دارند. در این بررسی کوتاه، به بررسی آنالیز TEM فوتوکاتالیزورهایی که سبب احیای نیتروبنزن می شوند به صورت خلاصه پرداختیم. کلمات کلیدی: فوتوکاتالیزور، TEM، نیتروبنزن، احیا و آنیلین

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

میکرو سکوپ الکترونی عبوری (Transmission electron microscope) ابزاری ویژه برای تعیین ساختار و مورفولوژی مواد محسوب می شود که مطالعات ریزساختاری مواد با قدرت تفکیک بالا و بزرگنمایی خیلی زیاد را امکان پذیر می سازد. علاوه بر این از این میکروسکوپ برای مطالعات ساختارهای بلور، تقارن، جهت گیری و نقائص بلوری می توان استفاده نمود. این موارد سبب شده است که TEM امروزه به عنوان یک ابزار بسیار مهم در بسیاری از تحقیقات پیشرفته پزشکی، فیزیک، شیمی، بلورشناسی، علم مواد و زیست شناسی شناخته شود.

اساس عملکرد این میکروسکوپ مشابه میکروسکوپ های نوری است با این تفاوت که به جای پرتوی نور، در آن از پرتوی الکترون استفاده می شود. آنچه که می توان با کمک میکروسکوپ نوری مشاهده کرد، بسیار محدود است در حالی که با استفاده از الکترون ها به جای نور، این محدودیت از بین می رود. وضوح تصویر در TEM هزار برابر بیشتر از یک میکروسکوپ نوری است.

استفاده از TEM می توان جسمی به اندازه چند آنگستروم را مشاهده کرد. برای مثال می توانید اجزای موجود در یک سلول یا مواد مختلف در ابعادی نزدیک به اتم را مشاهده کنید.

در واقع TEM نوعی پروژکتور نمایش اسلاید در مقیاس نانو است که در آن پرتویی از الکترون ها از تصویر عبور داده می شود. الکترون هایی که از جسم عبور می کنند به پرده فسفر سانس برخورد کرده سبب ایجاد تصویر از جسم روی پرده می شوند. قسمت های تاریک تر بیانگر این امر هستند که الکترون های کمتری از این قسمت جسم عبور کرده اند (این بخش از نمونه چگالی بیشتری دارد) و نواحی روشن تر مکان هایی هستند که الکترون بیشتری از آنها عبور کرده است (بخش های با چگالی کمتر) [1].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۷۶: تصویر دستگاه TEM

### فوتوکاتالیزورها

فوتوکاتالیزور، حاصل الحاق کاتالیزور و فوتوشیمی می باشد. به کار بردن نور و کاتالیزور برای سرعت بخشیدن به تبدیل های شیمیایی در فرآیندهای فوتوکاتالیزوری ضروری می باشد. نقش فوتوکاتالیزور مانند نقش کلروفیل در فتوسنتز است. در واکنش های معمولی مولکول ها در اثر نور برانگیخته می شوند و باعث انجام واکنش می شوند. اما در واکنش های فوتوکاتالیزوری نور باید حتما توسط فوتوکاتالیزور جذب شو [2].  
اخیرا از فوتوکاتالیزورها در احیای نیتروبنزن ها استفاده شده و نتایج حاصل نشان از کارایی بالای فوتوکاتالیزورها در جهت احیای ترکیبات نیتروبنزنی داشته است.

از نانوذره های نیکل اکسید بر روی گرافن اکسید فوتوکاتالیزور بسیار عالی تهیه شد و این فوتوکاتالیزور دارای قابلیت بازیابی بسیار عالی بود که تحت شرایط نور مرئی و در حضور سدیم پوروهیدرید به عنوان عامل هیدروژن، فرآیند احیای نیتروبنزن ها انجام گرفت و آنیلین ها با بازده بسیار بالایی بدست آمدند [3].

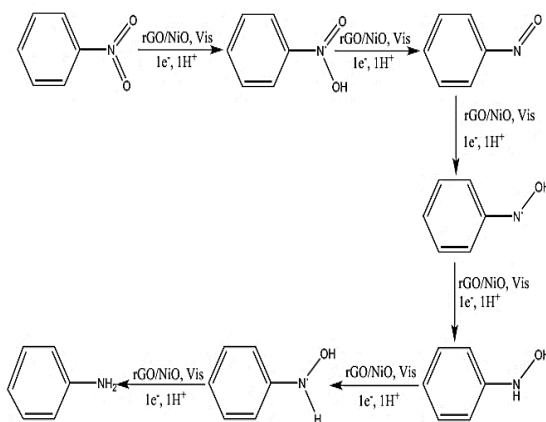


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

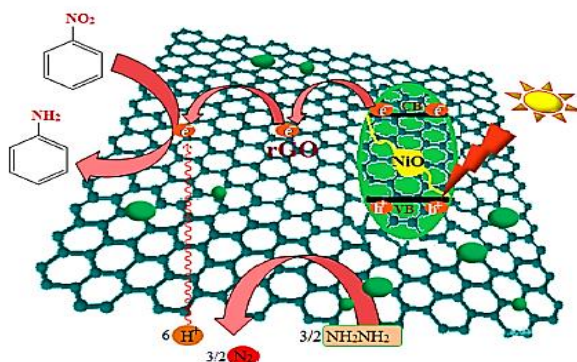
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۷۷: کاهش فوتوکاتالیستی نیتروبنزن با استفاده از فوتوکاتالیزور rGO/NiO

فوتوکاتالیزور Ag تثبیت شده بر روی گرافن اکساید کاهش یافته در جهت تولید آنیلین از طریق احیای نیتروبنزن استفاده شد. نانوذرات نقره با موفقیت به شکل فلزی بر روی گرافن اکساید تثبیت شد. نانوکامپوزیت دارای باند شکاف کوچک بود که این قابلیت باعث افزایش تحرک حامل بار و نیز توانایی بالا باعث کاهش نیتروبنزن به آنیلین شد. کاهش نیتروبنزن به آنیلین در طی مدت زمان ۴ ساعت به میزان ۱۰۰ درصد بود و همچنین فوتوکاتالیزور استفاده شده قابلیت بازیابی بسیار خوبی داشت به طوریکه بعد از پنج بار استفاده مجدد قابل استفاده بود [4].



شکل ۷۸: مسیر پیشنهادی کاهش نیتروبنزن به آنیلین

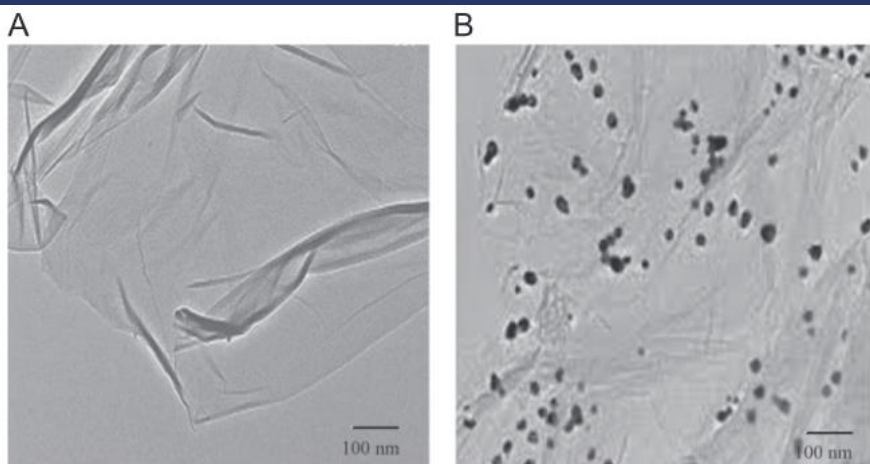
تصویر TEM، نانوصفحات GO شکل پوسته مانند را نشان می دهد (کامپوزیت اکسید گرافن) (شکل ۴-A).  
شکل ۴-B نانوذرات نقره را نشان می دهد که به صورت نقطه تاریک رسوب می کنند.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

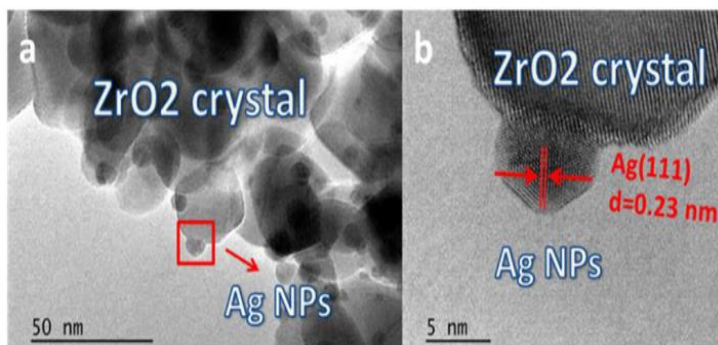
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۷۹: تصاویر TEM مربوط به گرافن اکسید احیا شده (A-۴) و Ag-RGO (B-۴)

کاهش انتخابی ترکیبات نیتروآروماتیک به ترکیبات آروکسی انجام با استفاده از نانوذرات آلیاژ Ag و  $ZrO_2$  به عنوان فوتوکاتالیزور انجام شد. این فرآیند تحت تابش دهی نور مرئی انجام شد و هنگامی که ترکیبات نیتروآروماتیک در حضور نانوذرات Ag,  $ZrO_2$  و تابش دهی نور مرئی قرار گرفتند، بیشترین میزان در صد محصولات تولیدی از این فرآیند ترکیبات آروکسی بود [5].



شکل ۸۰: تصاویر TEM مربوط به نانوذرات Ag-ZrO<sub>2</sub>

کاهش فوتوکاتالیزوری ۴-نیتروفنول با استفاده از نانوذرات PtO<sub>2</sub> پراکنده شده بر روی نانوذرات ZnO انجام شد. طبق نتایجی که گزارش شد، برای کاهش ۴-نیتروفنول در حضور هر یک از کاتالیزورها (ZnO or PtO<sub>2</sub>) که به طور جداگانه برای بررسی فعالیت فوتوکاتالیزوری ترکیب اصلی بررسی شد، میزان تبدیل نسبت به وقتی که ترکیب PtO<sub>2</sub>/ZnO به عنوان فوتوکاتالیزور استفاده شد، کمتر بود (شکل ۶) [6].

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

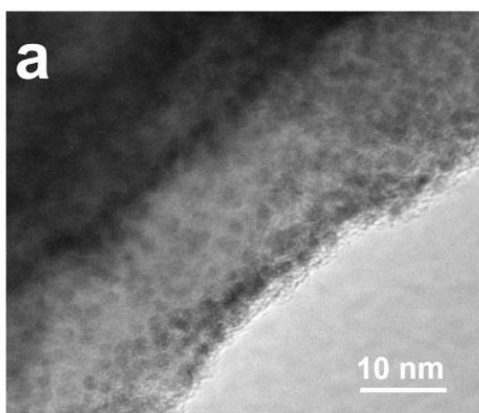
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۸۱: مکانیسم احتمالی کاهش فوتوکاتالیزوری ۴-نیترو فنول با  $PtO_2/ZnO$



شکل ۸۲: تصویر TEM از  $PtO_2/ZnO$  پس از ده واکنش مکرر

### منابع

۱. Rubin, Matthew A., et al. "TEM analysis of the nanostructure of normal and osteoporotic human trabecular bone." *Bone* 33.3 (2003): 270-282.
۲. Ameta, Rakshit, et al. "Photocatalysis." *Advanced oxidation processes for waste water treatment*. Academic Press, 2018. 135-175.



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۳. Ramu, A. G., et al. "Synthesis of porous 2D layered nickel oxide-reduced graphene oxide (NiO-rGO) hybrid composite for the efficient electrochemical detection of epinephrine in biological fluid." *Environmental Research* 200 (2021): 111366.

۴. Qusti, A. H., R. M. Mohamed, and M. Abdel Salam. "Photocatalytic synthesis of aniline from nitrobenzene using Ag-reduced graphene oxide nanocomposite." *Ceramics International* 40.4 (2014): 5539-5546.

۵. Maham, Mehdi, Mahmoud Nasrollahzadeh, and S. Mohammad Sajadi. "Facile synthesis of Ag/ZrO<sub>2</sub> nanocomposite as a recyclable catalyst for the treatment of environmental pollutants." *Composites Part B: Engineering* 185 (2020): 107783.

۶. Yang, Xiaoyan, et al. "Photoinduced in situ deposition of uniform and well-dispersed PtO<sub>2</sub> nanoparticles on ZnO nanorods for efficient catalytic reduction of 4-nitrophenol." *ACS applied materials & interfaces* 10.27 (2018): 23154-23162.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

### تأثیر قدرت یونی بروی ثابت پروتونه شدن گالیک اسید به روش اسپکتروفتومتری

خدیجه شمس آذر<sup>۱</sup>، پریسا شیرعلی پور<sup>۲\*</sup>

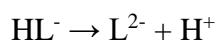
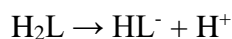
۱- سازمان استاندارد

۲- صنایع غذایی تام آی، (e.p.shiralipoor@gmail.com)

#### چکیده

در این کار ثابت پروتون دار شدن گالیک اسید در قدرت های یونی ۰/۱، ۰/۵، ۰/۷ و ۱ مولار و دمای ۲۵±۰/۱ درجه سانتی  
گراد در محدوده pH حوالی ۱ الی ۱۱ به روش اسپکتروفتومتری تعیین شده است. در طول عمل تیتراسیون تغییرات pH  
مرتباً اندازه گیری و جذب ها در طول موج های ۲۴۰-۳۰۰ نانومتر یادداشت شده است. پس براساس این نتایج تجربی با  
محاسبات لازم در نرم افزار Excel وارد شده و با مینیمم کردن خطا مناسب ترین مدل را انتخاب می کنیم. سپس  
محاسبات مدل مورد نظر با روش fitting در نرم افزار Excel انجام می شود و pK<sub>1</sub> و pK<sub>2</sub> در طول موج های متفاوت  
و قدرت های یونی متفاوت قید شده، به دست آمده است.

(۱)



همچنین با استفاده از فرمول های زیر ثابت های دانیل C و D برای گالیک اسید محاسبه گردیده است.

(۲)

$$\text{Log}k_j(I) = \text{Log}k_j(I') - z^* \left( \frac{0.51I^{1/2}}{1 + 1.5I^{1/2}} - \frac{0.51I'^{1/2}}{1 + 1.5I'^{1/2}} \right) + C(I - I') + D(I^{3/2} - I'^{3/2})$$

کلمات کلیدی: گالیک اسید، اسپکتروفتومتر، طیف سنجی ماورای بنفش

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

جذب مولکولی در ناحیه ماوراء بنفش و مرئی بستگی به ساختمان الکترونی مولکول دارد. جذب انرژی کوانتائی است و از ارتقاء الکترون ها از اربیتال های واقع در تراز ا صلی به اربیتال های با تراز انرژی بالاتر (تراز برانگیخته) حاصل می شود. اندازه گیری جذب تابشهای ماوراء بنفش راه مناسبی را برای تجزیه تعداد بی شماری از گونه های آلی و معدنی فراهم می آورد و در عمل، طیف سنجی ماوراء بنفش بیشتر به آن دسته از ترکیبات آلی محدود می شود که دارای سیتسم های مزدوج می باشند. با این حال تعداد کثیری از مولکولهای آلی و گروههای عاملی در بخش هایی از طیف الکترومغناطیسی که نواحی ماوراء بنفش (UV) و مرئی (Vis) خوانده می شوند طول موج آنها از ۲۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر شفاف هستند. در نتیجه آن روش طیف سنجی که با این حدود از طول موج سرو کار دارد، از محدودیتهایی برخوردار است اما در بعضی از موارد، اطلاعات مفیدی از این نواحی طیف بدست می آید و هنگامی که این اطلاعات با اطلاعات حاصل از طیف های مادون قرمز و رزونانس مغناطیسی هسته ای جمع گردد، می تواند در تعیین ساختمان یک جسم بسیار موثر واقع شود.

### منشا ساختمان نوار UV

برای اتمی که در ناحیه ماوراء بنفش جذب می کند، طیف جذبی اغلب شامل خطوط بسیار تیزی است که نظیر آن از یک فرایند کوانتایی که بین دو تراز انرژی مجزا رخ می دهد، انتظار می رود. اما در مولکولها، جذب UV معمولاً در محدوده گسترده ای از طول موج اتفاق می افتد این بدان دلیل است که در درجه حرارت اتاق، مولکولها (برخلاف اتمها) معمولاً دارای حالات برانگیخته ارتعاشی و چرخشی بسیاری هستند در واقع ارتعاش مولکولها حتی در صفر مطلق هم به طول کامل متوقف نمی گردد در نتیجه مجموعه ای از مولکولها، اعضای خود را در بسیاری حالات برانگیخته ارتعاش و چرخشی خواهند داشت ترازهای انرژی برای چنین حالتی کاملاً نزدیک به یکدیگر بوده چنان که اختلاف انرژی میان آنها بمراتب کمتر از اختلاف پس یک مولکول قادر است که به طور همزمان، برانگیختگی الکترونی و ارتعاشی / چرخشی را انجام دهد.

### برانگیختگی الکترونی

اتفاق افتد باقیمانده تابش در صورت عبور از یک منشور، ایجاد طیفی کرده که فواصلی میان خطوط آن وجود دارد و آن را یک طیف جذبی می نامند.

<sup>1</sup> - Absorption spectrum



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### اسپکتروفتومتر<sup>۱</sup>

یک دستگاه اسپکتروفتومتر یک روش تجزیه ی دستگاهی است که در آن تابش الکترومغناطیس در ناحیه مرئی و ماوراء بنفش جذب ماده می شود و از روی شدت جذب مقدار ماده تعیین می شود و شامل یک منبع نوری، یک نگهدارنده نمونه، یک تکفامساز و یک آشکار کننده تابش است

منبع اشعه ماوراء بنفش (UV)

برای ماوراء بنفش لامپهای تخلیه هیدروژن یا دوتریم معمولتر از سایر لامپها می باشند.  
ظرف نمونه

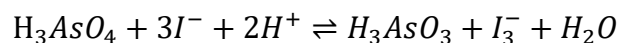
ظرفی را که نمون در آن ریخته می شد سل یا کووت<sup>۲</sup> می نامند که معمولاً به شکل استوانه یا مکعب مستطیل می باشد.

