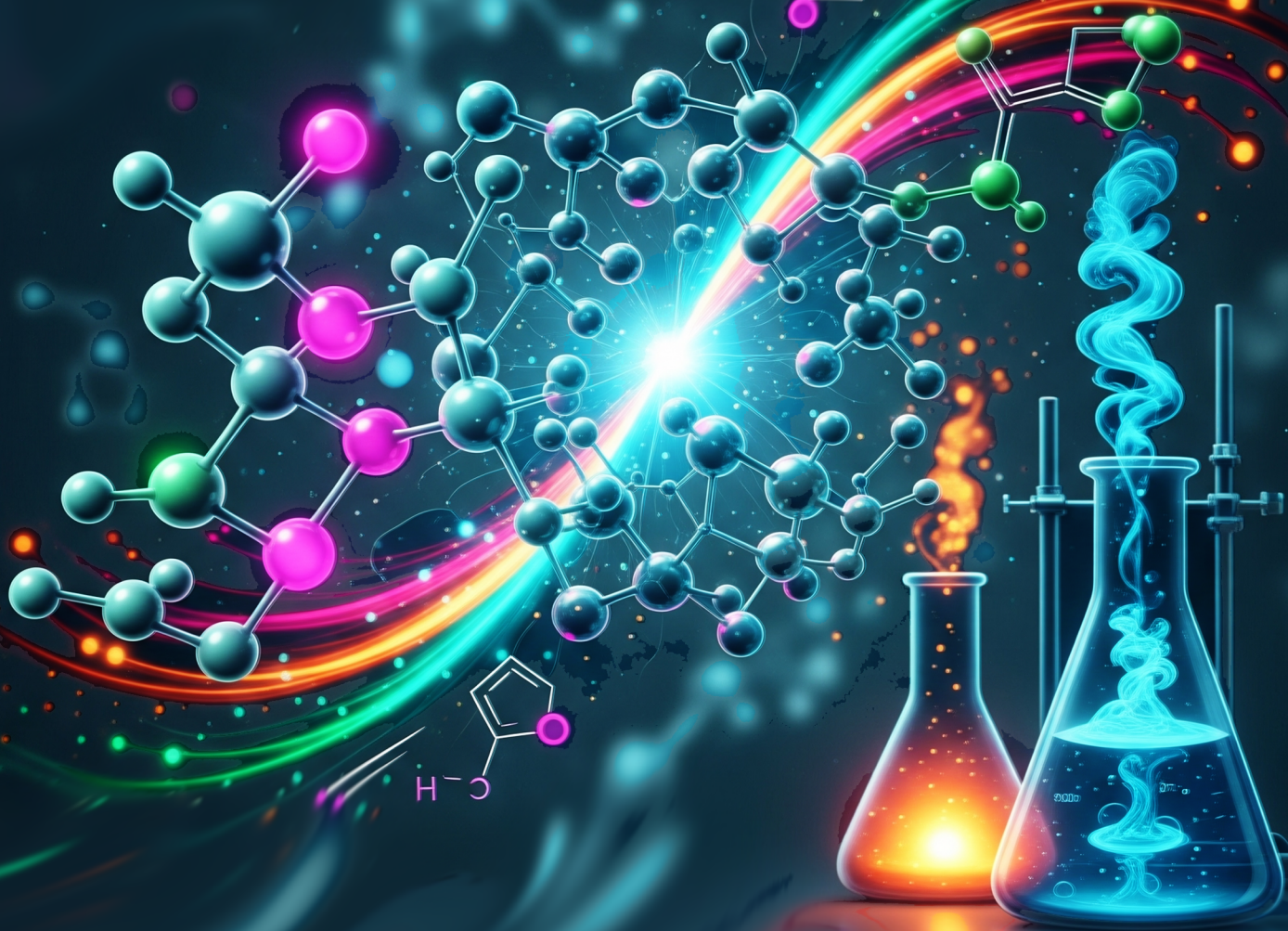


استریو شیمی

نشریه انجمن علمی دانشجویی شیمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

شماره ۲ - فصل تابستان ۱۴۰۴



STEREOCHEMISTRY



99

استریو شیمی

stereo chemistry

صاحب امتیاز: انجمن علمی دانشجویی شیمی دانشگاه امیرکبیر

مدیر مسئول: مصطفی ترکاشوند

سردبیر: شبنم میرابی

هیئت تحریریه: شبنم میرابی، فاطمه سادات حسینی، محمد صالح خالقی،
امیر مهرورز، محمد عیدی برندق، امیر رضا طالبی، علیرضا خالقی، پریسا
سنایی وثیق

تیم ویراستاری: پردیس اردوخانی، طیبه سنگچی

صفحه آرا و طراح جلد: امیر رضا طالبی، علیرضا خالقی

ایده پرداز و عکاس: شبنم میرابی

فهرست

۳	* تازه‌های شیمی.....
۹	* مبانی پایه آزادسازی الکتروشیمیایی هیدروژن (HER).....
۱۴	* ابوریحان بیرونی و نخستین گام‌های علمی در اندازه‌گیری چگالی مواد.....
۱۵	* دستگاه الکتروریسی.....
۲۱	* کربن کوانتوم دات‌ها در عکس‌برداری زیستی.....
۲۶	* رازهایی که رازی کشف کرد.....
۲۷	* مروری کوتاه بر تاریخچه کروماتوگرافی گازی.....
۳۰	* راز گمشده طلا: چگونه جابر بن حیان شیمی را متحول کرد؟.....
۳۱	* مصاحبه با دکتر زاهد احمدی.....
۳۳	* شیمی محاسباتی و نظریه تابعی چگالی.....
۳۶	* رابرت بنسن.....
۳۷	* چیستان.....

شب‌هنگام خیابان ولیعصر، با شور و حال همیشگی خود، دنیایی از رنگ‌ها و صداهاست. دستفروش‌ها در کنار پیاده‌روها با صدای بلند داد می‌زنند: «بلال داغ، لبو و باقالی دارم، باقالی داغ!» این تصویر آشنایی است که هر رهگذری را به خود می‌خواند و در شلوغی و ازدحام خیابان تئاتر شهر، جایی که هنر و زندگی درهم‌تنیده‌اند، معنای خاصی پیدا می‌کند. اینجا، تنها با کمی دقت بیشتر، می‌توان ارتباطی بین این صحنه پرنشاط با دنیای شیمی یافت. همان‌طور که دستفروش‌ها با اشتیاق و دقت ترکیبات رنگارنگ فصلی خود را آماده می‌کنند، یک شیمیدان نیز در پیچیدگی‌های آزمایشگاه به دنبال یافتن ارتباط‌های ارتباطاتی جدید است. در این میان، ما نیز در تلاشیم تا این ارتباط‌ها را در نوشته‌هایمان پیدا کنیم. تنظیم و تمرکز بر روی محتوای این شماره از نشریه، نیازمند دقتی علمی است؛ همان دقتی که در ترکیب‌های ساده و درعین‌حال شگرف بلال داغ و باقالی به چشم می‌خورد. از همین رو، با الهام از این شور و نشاط خیابانی، تلاش کرده‌ایم تا در این شماره، موضوعات علمی و فرهنگی را به‌گونه‌ای مطرح کنیم که ذهن‌ها را به تفکر وادارد و قلب‌ها را به تپش درآورد.

پاییز آرام آرام چمدان‌های خود را می‌بندد و آخرین برگ‌های طلایی‌اش را بر زمین می‌ریزد. سرمای دلپذیر شب‌های طولانی یلدا در راه است و زمستان سرد چهره‌اش را نمایان می‌کند. یلدا، شبی بلند در دل پاییز سرد که آخرین دم‌های این فصل زیبا را به گوش می‌رساند و پلی است میان آرامش و سردی پاییز و سپیدی و امید زمستان. شبی که در آن گرمای حضور کنار هم، سرمای طبیعت را به فراموشی می‌سپارد و جرقه‌های امید به روزهای روشن‌تر در دل‌ها روشن می‌شود. از پنجره‌ی طبقه ششم کتابخانه دانشکده شیمی، به منظره‌ی زیبای زمین چمن خیره شده‌ام و در اندیشه‌ی آن هستم که چه کلماتی را به‌عنوان سردبیر برای شما عزیزان به رشته‌ی تحریر درآورم.

در کنار سرگرمی با درس و پروژه و مسئولیت‌های دیگری که در انجمن داشتیم، ریاست مسئولیت این نشریه فرصتی برایم شد تا زندگی دانشگاهی‌ام را با تجربه‌ای ارزشمند غنی‌تر کنم. بار مسئولیت سردبیری نشریه به من کمک کرد تا درس‌های ارزشمندی بیاموزم و مهارت‌های مدیریتی‌ام را تقویت کنم. با وجود تمام چالش‌ها و دشواری‌ها، این تجربه به من آموخت که چگونه زمانم را به‌خوبی مدیریت کنم و از هر لحظه بهره‌برداری کنم. در این مسیر، نه‌تنها دانش‌ها و مهارت‌هایی برای سردبیری آموختم، بلکه از هم‌نشینی با دانشجویان فعال دانشکده شیمی، درس‌های بی‌نظیری از دوستی و همراهی نیز یاد گرفتم. ارتباط با شما، همکاری با دانشجویان پرتلاش و با انگیزه، دریچه‌ای جدید برای آگاهی و رشد من گشود و از این بابت بی‌نهایت سپاسگزارم.

هم‌زمان با این گذر از فصل‌ها، این شماره از نشریه «استریو شیمی» دانشکده شیمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر را پیشکش نگاه‌های مشتاق شما می‌کنیم. این نشریه، همچون پنجره‌ای است به دنیای علم و خلاقیت که تلاش‌های بی‌وقفه دانشجویان پرتلاش ما در آن بازتاب یافته است. در این شب بلند و روشن یلدا، همراه با زمزمه‌های پاییزی که به استقبال سپیدی زمستان می‌روند، نشریه ما نیز به مسیر رو به رشد خود ادامه می‌دهد و آرزوی آن داریم که برای شما الهام‌بخش و مفید باشد.

در پایان، باید ابراز قدردانی کنم از تمامی دانشجویان عزیزی که در این راه همراه و همیار بودند. امیدوارم همواره در مسیر علمی و حرفه‌ای خود موفق و مؤید باشید. مخصوصاً از دانشجویانی که مستقیماً در تهیه و تدوین این نشریه یاری‌ام کردند، تشکر ویژه دارم.

آرزوی من برای شما، دانشجویان دانشکده شیمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، این است که همچنان به درخشیدن ادامه دهید و در تمامی مراحل زندگی علمی و شخصی‌تان موفقیت‌های بیشتری کسب کنید و هرگز شرایط مانع از تلاش و رؤیاپردازی‌تان نشود.

امیدوارم این تلاش گروهی به‌زودی به ثمرات بیشتری برسد و «استریو شیمی» به نمادی از اتحاد، پیشرفت و خلاقیت دانشجویان دانشکده شیمی تبدیل شود. برای همه دانشجویان عزیز، اساتید گران‌قدر و خانواده بزرگ دانشگاه صنعتی امیرکبیر، موفقیت و سربلندی در تمام عرصه‌های زندگی و تحصیل را آرزومندم.

با احترام
شبنم میرابی
سردبیر

تازه‌های شیمی

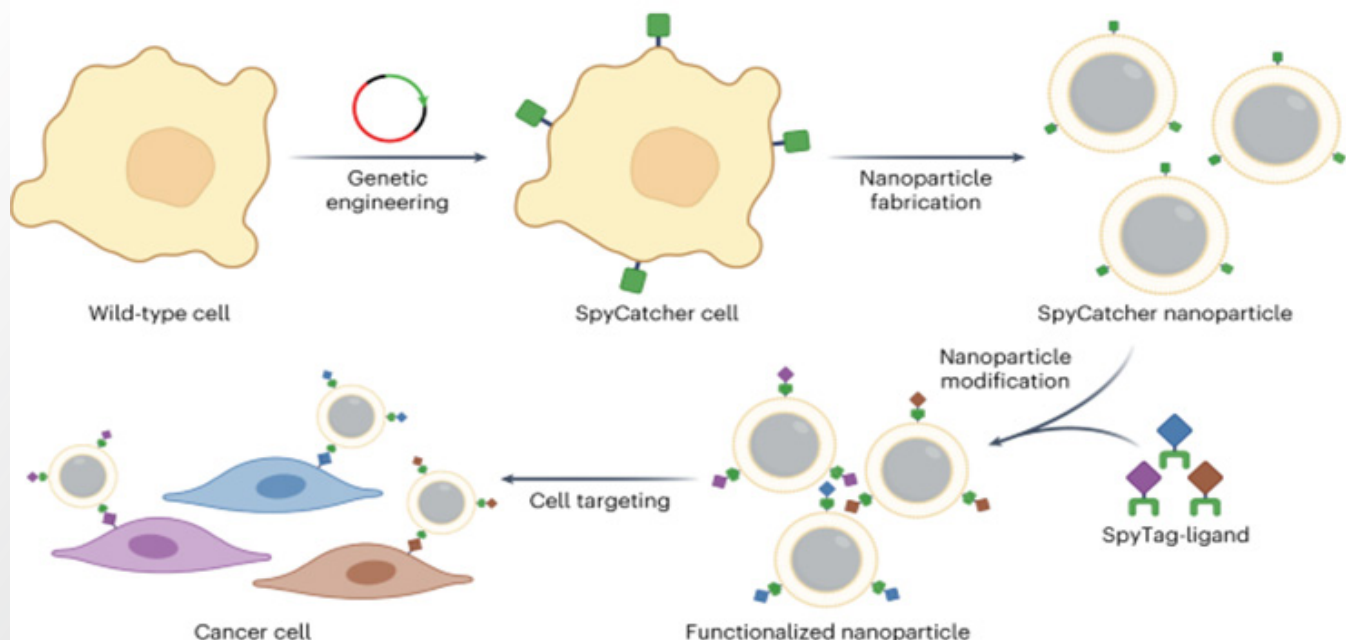


برخی از پیشرفت‌های اخیر در زمینه ی شیمی آلی

فانگ ژانگ، استاد مهندسی نانو در دانشکده مهندسی UC San Diego می‌گوید: «این یک فناوری بسترگاه پلاگین و بازی است که امکان اصلاح سریع نانوذرات بیولوژیکی کاربردی را فراهم می‌کند.»

ژانگ و گروهش جزئیات کار خود را در مقاله‌ای که در ۳۰ اکتبر در Nature Nanotechnology منتشر شد، شرح می‌دهند. نانوذرات مدولار شامل هسته‌های پلیمری زیست‌تخریب‌پذیر هستند که با غشای سلولی اصلاح‌شده ژنتیکی پوشانده شده‌اند. کلید طراحی مدولار آن‌ها، یک جفت پروتئین سنتزی (مصنوعی) است که با نام‌های SpyCatcher و SpyTag شناخته می‌شوند که به طور خاص برای اتصال خودبه‌خود و منحصراً با یکدیگر طراحی شده‌اند. این معمولاً در تحقیقات بیولوژیکی برای ترکیب پروتئین‌های مختلف استفاده می‌شود. در این مطالعه، ژانگ و گروهش این جفت را برای ایجاد سامانه‌ای برای اتصال آسان پروتئین‌های موردنظر به سطح نانوذره مهار کردند.

مهندسان دانشگاه کالیفرنیا سن‌دیگو، نانوذرات مدولار را توسعه داده‌اند که می‌توانند به راحتی برای هدف قراردادن موجودات بیولوژیکی مختلف مانند تومورها، ویروس‌ها یا سموم؛ سفارشی شوند. سطح نانوذرات طوری مهندسی شده است که میزبان هر مولکول بیولوژیکی انتخابی باشد و این امکان را فراهم می‌کند که نانوذرات را برای طیف وسیعی از کاربردها، از تحویل داروی هدفمند گرفته تا عوامل بیولوژیکی خنثی‌کننده، تنظیم کنند. زیبایی این فناوری در سادگی و کارایی آن است. به جای ایجاد نانوذرات کاملاً جدید برای هر کاربرد خاص، محققان اکنون می‌توانند از یک پایه نانوذرات مدولار استفاده کنند و به راحتی پروتئین‌هایی را که یک موجود بیولوژیکی موردنظر را هدف قرار می‌دهند، متصل کنند. پیش‌ازاین، ایجاد نانوذرات متمایز برای اهداف بیولوژیکی مختلف، هر بار نیاز به انجام یک فرایند سنتزی متفاوت از ابتدا تا انتها داشت؛ اما با این روش جدید، همان پایه نانوذرات مدولار را می‌توان به راحتی تغییر داد تا مجموعه کاملی از نانوذرات تخصصی ایجاد شود. لیانگ



نحوه عملکرد آن به این صورت است:

SpyCatcher بر روی سطح نانوذرات تعبیه شده است، درحالی که SpyTag از نظر شیمیایی به پروتئین موردعلاقه، مانند تومورها یا ویروس‌ها، مرتبط است. هنگامی که پروتئین‌های مرتبط با SpyTag با نانوذرات تزئین شده توسط SpyCatcher تماس پیدا می‌کنند، به راحتی به یکدیگر متصل می‌شوند و پروتئین‌های موردنظر را قادر می‌سازند که بدون زحمت به سطح نانوذرات متصل شوند. به عنوان مثال، برای هدف قراردادن تومورها، SpyTag را می‌توان به پروتئینی که برای جستجوی سلول‌های تومور طراحی شده است، متصل کرد و سپس آن پروتئین مرتبط با SpyTag را به نانوذره متصل کرد. اگر هدف به سمت یک ویروس خاص جابه‌جا شود، فرایند به همین ترتیب ساده است و به سادگی SpyTag را به پروتئینی که ویروس را هدف قرار می‌دهد، پیوند دهید و آن را به سطح نانوذره متصل کنید. ژانگ گفت: «این یک رویکرد بسیار ساده، کارآمد و سراسر برای عامل‌سازی نانوذرات برای هر کاربرد بیولوژیکی است.» برای ایجاد نانوذرات مدولار، محققان ابتدا سلول‌های ۲۹۳ کلیه جنینی انسان (HEK) - یک رده سلولی رایج در تحقیقات بیولوژیکی - را برای بیان پروتئین‌های SpyCatcher بر روی سطح

آن‌ها، مهندسی ژنتیکی کردند. سپس غشاهای سلولی جدا شده، به قطعات کوچک‌تر شکسته شدند و روی نانوذرات پلیمری زیست‌تخریب‌پذیر پوشانده شدند. این نانوذرات متعاقباً با پروتئین‌های مرتبط با SpyTag مخلوط شدند. در این مطالعه، محققان از دو پروتئین مختلف استفاده کردند: یکی گیرنده فاکتور رشد اپیدرمی (EGFR) و دیگری گیرنده ۲ فاکتور رشد اپیدرمی انسانی (HER2) را هدف قرار می‌دهد که هر دو در سطح سلول‌های سرطانی مختلف شایع هستند.

به عنوان اثبات مفهوم، محققان این نانوذرات را در موش‌های مبتلا به تومور تخمدان آزمایش کردند. نانوذرات با دواستاکسل، یک داروی شیمی‌درمانی، بارگیری شدند و هر سه روز یکبار از طریق تزریق داخل وریدی به موش‌ها، در مجموع چهار بار تزریق شدند. درمان با این نانوذرات، رشد تومور را سرکوب کرد و درعین حال میزان بقا را بهبود بخشید. میانگین بقای موش‌های تحت درمان ۶۳ تا ۷۱ روز بود، درحالی که میانگین بقای موش‌های درمان نشده ۲۴ تا ۲۹ روز بود.

در حال حاضر محققان به دنبال بهبود بیشتر چارچوب نانوذرات مدولار برای دارورسانی هدفمند هستند. ژانگ علاوه بر درمان سرطان، در مورد دیگر کاربردهای بالقوه این فناوری هیجان‌زده

است. وی گفت: «از آنجایی که ما یک پایه نانوذرات مدولار داریم، می‌توانیم به راحتی یک عامل خنثی‌کننده را روی سطح بچسبانیم تا ویروس‌ها و سموم بیولوژیکی را خنثی کنیم.» همچنین پتانسیل ایجاد واکسن با اتصال آنتی‌ژن روی سطح نانوذرات با استفاده از این چارچوب مدولار وجود دارد [۱].

