

# Photon فوتون

## در این شماره از فوتون داریم:

\*\*\* گفت و گو با جناب آقای دکتر  
محمدصادق امینی فضل، عضو هیئت  
علمی و استاد دانشگاه دانشکده شیمی  
دانشگاه تبریز

\*\* گزارش بازدید علمی از کارخانه چرم

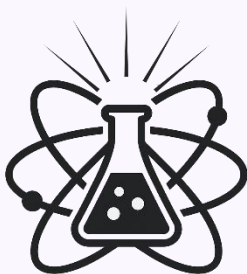
- رد پای شیمی در زندگی
- شیمی سبز، صنعت پایدار آینده
- وعده سوخت‌های پاک‌تر
- هوش مصنوعی و انرژی پاک
- قهرمانان خاموش صنعت
- \* معرفی نرم افزار



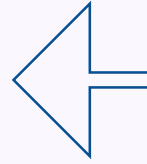


« علم، قدرت است؛ هر کس آن را به دست آورد، پیروز می شود و هر که نداشته باشد، مغلوب می گردد »

امام علی علیه السلام



# شناسنامہ



گاہنامہ علمی - دانشجویی فوتون

سال اول - شماره اول - پاییز ۱۴۰۴

تاریخ مجوز: ۱۴۰۴/۸/۱۴ - شماره مجوز: ک ت ن ۱۲۸/۱۱

صاحب امتیاز: انجمن علمی - دانشجویی شیمی صنعتی دانشگاه تبریز ( دبیر انجمن: مهدی دشتستانی)

مدیر مسئول: رضا اورج زاده

شورای سردبیران: احسان نریمانی، زهرا رشید تقی پور، رضا اورج زاده

استاد مشاور: دکتر محمد حسین رسولی فرد

با همکاری استادان ارجمند: دکتر محمد صادق امینی فضل، دکتر الناز اصغری، دکتر سمیرا عارفی اسکویی

هیئت تحریریه:

فاطمه مختاری، سید محمد موسوی، محمدجواد شهیدی نژاد، علی رضائی، شیما اقبلی، آرش جهانگیری، ریحانه

احمدی، پارسا صادقی، رئوف ثقفی پور، هستی فضلی زاده، مبینا مردانمرد، مائده اشرفی، یاسمین سیدی کیا،

میثم سنگتراش

طراح گرافیک و صفحه آرا: بیتا یمینی

## سخن سردیران:

شیمی، زبانی است که جهان با آن نفس می‌کشد. از درخشش واکنش‌ها در شیشه‌های آزمایشگاه تا صدای غرش ماشین‌آلات در دل کارخانه‌ها، همه داستانی واحد را بازگو می‌کنند؛ داستان پیوندانیدیه با علل، علم با زندگی. قرن‌هاست که شیمی نه تنها راز ماده، بلکه راز ماندگاری انسان را در برابر طبیعت بازگو کرده است. هر محلول، هر واکنش و هر کاتالیزور در حقیقت پلی است میان ذهنی جست‌وجوگر و جهانی که در انتظار درگونی است. از آزمایشگاه‌های خاموش تا خط تولیدهای پربیابو، مسیر شیمی، مسیر خلق معناست. در صنعتی که هر لحظه به سرعتی تازه می‌تپد، نقش شیمی چیزی فراتر از ترکیب و تفکیک عناصر است؛ شیمی زبان پایداری است.

در این شماره، با محله‌ای نو به رابطی شیمی و صنعت می‌نگریم؛ از ذهن پژوهشگران تا قلب کارخانه‌ها. از جایی که واکنش‌ها تنها بر روی کاغذ نیستند، بلکه در ضرب آهنگ چرخ تولید و دپارداری محیط زیست معنای کینند. «فوتون» از تختین شماره، بر آن است تا پرتوی میندازد بر جایی که علم به زندگی رنگ می‌دهد. زیرا ما باور داریم که هر اندیشه‌ای، اگر در مسیر دست‌بند روزی جهان را روشن‌تر خواهد کرد. در پایان، بر خود لازم می‌دانیم از استاد گران‌قدر و راهبانی ارجمند نشیر، جناب آقای دکتر رسولی‌فرد، که با نگاه دقیق، همراهی صمیمانه و راهبانی‌های روشنگر خود چراغ مسیر فوتون را فروزان نگاه داشتند، صمیمانه قدردانی کنیم.