### مبانی نظری و پیشینه تحقیق

#### تأثیر الکترولیت روی تعادل شیمیایی

به طور تجربی در می یابیم که وضعیت اکثر تعادل ها در محلول ها به غلظت الکترولیت در محیط بستگی دارد. حتی، زمانی که یون های سازنده ی الکترولیت هیچ وجه اشتراکی با یون های موجود در تعادل ندارند، باز هم این تأثیر رخ می دهد. مثلاً اگر اکسایش یون یدید به وسیله ی آرسنیک اسید را مورد توجه قرار دهیم:

(۳)



<sup>1</sup>- Apertro photometry

<sup>2</sup>- Cell

<sup>3</sup>- Cuvette

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



اگر یک الکترولیت مانند باریم نیترات ، پتاسیم سولفات یا سدیم پرکلرات به این محلول اضافه شود، شدت رنگ محلول کم می شود. این کاهش در شدت رنگ نشان می دهد که غلظت  $I_3^-$  ، نقصان یافته است و تعادل پس از افزایش الکترولیت به سمت چپ کشیده شده است شکل (۱-۳-۱) اثر الکترولیت را روشن تر نشان می دهد منحنی A نمایشی از تغییرات حاصل ضرب غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید ( $10^{-14} \times 1/100$ ) بر حسب غلظت سدیم کلرید است این حاصل ضرب یونی مبتنی بر غلظت به صورت  $K'_w$  معرفی شده است در غلظت های پایین سدیم کلرید،  $K'_w$  مستقل از غلظت الکترولیت و برابر  $10^{-14} \times 1/100$  می باشد که ثابت حاصل ضرب یونی ترمودینامیکی  $K_w$  برای آب است. نسبتی را که با نزدیک شدن پارامتر (در اینجا، غلظت الکترولیت) به سمت صفر ، به طرف مقدار ثابتی میل می کند قانون حد می نامند؛ مقدار عددی ثابت مشاهده شده در این حد به عنوان مقدار حد خوانده می شود [۳].

تأثیر بار واکنش دهنده ها و محصول

مطالعات وسیعی روشن ساخته است که بزرگی اثر الکترولیت به مقدار زیاد به بارهای شرکت کننده در یک تعادل بستگی دارد. زمانی که فقط گونه های خنثی در گیرند، وضعیت تعادل ذاتاً مستقل از غلظت الکترولیت است با شرکت کننده های یونی ، بزرگی اثر الکترولیت باز زیاد شدن بار افزایش می یابد. این اصل کلی با سه منحنی انحلال پذیری در شکل (۱-۳-۲) به نمایش گذاشته می شود. مثلاً توجه شود که در یک محلول  $0.02M$  از پتاسیم نیترات ، انحلال پذیری باریم سولفات ، با زوج یون های دوباری ، با یک ضریب ۲ ، بزرگتر از انحلال پذیری در آب خالص است [۳].

قدرت یونی

در نظریه ی آربینوس ، توزیع یون ها در محلول کاملاً اتفاقی فرض می شود. علاوه بر آن از نیروهای حاصل از برهم کنش یون ها نیز صرف نظر می شود. با رعایت این شرط ضریب فعالیت همواره برابر با یک می باشد. اما همان طور که

<sup>1</sup>  $K'_a$ ،  $K'_{sp}$  و  $K'_w$  ثابت های تعادل غلظتی معمولاً با اضافه کردن علامت پریم مشخص می شوند مثلاً :

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



تجربه نشان می دهد، چنین چیزی با واقعیت سازگار نیست و به همین دلیل مدل یاد شده به هیچ وجه برای بیان رفتار  
محلول های الکترولیت مناسب نیست.

روش شناسی تحقیق، مدل سازی، بررسی و تجزیه تحلیل داده ها

الف- مواد شیمیایی مورد استفاده :

۱- گالیک اسید با درجه ی خلوص ۹۹/۵٪ و جرم مولکولی 267.2 g/mol - تولید شرکت E.Merck

۲- HClO<sub>4</sub> (1M) تیترازول تولید شرکت E.Merck

۳- NaOH (سودتیترازول) (1M) تولید شرکت E.Merck

۴- آب مقطر دو بار تقطیر شده

۵- نمک NaClO<sub>4</sub> (1M) ، با جرم مولکولی = ۱۴۰/۴۶

۶- بافرهای ۴، ۷، جهت کالیبراسیون دستگاه pH متر

۳-۱-ب- دستگاههای مورد استفاده :

۱- توزین با ترازوی SCALTEC با دقت ۰/۰۰۰۱g ساخت آلمان

۲- اندازه گیری جذب با دستگاه اسپکترومتری مدل Campo M 320 Doble Beam مت وصل به حمام آب گرم  
مجهز به ترموستات با دقت ۰،۱<sup>o</sup>C و یک رایانه ی PC انجام گرفت.

۳- سل اسپکتروفوتومتر به قطر ۱۰mm و از جنس کوارتز

۴- یک pH متر مدل ino lab ساخت آلمان

۵- میکروپورت ۱۰ ml

۶- بالون ۵۰ml پی پت ۱۰ml، ۵، ۳ و بشر ۱۰۰ ml.

روش کار

ابتدا در بالن های ۵۰cc محلول های زیر را تهیه می کنیم و به حجم می رسانیم:



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

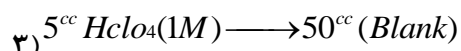
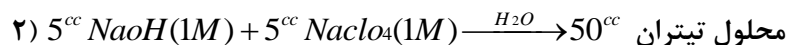
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



(۴)



محاسبات مربوط به محلول سازی :

$$Mw \text{ گالیک اسید} = 188.14 \text{ gr}$$

الف) میزان گرم گالیک اسید

(۵)

$$? g \text{ Gallicacid} = 10^{-4} \text{ Mol} \times \frac{188.14g}{1\text{Mol}} \times \frac{50}{1000} \times \frac{100\% \text{ خلوص}}{99.5\% \text{ خلوص}} = 0.09359g$$

ب) محاسبه میزان حجم اسید پرکلریک

(۶)

$$Cm = \frac{10ad}{Mw} \Rightarrow Cm = \frac{10 \times 60\% \times 1.58}{100.46} = 9.43$$

$$Cm_1V_1 = Cm_2V_2 \rightarrow 50 \Rightarrow V_1 = \frac{1 \times 50}{9.43} = 5.3cc$$

$$Mw \text{ NaClO}_4 = 140.46 \text{ gr}$$

ج) محاسبه ی مقدار سدیم پر کلرات

(۷)

$$? g \text{ NaClO}_4 = 1\text{mol} \times \frac{140.46\text{gr}}{1\text{mol}} \times \frac{50}{1000} = 7.023\text{gr}$$

در هنگام محلول سازی به دلیل حساسیت آزمایش باید دقت شود که تمامی ظروف کاملاً خشک باشد. برای تهیه ی

محلول ۱ اسید دریک بالن جداگانه طبق محاسبات 5cc از محلول غلیظ ۱ اسید را به حجم می ر سانیم و از این محلول

برای تمامی مراحل استفاده می کنیم نه از اسید غلیظ!

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

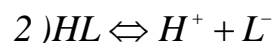
برای انجام کار در طول موج های مناسب (۲۰۰-۳۰۰) ، ابتدا 45cc از محلول شماره ۱ را بر می داریم و در یک بشر می ریزیم و بشر را در داخل ترموستات در دمای ۲۵ درجه قرار داده و دستگاه PH متر را طوری سوار می کنیم که بشر در حمام آب قرار گیرد. بدون آنکه تیترا کننده ای به آن اضافه کنیم PH و جذب محلول را اندازه می گیریم و سپس تیترا سیون را شروع می کنیم در ابتدا و انتهای آزمایش چون تغییرات pH خیلی کم است می توانیم چند سی سی اضافه کنیم اما در اواسط تیترا سیون که pH جزئی تغییر می کند. تیترا باید در حد یک یا دو قطره به محلول بشر اضافه شود تا نتایج دقیق باشد. تیترا سیون را تا هنگامی که pH به ۱۱ برسد ادامه می دهیم. و در هر مرحله که pH را خواندیم به وسیله ی سمپلر کمی از محلول را از بشر برداشته و وارد سل کرده و جذب آنرا قرائت می کنیم. آزمایش را در دمای ۲۵ °C و در حجم های مختلف تکرار کرده و هر بار که pH را خواندیم در طول موج های ۲۰۰ nm تا ۳۰۰ nm گزارش می کنیم.

نکته ای که باید حتماً رعایت شود این است که سل حتماً باید از جنس کوارتز باشد.

### محاسبات

در ابتدای تیترا سیون پروتونه کمتر آزاد می شوند اما با ادامه ی عمل تیترا سیون مراحل آزاد شدن پروتون ها به صورت زیر است:

(۸)



گالیک اسید یک باز آلی دو پروتونی ست در حلالهای آب و متانول و در محیط اسیدی بصورت HL در می آید در دامه ی عمل تیترا سیون پروتون زدایی از گالیک اسید شروع می شود. البته روابط نوشته شده در پایین برای مواردی صدق می کند که هر دو PK آن ها قابل اندازه گیری باشد در حالی که PK2 گالیک اسید حدود ۱۱۲ ست و قابل اندازه گیری نیست تنها رابطه ی  $HL \Leftrightarrow H^+ + L^-$  برای گالیک اسید صدق می کند. خلاصه ای از نتایج آزمایش:

با توجه به PK های به دست آمده ملاحظه می شود که:

(۱) با افزایش دما مقدار pK به تدریج کاهش می یابد و سیر نزولی دارد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۲) با افزایش دما شدت پروتونه شدن گالیک اسید کاهش می یابد.

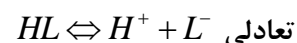
۳) دما عاملی است که تأثیر مستقیم بر مقادیر ثابت تعادل دارد.

۴) در برهم کنش های تعادلی زیست شناختی دما بعنوان عامل تأثیرگذار نقش مهمی در پیشرفت واکنش دارد.

جدول ۱. مقادیر  $pK$  های بدست آمده در دماهای مختلف

T	T	pK
25	298.15	3.9
30	303.15	3.717
35	308.15	3.607
40	313.15	3.522
45	318.15	3.468

طبق معادلات بدست آمده تغییرات آنتالپی ( $\Delta H$ ) در این واکنش منفی است بنابر این نتیجه می گیریم که واکنش  
گرمزاست و چون در واکنش های گرمازا افزایش دما به نفع تولید مواد اولیه است نتیجه می گیریم که در واکنش



مقدار پروتون های موجود در محلول با افزایش دما کم می شود.

نتیجه گیری

۱. ثابت اتوپروتولیز آب در قدرتهای یونی (۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷) تعیین شد.

جدول ۲. ثابت اتولیز در قدرتهای یونی

قدرتهای یونی	$pK_w$
۰/۱	۱۳/۵۹
۰/۳	۱۳/۵
۰/۵	۱۳/۴۵
۰/۷	۱۳/۵۴



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۲. اثر قدرت یونی بر ثابت اتوپروتولیز آب مورد بررسی قرار گرفت. بررسی های ما نشان داد که منحنی تغییرات

$\log k$  بر حسب  $\sqrt{I}$  از معادله ای شبیه معادله ی دبای – هوکل تحت عنوان معادله ی دانیل تبعیت می کند. همچنین

مقادیر پارامترهای معادله دانیل به روش پردازش رایانه ای محاسبه شده است. با استفاده از این پارامترها می توان  $K_w$

را در قدرت های یونی مختلف محاسبه نمود، از طرف دیگر با استفاده از این پارامترها می توان اثر برهم کنشهای ویژه

را نیز بررسی کرد.  $\sqrt{I}$

(۹) معادله دانیل

$$\log(I) = \log \hat{K}(I) - Z^* \left[ \frac{0.51I^{1/2}}{1+1.5I^{1/2}} - \frac{0.51I^{1/2}}{1+1.5I^{1/2}} \right] + C(I - \hat{I}) + D(I^{1.5} - \hat{I}^{1.5})$$

D و C ثابت های تجربی هستند. محدوده قدرت یونی وابسته به این ثابتها می باشد و هر چقدر قدرت یونی افزایش

پیدا می کند تعداد این ثابت ها افزایش پیدا می کند.

ثابت های دانیل و منحنی های مربوط در صفحات بعدی آورده شده است که در آن  $Z^* = \sum UZ_i^2$  می باشد.  $\hat{I}$

قدرت یونی دلخواه مرجع می باشد.

تجربه نشان می دهد که قدرت یونی ۰/۱ مولار بر حسب سدیم کلرید مرجع مناسبی برای بیان تغییرات ثابت های

تعادل بر حسب قدرت یونی می باشد. برای تعیین پارامترهای C و D در معادله ی دانیل تابع خطای زیر را تشکیل می

دهیم.

(۱۰)

$$\text{Error} = \sum_I (\text{Log}K(I)_{\text{EXP},I} - \text{Log}K(I)_{\text{calc},I})^2$$

سپس به وسیله ی نرم افزار مناسبی نظیر Excel تابع خطا را نسبت به پارامترهای معادله دانیل مینیمم می کنیم.

اغلب نرم افزارها برای مینیمم کردن تابع خطا از روش مشتقات عددی استفاده می کنند و نحوه ی کلی عملکرد

آنها به این صورت است که از گرادیان خطا استفاده می کنند.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



می دانیم گرادیان هر تابعی جهت افزایش ماکزیمم آن تابع را نشان می دهد بنابراین اگر در جهت گرادیان یک تابع

متغیرهای آن را تغییر دهیم مقدار آن تابع کاهش خواهد یافت.

گرادیان هر تابعی به وسیله ی رابطه ی زیر تعیین می شود.

(11)

$$\nabla f = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right] \hat{X}_i$$

و مشتق تابع نیز به روش عددی محاسبه می شود. از طرف دیگر می دانیم که تابع خطا مجموع توان دوم تعدادی

عدد است بنابراین کمترین مقداری که اختیار می کند برابر با صفر می تواند باشد. سپس با تغییر مقدار پارامترها به

تدریج از مقدار تابع کاسته می شود. در اغلب موارد به علت خطاهای تجربی هرگز نمی توان مقدار تابع خطا را صفر

کرد.

چون برای محاسبه ی مینیمم تابع خطا از روش های عددی استفاده می شود. هرگز نمی توان مقدار دقیق مینیمم

تابع ( مینیمم ریاضی) را محاسبه کرد. بنابراین باید به مقداری رضایت داد.

این مقدار با همگرایی (Convergence) و تعداد ارقام اعشار در محاسبات تعیین می شود. بنابراین برای افزایش

دقت محاسبات (به خصوص در محاسبات ثابت های تعادل) لازم است که تعداد ارقام اعشار را افزایش داد و همین طور

همگرایی را تا حد دلخواهی کاهش داد برای این منظور می توان از Help نرم افزار استفاده کرد.

همانطور که گفته شد برای محاسبه ی ثابت اتوپروتولیز آب از نرم افزار Excel ۲۰۰۳ و پردازش رایانه ای استفاده

نمودیم. معیار، برای پذیرش مدل صحیح:

الف) انطباق کامل منحنی تئوری و تجربی بر روی هم می باشد یعنی انطباق کامل logk تئوری و تجربی بر روی

همدیگر می باشد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

(ب) همچنین معیارها برای پذیرفتن مدل صحیح مثبت بودن مقادیر  $K_w$  و نزدیک بودن منطقی مقادیر ثابت های اتوپروتولیز آب در قدرت های یونی مختلف می باشد.

(ج) نموداری که منحنی تغییرات  $\log k$  بر حسب  $\sqrt{I}$  می باشد از خود یک مینیمم نشان می دهد.

جدول ۳. نتایج مربوط به ضرایب دانیل برای ثابت اتوپروتولیز آب

C	D	Z*
-0.87	1.12	2

### منابع

- [1] ادریسی، محمد، اسپکتروسکوپی تجزیه ای، جلد اول، چاپ بهرام-نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر ۱۳۷۱
- [2] هیات مولفان، کتاب شیمی، جلد اول، چاپ پارسا-انتشارات موسسه علمی دانش پژوهان ۱۳۸۲
- [3]-Skoog, Douglas, Arvid /principles of instrumental analysis,1918
- [4]-Donald L.Pavia and Garym Lampman" Introduction To Spectroscopy ,2<sup>th</sup> ed,1996.
- [5]-Robert M.silverstein and claylon G.Bassler and Terence C.Morrill ",Spectrometric identification of organic compounds",1979
- [6]-[http://www.chemblink.com/products/46.Guanosine-5-monophosphat disodium salt](http://www.chemblink.com/products/46.Guanosine-5-monophosphat%20disodium%20salt).