• واکنش شکافتگی آب برای تولید گاز هیدروژن سبز بهبود یافت.

تاریخ: ۳۰ اکتبر ۲۰۲۳

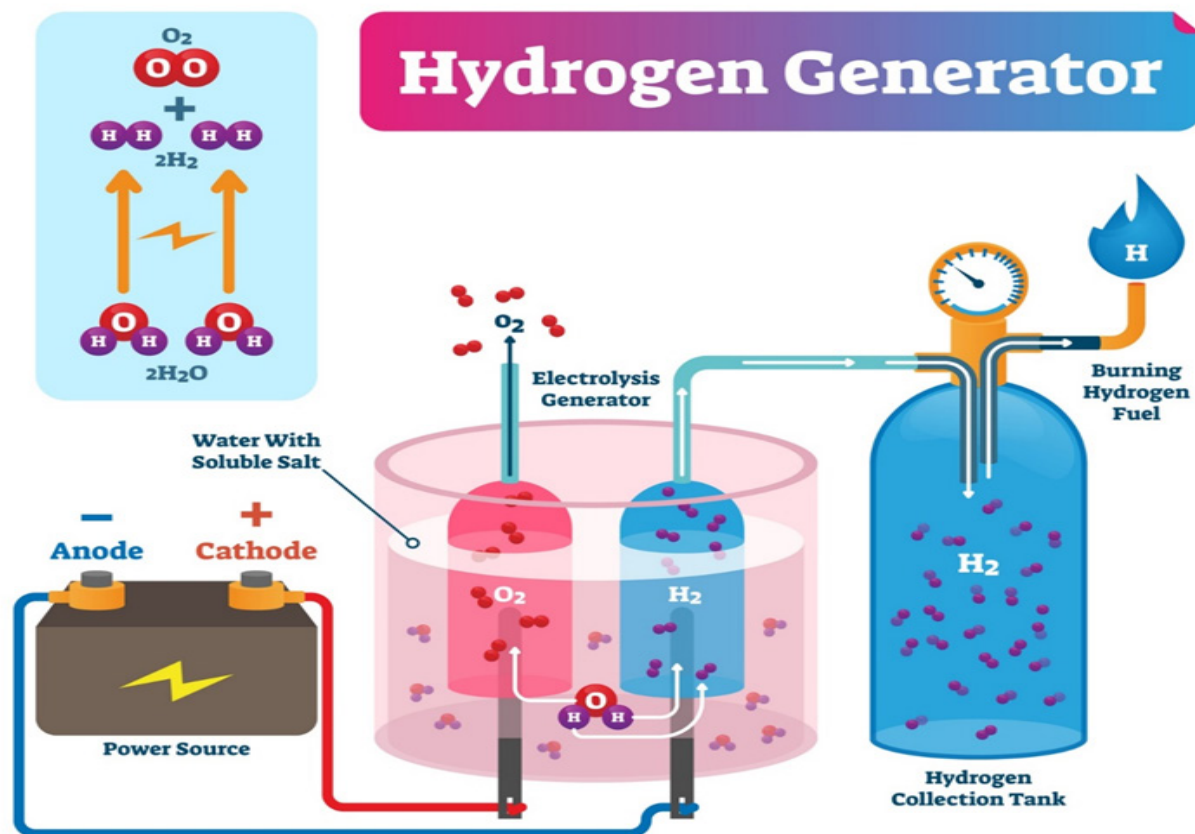
منبع: دانشگاه کالیفرنیا - سن دیگو

چکیده: کاتالیزورهای الکتروشیمیایی مورد استفاده در تقسیم آب، اغلب به دلیل رسانایی الکتریکی پایین گونه‌های (اکسی) هیدروکسید تولید شده در محل، عملکرد ضعیفی از خود نشان می‌دهند. برای غلبه بر این چالش، محققان اکنون یک الکتروود با اتصال شاتکی (Schottky) طراحی کرده‌اند که در رابط Ni-W5N4 فلزی و نیمه‌هادی NiFeOOH تشکیل شده است. الکتروود پیشنهادی فعالیت کاتالیزوری عالی را نشان می‌دهد و می‌تواند شکافتن آب دریا را به مدت ۱۰ روز به طور مداوم تسهیل کند.

تقسیم آب یک واکنش شیمیایی است که در آن آب به اکسیژن و هیدروژن تجزیه می‌شود. فرایند تقسیم آب، شامل استفاده از یک سلول الکتروشیمیایی است که از دو الکتروود آند و کاتد تشکیل شده است که توسط یک الکتrolیت از هم جدا شده‌اند. هنگامی که جریان الکتریکی از سلول عبور می‌کند، مولکول‌های آب به یون‌های هیدروژن (H^+) و یون‌های هیدروکسید (OH^-) تقسیم می‌شوند. یون‌های هیدروژن به کاتد جذب می‌شوند و در آنجا الکترون می‌گیرند و گاز هیدروژن (H_2) را تشکیل می‌دهند. یون‌های هیدروکسید به آند جذب می‌شوند، جایی

که الکترون‌ها را از دست می‌دهند و گاز اکسیژن (O_2) را تشکیل می‌دهند. سپس گاز اکسیژن با آند واکنش می‌دهد و اکسیدهای فلزی را تشکیل می‌دهد که می‌تواند بیشتر با آب واکنش داده و گونه‌های اکسی هیدروکسید را تشکیل دهد. تشکیل گونه‌های اکسی هیدروکسید یک چالش مهم در زمینه تقسیم آب است، زیرا رسانایی الکتریکی پایین این گونه‌ها منجر به فعالیت کاتالیزوری محدود می‌شود که مانع از واکنش‌های هیدروژن و همچنین تکامل اکسیژن در سلول می‌شود [۲]، [۳].

هیدروژن سبز (یا H_2) که از منابع انرژی تجدیدپذیر تولید می‌شود، سوخت یک آینده کربن‌زدایی است. الکتrolیز یا تقسیم آب به اکسیژن و هیدروژن با کمک یک سلول الکتروشیمیایی یکی از محبوب‌ترین راه‌های تولید H_2 سبز است و محصولات باکیفیت بالا را تضمین می‌کند و انتشار کربن صفر دارد. با این حال، با وجود مزایای آن، تقسیم آب الکتروشیمیایی هنوز در مقیاس تجاری برجسته نشده است. این به دلیل هدایت الکتریکی پایین کاتالیزورهای فعال (اکسی) هیدروکسید است که در محل، در طی فرایندهای الکتروشیمیایی تولید می‌شوند. این به نوبه خود منجر به فعالیت کاتالیزوری محدود می‌شود



(اکسی) هیدروکسید بود و توانایی تقسیم آب را بهبود بخشید. مهم‌ترین کاربرد دیود، عبور جریان در یک جهت و ممانعت از گذر جریان در جهت دیگر (یک‌سوسازی) است. دیود شاتکی یا دیود مانع، یک نیمه‌رسانای فلزی است که کار آن تغییر سریع همراه با اُفت ولتاژ روبه‌جلو و پایین در سرتاسر پایانه‌ها، در هنگام عبور جریان از دیود است. بر اثر این اُفت ولتاژ پایین، سرعت تغییر بالا می‌رود و راندمان سیستم افزایش پیدا می‌کند. این قطعه الکترونیکی یک دیود نیمه‌هادی فلزی است که می‌تواند در انواع کاربردهای شکل‌دهی، تعویض و یک‌سوسازی موج، مانند هر دیود پیوندی دیگری استفاده شود. دیودهای شاتکی دارای یک ترکیب فلزی در یک طرف اتصال و سیلیکون دوپ شده در طرف دیگر هستند، بنابراین این دیود لایه تخلیه ندارد. باتوجه‌به این ویژگی، دیودهای شاتکی برخلاف دیودهای معمولی PN-junction که دستگاه‌های دوقطبی

و واکنش‌های هیدروژن و همچنین تکامل اکسیژن در سلول را مختل می‌کند. مشکل خواص الکتریکی ضعیف (اکسی) هیدروکسید یک چالش طولانی‌مدت برای دستیابی به تقسیم آب کارآمد بوده است. اکنون گروهی از محققان به سرپرستی دانشیار جونیپوک سئو از گروه شیمی مؤسسه علوم و فناوری گوانگ‌جو، راه‌حلی برای این موضوع در قالب اتصالات شاتکی یافته‌اند.

در یک مطالعه اخیر که در ۳۰ اوت (آگوست) ۲۰۲۳ به صورت آنلاین در دسترس قرار گرفت و در جلد ۳۴۰ مجله Applied Catalysis B: Environmental در ژانویه ۲۰۲۴ منتشر شد. آن‌ها الکترودی را با اتصال شاتکی تشکیل‌شده در فصل مشترک کاتالیزور نیتريد فلزی نیکل - تنگستن ($Ni-W_5N_4$) و نیکل - آهن (اکسی) هیدروکسید ($NiFeOOH$) از نوع نیمه‌هادی n نشان دادند. این الکتروود قادر به غلبه بر محدودیت رسانایی

هستند، به عنوان دستگاه‌های تک قطبی شناخته می‌شوند. این قطعه دارای یک ترکیب فلزی در یک طرف است که می‌تواند از پلاتین تا تنگستن، مولیبدن، طلا و غیره و یک نیمه‌هادی نوع N در سمت دیگر باشد. این تقاطع به عنوان سد شاتکی (Schottky barrier) شناخته می‌شود و عرض آن به نوع فلز و مواد نیمه‌هادی بستگی دارد که در تشکیل اتصال استفاده می‌شود. سد شاتکی در حالت بدون بایاس (سوگیری)، بایاس روبه‌جلو یا بایاس معکوس، متفاوت عمل می‌کند. در حالت بایاس روبه‌جلو، زمانی که پایانه مثبت باتری به فلز و پایانه منفی به نیمه‌هادی نوع n متصل است، دیود شاتکی عبور جریان را امکان‌پذیر می‌کند؛ بنابراین الکترون‌های بیشتری در فلز و هادی جریان پیدا می‌کند؛ اما در حالت بایاس معکوس هنگامی که پایانه مثبت باتری با نیمه‌هادی نوع n و پایانه منفی با فلز متصل می‌شود، دیود شاتکی عبور جریان را مسدود می‌کند. با این حال، اگر ولتاژ بایاس معکوس بالاتر از یک سطح خاص افزایش یابد، سد را می‌شکند و جریان در جهت معکوس شروع به عبور می‌کند و این می‌تواند به اجزای متصل به دیود آسیب برساند.

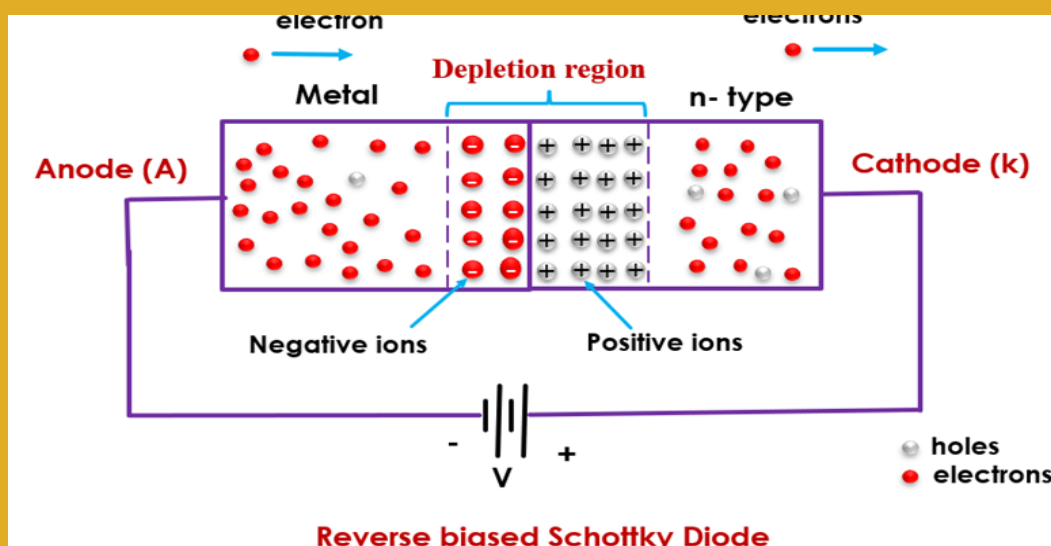
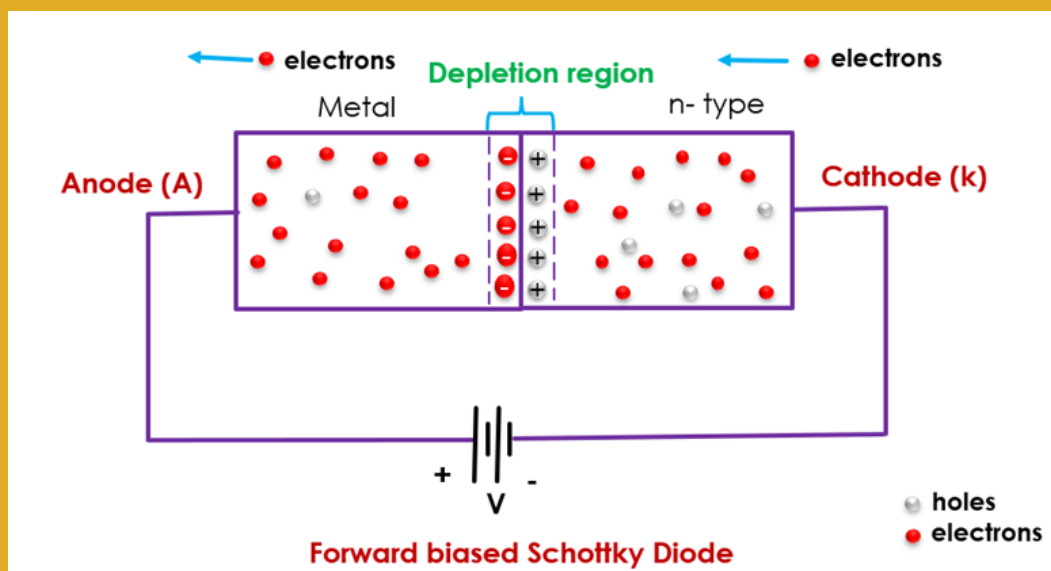
دو ماده، یک فلز و یک نیمه‌هادی، با رفتارهای الکترونیکی تا حد زیادی متفاوت در تماس قرار گرفتند تا تفاوت انرژی در رابط ایجاد کنند و یک اتصال را تشکیل دهند. دکتر سئو توضیح می‌دهد که: «تحقیق ما از این مانع انرژی بالقوه موجود در اتصال شاتکی برای تسریع جریان الکترون در الکتروستات استفاده کرد که منجر به افزایش قابل توجه در فعالیت واکنش تکاملی اکسیژن و تسریع در تقسیم آب کلی شد.» و مکانیسم اصلی پشت الکتروستات جدید طراحی شده آن‌ها را برجسته می‌کند. پس از انجام تقسیم آب الکتروکاتالیتی، گروه مشاهده کردند که آلیاژ Ni-W5N4 واکنش تکامل هیدروژن را کاتالیز می‌کند و منجر به چگالی جریان ۱۰ میلی‌آمپر بر سانتی‌متر مربع در یک مازاد پتانسیل کوچک ۱۱ میلی‌ولتی می‌شود. علاوه بر

این، اتصال شاتکی یکسوکنده تشکیل شده در سطح مشترک Ni-W5N4 | NiFeOOH لایه‌بندی غیر رسانا تولید شده توسط گونه‌های (اکسی) هیدروکسید را باطل کرد. در بایاس روبه‌جلو، چگالی جریان ۱۱ mA/cm² در ۱۸۱ میلی‌ولت اضافه پتانسیل را نشان داد. آنالیز الکتروشیمیایی الکتروستات نشان داد که فعالیت کاتالیزوری بهبود یافته را می‌توان در واقع به اتصال شاتکی نسبت داد. در نهایت، محققان یک الکترولیز را با استفاده از الکتروستات اتصال Schottky خود برای الکترولیز آب دریا طراحی کردند. آن‌ها دریافتند که دستگاه جدید می‌تواند به مدت ۱۰ روز به طور مداوم کار کند، در حالی که فعالیت کاتالیزوری و دوام فوق‌العاده‌ای را در طول الکترولیز از خود نشان می‌دهد. چگالی جریان قابل توجه ۱۰۰ میلی‌آمپر بر سانتی‌متر مربع در یک مازاد پتانسیل تنها ۲۳۰ میلی‌ولت را نشان داد. به طور کلی، محققان بر این باورند که این یافته‌ها می‌تواند به یک استراتژی پایدار برای تولید هیدروژن کمک کند تا در نهایت جایگزین روش‌های مرسوم شود که هنوز بر سوخت‌های فسیلی متکی هستند. همان‌طور که دکتر سئو نتیجه می‌گیرد که آب شیرین و آب دریا منابع فراوان و قابل تجدید پرتون هستند. سامانه‌های تقسیم آب کارآمد تضمین می‌کند که ما می‌توانیم تولید پایدار سوخت هیدروژن صفر کربن را ایجاد کنیم؛ بنابراین به مدیریت مشکلات آب‌وهوایی فعلی کمک می‌کنیم [۴].

فاطمه سادات حسینی

کارشناسی ارشد شیمی آلی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

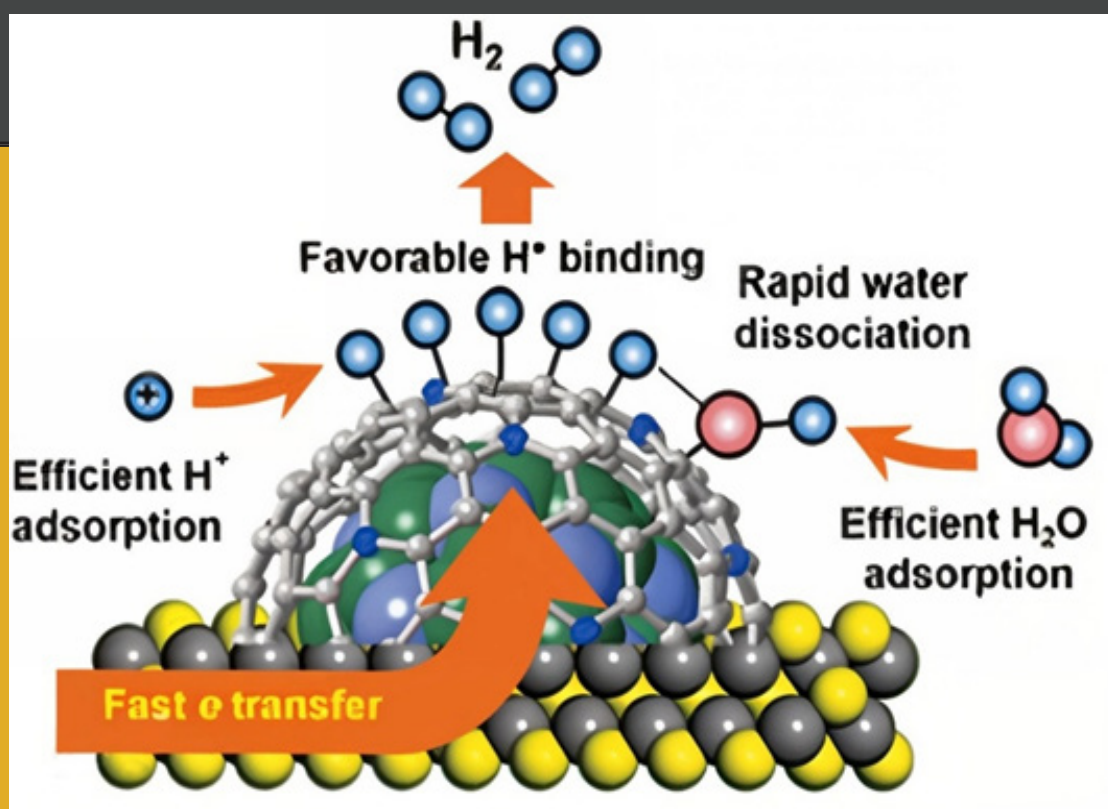


منابع:

1. "Plug and play' nanoparticles could make it easier to tackle various biological targets." <https://www.sciencedaily.com/releases/2023/10/231030141404.htm>.
2. C. Ottone, S. Hernández, M. Armandi, and B. Bonelli, Introduction to the Water Splitting Reaction. 2019.
3. D. C. Fernández-Remolar, "Iron Oxides, Hydroxides and Oxy-hydroxides," *Encycl. Astrobiol.*, pp. 1268–1270, 2015, doi: 10.1007/978-3-662-44185-5_1714.
4. "Water splitting reaction for green hydrogen gas production improved." <https://www.sciencedaily.com/releases/2023/11/231115113903.htm>.