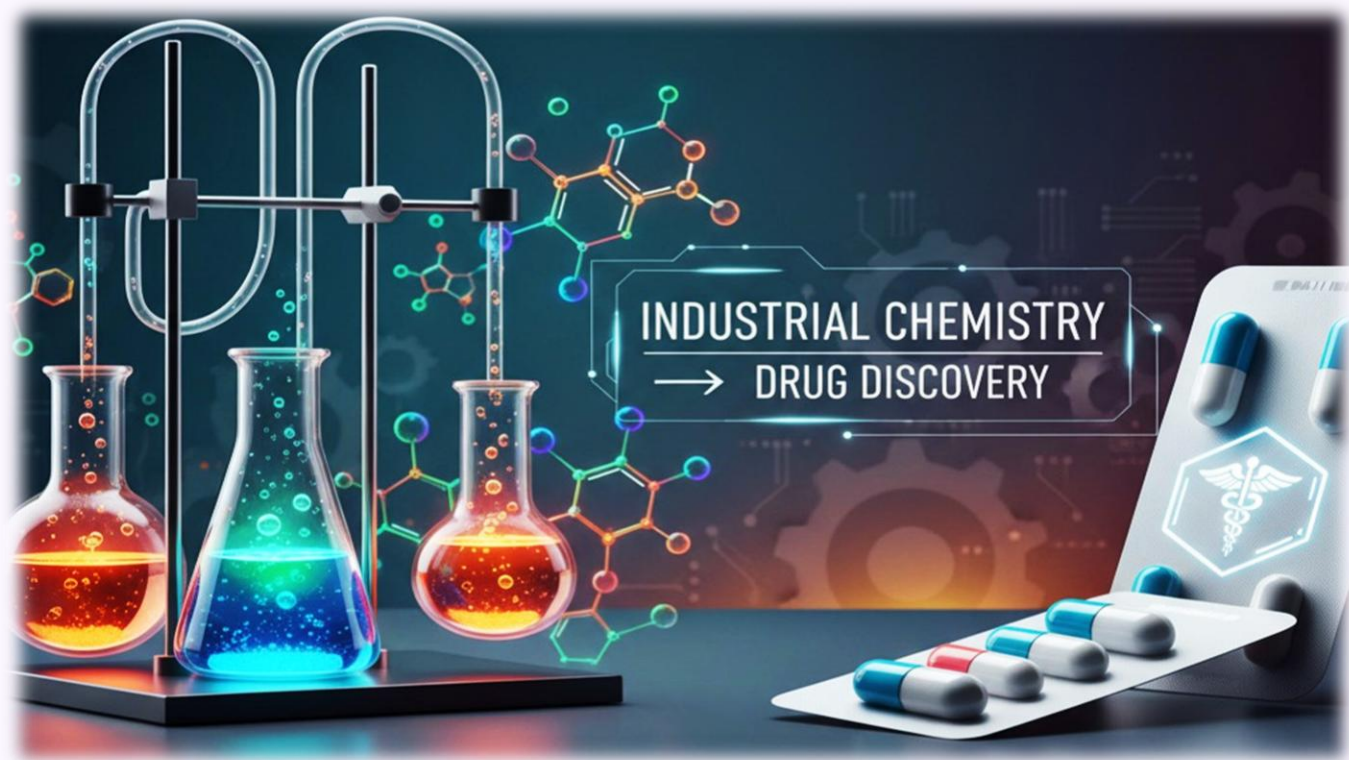
همچنین از تمام دوستان و بهکارانی که با تلاش، همدلی و باورشان در شکل‌گیری این شماره سهم بودند، و از شما خوانندگان عزیز که با محاکتان به این مسیر معنای بخشید، با دل و جان سپاسگزاریم.

|    |                                                                     |
|----|---------------------------------------------------------------------|
| ۱  | شیمی در دل کارخانه ها                                               |
| ۶  | گفت و گو با جناب آقای دکتر امینی فضل                                |
| ۹  | از آزمایشگاه تا خط تولید                                            |
| ۱۱ | گزارش بازدید علمی از کارخانه چرم شهریار تبریز                       |
| ۱۵ | شیمی سبز، صنعت پایدار آینده                                         |
| ۱۷ | کاتالیزورها؛ قهرمانان خاموش صنعت                                    |
| ۲۰ | ردپای شیمی در زندگی، زیبایی و تغذیه                                 |
| ۲۲ | بازتعریف بازارهای شیمیایی جهان - پیشرفت بزرگ در تبدیل $\text{CO}_2$ |
| ۲۴ | آینده ی شیمی صنعتی؛ هوش مصنوعی و انرژی پاک                          |
| ۲۷ | برندگان جایزه نوبل شیمی ۲۰۲۵ - تولید MOF در مقیاس تُن               |
| ۲۹ | ایمنی شیمیایی، خط قرمز تولید                                        |
| ۳۱ | معرفی نرم افزار                                                     |

# شیمی در دل کارخانه ها

## کاربرد شیمی صنعتی در تولید داروهای جدید

شیمی صنعتی ستون فقرات صنعت داروسازی مدرن است؛ جایی که علم سنتز و مهندسی فرآیند در کنار هم، مسیر دستیابی از یک مولکول تازه کشف شده تا تولید انبوه ماده‌ی دارویی فعال<sup>۱</sup> را هموار می‌کنند. توسعه‌ی فرآیند شیمیایی در این حوزه، با هدف طراحی مسیرهایی است که در مقیاس بزرگ ایمن، اقتصادی، پایدار و قابل تکرار باشند. امروزه بسیاری از شرکت‌های داروسازی اروپایی مانند بایر، سانوفای و روش، توسعه‌ی مسیرهای سنتزی خود را بر پایه‌ی فناوری‌های نوینی چون تولید پیوسته، بیوکاتالیز و کاتالیز فلزی بنا نهاده‌اند. این فناوری‌ها اجازه می‌دهند مولکول‌های پیچیده با چندین مرکز فضایی که قبلاً فقط در مقیاس میلی گرم تولید می‌شدند، اکنون به مقیاس صنعتی برسند. نمونه‌ای از این پیشرفت، توسعه‌ی داروی ضدسرطان دیواراسیب<sup>۲</sup> است که با بهره‌گیری از واکنش کوپل شدن نگیشی<sup>۳</sup> و فرآیند پیوسته‌ی سنتز، مسیر تولید آن از چند صد گرم به صدها کیلوگرم افزایش یافت، در حالی که خلوص و انتخاب‌پذیری فضایی آن حفظ شد.



