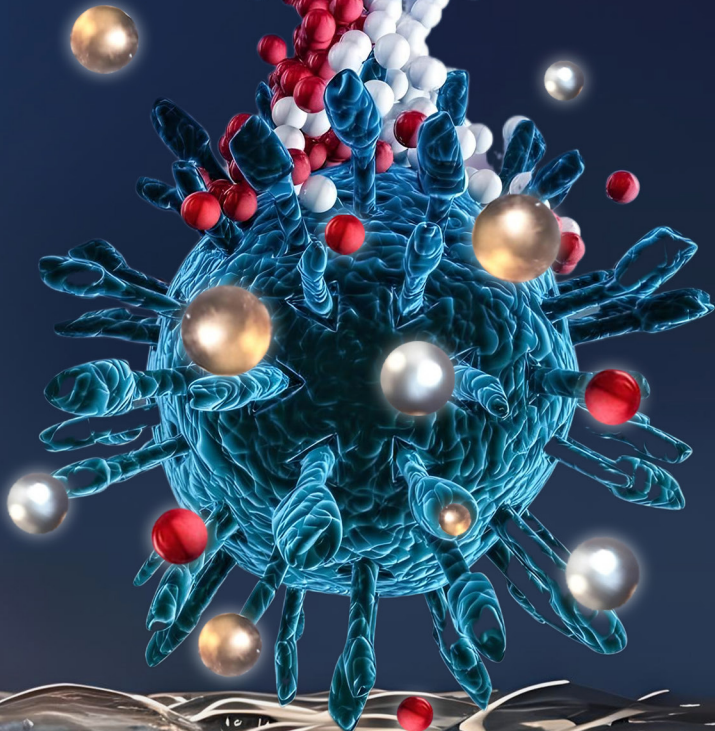
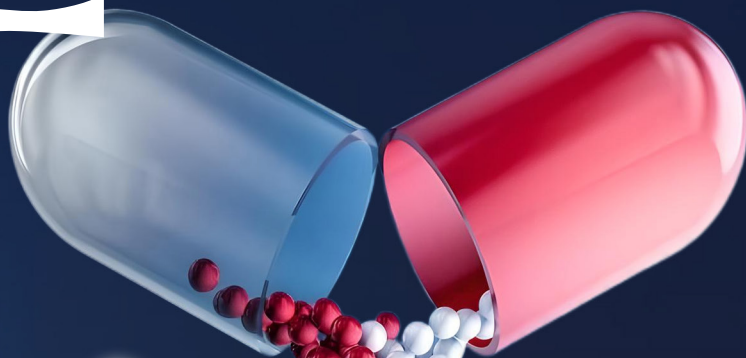


# فصلنامه علمی دانشجویی

# شیمی دانشگاه الزهراء (س)

# سال شانزدهم - شماره ۳۰ زمستان ۱۴۰۲





## شناسنامه:

فصلنامه علمی دانشجویی شیمی دانشگاه الزهرا (س)  
صاحب امتیاز: انجمن علمی دانشجویی شیمی دانشگاه الزهرا (س)

مدیر مسئول: مریم پورشهباز زودلی  
سردبیر: مینا تاجیک

هیئت تحریریه: مائده دولتی، زهرا یوسفی کازرونیان، زهرا عسکراد، صفا خسروی،  
زینب کریمی پور هروانی، فاطمه سادات حسینی، زهرا جلالیان، سیده فاطمه رضوی،  
هما مودی، غزال حسن زاده پندزاری، بهاره کاظمی نیا، مینا تاجیک

ویراستار علمی: دکتر مرصع صمدی امین  
گروه ویراستاری: مینا تاجیک، مریم پورشهباز زودلی، بهاره کاظمی نیا

استاد مشاور: دکتر مرصع صمدی امین

صفحه آرا و طراح جلد: مرضیه انبری  
همکاران هنری: ملیکا ساری، مینا تاجیک

همکاران: بهاره کاظمی نیا، زهرا عسکراد، مبینا محمدعلیزاده نوبر، ایمان ستایش فر

نشانی: تهران، ونک، ده ونک، دانشگاه الزهرا(س)،  
اداره کل امور فرهنگی دانشگاه الزهرا(س)  
تاریخ انتشار: زمستان ۱۴۰۲



کد پستی: ۱۹۹۳۸۹۳۹۷

kimiyagaranjournal.alzahra@gmail.com

@kimiyagaran\_journal

به نام آنکه هستی جان از او یافت





# فهرست:

## شیمیست مناسب را با منصب خالی را با شیمیست مناسب پیدا کنید!

چهار- پنج سال پیش، آن روزها که برای کنکور کارشناسی درس می‌خواندم، یک معلم ریاضی خیلی خوب و در عین حال جدی داشتم که گاهی برای نوشتن برنامه درسی و انتخاب رشته هم بچه‌ها را راهنمایی می‌کرد. حرف همیشگی‌اش این بود که دانش‌آموز رشته ریاضی باید نصف وقت شیمی خواندنش را به زدن تست ریاضی اختصاص بدهد تا بتواند در رشته‌های مهندسی دانشگاه‌های تراز اول قبول بشود. نظرش این بود که تنها با مهندسی می‌شود پیشرفت کرد. می‌گفت: «حق ندارید علوم پایه را در لیست انتخاب رشته‌تان وارد کنید!»

به شدت با این حرف‌هایش مخالف بودم. از همان روزها با خودم تصمیم گرفتم شماره تلفنش را نگه دارم و وقتی یک روزی با شیمی به جایی رسیدم، به او زنگ بزنم و بگویم: «آقای فلانی! با شیمی هم می‌توان کارهای بزرگی کرد!»

در جامعه ما در حق علوم پایه کم لطفی شده. کسی دید مثبتی به آن ندارد. شاید به خاطر نبودن پیشوند «دکتر، مهندس» و یا شاید هم به خاطر این که گمان می‌رود کاری برای این رشته‌ها نیست. در این مدتی که در کیمیاگران فعالیت کردم، همیشه سعی داشتم شیمی را آن طور که باید به دیگران معرفی کنم و بگویم آن قدر گسترده است که به قول شاعر: «ز پیداییست، پنهان!»

همه می‌دانیم که شیمیست‌ها می‌توانند به عنوان کارشناس آزمایشگاه، مسئول کنترل کیفیت، کارشناس تحقیق و توسعه، یا در جاهایی مثل شرکت‌های دانش بنیان و تیم‌های تحقیقاتی کار کنند؛ اما فکر می‌کنم جای فارغ‌التحصیلان شیمی، یک جایی بدجور خالیست؛ نهادها و سازمان‌های مدیریتی.

جامعه امروزی ما پر از مشکلاتی است که با راهنمایی شیمیست‌ها حل می‌شود یا دست‌کم بهبود می‌یابد. مسائل مربوط به تأمین انرژی، مدیریت آب و فاضلاب، نابودی محیط زیست، خروج کلان ارز از کشور بابت خرید مواد اولیه کارخانه‌ها و...

در هر سازمان و نهاد مدیریتی، باید مدیر لایقی باشد که با یک شیمیست کار درست مشورت کند و با مسائل علمی برخورد کند، راهکارهای عملی بدهد و با کمک یک گروه تحقیقاتی، برای حل چالش‌ها تلاش کند. یک مشاور اقتصادی داشته باشد که منابع مالی پیاده‌سازی این راهکارهای ارائه شده را به درستی تأمین کند. یک کارشناس بوم‌شناسی تا شرایط محیط زیستی را ببیند. یک مشاور دیگر؛ تا طرحی کارآمد برای آشنا کردن جامعه با راهکارهای علمی پیاده کند. یک نفر دیگر؛ تا...

اخیرا بنیاد ملی نخبگان طرحی برای جذب استعدادها برتر علاقمند به فعالیت در امور اجرایی را به طرح‌هایش اضافه کرده‌است که امیدوارم نتیجه بخش باشد. آرزو می‌کنم روزی برسد که هر مدیری در هر سازمانی، چنین تیم قدرتمند و همه‌جانبه‌ای داشته باشد؛ چرا که دنیای امروز، دنیای کارهای بین رشته‌ایست و همکاری بین انسان‌ها و تخصص‌هاست که علم را به عمل تبدیل می‌کند و جامعه را بهبود می‌بخشد. به امید آن روز!

مینا تاجیک  
سردبیر

۴	راهکاری برای دستیابی به منبع کربن	<h3>دور دنیا چه خیر؟</h3> <p>سخن سردبیر: منصب خالی را با شیمیست مناسب پر کنید!</p>
۵	معمایی که در ساختار پلیمرها کشف شد	
۶	نانو؛ به رنگ طلایی	
۹	بیست و نهمین کنفرانس ملی شیمی آلی برگزار شد.	<h3>رویداد</h3>
۱۰	حضور شتاب‌دهنده‌ها و واحدهای فناور در نمایشگاه دستاوردهای پژوهشی فن بازار	
۱۱	به مناسبت روز موش کور	
۱۴	سازه‌های اتمی مقدمه‌ای بر چارچوب‌های آلی- فلزی	<h3>پرونده</h3>
۲۰	سنتز و بررسی کاربرد MOFها در سیستم‌های دارو رسانی	
۲۴	واکنش‌های سینمایی	
۲۶	خواص باور نکردنی فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها	
۲۸	مروری بر فوتوکاتالیست‌ها و عملکرد آنها در حذف آلاینده‌های صنعتی	
۳۴	از تاریخ چه خبر؟	<h3>تقویم شیمی</h3>



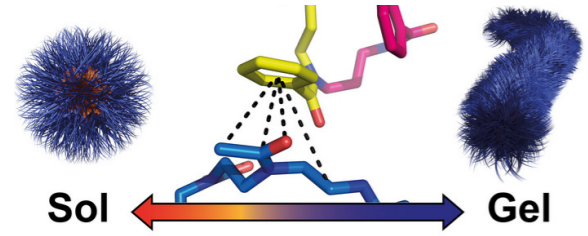
# دور دنیا چه خبر؟



مأده دولتی  
maedehh8843@gmail.com  
کارشناسی شیمی محض الزهرا (س)

## معمایی که در ساختار پلیمرها کشف شد

سروکار داریم کاملاً متفاوت است. عجیب آن است که این ژل‌ها از نظر ساختار شیمیایی قادر به ایجاد پیوند هیدروژنی با یکدیگر نیستند. ظاهراً محققان به مکانیسم ناشناخته‌ای از تشکیل ژل برخورد کرده بودند.



یک تیم تحقیقاتی، متوجه شکلی غیرمعمول در هیدروژل‌ها شد که تا به حال این‌گونه تشکیل نشده بودند. آنها این تشکیل غیرمعمول هیدروژل را هنگامی مشاهده کردند که تحقیقاتی بر روی پلیمرهای مربوط به نانوپزشکی، به‌ویژه برای دارورسانی انجام می‌دادند.

هیدروژل‌ها از نظر شیمیایی مولکول‌های پلیمری، بلند و سه بعدی هستند که می‌توانند مولکول‌های آب را جذب کرده و نگهداری کنند. بسیاری از افراد بدون اینکه بدانند از هیدروژل‌ها استفاده می‌کنند، به عنوان مثال هیدروژل‌ها به عنوان سوپرجاذب در پوشک کودکان، مایعات زیادی را جذب می‌کنند. در این فرآیند، مواد اولیه، خشک شده و ژله مانند می‌شوند اما خیس نمی‌شوند.

پروفسور لوکسنهوفر با همکاری چند متخصص در تعیین خصوصیات نانوذرات ساخته شده از پلیمرها، نگاه دقیق‌تری به شکل عجیب تشکیل ژل انداخت و این داستان، معمای پیچیده‌ای بود که حل آن ۲ سال به طول انجامید.

وی گفت: ما توانستیم مکانیسم ناشناخته‌ای را شناسایی کنیم؛ زیرا از طیف گسترده‌ای از ابزارهای تحلیلی استفاده کردیم. با این حال، در پایان، این پیشرفت با روش‌های مختلف طیف‌سنجی NMR حاصل شد.

به گزارش Eurek Alert در اکتبر ۲۰۲۳، در گروه کاری رابرت لوکسنهوفر، پروفسور شیمی دانشگاه ورتسبورگ آلمان، مناسب بودن هیدروژل‌ها برای ساخت زیستی در حال آزمایش است. از هیدروژل‌ها می‌توان برای چاپ سه‌بعدی به عنوان ساختارهای داربست استفاده نمود، تا سلول‌ها به سطح آن متصل شوند. بدین ترتیب، می‌توان بافت‌های مصنوعی برای تحقیقات پزشکی و درمانی تولید کرد.

این پلیمرها، به صورت نانوذرات کروی در آب در دمای ۴۰ درجه تشکیل می‌شوند و هنگامی که آب تا دمای زیر ۳۲ درجه سرد می‌شود، کره‌ها به صورت ساختارهایی کرم مانند در می‌آیند و یک ژل تشکیل می‌شود و با گرم کردن محیط این ذرات دوباره حل می‌شوند. لوکسنهوفر در این باره توضیح داد: این رفتار در پلیمرهای مصنوعی بسیار نادر و کاملاً غیرمنتظره بود. تشکیل ژل معمولاً به دلیل پیوندهای هیدروژنی است؛ نیروهای جاذبه بین گروه‌های عاملی قطبی که شامل اتم‌های هیدروژن است، اثر تثبیت‌کننده دارند. چنین فعل و انفعالاتی به عنوان مثال برای ساختار و عملکرد پروتئین‌ها اهمیت اساسی دارند. با این حال، همه موارد در مورد پلیمرهایی که در اینجا با آن‌ها



ترزا زورن، از محققان این پروژه متوجه شد که در این مورد برهمکنش‌های خاص بین گروه‌های آمیدی محلول در آب و حلقه‌های فنیلی در بلوک‌های ساختمانی پلیمری غیرمحلول در آب، دلیل اصلی تشکیل ژل است. باعث شگفتی است که این فعل و انفعالات باعث می‌شود که نانوذرات کروی متراکم شوند و به ساختارهای کرم مانند تبدیل شوند.

این مکانیسم‌های تازه کشف شده تشکیل هیدروژل به سایر پلیمرها و برهمکنش آن‌ها با بافت‌های بیولوژیکی نیز مرتبط است و این نتایج برای توسعه محصولات همچون لنزهای چشم کاربرد خواهند داشت.



منبع:

<https://www.ics.ir/fa/content/detail/22444>

در گذشته نیز کاتالیزورهای متعددی از فلزات نجیب وجود داشته‌اند؛ اما نکته حائز اهمیت، هزینه بالای این فلزات بوده‌است که کاربرد آن‌ها را محدود می‌کرده است. از طرفی استفاده از کاتالیزورهای فلزات غیرنجیب بر پایه فلز مس نیز جزو پرکاربردترین کاتالیزورها بوده، اما نکته قابل توجه در این مورد، ظرفیت پایین مس است که فعالیت و پایداری طولانی مدت آن را محدود می‌کند. در نتیجه بهترین راهکار این است که پژوهشگران به دنبال راهی برای افزایش ظرفیت مس باشند.

تاکنون گاز کربن دی‌اکسید تنها به عنوان آلاینده‌ای خطرناک برای محیط زیست و گازی آسیب‌زننده برای دستگاه تنفسی انسان شناخته می‌شد که موجب افزایش گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه گرمایش زمین می‌شد. این موارد، محققان را به دنبال راهکارهایی برای دفع این مولکول در شرایط مناسب و یا در مرحله بالاتر به دنبال استفاده مفید از این گاز در جهت بهبود فرآیندهای گوناگون سوق داد.

نتایج این یافته‌ها به تازگی در ژورنال The American Chemical Society منتشر شده است.

منبع:

<https://www.ics.ir/fa/content/detail/22461/>

## راهکاری برای دستیابی به منبع کربن

به تازگی رویکردی جدید در طراحی نانوکاتالیست‌ها برای کاهش میزان CO<sub>2</sub>، با پایداری و کارایی بسیار بالا معرفی شده‌است. این کاتالیزور بر پایه مس بوده که در آن Cu، برای تبدیل CO<sub>2</sub> به CO انتخاب شده است.

به نقل از انجمن شیمی آمریکا، تیمی از پژوهشگران به سرپرستی پروفسور Vivek polshewttiwar در موسسه تحقیقاتی TIFR، در اکتبر سال ۲۰۲۳، با استفاده از مفهوم برهمکنش‌های پشتیبانی فلزی قوی (SMSI)، فعالیت کاتالیزوری و پایداری کاتالیزور مس را بهبود بخشیدند. در نتیجه تحقیقات انجام شده، این پژوهشگران یک کاتالیزور با سایت‌های مس فعال روی نانوسیلیکا فیبری پوشیده شده با اکسید تیتانیوم (DFNS/TiO<sub>2</sub>-Cu) را معرفی کردند. در واقع اتفاقی که می‌افتد به این صورت است که مورفولوژی فیبری و سطح بالایی که DFNS/TiO<sub>2</sub> دارد، باعث پراکندگی بهتر و بارگذاری بالای سایت‌های فعال نانوذرات مس می‌شود و در نتیجه آن، این کاتالیزور با عملکرد عالی برای کاهش CO<sub>2</sub> با بهره‌وری  $\frac{mmol}{g \cdot h}$  5350، از تمام کاتالیزورهای حرارتی مبتنی بر مس عملکرد بهتری داشته‌است. همچنین مشخص شده‌است که تبدیل CO<sub>2</sub> به CO، یک مسیر در واکنش اکسایش-کاهش با کمک هیدروژن را دنبال می‌کند.



فارغ‌التحصیل باید بتوانم مهارت‌های شخصی‌ام را توسعه بدهم. این مسابقه این امکان را برای من فراهم کرد.

#### بجز رسیدن به این هدف، که اندکی شخصی بود، شرکت در این رقابت چه مزایای دیگری دارد؟

امتیاز بنیاد ملی نخبگان (تا ۷ نفر اول)، گرنت پژوهشی، جایزه نقدی، طرح‌های مختلف و تسهیلات (مثل اعطای وام مسکن، تسهیلات در استخدام و انجام خدمت سربازی در قالب پروژه)، اخذ گواهی توانمندی تدریس و مجوز فعالیت به عنوان مدرس ستاد نانو، مجوز حضور در نانو استارت آپ‌ها

#### چگونه از آزمون مطلع شدید؟ و چه زمانی شروع به برنامه ریزی کردید؟

از طریق انجمن نانوتکنولوژی دانشگاه با این آزمون آشنا شدم. به خاطر علاقه زیاد به نانو، تصمیم گرفتم که نهایت تلاشم را صرف این مسابقه کنم.