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

### بررسی نحوه ی عملکرد دستگاه جاروب-Z

فاطمه ارشادی<sup>۱\*</sup>، صغری میرارشادی<sup>۲</sup>، فرهاد ستاری<sup>۱</sup>

۱- گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل- Email:fatemehershadi733@gmail.com

۲- گروه علوم مهندسی، دانشکده فناوری های نوین، دانشگاه محقق اردبیلی، نمین

#### چکیده

اپتیک علمی قدیمی است که کشورهای صنعتی روی این علم کار می کنند. اخیرا انواع حسگرها (حرکتی، حساس به گاز، حساس به شعله و...) چه در خودروها و چه در منازل و در جامعه برای یافتن آلاینده ها، از لیزرها برای نمایشگرهای لیزری، خطوط انتقال مخابراتی، دیودهای نوری و چراغ های ال ای دی همه از علم اپتیک منشا می گیرند. وسعت این علم امروزه در زندگیمان به قدری زیاد است که گریز ناپذیر به نظر می رسد. با توجه به اهمیت بکارگیری سلول های خورشیدی، دیودهای نورگسیل و ادوات اپتوالکترونیکی در زندگی روزمره، مطالعه بر روی خواص الکترونیکی و اپتیکی ضروری به نظر می رسد. برای بررسی خواص اپتیکی غیرخطی ساختار سه بعدی و دوبعدی روش جاروب-Z تو سط لیزر بکار گرفته می شود. این خواص شامل ضریب جذب غیرخطی، ضریب شکست غیرخطی و پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم می باشد که به کمک نمودارهای آزمایش جاروب-Z محاسبه می شود. تجهیزات z-scan در آزمایشگاه دانشگاه محقق اردبیلی وجود دارد و در این مقاله به اهمیت و نحوه کار این دستگاه می پردازد.

کلمات کلیدی: جاروب-Z، ضریب شکست خطی و غیرخطی.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



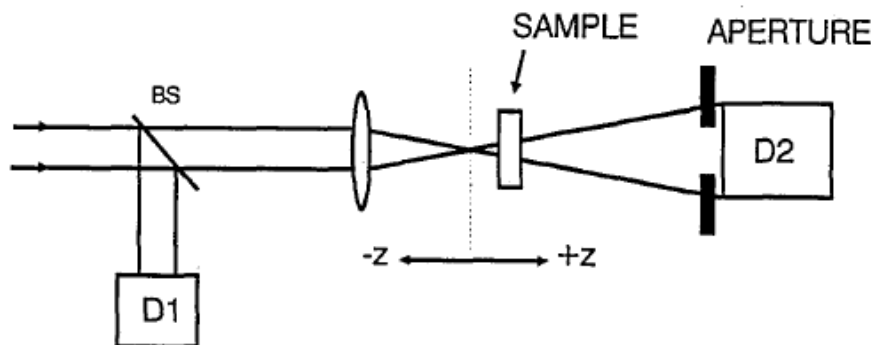
### مقدمه

روش های بسیاری برای اندازه گیری انکسار غیر خطی در مواد وجود دارد. تداخل سنجی غیر خطی، اختلال چهار موج مختلط، اختلاط سه موج تبهگن، چرخش بیضی و اندازه گیری اعوجاج پرتو از جمله این تکنیک ها است. سه روش اول به طور بالقوه تکنیک حساس هستند اما به یک دستگاه آزمایشی تجربی پیچیده نیاز دارند. از طرف دیگر، اندازه گیری اعوجاج پرتو، به اسکن های دقیق پرتو نیاز دارد. با این حال، بر مبنای اصول اعوجاج پرتو فضایی، یک تکنیک تک پرتو برای تعیین علامت و اندازه گیری ضریب شکست غیر خطی وجود دارد که سادگی و همچنین حساسیت بالایی را ارائه می دهد. تکنیکی وجود دارد که مبتنی بر تغییر اعوجاج فاز تا اعوجاج دامنه در طول انتشار پرتو است که به روش جاروب-Z معروف است [1].

در مورد نمونه هایی که هم دارای ضریب شکست غیر خطی و هم دارای ضریب جذب غیر خطی قابل توجهی هستند، مثلا در نیمه رساناهای جاذب دو فوتونی، این دو پدیده بصورت جداگانه می توانند با چیدمان جاروب-Z مستقل، اندازه گیری شوند. در روش جاروب-Z با بکارگیری یک لیزر با پرتو خروجی گاوسی، با استفاده از روش روزنه بسته، می توان توان تراگسیلی یک نمونه غیر خطی را اندازه گیری کرد.

### ۶۸- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

در مورد نمونه هایی که هم دارای ضریب شکست غیر خطی و هم دارای ضریب جذب غیر خطی قابل توجهی هستند، مثلا در نیمه رساناهای جاذب دو فوتونی، این دو پدیده بصورت جداگانه می توانند با چیدمان جاروب-Z مستقل، اندازه گیری شوند. در روش جاروب-Z با بکارگیری یک لیزر با پرتو خروجی گاوسی، با استفاده از روش روزنه بسته، می توان توان تراگسیلی یک نمونه غیر خطی را اندازه گیری کرد. بصورت شماتیک در شکل (۱) آورده شده است.



شکل ۱- تصویر شماتیک از چیدمان روش جاروب-Z

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



برای مثال به طور کیفی چگونگی عملکرد جاروب-Z را که مربوط به شکست غیرخطی نمونه است، توضیح می دهیم. یک ماده نازک یعنی با ضخامت بسیار کمتر از عمق پرتو کانونی و با  $n_2 < 0$  (ضریب شکست منفی) در نظر می گیریم [۱].

Z مکان نمونه نسبت به صفحه عدسی می باشد و شروع جاروب از Z منفی که در فاصله دور از کانون است آغاز می شود، ابتدا یک پرتو باریک از لیزر با عبور از عدسی همگرا به سمت ماده با ضریب شکست منفی فرستاده می شود. آشکار ساز  $D_2$  میزان شدت نور عبوری از محیط غیرخطی و در پشت یک روزنه را اندازه گیری می کند و شدت لیزر فرودی توسط آشکار ساز  $D_1$  ثبت می شود. در ابتدا درخشندگی پرتو بسیار کم و شکست غیرخطی بصورت جزئی اتفاق می افتد. از این رو میزان تراگسیلندگی که بصورت  $D_2/D_1$  است تقریباً ثابت می ماند. درخشندگی پرتو با نزدیکی به کانون بیشتر می شود و باعث ایجاد خودکانونگی می شود.

یک خود کانونگی منفی قبل از کانون که تمایل به جمع کردن پرتو دارد، منجر به ایجاد پرتو کم پهنا در روزنه می شود که باعث افزایش در میزان تراگسیلندگی می شود. جاروب-Z ادامه می یابد و نمونه از صفحه کانونی به سمت (مثبت Z) منتقل می شود. واگرایی پرتو، منجر به گسترش پرتو در روزنه، و در نتیجه باعث کاهش میزان تراگسیلندگی از روزنه می شود. و جاروب-Z به این صورت کامل می شود که وقتی نمونه از کانون عبور می کند توان تراگسیلندگی خطی شده و در نتیجه تابندگی (درخشندگی پرتو) مجدداً کاهش می یابد [۱].

در روش جاروب-Z از روش روزنه باز برای بدست آوردن ضریب جذب غیرخطی و از روش روزنه بسته برای بدست آوردن ضریب شکست غیرخطی استفاده می شود. هرگاه یک دره (مینیمم تراگسیلندگی) بعد از کانون و همینطور یک قله (ماکزیمم تراگسیلندگی) قبل از کانون مشاهده شود، بیانگر یک شکست غیرخطی منفی و برعکس هرگاه قبل از کانون یک دره و بعد از کانون یک قله دیده شود نشان دهنده ی شکست غیرخطی مثبت است. این هم از محاسبات بسیار مفید روش جاروب-Z است که می تواند علامت شکست غیرخطی را نیز مشخص کند، شکل (۲).

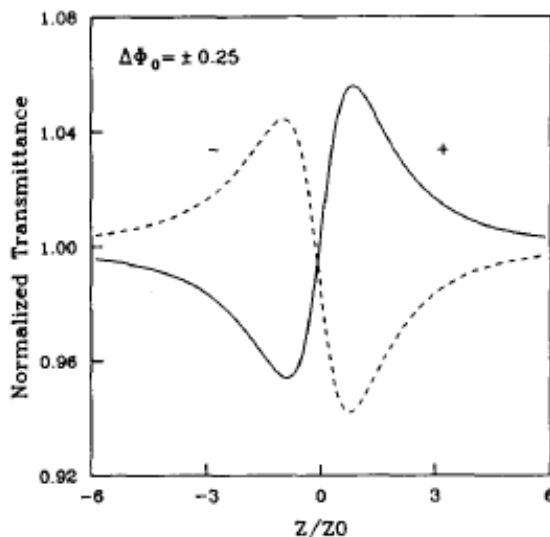


# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۲- نمودار تراگسیلندگی در حالت روزنه باز [۱].

شکست غیرخطی به وجود روزنه وابسته است و عدم وجود روزنه باعث حذف این تاثیر می شود. در اینصورت روش جاروب-Z به جذب غیرخطی حساس، و ضریب جذب غیرخطی از آزمایش های روزنه باز حاصل می شود [۲]. بطور کلی جذب اشباع، دره را خنثی می کند و قله را تقویت می کند و جذب چند فوتونی تاثیر معکوس دارد. بنابراین می توان جمع بندی کرد که، اگر روزنه باز با شد و پدیده جذب ایجاد شود، زمانی که قله ظاهر شده در نمودار بارزتر باشد، یعنی به طور همزمان پدیده جذب اشباع و پدیده شکست غیرخطی رخ داده است و در صورتیکه که دره بر قله غالب باشد بیانگر آن است که پدیده شکست غیرخطی به همراه پدیده جذب دو فوتونی یا چند فوتونی اتفاق افتاده است.

### ۶۹- فرمول بندی روش جاروب-Z

فرمول بندی روش جاروب-Z توسط شیخ بهایی و همکارانش در سال ۱۹۸۹ به این ترتیب بدست آمده است [۱]. برای بدست آوردن غیرخطیت مرتبه سوم، باید ضریب شکست کل را بر حسب ضریب شکست خطی و غیرخطی که از رابطه ی (۱) بدست می آید، بنویسیم:

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

$$n = n_0 + \frac{n_2}{2} / E \beta = n_0 + n_2 I = n_0 + \Delta n$$

(۱)

در این رابطه I شدت تابش نور لیزر،  $n_0$  ضریب شکست خطی، E میدان الکتریکی بیشینه،  $\Delta n$  تغییرات ضریب شکست و  $n_2$  ضریب شکست غیر خطی می باشد. رابطه ی میدان الکتریکی برای یک پرتو گاوسی که در جهت +Z حرکت می کند به صورت رابطه (۲) است.

$$E(z, r, t) = E_0(t) \frac{\omega_0}{\omega(z)} \exp\left(-\frac{r^2}{\omega^2(z)} - \frac{ikr^2}{2R(z)}\right) e^{-i\phi(z,t)}$$

(۲)

در رابطه (۲)،  $\omega(z)$  شعاع پرتو و  $R(z)$  شعاع انحنای جبهه موج است و توسط روابط زیر بیان می شوند:

$$\omega^2(z) = \omega_0^2(1 + z^2/z_0^2) \quad (۳)$$

$$R(z) = z(1 + z_0^2/z^2) \quad (۴)$$

که در روابط فوق  $z_0 = \frac{k\omega_0^2}{2}$  بیانگر طول پراش پرتو و  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  نشان دهنده بردار موج لیزر است که در خلا در نظر گرفته شده است. چون ما فقط می خواهیم تغییرات فازی شعاعی  $\Delta\phi$  را بدست آوریم، تغییرات فازی که دارای r یکسان هستند نادیده گرفته می شود [۲].

اگر ضخامت نمونه خیلی کوچک باشد، به طوری که بتوان از تغییرات قطر پرتو درون نمونه به دلیل پدیده هایی مانند پراش و شکست غیر خطی صرف نظر کرد، پس محیط به عنوان محیط نازک در نظر گرفته می شود که برای محیط های خطی خواهیم داشت:  $L \ll z_0$ . اما برای شکست غیر خطی  $L \ll z_0 / \Delta\phi(0)$  در اکثر آزمایشات با استفاده از تکنیک جاروب Z-مشاهده می کنیم که شرط دوم بطور خودکار ظاهر می شود.

از طرفی مقدار  $\Delta\phi$  بسیار کوچک است، بنابراین می توان معیار اول برای محیط خطی در نظر گرفت. با چنین تقریبی مسئله بسیار ساده می شود. دامنه  $\sqrt{I}$  و فاز  $\phi$  میدان الکتریکی، به عنوان تابعی از Z که به کمک دو معادله ی (۵) و (۶) با تقریب بصورت زیر بهم مربوط می شوند.

$$\frac{d\phi}{dz'} = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n(I) \quad (۵)$$

$$\frac{dI}{dz'} = -\alpha(I)I \quad (۶)$$

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



$Z$  معرف نقطه ای در درون نمونه می باشد که متمایز از  $Z$  است.  $\alpha(I)$  مربوط به جملات جذب غیر خطی و خطی است. با در نظر گرفتن یک غیر خطیت مرتبه سوم و عدم وجود جذب غیر خطی، معادلات حل می شوند تا بتوان تغییر فاز  $\Delta\phi$  در سطح خروجی نمونه را بدست آورد. این تغییر فاز از تغییرات شعاعی پرتو در یک مکان مشخص  $Z$  پیروی می کند، پس:

$$\Delta\phi(z, r, t) = \Delta\phi_0(z, t) \exp\left(-\frac{2r^2}{\omega^2(z)}\right) \quad (7)$$

$$\Delta\phi_0(z, t) = \frac{\Delta\phi_0(t)}{1+z^2/z_0^2} \quad (8)$$

$\Delta\phi_0(t)$  تغییرات فاز روی محور در کانون است که به صورت زیر بیان شده است:

$$\Delta\phi_0(t) = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n_0(t) L_{eff} \quad (9)$$

$$L_{eff} = (1 - e^{-\alpha l})/\alpha$$

(10)

$l$  طول نمونه،  $\alpha$  ضریب جذب خطی و  $L_{eff}$  طول موثر نمونه است. از طرفی  $I_0(t)$  شدت پرتو در کانون ( $Z=0$ ) و  $\Delta n_0(t) = n_2 I_0(t)$  است. با صرف نظر کردن از شکست فرنل،  $I_0(t)$  شدت تابش در درون نمونه است.  $E_e$  که بیانگر میدان الکتریکی مختلط خارج شونده از نمونه است، دارای یک تغییر فاز القایی خواهد بود که بصورت رابطه (3-18) بیان می شود:

$$E_e(z, r, t) = E(z, r, t) e^{-\alpha l/2} e^{i\phi(z, r, t)} \quad (11)$$

با بکارگیری اصل هویگنس می توان با تبدیل هنکل مرتبه صفر،  $E_e$  میدان پرتو دور در محل روزنه را محاسبه کرد. به کمک روش ویبر که یک روش ساده برای تجزیه پرتوهای گاوسی است، می توانیم میدان الکتریکی مختلط در صفحه خروجی نمونه را به مجموعه ای از پرتوهای گاو سی تجزیه کنیم. با بکارگیری بسط سری تیلور جمله فاز غیر خطی  $e^{i\Delta\phi(z, r, t)}$  در رابطه ی (11) خواهیم داشت:



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

$$e^{i\phi(z,r,t)} = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{[i\Delta\phi_0(z,t)]^m}{m!} e^{-2mr^2/\omega^2(z)}$$

(۱۲)

پس بدین طریق پرتوهای گاوسی می توانند براحتی بسمت صفحه روزنه منتشر شوند. اگر دوباره همگرا شوند، میدان الکتریکی در مکان روزنه را ایجاد می کنند. با ظاهر شدن شعاع انحنای اولیه برای پرتوهای کانونی طرح میدان الکتریکی در مکان روزنه بصورت رابطه ی (۱۳) بیان خواهد شد:

$$E_a(r, t) = E(z, r = 0, t) e^{-\alpha l/2} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{[i\Delta\phi_0(z,t)]^m}{m!} \frac{\omega_{m0}}{\omega_m} \exp\left[-\frac{r^2}{\omega_m^2} - \frac{ikr^2}{2R_m} + i\theta_m\right]$$

(۱۳)

اگر فاصله انتشار در خلا از نمونه تا صفحه روزنه با  $d$  تعریف شود و  $g = 1 + \frac{d}{R(z)}$  پارامترهای موجود در رابطه (۱۳) بصورت زیر بیان می شود:

$$\omega_{m0}^2 = \frac{\omega^2(z)}{2m+1} \quad (۱۴)$$

$$d_m = \frac{k\omega_{m0}^2}{2} \quad (۱۵)$$

$$\omega_m^2 = \omega_{m0}^2 [g^2 + \frac{d^2}{d_m^2}] \quad (۱۶)$$

$$R_M = d \left[ 1 - \frac{g}{g^2 + d^2/d_m^2} \right]^{-1} \quad (۱۷)$$

$$\theta_m = \tan^{-1} \left[ \frac{d/d_m}{g} \right] \quad (۱۸)$$

با در نظر گرفتن انتگرال فضایی  $E_a(r, t)$  از مرکز تا شعاع روزنه  $r_a$  می توان توان تراگسیلی از روزنه را که با رابطه ی زیر داده می شود بدست آورد.

$$P_T(\Delta\phi_0(t)) = c\epsilon_0 n \int_0^{r_a} |E_a(r, t)|^2 r dr \quad (۱۹)$$

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



تراگسیلیدگی جاروب-Z بهنجار شده،  $T(z)$ ، را می توان با در نظر گرفتن تغییرات زمانی پالس، بصورت زیر بدست آورد.

$$T(z) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} P_T(\Delta\phi_0(t))dt}{S \int_{-\infty}^{\infty} P_i(t)dt} \quad (20)$$

که در آن  $P_i(t)$  بیانگر توان لحظه ورودی و  $S$ ، تراگسیلیدگی خطی روزنه است و از روابط زیر بدست می آید.

$$P_i(t) = \quad (21)$$

$$\frac{\pi\omega_0^2 I_0(t)}{2}$$

$$S = 1 - \exp(-2 r_a^2 / \omega_a^2) \quad (22)$$

که در آن، شعاع پرتو در محل روزنه با  $\omega_a$  مشخص می شود. برای  $|\Delta\phi_0|$  کوچک، فاصله قله و دره نسبت به کانون یکسان خواهد بود.

رابطه (۱۹) بیانگر توان لحظه ی ورودی و رابطه (۲۲) میزان تراگسیلیدگی خطی روزنه می باشد، که در این روابط  $\omega_a$  شعاع پرتو در مکان روزنه می باشد.