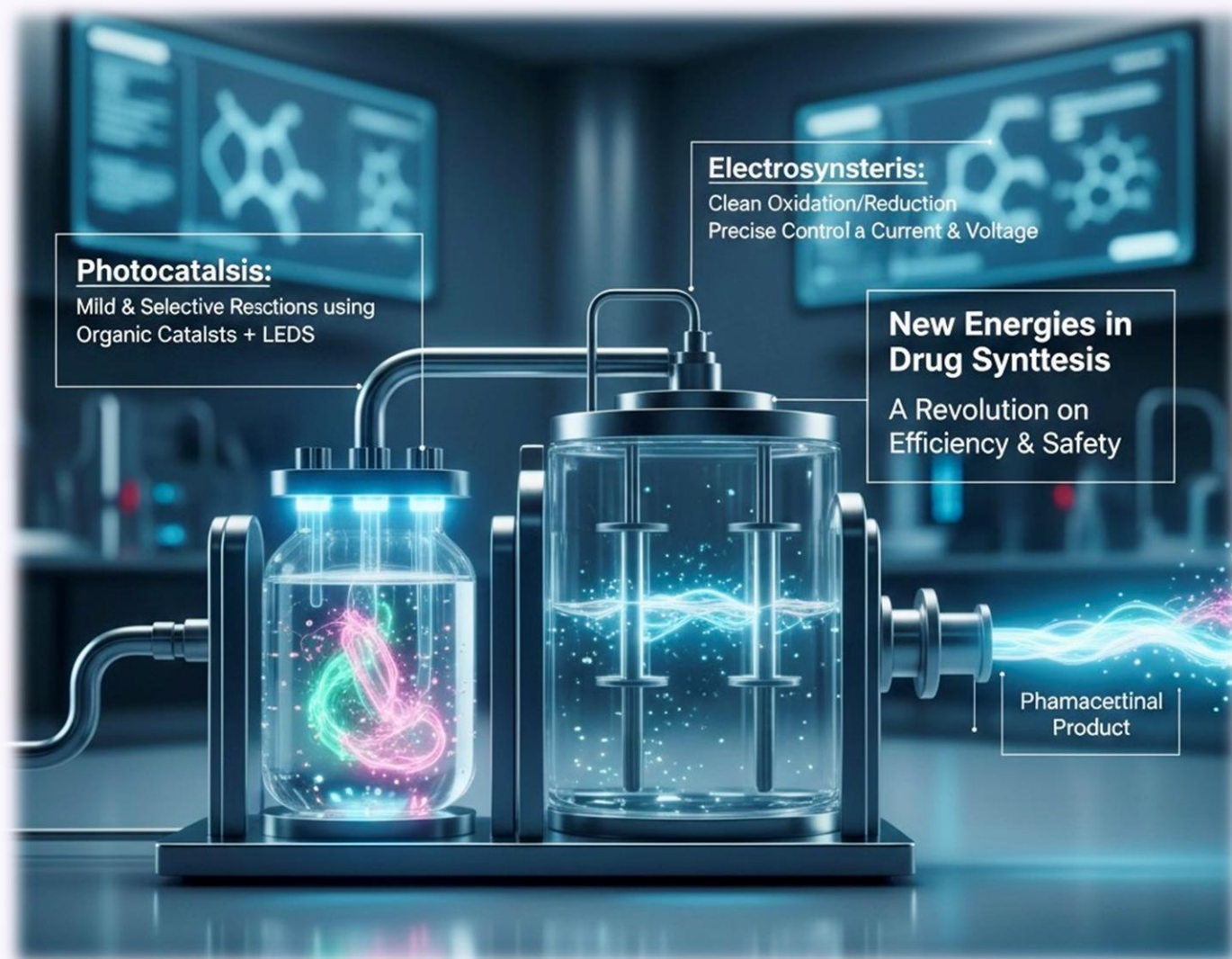
از سوی دیگر، معیارهای زیست‌محیطی و اقتصادی، مفاهیمی چون شدت جرمی فرآیند<sup>۴</sup> را به شاخص‌های کلیدی در توسعه‌ی فرآیند دارویی تبدیل کرده‌اند. بر اساس گزارش انجمن شیمی سبز، تنها حدود یک درصد از مواد مصرفی در فرآیندهای دارویی در محصول نهایی وارد می‌شود، در حالی که مقادیر معمول شدت جرمی فرآیند در سنتز داروها از ۱۰۰ تا چند هزار کیلوگرم ماده‌ی مصرفی برای هر کیلوگرم محصول نهایی متغیر است. در یکی از پروژه‌های گزارش شده در این مقاله، با بازطراحی مسیر شیمیایی برای یک ترکیب اسپایروایزوگازول در داروهای ضدسرطان، مقدار شدت جرمی فرآیند از ۵۰۰۰ به کمتر از ۱۰۰ کاهش یافت؛ معیاری که معادل ۹۸٪ کاهش پسماند است. چنین پیشرفت‌هایی نشان می‌دهد که شیمی صنعتی، علاوه بر

1. API: Active Pharmaceutical Ingredient
2. Divarasib
3. Negishi coupling
4. PMI: Process Mass Intensity

جنبه‌ی تولیدی، ابزاری کلیدی برای دستیابی به اهداف پایداری و کاهش اثرات زیست‌محیطی صنعت داروسازی است.