مبانی پایه

آزادسازی الکتروشیمیایی هیدروژن (HER)



هیدروژن به دلیل فراوانی و ماهیت پاک و تجدیدپذیر یکی از مهم‌ترین کاندیدها به عنوان یک حامل انرژی پاک ایده‌آل برای آینده محسوب می‌شود؛ زیرا کمترین آلودگی را تولید می‌کند و می‌توان آن را از منابع طبیعی مانند آب یا زیست‌توده استخراج کرد [۱]. استفاده از انرژی فسیلی باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسید کربن می‌شود که اثرات گلخانه‌ای و مشکلات آلودگی محیطی مانند گرم شدن زمین و باران اسیدی را بیشتر تشدید می‌کند [۲].

H_2 بازده انرژی بالایی دارد (122 kJ/g) که 2.75 برابر بیشتر از سوخت‌های هیدروکربنی معمولی است [۳] و همچنین H_2 دارای ویژگی ذخیره‌سازی راحت است [۴]. توسعه اتومبیل‌ها و قطارهای هیدروژنی ثابت می‌کند که هیدروژن از چگالی انرژی بالای خود به عنوان یک حامل انرژی باکیفیت بالا سود می‌برد [۵]. سوخت هیدروژنی می‌تواند در زمینه‌های مختلف مانند پالایش نفت، تولید آمونیاک و حمایت از اقتصاد متانولی در آینده در نظر گرفته شود [۶]. یکی از محدودیت‌های انرژی

های تجدیدپذیر چگالی انرژی پایین آنهاست که می‌توان با تبدیل انرژی به هیدروژن، چگالی انرژی بالایی بدست آورد و مشکل ذخیره‌سازی انرژی را هم حل کرد پس تولید H_2 از شکافت آب، یک استراتژی خوب برای استفاده از انرژی نور خورشید، باد، جریان‌های اقیانوسی و امواج است [۷]. الکترولیز آب به عنوان یک اصل شناخته شده برای تولید اکسیژن و هیدروژن به شیوه‌ای پایدار در نظر گرفته می‌شود [۸]. تولید هیدروژن با الکترولیز آب (البته با برق حاصل از انرژی‌های پاک)، تولید دی‌اکسید کربن را به صفر می‌رساند [۹]. الکترولیز آب را می‌توان در هر دو محیط اسیدی و قلیایی انجام داد [۱۰]. شکافت آب الکتروشیمیایی (EWS) از دو نیمه واکنش از جمله واکنش آزادسازی هیدروژن کاتدی (HER) و واکنش آزادسازی اکسیژن آنودی (OER) تشکیل شده است [۱۱]. واکنش آزادسازی هیدروژن به عنوان یکی از زمینه‌های تحقیقاتی

جالب در الکتروشیمی در دهه‌های اخیر بسیار مورد مطالعه قرار گرفته است [۱۲]. با این وجود همچنان نیاز به کاهش پتانسیل برای تولید H_2 است، در این راستا ایجاد کاتدهایی با خواص سطحی و ذاتی بالا ممکن است منجر به کاهش پتانسیل و هزینه برای تولید H_2 شود [۱۳]. طبیعت نیز از آهن و نیکل به عنوان تنها فلزات موجود در مکان‌های فعال در هیدروژنازاها استفاده می‌کند تا کاهش برگشت‌پذیر پروتون‌ها را به H_2 در pH خنثی و پتانسیل کاهش نسبتاً کم کاتالیز کنند [۱۴].

Mn_4O_5Ca سیستمی نوری در طبیعت است که اکسیداسیون آب را در یک محیط پروتئینی کاتالیز می‌کند [۱۵]. همچنین پلاتین یک کاتالیزور امیدوارکننده است که به‌طور گسترده برای کاتالیز الکتریکی واکنش‌های آزادسازی هیدروژن در محیط‌های قلیایی و به‌خصوص اسیدی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۶]. در بیشتر موارد کار شده، کاتالیزور احیاکننده، حاوی فلزات نجیب مانند Re و Ir و Ru و Rh و Pt و غیره هستند [۱۷]. به‌خوبی ثابت شده است که مواد گروه پلاتین دارای فعالیت الکتروکاتالیستی بالایی در بین مواد الکتروکاتیو در منحنی آتش‌فشان (volcano) هستند (شکل ۱) [۱۸].

یک الکترود مناسب برای HER باید ویژگی‌های پایداری، ارزان‌قیمت بودن، فعالیت زیاد الکتروکاتالیستی، فراوانی و غیرسمی بودن را داشته باشد. بیشتر ترکیبات مصنوعی فعال در اکسیداسیون آب بر پایه فلزات گران‌قیمت و اغلب نمک‌های سرطان‌زا هستند [۱۹]. همچنین پلاتین می‌تواند توسط مواد شیمیایی مانند سولفیدها یا آنیون‌های فسفات ناکارآمد شود [۲۰]. ولی با این وجود پلاتین یک ابرکاتالیست برای HER است [۲۱]. استفاده گسترده از فلزات نجیب به عنوان الکتروکاتالیزور برای واکنش‌های HER، ظاهراً به دلیل هزینه بالا و ذخایر بسیار کم آن‌ها منع شده است. بنابراین، از الکتروکاتالیست‌های فعال مبتنی بر عناصر کم‌هزینه و فراوان برای جایگزینی فلزات نجیب بسیار مطلوب است [۲۲].



تولید H_2 از پروتون‌های آبی با کاتالیزورهای ناهمگن از اواخر دهه ۱۹۷۰ به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته‌اند [۴]. بسیاری از فلزات واسطه فراوان در زمین، به عنوان مثال کاتالیزورهای مبتنی بر Fe و Ni و Co و کاتالیزورهای بدون فلز، عملکرد بسیار خوبی نسبت به HER و OER نشان می‌دهند [۱۱]. کاتالیزورهای مبتنی بر فلزات واسطه (TM) عمدتاً شامل TMX ها (C=X, B, P) (O, N, Te, Se, S)، آلیاژهای TM و کاتالیزورهای رسانای بدون فلز عمدتاً شامل عناصر غیرفلزی S, P, O, N و حاوی نانو مواد هستند. برخی از این مواد ارزان، قابلیت بسیار بالایی در تقسیم الکتروشیمیایی آب نشان دادند که حتی با کاتالیزورهای مبتنی بر فلزات نجیب قابل مقایسه است [۱۱].

فعالیت الکتروکاتالیستی بستگی به ویژگی‌های سطحی و ذاتی الکتروود دارد. ویژگی‌های ذاتی شامل ویژگی‌های کوانتومی مختص هر عنصر مثل رسانایی، پیوندهای شیمیایی و ظرفیت‌ها می‌شود که می‌توان با انتخاب عناصر و ترکیبات مطلوب مثل فلزات نجیب، مهندسی کرنش، دوپینگ هترو اتم‌ها، کوپلینگ و طراحی کامپوزیت‌های هم‌افزایی آن را بهبود داد. ویژگی‌های

سطحی بستگی به تعداد مکان‌های فعال کوانتومی در دسترس می‌شود که می‌توان با مهندسی نانو مواد شامل نازک کردن لایه‌ها، مهندسی لبه‌ها، نقص‌ها و مزوپورها آن را بهبود داد. بهبود این ویژگی‌ها باعث انتقال راحت یون‌ها و الکترون‌ها و بهبود انرژی پیوند هیدروژن بر روی الکتروود می‌شود.

در بررسی عملکرد فعالیت الکتروکاتالیستی الکتروودهای ساخته شده از نمودارها و آزمون‌های پلاریزاسیون استفاده می‌شود که به طور خلاصه عبارت‌اند از: نمودار به اصطلاح آتش‌فشان که چگالی جریان (A/Cm^2) الکتروودها بر حسب انرژی آزاد گیبس (eV) واکنش‌های صورت‌گرفته در سطح آن را نشان می‌دهد. منحنی‌های LSV که به وسیله اسکن و ولتاژتری چرخه‌ای به دست می‌آیند (شکل ۲) و بر حسب پتانسیل الکتروود (V) در برابر چگالی جریان عبوری (A/Cm^2) است. منحنی تافل که بسیار مهم است از منحنی LSV استخراج می‌شوند و بر حسب پتانسیل اضافی (V) در برابر لگاریتم چگالی جریان (A/Cm^2) رسم می‌شود، از شیب تافل برای تعیین مکانیسم و تعیین نرخ (RDS) واکنش‌های مربوط به HER استفاده می‌شود (شکل ۳).

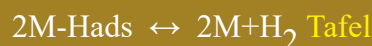
علاوه بر این موارد از محاسبات DFT (نظریه تابع چگالی) و آزمون ECSA (برای محاسبه سطح فعال الکتروشیمیایی) استفاده می شود.

تقسیم الکتروشیمیایی آب از دو نیمه واکنش آزادسازی هیدروژن کاتدی و واکنش آزادسازی اکسیژن آندی تشکیل شده است. HER واکنش انتقال دو الکترون است که شامل دو مرحله جذب H_2O (محلول قلیایی) یا گونه های H^+ (محلول اسیدی) روی کاتد (مرحله وولمر) و مرحله دفع H_2 از کاتد به طریق فرایند شیمیایی (مرحله تافل) یا الکتروشیمیایی (مرحله هیرووسکی) است. مکانیسم OER واکنشی شامل انتقال چهار الکترون و پیچیده تر است [۱۱].

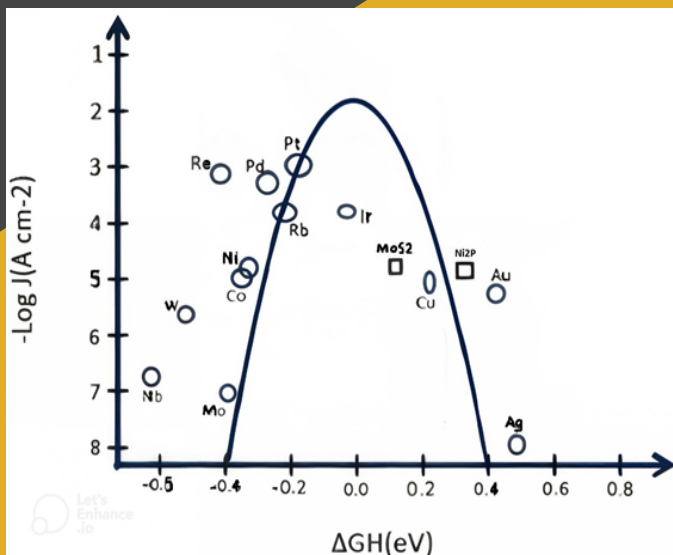
مراحل مربوط به HER می تواند در محلول های قلیایی بر اساس معادلات زیر بیان شود [۱۰]:



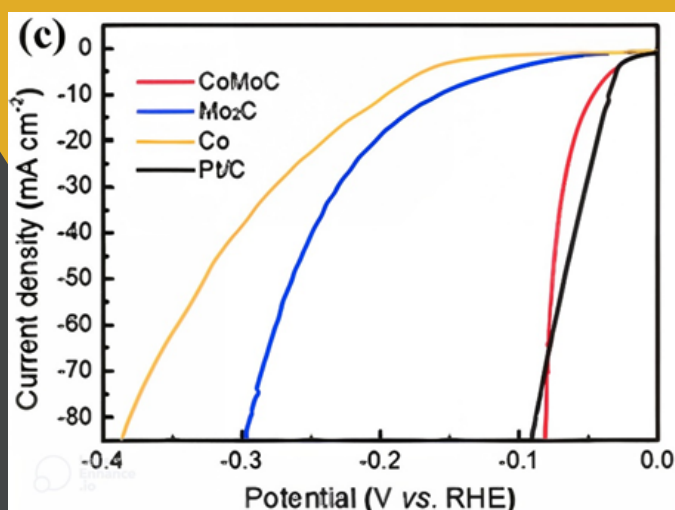
مراحل مربوط به HER برای محلول های اسیدی بر اساس معادلات زیر بیان می شود [۱۵]:



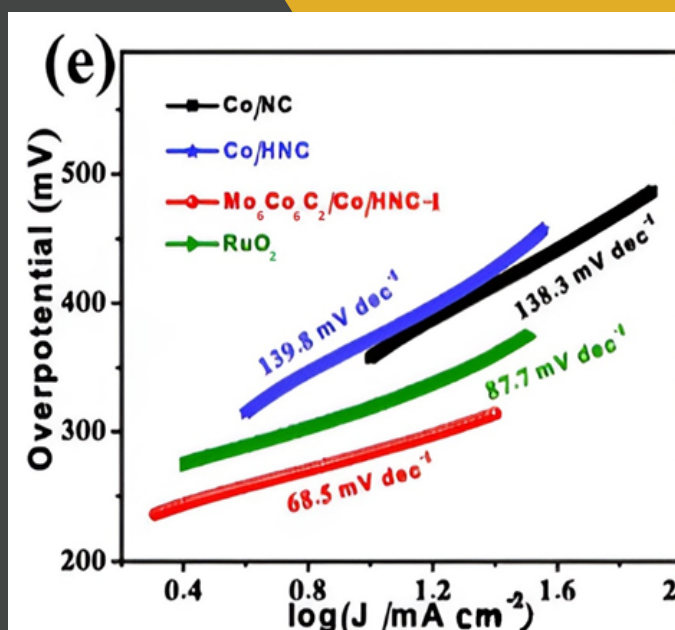
اولین مرحله برای تفکیک الکتروشیمیایی آب، مرحله وولمر است که طی آن Hads باید روی سطح الکتروده که با M نشان داده می شود جذب شود. مرحله تافل شامل بازترکیب شیمیایی دو اتم هیدروژن جذب شده روی سطح است و مرحله هیرووسکی شامل واکنش الکتروشیمیایی H_2O و Hads روی سطح است [۱۵]. فعالیت الکتروکاتالیستی بهتر برای HER در الکترودهای مختلف به پتانسیل اضافی کمتر در یک چگالی جریان ثابت نسبت داده می شود [۱۲]. یک پتانسیل اضافی علاوه بر مینیمم پتانسیل



شکل ۱. منحنی آتش فشان (چگالی جریان تبادل در مقابل انرژی آزاد گیبس) [۶].



شکل ۲. مثالی از منحنی LSV. [۱۵]



شکل ۳. مثالی از منحنی تافل [۱۵].

۱,۲۳۷۷ (ولتاژ سلول الکترولیز) معمولاً برای الکترولیز آب مورد نیاز است. یک پتانسیل اضافی خارجی برای تحریک انتقال الکترون ضروری است و کمک می کند تا بر موانع ناشی از انرژی فعالسازی بزرگ ناشی از تشکیل واسطه های واکنش واقع در سطح الکتروود غلبه شود [۶].

فرایند HER در الکترودهای سنتز شده توسط منحنی های تافل که از منحنی های LSV استخراج می شوند، با استفاده از معادله زیر ارزیابی می شود.

$$\text{Over voltage} = a + b \log i$$

در معادله بالا i و b به ترتیب چگالی جریان mA/cm^2 و شیب تافل mV/dec هستند. شیب تافل را می توان برای پیش بینی مکانیسم کلی واکنش HER و همچنین مرحله تعیین نرخ استفاده کرد. اگر شیب تافل حدود $120 \text{ mV}/\text{dec}$ باشد، جذب هیدروژن روی سطح کاتالیزور ساخته شده بسیار ضعیف است که در آن، مرحله وولمر سرعت کلی واکنش HER را کنترل خواهد کرد. اگر جذب هیدروژن روی سطح کاتالیزور قوی باشد آنگاه دفع هیدروژن از سطح (واکنش های تافل یا هیرووسکی) میزان کلی HER را کنترل می کند. اگر جمعیت Hads زیاد باشد، دو اتم مجاور Hads مجاور باهم ترکیب شده و گاز هیدروژن را تشکیل می دهند که در این حالت واکنش تافل نرخ کلی واکنش HER را کنترل می کند و شیب تافل برابر با $30 \text{ mV}/\text{dec}$ خواهد بود. در نهایت اگر جمعیت اتم های هیدروژن روی سطح کاتالیزور کمتر باشد، واکنش هیرووسکی سرعت کلی HER را کنترل می کند و در این صورت برابر با $40 \text{ mV}/\text{dec}$ است [۱۵-۱۲].

انرژی آزاد گیبس برای هیدروژن جذب شده ($\text{GH}\Delta^*$) به عنوان یکی از معیارهای انتخاب کاتالیزور کارآمد در فرایند HER است. $\text{GH}\Delta^*$ برای کاتالیزورهای ایده آل نزدیک به صفر است. پارامترهای ارزیابی واکنش HER مانند چگالی جریان مبادله به $\text{GH}\Delta^*$ سطح کاتالیزور مربوط است. از رابطه بین چگالی

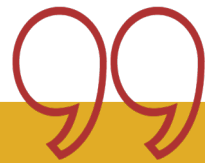
جریان مبادله و $\text{GH}\Delta^*$ در نمودار آتش فشان نشان داده است که گروه فلزات Pt در بالای آتش فشان قرار دارند و انرژی جذب هیدروژن نزدیک به صفر دارند که نزدیک به ایده آل است. مواد سمت راست گروه Pt دارای $\text{GH}\Delta^*$ بسیار مثبت هستند که رسیدن به حالت میانی را دشوار می سازد و جذب را ضعیف و ناکارآمد می کند. مواد سمت چپ گروه Pt ، $\Delta^*\text{GH}$ بسیار منفی دارند که منجر به مسدود شدن مکان های فعال و در نتیجه دفع مشکل هیدروژن می شود [۱۵-۶].

در بررسی الکترودهای ساخته شده بسیار مهم است که حداکثر و حداقل پتانسیل اضافی و چگالی جریان مورد استفاده، شیب تافل، پتانسیل شروع، مقاومت انتقال بار (RCT) و مقاومت ذاتی امپدانس (EIS) بررسی شوند سپس هرچه پتانسیل اضافی، شیب تافل و مقاومت ها کمتر باشند و چگالی جریان بیشتر باشد، الکتروود ما کارآمدتر است.

محمد صالح خالقی

کارشناسی ارشد شیمی معدنی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر



جهان را چنان که هست بشناس، نه چنان که می‌خواهی باشد.