برای  $|\Delta\phi_0|$  کوچک، قله و دره نسبت به کانون در فاصله یکسانی خواهند بود. در تراگسیلیدگی جاروب-Z روی محور برای پاسخ غیر خطی مرتبه سوم و با فرض تغییرات فاز کوچک فاصله قله و دره باید تقریباً  $Z_0/16$  باشد. با قرار دادن  $r=0$  در رابطه (۱۳) می توان میدان الکتریکی روی محور در صفحه روزنه را بدست آورد. علاوه بر این در حد تغییرات فاز غیر خطی ناچیز ( $\Delta\phi_0 \ll 1$ )، دو جمله اول از حاصل جمع رابطه (۱۳) را می توان در نظر گرفت. بنابراین با استفاده از شرط میدان دور، تراگسیلیدگی بهنجار جاروب-Z را می توان به شکل زیر بیان کرد:

$$T(z, \Delta\phi_0) \approx 1 - \frac{4x}{(x^2+9)(x^2+1)} \Delta\phi_0 \quad (23)$$

که در رابطه فوق  $x = \frac{z}{z_0}$  است. از حل معادله  $\frac{dT(z, \Delta\phi_0)}{dz} = 0$  می توان اکستریم های تراگسیل در جاروب-Z (قله و دره) را محاسبه نمود، با حل این معادله خواهیم داشت:

$$x = \pm \sqrt{\frac{-5 + \sqrt{52}}{3}} \approx \pm 0.858 \quad (24)$$

پس اختلاف دره و قله را می توان به شکل زیر نوشت:

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

(۲۵)

$$\Delta Z_{p-v} \approx 1.7Z_0$$

حال با تعریف  $\Delta T_{p-v}$  به صورت تفاضل تراگسیلیدگی بهنجار قله و دره و جاگذاری مقدار از (۲۴) در (۲۵) تغییر تراگسیلیدگی قله-دره برابر خواهد بود با:

$$\Delta T_{p-v} = \frac{8|x_{p,v}|}{(x_{p,v}^2+9)(x_{p,v}^2+1)} \Delta \phi_0 = \quad (26)$$

$$0.406 \Delta \phi_0$$

با یک برازش عددی برای  $\Delta \phi_0 \leq \pi$  که توسط شیخ بهایی و همکارانش انجام شد، رابطه زیر را می توان با خطای  $\pm 2\%$  برای S های مختلف بکار برد.

$$\Delta T_{p-v} = 0.406(1-S)^{0.27} |\Delta \phi_0| \quad (27)$$

انتظار داریم که منحنی تراگسیلیدگی نسبت به کانون در حالت روزنه باز متقارن باشد. پدیده جذب دوفوتونی با مشاهده یک کمینه در تراگسیلیدگی همراه خواهد بود. زیرا با افزایش شدت نور لیزر ضریب جذب  $\alpha$  افزایش می یابد. مشاهده یک پیشینه در منحنی تراگسیلیدگی، دلیلی بر پدیده جذب اشباع است. در این صورت با افزایش شدت نور لیزر ضریب جذب  $\alpha$  کاهش می یابد. لازم به ذکر است که ثابت ماندن ضریب جذب  $\alpha$  در حالت جذب خطی اتفاق می افتد و در منحنی تراگسیلیدگی هیچ تغییری مشاهده نمی شود. بنابراین می توان با استفاده از منحنی های تراگسیلیدگی، ضرایب جذب غیرخطی را محاسبه نمود.

در این صورت پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم، به صورت کمیت مختلط زیر بیان می شود.

$$\chi^{(3)} = \chi_R^{(3)} + i\chi_I^{(3)} \quad (28)$$

که ضریب جذب غیرخطی  $\beta$  از طریق رابطه زیر به قسمت موهومی پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم مربوط می-شود:

$$\chi_I^{(3)} = \frac{n_0^2 \epsilon_0 C^2}{\omega} \beta \quad (29)$$

ضریب شکست غیرخطی ( $n_2$ ) نیز به قسمت حقیقی پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم از طریق رابطه زیر مربوط می شود.

$$\chi_R^{(3)} = 2n_0^2 \epsilon_0 c n_2 \quad (30)$$

می توان توزیع تابندگی و جابجایی فاز پرتو را در محل صفحه خروجی نمونه با جاگذاری رابطه  $\alpha(I) = \alpha_0 + \beta I$  در روابط (۴) و (۳) به صورت زیر بدست آورد:

$$I_e(z, r, t) = \frac{I(z, r, t) e^{-\alpha L}}{1 + q(z, r, t)} \quad (31)$$

$$\Delta \phi(z, r, t) = \frac{2\pi n_2}{\lambda \beta} \text{Ln}[1 + q(z, r, t)] \quad (32)$$



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



که در آن  $q(z, r, t)$  با رابطه زیر بیان می شود.

$$q(z, r, t) = \beta I(z, r, t) L_{eff} \quad (33)$$

در نتیجه تراگسیلیدگی بهنجار انرژی را می توان بر حسب تابندگی بیشینه پرتو لیزر با رابطه زیر بیان کرد:

$$T(z, s = 1) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{[-q_0(z, t)]^m}{(m+1)^{3/2}} \quad (34)$$

که در این رابطه  $q_0(z, t)$  به صورت زیر می باشد:

$$q_0(z, t) = \frac{\beta I_0 L_{eff}}{(1+z^2/z_0^2)} \quad (35)$$

بنابراین ضریب جذب غیرخطی  $\beta$  را می توان با جاروب  $Z$ - با روزنه باز، بدست آورد. همچنین می توان پارامتر  $n_2$  را با استفاده از یک جاروب با روزنه بسته ارزیابی کرد. پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم شامل یک قسمت حقیقی و یک قسمت موهومی است که قسمت حقیقی آن متناسب با ضریب شکست غیرخطی  $n_2$  است و نیز قسمت موهومی آن متناسب با ضریب جذب غیرخطی  $\beta$  است. بنابراین پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم را می توان با بدست آوردن ضریب شکست غیرخطی و ضریب جذب غیر خطی، طبق روابط زیر بدست آورد.

$$\chi^{(3)} = \chi_R^{(3)} + i\chi_I^{(3)} \quad (36)$$

$$\text{Re } \chi^3(\text{esu}) = (10^{-4} \epsilon_0 c^2 n_0^2 / \pi) n_2 (\text{cm}^2 / \text{W}) \quad (37)$$

$$\text{Im } \chi^3(\text{esu}) = (10^{-2} \epsilon_0 c^2 n_0^2 \lambda / 4\pi^2) \beta (\text{cm} / \text{W}) \quad (38)$$

$c$  سرعت نور در خلا و  $\epsilon_0$  ضریب گذردهی الکتریکی خلا است. با محاسبه نمودن پذیرفتاری مرتبه سوم، می توان مقدار فراقطبش پذیری مرتبه دوم  $\gamma$  (قطبش پذیری به ازای هر مولکول) را طبق رابطه (۳۹) تعیین کرد:

$$\gamma = \frac{\chi^{(3)}}{NL^4} \quad (39)$$

که در این رابطه  $L$  ضریب تصحیح میدان مو ضعی و  $N$  تعداد مولکول ها به ازای واحد حجم است که از رابطه زیر بدست می آید:

$$L = \frac{n_0^2 + 2}{3} \quad (40)$$

۷۰- چیدمان تجربی روش جاروب  $Z$ -

چیدمان تجربی این روش شامل موارد زیر است که در شکل (۳) آمده است:

۱- سیستم کنترل و جابه جا کننده

۲- عدسی محدب

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۳- نگهدارنده سل نمونه

۴- جابه جا گر خطی موتوردار یک بعدی با طول پیمایش ۲۰ سانتی متر

۵- روزنه

۶- اشکار

قابل

کامپیوتر

۷- پاور

سنج

۸- چشمه

همراه

قابل تنظیم

۹- تقویت

۱۰- مبدل

دیجیتال

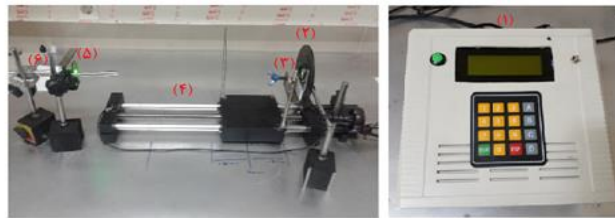
ساز فوتونی  
اتصال به

متر (توان

نور لیزر به  
نگهدارنده

کننده

به  
آنالوگ



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

#### شکل ۳- تصویر چیدمان تجربی بکار رفته در روش جاروب-Z

با توجه به شکل (۳) چیدمان کاملا مشخص است، در ابتدای کار لیزر را روشن می کنیم بعد نمونه آماده شده را روی پایه نگهدارنده نمونه قرار می دهیم. این پایه نگهدارنده به ریل جابجاگر متحرک متصل است و با وارد کردن دستور بر روی سیستم کنترل، نمونه روی پایه بر روی ریل در مقابل عدسی حرکت داده می شود. فاصله کانونی عدسی همگرا بکار رفته در این مقاله ۱۰ سانتی متر است. یک آشکار ساز ۱ ستوانه ای در مقابل نمونه متحرک قرار دارد و نور لیزر پس از عبور از عدسی و نمونه به این آشکار ساز می تابد. در حالت روزنه بسته روزنه ای به قطر ۲ میلی متر مقابل آشکار ساز قرار می گیرد.

در کارهای پژوهشی انجام شده در گروه، از این روش برای تعیین خواص اپتیکی غیرخطی ساختارهای مختلف استفاده شده است. به طوری که لیزر پیوسته سبز رنگ با طول موج ۵۳۲ نانومتر با توان ۱۰۰ میلی وات بکار گرفته شده است. قطر پرتو خروجی لیزر در حدود ۱ میلی متر بود و پرتوهای این لیزر از نوع پرتو گاوسی با مد TEM<sub>00</sub> بود و نتایج حاصل در مجلات معتبر منتشر شده است [۳-۵].

#### منابع

- [۱] M Sheik-Bahae, A. Said, E. W. Van Stryland (1989) High-sensitivity, single-beam n<sub>2</sub> measurements, *Optics letters*, 14, 955.
- [۲] M. Sheik-Bahae, A. Said, T. H. Wei, D. J. Hagan, E. W. Van Stryland (1990) Sensitive measurement of optical nonlinearities using a single beam, *IEEE journal of quantum electronics*, 26, 760.
- [۳] F. Ershadi, S. Mirershadi, F. Sattari, & S. Mirzaee (2021) Study of structural, optical and magnetic properties of 3D and quasi-2D iron-based lead-free perovskites, *Applied Physics A*, 127(10), 1-11.
- [۴] فاطمه ارشادی، صغری میرارشادی، فرهاد ستاری، شراره میرزایی، (۱۳۹۸) بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک و دوازدهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
- [۵] فاطمه ارشادی، صغری میرارشادی، فرهاد ستاری، (۱۳۹۹) بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک و سیزدهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران، دانشگاه سیستان بلوچستان، زاهدان، ایران.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## انواع دستگاه ها، تجهیزات و آزمون های مورد استفاده برای آمیزه پلیمری در صنعت

### لاستیک

الهام آقاغفاری<sup>۱\*</sup>، سلمان امام جمعه زاده<sup>۲</sup>

۱- رئیس آزمایشگاه (مجتمع صنعتی آرتاویل تایر)

۲- مشاورمدیر عامل در امور تکنولوژی (مجتمع صنعتی آرتاویل تایر)

[aghaghaffari@uma.ac.ir](mailto:aghaghaffari@uma.ac.ir)

### چکیده

با توجه به گستردگی زیادی که تجهیزات آزمایشگاهی دارند و بنا به کاربرد گسترده آمیزه لاستیک آشنایی با تجهیزات آزمایشگاهی مورد نیاز برای بررسی وضعیت آمیزه لاستیکی بسیار مهم است. زیرا گاهی خرید یک وسیله اشتباه می تواند کارهای آزمایشگاهی را با دردسر روبرو کند و عقب بیاندازد. به همین دلیل در این پژوهش انواع دستگاه ها و آزمون های مهم برای بررسی آمیزه لاستیکی همانند آزمون های میزان پخت، گرانروی، اندازه گیری توزیع ذرات، مقاومت کششی و پارگی، مقاومت در برابر اوزون، مقاومت سایش، سختی، مقاومت خستگی، فلکسومتری، جهندگی، تعیین چگالی آمیزه لاستیکی، مانایی فشار و چسبندگی مورد بررسی قرار گرفت.

کلمات کلیدی: تجهیزات آزمایشگاهی، آمیزه پلیمری، لاستیک

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

### مقدمه

تجهیزات آزمایشگاهی مجموعه ای از ابزار و وسایل آزمایشگاهی هستند که برای دانشجویان، محققان، دانشمندان و صنعتگران ساخته شده اند. این تجهیزات بسته به نوع هر آزمایشگاهی فرق دارند. به عنوان مثال بعضی از وسایل برای آزمایشگاه شیمی لازم است، در حالی که استفاده از آن ها برای آزمایشگاه میکروبی شناسی ضرورتی ندارد. دستگاه های اندازه گیری با کیفیت های بسیار بالا و لوازم تحقیقاتی برای پیشبرد علم و فناوری طراحی شده اند و به طور کلی توانسته اند در بهبود زندگی بشر، تولید محصولات با کیفیت مطابق با استاندارد و جلوگیری از خسارت های زیان بار به خوبی عمل کنند.

آمیژه های لاستیکی کاربرد گسترده ای در صنایع مختلف و مخصوصا در صنعت تایر دارند [1]. آمیژه های لاستیکی مورد استفاده در تایر مجموعه ای از اجزای متفاوت همانند کائوچوها، پرکننده ها، تقویت کننده ها، فعال کننده ها، شتاب دهنده ها، آنتی اکسیدان ها و عوامل پخت می باشد که هر یک اثر ویژه ای را در آن دارند [2]. بررسی نحوه اثر این ماده بر خواص ویسکوالاستیک و پخت آمیژه های لاستیکی نتایج مفیدی در بردارد. لذا آشنایی با انواع آزمون ها و دستگاه های مورد استفاده برای تست آمیژه لاستیک امری ضروری می باشد؛ زیرا ضمن آشنایی با عملکرد دستگاه ها، برای بررسی خواص محصول مورد نظر آزمون، دستگاه مناسبی انتخاب و در نتیجه باعث صرفه جویی در مواد، نیرو و هزینه شود.

برای لاستیک خام و محصولات لاستیکی را می توان در سه گروه مجزا به شرح زیر طبقه بندی کرد:  
آزمون های رایج

۱) آزمون های کنترلی که جهت تعیین خواص مواد اولیه، افزودنی های فرایند و محصولات نهایی و اطمینان از یکنواختی آن ها به کار می آیند. ۲) آزمون های تعیین مشخصات: با انجام این آزمون ها، از تطابق آن ها با مشخصات درخواستی مشتری اطمینان حاصل می شود. ۳) آزمون های تحقیق و توسعه به منظور فهم بهتر فرایندهای فیزیکی و شیمیایی لاستیک، مثل ولکانش، پیرشدگی و کارکرد مورد استفاده قرار می گیرند. براین اساس در ادامه آزمون های مهم برای بررسی خواص آمیژه لاستیکی ارائه می گردد.

۷۱- آزمون های لاستیک

۲-۱- آزمون های میزان پخت<sup>۱</sup>

۲-۱-۱- روش های کششی

به طور سنتی، پخت بهینه با اندازه گیری استحکام کششی، مدول و افزایش طول نهایی بر آورده می شود. روش های استاندارد انجام این آزمون ها در ASTM D412 آورده شده است. در شکل ۱ نمونه ای از دستگاه کشش به منظور بررسی پخت آمیژه لاستیکی نشان داده شده است.

<sup>1</sup> State of cure

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱: تصویر نمونه ای از دستگاه مدولاسیون برای بررسی میزان کشش و پخت آمیزه لاستیکی

۲-۱-۲- استفاده از پخت سنج ها

برای بررسی ویژگی های پخت آمیزه از پخت سنج رئومتر<sup>۱</sup> استفاده می شود. سه نوع رئومتر: دیسک نوسانی (ODR)، بدون روتور (MDR) و برشی بدون روتور موجود می باشند. اما پرکاربردترین پخت سنج رئومتر با دیسک نوسانی (ASTM D 5289) می باشد. این دستگاه اطلاعاتی چون حداقل گشتاور ((ML، حداکثر گشتاور (MH)، زمان برشتگی (ts2)، و زمان پخت ۹۰٪ ارائه می دهد [۳-۴]. در شکل ۲ تصویر نمونه ای از دستگاه رئومتر صفحه چرخان و بدون روتور قابل مشاهده می باشد.