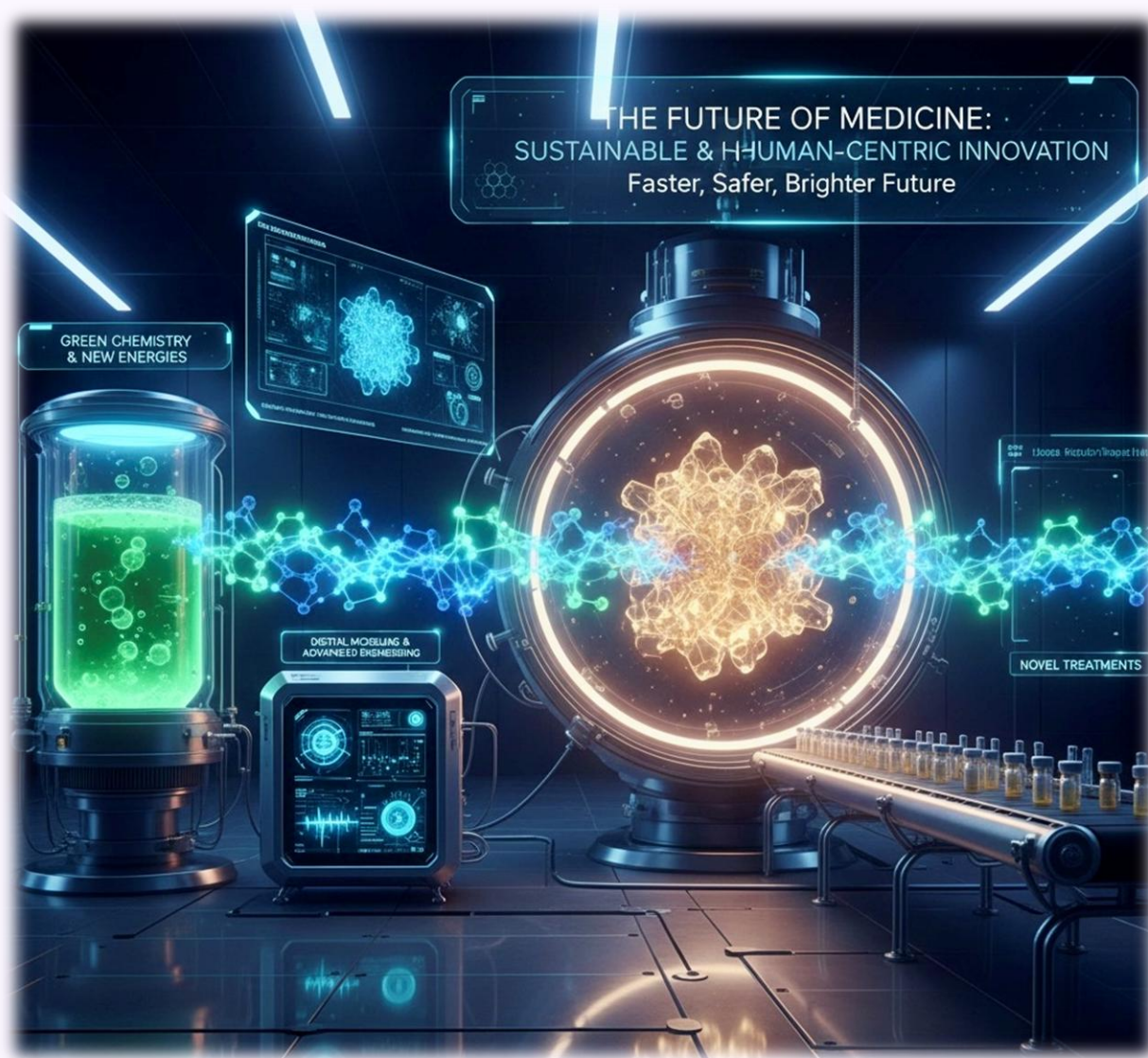
توسعه‌ی فرآیندهای شیمیایی در صنعت داروسازی طی سال‌های اخیر وارد مرحله‌ای تازه شده است؛ مرحله‌ای که در آن شیمی بنیادی، فناوری‌های نو و مهندسی پیشرفته در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند تا مسیر تولید داروهای جدید را کوتاه‌تر، ایمن‌تر و سازگارتر با محیط‌زیست کنند. امروزه اصلاح مسیرهای واکنش تنها یک مسئله‌ی آزمایشگاهی نیست، بلکه به یک فرآیند چندلایه تبدیل شده است که در آن مدل‌سازی رایانه‌ای، تحلیل مکانیزمی دقیق و حتی هوش مصنوعی نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. پژوهشگران با کمک این ابزارها می‌توانند مسیرهای سنتزی کوتاه‌تر و کارآمدتری طراحی کنند و مراحل پرخطر یا پرهزینه را با روش‌های ملایم‌تر و کاتالیزوری جایگزین کنند.

یکی از مهم‌ترین تحولات اخیر، ورود انرژی‌های جدید به حوزه‌ی سنتز دارویی است. فتوکاتالیز نسل تازه‌ای از امکان‌ها را برای انجام واکنش‌های ظریف و انتخاب‌پذیر ایجاد کرده است. استفاده از LEDهای کم‌مصرف و طراحی کاتالیزورهای آلی پایدار باعث شده است واکنش‌هایی که سال‌ها ناممکن به نظر می‌رسیدند، اکنون با شرایط ملایم و کنترل‌پذیر انجام شوند. در کنار آن، الکتروشیمی سنتزی نیز انقلابی واقعی در تولید مواد دارویی ایجاد کرده است. در این روش، الکترون‌ها خود به عنوان عامل اکسایش یا کاهش عمل می‌کنند و نیاز به مواد شیمیایی خطرناک را کاهش می‌دهند. کنترل دقیق جریان و ولتاژ به پژوهشگر اجازه می‌دهد واکنش‌های پیچیده را با ظرافت بیشتری هدایت کند و حتی در مقیاس صنعتی، تولیدی پیوسته و یکنواخت داشته باشد.