#### از چه منابعی برای مطالعه استفاده کردید؟

در سایت آموزش فناوری نانو، مقالاتی را مخصوص این مسابقه گردآوری کرده‌اند. تعداد این مقالات بسیار زیاد بود و همین باعث شد زمان کافی برای مطالعه کتب دیگر نداشته باشم؛ اما به صورت کلی سوالات آزمون از همین مقالات هستند و نیازی به منبع دیگری نیست.

#### برای آمادگی در این رویداد در کلاس یا دوره‌ای شرکت کردید؟

نهادهای ترویجی، رابط ستاد نانو و شرکت کنندگان هستند که در دانشگاه‌های مختلف فعالیت می‌کنند. نهاد دانشگاه الزهرا هم دوره‌هایی را با کمک مدرسین ستاد برگزار کردند و من از شرکت در این دوره‌ها خیلی راضی بودم.

فصل پاییز با همان هیاهوی همیشگی از راه رسید و در این میان خبرهایی از ثبت نام در یک مسابقه‌ی بزرگ را نوید داد؛ مسابقه‌ی ملی نانو. این مسابقه هر سال توسط ستاد نانو به صورت سراسری در کشور برگزار می‌شود. مسابقه ملی نانو بزرگترین رقابت علمی در حوزه فناوری نانو است که هر ساله توسط کارگروه ترویج و آموزش عمومی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو با حضور هزاران نفر از مشتاقان این فناوری برگزار می‌شود. کلیه دانشجویان علاقه‌مند به حوزه نانو در تمامی مقاطع و رشته‌های دانشگاهی، بدون محدودیت مقطع و رشته، امکان شرکت در این رویداد را دارند. البته فارغ‌التحصیلان دانشگاهی نیز در صورتی که حداکثر ۲ سال از پایان آخرین مقطع تحصیلی‌شان گذشته باشد، امکان شرکت در این مسابقه را خواهند داشت.

این مسابقه سه مرحله دارد. مرحله اول به صورت مجازی در تیر ماه، مرحله دوم به صورت حضوری در مرداد ماه و مرحله سوم در شهریور ماه و به صورت ترکیبی از تئوری و عملی در جزیره کیش برگزار می‌شود.

مزایای قابل توجه این رویداد باعث شده مخاطبان زیادی را به خود جلب کند. در دوره دوازدهم این مسابقات که در تابستان امسال برگزار شد، خانم پریسا عاجلو برای نخستین بار توانست مدال طلای این مسابقه را برای دانشگاه الزهرا به ارمغان بیاورد.

پریسا عاجلو، دانشجوی ساعی و با انگیزه‌ی ورودی شیمی‌کاربری ۹۸ است. منظم بودن و پرسشگری از ویژگی‌های بارز ایشان است. در مصاحبه‌ای دوستانه با خانم عاجلو از مسابقه نانو و فراز و نشیب‌های طی شده در این رخداد جويا خواهیم شد.

#### خانم عاجلو؛ دوستان و اطرافیان شما روحیه پرسشگر و علاقمند شما را به یادگیری دیده‌اند. انگیزه اصلی شما برای شرکت در مسابقه چه بود؟

من همیشه به شرکت در مسابقات علمی علاقه زیادی داشتم و تصور ذهنی من هم این بود که گرچه در دوره کارشناسی پایان نامه‌ای برای دانشجویها در نظر گرفته نشده اما در کنار گرفتن مدرک، به عنوان یک دانشجوی



# نانو؛ به رنگ طلائی

گفتگو با برنده مدال طلای دوازدهمین مسابقه ملی نانو

زهرا یوسفی کازرونیان  
zahra.yousefi98chem@gmail.com  
کارشناسی شیمی محض الزهرا (س)



"برای من نانو مثل نقشه گنجی بود که دوست داشتم بیشتر و بیشتر در آن جستجو کنم تا بتوانم گنج را پیدا کنم."





## بیست و نهمین کنفرانس ملی شیمی آلی برگزار شد.

زهرا عسکراد

zhrad7@gmail.com

کارشناسی شیمی محض الزهرا (س)



بیست و نهمین کنفرانس شیمی آلی در تاریخ ۱۰ الی ۱۲ آبان ۱۴۰۲ از سوی انجمن شیمی ایران و میزبانی دانشگاه قم برگزار شد.

این کنفرانس، چالش‌های مرتبط با زمینه‌های شیمی آلی و کلیه زیرشاخه‌های آن را شامل می‌شود. برگزارکنندگان، بستری مناسب برای تمامی محققان، صنعتگران و دانشمندان فراهم می‌کنند تا مقالات، داده‌ها و تجربیات خود را به اشتراک گذاشته و شرکت‌کنندگان را با دانش روز و پژوهش‌های نوین در زمینه‌های مختلف شیمی آشنا کنند. کنفرانس امسال به میزبانی دانشگاه قم برگزار شد و آقایان دکتر مصطفی کیامهر، دبیر علمی کنفرانس و دکتر محمود زارعی دبیر اجرایی کنفرانس بودند. این کنفرانس هرساله در یکی از استان‌های ایران برگزار می‌شود و دانشگاه میزبان امکان اسکان را برای شرکت‌کنندگان فراهم می‌کند. محورهای اصلی کنفرانس به شرح زیر می‌باشند:

۱. کاتالیزورها (نانو کاتالیزورها، بایو کاتالیزورها، ارگانو کاتالیزورها و...)
۲. صنایع شیمیایی (آرایشی بهداشتی، صنایع غذایی، دارویی و ...)
۳. محیط زیست، انرژی‌های نو و تجدیدپذیر
۴. شیمی ترکیبات طبیعی و فیتوشیمی
۵. شیمی سبز و توسعه پایدار
۶. شیمی هتروسیکل
۷. شیمی آلی محاسباتی
۸. سنتز مواد آلی
۹. شیمی پلیمر
۱۰. فتوشیمی
۱۱. نانو شیمی

منبع:

<https://occ2023.qom.ac.ir/>  
<https://www.ics.ir/fa>

### چه روشی را برای مطالعه منابع انتخاب کردید؟

نظر شخصی من این است که برای قبولی در این آزمون برنامه ریزی صحیح حرف اول را می‌زند چون تعداد مقالات بسیار زیاد است. هنر در این است که اکثر مقالات به طور دقیق مطالعه شوند.

من در ابتدا سعی کردم مفاهیم جدید را یاد بگیرم و پس از یادگیری عمیق، آنها را در ذهنم طبقه بندی کردم. بدین ترتیب توانستم شبکه‌ای از مطالب را در ذهنم شکل دهم. مباحث مقالات برایم بسیار شیرین بودند و اصلاً خسته ام نمی‌کردند. برای من نانو مثل نقشه گنجی بود که دوست داشتم بیشتر و بیشتر در آن جستجو کنم تا آگاهی بیشتری پیدا کنم و بتوانم گنج را پیدا کنم.

### گفتید تعداد مقالات خیلی زیادند؛ آیا از خلاصه نویسی یا تکنیک خاص دیگری در مطالعه منابع استفاده کردید؟

خلاصه نویسی روش بسیار خوبی است اما من زمان کافی برای پیاده سازی این تکنیک را نداشتم. از آنجایی که دانشجو هستم، زمان زیادی را طی رفت و آمد به دانشگاه از دست می‌دادم. به خاطر همین، صدای خودم را هنگام مطالعه ضبط و سپس در مسیر به فایل‌های صوتی گوش می‌کردم. این روش کمک زیادی به من کرد.

### مطالب و مقالات را چطور مرور کردید؟

من همیشه موقع مطالعه، علاوه بر نکته‌برداری، مطالب مهم هربخش را نشانه گذاری و خط‌کشی می‌کنم. بدین ترتیب یک‌سری نکات کوچک ولی کلیدی تهیه می‌شود. این موارد به همراه ویس‌هایی که از قبل تهیه کرده‌بودم، کمک کردند تا مرور سریعی بر روی مباحث داشته باشم.

### سطح سوالات برای مقطع کارشناسی مناسب بود؟

سطح سوالات هر مرحله با مرحله بعد متفاوت است. به عبارت دیگر باید گفت در مرحله اول سوالات به نسبت آسان است اما در مرحله دوم سوالات پیشرفته می‌شوند و ماهیت مفهومی به خود می‌گیرند؛ بنابراین مطالب را باید بسیار عمیق یاد گرفت.

### آزمون عملی شامل چه مواردی بود؟

آزمون عملی شامل دو بخش است؛ آزمون کتبی و ارائه در مقابل داورها که این قسمت مشابه دفاع از پایان نامه ارشد یا دکتری است.

### سطح علمی سایر شرکت کنندگان را چطور می‌دیدید؟

اشخاصی که در دوره دوازدهم من را همراهی می‌کردند اکثراً از دوستان رشته‌های پزشکی و پیراپزشکی بودند و طبیعتاً از لحاظ سطح علمی انسان‌های توانمند، با انگیزه و پشتکاری بودند. واقعا خوشحالم که با این مسابقه توانستم مدتی را در کنار افرادی از این رشته‌ها- به خصوص از مقطع تحصیلات تکمیلی- بگذرانم و دانش و تجربه خیلی زیادی از آنها یاد گرفتم.

### چطور خبردار شدید که جزء برندگان مسابقه هستید؟ از آن روز برایمان بگویید.

موقع اعلام نتایج مرحله دوم، حدود ساعت ۳ بعدازظهر بود که خواب بودم و ناگهان گوشی‌ام زنگ خورد. از ستاد نانو تماس گرفته‌بودند و اطلاعاتم را خواستند. من همان طور که در عالم خواب و بیداری بودم جواب تلفن را دادم و حتی نپرسیدم به چه دلیل این اطلاعات را می‌خواهند!!! بعد از اینکه تلفن را قطع کردم تازه به خودم آمدم و گفتم حالا از کجا معلوم واقعا از بنیاد بوده‌اند!!

چند روزی منتظر اعلام نتایج مسابقه ماندم. بعد از مدت کوتاهی مشخص شد که در مرحله‌ی دوم موفق به کسب رتبه‌ی هشتم شده‌ام و به مرحله سوم راه پیدا کرده‌ام. کسی هم که به مرحله سوم راه پیدا می‌کند قطعاً جزو مدال آوران است. حس عجیبی داشتم؛ بیشتر خوشحالی مادرم من را خوشحال می‌کرد.

### از حس و حال خودتان در مراسم اهدای جوایز برایمان بگویید!

قبل از مراسم اهدای جوایز مدال آوران از رنگ مدال خود خبر ندارند. حقیقتش، اصلاً باورم نمی‌شد که برنده مدال طلا باشم. از طرف دیگر همه اشخاص عزیز و ارزشمند زندگی‌ام هم در آن مراسم حضور داشتند. واقعا حس عجیبی بود؛ ترکیبی از ترس، خوشحالی و استرس.

### حالا که در این مسابقه برنده شدید، برنامه بعدی‌تان چیست؟

ان شالله شرکت در کنکور کارشناسی ارشد و بعد هم المپیاد دانشجویی شیمی.

### ده سال دیگر پریسا عاجلو کجا نشسته است؟

آرزویم تاسیس یک شرکت است. البته هنوز در مورد حوزه فعالیت‌م فکر نکرده‌ام ولی تصمیم دارم تمام تلاشم را به کار بگیرم و این آرزویم را عملی کنم.



# NATIONAL CHEMISTRY WEEK

## به مناسبت روز موش کور

زینب کریمی پور هروانی  
zeinabkarimypoor@gmail.com  
کارشناسی شیمی محض الزهرا (س)

آمریکا مطرح شد تا قشرهای مختلف تحصیلی و یا حتی عموم مردم از اهمیت و کاربرد شیمی در کیفیت زندگی مطلع شوند.

### ایده هفته ملی شیمی از کجا و چه زمانی آغاز شد؟

در سال ۱۹۸۶ جورج پیمنتل، رئیس وقت انجمن شیمی آمریکا، ایده‌ای برای آموزش بهتر مردم در مورد نقش حیاتی شیمی در زندگی روزمره ارائه داد. اولین روز ملی شیمی در آمریکا در ۶ نوامبر ۱۹۸۷ برگزار شد. در سال ۱۹۸۹، روز ملی شیمی توسط هیئت مدیره انجمن شیمی آمریکا تصویب شد و در نهایت این روز توسط افراد انجمن به یک جشن سالانه تبدیل شد که در اواخر اکتبر برگزار می‌شود. این روز، در سال ۱۹۹۳ به هفته ملی شیمی تغییر داده شد.

هفته شیمی فقط به آمریکا محدود نمی‌شود، بلکه در کشورهای دیگر از جمله ایران، این بازه برای علاقه‌مندان شیمی وجود دارد. طبق گزارشی که از ایمنای در دسترس است، هفته ملی شیمی و روز جهانی مول، ۲۲ تا ۲۸ اکتبر (اول تا ششم آبان ماه) توسط دانش‌آموزان و دانشجویان کشورهای آفریقا، استرالیا و... جشن گرفته می‌شود.

خود را در حال پختن کیک تصور کنید؛ شما به مقدار معینی از هر ماده نیاز دارید. با آرد زیاد؛ کیک شما خشک می‌شود. شکر کافی نیست؟ پس کیک شما هم کم شیرین است. شیمی هم همین طور عمل می‌کند؛ اما به جای پیمانه و قاشق چای‌خوری، شیمی‌دانان از واحدی به نام مول استفاده می‌کنند.

هفته سوم اکتبر، هر ساله با **هفته ملی شیمی** شناخته می‌شود و با **روز جهانی مول** آغاز و جشن گرفته می‌شود. شاید تعجب کنید که چرا ما روز جهانی مول را جشن می‌گیریم!

آیا به این دلیل است که دانشمندان اعداد بزرگ را دوست دارند؟ نه!

ما روز مول را جشن می‌گیریم؛ زیرا به ما کمک می‌کند دنیای کوچک و نامرئی اتمها و مولکولها را درک کنیم. فقط فکر کنید هر نفسی که می‌کشید، هر لیوان آبی که می‌نوشید، هر لقمه غذایی که می‌خورید، شامل اتمها و مولکولهای بی‌شماریست. این شگفت‌انگیز نیست؟

### تاریخچه هفته شیمی

برای اولین بار، هفته شیمی توسط انجمن شیمی

های زیر می‌توانند پروژه‌ها و محصولات خود را عرضه کنند:

۱-تجهیزات و دستگاه‌های پیشرفته برای پژوهش، توسعه فناوری و تولید صنعتی

۲-نرم افزار و فناوری اطلاعات

۳-ماشین آلات و تجهیزات صنعتی برای تولید و فرآیندهای تولیدی

۴-خدمات و مشاوره فنی، آزمایشگاهی، تحقیقاتی و توسعه فناوری و خدمات آموزشی مرتبط با پژوهش و فناوری

۵-پروژه‌های پژوهشی در زمینه‌های مختلف

۶-محصولات نوآورانه

دانشگاهها، موسسات آموزش عالی، پژوهشگاهها و مراکز پژوهشی برای برگزاری این نمایشگاه همکاری می‌کنند. شعار نمایشگاه بین المللی پژوهش، فناوری و فن بازار «پژوهش و فناوری پیشران تولید دانش بنیان و اشتغال آفرین» است.

نمایشگاه بین المللی پژوهش، فناوری و فن بازار هر ساله در اواخر آذر ماه، در هفته پژوهش و فناوری به مدت ۳ الی ۴ روز با حمایت وزارت علوم، تحقیقات و فناوری برگزار می‌شود.

صفا خسروی  
safakhosravi27@gmail.com  
کارشناسی شیمی محض الزهرا (س)

## حضور شتاب‌دهنده‌ها و واحدهای فناور در نمایشگاه دستاوردهای پژوهشی فن بازار



بیست و چهارمین دوره نمایشگاه بین المللی پژوهش، فناوری و فن بازار در تاریخ ۲۰ تا ۲۲ آذر ماه ۱۴۰۲ در مصلا امام خمینی(ره) برگزار شد. این نمایشگاه بزرگ‌ترین و اصلی‌ترین رخداد صنعتی و تجاری ایران در حوزه تحقیق، پژوهش و فناوری است.

هدف اصلی از برگزاری این نمایشگاه ارائه دستاوردها و یافته‌های محققان، پژوهشگران و فناوران، تبلیغ فرهنگ پژوهش، شناسایی نیازهای پژوهشی و فناوری، برقراری ارتباط بین پژوهش، فناوران و دستگاه‌های اجرایی، ارتقای قدرت رقابت و تجاری سازی ایده‌ها می‌باشد.

این نمایشگاه، فرصتی است برای شرکت‌های فعال در صنعت تا دستاوردها و محصولات خود را به متخصصان و فعالان در حوزه مربوطه ارائه دهند. همچنین افراد نخبه و صاحب ایده می‌توانند دستاوردها و پیشرفت‌های پژوهشی خود را به مخاطبین عرضه نمایند.

از مزایای شرکت در این نمایشگاه می‌توان به معرفی نام و برند کسب و کار به جامعه، ارائه پروژه‌ها و تحقیقات به مخاطبان، برقراری ارتباط با کارآفرینان و اهالی صنعت، به اشتراک گذاشتن دانش و ارتقاء آن، توسعه کسب‌وکار و تجارت جدید اشاره کرد.

غرفه داران و گروه محصولات در نمایشگاه در دسته‌بندی

منبع:

<https://exhibitionmakers.com/tehran-international-exhibition-of-achievements-of-research-and-technology-fa/>

<https://moarefan.com/event/%D986%D985%D8%A7%DB%8C%D8%B4%DA%AF%D8%A7%D987-%D8%A8%DB%8C%D986-%D8%A7%D984%D985%D984%D984%DB%8C-%D9%BE%DA%98%D988%D987%D8%B4-%D988-%D981%D986%D8%A7%D988%D8%B1%DB%8C>

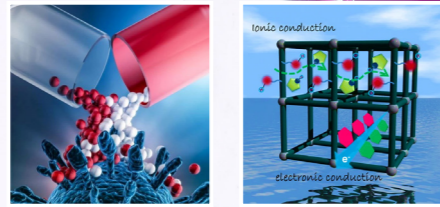


# پرونده

[پَ رُو دِه]، (اسم): بخش جدیدی در نشریه کیمیاگران که از زوایای مختلف به بررسی یکی از موضوعات روز علم شیمی می‌پردازد.