ابوریحان بیرونی

در میان چهره‌های درخشان علم در ایران، ابوریحان بیرونی (۴۴۰-۳۶۲ ه‍.ق / ۱۰۵۰-۹۷۳ م) جایگاهی ممتاز دارد. او دانشمندی جامع‌الاطراف بود که در شاخه‌هایی چون ریاضیات، نجوم، زمین‌شناسی، داروشناسی و نیز شیمی تجربی تأثیرات ماندگاری بر جای گذاشت. یکی از نوآوری‌های برجسته بیرونی، که ارتباط مستقیم با علم شیمی دارد، روش ابداعی او در اندازه‌گیری چگالی مواد جامد با استفاده از ترازوی هیدرواستاتیک است؛ روشی که قرن‌ها پیش از تکامل فیزیک و شیمی مدرن، مبانی دانش اندازه‌گیری دقیق را بنیان گذاشت. بیرونی در اثر ارزشمند خود الجواهر فی معرفة الجواهر، به طبقه‌بندی سنگ‌ها، فلزات و جواهرات بر اساس ویژگی‌های فیزیکی، از جمله چگالی ویژه می‌پردازد. برخلاف دیدگاه‌های سنتی که بر رنگ و ظاهر متکی بودند، او تأکید دارد که معیارهای علمی و قابل اندازه‌گیری باید مبنای سنجش قرار گیرند. برای رسیدن به این هدف، ابوریحان ترازویی طراحی کرد که می‌توانست جرم اجسام را هم در هوا و هم در آب اندازه‌گیری کند. او با بهره‌گیری از اصول شناوری و نیروی ارشمیدسی، اختلاف جرم جسم در دو محیط را محاسبه کرده و از این طریق چگالی نسبی آن را با دقتی قابل توجه به‌دست می‌آورد. جالب آن‌که بسیاری از مقادیر ثبت‌شده توسط او، با داده‌های مدرن اختلاف ناچیزی دارند. فراتر از جنبه‌های فنی، آنچه روش علمی بیرونی را متمایز می‌سازد، توجه به تجربه و مشاهده دقیق است. او برخلاف بسیاری از دانشمندان هم‌عصر خود، که صرفاً به اقتباس از منابع یونانی یا فرضیات فلسفی بسنده می‌کردند، روش خود را بر پایه اندازه‌گیری، داده‌برداری و آزمون تجربی بنا نهاد. این رویکرد، او را از یک مفسر سنتی به یک پیشگام واقعی در علم تجربی بدل کرد. از منظر امروز، دستاورد بیرونی را می‌توان نه تنها در حوزه شیمی، بلکه در بنیان‌گذاری تفکر علمی تجربی در تاریخ علم جای داد. طراحی ابزار علمی، انجام آزمون‌های دقیق، و تفسیر داده‌ها بر مبنای اصول ریاضی، همگی نشان می‌دهند که ابوریحان بیرونی قرن‌ها پیش از عصر نوین، دیدگاهی علمی و مدرن به ماده و ترکیب داشت. امروزه که آموزش شیمی به داده‌محوری، ابزار دقیق و تحلیل کمی تکیه دارد، بازگشت به تجربیات پیشگامانی چون بیرونی می‌تواند یادآوری روشنی باشد از اینکه پیشرفت علم، نتیجه جرب و تجربه اندازه‌گیری، مشاهده و پرسشگری مداوم است.

امیر رضا طالبی

دکتری شیمی کاربردی

دانشگاه بوعلی سینا همدان

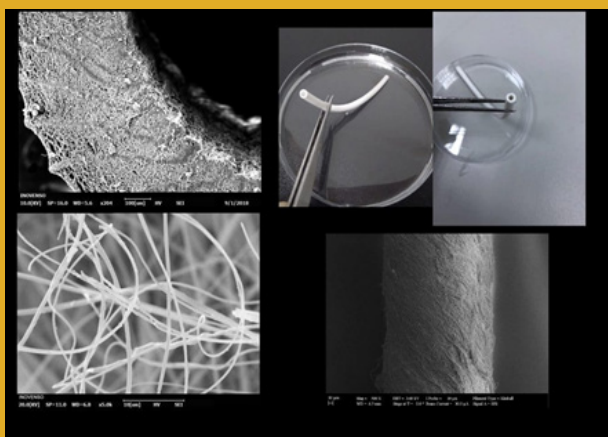
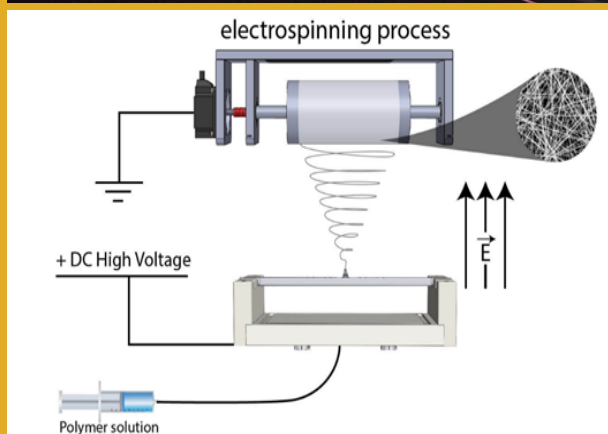
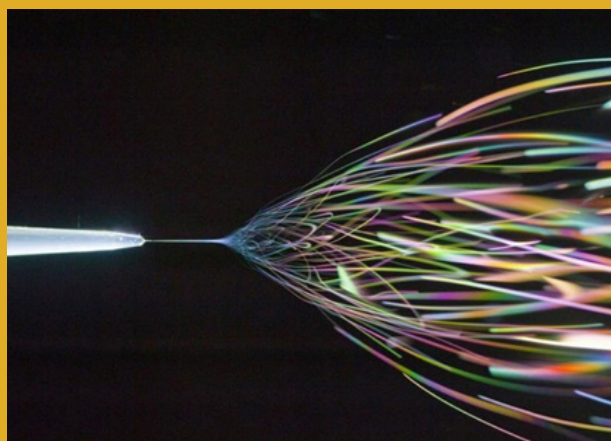
دستگاه الکتروریسی

امروزه نانوالیاف (پلیمری، کربنی، معدنی و کامپوزیتی) به عنوان یکی از مهم ترین محصولات فناوری های نانو در بسیاری از حوزه ها به ویژه در پوشش های زخم، مهندسی بافت، حوزه های دارویی، صنایع نساجی، صنایع رنگ و پوشش، صنایع شیمیایی فناوری اطلاعات و ارتباطات، تولید و ذخیره سازی انرژی، بهینه سازی مصرف انرژی پیل های خورشیدی، محیط زیست، انواع حسگرهای زیستی و شیمیایی، حوزه های مرتبط با زیست فناوری کشاورزی و... کاربردهای زیادی پیدا کرده اند. روش های مختلفی مانند کشش، تولید از قالب، خودآرایی، جدایش فازی و الکتروریسی برای ساخت نانوالیاف با ویژگی های متنوع وجود دارد. نانوالیاف می توانند شکل های متنوعی نظیر الیاف بافته شده، آرایش شده، توخالی، متخلخل،

هسته - پوسته و نواری شکل داشته باشند. در این بین تنها روشی که قادر به تولید الیاف با طول زیاد و قطر نانومتری است؛ روش الکتروریسی می باشد. الکتروریسی کلاسیک، الکتروریسی حبابی، الکتروریسی به کمک گاز، الکتروریسی مذاب، الکتروریسی به کمک میدان مغناطیسی، الکتروریسی چند نازل، الکتروریسی دوجزئی، الکتروریسی بدون سوزن و الکتروریسی گریز از مرکز از جمله روش های الکتروریسی هستند. در فرایند الکتروریسی پارامترهای متنوعی بر روی شکل و قطر الیاف تأثیر می گذارند که از مهم ترین این پارامترها می توان به ولتاژ کاری دستگاه، قطر سوزن، ثابت دی الکتریک محلول، ویسکوزیته محلول، دما، رطوبت و فاصله بین نوک سوزن و جمع کننده اشاره کرد [۱]. الکتروریسی یک روش ساده و ارزان در تولید الیاف بسیار نازک

فرایند امکان صنعتی شدن تکرارپذیری سهولت کنترل ابعاد الیاف

کشش	ندارد	دارد	ندارد	ندارد
سنتز با قالب	ندارد	دارد	دارد	دارد
جدایش فازی	ندارد	دارد	دارد	ندارد
خودآرایی	ندارد	دارد	ندارد	ندارد
الکتروریسی	دارد	دارد	دارد	دارد



از محلول پلیمری است. روشی با نیروی محرکه الکترواستاتیکی برای تولید نانوالیاف است. نانوالیاف از محلول مایع یا مذاب پلیمری که از لوله موئین به منطقه با میدان الکتریکی بالا تغذیه می‌شود، تشکیل می‌شوند. اندازه و ریزساختار نانوالیاف با متغیرهای عملیاتی متفاوتی کنترل می‌شود. این متغیرها شامل ویسکوزیته محلول، ولتاژ، نرخ تغذیه، هدایت محلول، فاصله هدف و لوله موئین و اندازه لوله هستند. نانوالیاف الکتروریسی شده معمولاً به صورت بی‌نظم یا جهت‌دار روی صفحه دوبعدی جمع‌آوری می‌شوند.

به ۴ نوع از انواع روش‌های الکتروریسی می‌پردازیم:

* فرایند کلاسیک الکتروریسی

در الکتروریسی، محلول یا مذاب از درون یک سوزن باریک یا نازل تغذیه می‌شود. پمپ تغذیه این کار را انجام می‌دهد. این به تنظیم میزان دقیق ماده ورودی کمک می‌کند. محلول یا مذاب پلیمری با نرخ جریان مناسب و بهینه از روزنه خارج می‌شود. سوزن یا نازل هم‌زمان الکترودهم است و با یک منبع برق ولتاژ بالا باردار شده و پتانسیل الکتریکی بالایی ایجاد می‌کند که بین ۵ تا ۳۰ کیلوولت در فضای بین سوزن سرنگ و یک جمع‌کننده فلزی با فاصله ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متر قرار گرفته است. جریان در زمان الکتروریسی در حد نانو آمپر تا میکرو آمپر است. طراحی الکتروریسی می‌تواند پایین‌به‌بالا یا بالا‌به‌پایین باشد. جمع‌کننده متصل به زمین است. به طور معمول برای کار آسان با الیاف این جمع‌کننده با یک پوش‌برگ (فویل آلومینیومی) پوشانده می‌شود. میدان الکتریکی بین نوک سوزن و جمع‌کننده باعث کشیدن قطره محلول پلیمری و تغییر شکل آن بر اساس نیروهای الکترواستاتیکی می‌شود. این باعث تغییر شکل قطره نیمه کروی به یک شکل قیفی می‌گردد که قیف تیلور نامیده می‌شود. در زمان رسیدن به ولتاژ مناسب، بارهای سطحی قطره بر کشش سطحی غلبه می‌کند و یک الیاف کشیده شده به سمت جمع‌کننده تولید می‌کند و بار الکتریکی

جریان را به هدف متصل به زمین شتاب می‌دهد. وقتی الیاف به سمت هدف متصل به زمین می‌رود، حلال تبخیر می‌شود و در بیشتر موارد الیافی که به جمع‌کننده می‌رسد؛ خشک است. قطر، تخلخل و خواص دیگر الیاف می‌تواند با اصلاح جریان محلول، ترکیب محلول پلیمری، پتانسیل میدان الکتریکی و فاصله بین سوزن و هدف کنترل شود. بعد از آنکه الیاف از سوزن جدا شد، حرکت آن بیشتر با نیروهای الکترواستاتیکی ایجاد شده از میدان الکتریکی خارجی و بار سطحی جمع شده روی نانوالیاف الکتروریسی شده ارتباط دارد. افزون بر این، بارهای روی الیاف بارهای مخالف را روی الکترودهم جمع‌کننده افزایش می‌دهد که

* الکتروریسی گریز از مرکز (سانتریفیوژی)

دو روش الکتروریسی سانتریفیوژی و ریسندگی سانتریفیوژی در فرایندهای تولید نانوالیاف وجود دارد. این دو روش خیلی به هم شباهت دارند. در روش الکتروریسی محلول پلیمری تغذیه شده و از وسط به یک دیسک دوار با سرعت خیلی بالا تغذیه می شود. محلول پلیمری در اثر غلبه نیروهای کشش سطحی بر نیروهای گریز از مرکز به طور شعاعی به لبه های دیسک دوار رفته و وارد میدان الکتریکی ولتاژ بالا می شود. نمونه ای از الیاف تولید شده به روش الکتروریسی گریز از مرکز نشان داده شده است. مهم ترین مزیت این روش عدم وابستگی آن به شرایط محیطی مثل دما و رطوبت است. سوراخ و دانه، عیوب ساختاری قابل شکل گیری در این روش هستند.

* عوامل مؤثر بر مورفولوژی نانوالیاف

الکتروریسی شده:

- غلظت محلول: غلظت محلول پلیمری نقش مؤثری در تشکیل فیبر در فرایند الکتروریسی دارد. در یک غلظت مناسب نانوالیاف صاف و مستقیم تشکیل می شوند. در صورتی که غلظت بسیار زیاد باشد، به جای نانوالیاف، میکروروبان های مارپیچ ایجاد خواهند شد.

- وزن مولکولی محلول: وزن مولکولی نشان دهنده طول زنجیر پلیمر است و بر گرانشی محلول اثر می گذارد. در گرانشی های پایین، الیاف قرار گرفته روی صفحه جمع کننده، دارای ذرات گلوله مانند هستند. در این حالت میزان درهم رفتگی زنجیرهای پلیمری کمتر است. کشش سطحی تأثیر زیادی بر جت الکتروریسی دارد. مولکول های حلال به دلیل کشش سطحی تمایل بیشتری به تجمع و تبدیل شدن به شکل کروی را دارند. در گرانشی های بالا، میزان درهم رفتگی زنجیرهای پلیمری در محلول بیشتر است. در واقع برهم کنش میان مولکول های پلیمر و حلال بیشتر است؛ بنابراین زمانی که محلول تحت تأثیر

به جذب الیاف توسط جمع کننده کمک می کند.

دینامیک سیالی رشته الکتروریسی باردار یک فرایند پیچیده است و جت الکتروریسی در بیشتر موارد وارد یک حالت کوبش شلاقی می شود. منشأ این حرکت پرهج و مرج تعامل پیچیده پارامترهایی است که شامل ویسکوزیته محلول، کشش سطحی، نرخ تبخیر حلال، هدایت الکتریکی محلول پلیمری، نیروهای الکترواستاتیک، اصطکاک هوا و گرانش است. این یک مکانیزم مهم برای دستیابی به الیافی با محدوده نانومتری است. الیاف مستقر شده زمان پیشروی به جمع کننده را کمی طولانی تر می کند. این باردار شدن موضعی جمع کننده هم حرکت بی نظم جت نزدیک سطح را افزون می کند. حرکت شلاق وار بی نظم الیاف در نهایت باعث استقرار تصادفی الیاف الکتروریسی شده در یک دایره معمولاً ۱۰ سانتی متری می شود.

* الکتروریسی مذاب

به سبب مسائل زیستی و سلامت برخی حلال ها، نیاز به جایگزین پاکتری نسبت به روش حلالی وجود دارد، روش مذاب می تواند برای برخی مواد جایگزین خوبی باشد. رفتار دمایی حالت مذاب در ریسندگی پایدار بسیار مهم است. در الکتروریسی مذاب باید گرمای ثابتی برای محفظه پلیمر فراهم باشد تا پلیمر در حالت مذاب بماند. فاصله نازل تا جمع کننده در این روش بیشتر از الکتروریسی است؛ چون پلیمر در حالت مذاب به بار بیشتری برای شروع جت نیاز دارد.

* الکتروریسی بدون سوزن

در این روش، سوزن را حذف و جای آن از یک استوانه استفاده می شود. این استوانه در حمامی از محلول پلیمری می گردد و فیلم نازکی از آن در سطح استوانه شکل می گیرد و به سطح بالایی غلتک می آید. با اعمال ولتاژ بالا به محفظه شمار زیادی جت از سطح غلتک به بالا شکل می گیرد. دستگاه «نانواسپایدر» با این روش تجاری شده است. در روش بدون سوزن رطوبت بر

محصول بسیار مؤثر است.

بارهای الکتریکی کشیده می‌شود، مولکول‌های حلال تمایل به گسترش یافتن در میان مولکول‌های درهم‌رفته پلیمری را دارند، در نتیجه گرایش مولکول‌های حلال، به گرد هم آمدن در اثر کشش سطحی کاهش خواهد یافت و الیاف با قطر یکنواختی تشکیل می‌شوند. با افزایش گرانشی تغییر جزئی در شکل گلوله‌ها به وجود می‌آید و از شکل کروی به شبه مخروطی تبدیل شده؛ در نهایت به شکل لیف هموار درمی‌آیند.

- ولتاژ اعمالی: ولتاژ بالا، بارهای الکتریکی لازم را وارد محلول می‌کند. این بارها میدان الکتریکی خارجی را ایجاد می‌کنند. در این حالت، محلول آویزان از نوک سوزن در هنگام شروع فوران، به شکل مخروط تیلور تبدیل می‌شود. در اکثر موارد ولتاژ بالاتر موجب کشش بیشتر محلول می‌شود و به دنبال آن میدان قوی‌تری را ایجاد می‌کند که این موارد در کاهش قطر الیاف مؤثر است و به تبخیر سریع‌تر حلال و خشک شدن الیاف کمک می‌کند؛ در صورتی که در ولتاژ کم پلیمر گلوله، گلوله می‌شود.

- نرخ تغذیه: آهنگ تغذیه محلول ریسندگی نیز یکی از پارامترهای تأثیرگذار بر تشکیل نانوالیاف و قطر آن‌ها است. به گونه‌ای که اگر آهنگ تغذیه پایین باشد، محلول پلیمری خارج شونده از سوزن یکنواخت و پیوسته نبوده و جت پایدار محلول و مخروط تیلور تشکیل نخواهد شد. در نتیجه، الیافی با قطرهای متغیر شکل خواهد گرفت.

- نوع جمع‌کننده: جمع‌کننده‌ها به دو شکل متحرک و ثابت هستند. جمع‌کننده مدور برای جمع‌آوری الیاف به صورت منظم است و به خشک شدن الیاف کمک بیشتری می‌کند و این به عنوان مزیت شمرده می‌شود. این جمع‌کننده، زمانی که به الیاف مجزا نیاز باشد باعث بهبود ریخت‌شناسی الیاف می‌شود.

- فاصله نوک سوزن و جمع‌کننده: فاصله بین سوزن تا جمع‌کننده بر زمان پرواز و شدت میدان تأثیر مستقیم دارد. با کاهش فاصله، شدت میدان افزایش پیدا می‌کند و موجب

افزایش شتاب در حرکت جت می‌شود. در این شرایط ممکن است زمانی که جت به جمع‌کننده می‌رسد زمان کافی برای تبخیر حلال نبوده، حلال اضافی موجود در الیاف سبب ادغام الیاف در یکدیگر شود. کاهش فاصله، به طور هم‌زمان افزایش ولتاژ و افزایش شدت میدان را در پی دارد. اگر شدت میدان بسیار زیاد باشد، افزایش ناپایداری جت را به دنبال دارد که به تشکیل گلوله‌ها کمک می‌کند. اگر فاصله به گونه‌ای باشد که شدت میدان در حالت بهینه قرار گیرد، گلوله‌های کمتری تشکیل می‌شود؛ زیرا میدان الکترواستاتیکی، نیروی کششی مناسبی را به جت وارد خواهد کرد. افزایش فاصله، زمان بیشتری را برای پرواز ایجاد می‌کند که باعث می‌شود محلول قبل از تشکیل روی جمع‌کننده بیشتر کشیده شود و این منجر به کاهش قطر متوسط الیاف می‌شود.

- رطوبت: با افزایش رطوبت، خلل و فرج بیشتر می‌شود.

- دما: دمای محلول علاوه بر افزایش نرخ تبخیر، بر کاهش گرانشی محلول پلیمری نیز اثرگذار است. در صورتی که پلیمر در دمای بالا الکترورسی شود، الیاف با قطر یکنواخت‌تری تولید می‌شوند. این پدیده ممکن است ناشی از گرانشی کمتر محلول و حلالیت بیشتر پلیمر در حلال باشد که اجازه کشش بیشتری (الیاف حاصل با قطر کوچک‌تر) به محلول می‌دهد.

کاربردهای نانوالیاف الکترورسی شده:

* کاربردهای نانوالیاف در پزشکی

در مهندسی پزشکی، نانوالیاف در تهیه بافت‌های مهندسی، پوشش‌های زخم، لایه‌های جاذب و رهایش دارو به کار می‌روند. بافت‌های مهندسی و بافت‌های ترمیمی تهیه شده از نانوالیاف پلیمری قابلیت ترمیم بافت‌ها را داشته، به رشد و تکثیر سلول‌ها نیز کمک می‌کنند. اگر بافت‌های نانوالیافی حاوی سلول‌های کشت داده شده به بدن بیمار پیوند زده شوند، باعث ترمیم بافت‌های آسیب‌دیده خواهند شد.