شکل ۲: دستگاه رئومتر الف) با صفحه چرخان و ب) بدون روتور

<sup>1</sup> Rheometer



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

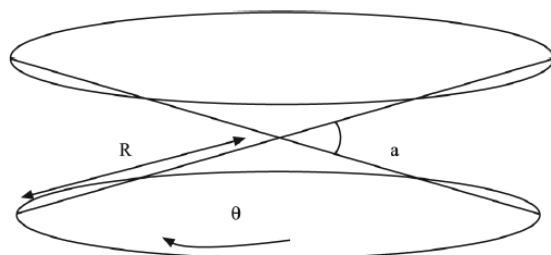
با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



### ۲-۱-۳- رفتار ویسکوالاستیک و پخت نمونه با استفاده از دستگاه تحلیل فرایند لاستیک (RPA)

دستگاه تحلیل فرایند لاستیک نوعی رئومتر دو مخروطی است که به طور خاص به منظور بررسی خواص الاستومرهای خام و آمیزه های آنها طراحی شده است. خواص رئولوژیک لاستیک خام و آمیزه های آن و مشخصات پخت آمیزها به وسیله RPA قابل مطالعه است. در واقع رفتار ویسکوالاستیک الاستومرها و نحوه پخت آمیزه ها با بررسی عواملی مانند مدول کشسان و اتلاف قابل بررسی است. این عوامل در آزمایش دینامیک با اندازه گیری عکس العمل نمونه در برابر تغییر شکل تناوبی با دامنه و بسامد مشخص به وسیله دستگاه تحلیل فرایند لاستیک اندازه گیری می شود. هندسه دو مخروطی محفظه دستگاه در شکل ۳ به طور طرح وار نشان داده شده است. مخروط پایین با زاویه چرخشی  $\theta$  می چرخد و کرنش برشی معادل  $\gamma = \theta/\alpha$  ایجاد می کند. دستگاه اندازه گیری گشتاور در مخروط بالایی تعبیه شده که گشتاور حاصل در نمونه را اندازه گیری می کند. در حالت دینامیک دستگاه RPA، کرنش برشی و سرعت برش به ترتیب با معادله های ۱ و ۲ بدست می آید:



شکل ۳: هندسه دو مخروطی محفظه دستگاه RPA.

$$\gamma(t) = \gamma_0 \sin(\omega t) \quad (1)$$

$$\dot{\gamma}(\omega t) = \gamma_0 \omega \cos(\omega t) \quad (2)$$

در این معادله ها  $\gamma_0$  حداکثر دامنه کرنش و  $\omega$  بسامد آزمون است. عکس العمل ویسکوالاستیک ماده در برابر برش اعمال شده، به وسیله دستگاه اندازه گیری و ثبت می شود [۵].

### ۲-۲- گرانروی مونی<sup>۲</sup>

گرانروی مونی آمیزه لاستیکی از بهترین مشخصه هایی است که قابلیت فرایندپذیری آمیزه را نشان می دهد. گرانروی مونی مطابق با استاندارد ASTM D 1646 تعریف شده است. دستگاه اندازه گیری این مشخصه گرانروی سنج

<sup>1</sup> rubber process analyzer

<sup>2</sup> Mooney viscosity

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

مونی از نوع چرخشی با دوصفحه موازی است شکل ۴. در این روش نمونه تست بعد از یک دقیقه پیش گرم شدن تحت تنش توسط چرخش روتور قرار می گیرد و مونی آمیزه ها به صورت  $ML_{1+4}$  در دقیقه پنجم شروع تست از روی محور مونی قرائت می شود. علاوه بر این با استفاده از این دستگاه زمان برستگی یا اسکورچ و سرعت ولکانیزاسیون قابل محاسبه می باشد [۶].



شکل ۴: تصویری از دستگاه تست مونی ویسکوزیته

### ۳-۲- آزمایش مقاومت کشش و پارگی

هدف از انجام آزمایشات کششی ابدست آوردن مقادیر مقاومت کششی درصد ازدیاد طول<sup>۱</sup>، مدولوس های ۱۰۰٪، ۲۰۰٪ و ۳۰۰٪ می باشد. در این روش نمونه در پرس هیدرولیک پخت شده و به شکل دمبل برش داده می شود و تحت نیروی مشخصی تا هنگامی که پاره شود، کشیده می شود و در نتیجه میزان مقاومت کششی نمونه ثبت می شود. این تست در واقع مقدار نیرویی را که نمونه مطابق استانداردهای ISO 37, ASTM D412, BS 903, DIN 53504, NF T46-002 در مقابل تغییر طول مشخص از خود نشان می دهد را محاسبه و گزارش می کند [۷].

مقاومت پارگی به صورت نیروی لازم برای کشیدن نمونه لاستیکی تا نقطه پاره شدن آن، با استفاده از دستگاه کشش و تحت شرایط کنترل شده که در استاندارد ASTM D 624 شرح داده شده، گزارش می شود. در شکل ۵ تصویر نمونه از دستگاه دارای اکستنسومتر برای انجام آزمایشات کششی و مقاومت پارگی نشان داده شده است.

<sup>1</sup> Tensile test

<sup>2</sup> Tensile strength

<sup>3</sup> Elongation at break

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

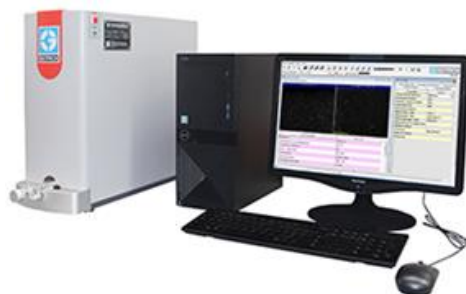
[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۵: تصویری از دستگاه اکستنسومتر برای تست مقاومت کششی و پارگی

۲-۴- تعیین توزیع ذرات پراکنده

این آزمون برای مطالعه شکل شناسی و به ویژه توزیع پرکننده ها در آمیزه های لاستیکی پخت شده انجام می شود [۸]. همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است؛ دستگاه مورد استفاده برای این آزمون دارای یک چشم عدسی و یک صفحه نمایشگر دو قسمته می باشد. مطابق استاندارد ISO 11345 نمونه بر روی عدسی قرار داده می شود و با بزرگنمایی مشخص از سطح مقطع نمونه ها تصویر برداری می شود و با آمیزه های مرجع که از ۱ تا ۱۰ درجه بندی شده اند مقایسه می گردد. هرچه درجه بالاتر باشد پراکنش بیشتر و مطلوبتر است. همچنین با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM و یا عبوری TEM نیز می توان اطلاعاتی در حوزه مورفولوژی، توپوگرافی، ترکیب و کریستالوگرافی به دست آورد [۹].



شکل ۶: دستگاه تعیین توزیع ذرات پراکنده

<sup>1</sup> Dispergrader



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



#### ۲-۵- مقاومت در برابر اوزون<sup>۱</sup>

اوزون موجب ترک خوردن لاستیک می شود [۱۰]. آزمون ها معمولاً اندکی تحت کرنش قرار می گیرند. این کار مطابق با استانداردهای ASTM D1171, ASTM D 3395, BS 903, DIN 53509, ISO 1431, NF T 46-019 با کشیدن دمبل لاستیکی در حد ۵٪ در شرایط ایستاتیک در معرض یک جو کنترل شده با مقدار ازن مشخص (معمولاً ۵۰ pphm) انجام می شود. این ترک ها با کمک عکس های استاندارد اندازه گیری و یا توصیف و درجه بندی می شوند. برای مثال می گویند: با برابر بزرگنمایی قابل مشاهده است. یا با چشم غیر مسلح دیده می شود. و یا نتایج به صورت مدت زمان لازم برای مشاهده یک درجه خاص از ترک خوردگی یا به صورت میزان ترک خوردگی مشاهده شده در یک دوره زمانی خاص بیان می شود. در شکل ۷ تصویری از دستگاه تست ازن نشان داده شده است.



شکل ۷: تصویر دستگاه تست ازن

#### ۲-۶- آزمون مقاومت سایشی<sup>۲</sup>

سایش آمیزه های لاستیکی معمولاً با استفاده از دستگاه ساینده اکرون و دین مطابق با استانداردهای ISO 5470, DIN 53516, ISO 4649 ASTM D 3389, ASTM D 394, ASTM D 1630, ASTM D 2228, BS 903 A9:1988 صورت می پذیرد (شکل ۸). علت انتخاب این دستگاه ساینده، شبیه بودن به سازوکار سایش تایر و سطح جاده است. در این دستگاه سرعت حرکت رویه لاستیکی بر روی سطح ساینده با تعداد دور بر دقیقه و تحت بار مشخص می باشد. نتایج به صورت حجم از دست رفته به ازای هر آزمون استاندارد یا تفاوت حجم از دست رفته در

<sup>1</sup> Ozone resistance

<sup>2</sup> Abrasion resistance

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

قیاس یا یک ماده معیار که میزان سایش آن معلوم است ابراز می شود [۱۱].



شکل ۸: تصویری از دستگاه سایش دین

### ۲-۷- آزمون سختی<sup>۱</sup>

اندازه گیری سختی یک نمونه ی لاستیکی تا حد زیادی به مقدار تنش وارد بر آن ارتباط دارد، مطابق با استاندارد ASTM D 2240 یک جسم نفوذ کننده با شکل هندسی خاص، تحت شرایط معینی، به درون ماده ی لاستیکی فشار داده می شود. عمق نفوذ بستگی به شکل جسم نفوذ کننده، نحوه ی اعمال نیرو و مدولوس یانگ دارد. از سختی سنج به دو شکل دستی یا مستقر روی پایه استفاده می شود. شکل یک سختی سنج مستقر بر روی پایخ و دستی را نشان می دهد.

دستگاه آزمون سختی سنج لاستیک با واحد Shore A، با اعمال نیرو روی قرص استاندارد و توسط گیج خوانده می شود. در مورد لاستیک های با سختی بالا (مانند ابونیت ها) و پلاستیک ها از دستگاه سختی سنج با واحد Shore D استفاده می شود. این آزمون ها بر اساس استانداردهای DIN 53505 و ASTM D2240 انجام می شود [۴ و ۱۲].

(ب)



(الف)



<sup>1</sup> Hard ness

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شکل ۹: الف) تصویر سختی سنج مستقر بر پایه ب) سختی سنج دستی

### ۲-۸- تست مقاومت خستگی<sup>۱</sup>

دستگاه آزمون خستگی جهت بررسی رفتار مواد مختلف لاستیکی تحت شرایط خستگی و خمش متناوب بکار می رود، در این آزمایش قطعات بشکل استاندارد مابین دو محل مطابق شکل ۱۰ به گیره های معینی بسته شده و دستگاه شروع بکار می کند و تعدادسیکل خمش برای ایجاد ترک و پارگی کامل نمونه در دمای مشخص به عنوان نتیجه این تست گزارش می شود. همچنین در این دستگاه کورس حرکت و سرعت نوسان قابل تنظیم می باشد. دستگاه مجهز به شمارنده حدی، جهت متوقف کردن آن بعد از تعدادی نوسان معین می باشد. در این آزمون طبق استانداردهای ISO132 ، ISO133 ، ISO6943 و ASTM D430 مقاومت محصولات لاستیکی در برابر تنشهای مداوم، ثابت و با فرکانس مشخص بصورت عمر خستگی اندازه گیری می شود [۱۳].



شکل ۱۰: دستگاه خمشی به منظور آزمایش عملکرد ترک خوردگی لاستیک در خمش متناوب

### ۸-۲- افزایش درجه حرارت و مقاومت خستگی با آزمایش فلکسومتر<sup>۲</sup>

در این روش با قرار دادن نمونه لاستیک با اندازه و شکل معین و اعمال فشار تنشی در لاستیک اعمال شده و نمونه فشرده شده و باعث ایجاد گرما می شود. گرمای حاصل توسط ترموکوپل های خاصی با یکی از دو روش تست فلکسومتر گودریچ یا فلکسومتر فایر استون مطابق استاندارد ASTM D623 و ISO 4666-3 اندازه گیری می شود [۴]. تصویر نمونه ای از دستگاه فلکسومتر در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

<sup>1</sup> Fatigue

<sup>2</sup> Flexometer



## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱۱: تصویر نمونه ای از دستگاه فلکسومتر

#### ۹-۲- آزمون جهندگی<sup>۱</sup>

این آزمون نیز معیاری از مقدار ارتجاعیت و ماهیت برگشت پذیر آمیزه لاستیکی است و با برخورد یک وزنه استاندارد با سرعت معین به نمونه آزمایش شونده میزان برگشت وزنه مورد سنجش قرار می گیرد. در شکل ۱۲ تصویر نمونه دستگاه تست جهندگی نشان داده شده است. میزان جهندگی قطعه بر اساس استانداردهای ISO 4662, ASTM D 1054, BS 903, DIN 53512 انجام می گیرد [۲].



شکل ۱۲: تصویری از دستگاه تست جهندگی

<sup>1</sup> Rebound resilience

## سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

### The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



#### ۱۰-۲- آزمون اندازه گیری چگالی آمیزه های لاستیکی

به منظور اندازه گیری دانسیته ی آمیزه های لاستیکی، طبق استاندارد ASTM D 471-12، ابتدا یک قطعه لاستیک ولکانش شده پس از توزین، درون سیال آب غوطه ور شده و دوباره وزن می شوند. در نهایت با توجه به قانون ارشمیدوس دانسیته مشخص می شود. نمونه دستگاه ترازو برای تست چگالی آمیزه در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۳: تصویر نمونه ای از ترازو برای تست چگالی آمیزه

#### ۲-۱۱- تست مانایی فشار<sup>۱</sup>

دستگاه تست مانایی فشار جهت آزمون قدرت برگشت قطعات مورد نیاز آزمایش به حالت اولیه پس از اعمال فشار و متراکم نمودن قطعه در دما و زمان معین به کار می رود. در این روش نمونه پس از اندازه گیری ضخامت بین صفحات فلزی قرار داده می شود و با محکم نمودن پیچ ها نمونه متراکم شده و در دما و مدت معین (طبق استاندارد ASTM D 395 B در آن قرار می گیرد (شکل ۱۴). پس از خارج شدن از آن و با باز نمودن پیچ ها نمونه ها را به مدت معین در شرایط محیطی قرار داده و ضخامت نمونه ها دوباره اندازه گیری شده و اختلاف آن میزان برگشت قطعه به حالت اولیه بررسی می گردد [۲].

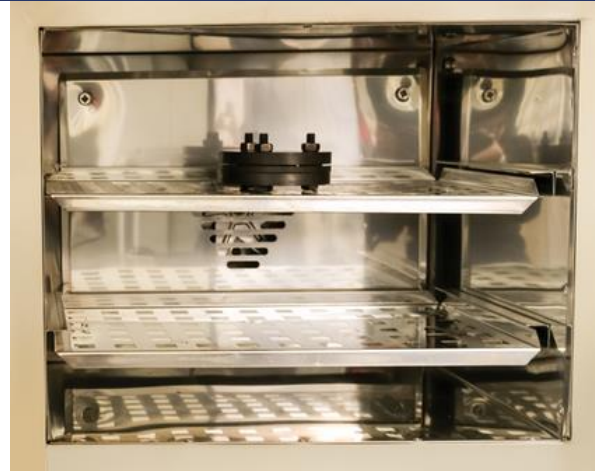
<sup>1</sup> Set Compression

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاع)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاع)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۱۴: تصویر نمونه تست مانایی فشار

### ۲-۱۲- آزمون چسبندگی<sup>۱</sup>

دستگاه آزمون چسبندگی، جهت سنجش جدایش قطعه لاستیکی چسبیده به یک فلز با ابعاد استاندارد و تارهای نخ در صنعت تایر تحت نیروی کشش اندازه گیری می شود. علاوه بر این اهمیت این آزمون در قطعاتی مانند کاسه نمد، ضربه گیرهای پلها، کوپلینگها و قطعات صنعتی مانند غلتکها و مخازن پوشش شده با مواد لاستیکی، بسیار بالا است. این آزمون توسط نرم افزار و بر اساس استاندارد ASTM 429 و ISO 4578 انجام می گیرد. در شکل ۱۵ نمونه دستگاه دارای فک های مختلف به منظور بررسی چسبندگی مواد لاستیکی نشان داده شده است. با تعویض فک می توان چسبندگی لاستیک به سیم یا نخ را با روش H TEST یا CRA بررسی نمود [۱۴].



<sup>1</sup> Adhesion



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

شکل ۱۵: تصویر نمونه ای از دستگاه تست چسبندگی

### ۷۲- نتیجه گیری

در این پژوهش انواع دستگاه ها و روش های آزمون استاندارد برای ارزیابی مواد لاستیکی، مفهوم، اهمیت و کاربرد هر آزمون مورد بررسی قرار گرفت. در نتیجه آشنایی با دستگاه ها و روش های آزمون، کارشناسان آزمایشگاه و پژوهشگران و محققان این صنایع را در جهت ارزیابی دقیق کیفیت مواد اولیه و محصولات لاستیکی و بهبود وضعیت موجودی کمک شایان خواهد کرد.