همزمان با این تحولات، طراحی واکنشگرها و حلال‌های سبز نیز مسیر تازه‌ای را پیش پای صنعت گذاشته است. حرکت به سوی حلال‌های کم‌خطر و زیست‌پایه، کاهش مصرف انرژی، و استفاده از کاتالیزورهای قابل‌باز یافت، بخش مهمی از تلاش‌های امروز برای تولید پایدارتر داروها را تشکیل می‌دهد. رآکتورهای مدرن، از رآکتورهای جریان پیوسته گرفته تا سامانه‌های میکروویو و اولتراسونیک، با هدف کاهش زمان واکنش و افزایش بازده طراحی می‌شوند و نقش مهمی در صنعتی‌سازی واکنش‌های جدید دارند. اما شاید تحول‌آفرین‌ترین بخش این روند، دیجیتالی شدن فرآیندهای شیمیایی باشد. با ظهور فناوری‌های تازه‌ای مانند "دوگان‌دیجیتال"، امکان شبیه‌سازی کامل یک مسیر سنتزی پیش از اجرای واقعی آن فراهم شده است. سنسورهای هوشمند و فناوری‌های پایش برخط شرایط واکنش را لحظه‌به‌لحظه تحلیل می‌کنند و سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند به طور خودکار دما، غلظت یا سایر متغیرهای واکنش را تنظیم کنند تا بهترین بازده ممکن حاصل شود. این سطح از کنترل، مسیر آزمایش و خطای سنتی را کوتاه کرده و روند توسعه فرمولاسیون‌ها و روش‌های تولید را به شکل چشمگیری تسریع کرده است.

در مجموع، همه‌ی این پیشرفت‌ها در یک نقطه همگرا می‌شوند: تبدیل علم مولکولی به درمانی واقعی برای انسان‌ها. امروز فاصله‌ی میان یک مولکول امیدبخش و یک داروی قابل‌استفاده بسیار کوتاه‌تر شده است. توسعه‌ی فناوری‌های سبز، انرژی‌های نو، مدل‌سازی دیجیتال و مهندسی پیشرفته، صنعت داروسازی را وارد عصری کرده است که در آن نوآوری نه فقط سریع‌تر، بلکه پایدارتر و انسانی‌تر رخ می‌دهد. این هم‌افزایی میان علم و فناوری، چشم‌اندازی روشن برای آینده‌ی درمان‌های نوین ترسیم کرده است.



## کاربرد شیمی صنعتی در رنگ و رنگ سازی



شیمی صنعتی، از وقتی که پرکین به طور تصادفی مووین را از مشتقات زغال سنگ کشف کرد، مسیر رنگ آمیزی را از هنر محلی به صنعت گسترده ای تبدیل کرد. تولید هم زمان رنگ های درخشان، مقرون به صرفه و قابل تولید انبوه، به همراه توسعه انواعی از رنگ ها (اسیدی، واکنشی، پراکنده، و غیره) امکان شکل گیری مد و صنعت نساجی مدرن را فراهم آورد. در عمل، ترکیب شناخت ساختار مولکولی کروموفورها با فرایندهای صنعتی مثل انتخاب ماده ثابت کنند یا پیش تصفیه سطحی پارچه، پلاσμα، تابش UV یا اصلاحات آنزیمی، تعیین کننده شدت رنگ، یکنواختی و پایداری آن در مقابل شست و شو و نور است؛ این نقطه همان جایی است که زیبایی، دوام و کارایی با هم ملاقات می کنند.

هم زمان اما بیرون از آزمایشگاه، نگرانی های زیست محیطی و سلامتی چشم گیرند: تخلیه پساب های رنگی در صنعت نساجی، نفوذ نور را در آب کاهش می دهد، چرخه های زیستی را برهم می زند و برخی ترکیبات سنتتیک (مثلا آزوها) می توانند محصولات تجزیه پذیر سمی یا عوامل سرطان زا آزاد کنند. افزایش مقررات، فشار مصرف کننده به سوی محصولات ایمن تر و رشد بازار رنگ های طبیعی و زیست تخریب پذیر، پژوهش های صنعتی را به سمت راه حل هایی مانند استخراج های نوین، رنگ های میکروبی/ جلبکی، رنگ های تولید شده در آزمایشگاه و فرایندهای رنگ رزی آنزیمی سوق داده است؛ در عین حال چالش هایی مانند حساسیت طبیعی رنگ ها به pH، نور و دما نشان می دهد که راه حل واقع گرایانه باید ترکیبی از مهندسی فرایند، اصلاح ساختاری مولکول های رنگ و مدیریت بهینه پساب باشد، یعنی آینده رنگ سازی صنعتی، ازدواج نوآوری شیمیایی و الزام پایداری است.



## مدیریت و تصفیه پساب صنعتی در صنایع آب بر با رویکرد (ZLD<sup>1</sup>)



نفت خام و صنعت شیشه از جمله صنایع پرآب و پرآلودگی هستند که تولید محصولات خود را با مصرف گسترده آب و تولید فاضلاب‌های پیچیده انجام می‌دهند. در پالایشگاه‌های نفت، فاضلاب شامل آب، گوگرد و ترکیبات آن، نیتروژن و فلزات سنگین است و از واحدهای فرآیندی مختلف و ذخیره‌سازی نفت حاصل می‌شود؛ این فاضلاب‌ها باید مطابق استانداردهای ملی