## پرونده ۱: چارچوب‌های آلی-فلزی

### Metal organic frameworks (MOFs)



- ساختار
- تاریخچه
- کاربرد
- چالش‌ها
- روش‌های سنتز
- دارورسانی هوشمند



### ۲۳ اکتبر روز جهانی مول و آغاز هفته ملی شیمی

۲۳ اکتبر، روز جهانی مول، جزو بهترین و خاص‌ترین تاریخ‌های تقویم برای دانشجویان و علاقه‌مندان به شیمی است و همین‌طور اولین روز از هفته ملی شیمی است. از این جهت بهتر است نگاهی اجمالی به تاریخچه این روز بیندازیم.

### تاریخچه روز مول

همان‌طور که می‌دانیم ۲۳ اکتبر، روز جهانی مول نام‌گذاری شده‌است. فردی که برای اولین بار این ایده را داد تا این تاریخ به عنوان روز جهانی مول نام‌گذاری شود، یک معلم شیمی آمریکایی به نام پروفیسور «موریس اوهرل»<sup>۲</sup> بود. او جوایز زیادی را در زمینه شیمی دریافت کرده بود. پیشنهاد او این بود که عدد آووگادرو را متناظر با شیوه تاریخ آمریکایی (ماه، روز، ساعت) معادل با ساعت ۶:۰۲ روز ۲۳ اکتبر در نظر بگیرند. جالب توجه است که اکتبر، ماه دهم میلادی است و ۲۳ اکتبر، از روی عدد آووگادرو که ۱۰ به توان ۲۳ است اقتباس شده است.

دیدگاه جالبی که در رابطه با کلمه مول وجود دارد این است که یکی از معانی این کلمه، در زبان انگلیسی «موش کور» است؛ به همین دلیل در بیشتر نقاشی‌ها و کاریکاتورها، نماد مول یک موش کور می‌باشد.

هفته شیمی برای اولین بار توسط انجمن شیمی آمریکا مطرح شد. طبق این برنامه، به طور سالانه، جوامع مختلف علاقه‌مند به شیمی، محصولات، منابع و خلاقیت‌های خودشان را در قالب بروشور یا تبلیغات رادیویی، تلویزیونی و یا در فضای مجازی ارائه می‌دهند. این هفته ملی، هر ساله یک موضوع به‌خصوص را به خود اختصاص می‌دهد و در مورد آن مطالبی را منتشر می‌کند.

در سال‌های گذشته، موضوعات خاصی که مورد توجه قرار گرفته‌اند به شرح زیر آمده‌اند:

سال	موضوع
۲۰۲۴	عکاسی و تصویر برداری
۲۰۲۳	سلامت و دارو
۲۰۲۲	فیبرها
۲۰۲۱	سرعت واکنش‌ها
۲۰۲۰	چسب‌ها
۲۰۱۹	فلزها
۲۰۱۸	فضای بیرونی
۲۰۱۷	شیمی خاک
۲۰۱۶	پزشکی قانونی
۲۰۱۵	رنگ‌ها
۲۰۱۴	آب‌نبات
۲۰۱۳	انرژی
۲۰۱۲	نانوتکنولوژی
۲۰۱۱	شیمی و سلامتی
۲۰۱۰	جلوه‌های ویژه فیلم
۲۰۰۹	جدول تناوبی
۲۰۰۸	شیمی ورزشی
۲۰۰۷	مشاغل در شیمی
۲۰۰۶	ایمنی مواد شیمیایی در خانه
۲۰۰۵	شیمی در اسباب بازی‌ها
۲۰۰۴	مواد غذایی و شیمی بدن
۲۰۰۳	شیمی اتمسفر
۲۰۰۲	صابون‌ها و شوینده‌ها
۲۰۰۱	شیمی و هنر
۲۰۰۰	شیمی در آشپزخانه
۱۹۹۹	شیمی پلیمر
۱۹۹۸	رنگدانه‌ها
۱۹۹۷	شیمی در هر جایی حضور دارد

### هدف از هفته شیمی

هدف از چنین هفته‌ای، رساندن پیام‌های مثبت در راستای علم شیمی، به عموم مردم به خصوص دانش‌آموزان دبستانی و دبیرستانی‌ست تا کاربرد شیمی در زندگی را درک کرده و به این رشته علاقه‌مند شوند تا اطلاعات مفید و مهمی را در این زمینه کسب کرده و به کار گیرند.

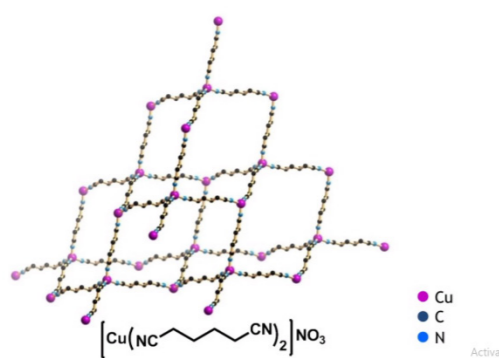


برای مشاهده منابع اسکن کنید

2. Morris Ohler



### Diamond-like open network with nitrate guests



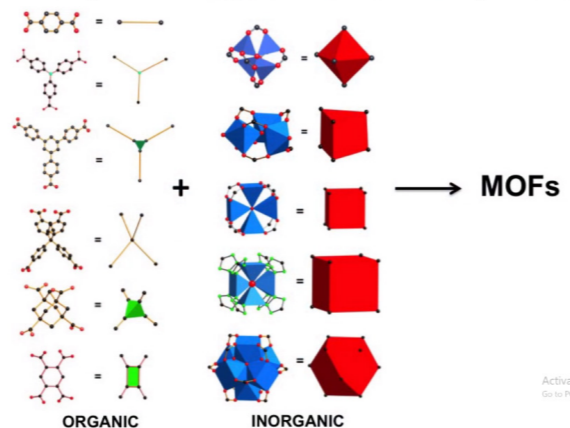
Kinoshita, Y., Matsubara, I., Higuchi, T. and Saito, Y. *Bull. Chem. Soc. Jpn* 1959, 32, 1221

شکل ۳- ساختار الماس مانند شبکه‌های سنتزی

در سال ۱۹۹۵ ذهنی خلاق با هدف جستجو راهی برای تحقق این رویای دیرینه پا به دنیای MOFها گذاشت. عمر یاغی، دانشمندی فلسطینی تبار، زاده اردن، با استفاده از تجارب پیشکسوتان خود سازه‌های اتمی خلق کرد. او سعی کرد با ایجاد تحول در ساختار مورد استفاده در سال ۱۹۵۹ و تغییر دادن ترکیب از حالت آلکیلی به آریلی، به طور مشابه یک چارچوب الماس مانند بسازد. او این کار را با ترکیب کردن بی پیریدین با مس در حضور مولکول‌های نیترات انجام داد. اما به دلیل مبادله‌ی نیترات‌ها با یون‌های دیگر، سازه بسیار شکننده بود و فرومی‌ریخت. او از کوشش دست نکشید و از این شکست نتیجه گرفت که باید به دنبال یک روش جدید برای ساخت چارچوب‌های آلی - فلزی صلب باشد تا بتواند تخلخل خود را حتی در غیاب مهمانان حفظ کند.

پروفسور یاغی تصمیم گرفت به جای گوشه‌های فلزی منفرد یا تقاطع‌ها، خوشه‌های صلب چند فلزی داشته

### Diversity of building units for reticular synthesis



شکل ۲- مورفولوژی‌های متفاوت سازه‌های آلی- فلزی

### تاریخچه

یکی از اولین تلاش‌ها برای به ظهور رساندن رویای ساخت سازه‌های مولکولی متخلخل در سال ۱۹۵۹ با تشکیل ساختار الماس مانند انجام شد اما متأسفانه با وجود تراکم بالا در سازه‌های الماس‌گون، این ترکیب به دلیل بلند بودن طول پیوندها، ساختاری باز را تشکیل می‌دهد. (شکل ۳) همین موضوع موجب می‌شود تا احتمال نفوذ در شبکه افزایش یابد و در نهایت از دسترسی به فضا جلوگیری شود. این ساختار دارای دو بخش میزبان و مهمان است که بخش میزبان به صورت شبکه‌ای مشتمل بر یون‌های مس می‌باشد که با پیوندهای ادیونیتریل به هم متصل شده‌اند و بخش مهمان نیز متشکل از مولکول‌های نیترات است. این ترکیب همانند نمونه‌های هم‌دوره‌ی خود تا پیش از سال ۱۹۹۵ به دلیل ساختار شکننده نتوانست مورد قبول واقع شود.

# سازه‌های اتمی

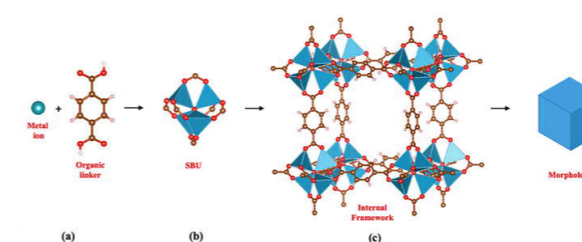
## مقدمه‌ای بر چارچوب‌های آلی- فلزی

بهاره کاظمی‌نیا

bahare.kazeminia2015@gmail.com  
کارشناسی شیمی کاربردی دانشگاه الزهراء(س)

مینا تاجیک

Mina.tajik1954@gmail.com  
کارشناسی شیمی کاربردی دانشگاه الزهراء(س)



شکل ۱- از اتصال گره‌های فلزی با لیگاندهای آلی، واحدهای ساختمانی ثانویه پدید می‌آید که با اتصالات لیگاندی به هم متصل شده و منافذی را پدید می‌آورند. آرایه‌ای از این ساختار، مورفولوژی نهایی را تشکیل می‌دهد.

ساختن سازه همیشه برای انسان از دیرباز رویایی بوده که توانسته است با تلاش آن را محقق سازد و با گذشت زمان آن را ارتقاء دهد. اما آیا این نیاز محدود به دنیای ماکروسکوپی است؟ دانشمندان سال‌های متمادی است که خیال ساخت سازه‌ای از جنس مولکول‌ها را در ذهن خود می‌پرورانند و گام‌هایی در این راستا برمی‌دارند. گام‌هایی که بشر را به دنیای اعجاب انگیز چارچوب‌های آلی- فلزی سوق می‌دهد.

### چارچوب‌های آلی- فلزی چیستند؟

دیگر به نوعی انعطاف پذیری ساختاری را نشان می‌دهند. در واقع خواص MOF به مواد اولیه مورد استفاده برای سنتز آن و نحوه اتصال آنها بستگی دارد. با طویل شدن زنجیره کربنی لیگاندهای پیوند دهنده، ساختار و تقارن ماده سنتز شده ثابت می‌ماند اما اندازه منافذ تغییر می‌کند. بنابراین اندازه ماکروسکوپی، مورفولوژی و فضای چارچوب داخلی از طریق سنتزهای کنترل شده، در اندازه و شکل مورد نظر قابل تنظیم می‌باشد. منافذ موجود در این چارچوب‌ها می‌توانند از طریق برهم‌کنش واندروالس، برهم‌کنش  $\pi-\pi$ ، پیوند هیدروژنی و یا از طریق جذب سطحی، توسط مولکول‌هایی (مولکول‌های عملکردی) پر شوند. (شکل ۲) در واقع در چارچوب‌های آلی- فلزی برهم‌کنش‌های میزبان- مهمان وجود دارد که در آن، چارچوب میزبان بوده و مهمان‌ها، مولکول‌های عملکردی می‌باشند.

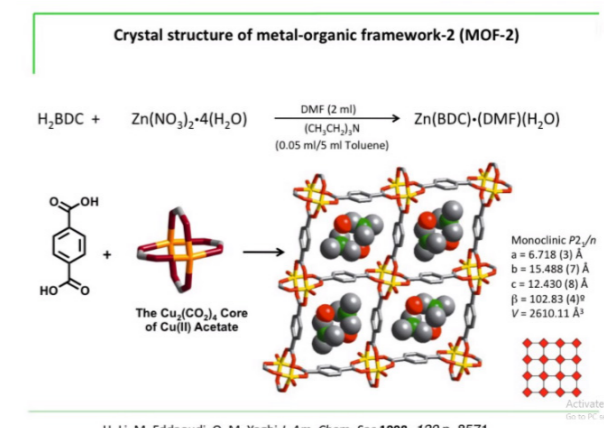
چارچوب‌های آلی- فلزی (MOF) مواد جدیدی هستند که از پیوندهای آلی و معدنی تشکیل شده‌اند. در این ترکیبات، یون‌های فلزی چند ظرفیتی (و گاهی تک‌ظرفیتی) به عنوان گره‌هایی وجود دارند که لیگاندهای دو، سه یا چهار دندانه (اغلب حاوی دو گروه اسیدی) تحت عنوان پیوند دهنده به آنها کوئوردینه شده‌اند. هماهنگی لیگاند با یون‌ها منجر به ایجاد یک شبکه کریستالی با هندسه تکرار شونده منظم می‌شود. این شبکه مانند آرایه‌ای از بلوک‌هاست که یک بافت متخلخل را تشکیل می‌دهد. هر یک از این بلوک‌ها با نام واحد ساختمانی ثانویه (SBU) شناخته می‌شود که مسئول توپولوژی نهایی چارچوب آلی- فلزی است. مجموعه واحدهای ساختمانی ثانویه به همراه منافذ خالی و تخلخل‌های میان آنها چارچوب نهایی را تشکیل می‌دهند. (شکل ۱) اکثر MOFها ساختارهای سفت و سختی دارند اما برخی

1. linker
2. secondary building unit



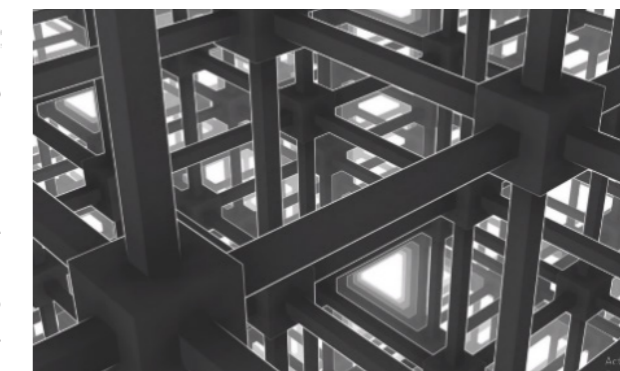
باشد. او این ترفند را به این گونه انجام داد که ابتدا مولکول‌های حلال که پرکننده منافذ بودند را تخلیه کرد و ساختار متخلخل ساخت. سپس در مرحله بعدی، این منافذ توانایی جذب گازهایی مانند نیتروژن و دی اکسید کربن را پیدا کردند و در نهایت موفق به ایجاد ایزوترم معمولی نوع ۱ شدند. منظور از معمولی، نمونه‌ای از مواد متخلخل است که در آن دوره کاربرد داشتند مانند زئولیت‌ها.

بنابراین ثابت شد که MOFها می‌توانند سازه‌ای با حداقل پایداری را تشکیل دهند. این در حالی است که مهمانانی نظیر مولکول‌های کوچک نیتروژن و دی اکسید کربن به راحتی می‌توانند به داخل ساختار وارد یا خارج شوند. این امر بدون آنکه تغییری در خصوصیات چارچوب به‌وجود بیاورد یا موجب فروپاشی آن شود، رخ می‌دهد. البته ساختارهایی مانند نمونه فوق‌الذکر معیبه نیز به همراه داشتند زیرا مساحت سطحی که از این نمونه‌ها به دست می‌آمد در مقایسه با آنچه که از زئولیت‌ها، مواد متخلخل مزو و کربن متخلخل (مواد متخلخل رایج در آن زمان) بدست می‌آمد، بسیار ناامیدکننده بود.



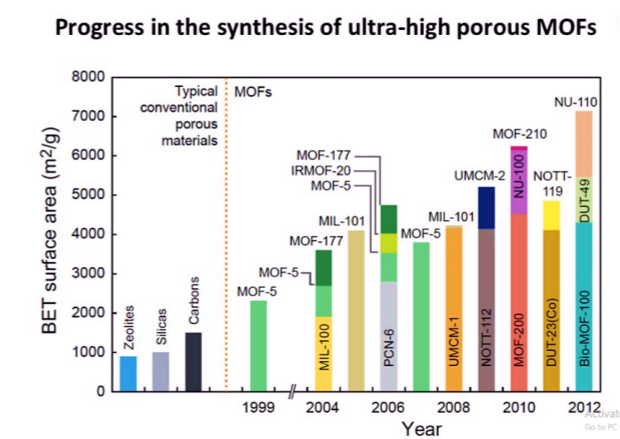
شکل ۴- تلاش‌های پروفیسور یاغی برای ساخت سازه‌های متخلخل

سیر علم؛ عمر یاغی را بر آن داشت تا روش به دست آمده را توسعه دهد و به آرزوی سالیانه دانشمندان جامه‌ی عمل بپوشاند. ایده‌ی او در سال ۱۹۹۹ از این قرار بود که ساختارهای سه بعدی مبتنی بر شبکه مکعبی اولیه تشکیل دهد؛ به صورتی که این ساختار از نقطه انشعاب شش طرفه و با پیوندهای Dike topic به یکدیگر متصل شده باشند. (شکل ۴)



او در آزمایشگاه با استفاده از ترفتالات و  $\text{ZnO}_4$  ایده خود را تحقق بخشید. ترفتالات و  $\text{ZnO}_4$  به ترتیب به عنوان ماده اصلی سازنده پلاستیک و کرم ضد آفتاب توانستند برای نخستین بار، پایه اصلی تشکیل دهنده‌ی انواعی از ساختارهای گسترده پایدار به نام MOF-5 باشند. این می‌تواند شروعی تازه برای MOFها باشد زیرا در ساختار ذکر شده بخش‌های آلی به عنوان پایه‌ها و بخش‌های معدنی به عنوان تقاطع‌ها عمل می‌کنند و سازه شبکه‌ای صلب را به همراه منافذی در مقیاس ۱ nm ایجاد می‌کنند. نمونه‌ی جامد میکرو بلوری حاصل شده به طور شگفت‌انگیزی می‌توانست به ازای هر گرم، مساحتی به اندازه ۲۹۰۰ متر مربع را پوشش دهد. این ویژگی منحصر به فرد توانست رکورد تمام مواد متخلخل شناخته شده تا آن مرحله را بشکند و فراتر رود. اگر مهمان این شبکه مولکول‌هایی گازی مانند هیدروژن یا کربن دی اکسید در نظر گرفته شود، پوشش دهندگی این ماده به ازای یک گرم می‌تواند مقیاسی معادل با یک زمین فوتبال را دربرگیرد.