منابع

- [1] T. R. Vijayaram (2009), *International Journal on Design and Manufacturing Technologies*, 3, 25-37.
- [۲] ساسان نورانیان، اصول کاربردی در فن آوری لاستیک (۱۳۸۱) تهران، نشر بسپارنو.
- [3] I. N. Indrajati1, I. Setyorini (2019) *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 541,1, 012009.
- [4] J. Dick (2003) *General Test Methods. ASTM MANUAL SERIES MNL*, 17-60.
- [۵] محمد کرابی، سمیه محمدیان گزاز (۱۳۸۵) *مجله علوم و تکنولوژی پلیمر*، ۶، ۴۸۳-۴۷۵.
- [6] R. Suntako (2015) *Bulletin of Materials Science*, 38, 1033-1038.
- [7] F. Zhao, W. Bi, S. Zhao (2011) *Journal of Macromolecular Science, Part B*, 50, 1460-1469.
- [8] P.C.Vegvari, W.M. Hess, V.E Chirico (1978) *Rubber chemistry and technology*, 51, 817-839.
- [9] G. P. J.oodhew, J. Humphreys, R. Beanland (2000) *Electron microscopy and analysis*. CRC press.
- [10] G.J. Lake, P.B. Lindley (1965) *Journal of Applied Polymer Science*, 9, 2031-2045.
- [11] W. Arayaprane (2012) *Abrasion resistance of materials*, 8, 147-166.
- [12] J.C. Beech, C.H.C.Turner (1983) *Journal of Chemical Technology and Biotechnology. Chemical Technology*, 33, 63-69.
- [13] B. Dong, L. Zhang, Y. Wu (2017) *Polymer Testing*, 63, 281-288.
- [14] M. Jamshidi, F. Afshar, N. Mohammadi, S. Pourmahdian (2005) *Applied surface science*, 249, 208-215.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مطالعه اسپکتروفوتومتری جذب رنگ کنگو رد توسط چارچوب فلزی-آلی MIL-100

محمد رضا بیدافداری<sup>۱</sup>، فهیمه حوری آباد صبور<sup>۲\*</sup>، عزیز باباپور<sup>۱</sup>، مهرداد عسگری<sup>۲</sup>

۱- گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، [f.saboer@uma.ac.ir](mailto:f.saboer@uma.ac.ir)

۲- گروه مهندسی شیمی و بیوتکنولوژی، دانشگاه کمبریج، انگلستان

#### چکیده

چارچوب های فلزی-آلی از مهمترین نانومواد متخلخل می باشند که در تصفیه پساب، به خصوص پساب های رنگی عملکرد بهینه ای را از خود نشان می دهند. در این پژوهش چارچوب فلزی-آلی MIL-100 با استفاده از روش طراحی آزمایش تاگوچی سنتز شده و برای حذف رنگ کنگو رد از محیط آبی مورد استفاده قرار گرفته است. سنتز نمونه جاذب ها با استفاده از روش طراحی آزمایش تاگوچی و روش سنتز هیدروترمال صورت گرفته است. بررسی میزان جذب آلاینده رنگی از محیط آبی توسط دستگاه اسپکتروفوتومتری انجام شده است. چارچوب فلزی-آلی MIL-100 عملکرد بهینه ای را در حذف کنگو رد از خود نشان داده و توانایی جذب بیش از ۹۴٪ از آلاینده رنگی از محیط آبی را دارا می باشد. کلمات کلیدی: چارچوب فلزی-آلی، تصفیه پساب رنگی، جذب سطحی، کنگو رد

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### ۱- مقدمه

رنگ ها از مهمترین آلاینده های منابع آبی می باشند که به طور گسترده در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می گیرند. رنگ ها در مقابل عوامل بیولوژیکی و فرایندهای شیمیایی مقاوم بوده و تجزیه ناپذیر هستند [۱]. کنگورد یک رنگ آلی با فرمول مولکولی  $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$  می باشد. محلول این رنگ در محیط آبی به رنگ قرمز است و یک محلول کلونیدی درون آب ایجاد می کند. این رنگ به شدت سمی بوده و تماس آن با انسان می تواند منجر به سرطان و مرگ شود. به منظور جلوگیری از آلودگی منابع آبی، لازم است تا پساب حاوی این آلاینده رنگی قبل از تخلیه به محیط تصفیه شود.

از مهمترین روش های تصفیه پساب، روش جذب سطحی می باشد که روشی آسان و کم هزینه است. چارچوب های فلزی-آلی با دارا بودن خواص مختلف مانند مساحت سطح بالا، تنوع ساختاری، پایداری فیزیکی و شیمیایی مناسب و سنتز آسان یکی از مهمترین جاذب های در دسترس برای تصفیه پساب های رنگی می باشند [۲]. چارچوب فلزی-آلی MIL-100 نیز با دارا بودن خواص منحصر به فرد از مهمترین جاذب های در دسترس، برای حذف بهینه آلاینده های رنگی از محیط آبی می باشد. مرادی و همکارانش در سال ۲۰۱۵ با سنتز MIL-100 به بررسی حذف کنگورد از محیط آبی پرداختند و به حذف ۸۰ درصدی برای محلول ۸۰ پی پی ام از کنگورد دست یافتند [۱]. ذوالقرنین و همکارانش نیز در سال ۲۰۲۰ به حذف کنگورد از محیط آبی پرداخته و به جذب ۹۶ درصدی این آلاینده از محیط آبی دست پیدا کرده اند [۳]. جین و همکارانش در سال ۲۰۱۵ با سنتز چارچوب فلزی-آلی MIL-53(In) به حذف ۹۴ درصدی کنگورد از محیط آبی دست یافتند [۴]. عبداللهی و همکارانش نیز برای حذف کنگورد از محیط آبی چارچوب فلزی-آلی TMU-39 را سنتز نموده و به حداکثر ظرفیت جذب ۵۳ درصدی دست یافتند [۵].

یکی از مهمترین ویژگی های چارچوب های فلزی-آلی، تنوع ساختاری گسترده آنها می باشد که باعث تمایز ویژه این مواد از سایر مواد نانو متخلخل می شود. تغییر در یون فلزی مرکزی، استفاده از خوشه های یونی مختلف به عنوان فلز مرکزی و استفاده از لیگاندهای آلی متفاوت در سنتز، منجر به ایجاد ساختارهای متفاوت با خواص متفاوت می شود. علاوه بر این موارد، تغییر در شرایط سنتز نیز منجر به تغییر خواص ساختاری و عملکردی چارچوب های فلزی-آلی در کاربردهای مختلف می شود. در این پژوهش، از روش طراحی آزمایش تاگوچی با استفاده از آرایه L9 و با بررسی ۴ عامل در ۳ سطح به منظور بررسی تاثیر پارامترهای سنتز بر عملکرد MIL-100 در حذف کنگورد از محیط آبی استفاده شده است.

### ۲- سنتز جاذب

سنتز چارچوب فلزی-آلی MIL-100 با بکارگیری روش طراحی آزمایش تاگوچی (به روش هیدروترمال) و با استفاده از اتوکلاو استیل با پوشش تفلونی به حجم ۱۰۰ mL انجام گردید. در این مقاله حذف حلال های سمی و خطرناک مانند HF که در سنتز چارچوب های فلزی-آلی به عنوان حلال رایج است انجام شده و از آب دی یونیزه شده به عنوان حلال



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



استفاده گردیده است. ۹ سری سنتز با توجه به روش طراحی آزمایش تاگوجی انجام شده و جاذبها بدست آمدند. پارامترهای مربوط به سنتز نمونهها و سطوح آنها در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به جدول ۱، در ابتدا مقدار مشخصی از نمک آهن (III) کلرید شش آبه به درون ظرف تفلونی حاوی ۴۰mL آب دی یونیزه اضافه شده و بهم میخورد تا نمک یون فلزی به خوبی در آب حل شده و محلول یکنواختی حاصل شود. سپس مقدار مشخصی از لیگاند تریمسیک اسید آهسته آهسته به درون محلول حاوی یون فلزی اضافه شد و روی استیرر همزده شد تا محلول کاملا یکنواخت نارنجی رنگی به دست آید. ظرف تفلونی داخل اتوکلاو قرار داده شد و به درون آون با دمای مشخص منتقل شد تا به مدت زمان معینی طبق جدول ۱ واکنش انجام شود. پس از اتمام مدت زمان واکنش، رسوب حاصل توسط سانتریفیوژ جمع آوری شد.

جدول ۱- پارامترهای انتخاب شده برای سنتز و سطوح آنها

پارامترهای کنترلی	سطح		
	۱	۲	۳
زمان سنتز (ساعت)	۲۰	۴۰	۶۰
دمای سنتز (درجه سانتی گراد)	۱۱۰	۱۳۰	۱۵۰
نسبت مولی فلز به لیگاند	۱:۱	۲/۲۵:۱	۳/۵:۱
غلظت اولیه یون فلزی (مولار)	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵

### ۳- آزمایش جذب رنگ

آزمایشهای جذب برای غلظت ۱۰۰ پی.پی.ام از کنگو رد، دوز جاذب ۱ گرم بر لیتر، مدت زمانهای تماس ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه و در pH برابر ۹ انجام شده است. درصد جذب مربوط به هر نمونه با استفاده از معادله ۱ و با بکارگیری دستگاه اسپکتروفوتومتری (مدل Nanolytik NanoSpecxz 2UV-A) محاسبه شده است. پیک مربوط به کنگو رد در طول موج ۴۹۶ nm مشاهده شد.

$$R\% = \frac{C_0 - C_e}{C_0} * 100$$

(۱)

در این معادله R درصد حذف آلاینده رنگی،  $C_0$  غلظت اولیه آلاینده و  $C_e$  غلظت تعادلی آلاینده می باشد.

### ۴- بررسی نتایج

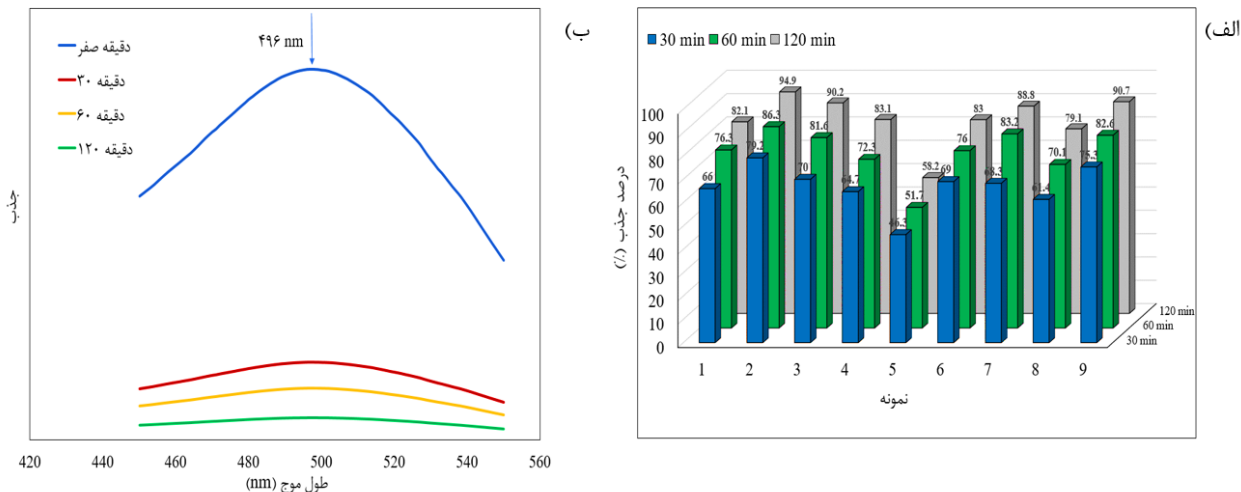
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir

با استفاده از جاذب های سنتز شده آزمایش های جذب کنگو رد از محیط آبی انجام شد. نتایج مربوط به آزمایش های جذب در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- (الف) نتایج مربوط به جذب کنگو رد از محیط آبی توسط نمونه جاذب های سنتز شده MIL-100، غلظت ۱۰۰ پی پی ام، pH برابر ۹، دوز جاذب ۱ گرم بر لیتر، (ب) طیف جذب کنگو رد در زمان های تماس مختلف، pH برابر ۹، دوز جاذب ۱ گرم بر لیتر

با توجه به شکل ۱، نمونه جاذب های سنتز شده عملکرد بهینه ای را در حذف کنگو رد از محیط آبی از خود نشان می دهند. برقراری برهم کنش الکترواستاتیک قوی مابین سطح جاذب و مولکول های آلاینده باعث بهبود ظرفیت جذب شده و برهم کنش الکترواستاتیک اصلی ترین برهم کنش در جذب کنگو رد توسط MIL-100 می باشد. نمونه ۲ در بین ۹ نمونه سنتز شده بهترین عملکرد را داشته و در مدت زمان ۱۲۰ دقیقه توانایی جذب ۹۴/۹ درصدی کنگو رد را دارا می باشد. به طور کلی تمامی نمونه های سنتز شده عملکرد بسیار خوبی را در جذب کنگو رد از محیط آبی از خود نشان داده اند.

### ۵- نتیجه گیری

چارچوب های فلزی-آلی MIL-100 با استفاده از روش طراحی آزمایش تاگوچی در چهار پارامتر و سه سطح سنتز شده و برای جذب کنگو رد از محیط آبی مورد استفاده قرار گرفتند. نمونه شماره ۲ جاذب MIL-100 سنتز شده جذب ۹۴/۹ درصدی و میزان جذب ۹۴/۹ میلی گرم بر گرم از رنگ را از خود نشان داد. MIL-100 با دارا بودن خواص منحصر به فرد توانایی بالقوه ای را برای حذف آلاینده های رنگی با عملکرد بهینه از محیط آبی را دارا می باشد.

### منابع

1. Moradi SE, Dadfarnia S, Haji Shabani AM, Emami S. 2015. *Desalination and Water Treatment*; 56: 709-21.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

2. Zhao S, Chen D, Wei F, Chen N, Liang Z, Luo Y. 2017. *Ultrasonics Sonochemistry*; 39: 845-52.
3. Zolgharnein J, Dermanaki Farahani S, Bagtash M, Amani S.2020. *Environ Res*; 182: 109054.
4. Jin L-N, Qian X-Y, Wang J-G, Aslan H, Dong M. 2015. *Journal of Colloid and Interface Science*; 453: 270-
5. Abdollahi N, Masoomi MY, Morsali A, Junk PC, Wang J. 2018.. *Ultrason Sonochem* ; 45: 50-6.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## تولید و مشخصه یابی پوشش آندایز سخت روی آلیاژ آلومینیوم ۷۰۷۵

میلاد یوسفی<sup>۱</sup>، حسنعلی رسولی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشگاه محقق اردبیلی (دانشجوی کارشناسی ارشد)

۲- دانشگاه محقق اردبیلی (استادیار گروه مهندسی مواد و متالورژی) [h.rasouli@uma.ac.ir](mailto:h.rasouli@uma.ac.ir)

### چکیده

در این تحقیق، پوشش آندایز بر روی آلومینیوم آلیاژی ۷۰۷۵ در الکترولیت اسیدسولفوریک ۱۰ درصد وزنی در زمان ۳۰ دقیقه ایجاد شد. مورفولوژی پوشش، مقاومت به خوردگی پوشش و مقاومت به سایش به ترتیب توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، تست سایش pin on disk و دستگاه پتانسیواستات بررسی شد. تصاویر SEM تشکیل پوششی یکنواخت آندایز را تایید کرد. نتایج آزمون پلاریزاسیون پتانسیودینامیکی نشان داد که پوشش آندایز، مقاومت خوردگی خوبی را در محلول ۳/۵ درصد وزنی نمک طعام دارد. سرعت خوردگی به دست آمد. میانگین سختی پوشش ایجاد شده برابر ۹۵۰ ویکرز و ضریب اصطکاک بعد از رسیدن به حالت پایدار در حدود ۰/۲۲ به دست آمد.

کلمات کلیدی: آندایز؛ الکترولیت اسیدسولفوریک؛ آلومینیوم ۷۰۷۵؛ مقاومت خوردگی؛ مقاومت سایش

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



### مقدمه

آلومینیوم و آلیاژهای آن به طور گسترده ای در صنایع مختلف به کار می روند؛ این آلیاژها به دلیل دانسیته پایین، هدایت حرارتی بالا و خواص الکترومغناطیس، در صنایع هوافضا، اتومبیل سازی، کشتی سازی، قطعات کامپیوتر و سایر صنایع کاربرد فراوانی دارند. آلیاژهای آلومینیوم به طور کلی به ۸ گروه مختلف تقسیم بندی می شوند که عبارتند از گروه ۱XXX تا ۸XXX که از آلیاژسازی آلومینیوم با عناصر دیگر از جمله مس، منیزیم، سیلیسیم، روی و غیره تولید می شوند. در این میان آلیاژهای ۷۰۷۵ از گروه ۷XXX در صنایع هوایی کاربرد زیادی دارند. در آلیاژهای آلومینیوم ۷۰۷۵، روی و مس با تشکیل فازهای بین فلزی در حین عملیات حرارتی، یک عامل اساسی استحکام بخشی این آلیاژها محسوب می شود [۱]. از مزایای آن می توان به استحکام قابل مقایسه با بسیاری از فولادها، استحکام خستگی خوب و سطح متوسط ماشین کاری و از معایب آن می توان به مقاومت کمتر در برابر خوردگی در مقایسه با بسیاری از آلیاژهای آلومینیومی اشاره کرد. به منظور بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی آلیاژهای آلومینیوم، معمولاً از عملیات سطحی مختلف استفاده می شود. عمده اهداف این فرایندهای سطحی، افزایش مقاومت خوردگی [۲]، افزایش سختی و مقاومت سایشی [۳] می باشد. از جمله فرایندهای سطحی اعمال شده روی آلیاژهای آلومینیوم می توان به پوشش های فسفات، سل-ژل، کرومات و آندایزینگ اشاره نمود. در این میان، فرایند آندایزینگ به علت قابلیت بالا در بهبود رفتار آلیاژهای آلومینیوم مورد توجه زیادی واقع شده است. به ویژه در محیط های دریایی و دیگر مناطق با رطوبت بالا، آندایزینگ، بهترین روش جلوگیری از خوردگی آلیاژهای آلومینیوم است. آندایزینگ آلومینیوم به طور گسترده ای مورد بررسی محققین قرار گرفته است و پارامترهای مؤثر بر فرایند و نیز خواص پوشش حاصل به تفصیل بررسی شده اند، تحقیقات متعددی نیز روی آندایز آلیاژهای آلومینیوم انجام گرفته است [۱].