و بین‌المللی تصفیه شوند تا به محیط زیست آسیب نرسانند و جامعه حفظ شود. عدم تصفیه پساب‌های صنعتی بر روی سلامت کارکنان اثر می‌گذارد و این نیاز به تصفیه بعضی وقت‌ها صرفاً ناشی از اهداف درونی خود پالایشگاه هست چون در نهایت بر روی میزان تولید تاثیر می‌گذارد. در صنعت شیشه نیز تولید فرآورده‌هایی مانند شیشه شناور، عملیات شکل‌دهی، خنک‌سازی و شست‌وشوی محصول حجم بالایی آب مصرف کرده و فاضلاب حاوی ذرات معلق سیلیس و خرده‌شیشه، فلزات سنگین و آلاینده‌های شیمیایی تولید می‌کند که علاوه بر خطرات زیست‌محیطی، موجب خوردگی و گرفتگی تجهیزات می‌شوند. برای مدیریت بهینه این فاضلاب‌ها و کاهش مصرف آب، رویکردهایی مانند سیستم ZLD (تخلیه صفر مایع) پیاده‌سازی می‌شوند که با ایجاد چرخه بسته آب دفع آلاینده‌ها را به حداقل می‌رسانند. در ZLD، فرآیندها شامل پیش‌تصفیه، تغلیظ غشایی، تبخیر حرارتی و تبلور جامدات است که به‌ویژه برای پساب‌های حاوی سیلیس و فلزات سنگین صنعت شیشه با فناوری‌هایی مانند اولترافیلتراسیون، الکتروکواگولاسیون و رسوب‌گذاری شیمیایی بهینه می‌شوند. (الکتروکواگولاسیون یک فرایند الکتروشیمیایی هست که با عبور جریان الکتریکی از آب آلوده آلاینده‌ها را جمع‌آوری و جدا می‌کند. بدون نیاز به افزودن مواد شیمیایی اضافه). این رویکرد نه تنها انطباق با مقررات زیست‌محیطی را تضمین می‌کند، بلکه بهره‌وری آب را افزایش داده و تاب‌آوری عملیاتی واحدها در برابر کم‌آبی و فشارهای محیط‌زیستی را ارتقا می‌دهد.

تجربه جهانی و صنعتی نشان می‌دهد که سیستم‌های ZLD با تفکیک فاضلاب بر اساس نوع آلودگی و استفاده از فرایندهایی مانند خنثی‌سازی، ته‌نشینی با فلوکولانت و تصفیه غشایی، امکان بازیابی بیش از ۹۵٪ آب مصرفی و مدیریت ایمن لجن‌ها را فراهم می‌کنند. (فلوکولانت‌ها موادی هستند که ذرات کوچک معلق در آب را به هم متصل کرده و دسته‌های بزرگ‌تری به نام لخته می‌سازند که به راحتی ته‌نشین می‌شوند یا فیلتر می‌شوند). نمونه موفق آن در کارخانه فولاد VIZ<sup>۲</sup> با بیش از ۴۰ سال بهره‌برداری، نشان می‌دهد این رویکرد همسو با اهداف توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست در صنایع آب‌بر، از جمله تولید شیشه، قابل اجرا و اقتصادی است.

1. Zero Liquid Discharge
2. Viz Steel

## مصاحبه با جناب آقای دکتر محمد صادق امینی فضل



افتخار داریم که در این گفتگو میزبان جناب آقای دکتر امینی فضل باشیم تا در رابطه با تعاملات و ارتباط بین شیمی و صنعت پردازیم

با عرض سلام و خسته نباشید، بسیار سپاسگزاریم که دعوت ما را پذیرفتید و فرصت این گفتگو را در اختیار ما گذاشتید؛ اگر ممکنه در ابتدا معرفی کوتاهی از خودتون داشته باشید

بنده هم به نوبه خودم عرض سلام و ادب دارم و امیدوارم مطالبی که در این جلسه مطرح می‌شود مفید و مثمرتر واقع شود. من متولد سال پنجاه و هشت هستم؛ مقطع لیسانسم را در دانشگاه تبریز گذراندم، دوره‌ی فوق لیسانس در دانشگاه صنعتی شریف بودم و دکتری را در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران به پایان رساندم. علاقه‌ای که در دوره ارشد به کار با پلیمرها پیدا کردم باعث شد در مقطع دکتری به صورت تخصصی وارد رشته مهندسی پلیمر شوم.

دوره دکتری من سال ۹۲ تمام شد و از سال ۹۳ عضو هیئت علمی گروه شیمی کاربردی هستم. نزدیک به یازده سال است که در کنار همکاران بزرگووارم فعالیت می‌کنم. از دوره دکتری، علاوه بر فعالیت‌های تحصیلی، به صورت پاره‌وقت در شرکت مهتاب قدس به عنوان کارشناس پروژه مطالعات زیست محیطی سد عمارت مشغول بودم. همیشه به دانشجویان می‌گویم همان سه سال کار پاره‌وقت، برای من از نظر تجربه‌های صنعتی و کاری به اندازه چندین دوره دکتری ارزش داشت.

بین سال‌های ۸۶ تا ۸۹ مدیریت «مرکز سنجش آزمایشگاهی» دانشگاه صنعتی شریف را برعهده داشتم و انواع آنالیزها، از جمله آنالیزهای آب و خاک، در آن مجموعه انجام می‌شد. بعد از بازگشت به تبریز هم همان فعالیت‌های تحلیلی و مشاوره‌ای را با شرکت‌های مختلف در حوزه آنالیز و راه‌اندازی آزمایشگاه ادامه دادم. از سال ۱۴۰۰ نیز به عنوان مشاور رئیس پارک علم و فناوری در امور شرکت‌های دانش بنیان فعالیت می‌کنم. علاوه بر این، عضو کمیته کارآفرینی و کمیته فناوری دانشگاه هستم.

در سال ۱۴۰۳ هم «آزمایشگاه سنجش آزمایش صدر» را راه‌اندازی کردیم و در حال پیگیری مجوزهای ایزو، وزارت بهداشت و محیط زیست هستیم تا یک آزمایشگاه رفرنس در سطح منطقه برای انواع آنالیزها ایجاد کنیم. تا امروز یک دانشجوی دکتری و هفده دانشجوی ارشد تربیت کرده‌ام، بیش از پنجاه مقاله ISI منتشر کرده‌ایم و بیش از صد پروژه صنعتی را مشارکت داشته‌ام.