از آن سال به بعد، شیمی مواد متخلخل و سنتزهای شبکه‌ای دگرگون شد و به طور گسترده‌ای رو به پیشرفت نهاد. اکنون می‌توان ساختارهای حالت جامد ماده‌ای خاص را طراحی کرد. بدین منظور می‌توان واحدهای آلی را برای ایجاد منافذ با عملکردهای مختلف، کاربردی کرد و همچنین منافذ را به گونه‌ای گسترش داد که روزه‌های بزرگتری در ساختار وجود داشته باشد. تمامی این تحولات را می‌توان بدون تغییر توپولوژی زیربنایی ساختار انجام داد. این یک انقلاب در طراحی ساختارها بود، زیرا در حال حاضر می‌توان انواع مولکول‌ها را با نقاط انشعاب مختلف اعم از آلی و معدنی با استفاده از دانش بسیار ساده‌ی شیمی ترکیب کرد و مواد کریستالی با کاربردهای خارق‌العاده ساخت. (شکل ۵)



شکل ۵- سیر تحول چارچوب‌های آلی فلزی تا سال ۲۰۱۲ میلادی. با توسعه این ساختارها، میزان تخلخل و مساحت سطح آنها افزایش یافته است.

پروفیسور عمر مونس یاغی امروزه دومین شیمی‌دان برتر جهان با بالاترین میزان استناد و دارای کرسی استادی در دانشگاه برکلی کالیفرنیاست. او همچنین مدیر و مؤسس مؤسسه علوم جهانی برکلی، عضو هیئت مدیره مؤسسه علوم نانو انرژی Kavli، و اتحادیه تحقیقاتی کالیفرنیاست.

وی در سال ۲۰۰۶ به عنوان یکی از ده دانشمند با استعداد دنیا شناخته شد و تا به امروز بیش از ۵۵ جایزه و مدال معتبر جهانی در طول دوران کاری پرافتخار خود دریافت کرده است. (شکل ۶)



شکل ۶- مراسم اهدای جایزه BBVA Frontiers of Knowledge در سال ۲۰۱۸

**کاربردها**

حوزه ساخت و توسعه چارچوب‌های آلی فلزی، یکی از رشته‌های پرطرفدار شیمی است که به سرعت در حال گسترش می‌باشد و آینده‌ی درخشانی برای آن در نظر گرفته می‌شود زیرا با وجود ساختار بسیار کوچک قادر بر حل مشکلات بزرگی نظیر آلودگی هوا، آلودگی آب، تأمین سوخت فسیلی کافی برای تمامی ساکنین زمین و... می‌باشد. MOFها می‌توانند در کاتالیز واکنش‌هایی که منجر به تولید انرژی پاک می‌شوند استفاده شوند. ذخیره و جداسازی هیدروژن، متان، دی اکسید کربن، آب و مواد آلی فرار از جمله کاربردهای این سازه‌هاست. از این ساختارها در تبدیل متان به متانول و یا آب به هیدروژن و اکسیژن استفاده می‌شود. از MOFها همچنین می‌توان برای تولید آب آشامیدنی از هوای خشک استفاده کرد. گستره وسیعی از MOFها به عنوان فوتوکاتالیست برای تجزیه آلودگی‌های آلی استفاده می‌گردند. همانطور که به نظر می‌رسد گویا این ساختارها همان رؤیای به ظاهر دست‌نیافتنی برای حل آسیب‌های بیست که بشر به محیط‌زیست زده است.

این سازه‌ها همچنین کاربردهای دیگری در زمینه‌های جداسازی شیمیایی، پیل‌های سوختی، مغناطیس،

بسیار (پلیمریزاسیون)، نیمه هادی‌ها، لومینسانس، کاتالیزور، حسگرها و... نیز دارند.

**کاربردهای دارویی MOFها**

با خواصی که پیش‌تر به آن اشاره شد، MOFها به عنوان یکی از بهترین کاندیدها برای دارورسانی و درمان سرطان در نظر گرفته می‌شوند. ذخیره پپتیدها و پروتئین‌ها و همچنین طراحی حامل‌های دقیق دارویی از مزایای این ترکیبات می‌باشد.

MOFها نسبت به سایر چارچوب‌ها و حامل‌های دارویی این مزیت را دارند که به راحتی با بخش‌هایی اصلاح می‌شوند و می‌توانند دارو را در محل آزاد کنند. میزان تخریب MOF در محیط‌های بیولوژیکی و در نتیجه، سرعت رهاسازی دارو را نیز می‌توان با انتخاب ترکیبات شیمیایی مناسب کنترل کرد. این رهایش کنترل شده در حوزه‌هایی چون سرطان، واکسن، ترمیم تاندون، ترمیم زخم، پوشش برخی کپسول‌ها (به خصوص کپسول‌های مورد استفاده در تصویربرداری‌های پزشکی) و تحویل مکمل‌های باکتریایی پروبیوتیک برای سلامت روده به کار گرفته می‌شود.

علی‌رغم دستاوردهای قابل توجه در این زمینه، چندین چالش باقی مانده است که باید حل شود. اولاً، اگرچه بسیاری از روش‌های کاربردی‌سازی این چهارچوب‌ها گزارش شده‌اند، اما همگی دارای محدودیت‌هایی هستند. برای مثال، مولکول‌هایی که با جذب سطحی و محصورسازی منافذ ترکیب می‌شوند، به دلیل نیروهای برهم‌کنش ضعیف، به تدریج نشت می‌کنند. اتصال کووالانسی برهم‌کنش‌های قوی‌تری را فراهم می‌کند اما به روش‌های مصنوعی پیچیده نیاز دارد و ممکن است بر فعالیت مولکول‌های عملکردی تأثیر بگذارد.

از سوی دیگر باید تلاش بیشتری برای ساخت MOFهای همه‌کاره غیرسمی یا کم‌سمیت و زیست‌سازگار انجام شود. همچنین نیاز به به درک جامعی از مکانیسم جذب-توزیع-متابولیسم-دفع وجود دارد تا تجزیه و تحلیل مکانیسم‌های متابولیک و مسیرهای متابولیکی نانو حامل‌ها در داخل بدن به درستی انجام شود. در آینده، تلاش‌ها باید بر روی غلبه بر چالش‌های ذکر شده متمرکز شود تا به طور کامل پتانسیل MOFs به عنوان سیستم‌های دارورسانی در کاربردهای بالینی آشکار شود.

در ادامه، بررسی دقیق‌تری نسبت به کاربردهای دارویی MOFها خواهیم داشت.



برای مشاهده منابع اسکن کنید



# سنتز و بررسی کاربرد MOF ها در سیستم های دارو رسانی

فاطمه سادات حسینی

F.s.hosseini@student.alzahra.ac.ir

کارشناسی ارشد شیمی آلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

## چکیده

چارچوب های آلی فلزی (MOFs) به دلیل خواص ساختاری منحصر به فرد و قابلیت های سطحی قابل تنظیم، به عنوان مواد امیدوارکننده برای سیستم های دارورسانی هوشمند (DDS) و کاربردهای زیست پزشکی ظاهر شده اند. MOF ها که از یون ها یا خوشه های فلزی و لیگاندهای آلی سنتز می شوند، یک چارچوب بسیار متخلخل و قابل کنترل ارائه می دهند که می تواند عوامل درمانی را با دقت محصور و آزاد کند. ساختار، ظرفیت بارگذاری دارو، اندازه منافذ، مواد شیمیایی سطح، شکل و عملکرد آنها را می توان برای دستیابی به خواص مورد نظر تنظیم کرد. MOF ها می توانند داروهای مختلف مانند عوامل ضد سرطان، عوامل ضد میکروبی، هورمون ها و بیوماکرومولکول ها را محصور، محافظت و آزاد کنند. کاربردهای آنها از تحویل هدفمند دارو تا رهش کنترل شده را در بر می گیرد، کارایی درمانی را بهبود می بخشد و در عین حال عوارض جانبی را به حداقل می رساند. حامل های دارویی مبتنی بر MOF پاسخ دهی قابل توجهی به محرک های خارجی، مانند pH، دما، و نور نشان می دهند و امکان آزادسازی دارو بر اساس تقاضا را فراهم می کنند. علاوه بر این، MOF ها را می توان طوری مهندسی کرد که عوامل تصویربرداری را در خود جای دهد و نظارت بر زمان واقعی فرآیندهای تحویل دارو را تسهیل کند. MOF ها یک دسته امیدوارکننده از DDS ها هستند که تطبیق پذیری، زیست سازگاری و زیست تخریب پذیری را برای دارورسانی در کاربردهای زیست پزشکی ارائه می دهند.

کلمات کلیدی: MOF، سیستم های دارورسانی، دارورسانی هوشمند، سنتز MOF، کاربرد MOF در زیست پزشکی



## مقدمه

چارچوب های آلی فلزی (MOF) مواد متخلخل کریستالی هیبریدی آلی- معدنی هستند که از یک آرایه منظم از یون های فلزی با بار مثبت تشکیل شده اند که توسط مولکول های پیوند دهنده آلی احاطه شده اند. یون های فلزی گره هایی را تشکیل می دهند که لیگاندهای پیوند دهنده را به هم متصل می کنند تا یک ساختار تکرار شونده قفس مانند را تشکیل دهند [1] (شکل ۱). MOF ها با لنگر انداختن واحدهای حاوی فلز یا واحدهای ساختمانی ثانویه (SBU) با پیوندهای آلی، با هماهنگی، ایجاد چارچوب های باز که ویژگی های استثنایی متخلخل دائمی، چارچوب پایدار، سطح بسیار زیاد و حجم منفذ را نشان می دهند، تشکیل می شوند [2]. MOF ها دسته جدیدی از مواد متخلخل هستند که ساختار متخلخل مشابهی در مقایسه با ژئولیت ها دارند، اما می توانند با تنوع بی حد و حصر سنتز شوند [3]. MOF ها یک کلاس پیشرفته از مواد جامد و کریستالی را نشان می دهند که برای اولین بار در اواخر دهه ۱۹۹۰ کشف شدند [4].

MOF ها با خودآرایی یون های فلزی و لیگاندهای آلی در یک حلال سنتز می شوند [5]. روش مرسوم برای سنتز MOFs از طریق گرمایش به عنوان سنتز حلال گرمایی شناخته می شود. به طور معمول، پیش سازهای فلزی و پیوندهای آلی در حلال حل شده و در یک ظرف واکنش بسته برای تشکیل و خودآرایی کریستال های MOF قرار می گیرند [4]. روش سنتز MOFs در زمان کشف آنها حلال

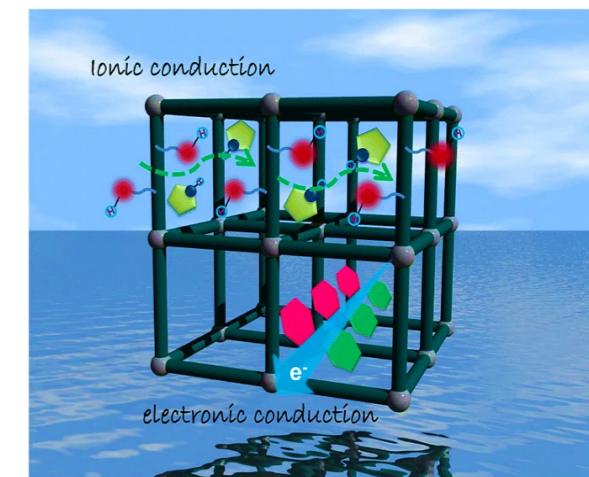
گرمایی بود [5]. ادغام خوشه های فلزی در MOF ها منجر به بهبود قابل توجهی در تخلخل و پایداری شده است [6]. توانایی کنترل مورفولوژی و اندازه کریستال توسط تعدادی از روش های سنتز تعدیل شده توسط MOF مبتنی بر زیرکونیوم ترفتالات، UiO-66 و تعدادی MOF دیگر نشان داده شده است [5]. UiO-66 یک کریستال حاوی گره های فلزی است که از یک کمپلکس اکسید زیرکونیوم تشکیل شده است که توسط لیگاندهای اسید ترفتالیک پل شده است. ۱،۴- بنزن دی کربوکسیلیک اسید (به اختصار BDC)، ترفتالیک اسید است [7].

در سال های اخیر، سنتز MOFs به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. راهبردهای خودآرایی هیدروترمال یا حلال گرمایی، مکانیک شیمیایی، اولتراسونیک و الکتروشیمیایی برای گرمایش معمولی یا ناشی از مایکروویو از جمله این روش ها هستند [8]. سنتز MOF شامل فرآیند تبلور است که طی آن هسته زایی و رشد کریستال ها رخ می دهد. هسته زایی و رشد کریستال های MOF شامل خودآرایی بین خوشه های فلز-اکسیژن و پیوند دهنده های آلی است [5].

MOF ها یک زمینه تحقیقاتی به سرعت در حال رشد با کاربردهای بالقوه بسیاری هستند. محققان دریافته اند که MOF ها می توانند به عنوان حامل های مناسب با تخلخل بالا در زمینه زیست پزشکی استفاده شوند [9]. MOF ها همچنین می توانند برای طراحی مواد الکتروود با پایداری و رسانایی بهتر برای باتری های یون



فلزی، به عنوان کاتالیزور برای بهبود سینتیک واکنش در باتری‌های فلز-هوا و به عنوان میزبان برای محصور کردن گوگرد در باتری‌های فلز-گوگرد استفاده شوند [10]. MOF ها همچنین به عنوان مواد رسانا مورد مطالعه قرار می‌گیرند [11]. طیف گسترده‌ای از تحقیقات در مورد مواد مبتنی بر MOF، از جمله تحقیقات اخیر در مورد مواد مبتنی بر MOF به عنوان الکتروکاتالیست وجود دارد [12].



شکل ۱- ساختار قفس‌مانند چارچوب‌های آلی- فلزی، کاتیون‌ها به عنوان گره و لیگاندها به عنوان پیوند در نظر گرفته می‌شوند.

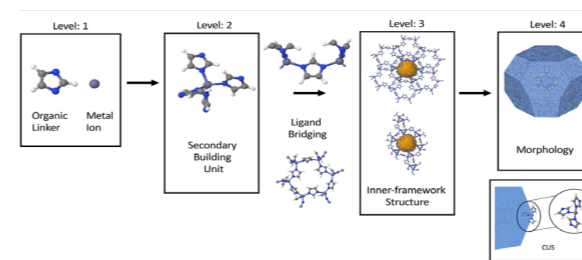
یکی از انواع MOF که می‌تواند برای دارورسانی هوشمند استفاده شود ZIF-8 (چارچوب ایمیدازولات زئولیت A) است که از یون‌های زینک و لیگاندهای ۲-متیل ایمیدازول ساخته شده‌است. ZIF-8 دارای ساختار مکعبی با اندازه منافذ حدود 3.4 Å است که می‌تواند مولکول‌های کوچکی مانند دوکسوروبیسین<sup>۳</sup>، یک داروی ضد سرطان را در خود جای دهد [13]. ZIF-8 می‌تواند دارو را از تخریب محافظت کند و آن را به روشی کنترل شده تحت شرایط اسیدی یا محرک‌های آنزیمی آزاد کند. ZIF-8 همچنین می‌تواند با لیگاندهای هدف‌گیری، مانند اسید فولیک، برای افزایش ویژگی و کارایی دارورسانی، عامل‌دار شود [14].

MOF ها به دلیل ساختار کاملاً تعریف شده، سطح بسیار بالا و تخلخل، اندازه منافذ قابل تنظیم و عامل‌سازی شیمیایی آسان، به عنوان یک کلاس امیدوارکننده از نانوحامل‌ها برای دارو رسانی در کاربردهای زیست‌پزشکی در نظر گرفته می‌شوند [15]. MOF ها می‌توانند به عنوان نانوحامل‌های کارآمد برای

ارائه عواملی برای تصویربرداری، شیمی‌درمانی، فتوترمال درمانی<sup>۴</sup>، یا درمان فوتودینامیک<sup>۵</sup> عمل کنند [16]. MOF ها یکی از مطلوب‌ترین کاندیداها برای کاربردهای بیولوژیکی مانند پانسما زخم، پروتز قلب، مهندسی بافت، تصویربرداری زیستی و تحویل دارو و به عنوان سیستم‌های ترانوستیک سرطانی به دلیل مساحت سطح بالا و تخلخل برای بارگذاری بالای عوامل درمانی و اصلاح آسان خواص فیزیکی (به عنوان مثال، اندازه و شکل منافذ) و شیمیایی آنها هستند [16]. در این مقاله به چگونگی کاربرد چارچوب‌های آلی فلزی در تحویل دارو می‌پردازیم.