چنانچه از لایه نانوالیاف برای پوشش زخم استفاده شود، تشکیل

* کاربردهای نانوالیاف در لایه‌های جاذب

عملکرد لایه‌های نانوالیاف در کاربردهای محیط زیستی برای جداسازی غشایی رطوبت و گردوخاک است. همچنین می‌توان هوای آلوده محتوی باکتری را با استفاده از لایه‌های الیاف در مقیاس نانو تصفیه کرد. اگر سطح نانوالیاف مانند غشای ضدباکتری با هدف از بین بردن باکتری‌ها اصلاح شیمیایی شود، در آن صورت استفاده از آن در محل سکونت و محیط کار بسیار مفید خواهد بود.

لایه‌های جاذب با استفاده از لیگاندهای شیمیایی متصل بر سطح نانوالیاف، توانایی خالص‌سازی مولکول‌ها را از طریق به دام انداختن مولکول‌ها، بر پایه خواص فیزیکی یا شیمیایی یا عوامل زیستی دارند. جداسازی صرفاً بر اساس اندازه و وزن مولکول‌ها نیست. جداسازی برخلاف روش غربال کردن، به صورت انتخابی یا گزینشی است.

علاوه بر مولکول‌های زیستی، لایه‌های جاذب قادر به جداسازی سلول‌های مرده، جامدهای معلق و کلوئیدی و ذرات ویروسی از تعلیقی‌های همگن سلول‌های باکتریایی هستند.

* کاربردهای نانوالیاف در تصفیه پساب‌ها و فاضلاب

نانوالیاف به دلیل خواص شگفت‌انگیزی مانند نسبت سطح به حجم زیاد، قابلیت انعطاف‌پذیری در ویژگی‌های سطحی و عملکرد مکانیکی فوق‌العاده مانند سختی و استحکام کششی، قابلیت جذب میزان زیادی از آلاینده‌های موجود در پساب و فاضلاب را داشته‌اند.

* کاربردهای نانوالیاف در تقویت‌کننده کامپوزیت

یکی از کاربردهای مهم نانوالیاف، ایفای نقش تقویت‌کنندگی در کامپوزیت‌ها است. به علت سطح مخصوص زیاد نانوالیاف، تنش اعمالی بر کامپوزیت به طور کامل به الیاف منتقل

پوست در ناحیه آسیب‌دیده بهتر و سریع‌تر انجام می‌شود و به‌طورکلی شرایط مساعدتری برای بهبود زخم ایجاد می‌شود. در این پوشش‌های زخم بند، میزان تبخیر آب کنترل‌شده و نفوذپذیری اکسیژن، مناسب است. به دلیل تخلخل زیاد نانوالیاف و خاصیت ذاتی پلیمرهایی مانند پلی‌اورتان، خاصیت ضدعفونی‌کردن نیز بهبود می‌یابد.

می‌توان با به‌کارگیری الکتروریسی و مهندسی بافت، رگ‌های مصنوعی در حجم زیاد تولید کرد. برای کشت و رشد سلول‌های داخلی رگ‌ها بر روی پلی‌اورتان یا سطوح مواد زیستی دیگر، روش‌های گوناگونی مانند اصلاح سطح به‌وسیله عملیات پلاسما و... توسعه یافته‌اند.

نانوالیاف را می‌توان به‌عنوان حامل دارو در سامانه انتقال دارو به کار برد. در این مورد، لایه‌های نانوالیاف با ترکیبات دارویی آمیخته‌شده و به‌عنوان مثال می‌تواند زخم را ترمیم ببخشند (نقش بخیه) یا به‌صورت کپسول‌های محتوی دارو، مواد دارویی را از طریق سامانه گوارشی بیمار انتقال دهند.

* کاربردهای نانوالیاف در حسگرها

حسگرها قطعاتی هستند که در برابر تحرک‌های فیزیکی یا شیمیایی از قبیل غلظت مولکول‌های زیستی، غلظت گاز، انرژی گرمایی، انرژی الکترومغناطیسی، انرژی صوتی، فشار، مغناطیس یا حرکت، عکس‌العمل نشان می‌دهند که به‌صورت علائم ساده و قابل‌شناسایی و عموماً به‌صورت الکتریکی یا نوری است. امکان کاربرد نانوالیاف پلیمری الکتروریسی شده به‌عنوان حسگرهای گاز، حسگرهای شیمیایی، حسگرهای نوری و زیست حسگرها مورد بررسی قرار گرفته است. به این دلیل که نسبت سطح به حجم نانوالیاف زیاد است، حساسیت حسگرها نیز افزایش می‌یابد. حسگرهای نانوالیافی علاوه بر حساسیت بالا، زمان پاسخگویی سریعی نیز دارند.

منابع:

1. "R&D SERVICES." <https://www.inovenso.com/rd-service/>.
2. "آشنایی با عملکرد دستگاه الکترورسی و کاربردهای آن," باشگاه نانو, 1400. <https://nanoclub.ir/articles/1400>.
3. "Genvolt Electrospinning Machine." <https://www.genvolt.com/application-information/5cfe7c7c87e60/Electrospinning-Machine>.
4. "Electrospinning Machine 30kV from Spruce Science." <https://spruce-science.com/products/electrospinning-machine-30kv/>.

کاربردهای آن



فاطمه سادات حسینی

کارشناسی ارشد شیمی آلی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

می‌شود. به‌غیراز بهبود خواص مکانیکی، کامپوزیت‌های پلیمری تقویت‌شده با نانوالیاف شفافیت خیلی خوبی دارند.

* کاربردهای نانوالیاف الکترورسی شده در پوشاک

امروزه از نانوالیاف الکترورسی شده در تولید پارچه‌های ضد لک، ضدچروک و آنتی‌باکتریال استفاده می‌شود. همچنین در ساخت لباس‌های هوشمند در کاربردهای نظامی، لباس‌های خنک نیز از نانوالیاف استفاده می‌شود [۲].

* تجهیزات الکترورسی Inovenso:

Inovenso طیف وسیعی از ماشین‌های الکترورسی را ارائه می‌دهد، ازجمله:

- PE-550 Electrospinning/Spraying Machine
- PE-300 Electrospinning/Spraying Machine
- Needle-based Industrial Electrospinning/Spraying Machines
- Nanospinner 416 Industrial Electrospinning/Spraying
- Lab Scale Electrospinning Machines (e.g., Nanospinner24 Multinozzle Electrospinning/Spraying Machine and NE300 Multinozzle Electrospinning/Spraying Machine)

* دستگاه الکترورسی Genvolt:

الکترورسی شامل تولید الیاف (معمولاً نانوالیاف) با اعمال ولتاژ بالا به محلول پلیمری است. این فرایند از یک مخزن، یک پمپ، یک منبع تغذیه با ولتاژ بالا و یک جمع‌کننده استفاده می‌کند. نتیجه الیاف پیوسته با قطرهای مختلف از نانومتر تا میکرومتر است [۳].

* ماشین الکترورسی Spruce Science:

دستگاه الکترورسی ۳۰ کیلوولت آن‌ها با استفاده از منبع تغذیه ولتاژ بالا فیبرها را می‌سازد. قطر این الیاف می‌تواند از نانومتر تا میکرومتر باشد. پلیمرهای سنتزی و طبیعی را می‌توان در فرایند الکترورسی استفاده کرد [۴].

کربن کوانتوم دات‌ها در عکس‌برداری زیستی

کربن کوانتوم دات‌ها (CQD) مزایای متعددی نسبت به نقاط کوانتومی نیمه‌هادی دارند که شامل خواص اپتیکی قابل‌مقایسه همچنین پایداری شیمیایی و فتوشیمیایی مناسب است.

مهم‌تر از همه کربن در اکثر مواقع غیر سمی و سازگار با محیط زیست سازگار با محیط زیست است. این خصوصیات CQD ها را به عنوان یک جایگزین برای نقاط کوانتومی نیمه‌رسانا جهت تصویر نمودن سیستم‌های بیولوژیکی در هر دو حالت *in vitro* و *in vivo* بسیار مطلوب می‌سازد.

به‌طور کلی، هسته‌های کربنی CQD ها غیر سمی هستند و هرگونه سمیت سلولی مربوط به CQD ها در درجه اول به دلیل عوامل غیرفعال کننده سطح بر روی سطح CQD است. نشان داده شده است که عوامل غیرفعال کننده سطح با سمیت سلولی کم را می‌توان به‌طور ایمن در غلظت‌های بالا برای تصویربرداری *in vivo* استفاده کرد.

به عنوان مثال، CQD های PEGylated هیچ اثر سمی بودن قابل تشخیص *in vivo* تا ۲۸ روز بعد از آن که به صورت داخل وریدی به مقدار ($8-40 \text{ mg kg}^{-1}$) CQD/bodyweight به موش، برای ارزیابی سمیت تزریق شده بود، نشان ندادند.

همه شاخص‌های فیزیولوژیکی برای موش‌هایی که در معرض دوره‌ای مختلف CQD ها و کنترل NaCl بودند در سطوح مشابه بودند، بدین وسیله عدم سمیت CQD هایی که در معرض قرار می‌گیرند را در سطح و زمانی فراتر از آنچه به‌طور معمول در مطالعات تصویربرداری *in vivo* استفاده می‌شود را می‌توان پیشنهاد داد.

در اندام‌های برداشت شده، هیچ ناهنجاری مشاهده نشده است، اگرچه مقادیر CQD های پیداشده در کبد و طحال بیشتر

از اندام‌های دیگر است. علاوه بر این، زنده ماندن سلول‌ها بعد از اینکه تحت تأثیر مقادیر مختلف CQD ها قرار گرفتند، اندازه‌گیری شد. مشخص شد که میانگین زنده ماندن سلول‌ها بیشتر از ۹۵ درصد در CQD با غلظت تا 1.8 mg ml^{-1} است. این نتایج به وضوح نشان می‌دهند که CQD ها نسبت به نقاط کوانتومی نیمه‌هادی بسیار سازگارتر هستند.

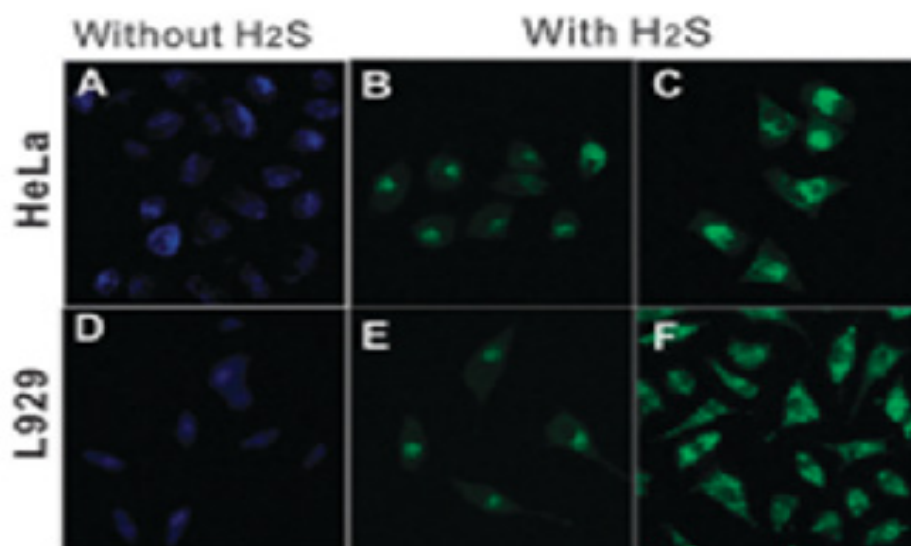
حتی اگر عوامل با مشخصات سمیت سلولی بالا برای پوشش دادن CQD ها استفاده شوند، CQD هایی که با این عوامل اصلاح شده‌اند را هنوز می‌توان برای کاربردهای *in vivo* استفاده کرد با این شرایط که این عوامل در غلظت‌های پایین باشد و/یا زمان انکوباسیون نسبتاً کوتاه نگه داشته شود.

مشخص شده است که CQD های dye-conjugate شده آلی، پروپ های فلورسنت مؤثر برای H₂S هستند. یک فرآیند FRET در حضور مقدار کمی از H₂S اتفاق افتاد که باعث تبدیل انتشار نور آبی CQD های dye-conjugated آلی به سبز گردید. کارهای قبلی ثابت کرده است که H₂S می‌تواند با یک انتشار ساده وارد غشاء سلول شود.

با استفاده از میکروسکوپ فلورسانسی، توانایی CQD های dye-conjugated آلی برای به تصویر کشیدن تغییرات سطوح فیزیولوژیکی مرتبط H₂S در سلول‌های زنده مورد ارزیابی قرار گرفت (گرفت). (شکل ۱).

شکل ۱ تصاویر فلورسانسی سلول‌های HeLa و L929 را که با CQD های dye-conjugated آلی ترکیب شده، قبل و بعد از قرار گرفتن تحت H₂S نمایش می‌دهد.

همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، فلورسانس داخل سلولی CQD های dye-conjugated آلی رنگ آمیزی شده، در معرض



Fluorescence images of the organic dye-conjugated CQDs loaded live cells before (A, D) and after incubating with 30 (B, E) and 100 mM H_2S (C, F). (Reproduced with permission from ref. 132.)

شکل ۱ - تصاویر فلورسانسی سلول‌های HeLa و L929

گرفت. با استفاده از این پروب‌ها، تلاش‌های موفقیت‌آمیزی در عکس‌برداری *in vivo* از Cu^{2+} در سلول‌های زنده ایجاد شده است.

تصاویر به‌دست‌آمده توسط Hsu و همکاران، نشان داد که CQD ها عمدتاً در سیتوپلاسم و غشای سلولی قرار دارند. همچنین نشان داده‌شده که CQD های محلول در آب با PPEI- EI می‌تواند غشای سلولی و سیتوپلاسم سلول‌های V-MCF را برچسب‌گذاری کند و به هسته نرسند. علاوه بر آن، CQD ها سنتز شده از کربن فعال، به‌طور انتخابی غشاء و سیتوپلاسم سلول‌های V-COS را علامت‌گذاری کرد. از سوی دیگر، سلول‌های انکوبه شده با CQD های محصورشده در کپسول‌های سیلیکا، نشان داده‌اند که فقط فلورسانس پرنور را در ناحیه سیتوپلاسمی از خود نشان می‌دهند.

فولی و همکارانش، CQD هایی که در محفظه پلیمری زیست

H_2S به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به رنگ سبز تغییر یافت که به‌وضوح نشان می‌دهد که CQD های dye-conjugated آلی رنگ‌آمیزی شده پروب های فلورسنت امیدوارکننده‌ای برای ردیابی تغییر سطح H_2S در سلول‌های زنده است.

در یک مثال دیگر، CQD ها با استفاده از N-(β -aminoethyl)- γ -aminopropyl-methyl-dimethoxysilane به‌عنوان یک منبع کربن که به‌طور انتخابی با Cu^{2+} به دلیل مقادیر باقیمانده گروه‌های اتیلن دی آمین بر روی سطح آن واکنش داده و سنتز شدند. علاوه بر این، پروب های انتشار دوگانه برای Cu^{2+} با پوشش این CQD ها بر روی سطح نانو ذرات سیلیس دوپ شده با رودامین RhB (B) آماده‌شده است. فلورسانس CQD ها به‌طور مؤثر توسط Cu^{2+} خاموش شد، درحالی‌که از آن RhB به‌طور ناچیزی تحت تأثیر قرار

سازگار محصور شده بودند را آماده کردند که متعاقباً کشف شد که از غشای سلولی تخمدان همستر چینی عبور می‌کند و در سیتوزول ته‌نشین می‌شود. گروه هو CQD های با پوشش b-PEI با Quantum yield 54.33/54 درصد آماده کردند و این CQD ها مشاهده شدند که به‌طور یکنواخت در سرتاسر سیتوپلاسم توزیع می‌شوند. این مثال‌ها به‌طور واضح نشان می‌دهد که محل قرارگیری CQD ها متفاوت است و بسته به انتخاب ماده غیرفعال کننده سطح و حالت غیرفعال کردن سطح است.

قبل از تصویربرداری، سلول‌ها معمولاً با CQD ها انکوبه می‌شوند در نتیجه CQD ها می‌توانند توسط سلول‌ها درونی شوند. این توانایی سلول‌ها برای وارد نمودن CQD ها، نشان داده شده که به دما بستگی ندارد. چون هیچ CQD درونی شده در دمای ۴۸ درجه پیدا نشده است. پیشنهاد شده است که CQD ها احتمالاً توسط اندوسایتز به داخل سلول‌ها منتقل می‌شوند. همچنین، پیشنهاد شده است که جذب CQD ها ممکن است با جفت کردن CQD ها با پپتیدهای پپتیدی جابه‌جایی غشا، به‌طوری‌که این فرآیند بتواند بر سد غشای سلولی غلبه کند، تقویت می‌شود.

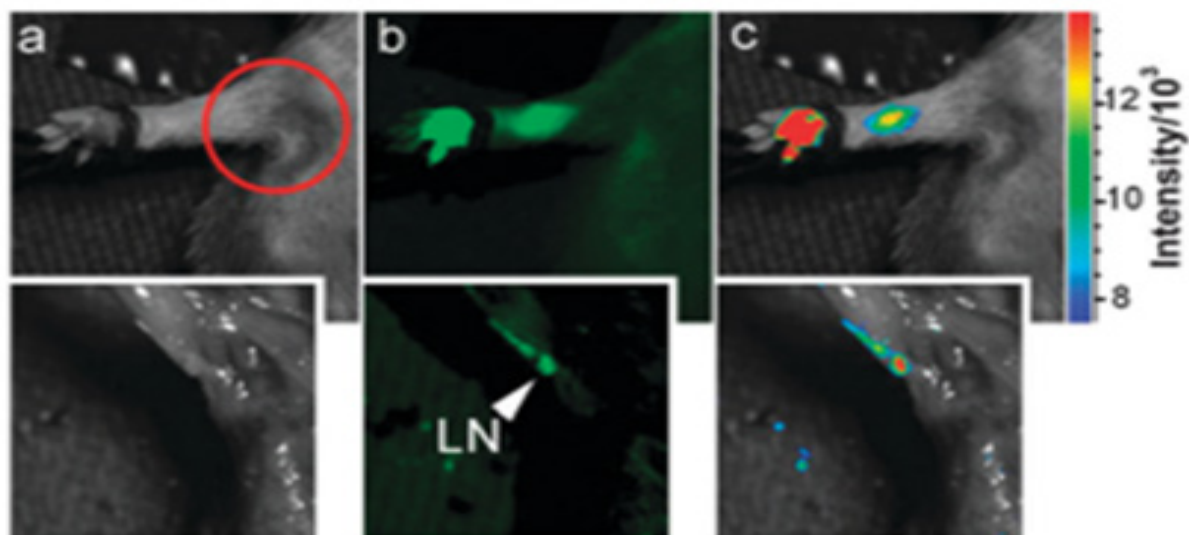
همان‌طور که در بالا ذکر شده است، CQD ها قادر به نمایش رنگ‌های مختلف هستند که مزیت بزرگی است که آن را از ماده‌های علامت‌گذاری دیگر متمایز می‌کند. این به محققان اجازه می‌دهد که طول‌موج‌های تحریک و انتشار را کنترل و انتخاب کنند. ویژگی‌های قابل تنظیم انتشارات CQD ها به‌وضوح قابل‌مشاهده بودند که در آن نور در طول‌موج‌های مختلف پس از تحریک در طول‌موج‌های مختلف منتشر شد. این خاصیت همچنین در سلول‌های HepG2 که با CQD های غیرفعال شده با 4,7,10-trioxa-1,13- tridecanediamine، انکوبه شده‌اند و انتشار چندرنگی در هنگام تحریک در طول‌موج‌های مختلف را به تصویر می‌کشد، دیده شده است. CQD های

سبز تهیه شده از عصاره نیشکر نیز انتشارات چندرنگی را در حالت‌های مختلف تحریک در باکتری‌ها و سلول‌های مخمر نشان داد. قابل‌توجه است که ری و همکاران نشان دادند که ممکن است غیرفعال سازی سطح برای دستیابی به سطح بالایی از شدت فلورسانس برای تصویربرداری سلولی لازم نباشد. CQD های تهیه شده از احتراق حرارتی دوده و احیاء شده توسط اسید توانستند به سلول‌های Ehrlich ascites carcinoma به‌طور موفقیت‌آمیز منتقل شوند با اینکه با هیچ‌گونه عامل غیرفعال کننده سطح پوشیده نشده بودند.