وقتی از صنعت و توسعه آن صحبت می‌کنیم، نام شیمی همیشه همراهش است. از نظر شما مهم‌ترین نقشی که علم شیمی می‌تواند در پیشرفت صنایع کشور ایفا کند، چیست؟

من همیشه در کلاس به دانشجویان می‌گویم وقتی وارد یک کارخانه می‌شویم یا حتی از کنار آن رد می‌شویم به عنوان یک شیمیست باید فکر کنیم ببینیم شیمی چه نقشی در آنجا دارد؟ اولین چیزی که دانشجویان معمولاً می‌گویند آزمایشگاه و کنترل

کیفی است. بله، درست هم هست؛ از هر کارخانه‌ای بگذرید، داروسازی، پتروشیمی، آب و فاضلاب، استاندارد، گمرک... همه جا رد پای شیمی را در آنالیزها می‌بینید.

اما نقش شیمی محدود به کنترل کیفی نیست. یکی از مهم‌ترین حوزه‌ها تصفیه آب است؛ الان بزرگ‌ترین مشکل کشور کم‌آبی و خشکسالی است و بخش زیادی از فعالیت‌های شیمی در این حوزه معنا پیدا می‌کند. همچنین در مباحث محیط‌زیستی از آلودگی هوا گرفته تا آلودگی خاک، باز هم شیمی نقش محوری دارد.

ولی نقش بزرگ‌تر شیمی، جایی است که به R&D<sup>1</sup> و فرمولاسیون مرتبط می‌شود؛ یعنی خلق محصولات جدید. متأسفانه نگاه صنعت ما سال‌ها این بوده که شیمیست فقط قرار است کار آزمایشگاهی انجام دهد، در حالی که اگر صنعت با فناوری‌های روز دنیا همگام شود، نقش شیمیست‌ها در توسعه محصولات نوآورانه بسیار پررنگ‌تر خواهد شد. ضعف ما این است که بسیاری از تکنولوژی‌های صنایع کشور مربوط به چهل-پنجاه سال پیش است و بخش‌های R&D چندان فعال نیستند.

خوشبختانه در سال‌های اخیر شرکت‌های دانش‌بنیان و پارک‌های علم و فناوری این خلا را تا حدی پر کرده‌اند و بسیاری از محصولاتی که پیش‌تر وارد می‌شد، امروز در داخل تولید می‌شود؛ این همان جایی است که شیمیست‌ها می‌توانند اثرگذار باشند.

**معمولاً گفته می‌شود همکاری دانشگاه و صنعت آن‌طور که باید شکل نمی‌گیرد. از نگاه شما موانع اصلی این همکاری چیست؟**

من همیشه می‌گویم اساتید و دانشجویان ما از نظر تئوری بسیار قوی‌اند؛ بارها دیده‌ام که اساتید ایرانی در خارج از کشور نه تنها کم نمی‌آورند، بلکه جلوتر هم هستند. اما مشکل اینجاست که ما در داخل کشور، به‌ویژه در دانشگاه‌ها، از لحاظ عملیاتی و نیازهای واقعی صنعت فاصله داریم. چرا؟ چون استاد باید تدریس کند، دانشجو تربیت کند، مقاله بدهد... و فرصت کافی برای کار صنعتی عمیق وجود ندارد. به همین دلیل شاید فقط ده تا بیست درصد اساتید توانایی و فرصت کار جدی صنعتی دارند. از طرف صنعت هم مشکل وجود دارد؛ بسیاری از مواد و تکنولوژی‌ها وارداتی هستند و صنایع انگیزه‌ای برای توسعه محصول یا مهندسی معکوس ندارند. در نتیجه دو طرف ضعف‌هایی دارند و این فاصله کم‌رنگ نمی‌شود.

**چه اقداماتی می‌تواند این فاصله را کمتر کند و همکاری واقعی‌تری بین دانشگاه و صنعت ایجاد شود؟**

اول اینکه باید بخشی از اساتید به‌صورت اختصاصی برای کار صنعتی جذب شوند؛ مأموریتشان باید همکاری با صنعت باشد و امکانات لازم برایشان فراهم شود. دوم اینکه صنعت باید مجبور شود بخشی از مواد اولیه‌ای که توان تولید داخلی دارد، وارد نکند. وقتی بداند اجازه واردات ندارد، مجبور می‌شود سراغ دانشگاه و بخش تحقیق و توسعه بیاید. اما یک مشکل بزرگ در ذهن ما وجود دارد: کوچک دیدن پروژه‌ها. چه در دانشگاه و چه در صنعت، اغلب کارهای پیچیده را ساده می‌گیریم. در حالی که

1. Research and development

توسعه یک داروی جدید مثلاً ده تا پانزده سال زمان و میلیاردها تومان هزینه می‌خواهد. ما این نگاه را نداریم و همین باعث شکست پروژه‌ها می‌شود. تا زمانی که این نگاه کوتاه‌مدت و ساده‌انگارانه تغییر نکند، حرکت از «جهان دوم» به «جهان اول» به معنای تولید فناوری‌های پیشرفته اتفاق نمی‌افتد.