### سنتز، ویژگی‌های اصلی و کاربردهای MOFs

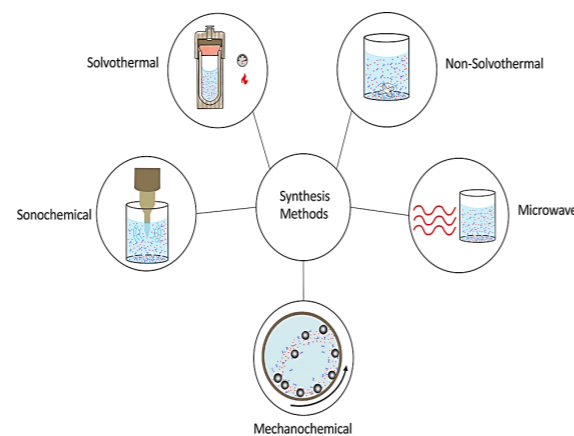
روش‌های سنتز مورد استفاده و کپسوله‌شدن مولکول‌ها (به عنوان مثال، مواد درمانی) در حین سنتز، بر مورفولوژی بیرونی MOF تأثیر می‌گذارد. همچنین، MOF ها حاوی مکان‌های فلزی غیراشباع هماهنگ (CUS)<sup>۶</sup> هستند که می‌توانند مانند اسیدهای لوئیس عمل کنند و به بارگذاری مولکول‌ها بر روی سطح و فعال کردن MOF کمک کنند. کنترل خوب و چندسطحی ویژگی‌های



شکل ۲- سطوح ساختاری MOF ها از کوچک به بزرگ- سطح ۱، گره و پیوند دهنده. سطح ۲، واحد ساختمان ثانویه (SBU) و سایت غیراشباع کئوردیناسیون (CUS). سطح ۳، ساختار چارچوب درونی؛ و سطح ۴، مورفولوژی. / Metal-Organic Frameworks for Drug Delivery: A Design Perspective | ACS Applied Materials & Interfaces

شیمیایی و ساختاری MOF ها، آنها را برای استفاده در کاربردهای دارو رسانی بسیار مطلوب می‌سازد. (شکل ۲)

کنترل ساختار و شیمی چارچوب، ذخیره و رهاسازی مولکول‌های درمانی را کنترل می‌کند. در بسیاری از موارد، این کنترل با تغییر بار چارچوب به دست می‌آید. MOF هایی شناسایی شده‌اند که در مایعات بیولوژیکی پایدار هستند و برهمکنش‌های افزایش‌یافته‌ای با



شکل ۳- روش‌های سنتز MOF. روش حلال‌گرمایی شامل دما و فشار بالا است. روش‌های غیر حلال‌گرمایی این کار را نمی‌کنند. مایکروویوها می‌توانند به سنتز MOF کمک کنند. روش‌های مکانیکی از آسیاب گلوله‌ای به عنوان وسیله‌ای برای سنتز استفاده می‌کنند. روش‌های سونوشیمیایی از فراصوت با انرژی بالا برای کمک به تشکیل MOF استفاده می‌کنند. / Metal-Organic Frameworks for Drug Delivery: A Design Perspective | ACS Applied Materials & Interfaces

بیوماکرومولکول‌ها دارند. عملکرد لیگاند با یک آزید امکان شیمی کلیک را فراهم می‌کند؛ که در مطالعات متعدد برای ایجاد MOF های پاسخگو به محرک‌ها استفاده شد که توسط آیتامرهای<sup>۷</sup> DNA بسته می‌شوند. سنتزهای حلال‌گرمایی و غیر حلال‌گرمایی معمولاً برای MOF ها استفاده می‌شوند. سنتز حلال‌گرمایی عموماً در بالای نقطه جوش یا در فشارهای بالا انجام می‌شود تا واکنش دهنده‌ها را حل کرده و سنتز را تقویت کند. سنتز غیر حلال‌گرمایی در زیر نقطه جوش حلال انجام می‌شود و به طور کلی در شرایط واکنشی انجام می‌شود که به نفع هسته سازی است. روش‌های سنتز غیرسنتری که برای کاربردهای دارورسانی استفاده می‌شوند عبارتند از: مایکروویو، فراصوت یا آسیاب مکانیکی (شکل ۳). بسیاری از این روش‌ها از حلال‌های آلی استفاده می‌کنند که می‌توانند پس از سنتز در MOF باقی بمانند و متعاقباً با فرآیندی به نام «فعال‌سازی» حذف شوند. برای جلوگیری از مشکلات حلال برای کاربردهای بیولوژیکی، روش‌های سنتز در شرایط آبی و با استفاده از حلال‌های الکل سبک توسعه داده شده‌اند. همچنین، روش‌های سنتز مکانیکی بدون حلال مورد بررسی قرار گرفته‌اند. پس از سنتز، MOF ها با رویکردهای مختلفی مشخص می‌شوند. عامل‌سازی و اصلاح پس از سنتز MOF ها را می‌توان برای بهبود بارگذاری دارو و سینتیک آزادسازی و کنترل رفتار آنها در محیط‌های بیولوژیکی مورد استفاده قرار داد. MOF ها را می‌توان برای بهبود بارگذاری با افزودن قسمت‌هایی که فعل و انفعالات مطلوبی برای بارگذاری فراهم می‌کنند، اصلاح کرد. به عنوان مثال، پلیمرهای کاتیونی، مانند پلی‌اتیلن ایمین

و پلی (گلیسیدیل متاکریلات) کونژوگه اتانول آمین، به سنتز اضافه شده‌اند یا به صورت پس‌سنتزی متصل شده‌اند تا بارگذاری اسیدهای نوکلئیک پلی‌آنیونی را افزایش دهند. عامل‌دارسازی پس‌سنتزی لیگاند برای معرفی بار مثبت باعث بهبود بارگیری داروی ضدالتهابی آنیونی دیکلوفناک شد. اصلاحات مشابه لیگاند امکان ذخیره‌سازی انتقال‌دهنده گازی را فراهم کرده‌است. علاوه بر تغییراتی که بارگذاری را بهبود می‌بخشد، می‌توان تغییراتی را برای کنترل رهاسازی انجام داد.

در مطالعه‌ای، MOF‌های بسته‌شده با DNA آپتامر با استفاده از شیمی‌کلیک برای اتصال DNA به سطح یک MOF ایجاد شدند. DNA آپتامر آزادسازی داروها از MOF را تا زمانی که با اتصال به هدف خود تحریک شود، مسدود کرد. افزودن یک گروه آمینه به یک لیگاند MOF امکان اتصال DNA غنی از سیتوزین را فراهم کرد و باعث آزادسازی رودامین با محرک pH شد. پوشش پلیمری پاسخگو با گونه‌های اکسیژن فعال، آزادسازی دارو و تثبیت دارو را در محیط‌های بیولوژیکی فراهم می‌کند. به دام افتادن MOF در یک داربست پلیمری آگریز اجازه انتشار طولانی مدت نیتریک اکساید را می‌دهد. پوشش‌هایی از پلیمرها و مولکول‌های زیستی گرفته تا کل غشای سلولی، به MOF ها اضافه شده‌اند تا هدف‌گیری، پایداری کلئیدی و نیمه‌عمر بیولوژیکی را بهبود بخشند. پوشش با آلومین باعث بهبود شناخت زیستی، پایداری کلئیدی و جذب سلولی و در عین حال کاهش سمیت شد. پوشش‌های کیتوسان و پلی‌وینیل پیرولیدون، پایداری کلئیدی و زیست سازگاری را افزایش دادند. به طور مشابه، یک پوشش از ستیل تری متیل آمونیوم برومید -نوعی سورفکتانت- برای حفظ پراکندگی در سوسپانسیون استفاده شد. پلیمرهای متوکسی پلی (اتیلن گلیکول) - بلوک - پلی (L-لاکتید) برای محافظت از کمپلکس‌های دارو MOF-برای تحویل خوراکی انسولین در برابر تخریب اسیدی در معده استفاده شد.

آسیاب گلوله‌ای و آسیاب مکانیکی برای کاهش اندازه MOF برای استفاده از اثر نفوذپذیری و حفظ افزایش یافته (EPR) در سرطان یا افزایش زیست سازگاری استفاده شده‌است. در یک مورد، آسیاب گلوله‌ای برای ایجاد زینک غیر اشباع و مکان‌های N روی سطح MOF استفاده شد که امکان اتصال به آب و بهبود زیست‌سازگاری را فراهم کرد. سایش مکانیکی برای کنترل سینتیک رهاسازی با آمورف کردن MOF و به طور بالقوه مسدود کردن منافذ استفاده شد. به طور مشابه، درمان حرارتی، که منجر به فروپاشی منافذ جزئی می‌شود، برای کند کردن و گسترش پروفایل‌های رهاسازی دارو استفاده شد.

بارگذاری دارو توسط خواص فیزیکی MOF (مثل اندازه منافذ، مساحت سطح، حجم خالی و دینامیک ساختاری) کنترل می‌شود. منافذ MOF بسته به ترکیب

۷. آپتامرها توالی‌های کوتاه تک‌رشته‌ای اسید نوکلئیکی (RNA یا DNA) یا پپتیدی با ساختار سه‌بعدی ویژه هستند که قادرند با گزینش‌پذیری و تمایل بالایی از طریق مکمل ساختاری به اهداف خود متصل شوند. <https://sid.ir/paper/245360/fa>

۴. درمان سلول‌های سرطانی از طریق تابش و ایجاد گرما در محل تومور

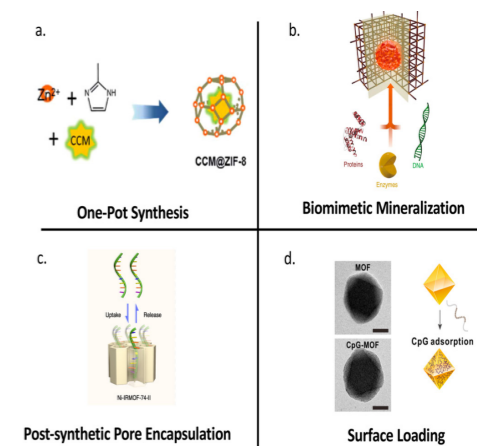
۵. درمانی است که از داروی حساس به نور و یا عامل حساس‌کننده به نور، به همراه طول موج مشخصی از نور استفاده می‌کنند. هنگامی که عامل حساس به نور در معرض این طول موج قرار می‌گیرد، نوعی اکسیژن تولید می‌کند که سلول‌های مورد نظر مجاور را از بین می‌برد.

6. Coordinatively Unsaturated sites



MOF و تعاملات مهمان-میزبان ممکن است سفت یا انعطاف‌پذیرتر باشند. منافذ MOF تنفس، تورم، چرخش لیگاند و جابجایی‌های شبکه فرعی را نشان می‌دهند. خواص شیمیایی بیشتر بر تثبیت و بارگذاری مواد درمانی روی یا درون MOF ها حاکم است. مولکول‌های درمانی و MOF ها می‌توانند از طریق نیروهای واندروالس یا ویژگی‌های مولکولی خاص MOF برهم‌کنش داشته باشند. ساختارهای آروماتیک موجود در بسیاری از لیگاندهای MOF به برهم‌کنش‌های مطلوب  $\pi-\pi$  در مولکول‌های بارگذاری، مانند ۵-فلوئورو اوراسیل، میتوکسانترون، رودامین و دوکسوروبیسین کمک می‌کنند. CUS ها در برهم‌کنش‌های کنوردیناسیونی سطحی با داروهای درمانی مانند اسیدهای نوکلئیک (فسفات- فلز) و مولکول‌های دارویی کوچک مانند کورکومین و دوکسوروبیسین شرکت می‌کنند. CUS ها همچنین در بارگذاری و رهاسازی فرستنده‌های گازی حیاتی هستند. در برخی موارد، CUS ها می‌توانند پل‌های کی‌لیت را با این درمان‌های گازی تشکیل دهند. سایر داروهای مولکولی کوچک مانند اوریدونین از پیوند هیدروژنی برای افزایش بارگذاری استفاده می‌کنند. از آنجایی که pH بر فعل و انفعالات الکترواستاتیک و پیوند هیدروژنی تأثیر می‌گذارد، pH در حین بارگذاری و محیط آزادسازی مورد نظر باید در هنگام بهینه‌سازی بارگذاری دارو در نظر گرفته شود.

روش بارگذاری برای به حداکثر رساندن بارگذاری و دستیابی به پروفایل‌های آزاد سازی مورد نظر حیاتی است. چهار روش متداول برای بارگذاری MOF ها با دارو وجود دارد: سنتز تک‌گلدانی<sup>۸</sup>، کانی‌سازی زیست تقلیدی<sup>۹</sup>، کیسوله‌سازی پس‌سنتزی و بارگذاری سطحی (شکل ۴).



Metal-Organic Frameworks for Drug Delivery: A Design Perspective | ACS Applied Materials & Interfaces

شکل ۴- روش‌های بارگذاری و کیسوله‌سازی: (الف) سنتز تک‌گلدانی، (ب) کانی‌سازی بیومیمتیک، (ج) کیسوله‌سازی پس‌سنتزی، (د) بارگذاری سطحی.

سنتزهای تک‌گلدانی شامل رسوب همزمان مولکول درمانی با MOF در طول سنتز است. این منجر به توزیع نسبتاً یکنواخت مولکول‌های دارو در سراسر تخلخل‌های MOF می‌شود. برای جلوگیری از تخریب دارو توسط حلال‌های مورد استفاده در بیشتر رویکردهای تک‌گلدانی، یک روش سنتز مکانیکی تک‌گلدانی توسعه داده شد؛ اگرچه کاربرد آن به مولکول‌های درمانی کوچک محدود شده‌است. سنتز تک‌گلدانی برای محافظت از درمان و معمولاً تخریب آزادسازی کنترل MOF راحت است؛ مشروط بر اینکه اندازه منافذ به اندازه کافی کوچک باشد تا انتشار سریع دارو از ساختار MOF را محدود کند.

کانی‌سازی زیست تقلیدی برای بارگذاری درمان‌های بیومولکولی مانند پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک مفید است. شبیه به سنتز تک‌گلدانی، کانی‌سازی بیومیمتیک، بیومولکول‌ها و واحدهای پایه MOF را در یک مخلوط واکنش ترکیب می‌کند. جدا از سنتز تک‌گلدانی، کانی‌سازی زیست تقلیدی به بیومولکول به‌عنوان محل هسته‌زایی برای تبلور MOF متکی است. به‌طور خاص، بخش‌های زیست مولکولی، پیوندها / برهم‌کنش‌های مطلوبی را با واحدهای ساختمانی MOF تشکیل می‌دهند و در نتیجه هسته‌زایی را تسهیل می‌کنند. بنابراین، مولکول زیستی محصور شده، اندازه، مورفولوژی و تبلور MOF را تعیین می‌کند؛ درحالی‌که به‌طور همزمان در یک پوسته MOF محصور می‌شود. نشان داده شده‌است که این مکانیسم کیسوله‌سازی از مولکول‌های زیستی در برابر محیط‌های شیمیایی خشن، گرما و آنزیم‌های تخریب‌کننده محافظت می‌کند. به دلیل ادغام ماده درمانی در ساختار MOF، انتشار آن به تخریب MOF بستگی دارد که می‌تواند منجر به انتشار «آهسته» و تأخیر در فعالیت درمانی محصور شود.

کیسوله‌سازی پس‌سنتزی شامل بارگذاری مولکول‌های درمانی در داخل منافذ MOF پس از سنتز است. این معمولاً با مخلوط کردن MOF و دارو در یک حلال و به دنبال آن، حذف حلال از طریق تبخیر به دست می‌آید. سپس ماده درمانی اضافی از سطح شسته می‌شود. روش دیگر، فراصوت

- 8. one-pot
- 9. bio mimetic

و سایش مکانیکی نیز برای کیسوله‌سازی پس‌سنتزی استفاده شده‌است. برای بارگذاری انتقال دهنده‌گازی از جذب ثقلی استفاده می‌شود. کیسوله‌سازی پس‌سنتزی عموماً منجر به آزادسازی (رهایش) نفوذی می‌شود که می‌تواند با تخریب MOF یا تغییرات در عوامل محیطی مانند pH تسریع شود. MOF هایی با اندازه منافذ کوچکتر، به دلیل تخریب MOF در یک دوره زمانی کوتاه و عدم نفوذ در میان منافذ، تنها آزادسازی انفجاری مرتبط با تخریب خود را نشان داده و رهایش سریعی داشته‌اند.

بارگذاری سطحی عموماً توسط فعل و انفعالات CUS و برهم‌کنش‌های الکترواستاتیکی کنترل می‌شود، اما می‌تواند به تعاملات دیگر بستگی داشته باشد. بارگذاری سطحی را می‌توان با پیوند دادن ماده درمانی به سطح یک پوشش پلیمری نیز به دست آورد. بارگذاری سطحی اغلب منجر به کاهش بارگذاری دارو در مقایسه با روش‌های دیگر و آزادسازی سریع دارو از MOF می‌شود. مثلاً در پژوهشی، بارگذاری سطحی منجر به بارگیری 4.9 درصد وزنی دوکسوروبیسین در مقابل 14-20 درصد وزنی بارگذاری با روش تک‌گلدانی در ZIF-8<sup>۱۰</sup> شد. جالب توجه است که در این مورد، بارگذاری سطحی با انتشار سریع دارو همراه نبود؛ زیرا دوکسوروبیسین به شدت و ترجیحاً به سطح

ZIF-8 مجتمع می‌شود. بارگذاری سطحی به ویژه برای بارگذاری مواد درمانی اضافی بر روی یک MOF که قبلاً با داروی کیسوله شده بارگذاری شده‌است، مفید است [17].

### مشخصه یابی

به‌طور کلی، صرف نظر از رویکرد کیسوله‌سازی، MOF ها از مولکول‌های زیستی در برابر تخریب محافظت می‌کنند و مسیرهای بالقوه‌ای را که می‌توانند برای تجویز بالینی مورد استفاده قرار گیرند، گسترش می‌دهند. گفته می‌شود، پروتئین‌ها / آنزیم‌ها ممکن است وقتی به سطح MOF جذب می‌شوند، ترکیب را تغییر دهند. بارگذاری دارو اغلب با استفاده از تست TGA تایید می‌شود. محافظت از دارو در برابر تخریب نیز می‌تواند توسط TGA ارزیابی شود. کاهش در سطح موجود و حجم منافذ (به‌عنوان مثال، همانطور که توسط جذب - واجذب نیتروژن اندازه‌گیری می‌شود) برای تایید بارگذاری استفاده شده‌است. TEM را می‌توان برای تایید مزوپوره‌های ایجاد شده با ترکیب درمانی در ساختار MOF یا تغییرات مورفولوژی / اندازه استفاده کرد. اندازه‌گیری‌های فلورسانس نیز برای تایید بارگذاری کلسین و بیومولکول‌ها با برچسب‌های فلورسنت استفاده شده‌اند. FTIR، NMR و PXRD نیز برای تایید صحت سنتز MOF و بارگذاری / کیسوله‌سازی دارو به‌طور همزمان اعمال می‌شوند. برای تایید فعالیت دارو پس از بارگیری، عمدتاً برای درمان‌های ماکرومولکولی، سنجش‌های عملکردی، مانند سنجش‌های جاذب ایمنی<sup>۱۱</sup> مرتبط با آنزیم<sup>۱۲</sup>، سنجش‌های آنزیمی و ترانسفکشن‌ها<sup>۱۳</sup>، پس از آزادسازی دارو از MOF انجام شده‌اند [17].