آندایزینگ آلومینیوم به دو صورت نرم و سخت انجام می شود. آندایزینگ نرم، در جریان های آندی پایین انجام می شود و سرعت رشد لایه اکسیدی در آن بسیار آهسته است که با افزایش زمان آندایزینگ، عمق حفره ها افزایش می یابد [۴]. آندایزینگ سخت در جریان های بالاتر و در محدوده های مختلف مانند ۴۰-۷۰ ولت در اسید سولفوریک و ۱۱۰-۱۵۰ ولت در اسید اگزالیک می تواند سلول های منظمی را نتیجه دهند. جریان بالاتر در آندایزینگ سخت منجر به کیفیت بسیار بهتر لایه ای ایجاد شده می شود زیرا هر چقدر جریان بیشتر باشد کیفیت فیلم اکسیدی نهایی بیشتر خواهد شد. مشکل اساسی فرایند آندایزینگ سخت، دشوار بودن کنترل دقیق دما و پایین نگه داشتن دما به دلیل جریان بالای فرایند در حین این نوع آندایزینگ می باشد. این افزایش دما می تواند منجر به سوختن و تخریب لایه اکسیدی در جریان های بالاتر شود. تحقیقات اخیر نشان داده است با افزایش غلظت اسید و آندایز چند مرحله ای می توان مقدار ولتاژ آندایز سخت را کاهش داد و از سوختن لایه اکسیدی جلوگیری کرد [۵-۶-۱۱]. در این تحقیق تلاش شده برای آندایز سخت آلیاژ آلومینیوم ۷۰۷۵ با انتخاب پارامترهای بهینه مانند غلظت اسید، ولتاژ و دما از سوختن لایه اکسیدی جلوگیری شود و مقدار ولتاژ آندایز سخت را کاهش داد.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

### ۷۳- مواد و روش تحقیق

در این پژوهش برای مطالعه مقاومت به خوردگی از آلومینیوم آلیاژ گروه ۷۰۷۵ استفاده شد. به منظور آماده سازی زیر لایه آلومینیومی جهت فرآیند آندایزینگ، نمونه ها از شمش ۱۵ میلی متری به ابعاد  $2 \times 15 \times 60$  میلی متر بریده شده اند و در ادامه به دلیل حساسیت سطح به زیر لایه نمونه ها توسط کاغذ سمباده ۶۰۰ و ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ سمباده زنی و توسط پودر  $Al_2O_3$  پولیش شدند و جهت چربی زدایی، نمونه ها قلیا شویی و سپس دوده زدایی و فعال سازی شدند. پس از هر مرحله نمونه ها با آب مقطر شسته و با جریان هوای سرد خشک شدند. ترکیب شیمیایی محلول های مورد استفاده در هر مرحله در جدول ۱ آورده شده است. از فویل آلومینیومی در دو طرف به عنوان الکترود کاتد استفاده شد. جهت عمل جریان مستقیم، از یک منبع تغذیه ساده با حداکثر توان ۱۰۰ ولت و ۱۰ آمپر استفاده شد و از یک مولتی متر دیجیتالی، جهت قرائت دقیق جریان در هر لحظه، به صورت سری در مدار قرار داده شد. برای توزیع بهتر جریان در سطح، آلیاژ آلومینیومی در جهت عمود بر کاتد در پیل الکتروشیمیایی قرار داده شد. پس از تشکیل سلول آندایزینگ، منبع تغذیه روشن و ولتاژ با نرخ تقریباً ثابتی تا رسیدن به چگالی جریان مورد نظر افزایش داده شد و فرایند آندایزینگ به مدت زمان مورد نظر ادامه داده شد. جهت جلوگیری از پولاریزاسیون های آندی یا کاتدی در طول پروسه، از یک همزن مغناطیسی (به گونه ای که در الکترولیت تلاطم ایجاد نشود) استفاده گردید تا ترکیب شیمیایی الکترولیت همواره در حین فرآیند یکنواخت باشد. در طول پروسه، به منظور ثابت نگه داشتن جریان، ولتاژ تغییر داده شد. پس از پایان عملیات، نمونه از حمام خارج و با آب مقطر شستشو داده شد و با جریان هوای سرد خشک گردید.

جدول ۶. محلول های مورد استفاده برای آماده سازی سطح.

عملیات سطح	آماده سازی	ترکیب شیمیایی محلول	دما سانتی گراد	زمان دقیقه
قلیاشویی		6g NaOH +50 ml H <sub>2</sub> O	۶۰	۳
فعال سازی دوده زدایی		7 mLHNO <sub>3</sub> (66.4 wt) +13 ml H <sub>2</sub> O	۲۵	۲



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

جهت آندایزینگ از الکترولیت اسید سولفوریک با غلظت ۱۰٪ وزنی استفاده شد. فرایند آندایزینگ به مدت ۳۰ دقیقه با چگالی جریان  $60 \text{ mA/cm}^2$  و در دمای ۲۰-۱۰ درجه سانتی گراد انجام شد. مورفولوژی پوشش با استفاده از میکروسکوپ SEM مدل Quanta ۲۰۰ بررسی شد و برای تعیین عناصر موجود در پوشش نمونه ها از آنالیز EDS استفاده شد. برای بررسی مقاومت خوردگی نمونه ها از روش آزمون پلاریزاسیون پتانسیودینامیک استفاده شد. برای انجام آزمون پلاریزاسیون از دستگاه پتانسیواستات مدل Radstat 1A استفاده شد که شکل ۱ (الف) تصویر دستگاه را نشان می دهد. برای این منظور محلول  $3/5\%$  کلرید سدیم در دمای اتاق استفاده شد. در سل الکتروشیمی از یک ورق فولاد زنگ نزن  $304$  به عنوان الکترود کمکی و الکترود  $\text{Ag/AgCl}$  به عنوان الکترود مرجع به کار گرفته شد و همه پتانسیل ها نسبت به الکترود  $\text{Ag/AgCl}$  سنجیده شد. برای تهیه الکترود کاری، تمام قسمت های نمونه به غیر از سطحی به ابعاد  $1 \times 1 \text{ cm}^2$  با استفاده از لاک پوشانده شد. برای هر نمونه مدت زمان ۲۰ دقیقه جهت پایداری پتانسیل انتخاب شده و رویش پتانسیل از مقدار  $-850$  تا  $+400 \text{ mV}$  نسبت به پتانسیل مدارباز با نرخ رویش  $1 \text{ mV/s}$  انجام شد. سختی نمونه ها با آزمون میکرو سختی ویکرز تحت بار ۲۵ گرم که از قسمت های مختلف نمونه گرفته شده و سپس میانگین آن ها به دست آمده است شکل ۱ (ب) تصویر دستگاه میکرو سخت سنجی ویکرز مورد استفاده در این تحقیق را نشان می دهد. مقاومت سایشی نمونه ها با آزمون pin on disk تحت شعاع  $0/5$  سانتی متر و در مسافت ۱۰۰ متر بررسی شد و شکل ۱ (ج) تصویر دستگاه تست سایش را نشان می دهد.



شکل ۸۳. تصویر تجهیزات مورد استفاده برای انجام آنالیز در این تحقیق (الف): دستگاه پتانسیواستات مدل Radstat 1A (ب): دستگاه میکرو سختی ویکرز (ج): دستگاه تست سایش (تمام دستگاه های مورد استفاده ساخت ایران می باشد)

### ۷۴- نتایج و بحث

شکل ۲ تصویر میکروسکوپ الکترونی از پوشش های ایجاد شده را در بزرگنمایی ۴۰۰۰، ۸۰۰۰ و ۴۰۰۰۰ را نشان می دهد این پوشش ها همان طور که انتظار می رفت ویژگی متخلخل بودن لایه اکسیدی را دارا است [۷]. شکل ۳ اطلاعات

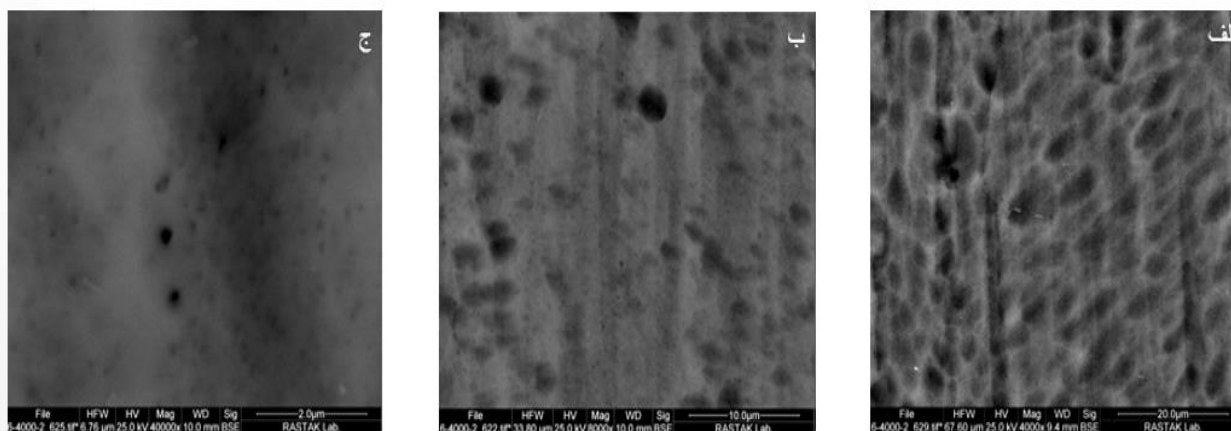
# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

به دست آمده از آنالیز EDS را نشان می دهد که بیانگر این است که علاوه بر آلومینیوم و اکسیژن که حاصل فرآیند آندایزینگ است گوگرد هم در پوشش وجود دارد که ناشی از یون های  $SO_4^{2-}$  (سولفات) است که در اثر آندایزینگ در الکترولیت اسید سولفوریک به دام افتاده اند [۸]. منحنی های پلاریزاسیون آلیاژ آلومینیوم ۷۰۷۵ بدون پوشش و با پوشش آندایز در شکل ۴ نشان داده شده است برای به دست آوردن جریان خوردگی ( $i_{corr}$ ) و نیز شیب های تافل ( $\beta_a$  و  $\beta_c$ ) این منحنی ها از تقریب تافل استفاده شد و پتانسیل مدار باز (نسبت به الکتروود Ag/AgCl) نیز به عنوان پتانسیل خوردگی ( $E_{corr}$ ) در نظر گرفته شد. در جدول ۲ مقادیر  $E_{corr}$  و  $i_{corr}$  استخراج شده از منحنی های پلاریزاسیون شکل ۴ آورده شده است. مطابق با جدول ۲، پتانسیل خوردگی پوشش ایجاد شده نسبت به زیر لایه بیشتر است که بیانگر پایداری آندی بالای پوشش در محیط خورنده است هم این طور مقایسه دانسیته جریان خوردگی نمونه ها نشان می دهد که مقاومت خوردگی آلومینیوم ۷۰۷۵ در اثر آندایزینگ افزایش یافته است. [۹-۱]



شکل ۸۴. تصاویر SEM از سطح پوشش در بزرگنمایی الف: ۴۰۰۰، ب: ۸۰۰۰ و ج: ۴۰۰۰۰

جدول ۷. پارامترهای خوردگی استخراج شده از آزمون پلاریزاسیون برای پوشش های ایجاد شده در محلول ۳/۵٪ کلرید سدیم.

C.Rate (mm/y)	$E_{corr}$ (V vs.Ag/AgCl)	$i_{corr}$ (A/cm <sup>2</sup> )	$\beta_c$ (V/decade)	$\beta_a$ (V/decade)	نمونه
0.000901	-0.6838	8.26E-8	0.067	0.054	آلومینیوم ۷۰۷۵ آندایز شده

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



0.00609

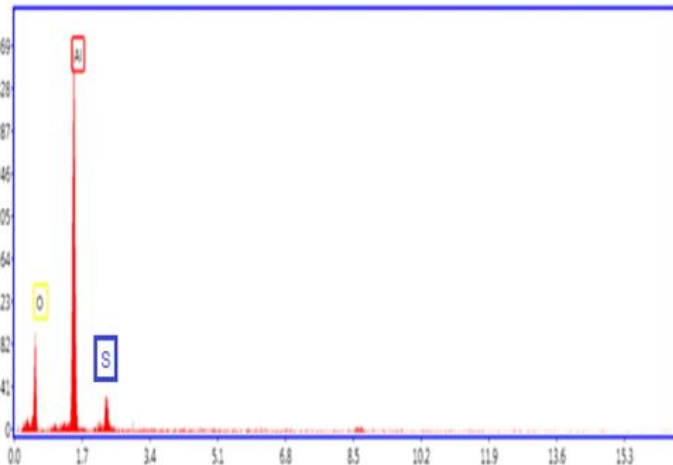
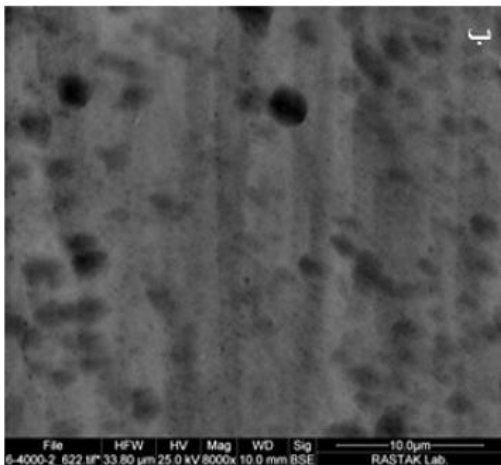
-0.812

5.58E-7

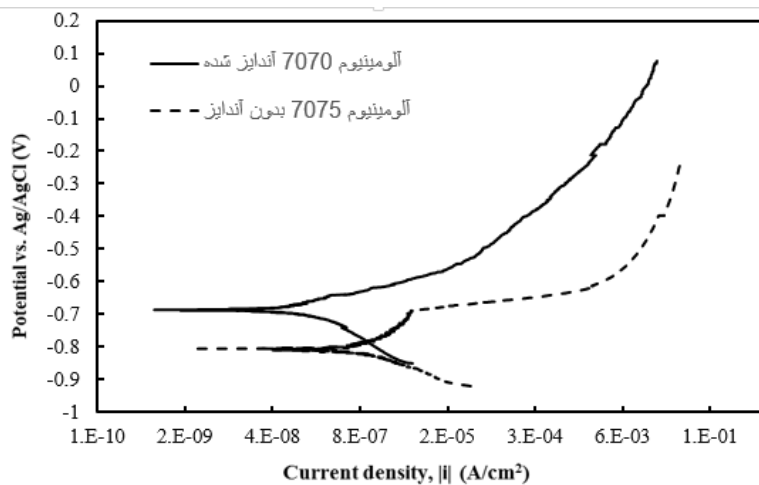
0.051

0.086

آلومینیوم  
۷۰۷۵ بدون  
آندایز



شکل ۸۵. اطلاعات به دست آمده از آنالیز EDS



شکل ۸۶. منحنی های پلاریزاسیون آلیاژ آلومینیوم ۷۰۷۵ بدون پوشش و با پوشش آندایز



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



جدول ۳ میانگین سختی آلیاژ آلومینیوم ۷۰۷۵ بدون پوشش و با پوشش را که به روش میکرو سختی سنجی ویکرز به دست آمده است را نشان می دهد با مقایسه نتایج به دست آمده از جدول ۳ مشاهده می شود که سختی سطحی آلومینیوم ۷۰۷۵ افزایش قابل ملاحظه ای شده است. شکل ۵ نتایج به دست آمده از تست سختی نمونه آندایز شده را نشان می دهد که شکل ۵ (الف) نقطه اثر نیرو و شکل ۵ (ب) مساحت نقطه اثر نیرو و سختی نمونه را نشان می دهد [۱۱] مقاومت سایشی نمونه آندایز شده و زمینه به روش pin on disk بررسی شد که در شکل ۶ تصویر میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۱۰۰ از اثر سایش برای نمونه با پوشش و بدون پوشش آندایز را نشان می دهد شکل ۷ نمودارهای تغییرات ضریب اصطکاک بر حسب مسافت لغزش برای نمونه با پوشش و بدون پوشش را نشان می دهد شکل ۷ (الف) نمودار نمونه بدون پوشش که ضریب اصطکاک در حالت پایدار برابر ۰/۳۲ است و شکل ۷ (ب) نمودار نمونه با پوشش که ضریب اصطکاک در حالت پایدار برابر ۰/۲۲ است را نشان می دهد در نمونه بدون پوشش ضریب اصطکاک با افزایش مسافت افزایش پیدا کرده است در حالی که در نمونه با پوشش ضریب اصطکاک بعد از رسیدن به حالت پایدار در مقدار ثابتی باقی مانده است نتایج به دست آمده از تست سایش نشان می دهد مقاومت در برابر سایش نمونه های آندایز شده افزایش چشمگیری داشته است [۱۲-۱۳].

جدول ۸. میانگین سختی آلیاژ آلومینیوم ۷۰۷۵ بدون پوشش و با پوشش.