اگر طول‌موج تحریک به‌اندازه کافی به سمت قرمز جابجا شود، CQD ها می‌توانند در ناحیه NIR منتشر شوند. اگرچه انتشار در منطقه NIR نسبتاً ضعیف است، CQD ها پتانسیل خوبی برای مطالعات ردیابی فلورسانسی in vivo دارند زیرا عملاً بدن حیوانات در ناحیه NIR شفاف است. گروه یانگ اولین گروهی بود که قابل‌استفاده بودن CQD ها را به‌عنوان عوامل کنتراست در موش زنده بررسی کرد. آن‌ها در آزمایش‌های خود، PEG۱۵۰۰N-passivated CQDs ها را به‌صورت زیر جلدی به موش‌ها تزریق کردند و نور روشن فلورسانسی مشاهده شد که فقط ۲۴ ساعت بعد از تزریق محو شد.

اگر CQD ها به‌صورت داخل وریدی تزریق شوند، انتشارات تنها در ناحیه مئانه مشاهده می‌شوند که نشان می‌دهد استخراج ادرار راه اصلی خروج CQD هایی است که داخل وریدی وارد شده‌اند. همین گروه نیز با موفقیت مهاجرت در عروق لنفاوی با استفاده از CQD های دوپ شده با ZnS را ردیابی کردند (کردند). (شکل ۲).

در گزارش دیگر، کایو و همکاران از CQD های دوپ شده با ZnS برای عکس‌برداری in vivo در موش‌ها استفاده کردند که روشنایی قابل‌مقایسه‌ای نسبت به نقاط کوانتومی تثبیت شده CdSe/ZnS دارند. با این حال، پس از تزریق داخل جلدی CQD ها و نقاط کوانتومی CdSe/ZnS به موش‌ها، مشاهده شده



Tracking of migration through lymph vessels using ZnS-doped CQDs. (Reproduced with permission from ref. 15.)

شکل ۲- ردیابی CQD ها در داخل بدن موش

سلول‌ها ایفا می‌کند. در آینده توانایی بهتر هدف‌گیری CQD ها نسبت به سلول‌ها و شاید حتی هسته، ممکن است با مزدوج‌مزدج کردن CQD ها با پروتئین‌ها یا پپتیدهای تسهیل‌کننده به دست آید که باعث عبور آسان‌تر CQD ها از سد غشایی سلولی شوند.

شبیه میرابی

کارشناسی ارشد شیمی فیزیک

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

است که هر دو نوع نقاط کوانتومی که به غدد لنفاوی زیر بغل منتقل می‌شوند که اولی با سرعت بسیار کمتری نسبت به دومی حرکت می‌کند.

این به مولکول‌های PEG روی سطح CQD نسبت داده می‌شود که تعامل‌های میان CQD ها و سلول‌های لنفاوی را کاهش می‌دهد. قسمت جالب توجه که دیده شد، عملکرد رقابتی CQD ها در *in vivo* در مقایسه با نقاط کربنی CdSe/Zns است. نتایج بالا نشان می‌دهد که CQD ها ممکن است به کلاس جدیدی از عملکرد بالا و درعین حال، غیر سمی بودن به عنوان عامل برای تصویربرداری زیستی تبدیل شوند.

مکانیسم دقیق جذب CQD توسط سلول‌ها هنوز مشخص نیست اما شواهد تجربی فزاینده‌ای پیشنهاد می‌کنند که CQD ها احتمالاً از طریق *endocytosis* بدون نفوذ قابل توجه به هسته سلول، توسط سلول درونی می‌شوند. علاوه بر آن، تعامل بین پوشش‌های محافظ/عملکردی بر روی CQD ها بر این باور هستیم که نقش مهمی در هدف‌گذاری انتخابی

1. V. N. Mehta, S. Jha and S. K. Kailasa, *Mater. Sci. Eng. C*, 2014, 38, 20–27
2. Y. Wang, P. Anilkumar, L. Cao, J.-H. Liu, P. G. Luo, K. N. Tackett, II, S. Sahu, P. Wang, X. Wang and Y.-P. Sun, *Exp. Biol. Med.*, 2011, 236, 1231–1238
3. S.-T. Yang, X. Wang, H. F. Wang, F. S. Lu, P. G. Luo, L. Cao, M. J. Me-
ziani, J.-H. Liu, Y. F. Liu, M. Chen, Y. P. Huang and Y.-P. Sun, *J. Phys.*
Chem. C, 2009, 113, 18110–18114
4. S. N. Baker and G. A. Baker, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 2010, 49, 6726–
6744
5. B. Bourlinos, A. Stassinopoulos, D. Anglos, R. Zboril, V. Georgakilas
and E. P. Giannelis, *Chem. Mater.*, 2008, 20, 4539–4541
6. M. Yu, X. Z. Li, F. Zeng, F. Y. Zheng and S. Z. Wu, *Chem. Commun.*,
2013, 49, 403–405
7. S. Chen, Z.-J. Chen, W. Ren and H.-W. Ai, *J. Am. Chem. Soc.*, 2012,
134, 9589–9592
8. X. J. Liu, N. Zhang, T. Bing and D. H. Shangguan, *Anal. Chem.*, 2014,
86, 2289–2296
9. P.-C. Hsu, P.-C. Chen, C.-M. Ou, H.-Y. Chang and H.-T. Chang, *J.*
Mater. Chem. B, 2013, 1, 1774–1781
10. L. Cao, X. Wang, M. J. Meziani, F. S. Lu, H. F. Wang, P. G. Luo, Y. Lin,
B. A. Harruff, L. M. Veca, D. Murray, S.-Y. Xie and Y.-P. Sun, *J. Am.*
Chem. Soc., 2007, 129, 11318–11319
11. Z.-A. Qiao, Y. F. Wang, Y. Gao, H. W. Li, T. Y. Dai, Y. L. Liu and Q. S.
Huo, *Chem. Commun.*, 2010, 46, 8812–8814
12. F. Wang, Z. Xie, H. Zhang, C.-Y. Liu and Y.-G. Zhang, *Adv. Funct.*
Mater., 2011, 21, 1027–1031
13. C. Fowley, B. McCaughan, A. Devlin, I. Yildiz, F. M. Raymo and J. F.
Callan, *Chem. Commun.*, 2012, 48, 9361–9363
14. L. M. Hu, Y. Sun, S. L. Li, X. L. Wang, K. L. Hu, L. R. Wang, X.-J. Liang
and Y. Wu, *Carbon*, 2014, 67, 508–513
15. S. Santra, H. Yang, J. T. Stanley, P. H. Holloway, B. M. Moudgil, G.
Walter and R. A. Mericle, *Chem. Commun.*, 2005, 3144–3146
16. M. Stroh, J. P. Zimmer, D. G. Duda, T. S. Levchenko, K. S. Cohen, E.
B. Brown, D. T. Scadden, V. P. Torchilin, M. G. Bawendi, D. Fukumura
and R. K. Jain, *Nat. Med.*, 2005, 11, 678–682
17. C. J. Liu, P. Zhang, X. Y. Zhai, F. Tian, W. C. Li, J. H. Yang, Y. Liu, H.
B. Wang, W. Wang and W. G. Liu, *Biomaterials*, 2012, 33, 3604–3613
18. C. J. Liu, P. Zhang, F. Tian, W. C. Li, F. Li and W. G. Liu, *J. Mater.*
Chem., 2011, 21, 13163–13167
19. S. C. Ray, A. Saha, N. R. Jana and R. Sarkar, *J. Phys. Chem. C*, 2009,
113, 18546–18551
20. H. Ding, L.-W. Cheng, Y.-Y. Ma, J.-L. Kong and H.-M. Xiong, *New J.*
Chem., 2013, 37, 2515–2520
21. S.-T. Yang, L. Cao, P. G. Luo, F. S. Lu, X. Wang, H. F. Wang, M. J.
Meziani, Y. F. Liu, G. Qi and Y.-P. Sun, *J. Am. Chem. Soc.*, 2009, 131,
11308–11309
22. L. Cao, S.-T. Yang, X. Wang, P. G. Luo, J.-H. Liu, S. Sahu, Y. M. Liu
and Y.-P. Sun, *Theranostics*, 2012, 2, 295–301
23. H. T. Li, X. D. He, Z. H. Kang, H. Huang, Y. Liu, J. L. Liu, S. Y. Lian,
C. H. A. Tsang, X. B. Yang and S.-T. Lee, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 2010,
49, 4430–4434
24. H. T. Li, Z. H. Kang, Y. Liu and S.-T. Lee, *J. Mater. Chem.*, 2012, 22,
24230–24253
25. C. Q. Ding, A. W. Zhu and Y. Tian, *Acc. Chem. Res.*, 2014, 47, 20–30

«کیمیا علمی است که هر فیلسوف واقعی باید آن را بشناسد و درک کند. کیمیا نه تنها دانشی درباره مواد است، بلکه بخشی جداییناپذیر از فلسفه و خردورزی است.»

زکریای رازی

ابوبکر محمد بن زکریای رازی، دانشمند برجسته ایرانی، در سال ۲۵۱ هجری قمری (۸۶۵ میلادی) در شهر ری به دنیا آمد. او دوران کودکی و نوجوانی خود را در این شهر گذراند و در جوانی ابتدا به هنر موسیقی علاقه‌مند بود و عود مینواخت. سپس به زرگری و کیمیاگری روی آورد، اما پس از اینکه بر اثر کار با مواد شیمیایی چشمانش آسیب دید، مسیر خود را به سوی علم پزشکی تغییر داد. رازی تحصیلات پزشکی خود را در بغداد، مرکز علمی آن زمان، گذراند و پس از آن ریاست بیمارستانهای بغداد و سپس ری را بر عهده گرفت. وی در سال ۳۱۳ هجری قمری (۹۲۵ میلادی) در شهر ری درگذشت.

رازی در علوم متعددی شاخص و سرآمد بود؛ از جمله طب، شیمی، فلسفه و داروسازی که هر یک از این رشته‌ها را به شیوه‌ای نوین بنیان نهاد و توسعه داد. یکی از مهمترین دستاوردهای علمی او در حوزه شیمی، تقسیم‌بندی مواد به سه گروه اصلی جمادی، نباتی و حیوانی بود. او مواد بیجان را در گروه جمادی جای داد؛ اشیایی که ویژگیهای فیزیکی چون وزن، حجم و رنگ دارند اما زنده نیستند. گروه دوم، نباتی، شامل موجودات زنده بود که قابلیت رشد و تولیدمثل دارند، مانند گیاهان. گروه سوم حیوانی بود، که علاوه بر ویژگیهای جمادی و نباتی، دارای حرکت ارادی، احساس و واکنش به محرکها هستند. این تقسیم‌بندی کمک کرد تا دانشمندان نگاه دقیق‌تری نسبت به خصوصیات و رفتار مواد و موجودات پیدا کنند و بدین ترتیب زمینه بررسی علمیت در رشته‌های مختلف فراهم آمد.

از سوی دیگر، رازی نخستین دانشمندی بود که توانست الکل را از طریق فرآیند تقطیر استخراج کند؛ فرایندی که در داروسازی و پزشکی تحولی عظیم ایجاد نمود و الکل به عنوان ماده‌ای ضدعفونی‌کننده و حیاتی شناخته شد. همچنین رازی با توسعه روش‌های تقطیر و تصفیه مواد، و شناخت ترکیبات مختلف مانند اسید سولفوریک و اسید کلریدریک، پایه‌های علم شیمی مدرن را بنا نهاد. او با تأکید بر مشاهده دقیق و آزمایشهای تجربی، کیمیاگری که پیشتر غالباً با رموز و اسرار همراه بود را به علمی تجربی و مستند تبدیل کرد.

تأثیرگذاری رازی در توسعه علم شیمی به قدری عمیق بود که نه تنها در دنیای اسلام، بلکه در اروپا و دوران رنسانس نیز مورد توجه و استفاده قرار گرفت. آثار و روشهای او الهامبخش دانشمندان بعدی بود و به عنوان یکی از پایه‌گذاران علم شیمی مدرن شناخته میشود.

زکریای رازی با ترکیب فلسفه، تجربه و دانش گسترده در علوم مختلف، اثری جاودان بر علم و دانش بشری به جای گذاشت که همچنان برای پژوهشگران و دانشجویان الهامبخش است و مطالعه زندگی و آثار او گام مهمی در مسیر فهم بهتر علوم و پیشرفتهای علمی است.

علیرضا خالقی

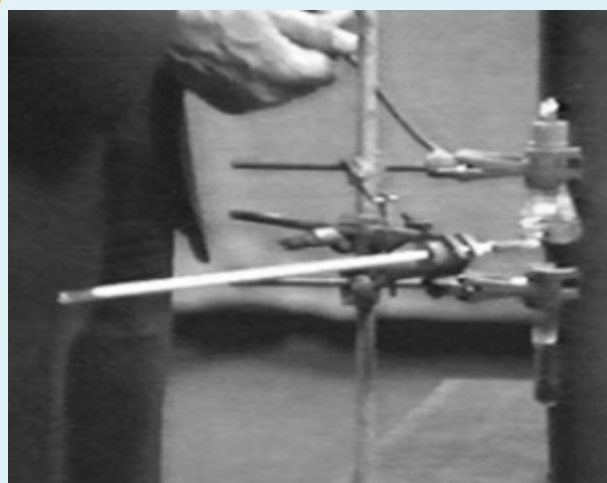
دانشجوی دکتری شیمی کاربردی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مروری کوتاه بر تاریخچه کروماتوگرافی گازی

مقدمه: اختراعی که تجزیه شیمیایی را متحول کرد

کروماتوگرافی در سال ۱۹۰۳ زمانی که گیاه‌شناس روسی، میخائیل تسوت (Mikhail Tsvet)، ستونی را با استفاده از کربنات کلسیم پودر شده برای جداسازی رنگ‌دانه‌های گیاهی ابداع کرد، پدیدار شد. اما چندین دهه طول کشید تا محققان این مفهوم را به گازها تعمیم دهند. سرانجام در سال ۱۹۵۲، شیمیدان بریتانیایی به نام آرچر مارتین (Archer Martin) و همکارانش ریچارد سینج (Richard Synge) و انتونی جیمز (Anthony James) اختراعی کردند که تأثیر عمیقی بر حوزه شیمی تجزیه گذاشت. آن‌ها روشی تحت عنوان «کروماتوگرافی گازی» را ابداع کردند که جداسازی سریع، وضوح بالا و همچنین آنالیز مخلوط‌های پیچیده مواد شیمیایی را امکان‌پذیر کرد. این اختراع انقلابی را در



شکل ۱- تصویری از کروماتوگرافی گازی مارتین [۱].

تجزیه شیمیایی ایجاد کرد که تا به امروز ادامه دارد [۱]. البته مدت‌ها پیش از اینکه کروماتوگرافی گازی اختراع شود، بسیاری از محققان فعالیت‌هایی انجام داده بودند که مقدمات ظهور این روش را به وجود آورد. درواقع اولین نمونه شناخته‌شده جداسازی کروماتوگرافی گازی به بیش از ۵۰۰ سال قبل بازمی‌گردد. در سال ۱۵۱۲، هیرونیموس برونشوگ (Hieronymus Brunschwig)، یک پزشک آلمانی-سوئیسی، تصفیه الکل را با عبور بخار الکل از یک ستون پنبه‌ای پوشیده شده با روغن‌زیتون توصیف کرد [۱].

در قرن نوزدهم، پیشرفت‌هایی در مطالعه جذب گازها (Gas Absorption) حاصل شد. دانشمندانی از جمله شیمیدان فرانسوی نیکلاس تئودور دو سوسور (Nicolas-Théodore de Saussure)، خواص جذب مواد جامد متخلخل مانند زغال چوب را بررسی کردند. این کار مسیر را برای اختراع کروماتوگرافی گازی هموار کرد [۱].

در دهه ۱۹۳۰-۱۹۴۰، بذر کروماتوگرافی گازی در آزمایشگاه‌های محققان عمدتاً ناشناس در آلمان، بریتانیا، اتریش و اتحاد جماهیر شوروی کاشته شد. مثلاً شیمیدان آلمانی پاول شوفتان (Paul Schuftan)، در اوایل دهه ۱۹۳۰ با استفاده از ستون‌های کربن فعال برای تجزیه و قطعه‌قطعه کردن مخلوط گازهای نفتی، آنالیز جذب سطحی گازها را توسعه داد. این کار برای چندین دهه موردتوجه قرار نگرفت [۱].

از دیگر پیشگامان کروماتوگرافی گازی، شیمیدان اهل شوروی میخائیل دوبنین (Mikhail Dubinin) و همکارانش بود. در اواسط دهه ۱۹۳۰، آن‌ها آزمایش‌های هوشمندانه‌ای را برای جذب بخارهای الکل و تولوئن روی ستون‌های کربن فعال

انجام دادند. با گرم کردن متوالی بخش‌های ستون و تجزیه محتویات آن، می‌توان گفت آن‌ها اولین آنالیز مخلوط گاز را با کمک کروماتوگرافی انجام دادند. با این حال، برخلاف مارتین و همکارانش، دوبیین در آن زمان از اصطلاح «کروماتوگرافی» استفاده نکرد [۱].

در سال ۱۹۴۱، گرهارد هسه (Gerhard Hesse)، شیمیدان آلمانی، نیتروژن و هالوژن‌ها را از طریق یک ستون نشاسته‌ای عبور داد و سپس از دی‌اکسید کربن برای جداسازی استرها استفاده کرد (که می‌توانست اولین جداسازی با کروماتوگرافی گازی محسوب شود). در همین حال، شیمیدان اتریشی اریکا کرمر (Erika Cremer) و همکارانش نیز در اوایل دهه ۱۹۴۰ با کروماتوگرافی گازی آزمایش‌هایی انجام دادند، اما جنگ جهانی دوم باعث شد کار اصلی آن‌ها تا ۳۰ سال بعد منتشر نشود [۱].

* تئوری کروماتوگرافی گازی

مفهوم اصلی کروماتوگرافی گازی (GC) بسیار ساده است. نمونه‌ای حاوی مخلوطی از مواد شیمیایی فرّار به داخل لوله باریک و بلندی که «ستون» نامیده می‌شود، تزریق می‌گردد. سپس یک گاز حامل بی‌اثر مانند نیتروژن یا هلیوم، نمونه را از طریق ستون عبور می‌دهد. خود ستون حاوی ماده‌ای مایع یا جامد به نام «فاز ساکن» است که می‌تواند با اجزای نمونه برهم‌کنش داشته باشد. اجزایی که برهم‌کنش ضعیفی با فاز ساکن دارند، به سرعت از ستون عبور می‌کنند، درحالی‌که اجزای دارای برهم‌کنش قوی‌تر، کند حرکت می‌کنند. به این ترتیب اجزای مخلوط نمونه در طول ستون از یکدیگر جدا می‌شوند [۲]. در انتهای خروجی ستون یک «آشکارساز» قرار دارد که هر جزء را به‌طور متوالی در هنگام خروج تحلیل می‌کند. آشکارسازهای اولیه مانند کاتارومتر (Katharometer) با تشخیص تغییرات در هدایت حرارتی در حین عبور نمونه کار می‌کردند. اما اکثر GCهای امروزی از آشکارسازهای حساس‌تری مانند آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (Flame Ionization Detector) یا به اختصار

FID که در سال ۱۹۵۸ ساخته شد، استفاده می‌کنند. به این صورت که با عبور هر جزء شیمیایی خارج‌شده از ستون، از میان شعله و یونیزه شدن برخی مولکول‌های آن، می‌توان حتی مقادیر بسیار کم را در نمونه شناسایی کرد [۲].