### نتیجه‌گیری

چارچوب‌های آلی فلزی (MOFs) موادی هیبریدی هستند که از پیوندهای آلی و یون‌های فلزی تشکیل شده‌اند و می‌توانند به‌عنوان نانوحامل برای دارورسانی در کاربردهای زیست‌پزشکی عمل کنند. MOF ها نسبت به سیستم‌های مرسوم دارورسانی (DDS) دارای چندین مزیت هستند مانند سطح بالا، تخلخل، قابلیت تنظیم و عملکرد. MOF ها می‌توانند انواع مختلفی از داروها از جمله داروهای نامحلول، ضد سرطان، ضد میکروبی، متابولیک، ضد گلوکوم و هورمونی را از طریق راه‌های مختلف تجویز مانند داخل وریدی، خوراکی، موضعی و استنشاقی ارائه دهند. MOF ها همچنین می‌توانند به تحویل هدفمند، افزایش جذب سلولی و آزادسازی کنترل‌شده داروها با اصلاح سطح آن‌ها با پلیمرها، لیگاندها یا گروه‌های پاسخ‌دهنده به محرک‌های زیست سازگار دست یابند. بنابراین، MOF ها یک دسته امیدوارکننده از سیستم‌های دارورسانی هستند که می‌توانند بر محدودیت‌های دارورسانی سنتی غلبه کنند و کارایی درمانی و ایمنی داروها را بهبود بخشند.

برای مشاهده منابع این مقاله، بارکد مقابل را اسکن کنید



- 10. zeolitic-imidazole framework-8 (Zn<sup>2+</sup> and 2-methylimidazole)
- 11. Immunosorbent
- 12. Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA)

۱۳. انتقال ژن؛ فرآیندی که طی آن اسیدهای نوکلئیک نظیر DNA یا RNA به سلول‌های یوکاریوتی با روش‌هایی غیر ویروسی ارائه می‌شوند.



# واکنش‌های سینمایی

زهرا جلالیان

zahra.jalaliyan2002@gmail.com  
کارشناسی شیمی محض الزهرا (س)



هزینه‌های بالا هیچگاه نتوانستند جایگزین این روش گاهاً پرخطر شوند.

## ۱) جلوه‌های شعله و جرقه

بنگ، بوووم!! یک انفجار و صحنه‌ای پر از آتش و دود؛ عامل نامرئی این صحنه پرهیجان کجاست؟ رمز و راز نهفته درون حلقه‌های دود ما را به دل دانش پیرو تکنیک خواهد برد.

## ۲) جلوه‌ی شیشه‌ی شکسته

شیشه‌ی شکسته به علت ساختارش می‌تواند جراحات عمیقی را در درجه اول برای بازیگران و در درجه دوم برای عوامل پشت‌صحنه ایجاد کند. راهکار جایگزین، استفاده از شیشه شکر است.

شیشه شکر از محلول غلیظ قندی، شکر و پتاسیم بی تارتارات (KC<sub>4</sub>H<sub>5</sub>O<sub>6</sub>) ساخته می‌شود. نحوه‌ی ساخت شیشه شکر به این صورت است که ابتدا شکر در آب حل می‌گردد و پس از آن محلول حاصل تا صد درجه سانتی‌گراد حرارت داده می‌شود، سپس به آن محلول غلیظ قندی و پتاسیم بی تارتارات اضافه می‌گردد تا از تبلور مجدد شکر جلوگیری شود. نکته جالب این است که با حرارت دادن مجدد و شکل‌دهی به خرده شیشه‌ها، امکان استفاده‌ی دوباره از خرده شیشه‌ها فراهم می‌شود.

در ایران، شیشه شکر به صورت حرفه‌ای ساخته نمی‌شود و در صحنه‌هایی که بازیگر با شیشه شکسته سروکار دارد، بدلکار جایگزین بازیگر خواهد شد.

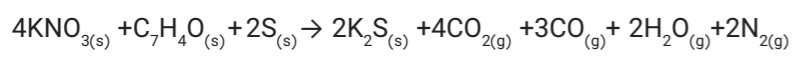
پیرو تکنیک علمی است که در آن واکنش‌های گرمازا برای تولید نور، گرما و صدا به کار گرفته می‌شوند. برای تولید جلوه‌ی ویژه‌ی شعله یا آتش در فیلم، یک لوله‌ی عمودی به یک منبع گاز قابل اشتعال متصل می‌شود و با یک جرقه مشتعل می‌گردد؛ اسم این ابزار پروژکتور شعله‌ای می‌باشد. سوخت این شعله پروپان است که در حضور اکسیژن موجود در هوا مشتعل می‌شود و فرآیند سوختن را در پیش می‌گیرد اما برخلاف انتظار رنگ شعله زرد یا نارنجی ظهور نمی‌کند. این رخداد به این علت است که فرآیند سوختن به صورت کامل انجام می‌شود. بنابراین شعله رنگ آبی به خود خواهد گرفت و غیر طبیعی جلوه خواهد کرد؛ به همین جهت رنگ شعله با استفاده از دو گروه کنترل می‌شود: ۱- فلزات قلیایی ۲- فلزات قلیایی خاکی

جلوه‌های ویژه کامپیوتری به خاطر درجه‌ی دشواری و

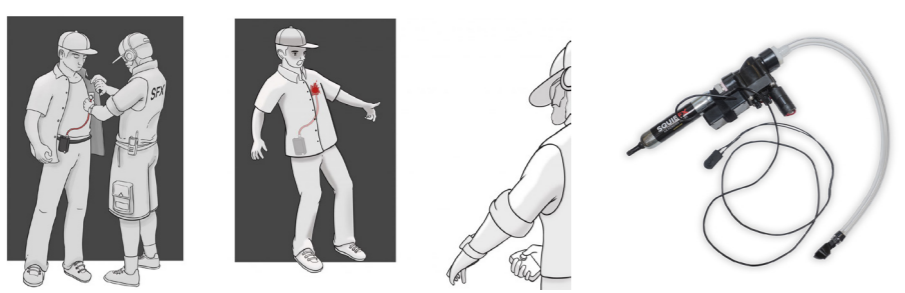
## ۳) جلوه‌ی اصابت گلوله (اسکویب)<sup>۱</sup>

در صحنه‌های اکشن فیلم، گلوله به شیشه برخورد می‌کند و شیشه فرو می‌ریزد. قطعاً هیچ مسئول جلوه‌ی ویژه‌ای در فیلم برای این صحنه‌ها از گلوله‌ی واقعی استفاده نمی‌کند، اینجاست که مجدداً شیمی وارد صحنه می‌شود...

اسکویب متشکل است از یک لوله که با پودر سیاهی پر می‌شود. با جرقه‌ی حاصل از فندک برقی واکنش انفجاری روی می‌دهد که در نتیجه‌ی آن محصولات گازی منبسط می‌شوند و انرژی حرارتی آزاد می‌گردد. استفاده‌ی اصلی آن در صنعت معدن بوده که با آن ذغال سنگ را از سنگ معدن جدا می‌کردند. محتویات پودر سیاه شامل ۷۵٪ پتاسیم نیترات، ۱۰٪ گوگرد و ۱۵٪ ذغال چوب است که طبق واکنش زیر عمل می‌کند.



امروزه از اسکویب‌ها در صنعت سینما برای شبیه‌سازی اصابت گلوله به سطوحی نظیر بتن، خاک و ماشین استفاده می‌شود. اسکویب‌ها همچنین برای شکستن شیشه سکوریت<sup>۲</sup> استفاده می‌گردند.



منبع:

<https://www.researchgate.net/publication/۲۳۶۶۴۹۱۸۶>

1. squib

۱. شیشه‌های سکوریت هفت برابر شیشه‌های معمولی مقاومت دارند. تفاوت اصلی این دو شیشه، نحوه ساخت و تولید آن است. شیشه‌های سکوریت در صورت شکستن به شکل پودری تغییر حالت می‌دهند ولی شیشه‌های خام شکاف برداشته و حالت شمشیری به خود می‌گیرند.

عاشق شیمی که باشی در هر کجا جستجویش می‌کنی حتی حین تماشای فیلم؛ اما چطور دنیایی به این گستردگی در قاب کوچک سینما جلوه‌گری می‌کنند؟ با تکنیک‌های شیمیایی نه تنها می‌توان حس واقعی بودن صحنه را به مخاطب القا کرد؛ می‌توان صحنه‌ی فیلمبرداری را برای عوامل پشت‌صحنه و بازیگران ایمن ساخت و هزینه‌ی جلوه‌های ویژه محصول سینمایی را کاهش داد. با ما همراه باشید تا از شعبده پنهان شیمی در سینما رونمایی کنیم!!



## معرفی

فلاونوئیدها، گروه متنوعی از ترکیبات فنولی موجود در اکثر بافت‌های گیاهی به ویژه در نهان‌دانگان هستند. در بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات یافت می‌شوند و به دلیل خواص آنتیاکسیدانی بالا و خواص مهم دیگر مورد توجه قرار گرفته‌اند. تاکنون قریب به ۴۰۰۰ فلاونوئید پیدا شده است. تمام رنگدانه‌های گیاهی را می‌توان به عنوان زیر مجموعه فلاونوئیدها در نظر گرفت. نام فلاون از کلمه لاتین فلاوس به معنای زرد گرفته شده است.

## ساختار

فلاونوئیدها از مشتقات فنیل پروپانوئید هستند و در اکثر گیاهان به شکل O-گلوکوزیدی و در دانه‌های گیاهان به صورت پلیمر یا آگلیکون یافت می‌شوند. ساختار اصلی آنها شامل یک اسکلت ۱۵ کربنه، دارای دو حلقه فنیل و یک حلقه هتروسیکل دارای اکسیژن می‌باشد. فرمول اصلی این ترکیبات را می‌توان به صورت  $C_6-C_3-C_6$  در نظر گرفت. حلقه هتروسیکل می‌تواند با فرایندهای مختلف از جمله گلیکوزیل دار کردن، هیدروژناسیون، هیدروکسیل دار کردن، مالونیل شدن، سولفات شده شدن، متیلاسیون و... انواع مختلفی از فلاونوئیدها را بسازد. اتصال قند به فلاونوئیدها باعث افزایش قطبیت مولکول می‌شود. از رایج‌ترین فلاونوئیدها می‌توان به کوئرستین، میریستین، کامفرول و ایزورامنتین اشاره کرد.

## طبقه‌بندی

فلاونوئیدها از لحاظ ساختاری و میزان اکسیداسیون به گروه‌های مختلف طبقه‌بندی می‌شوند. در ادامه، این گروه‌ها به همراه مثالی از هر کدام آمده‌اند.



۱) آنتوسیانیدین‌ها (انواع توت‌های بنفش و آبی و قرمز) / ۲) فلاونول‌ها (چای، انگور قرمز) / ۳) فلاون‌ها (چای سبز) / ۴) فلاونون‌ها (مرکبات) / ۵) ایزوفلاون‌ها (سویا) / ۶) فلاونول‌ها (میوه‌ها) / ۷) فلاونونول‌ها (میوه‌ها)

## خواص بیولوژیکی

فلاونوئیدها مهارکننده سلولهای سرطانی از طریق افزایش ایمنی بدن هستند. همچنین ضد ویروس، ضد باکتری، ضد التهاب، ضد آلرژی، کاهنده نفوذ پذیری و شکنندگی مویرگ‌ها می‌باشند. در کشور چین برای درمان هیپاتیت از فلاونوئید استفاده می‌شود. افراد سیگاری و کسانی که تحت فشار استرس هستند برای جذب ویتامین C به میزان زیادی فلاونوئیدهای مرکبات نیاز دارند.

فلاونوئیدهایی از جمله کوئرستین-۳-O-گلوکوزید، دارای خواص ضد حساسیت، ضد التهاب، ضد سرطان، ضد اضطراب و افسردگی، کاهش بیماری‌های قلبی-عروقی، رفع خستگی و... می‌باشد. کوئرستین در پیاز، پوست سیب، چای، پوست بادمجان و... یافت می‌شود. همچنین کوئرستین-۳-O-رامنوزید، دارای خواص آنتی اکسیدان، ضد باکتری، ضد التهابی، ضد ویروس قوی در برابر آنفولانزا، کاهش وزن و... است.

## آنتوسیانین‌ها

آنتوسیانین‌ها، از خانواده فلاونوئیدها هستند و در آب حل می‌شوند و کلیه اعمال مربوط به متابولیت‌های ثانویه در گیاهان را دارا می‌باشند. هنگامی که آنتوسیانیدین‌ها به یک قسمت قند وصل شوند تحت عنوان آنتوسیانین شناخته می‌شوند. حدود ۲۰ نوع آنتوسیانیدین شناخته شده است، اما فقط ۶ مورد آنها در میوه‌ها و سبزیجات وجود دارند.

## تولید منابع با ارزش و مفید از پوست بادمجان و پوست سیب

از هر ۱/۳ میلیارد تن ضایعات مواد غذایی، حدود ۷۰۰ میلیون تن ضایعات کشاورزی هستند. غلات، میوه‌ها، سبزیجات به ویژه بادمجان که محصول با ارزش زراعی و اقتصادی می‌باشند، پتانسیل بالایی برای استفاده مجدد دارند. از ضایعات این مواد می‌توان منابع سودمندی تولید کرد و باعث رشد اقتصادی شد.

فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌های موجود در لایه بیرونی بادمجان و پوست سیب، به خوبی متابولیزه و جذب شده و خواص آنتی اکسیدانی بالایی دارند. از ضایعات این مواد می‌توان به عنوان نگهدارنده‌های آنتی اکسیدانی طبیعی و ضد میکروبی استفاده کرد و آنها را به عنوان مکمل غذایی و با هدف ارتقاء سلامت به نوشیدنی‌ها، نان، رشته فرنگی، ماست، برخی از شیرینی‌جات و سیب زمینی سرخ کرده آماده افزود. امید است کل صنایع غذایی و دارویی به جای استفاده از آنتی اکسیدان‌های سنتزی که سرطانزاست از آنتی اکسیدانهای طبیعی استفاده کنند.

سیده فاطمه رضوی

razavi98011@gmail.com

کارشناسی ارشد شیمی دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم

# خواص باور نکردنی فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها







شکل ۱ پساب نساجی

### مقدمه

فعالیت‌های صنعتی سالانه حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلیون تن فلزات سنگین، حلال، لجن سمی و سایر زباله‌ها را وارد آب‌های جهانی می‌کند که تهدیدی بزرگ برای انسان‌ها محسوب می‌شود. در میان این منابع آلودگی، صنعت نساجی حدود ۱۷٪ تا ۲۰٪ از کل تولید فاضلاب صنعتی را تشکیل می‌دهد. به طور معمول، این فاضلاب حاوی انواع مختلفی از رنگ‌های محلول در آب (تقریباً ۱۰۰۰۰ رنگ مصنوعی) است که عمدتاً زیست پایدار، سرطان‌زا، جهش‌زا و سمی برای محیط زیست هستند و می‌تواند آسیب‌های جدی به سلامت انسان مانند تحریک پوست، تهوع و سردرد وارد کند. (شکل ۱) ناهنجاری مادرزادی ناشی از صنایع نساجی به عنوان یکی از عوامل اصلی آلودگی آب در جهان به شمار می‌رود، زیرا حدود ۱۵ درصد از کل رنگ‌ها در طی فرآیند رنگرزی از بین می‌روند و به صورت پساب رها می‌شوند [۱]. رنگ‌ها ساختاری پیچیده، منشأ مصنوعی و حلالیت بالایی در آب دارند. با توجه به نگرانی فزاینده در مورد مواد آلی نسوز در فاضلاب، کنترل کیفیت آب و مقررات در برابر آلاینده‌های خطرناک در بسیاری از کشورها سختگیرانه تر شده است [۲]. در نتیجه، توسعه روش‌های جدید سازگار با محیط زیست برای از بین بردن این آلاینده‌ها به یک وظیفه ضروری تبدیل می‌شود. برای رسیدگی به فاضلاب نساجی، چندین تکنیک تصفیه آب برای کاهش اثرات مضر آلاینده‌ها بر محیط زیست و سلامت انسان کشف شده است. این تکنیک‌ها شامل فیلتراسیون، اسمز معکوس، استخراج مایع-مایع، فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOPs)، انعقاد، لخته سازی، درمان هوازی و بی‌هوازی، کاهش میکروبی، جذب و دیونیزاسیون می‌باشد. اگرچه رویکردهای فوق دارای مزایای متعددی هستند، اما دارای محدودیت‌هایی مانند مصرف انرژی بالا، گرانی، شدت انرژی و ناکارآمدی در حذف برخی آلاینده‌ها هستند که باید به آنها توجه شود. فوتوکاتالیست<sup>۲</sup> شاخه‌ای از شیمی است که به واکنش‌های شیمیایی از طریق نور در حضور کاتالیست می‌پردازد. کلمه فوتوکاتالیست ریشه یونانی دارد و از تلفیق دو علم شیمی

### چکیده

فعالیت‌های صنعتی سالانه حجم زیادی از فلزات سنگین، حلال‌ها، لجن سمی و سایر زباله‌ها را وارد آب می‌کند. در این میان صنعت نساجی حدود ۱۷٪ تا ۲۰٪ از کل تولید فاضلاب صنعتی را تشکیل می‌دهد. به طور معمول، این فاضلاب حاوی انواع مختلفی از رنگ‌های محلول در آب است که عمدتاً زیست پایدار، سرطان‌زا، جهش‌زا و سمی برای محیط زیست هستند. در نتیجه، توسعه روش‌های جدید سازگار با محیط زیست برای از بین بردن این آلاینده‌ها به یک وظیفه ضروری تبدیل می‌شود. برای رسیدگی به فاضلاب نساجی، چندین تکنیک تصفیه آب برای کاهش اثرات مضر آلاینده‌ها بر محیط زیست و سلامت انسان کشف شده است. اگرچه روش‌های مختلف تصفیه آب دارای مزایای متعددی هستند، اما دارای محدودیت‌هایی مانند مصرف انرژی بالا، گرانی، شدت انرژی و ناکارآمدی در حذف برخی آلاینده‌ها هستند که باید به آنها توجه شود. فوتوکاتالیست مسیر شیمیایی سبز است بطوریکه می‌تواند جایگزینی برای مسیرهای سنتی تصفیه آب، از بین بردن مواد باکتریایی و مواد آلی محلول در جریان‌های زباله باشد. فوتوکاتالیست به همراه طیف گسترده نور، این قابلیت را دارد که آلاینده‌های آلی را به مواد غیر سمی مانند CO<sub>2</sub> و آب تبدیل کرده و حتی باکتری‌های خاص را نیز ضد عفونی کند. در دنیای معاصر، مواد مبتنی بر پسماندها به ویژه هنگامی که در فرآیند فوتوکاتالیز به کار می‌روند، به عنوان یک گزینه امیدوارکننده برای پاکسازی آلاینده‌ها ظاهر می‌شوند. ترکیب کربن فعال با مواد فوتوکاتالیستی باعث افزایش فعالیت فوتوکاتالیستی، پایداری و قابلیت استفاده مجدد کاتالیزور می‌شود. در این مقاله فوتوکاتالیست‌های اکسید منیزیم، Ag<sub>2</sub>O/Ag/TiO<sub>2</sub>-AC و Ag<sub>2</sub>O/Ag/TiO<sub>2</sub>-ACP، نانوذرات TiO<sub>2</sub> بر روی پایه‌های جامد مختلف مانند کربن فعال، زئولیت و سرامیک به عنوان کاتالیست‌های پایه کربنی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همچنین نانوذرات نقره، کاتالیزور ZnO-CuO، کاتالیزور CaO/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>، نانوذرات اکسید کلسیم بر پایه پوسته تخم مرغ و نانوذرات نقره، نانساختارهای ZnO و نانوخوشه‌های CuO/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> بر پایه پوست انار تهیه شده و نسبت به آلاینده‌ها بررسی شده‌اند.