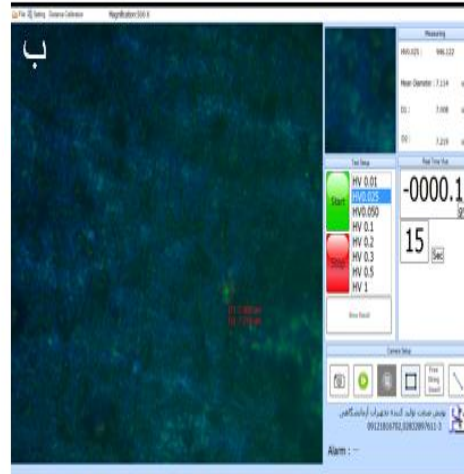
نمونه	سختی (HV)
آلومینیوم آندایز شده	۹۵۰
آلومینیوم بدون آندایز	۲۲۰

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

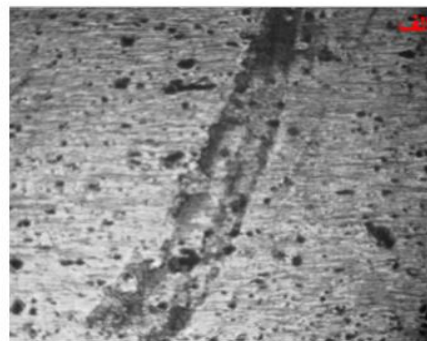
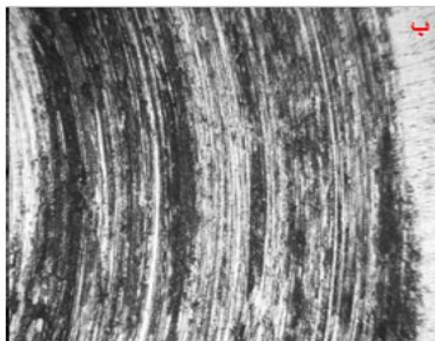
## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



شکل ۸۷. نتایج به دست آمده از تست میکرو سختی سنجی ویکرز (الف): نقطه اثر نیرو (ب): مساحت و سختی پوشش



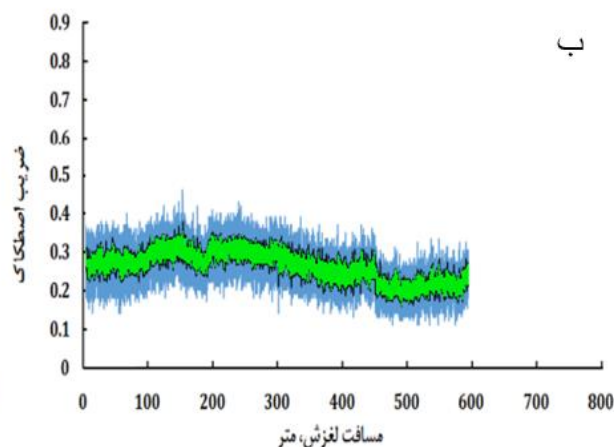
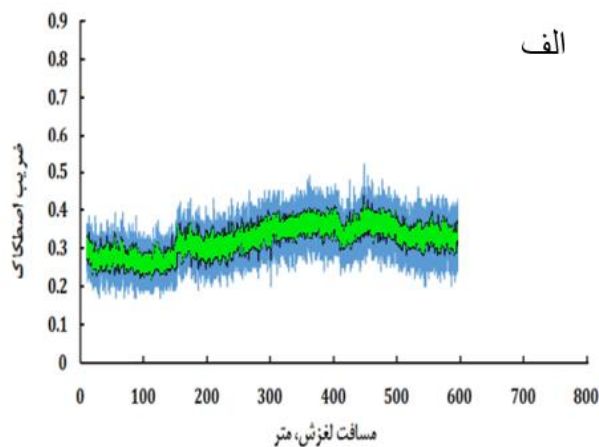
شکل ۸۶. تصویر میکرو سکوپ نوری با بزرگنمایی ۱۰۰ از اثر سایش برای نمونه الف: با پوشش و ب: بدون پوشش  
آندایز

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

www.LabUMA2022.ir



شکل ۷. نمودار تغییرات ضریب اصطکاک بر حسب مسافت لغزش برای (الف) بدون پوشش و (ب) با پوشش

### ۷۵- نتیجه گیری

- نتایج به دست آمده از این پژوهش که بر روی آندایزینگ آلومینیوم آلیاژی ۷۰۷۵ در اسید سولفوریک ۱۰ درصد وزنی و زمان ۳۰ دقیقه است نشان می دهد که:
- ۱- مقاومت در برابر سایش آلومینیوم زیر لایه افزایش قابل ملاحظه ای داشته است.
  - ۲- ولتاژ اعمالی برای آندایزینگ سخت کاهش پیدا کرد و در اثر کاهش ولتاژ دمای آندایزینگ کمتر و در نتیجه از سوختن لایه اکسیدی جلوگیری شد.
  - ۳- سطح پوشش ایجاد شده یک دست و صاف می باشد.
  - ۴- مقاومت در برابر خوردگی آلومینیوم آندایز شده نسبت به زمینه افزایش یافته است.
  - ۵- رنگ پوشش ایجاد شده با شرایط تحقق شفاف و طلایی رنگ می باشد.

منابع

[۱] ع. یزدانی و آ. زارعی، "بررسی تأثیر آندایزینگ در افزایش مقاومت به خوردگی آلیاژهای آلومینیوم هوایی و دریایی"، *مجله علوم و فنون دریایی*، ۱۳۸۹.

[2] M. Franco, S. Anoop, R. Uma Rani, and A. K. Sharma, "Porous Layer Characterization of Anodized and Black-Anodized Aluminium by Electrochemical Studies," *ISRN Corros.*, vol. 2012, pp. 1–12, Dec. 2012, doi: 10.5402/2012/323676.



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

[۳] محمدی، ع. افشار و، ع. مومن، "بررسی اثر نوع جریان بر خواص پوشش آندایزینگ آلومینیوم،" پانزدهمین سمینار ملی مهندسی سطح، ۱۳۹۳ .

[4] S. Ono, M. Saito, and H. Asoh, "Self-ordering of anodic porous alumina formed in organic acid electrolytes," *Electrochim. Acta*, vol. 51, no. 5, pp. 827–833, Nov. 2005, doi: 10.1016/j.electacta.2005.05.058.

[۵] م. سلطانی، ع. شفیعی، س. اخوان و م. نورمحمدی، "بررسی آندایزینگ نرم و سخت آلیاژ آلومینیوم ۱۱۰۰ در الکترولیت های اسیدی متفاوت و مشخصه یابی فیلم اکسیدی حاصل از آن ها،" فصلنامه مواد و فناوریهای پیشرفته، ۱۳۹۸.

[6] S. Ono, M. Saito, and H. Asoh, "Self-Ordering of Anodic Porous Alumina Induced by Local Current Concentration: Burning," *Electrochem. Solid-State Lett.*, vol. 7, no. 7, p. B21, 2004, doi: 10.1149/1.1738553.

[7] L. E. Fratila-Apachitei, J. Duszczyk & L. Katgerman, "Vickers microhardness of AlSi (Cu) anodic oxide layers formed in H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> at low temperature", *Surface and Coatings Technology*, Vol. 165, pp. 309-315, 2003.

[8] L. Bouchama, N. Azzouz, N. Boukmouche, J. P. Chopart, A. L. Daltin & Y. Bouznit, "Enhancing aluminum corrosion resistance by two-step anodizing process", *Surface and Coatings Technology*, Vol. 235, pp.676-684, 2013.

[9] A. Lugovskoy, M. Zinigrad, A. Kossenko & B. Kazanski, "Production of ceramic layers on aluminum alloys by plasma electrolytic oxidation in alkaline silicate electrolytes", *Applied Surface Science*, Vol. 264, pp. 743- 747, 2013.

[10] D. Raps, T. Hack, J. Wehr, M. L. Zheludkevich, A. C. Bastos, M. G. S. Ferreira & O. Nuyken, "Electrochemical study of inhibitor-containing organic–inorganic hybrid coatings on AA2024", *Corrosion Science*, Vol. 51, pp. 1012-1021, 2009.

[11] P. Totaro and B. Khusid, "Multistep anodization of 7075 – T6 aluminum alloy," *Surf. Coatings Technol.*, vol. 421, p. 127407, 2021, doi: 10.1016/j.surfcoat.2021.127407.

[12] D. Zhang, Y. Gou, Y. Liu, and X. Guo, "A composite anodizing coating containing superfine Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles on AZ31 magnesium alloy," *Surface and coatings Technology*, vol. 236, pp. 52-57, 2013.

[13] Y. Yang, W. Chen, C. Zhou, H. Xu and W. Gao, "Fabrication and characterization of electroless Ni–P–ZrO<sub>2</sub> nano-composite coatings," *Applied Nanoscience*, vol. 1, pp. 19-26, 2011.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



## کاربرد میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی در علوم زیستی

آیدا ناحومی<sup>۱</sup>، اسداله اسدی<sup>۲</sup>، آرش عبدالملکی<sup>۳\*</sup>

۱- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

۲- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- گروه بیوفیزیک، دانشکده فناوری های نوین، دانشگاه محقق اردبیلی، نمین، ایران

پست الکترونیکی: [Abdolmalekiarash1364@gmail.com](mailto:Abdolmalekiarash1364@gmail.com)

### چکیده

مطالعات فراساختاری سلول ها و بافت ها معمولاً با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) انجام می شود که تصویربرداری را با بالاترین وضوح، ممکن می سازد. نقطه ضعف میکروسکوپ الکترونی عبوری توانایی محدود آنالیز فراساختار سطوح بزرگ و حجم نمونه های بیولوژیکی است. این محدودیت، با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (FE-SEM) با تشخیص با حساسیت بالا، که امکان ایجاد تصاویر مشابه TEM را از سطوح صاف نمونه های بیولوژیکی جاسازی شده در رزین فراهم می کند، برطرف شده و چندین تکنیک مبتنی بر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی برای مطالعات فراساختاری دو و سه بعدی سلول ها، بافت ها، اندام ها و ارگانیسم ها در قرن بیست و یکم توسعه یافته است. این تکنیک ها عصر جدیدی را در زیست شناسی ساختاری ایجاد کرده و نقش میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) را در آزمایشگاه های بیولوژیکی و پزشکی تغییر داده است. در حال حاضر، میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی امکانات بسیاری را در مطالعات فراساختار سلولی و بافتی ارائه می کند و آنها در این مقاله مروری ارائه شده اند.

کلمات کلیدی: میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی، الکترون های پس پراکندگی،

نمونه های بیولوژیکی

<sup>1</sup> Field Emission Scanning Electron Microscope

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



۱- مقدمه

میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی، میکروسکوپی است که به جای نور با الکترون ها (ذراتی با بار منفی) کار می کند. این الکترون ها توسط یک منبع انتشار میدانی آزاد می شوند و جسم بر اساس الگوی زیگزاگ توسط الکترون ها اسکن می شود. FESEM برای تجسم جزئیات توپوگرافی بسیار کوچک بر روی سطح یا کل یا شی تکه تکه شده استفاده می شود. محققان زیست شناسی، شیمی و فیزیک از این تکنیک برای مشاهده ساختارهایی استفاده می کنند که ممکن است به کوچکی ۱ نانومتر باشند و همچنین برای مطالعه اندامک ها و مواد DNA در سلول ها، پلیمرهای مصنوعی و پوشش های روی میکروچیپ ها استفاده شده و به طور گسترده در زمینه هایی مانند علم مواد، زیست شناسی و علوم پزشکی استفاده می شوند [1].

الکترون ها از یک منبع انتشار میدان آزاد می شوند و در یک گرادیان میدان الکتریکی بالا، شتاب می گیرند و در ستون خلاء بالا، این الکترون های اولیه توسط لنزهای الکترونیکی متمرکز شده و منحرف می شوند تا یک پرتو اسکن باریک تولید کنند که جسم را بمباران می کند. در نتیجه الکترون های ثانویه از هر نقطه روی جسم ساطع می شوند. زاویه و سرعت این الکترون های ثانویه به ساختار سطح جسم مربوط می شود. یک آشکارساز، الکترون های ثانویه را می گیرد و یک سیگنال الکترونیکی تولید می کند سپس این سیگنال تقویت شده و به یک تصویر اسکن ویدیویی که می تواند روی یک مانیتور دیده شود یا به یک تصویر دیجیتالی که می تواند ذخیره و پردازش شود تبدیل می شود. در حال حاضر، میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی به عنوان قابل اعتمادترین مدل در تولید تصاویر با وضوح بالا از سطوح نمونه های بیولوژیکی در نظر گرفته می شود [۲، ۳]. مهمترین ویژگی FESEM توانایی آن در اسکن تصاویر با وضوح فوق العاده بالا است. به ویژه با آخرین فناوری پردازش تصویر دیجیتال، که می تواند تصاویر اسکن شده با بزرگنمایی و وضوح بالا را ارائه دهد و خروجی را چاپ یا ذخیره کند. این ویژگی ها FESEM را به یکی از موثرترین ابزار برای مشاهده و تجزیه و تحلیل مورفولوژی تبدیل می کند و به طور گسترده در زمینه های مختلف استفاده می شود [۱]. در این مقاله مروری به طور خلاصه در مورد تکنیک های FESEM، استفاده از آنها، اصول، پیشرفت، عملیات و آماده سازی نمونه ها بحث شده است.

۲-مباحث نظری



# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه آزمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

### ۱-۲- اصول اولیه تشکیل تصویر در میکروسکوپ الکترونی روبشی

SEM یک پرتو الکترونی متمرکز را روی سطح نمونه اسکن می کند. الکترون های موجود در پرتو، که به عنوان الکترون های اولیه شناخته می شوند، با نمونه برهمکنش می کنند و سیگنال های مختلفی تولید می کنند که می توان برای به دست آوردن تصاویری که توپوگرافی سطح و ترکیب مواد را نشان می دهد، استفاده کرد. الکترون های ثانویه (SE) انرژی کمی دارند بنابراین، SE شناسایی شده در SEM منحصراً از سطح یا ناحیه نزدیک به سطح نمونه منشأ می گیرد [۴]. الکترون های پس پراکندگی (BSE) الکترون های پرتو اصلی هستند که از نمونه بازتاب می شوند و آنها انرژی بالاتری نسبت به SE دارند. انتشار BSE تابعی از عدد اتمی است. بنابراین، سطح نمونه حاوی عناصر با اعداد اتمی بالاتر، سیگنال روشن تری تولید می کند. در نتیجه، BSE می تواند برای تولید تصویری استفاده شود که نشان دهنده تفاوت در ترکیب شیمیایی نمونه باشد. از آنجایی که BSE اطلاعاتی در مورد ترکیب مواد ارائه می دهد، آنها به عنوان یک منبع سیگنال برای تصویربرداری از سطح برش بلوک های بافتی یا بخش های بافت نصب شده روی بسترهای جامد در اکثر روش های توسعه یافته برای مطالعه ساختارهای درون سلولی و سلولی بافت حیوانی، اندام ها و حتی کل موجودات در حالت های دو بعدی و سه بعدی استفاده می شوند [۵-۹].

تصویربرداری فراساختاری موثر و با وضوح بالا از نمونه های بیولوژیکی با استفاده از سیگنال های BSE به سه جنبه وابسته است: (۱) فرآیند آماده سازی نمونه باید منجر به ادغام مقدار زیادی از فلزات سنگین در بافت شود تا ساختارهای سلولی را متمایز کند و نسبت سیگنال به نویز را افزایش دهد. (۲) اپتیک الکترونی FE-SEM باید تصویربرداری پایدار را در ولتاژهای شتاب پایین امکان پذیر کند. (۳) آشکارسازهای BSE بسیار کارآمد برای به دست آوردن نسبت سیگنال به نویز خوب مورد نیاز هستند [۴].

### ۲-۲- نمونه های بیولوژیکی

نمونه های بیولوژیکی عایق های خوبی هستند و اگر قبل از بررسی در SEM برای رسانایی بیشتر پوشش داده نشوند یا تحت درمان قرار نگیرند، به احتمال زیاد هنگام اسکن در SEM شارژ را نشان می دهند. این منجر به تولید فراوان Se می شود و یا تصاویری با اطلاعات توپوگرافی کم تولید می کند. شارژ در تصویربرداری Se می تواند ناشی از تداخل تغییرات کوچک در میدان های

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایشگاه تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)



الکتریکی باشد، زیرا Se منتشر شده از سطح نمونه دارای انرژی بسیار کم است. در برخی موارد، اجتناب از شارژ Se حتی در نمونه های پوشش داده شده غیرممکن است. رنگ آمیزی رسانا یا استفاده از فلزات سنگین همراه با لیگاندها یا در ترکیب با پوشش های فلزی نازک می تواند برای به حداقل رساندن شارژ، به ویژه در نمونه های بزرگ استفاده شود [10].

میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی همراه با میکروآنالیز طیف سنجی پراکندگی انرژی پرتو ایکس (EDX) و تصویربرداری الکترونی پس پراکنده (BEI) یک تکنیک تحلیلی ایده آل برای توصیف و تجسم ترکیب عنصری یک نمونه است. FE-SEM دارای وضوح فضایی کمتر از ۱ نانومتر و مزیت های دیگر، از جمله عملکرد بهبود یافته در ولتاژهای شتاب پایین است. این ویژگی ها، FE-SEM را به روش جدیدی بر اساس تصاویر با وضوح بالا برای مطالعات علوم زیستی تبدیل کرده است [11].

### ۳- نتیجه گیری

FE-SEM یک ابزار بسیار قدرتمند برای مطالعات فراساختار سلولی و بافتی به تنهایی یا در ترکیب با داده های بیوشیمیایی ارائه شده توسط میکروسکوپ فلورسانس است. تصویربرداری مشابه TEM، از سطوح برش بلوک های بافتی که در برابر پرتو الکترونی غیرقابل نفوذ هستند، یا بخش های بافت فوق نازک یا نیمه نازک نصب شده بر روی بسترهای جامد، مانند اسلاید شیشه ای را امکان پذیر می کند. این ویژگی مطالعات فراساختاری را در سطوح بزرگ نمونه های بیولوژیکی، ساده و تسریع می کند.

### ۴- منابع

1. Gao, Z., et al. (2020), *Ai*, **1**(1): p. 1-10.
2. Jusman, Y., et al. (2017), *Journal of Innovative Optical Health Sciences*, **10**(02): p. 1650045.
3. Cazaux, J. (2005), *Journal of microscopy*, **217**(1): p. 16-35.
4. Lewczuk, B. and N. Szyryńska (2021) *Animals*, **11**(12): p. 3390.
5. Koga, D., S. Kusumi, and T. Watanabe (2018) *Microscopy*, **67**(4): p. 196-206.
6. Reichelt, M., et al. (2020) *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, **68**(1): p. ۲۳-۹.
7. Rodríguez, J.-R., et al. (2018) *Frontiers in Neuroanatomy*, **12**: p. 14.
8. Goggin, P., et al. (2020) *Bone*, **131**: p. 115107.
9. Titze, B. and C. Genoud (2016) *Biology of the Cell*, **108**(11): p. 307-323.

# سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## The Third National Conference on Laboratory Equipments & Technologies

با مشارکت سه جانبه ی دانشگاه محقق اردبیلی، انجمن تحقیقات  
آزمایشگاهی ایران و شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)  
به همراه نمایندگان تجهیزات، مواد و صنایع وابسته آزمایشگاهی  
و نشست سالانه شبکه آزمایشگاه های علمی ایران (شاعا)

[www.LabUMA2022.ir](http://www.LabUMA2022.ir)

10. Erlandsen, S.L., C. Frethem, and Y. Chen (2000)*Journal of Histotechnology*, **23**(3): p. 249-259.
11. Havrdova, M., et al. (2014)*Micron*, **67**: p. 149-154.