* تحولات پس از اختراع کروماتوگرافی گازی

بعد از اختراع GC، شیمیدان‌ها ناگهان موفق به جداسازی مخلوط‌های پیچیده مانند نفت یا نمونه‌های بیولوژیکی شدند که به نسبت روش‌های موجود آن زمان، خیلی سریع‌تر عمل می‌کرد. کاربردهای اولیه شدیداً بر تجزیه نمونه‌های نفتی، محصولات طبیعی و بیوشیمیایی متمرکز شده بود [۲]. در سال ۱۹۵۷، ستون موئین (capillary column) اختراع شد که یک ارتقای اساسی به حساب می‌آمد. این نوع ستون‌ها کارایی جداسازی را بسیار افزایش داده و حساسیت بالاتری نسبت به ستون‌های پرشده (packed columns) داشتند. همچنین در دهه ۱۹۵۰، دانشمندان به دنبال ترکیب کروماتوگرافی گازی و طیف‌سنجی جرمی (MS) برای استفاده از نقاط قوت مکمل آن‌ها (جداسازی و شناسایی) بودند و موفق به ابداع GC-MS شدند. با این حال، تفاوت در فشار ابزار و مقیاس‌های زمانی آنالیز موانعی برای آن ایجاد کرد که راه‌حل‌های هوشمندانه‌ای در دهه‌های بعدی پدیدار شد و به‌مرور بعد از دهه ۱۹۸۰ کاربرد GC-MS گسترش یافت [۲].

* نوآوری‌های کلیدی کروماتوگرافی گازی در تاریخ

- برخی از نوآوری‌های مهمی که GC آن‌ها را بهبود بخشیده است عبارت‌اند از:
- ستون‌های موئین با وضوح بالا، با فازهای ثابت بی‌اثر، برای جداسازی بهتر.
 - فنوماتیک پیچیده برای کنترل دقیق جریان.

منابع:

- [1] I. G. Kolomnikov, A. M. Efremov, T. I. Tikhomirova, N. M. Sorokina, and Y. A. Zolotov, "Early stages in the history of gas chromatography," *Journal of Chromatography A*, vol. 1537, pp. 109-117, 2018/02/16/ 2018.
- [2] K. D. Bartle and P. Myers, "History of gas chromatography," *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, vol. 21, no. 9, pp. 547-557, 2002/09/10/ 2002.

- آشکارسازهای حساس و انتخابی مانند FID، ECD، PID.
- دستگاه‌های تزریق نمونه تخصصی مثل دستگاه‌های تزریق خودکار نمونه.
- GC-MS، با قابلیت جداسازی و شناسایی دقیق.
- خط تیره گذاری (Hyphenation) با کروماتوگرافی مایع (LC).
- GC چندبعدی برای جداسازی نمونه‌های بسیار پیچیده.
- GC قابل حمل و کوچک برای آنالیز میدانی [۲].

برخی از کاربردهای مدرن GC و GC-MS عبارت‌اند از:

- آنالیز مواد پتروشیمی
- پایش محیط زیست
- علم طعم و غذا
- پزشکی قانونی
- آزمون مواد مخدر
- آنالیز دوپینگ
- هنر و باستان‌شناسی
- اکتشافات فضایی [۲].

* جمع‌بندی و اثرات کروماتوگرافی گازی

بر علوم امروزی

در دهه‌های اخیر کروماتوگرافی گازی در شاخه‌های شیمی، بیوشیمی، پزشکی، صنعت، پزشکی قانونی و علوم محیطی تأثیر بسزایی از خود برجای گذاشته و بینش‌های جدیدی را در بسیاری از جنبه‌های تحقیقات علمی ایجاد کرده است. این روش مواد بسیار پیچیده، اعم از طبیعی و مصنوعی را رمزگشایی می‌کند و درک جدیدی را به ارمغان می‌آورد.

امیر مهرورز

کارشناسی ارشد شیمی تجزیه

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

راز گمشده طلا: چگونه جابر بن حیان شیمی را متحول کرد؟



نخستین گام در علم، مشاهده است؛ دومین، آزمایش؛ و سومین، نتیجه گیری.

جابر بن حیان

در تاریخ علم شیمی، کمتر نامی به اندازه جابر بن حیان با تحولی بنیادین در شیوه نگرش به ماده و آزمایش‌های شیمیایی گره خورده است. او نه تنها از نخستین کسانی بود که شیمی را از تار و پود اسرارآمیز کیمیاگری جدا ساخت، بلکه پایه‌گذار روشی علمی در بررسی ویژگی‌های مواد شد. در دورانی که بیشتر اندیشه‌ها درباره عناصر، آمیخته با خرافات، طالع‌بینی و اسطوره بود، جابر مسیر متفاوتی را برگزید: مشاهده دقیق، آزمایش‌های مرحله‌به‌مرحله و ثبت نتایج. یکی از شگفت‌انگیزترین دستاوردهای او که تأثیر آن تا امروز ادامه دارد، کشف محلولی است که توانایی حل کردن طلا را داشت؛ محلولی که قرن‌ها بعد، شیمی‌دانان اروپایی آن را «تیزاب سلطانی» یا Aqua Regia نامیدند. جابر با ترکیب دو اسید نیرومند—اسید نیتریک و اسید هیدروکلریک—در نسبتی مشخص، موفق به ساخت محلولی شد که می‌توانست فلزات نجیب و مقاومی مانند طلا را در خود حل کند؛ فلزاتی که تا پیش از آن تصور می‌شد هیچ ماده‌ای توان مقابله با آن‌ها را ندارد. این کشف نه تنها از نظر شیمیایی خارق‌العاده بود، بلکه نمادی از قدرت ذهن کاوشگر انسانی در مواجهه با ناشناخته‌ها به شمار می‌رفت. آنچه بیش از خود کشف اهمیت دارد، روشی بود که جابر برای دستیابی به آن برگزید: او مواد اولیه را با دقت انتخاب کرد، واکنش‌ها را به صورت تدریجی و کنترل‌شده انجام داد، تغییرات ظاهری و رفتاری هر مرحله را یادداشت کرد و در نهایت، با ترکیب‌سازی خلاقانه، به نتیجه‌ای رسید که جهان آن روز را شگفت‌زده کرد. اگر امروز در آزمایشگاه‌های مدرن، از اسیدها، ابزار تقطیر، فیلتر کردن و تبلور به عنوان مراحل پایه‌ای شیمی استفاده می‌شود، باید بدانیم که نخستین شکل منظم بسیاری از این روش‌ها در آثار مکتوب جابر بن حیان ریشه دارد. روش او صرفاً آزمون و خطا نبود؛ بلکه نگاه نظام‌مند به تجربه بود. او برای نخستین بار میان نظریه و عمل پیوندی جدی برقرار کرد و نشان داد که با نظم ذهنی، حوصله و تکرار علمی، می‌توان به واقعیت‌هایی دست یافت که پیش‌تر دور از دسترس می‌نمودند. تیزاب سلطانی، هرچند خود ماده‌ای شیمیایی است، اما در عمق معنا، تجسمی است از روح جست‌وجوگر بشر و دلیلی روشن بر این‌که علم، تنها با شهود و باور پیش نمی‌رود، بلکه به واسطه مشاهده، تجربه و تفسیر مستند است که رشد می‌کند. جابر بن حیان را نباید صرفاً یک کیمیاگر دانست؛ او معمار نخستین ساختار علمی شیمی بود، کسی که مسیر علم را از کوچه‌های تاریک کیمیاگری به راهی روشن و مستند هدایت کرد. امروز که به گذشته علم شیمی می‌نگریم، تیزاب سلطانی برای ما فقط یک محلول قوی نیست؛ بلکه نمادی است از یک تحول ذهنی، یک انقلاب در روش اندیشیدن و یک آغاز واقعی برای شیمی نوین. نام جابر در کنار این کشف بزرگ، همواره با ما خواهد ماند؛ یادآور اینکه پیشرفت علمی از جسارت در پرسش آغاز می‌شود، با تجربه ادامه می‌یابد و با دقت در مسیر آزمون به حقیقت می‌رسد.

امیر رضا طالبی

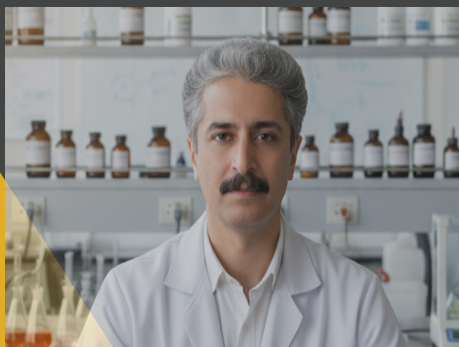
دکتری شیمی کاربردی

دانشگاه بوعلی سینا همدان

«مصاحبه با دکتر زاهد احمدی»

دکتری تخصصی مهندسی پلیمر از دانشگاه امیرکبیر

استاد با سابقه گروه شیمی کاربردی



مصاحبه کننده: شبثم میرابی، سردبیر نشریه استریو شیمی

کارشناسی ارشد شیمی فیزیک

به نام خدا

– لطفاً در ابتدا به صورت مختصر زندگی نامه

علمی خود را بیان نمایید.

پس از اخذ دیپلم در رشته ریاضی، دوره کارشناسی مهندسی شیمی را در دانشگاه صنعتی امیرکبیر آغاز و پس از آن در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری مهندسی پلیمر دانشگاه امیرکبیر فارغ التحصیل شده و همکاری با دانشگاه را به عنوان عضو هیات علمی ادامه دادم.

– از وضعیت شغلی خودتان به عنوان یک

عضو هیات علمی در دانشگاه امیرکبیر رضایت

دارید؟

فعالیت به عنوان عضو هیات علمی دانشگاه امیرکبیر یک انتخاب رضایتمند در میان انتخاب های گوناگونی بود که در دسترس بود. در صورتی که بتوانم از تمام توان خود در این زمینه استفاده کنم باعث نارضایتی درونی خواهد شد.

– لطفاً در مورد زمینه فعالیت خودتان (به هر

روش و مقداری که تمایل دارید) توضیح دهید.

زمینه فعالیت علمی من در حوزه شیمی سبز و استفاده از پلیمرهای دوستدار محیط زیست و سازگار است که برای کاربردهای مختلفی طراحی، اصلاح و به کار گمارده می شوند.

– یک شیمی دان خلاق چه ویژگی هایی می تواند

داشته باشد؟

ویژگی یک شیمی دان موفق خلاقیت در شناسایی و انتخاب سوژه هایی کاری ست که با استفاده از اصول علمی در جهت رفع مشکلات و معضلات باشد. به عبارت دیگر استفاده از علم در پاسخ به سؤالات مطرح در صنعت و جامعه است.

– به نظر شما نقاط ضعف و نقاط قوت اصلی

و مشترک در بین دانشجویان شیمی چیست؟

از جمله نقاط قوت دانشجویان استعداد، انرژی، علاقه مندی است که به دلیل عدم هدایت درست و مدیریت نادرست این منابع باعث درک نادرستی از مطالب علمی شده که منجر به بی استفاده شدن مطالب درسی و علمی فراگرفته شده در دانشگاه است. همین امر مانع از هم افزایی علمی و حرفه ای بین دانشجویان شده است. به طوری که تنوع در نظرات محدود شده تا حدی که برای هر سؤال مطروحه، همه دانشجویان یک پاسخ و راهکار دارند که از جمله مهم ترین موانع رشد خلاقیت است.

– دانشکده شیمی را در زمینه پژوهش چطور

ارزیابی می کنید؟

دانشکده شیمی بسیار پیشتاز و پرتوان در زمینه علمی و

پژوهشی فعالیت داشته که با همراهی با نیازهای صنعت و جامعه مثمر ثمر شده است.

- تعداد زیادی از دانشجویان در حال حاضر قصد تحصیل در خارج از ایران را دارند، نظر شما به عنوان یکی از اساتید برجسته شیمی در این موضوع چیست؟

تحصیل در سطح قابل قبول در داخل کشور ممکن و در دسترس است. تنها تفاوت مورد تحصیل در خارج از کشور مربوط به دسترسی به تجهیزات یا حمایت های مالی موجود در آن دانشگاه است.

- از مهارت های عمومی مورد نیاز فارغ التحصیلان رشته شیمی چه مواردی را توصیه می کنید؟

مهارت های علمی در طی تحصیل و با انجام پایان نامه ها قابل دستیابی است؛ اما مهارت های کسب و کار، فعالیت های گروهی و صنعتی از جمله الزامات برای فعالیت در خارج از دانشگاه ست.

- بهترین اساتید دوران تحصیل شما چه کسانی بودند؟ چرا؟

کلیه اساتید دارای جنبه های منحصربه فرد و آموزنده ای در مسیر تحصیل هستند، در این میان مرحوم دکتر مرتضی سهرابی، دکتر فرامرز افشار، دکتر نازک دست و دکتر شهریار سجادی را به دلیل نوع و سبک تدریس و مهم تر از آن جنبه های اخلاقی و اجتماعی، جزء اساتید برتر به یاد دارم.

- به صورت عمومی نظر خود را در خصوص تفاوت بین ادامه تحصیل در مقطع دکتری و ورود به صنعت بیان نمایید.

شاید به جای بررسی تفاوت بین ادامه تحصیل در مقطع دکترا و ورود به صنعت باید به فصل مشترک این دو توجه

شود. صنعت ما پیش و بیش از آنکه نیاز به تجهیزات و سخت افزار و موارد مشابه و مرسوم در صنعت داشته باشد، نیازمند تئورسین (نظریه پردازهای) علمی برای روشن کردن مسیر و هدایت به سمت اهداف توسعه صنعت هستند. به طوری که شخصی که درصدد انجام فعالیتی صنعتی است لازم است قبل از هر نوع سرمایه گذاری و انتخاب، با مشورت متخصصین علمی توجیه شده و راهی با افق دوردست اما روشن را انتخاب نماید که ترسیم این افق در اختیار فارغ التحصیلان دوره دکتراست. همچنین صنعتگری که در حال انجام فعالیت یا عرضه فرآورده ای است جهت تحلیل و ارائه مزیت های محصول جهت استفاده مؤثر و مفید نیاز به نظریه پرداز دارد. از این رو صنعتگر بدون فیلسوف علمی (فارغ التحصیلان دکترا) نمی توانند قدم های مؤثر و پایداری بردارند.

- اگر سؤالی هست که از سوی نشریه انتظار پرسش آن را داشتید، ولی پرسیده نشده لطفاً مطرح کنید و در صورت تمایل پاسخ آن را بیاوریم. بیاورید.

در کنار توجه به دروس پایه ای و بنیادی که جزء الزامات درک صحیح مطالب است، یافتن راه نزدیک کردن دانش دانشگاه به نیاز صنعت از جمله الزامات موفقیت های کاری است.

شیمی محاسباتی و نظریه تابعی چگالی

شیمی محاسباتی، یک رشته تحقیقاتی پیشرفته است که از روش‌ها و تکنیک‌های محاسباتی برای بررسی و تحلیل سیستم‌های شیمیایی استفاده می‌کند. در این روش، از اصول و قوانین مکانیک کوانتومی، نظریه میدان و مدل‌سازی ریاضی استفاده می‌شود تا به توصیف دقیق و پیش‌بینی خواص و رفتار سیستم‌های مولکولی و ماده پردازد. منظور از سیستم‌های شیمیایی می‌تواند شامل مولکول‌ها، یون‌ها، سطح‌ها و سیستم‌های بزرگ‌تر مانند بیولوژیکی‌ها و مواد فعال باشد. با استفاده از شیمی محاسباتی، می‌توانیم ساختارها، خواص فیزیکی و شیمیایی، واکنش‌ها و تعاملات بین مولکول‌ها را بررسی و پیش‌بینی کنیم [۱].

روش‌های محاسباتی شیمی محاسباتی شامل محاسبات کوانتومی، محاسبات مولکولی، شبکه‌های عصبی، روش‌های دینامیک مولکولی و مدل‌سازی مولکولی است. این روش‌ها با استفاده از معادلات و قضایای مختلف، مانند معادله شرودینگر، معادلات هارتری-فوک، قضایای کوهن-شم و قضایای مکانیک آماری، خواص سیستم‌ها را محاسبه و تجزیه و تحلیل می‌کنند. شیمی محاسباتی در زمینه‌های مختلف شیمی؛ شامل شیمی آلی، شیمی فیزیک، شیمی حسابگری و شیمی محاسباتی کوانتومی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روش‌ها به ما امکان می‌دهند تا خواص ساختاری، انرژی‌های الکترونی، طیف‌ها، ترمودینامیک و سینتیک واکنش‌ها را در سیستم‌های شیمیایی مورد بررسی قرار دهیم [۲].

شیمی محاسباتی به کاربرد روش‌های محاسباتی و ریاضی در شیمی می‌پردازد. این حوزه متنوعی از روش‌ها و تکنیک‌های محاسباتی را شامل می‌شود که به محققان این امکان را می‌دهد تا ساختار مولکولی، خواص فیزیکی و شیمیایی مواد را بررسی و پیش‌بینی کنند. در شیمی محاسباتی از مدل‌سازی مولکولی، شبیه‌سازی‌های دینامیک مولکولی، حساب‌های کوانتومی و روش‌های دیگر استفاده می‌شود. این روش‌ها با استفاده از تئوری‌ها و مدل‌های شیمیایی، نتایج تجربی را تفسیر می‌کنند و پیش‌بینی‌های مبتنی بر محاسبات را ارائه می‌دهند [۳].

نظریه تابع چگالی یک روش قدرتمند در شیمی محاسباتی است که مبتنی بر اصل تابع چگالی الکترونیکی سیستم‌های مولکولی و ماده است. این روش به صورت تئوری، الکترون‌ها را در یک فضای سه بعدی به صورت تابع چگالی الکترونی توصیف می‌کند. از نظریه تابعی چگالی می‌توان خواص الکترونیکی مانند انرژی‌های الکترونیکی ساختار مولکولی، خواص مغناطیسی و آشفستگی الکترونی را پیش‌بینی کرد. این روش به دلیل دقت قابل قبول و کارایی محاسباتی بالا، در تحقیقات بسیاری در زمینه‌های مختلف شیمی و فیزیک مورد استفاده قرار می‌گیرد [۴]. استفاده از روش‌های شیمی محاسباتی، به‌ویژه نظریه تابع چگالی، در تحقیقات شیمی بسیار مفید است. این روش‌ها می‌توانند به محققان کمک کنند تا خواص و رفتار مولکول‌ها و سیستم‌های شیمیایی را در سطح اتمی و مولکولی بررسی کنند.

با استفاده از شیمی محاسباتی و نظریه تابع چگالی می‌توان ساختارهای مولکولی پیچیده را پیش‌بینی کرده؛ واکنش‌های شیمیایی را مدل‌سازی کرده و خواص فیزیکی و شیمیایی مواد را بررسی کرد [۵].

از جمله کاربردهای شیمی محاسباتی و نظریه تابع چگالی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

پیش‌بینی ساختار مولکولی: با استفاده از روش‌های شیمی محاسباتی، می‌توان ساختارهای مولکولی را پیش‌بینی کرده و توصیف دقیقی از ساختار آن‌ها به دست آورد. این موضوع در طراحی دارو، شناسایی ترکیبات شیمیایی فعال و تحلیل ترکیبات آلی و بیوشیمیایی بسیار مفید است.

مطالعه واکنش‌های شیمیایی: با استفاده از شیمی محاسباتی و نظریه تابع چگالی، می‌توان واکنش‌های شیمیایی را مدل‌سازی کرده و مکانیسم‌های واکنش را بررسی کرد. این مطالعات می‌توانند به بررسی سرعت واکنش‌ها، محصولات جانبی، انتخاب سوئیچ‌های واکنش و بهینه‌سازی شرایط واکنش‌ها کمک کنند.

بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی مواد: با استفاده از روش‌های شیمی محاسباتی، می‌توان خواص فیزیکی و شیمیایی مواد را مطالعه و پیش‌بینی کرد. این موارد شامل خواص مکانیک کوانتومی، خواص الکترونیکی، خواص مغناطیسی و خواص ترمودینامیکی می‌شود.

طراحی دارو: شیمی محاسباتی در طراحی داروها نقش بسیار مهمی دارد. با استفاده از این روش‌ها، می‌توان ساختارهای سه‌بعدی مولکول‌های دارویی را مدل‌سازی کرده و با بررسی تعامل آن‌ها با آنزیم‌ها و پروتئین‌ها، به دنبال ترکیبات دارویی جدید برای درمان بیماری‌ها بود.

شیمی یک علم تجربی است. مطالعات درونی روی رفتار مواد، خواص مولکول‌ها و برهم‌کنش آن‌ها با محیط، با

استفاده از روش‌های تجربی متنوعی صورت پذیرفته است. هنگامی که قصد داریم نتایج یک آزمایش شیمیایی یا اندازه‌گیری IR یا NMR گیری فیزیکی را تجزیه و تحلیل کنیم؛ می‌توانیم از روش‌های آنالیز تجربی مثل طیف‌هایی با اندازه‌گیری‌هایی در حیطه‌های سینتیک و ترموشیمی بهره ببریم، اما در بسیاری از موارد، تحلیل pK_a ‌های مقادیر تجربی نتایج یک آزمایش، از برخی احتمالات ممکن جلوگیری کرده و به سایر احتمالات اجازه وقوع می‌دهد. از سوی دیگر روش‌های تجربی امکان حصول هم‌زمان نتایج را ندارند.

شیمی نظری، زیرمجموعه‌ای از علم شیمی است که روش‌های ریاضی را با قوانین فیزیکی ترکیب می‌کند تا فرایندهای شیمیایی را مورد مطالعه قرار دهد [۲]. در این علم، ساختارها و واکنش‌های شیمیایی را بر اساس قوانین فیزیک به صورت عددی شبیه‌سازی کرده؛ سپس با استفاده از فرمول‌های ریاضی به برنامه‌های کامپیوتری تبدیل می‌کنیم. همان‌طور که مشخص است؛ این روند نیازمند علوم ریاضی، فیزیک، کامپیوتر و برنامه‌نویسی است. قبل از توسعه کامپیوترهای الکترونیکی (پیش از سال ۱۹۵۰ میلادی) تعداد سیستم‌هایی که با دقت بالا قابل بررسی بودند؛ بسیار محدود بود. در ابتدا، تنها سیستم‌هایی که به‌طور دقیق قابل حل بودند؛ سیستم‌های یک یا دو ذره‌ای بودند که آن‌ها نیز به دو مسئله شبه تک ذره‌ای مبدل می‌شدند.

در طول دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ میلادی، تعداد کمی کامپیوتر الکترونیکی با هزینه بالا برای محققان در سرتاسر جهان تولید شد که دسترسی به آن‌ها دشوار بود. اما امروزه شاهد استفاده گسترده از کامپیوترها در شاخه‌های مختلف علم هستیم. رشد این فناوری، موجب خلق زیرمجموعه‌ای جدید در علم شیمی، به نام شیمی محاسباتی است که

نتایج، مربوط بر مسائل شیمی متمرکز است نه بر توسعه روش‌های جدید تئوری و همچنین اثری متقابل و تنگاتنگ میان شیمی تئوری متداول و شیمی محاسباتی وجود دارد. روش‌های تئوری در شیمی محاسباتی، می‌توانند تمام پارامترهای مدنظر ما را به صورت هم‌زمان از یک آزمایش پیش‌بینی کنند. شیمی محاسباتی، جهان ماکروسکوپی و میکروسکوپی را با یکدیگر مرتبط می‌سازد و در مولکول‌های کوچک تا بزرگ‌ترین کاتالیست‌ها وارد می‌شود، خواه در خلأ باشند و خواه در محیط‌های دیگر همچون حلال‌ها. با ارائه مجموعه‌ای از هسته‌ها و الکترون‌ها، شیمی نظری توانایی محاسبه متغیرهای گوناگون و پاسخ به سؤالات مختلف را دارد؛ **همچون اینکه:**

- * کدام آرایش هندسی هسته‌ها متعلق به مولکول‌های پایدار است؟
- * انرژی مربوط به آن‌ها کدام است؟
- * خواص آن‌ها چیست؟ (مانان دوقطبی، پلاریزاسیون، جابه‌جایی‌های شیمیایی و ثابت‌های جفت‌شدگی NMR و...)
- * سرعتی که در آن یک مولکول پایدار می‌تواند به دیگری تبدیل شود چه مقدار است؟
- * وابستگی زمانی ساختارهای مولکولی و خواص آن‌ها چگونه است؟
- * چگونه مولکول‌های مختلف با یکدیگر برهمکنش می‌کنند؟

از جمله موارد دیگر می‌توان به محاسبات سطوح هومو و لومو (بالاترین اوربیتال مولکولی اشغال شده و پایین‌ترین اوربیتال مولکولی اشغال نشده)، نوارهای ظرفیت، انرژی‌های پتانسیل، برانگیختگی، تشکیل، یونیزاسیون و الکترون‌خواهی، چگالی الکترونی، فرکانس‌های ارتعاشی، مسیرهای انرژی، جزئیاتی از واکنش‌های مانع شونده و مخرب و... اشاره

نمود.

با استفاده از تئوری‌ها، می‌توانیم هزینه و زمان زیادی را که در آزمایشگاه صرف آزمون و خطا و رسیدن به نتایج (شاید نامطلوب) صرف می‌کردیم را ذخیره کنیم. تنها محدودیت روش‌های محاسباتی، محدودیت‌هایی سیستم است نه خود روش. این روش‌ها حدود مرزهای آزمایشگاهی از جمله؛ کمیابی مواد، دماهای بالا و آلودگی و... را ندارند. تئوری‌ها نباید صرفاً نتایج مربوط به یک مولکول منحصر به فرد را نشان دهند؛ بلکه باید چهارچوبی بوده تا استخراج نتایج مرتبط با سایر مواد نیز از آن امکان‌پذیر باشد. همانند روش‌های تجربی، از محاسبات تئوری نیز نتایج دقیق قطعی به دست نمی‌آید؛ بلکه بر اساس تقریب‌هایی که به کار می‌بریم؛ نتیجه را بهبود بخشیده و به مقدار تجربی نزدیک‌تر می‌شود.

محمد عیدی برندق

کارشناسی ارشد شیمی فیزیک

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

منابع:

1. [1] Cramer, C. J. (2013). *Essentials of Computational Chemistry: Theories and Models*. Wiley.
2. [2] Shacham, M., & Lammertink, R. G. H. (2017). *Fundamentals of Molecular Modeling and Simulation*. Springer.
3. [3] C. J. Cramer, "Essentials of Computational Chemistry," John Wiley Sons, pp. 1-624, 2004.
4. [4] E. Shakerzadeh, *Theoretical investigations of interactions between boron nitride nanotubes and drugs*. Elsevier Inc., 2016. doi: 10.1016/B978-0-323-38945-7.00004-3.
5. [5] Nishimura, "Book reviews," New York, vol. 8, no. 2, pp. 293-300, 2001.

علم، زمانی سادگی‌اش را از دست می‌دهد که وانمود کند پاسخ همه چیز را دارد.

رابرت بنسن

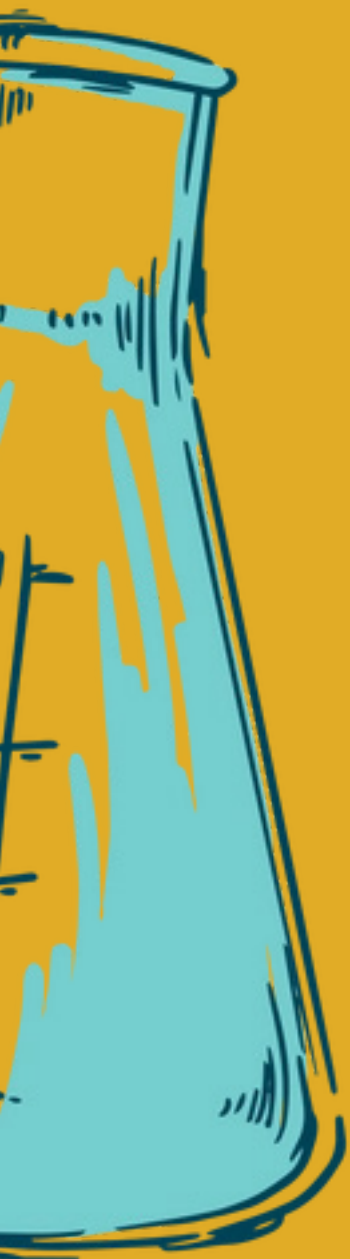
علم شیمی، برای بسیاری از ما با فرمول‌ها، جدول تناوبی و واکنش‌های قابل پیش‌بینی تعریف می‌شود. اما تاریخ این علم، فراتر از آزمایشگاه‌های امروزی و کتاب‌های درسی، پر است از قصه‌هایی از جسارت، فداکاری و رویارویی با خطر؛ قصه‌هایی که گاه با بهایی سنگین، راه را برای کشف‌های بزرگ هموار کرده‌اند. یکی از چهره‌های برجسته و کم‌نظیر در این میان، رابرت بنسن (Robert Bunsen) است؛ شیمی‌دان آلمانی قرن نوزدهم که نامش امروز با مشعل بونزن در ذهن بسیاری از علاقه‌مندان به شیمی ثبت شده، اما زندگی علمی‌اش فراتر از این اختراع ساده و شناخته‌شده است. در دوران جوانی، بنسن علاقه عمیقی به ترکیبات شیمیایی پیچیده، به‌ویژه ترکیبات آرسنیک، داشت. در یکی از پروژه‌های پرخطر خود، او ترکیبی بسیار سمی و بدبو به نام cacodyl cyanide را سنتز کرد؛ ماده‌ای که به خاطر بوی تعفن‌آور شبیه به جسد، سمیت شدید، قابلیت انفجار بالا و گازهای کشنده‌اش، در زمره‌ی خطرناک‌ترین ترکیبات آلی فلزی تاریخ قرار دارد. بنسن که در آن زمان به تجهیزات ایمنی مدرن دسترسی نداشت، بخار این ماده را مستقیماً استنشاق کرد. تنها چند لحظه بعد، دچار سرگیجه شدید شد، بینایی‌اش تیره و تار گردید و روی زمین بی‌هوش افتاد. اطرافیانش به‌سختی توانستند جان او را نجات دهند، اما آسیب به چشمش جبران‌ناپذیر بود؛ او برای همیشه بینایی یک چشم خود را از دست داد. با این حال، این حادثه باعث نشد که بنسن از مسیر خود عقب‌نشینی کند. پس از ماه‌ها نقاهت، به آزمایشگاه برگشت و وقتی همکارانش از او خواستند آزمایش‌های خطرناک را کنار بگذارد، جمله‌ای گفت که روح علم تجربی را به زیبایی بیان می‌کرد: «اگر ما دانشمندان از ترس مرگ عقب بکشیم، حقیقت همیشه پشت در آزمایشگاه می‌ماند.» همین روحیه، او را به یکی از پیشگامان بزرگ شیمی تبدیل کرد. او بعدها با همکاری گوستاو کیرشهف، طیف‌سنجی شعله‌ای را توسعه داد و با استفاده از آن، موفق به کشف عناصر جدیدی چون سزیم و روبیدیوم شد. همچنین، از دل تلاش‌های او، مشعل بونزن متولد شد؛ ابزاری ساده اما بنیادین که تا امروز در تمامی آزمایشگاه‌های شیمی دنیا به کار می‌رود. نکته جالب آنکه ترکیبی که بنسن با آن کار می‌کرد - یعنی cacodyl - امروزه در ردیف خطرناک‌ترین ترکیبات شیمیایی شناخته‌شده قرار دارد و به‌دلیل خطرات بسیار زیاد، تنها در شرایط فوق‌ایمن و محدود آزمایشگاه‌های تخصصی، آن هم با احتیاط کامل، با آن کار می‌شود. اما اهمیت کار بنسن فقط در سنتز ترکیبات جدید یا توسعه ابزارهای شیمیایی نبود، بلکه در رویکردی بود که به علم داشت: علمی که با ترس از خطر پیش نمی‌رود، بلکه با درک مسئولانه از خطر و شهامت مواجهه با آن به‌سوی کشف حقیقت حرکت می‌کند. امروز که در محیط‌های امن و کنترل‌شده‌ی آزمایشگاه‌ها کار می‌کنیم، شاید بد نباشد گاهی به عقب برگردیم و به دانشمندانی فکر کنیم که با کمترین امکانات، اما با بیشترین جسارت، مرزهای دانش را جابه‌جا کردند. رابرت بنسن یکی از آنهاست. داستان زندگی‌اش به ما یادآوری می‌کند که شیمی فقط دانشی برای شناخت ماده نیست؛ بلکه مسیری است که گاهی از میان آتش، دود، درد و فداکاری می‌گذرد تا نوری از فهم بر جهان بیفکند.

پریسا سنایی وثیق

کارشناسی ارشد شیمی کاربردی

دانشگاه بوعلی سینا همدان

چیستان



سؤال ۱: من چیستم که تعیین می‌کنم الکترون‌ها در اطراف یک هسته چگونه توزیع شوند و شامل عددهای کوانتومی متفاوتی هستم.

سؤال ۲: من به عنوان اصلی در شیمی کوانتوم به الکترون‌ها اجازه می‌دهم در یک اتم در یک حالت کوانتومی مشابه قرار گیرند.

سؤال ۳: من اثر عجیب و غریبی هستم که می‌تواند به صورت هم‌زمان یکی از بزرگ‌ترین محدودیت‌ها و منبعی از انرژی‌ترین اکتشافات علم باشید.

سؤال ۴: من پدیده‌ای هستم که باعث می‌شوم دو یا چند وضعیت کوانتومی مختلف به صورت یک حالت جدید هم‌زیستی کنند و در تجربیات روزمره قابل مشاهده نیستم.

سؤال ۵: من یک تابع هستم که امکان پیش‌بینی احتمال یافتن ذره‌ای در مکان خاصی را می‌دهم و نتیجه حل معادله شرودینگر هستم.

شب‌نم میرابی

کارشناسی ارشد شیمی فیزیک

پاسخ چیستان

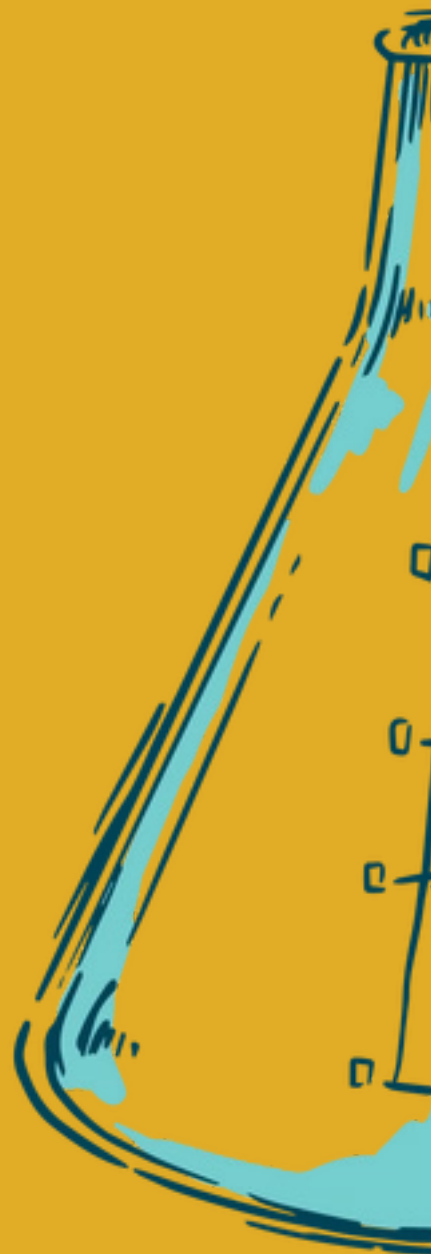
پاسخ ۱: تابع موج. تابع موج الکترون در شیمی کوانتوم بسته به وضعیت انرژی آن عددهای کوانتومی مختلفی s, n, l, m دارد که رفتار و توزیع الکترون را توصیف می‌کنند.

پاسخ ۲: اصل طرد پائولی. این اصل بیان می‌کند که دو الکترون در یک اتم نمی‌توانند مجموعه عددهای کوانتومی مشابهی داشته باشند.

پاسخ ۳: اصل عدم قطعیت هایزنبرگ. این اصل بیان می‌کند که نمی‌توان موقعیت و تکانه یک ذره را با دقت دلخواه به صورت هم‌زمان اندازه‌گیری کرد که باعث پیچیدگی درک کامل رفتار الکترون‌ها می‌شود؛ اما به نوآوری‌هایی مانند میکروسکوپ‌های الکترونی کمک کرده است.

پاسخ ۴: تداخل کوانتومی. این پدیده به تداخل امواج کوانتومی اشاره دارد که می‌تواند منجر به تقویت یا تضعیف حالات شود.

پاسخ ۵: تابع موج احتمالی. تابع موج به ما امکان می‌دهد موقعیت احتمالی یک ذره در مکان و زمان را پیش‌بینی کنیم.



عملکرد انجمن



دوره تئوری دستگاه HPLC (کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا)

مدرس دوره: آقای دکتر سالار آملی

تاریخ برگزاری دوره: ۱۴۰۳/۰۸/۱۴



بازدید از آزمایشگاه ها و کارگاه های پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی

سرپرست بازدید : خانم دکتر قاسم زاده

تاریخ برگزاری: ۱۴۰۳/۸/۷



بازدید از شرکت آریان کیمیا تک و کارخانه مواد شیمیایی پوشان پلاستیک

سرپرست بازدید: جناب آقای مهندس علیزاده

تاریخ برگزاری بازدید: ۱۴۰۳/۰۸/۲۹



بازدید از پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران

سرپرست بازدید : خانم دکتر لیلا قدیری

تاریخ بازدید : ۱۴۰۳/۰۹/۱۲



دوره آموزش مقاله نویسی

مدرسین دوره: خانم دکتر شریعتی نیا، خانم دکتر نجابت

تاریخ برگزاری: ۱۴۰۳/۰۵/۰۹



دوره تئوری و عملی دستگاه GC

مدرس دوره : خانم دکتر نجابت

تاریخ برگزاری دوره : ۱۴۰۳/۰۷/۲۸



بازدید از برج فناوری و نوآوری شماره ۱: ساختمان ابن سینا

سرپرست بازدید : خانم دکتر تفرشی

تاریخ بازدید: ۱۴۰۳/۱۱/۱۶



AUT TALK با سخنرانی خانم دکتر سهیلا سلحشور کردستانی
سخنرانی علمی هفته پژوهش

اعضای هیئت تحریریه



سردبیر نشریه، ایده پرداز

و عکاس :

شب‌نم میرابی

shabnammirabi1999@gmail.com



مدیر مسئول نشریه :

مصطفی ترکاشوند



پردیس اردوخانی

pardis.ordoukhani80@aut.ac.ir

طیبه سنگچی

Tyb.sn@aut.ac.ir





فاطمه سادات حسینی

fs.hosseini@aut.ac.ir



امیر مهرورز

amirmz@aut.ac.ir

محمد صالح خالقی

mohamad.s.khaleghi@gmail.com



محمد عیدی برندق

mohammad.eydi@aut.ac.ir



امیر رضا طالبی

amirasn6@gmail.com

طراح جلد، صفحه آرایی و ویراستاری :



علیرضا خالقی

Ali1001kh@aut.ac.ir



Stereochemistry

Journal of the Chemistry Student Scientific
Association of Amirkabir University

Issue 2 - Summer 2025