**کلمات کلیدی:** فوتوکاتالیست، کربن فعال، پسماندهای طبیعی

# مروری بر فوتوکاتالیست‌ها و عملکرد آنها در حذف آلاینده‌های صنعتی

هما مودی

homamoodi80@gmail.com

کارشناسی شیمی کاربردی دانشگاه کوثر بجنورد

1. Advanced oxidation processes  
2. Photocatalyst



در مقابل، روش‌های مرسوم برای اصلاح زیست‌محیطی و تصفیه زباله دارای محدودیت‌های خاصی در مقایسه با نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر کربن فعال هستند؛ مانند انتخاب‌پذیری محدود، مصرف انرژی بالا، تولید زباله‌های ثانویه، کاربرد محدود، استفاده بالقوه شیمیایی و عدم پایداری. بنابراین، رویکردهای جایگزین مانند نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر کربن فعال برای غلبه بر این محدودیت‌ها مورد نیاز است. در کاربرد فوتوکاتالیز، کربن فعال به طور گسترده‌ای به عنوان یک ماده پشتیبانی برای رسوب گذاری مواد فوتوکاتالیستی مانند فلزات و اکسیدهای فلزی استفاده می‌شود. این در درجه اول به دلیل سطح بالا، تخلخل و ظرفیت جذب آن است. ترکیب کربن فعال با مواد فوتوکاتالیستی باعث افزایش فعالیت فوتوکاتالیستی، پایداری و قابلیت استفاده مجدد کاتالیزور می‌شود [11]. در ادامه به بررسی کاتالیست‌های پایه کربنی می‌پردازیم.

سپس می‌توان از این الکترون‌های برانگیخته شده، به منظور احیای گیرنده‌های اکسیداسیون مولکول‌ها استفاده کرد. در نتیجه اهمیت کاتالیزگر نوری در این واقعیت نهفته است که هم اکسیداسیون و هم یک محیط احیا را به طور همزمان فراهم می‌کند. سرنوشت نهایی الکترون و حفره برانگیخته شده، به وسیله موقعیت نسبی نوارهای رسانا، ظرفیت نیمه رسانا و سطوح<sup>۲</sup> ردوکس بستر تعیین می‌گردد.

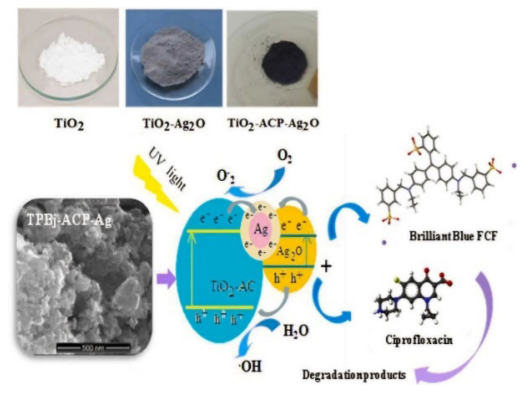
در ادامه به بررسی جدیدترین کاتالیست‌های ناهمگن در حوزه حذف آلاینده‌های صنعتی به کمک پایه‌های حاصل از پسماندهای طبیعی می‌پردازیم.

### فوتوکاتالیست‌های بر پایه کربن

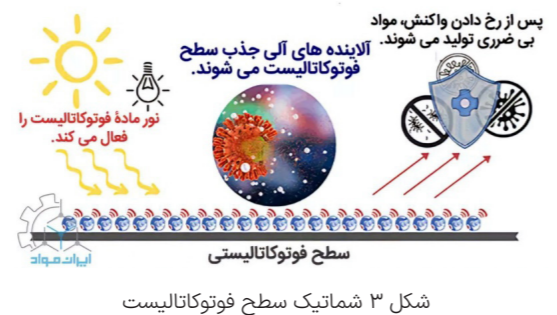
در دنیای معاصر، مواد مبتنی بر زیست توده<sup>۸</sup> به ویژه هنگامی که در فرآیند فوتوکاتالیز به کار می‌روند، به عنوان یک گزینه امیدوارکننده برای پاکسازی آلاینده‌ها ظاهر می‌شوند. اصطلاح «کربن فعال» به ترکیبات مبتنی بر کربن به دست آمده از مواد فسیلی مانند زغال سنگ و همچنین زیست توده زباله از جمله زباله‌های کشاورزی و زباله‌های زیست توده صنعتی اشاره دارد. این مواد دارای سطح وسیع و ساختار متخلخل داخلی هستند. کربن فعال همچنین از انواع ضایعات گیاهی از جمله چوب، پوسته، سنگ و... بدست می‌آید. سنتز نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر کربن فعال با استفاده از مواد اولیه زیست توده تجدید پذیر و مقرون به صرفه، پایداری زیست محیطی را ارتقا می‌دهد. این مواد به دلیل مساحت سطح و تخلخل بالا، خاصیت جذب و فعالیت کاتالیزوری عالی از خود نشان می‌دهند که حذف موثر آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین، ترکیبات آلی و آلاینده‌های نوظهور را امکان‌پذیر می‌سازد. (شکل ۳)

اخیراً سنتز سبز نانوذرات اکسید منیزیم به دلیل سادگی، سازگاری با محیط زیست، غیر سمی، ارزان بودن و پتانسیل برای عملکرد به عنوان یک عامل ضد باکتری، مورد توجه محققان و دانشمندان قرار گرفته‌است. مطالعه تخریب نشان می‌دهد که فوتوکاتالیست کربن فعال / اکسید منیزیم (AC / MgO) رنگ Rhodamine-B (Rh-B) را با بازده ۹۹ درصد تحت تابش خورشیدی شبیه سازی شده تجزیه می‌کند [12].

فوتوکاتالیست‌های کامپوزیتی Ag<sub>2</sub>O/Ag/TiO<sub>2</sub>-ACP و Ag<sub>2</sub>O/Ag/TiO<sub>2</sub>-AC با استفاده از دو پیش‌ساز تیتانیوم مختلف و دو کربن فعال با مورفولوژی و محتوای فسفر متفاوت،



شکل ۴ چکیده گرافیکی فوتوکاتالیست شماره دو



شکل ۳ شماتیک سطح فوتوکاتالیست

نور و شیمی کاتالیست به وجود آمده‌است. کاتالیست ماده‌ای است که با شرکت در واکنش‌های شیمیایی، سرعت آن‌ها را افزایش می‌دهد، اما خود دچار تغییر نمی‌شود و در پایان واکنش مجدداً قابل استفاده‌است. واژه فوتوکاتالیست طیف گسترده‌ای از کاربردها مانند آنتی باکتریال، بو زدایی، تصفیه هوا، ضد مه، خود تمیز کنندگی، تصفیه آب و غیره را دارد. فوتوکاتالیز یک مسیر شیمیایی سبز است بطوریکه می‌تواند جایگزینی برای مسیرهای سنتی تصفیه آب، از بین بردن مواد باکتریایی و مواد آلی محلول در جریان‌های زباله باشد. فوتوکاتالیست به همراه طیف گسترده نور، این قابلیت را دارد که آلاینده‌های آلی را به مواد غیر سمی مانند CO<sub>2</sub> و آب تبدیل کرده و حتی باکتری‌های خاص را نیز ضد عفونی کند. این مسئله می‌تواند در حذف بسیاری از ترکیبات آلی خطرناک و همچنین از بین بردن انواع باکتری‌ها و برخی از ویروس‌ها در هنگام تصفیه ثانویه فاضلاب بسیار مفید و موثر واقع شود. به نحوی که بسیاری از پروژه‌های آزمایشی نشان داده‌اند که فرآیندهای سم زدایی فوتوکاتالیستی می‌توانند حتی باکتری‌های مدفوعی را در هنگام تصفیه فاضلاب ثانویه به شکل موثری حذف کنند.

### کاتالیزورهای جامد از سه جزء اصلی تشکیل شده‌اند:

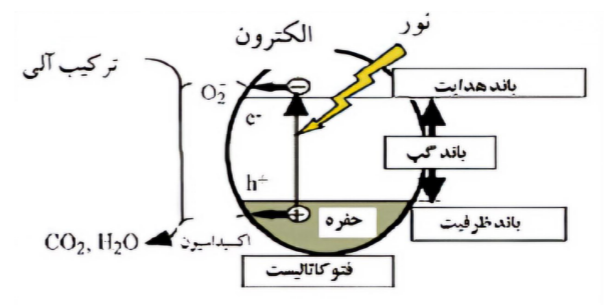
**۱ فاز فعال:** انتخاب فاز فلز در تهیه کاتالیزور مورد نظر نقش بسیار مهمی دارد. فلز بایستی طوری انتخاب شود که واکنش‌های مورد نظر را به طور کامل انجام داده و قادر به انجام واکنش‌های ناخواسته نباشد. فاکتورهای مهم در انتخاب فاز فعال عبارتند از: فعالیت، گزینش پذیری، پایداری حرارتی و مکانیکی، قابلیت بازیابی، قیمت، اندازه و شکل ذرات.

**۲ پروموتور:** پروموتور (بیش‌برنده) به موادی گفته می‌شود که به مقدار خیلی کم به کاتالیزور افزوده می‌گردد تا فعالیت بهتر، گزینش پذیری یا پایداری بیشتری را در آن ایجاد کند. این ترکیبات به دوصورت فلزی و اکسیدی در ساختار کاتالیزور می‌توانند وجود داشته باشند. اکسیدهای فلزی مانند ZnO [3], SnO<sub>2</sub> [4], TiO<sub>2</sub> [5], CuO [5], ZrO<sub>2</sub> [6], WO<sub>3</sub> [7] و SnO<sub>2</sub> [8] و غیره در این فناوری اثربخشی نشان داده‌اند. [9, 10].

**۳ پایه:** اصطلاح پایه به موادی اطلاق می‌شود که قسمت بدنه کاتالیزور را تشکیل می‌دهند و جزء فعال کاتالیزور و تقویت کننده‌ها روی آن قرار می‌گیرند. پایه برای بهینه کردن بافت لازم کاتالیزور یا برای تقویت تشکیل یک فاز فعال ویژه انتخاب می‌گردد. پایه به کاتالیزور مقاومت مکانیکی و حرارتی لازم را می‌دهد و آن را در مقابل خرد شدن و کلوخه شدن محافظت می‌کند. برای این که بتوان کاتالیزورهای ناهمگن را در مقیاس صنعتی مصرف کرد باید کاتالیزور در شرایط واکنش، فعالیت و گزینش پذیری بالایی داشته باشد. به این منظور در اغلب فرایندهای کاتالیزوری برای رسیدن به کاتالیزوری با مساحت سطح ویژه بالا و حداکثر فعالیت ویژه، فاز فعال فلزی بر روی پایه پراکنده می‌شود.

واکنش‌های فوتوکاتالیستی را بر اساس شکل ظاهری و همچنین وضعیت فیزیکی واکنش دهنده‌ها، می‌توان در دسته جداگانه دسته بندی کرد؛ در صورتی که نیمه‌هادی و واکنش دهنده هر دو در یک فاز مشابه گاز، جامد و یا مایع، باشند، واکنش فوتوکاتالیستی از فوتوکاتالیز همگن رخ خواهد داد (با استفاده از اکسیدان و نور). در صورتی که نیمه‌هادی و واکنش دهنده در فازهای مختلف گاز، مایع یا جامد باشند، واکنش‌های فوتوکاتالیستی از نوع فوتوکاتالیز ناهمگن (با استفاده از هوا، ذرات نیمه‌رسانا (فوتوکاتالیست)، و تابش فرابنفش) رقم می‌خورد.

مکانیسم عمل بدین گونه است: زمانی که یک فوتوکاتالیست در معرض نور با طول موج مورد نظر و انرژی کافی قرار بگیرد، انرژی فوتون‌ها<sup>۳</sup> به وسیله یک الکترون باند ظرفیت<sup>۴</sup> جذب شده و به نوار رسانایی<sup>۵</sup> تبدیل می‌شود. در طی این فرآیند، یک سوراخ یا حفره، در باند ظرفیت ایجاد می‌گردد و منجر به تشکیل برانگیختگی نوری<sup>۶</sup> می‌شود. بر اثر این برانگیختگی، جفت الکترون-حفره (e<sup>-</sup> h<sup>+</sup>) تولید می‌گردد. (شکل ۲)



شکل ۲ مکانیسم عملکرد فوتوکاتالیست

۳. انرژی فوتون، مقدار انرژی است که توسط یک تک فوتون حمل می‌شود.  
۴. نوار ظرفیت بالاترین گستره از انرژی الکترون است که در آن جا الکترون‌ها به‌طور معمول در دمای صفر مطلق وجود دارند.  
۵. در واقع نوار یا باند هدایت نواری است که از نوار ظرفیت، الکترون می‌پذیرد. حامل‌های بار منفی، الکترون‌هایی هستند که انرژی کافی برای فرار از نوار ظرفیت و پرش به نوار هدایت را داشته‌اند. آن‌ها آزادانه در سراسر شبکه کریستالی حرکت می‌کنند و به‌طور مستقیم در رسانا سازی نیمه‌هادی نقش دارند.  
6. photo-excitation

۷. سطح الکترودهایی که واکنش‌های اکسایش (Oxidation) و کاهش (Reduction) در آنها انجام می‌شوند.

8. Biomass  
۹. کامپوزیت‌ها از دو جزء زمینه و تقویت کننده تشکیل شده‌اند. نانو کامپوزیت، کامپوزیتی است که جزء تقویت کننده آن، ماده نانو باشد. کامپوزیت‌ها عملکردی مشابه کاتالیست‌ها دارند.  
۱۰. این روش معمولاً برای تولید مواد (به عنوان مثال اکسید فلزات) با شروع از یک محلول کلئیدی (سل) که به عنوان پیش‌ماده برای یک شبکه بهم‌پیوسته (ژل) از ذرات گسترده یا پلیمرهای شبکه‌ای است، بکار می‌رود. پیش‌ماده‌های معمول شامل آلکوکسید و نمک فلزات (از قبیل کلریدها، نیتریدها و استات‌ها) هستند که تحت واکنش‌های مختلف هیدرولیز و بسپارش مرحله‌ای قرار می‌گیرند.



با تکنیک سل-ژل<sup>۱۰</sup> تهیه شدند. طیف XPS حضور گونه‌های  $Ag^0$ ،  $Ag^{+1}$ ، C-C، C-O، C-P و P-O را روی سطح با تأثیر قابل توجهی بر جذب و تخریب فوتوکاتالیستی رنگ برلیانت بلو FCF و آنتی‌بیوتیک سیپروفلوکساسین نشان داد. (شکل 4) نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که کربن فعال نقش برجسته‌ای در مکانیسم تخریب نوری رنگ و آنتی‌بیوتیک ایفا می‌کند که بر جذب مولکول‌های آلی و عملکرد فوتوکاتالیستی  $Ag_2O/TiO_2$  p-n از مواد کامپوزیتی تأثیر می‌گذارد [13].

مطالعه‌ای دیگر تثبیت نانوذرات  $TiO_2$  را بر روی پایه‌های جامد مختلف مانند کربن فعال (AC)، زئولیت (Z) و سرامیک (CCTO) تایید می‌کند. تثبیت نانوذرات  $TiO_2$  به طور قابل توجهی خواص فیزیکوشیمیایی را تغییر داده و در نهایت فعالیت‌های فوتوکاتالیستی را تحت نور فلورسنت فشرده معمولی (CFL) افزایش می‌دهد. برای بررسی عملکرد فوتوکاتالیستی مواد بی‌حرکت، رنگ‌های مدل مانند متیل اورانژ و متیلن بلو علاوه بر یون‌های فلزات سنگین یعنی  $Cd^{2+}$  در نظر گرفته شدند. تثبیت  $TiO_2$  بر روی پایه‌های جامد عملکرد بهتری را برای همه سیستم‌ها نشان داد. به موجب آن  $TiO_2/AC$  کارایی بالاتری را در مقایسه با همتایان یعنی  $TiO_2/Z$  و  $CCTO/TiO_2$  نشان داد.

#### فوتوکاتالیست‌های مبتنی بر زیست توده

اصولاً مطلوب است که مواد نانوساختار برای کاربردهای فوتوکاتالیستی مقرون به صرفه، کم هزینه و پایدار

باشند. با وجود این، سنتز این مواد همچنان چالش برانگیز است. اخیراً، روش‌های سبز منجر به توسعه مواد نانوساختار اصلاح‌شده سطحی شده‌اند که می‌توانند رنگ‌های آلی را به طور مؤثری تجزیه کنند. در هر یک از مطالعه‌های زیر، از پوسته تخم مرغ و یا پوست انار برای سنتز نانوساختارهای فوتوکاتالیستی از طریق شیمی سبز استفاده شده‌است. (شکل ۵ و ۶)

در یک کار پژوهشی، نانوذرات نقره با اندازه ذرات متوسط ۳۵ نانومتر، در ۹۰ ثانیه با استفاده از عصاره گیاه فندق چینی<sup>۱۱</sup> به کمک مایکروویو و به عنوان عامل تثبیت‌کننده سنتز شده‌اند. این نانوذرات نقره روی پوسته تخم مرغ تثبیت شد تا کاتالیستی با نام اختصاری Ag/ES به دست آید. کاربرد آن به عنوان یک کاتالیزور محیطی با جذب کروم (VI)، تخریب فوتوکاتالیستی متیل اورانژ، اریوکروم بلک-T، متیلن بلو، رودامین-B به عنوان رنگ‌های مدل و مهار میکروبی علیه استافیلوکوکوس اورئوس، اشیریشیا کلی<sup>۱۲</sup> و کاندیدا آلبیکنس<sup>۱۳</sup> ارزیابی شد. نتایج نشان داد که Ag/ES حداکثر ظرفیت جذب ۹۳ میلی‌گرم بر گرم را برای یون کروم (VI) و راندمان تخریب ۹۰ تا ۹۸ درصد برای حذف رنگ‌های آنیونی و کاتیونی نشان داد. علاوه بر این، حداقل غلظت مهاری ۱۵/۶، ۷/۸ و ۳۱/۲ میکروگرم در میلی‌لیتر را به ترتیب برای استافیلوکوکوس اورئوس، اشیریشیا کلی و کاندیدا آلبیکنس نشان داد. علاوه بر این، Ag/ES که یک کاتالیزور ناهمگن است، می‌تواند بدون کاهش قابل توجهی در کارایی آن، بازسازی شده و دوباره مورد استفاده قرار گیرد [14].



شکل ۶ ضایعات انار



شکل ۵ پوست تخم مرغ

11. Sapindus mukorossi
12. E. coli
13. C. albicans

در مطالعه‌ای فعالیت فوتوکاتالیستی کاتالیزور ZnO-CuO بر روی پوسته تخم مرغ با تجزیه رنگ‌های مختلف و سایر ترکیبات آلی مانند متیلن بلو، مالاویت سبز، کریستال بنفش، قرمز کنگو و فنول اندازه‌گیری شده است. بیش از ۹۰ درصد از تمام رنگ‌ها و ۶۹ درصد از فنل تجزیه شده نشان داده شده‌است [15].

متیل اورانژ یک رنگ سمی برای محیط زیست و سلامت است. بنابراین برای غلبه بر مشکل آلودگی ناشی از آن اقداماتی لازم است. در این مطالعه، کاتالیزور  $CaO/Fe_2O_3$  با استفاده از کلسیم اکساید حاصل از ضایعات پوسته تخم مرغ و پودر  $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  با تغییرات دمای کلسینه<sup>۱۴</sup> ۶۰۰، ۷۰۰ و ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد تهیه شد. در نهایت، سریع‌ترین رنگ‌زدایی از متیل اورانژ به کمک  $CaO/Fe_2O_3$  با دمای کلسینه ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شد. این نتایج نشان داد که کاتالیزور نانوکامپوزیت  $CaO/Fe_2O_3$  پتانسیل کاهش آلاینده‌های مایع را دارد [16].

در یک بررسی در کشور برزیل، کاتالیزور کبالت-مولیبدن که بر روی  $SiO_2$  و پوسته‌های تخم مرغ کربنیزه شده نشانده شد، با استفاده از روش‌های استاندارد مورد بررسی قرار گرفته‌است. پوسته تخم مرغ کربنیزه شده به دو قسمت تقسیم شد: قسمت اول با نیتریک اسید شسته شد و قسمت دیگر شسته نشد. آزمایش‌های فعالیت با استفاده از این کاتالیزورهای حاوی کربن (پوسته تخم مرغ) شسته‌شده و آزاد شده برای هیدروژناسیون متیل اورانژ انجام شد. هنگامی که کاتالیست حاوی پوسته تخم مرغ کربنیزه شده (کاتالیزور A) و کاتالیزور حاوی کربن فعال آزاد نشده (کاتالیزور B) تهیه شد و تغییرات جذب در طول موج ۴۶۰ نانومتر بررسی شد، مشخص شد که کاتالیزور A در هیدروژنه کردن متیل اورانژ کارآمدتر از کاتالیزور B است [17].

در پژوهش‌های صورت گرفته در چند سال اخیر، نانوذرات اکسید کلسیم از ضایعات

#### نتیجه گیری

مطالعه مروری مواد فوتوکاتالیستی نشان می‌دهد سنتز مواد بر پایه کربن فعال و پسماندهای طبیعی می‌تواند از جمله پاک‌ترین روش‌های تصفیه پساب‌های صنعتی باشد که به کاهش هزینه‌های اقتصادی و استفاده از منابع کمک بسزایی می‌کند. امید است با پیشرفت علم پتانسیل‌های جدیدی از روش‌های فوتوکاتالیستی ما را در امر حفاظت از محیط زیست یاری کند.

۱۴. کلسیناسیون یا کلسینه شدن به گرم کردن یک ماده جامد طی فرآیند عملیات حرارتی تا درجه حرارت بالا گفته می‌شود. کلسینه کردن را می‌توان در حضور هوا و یا در خلاء انجام داد و معمولاً به منظور جداسازی مواد زائد و ناخالصی‌ها و یا تجزیه حرارتی ماده جامد صورت می‌گیرد.



برای مشاهده منابع اسکن کنید

ترکیبات گیاهی پلی اتیلن انار می‌توانند هم به عنوان احیاکننده و هم به عنوان تثبیت‌کننده عمل کنند. تخریب فوتوکاتالیستی رنگ متیلن بلو با استفاده از نانوذرات نقره به عنوان کاتالیزور تحت تابش نور خورشید به صورت اسپکتروفوتومتری بررسی شد. که می‌تواند تقریباً ۸۹ درصد رنگ متیلن بلو را طی ۴۸ تا ۷۲ ساعت تحت تابش نور خورشید تجزیه کند. این یافته پتانسیل این محصول طبیعی را نشان می‌دهد؛ اگرچه اکتشافات بیشتری مورد نیاز است [19].

یک مطالعه بر روی نانوساختارهای روی اکساید اصلاح شده با پوست انار نشان داد که در pH = 11 بیش از ۹۷٪ تخریب مالاویت سبز در ۲۰ دقیقه در دوز کاتالیزور پایین روی خواهد داد [20].

در یک بررسی در دانشگاه کاشان، نانوخوشه‌های  $CuO/ZnO/Al_2O_3$  به اختصار (CZA) با موفقیت در حضور پوست انار برای حذف متیل نارنجی، متیلن بلو و متیل قرمز سنتز شدند. فعالیت فوتوکاتالیستی نمونه حدود ۸۵ درصد از رنگ‌های آزو را پس از ۷۵ دقیقه تابش نور مرئی تجزیه می‌کند. نتایج به وضوح نشان داد که نانوذرات CZA خالص می‌توانند به عنوان یک فوتوکاتالیست بالقوه در زیر نورهای مرئی برای حذف آلاینده‌ها استفاده شوند [21].



# September

## ۱ سپتامبر: تولد فرانسیس ویلیام آستون<sup>۱</sup> شیمی‌دان و فیزیک‌دان انگلیسی

او در سال ۱۹۲۲ برای کشف ایزوتوپ‌های زیادی از عناصر غیر رادیواکتیو با استفاده از روش طیف‌سنجی جرمی برنده جایزه نوبل شیمی شد.



## ۶ سپتامبر: تولد جان دالتون<sup>۲</sup> شیمی‌دان و فیزیک‌دان بریتانیایی

شهرت او برای بنیانگذاری نظریه اتمی است. او اولین کسی بود که پیشنهاد کرد ماده از ذراتی به نام اتم تشکیل شده است. او همچنین «قانون فشارهای جزئی دالتون» را کشف کرد و بر اساس آن بیان کرد که در نقطه جوش همه مایعات دارای فشار بخار اشباع یکسان هستند.



## ۹ سپتامبر: کشف عنصر سیبورگیم

این عنصر برای اولین بار توسط تیمی از دانشمندان به رهبری آلبرت گیورسو در آزمایشگاه لارنس برکلی در برکلی، کالیفرنیا در سال ۱۹۷۴ تولید شد. این تیم با بمباران اتم‌های کالیفرنیم-۲۴۹ توسط یون‌های اکسیژن-۱۸ با استفاده از ماشینی به نام شتاب دهنده خطی یونهای فوق سنگین، سیبورگیم را ایجاد کردند.



## ۱۷ سپتامبر: درگذشت آنری لوئی لوشاتلیه<sup>۳</sup>

مهندس و شیمی‌دان فرانسوی که اصل لوشاتلیه را در سال ۱۸۸۴ بیان کرد.



## ۳۰ سپتامبر: اکتشاف اکسیژن

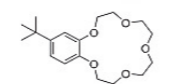
در سال ۱۷۷۱ میلادی داروسازی سوئدی کارل ویلهلم شیل<sup>۴</sup> موفق به کشف اکسیژن شد. البته به دلیل کمبود امکانات ارتباطی این کشف به همگان مخابره نشد و اطلاعات گسترده‌تر در مورد کشف اکسیژن از فردی به نام ژوزف پریستلی که مستقلاً موفق شده بود اکسیژن را کشف کند، به طور گسترده تری مخابره شد. پس از کشف اکسیژن، پدر علم شیمی آنتوان لوازیه<sup>۵</sup> در سال ۱۷۷۴ نام اکسیژن را بر آن نهاد و تا کنون به همین اسم شناخته می‌شود.



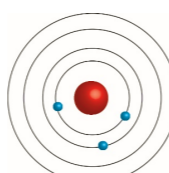
# October

## ۳ اکتبر: زادروز چارلز پدرس<sup>۶</sup>

شیمی‌دان آمریکایی که در سال ۱۹۷۸ به طور مشترک به همراه دونالد کرام<sup>۷</sup> و جان ماری لن<sup>۸</sup>، به خاطر سنتز اترهای تاجی، موفق به دریافت جایزه نوبل در شیمی شد.



۱۷ اکتبر ۱۹۱۳: نیلز بور<sup>۹</sup> دانشمند دانمارکی نظریه اتمی خود را مبنی بر رابطه موجود بین طیف نشری خطی هیدروژن و ساختار اتم در راستای تصحیح آن، مطرح کرد که به مدل اتمی بور معروف است.



# از تاریخ چه خبر؟

غزال حسن زاده پندزاری  
ghazaal.hasanzadehpzr2002@gmail.com  
کارشناسی شیمی محض دانشگاه الزهراء(س)



# December

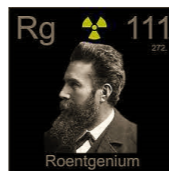
## ۷ دسامبر: ساخت اولین پلاستیک گرماسخت

نوعی پلاستیک است که در نتیجه گرما دیدن، به جای ذوب شدن ترکیب شیمیایی و شکل ظاهری آن تغییر می‌کند. گرماسخت به بسیاری گفته می‌شود که در اثر اعمال حرارت در آنها پیوندهای عرضی با واکنش‌های شیمیایی ایجاد می‌شود و در نتیجه وزن مولکولی متوسط آنها بالا رفته و به حالت یکپارچه صلب درمی‌آیند.



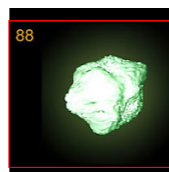
## ۸ دسامبر: کشف رونتگنیم

یک عنصر شیمیایی مصنوعی با نماد Rg و عدد اتمی ۱۱۱ است که به افتخار فیزیک‌دان و برنده جایزه نوبل فیزیک، ویلهلم رونتگن<sup>۹</sup> (کاشف پرتو ایکس) نام‌گذاری شده‌است. رونتگنیم یک اتم فوق سنگین بوده و در نتیجه بسیار ناپایدار است؛ به نحوی که پایدارترین ایزوتوپ آن رونتگنیم-۲۸۱ نیمه‌عمری تنها معادل ۲۳ ثانیه دارد.



## ۲۶ دسامبر: اکتشاف عنصر رادیم

عنصری شیمیایی و رادیواکتیو در گروه فلزات قلیایی خاکی با عدد اتمی ۸۸ و نشان شیمیایی Ra و به رنگ نقره‌ای درخشان است. این عنصر سنگین‌ترین عنصر گروه دو است. این عنصر جزو کشفیات ماری کوری و پیر کوری<sup>۱۰</sup> است و تشعشعات رادیواکتیو دارد.



## ۲۹ دسامبر: کشف آب سنگین

اگرچه وجود ایزوتوپ هیدروژن پیش بینی شده بود، هارولد یوری<sup>۱۱</sup> شیمی‌دان و از پیش‌تازان فعالیت روی ایزوتوپها، در سال ۱۹۳۴ برای کشف آب سنگین جایزه نوبل گرفت. امروزه آب سنگین در راکتورهای هسته‌ای استفاده می‌شود.



برای مشاهده منابع اسکن کنید

1.Francis Austen | 2.John Dalton | 3.Henry Louis Le Châtelier | 4.Karl Wilhelm Scheel | 5.Antoine Lavoisier | 6.Charles J. Pedersen | 7.Donald J. Cram | 8.Jean-Marie Lehn | 9.Niels Bohr | 10.Linus Carl Pauling | 11.Marie Curie | 12.John Bardeen | 13.Frederick Sanger | 14.Wilhelm Röntgen | 15.Sir Harold Walter Kroto | 16.Robert Floyd Curl, Jr. | 17.Richard Errett Smalley | 18.Glenn T. Seaborg | 19.Wilhelm Röntgen | 20.Pierre Curie | 21.Harold Urey

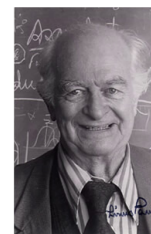
## ۲۳ اکتبر: روز مول

روز مول یک عید غیررسمی در میان دانشجویان شیمی و دست‌اندازان این دانش است که در ۲۳ اکتبر میان ۶:۰۲ صبح تا بعد از ظهر گرامی داشته می‌شود. وقتی به روش تاریخ‌نویسی آمریکایی تاریخ این روز نوشته شود، یادآور عدد آووگادرو خواهد بود.



## ۳۰ اکتبر: دریافت جایزه نوبل توسط پائولینگ؛ از بنیان‌گذاران شیمی کوانتومی و زیست‌شناسی مولکولی

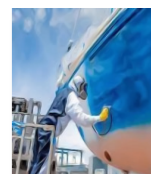
پائولینگ دو بار برنده جایزه نوبل شد. یک بار به خاطر کشف ساختارهای مولکولی و کریستالی در سال ۱۹۵۴ جایزه را دریافت کرد و بار دیگر به دلیل مبارزه با سلاح‌های هسته‌ای در سال ۱۹۶۲ برنده جایزه صلح شد. علاوه بر پائولینگ، ماری کوری<sup>۱۱</sup>، جان باردین<sup>۱۲</sup> و فردریک سنگر<sup>۱۳</sup>، چهار فردی هستند که موفق به دریافت دو جایزه نوبل شده‌اند اما در میان آنها، پائولینگ تنها فردیست که دو جایزه نوبل در دو حیطة کاملاً جداگانه دارد.



# November

## ۳ نوامبر ۱۸۶۳: ثبت اختراع رنگ ضد رسوب

رنگ ضد رسوب پوشش خاصی از اکسید مس است که روی بدنه و پروانه کشتی‌های دریایی اعمال می‌شود. از این پوشش برای کند کردن رشد موجودات دریایی مانند خرچنگ، لجن، جلبک و علف‌های هرز خزه استفاده می‌شود. این پوشش علاوه بر ضد رسوب از خوردگی بدنه و پروانه‌های فلزی جلوگیری می‌کند. همچنین جریان آب را از کنار بدنه کشتی بهبود می‌بخشد. رنگ ضد رسوب به رنگ کف نیز معروف است



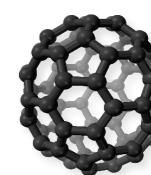
## ۸ نوامبر: اکتشاف پرتو ایکس

ویلهلم گُنراد رونتگن<sup>۱۴</sup> فیزیک‌دان آلمانی، در سال ۱۸۹۵ به همراه همکارانش از جمله نیکولا تسلا و ماری کوری، موفق به کشف پرتو ایکس شد. او برنده اولین جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۹۰۱ می‌باشد.



## ۱۴ نوامبر: کشف اولین فولرن

«فولرن باکمینستر» یک مولکول کروی با فرمول C60 است که در سال ۱۹۸۵ اولین بار توسط هارولد کروتو<sup>۱۵</sup>، جیمز هلث، شاون ابرین، رابرت کارل<sup>۱۶</sup> و اسمالی<sup>۱۷</sup> در دانشگاه رایس ایالت تگزاس تهیه شد. باکمینستر اولین فولرنی بود که کشف شد و فراوان‌ترین فولرن در طبیعت نیز هست؛ چرا که به مقدار بسیار کمی در دوده یافت می‌شود.



## ۲۸ نوامبر: تاسیس انجمن سلطنتی شیمی (RSC)

این انجمن بریتانیایی در سال ۱۹۸۰ از ادغام انجمن شیمی، مؤسسه سلطنتی شیمی، انجمن فارادی و انجمن شیمی تجزیه تشکیل شد. این انجمن علمی-تخصصی، بیش از ۳۴۰۰۰ عضو در بریتانیا و ۸۰۰۰ عضو در خارج از این کشور دارد.





پدیده فسفرسانس یا بیولومینسانس آب، تولید و انتشار نور توسط میکروارگانیسم‌های دریایی است. بیولومینسانس آب، دریایی از ستارگان شناور را پدید می‌آورد. این فسفرسانس معمولاً توسط جلبک‌های معلق در آب یا پلانکتون‌های دریایی به وجود می‌آید. طیف وسیعی از جلبک‌ها که یادآور کرم شب‌تاب هستند، درخششی مانند لامپ نئون آبی، سبز و گاهی قرمز از خود ساطع می‌کنند. این درخشش میکروارگانیسم‌ها، نوعی مکانیسم دفاعی برای فرار از شکارچیان است و با شکست امواج از طریق جزر و مد، حرکت قایق‌ها و جنب‌وجوش ماهی‌ها در آب پدید می‌آید. این پدیده شیمیایی طبیعی، در نقاط مختلفی از دنیا دیده می‌شود که معروف‌ترین آنها سواحل سیدنی، نیوزلند و سواحل پورتوریکو در دریای کارائیب هستند.