بسیاری از دانشجویها دوست دارند وارد صنعت شوند، اما نمی‌دانند از کجا شروع کنند. به نظر شما روی چه مهارت‌هایی باید بیشتر تمرکز کنند؟

همیشه به دانشجویان لیسانس می‌گویم که ما هنوز در ساده‌ترین مهارت‌ها ضعف داریم. اولین مهارت اساسی برای هر شیمیست، مهارت کامپیوتری است. این خیلی ابتدایی به نظر می‌رسد اما حیاتی است: کار با ورد، اکسل، رسم نمودار، نوشتن گزارش، تایپ سریع و... اگر یک دانشجو همین مهارت‌ها را خوب بلد باشد، احتمال اینکه بعد از فارغ‌التحصیلی سریع وارد بازار کار شود بسیار بالاست.

ممنون از آقای دکتر بابت وقتی که در اختیار ما گذاشتند و توضیحات ارزشمندشان.

«امیدوارم همه دانشجویها در مسیر شغلی و تحصیلی‌شان موفق باشند. من هم امیدوارم این صحبت‌ها بتواند راهگشا باشد و انگیزه‌ای ایجاد کند تا دانشجویان با تلاش بیشتر به موفقیت‌های بزرگ برسند.»

## از آزمایشگاه تا خط تولید

موجودیتی دیگر است تا از آن در تولید کالا، ارائه خدمات یا خلق ارزش اقتصادی استفاده شود. این انتقال می‌تواند در داخل یک کشور یا فرامرزی، میان دانشگاه و صنعت یا بین شرکت‌ها، و به صورت افقی (انتقال در همان سطح بلوغ فناوری) یا عمودی (انتقال از مرحله تحقیق به توسعه و سپس به تولید و تجاری‌سازی) صورت پذیرد.

در ادبیات معاصر کارکرد اصلی انتقال فناوری، ایجاد ارزش افزوده از دانش تولیدشده در مراکز پژوهشی و انطباق آن با نیازها و تقاضاهای بازار و جامعه است. انتقال موفق فناوری علاوه بر انباشت دانش و تجربه، توان رقابت‌پذیری صنعتی و جایگاه کشورها و شرکت‌ها در زنجیره ارزش جهانی را تعیین می‌کند.

تبدیل ایده علمی به دستاورد صنعتی یا به تعبیر امروزی «ترجمان علم به ارزش اقتصادی» یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های نظام علمی و فناوری معاصر، به‌خصوص برای کشورهای در حال توسعه است. پژوهش‌های دانشگاهی همواره منبع الهام نوآوری‌ها بوده‌اند، اما تعداد معدودی از آنها سرانجام به محصولات تجاری بدل می‌شوند. سوال اساسی که دانشگاهیان با آن مواجه‌اند این است که چه عواملی سبب می‌شود پژوهشی از مرحله آزمایشگاه عبور کند و به خط تولید و بازار برسد؟

انتقال فناوری به معنای فرآیند انتقال نظام‌مند دانش، فناوری، مهارت، روش‌های تولید، نمونه محصولات یا فرایندهای فناورانه از یک فرد، گروه، دانشگاه یا سازمان به



فرآیند انتقال فناوری، یک چرخه چندمرحله‌ای شامل عناصر زیر است:

- خلق و توسعه دانش و فناوری (توسط پژوهشگران/ محققان دانشگاهی یا مراکز تحقیق و توسعه)
- ارزیابی و انتخاب فناوری قابل انتقال (بر اساس تقاضای بازار، بلوغ فناوری TRL، امکان‌سنجی فنی و اقتصادی)

- محافظت و ثبت دارایی فکری (ثبت پتنت، مالکیت فکری و انتقال حقوق مرتبط)
- همکاری و مذاکره با بخش تقاضا (صنعت/ سرمایه‌گذاران) (عقد قراردادهای انتقال، واگذاری امتیاز، انتقال نمونه اولیه)
- بومی‌سازی و انطباق فناوری (تطبیق با استانداردها، زیرساخت‌ها و الزامات صنعتی، تنظیمات مهندسی، مقیاس‌پذیری)
- تولید آزمایشی و پایلوت صنعتی
- ورود به خط تولید و بازار (تولید انبوه، بازاریابی و فروش، خدمات پس از فروش)
- بهبود مستمر، توسعه نسل‌های بعدی فناوری و گسترش بازار.

## مطالعات موردی : مسیر انتقال فناوری موفق از دانشگاه تا صنعت

در این بخش، شش پروژه منتخب - سه مورد ایرانی و سه مورد بین‌المللی - به طور مستند و تحلیلی بصورت جدول مقایسه‌ای پروژه‌ها آورده شده است.

| پروژه/ محصول                | خاستگاه دانشگاهی | نوع فناوری               | عوامل موفقیت کلیدی                             | موانع/ چالش‌ها                    | مرحله فعلی انتقال                 |
|-----------------------------|------------------|--------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| پپتید cLF36                 | تهران/ مشهد      | زیست‌فناوری-پپتید دارویی | همکاری میان‌رشته‌ای، ثبت اختراع، آزمایش بالینی | فرآیند تاییدیه و موانع صنعتی سازی | تولید نیمه‌صنعتی و ورود به بازار  |
| رنگ نانویی ضد امواج/ خوردگی | شریف             | فناوری نانو-مواد پیشرفته | آزمایش‌های جامع، قیمت رقابتی، حمایت دانش‌بنیان | تطبیق استانداردها، صادرات         | تولید صنعتی و صادرات              |
| بهینه‌سازی مصرف انرژی       | علم و صنعت       | انرژی/ مدیریت صنعتی      | پیوند سفارش‌محور با صنعت، آموزش نیروی بومی     | پراکندگی دانش، مقاومت به تغییر    | پیاده‌سازی در صنعت/ برون‌سپاری    |
| باتری حالت جامد             | MIT و جهانی      | مواد پیشرفته-انرژی       | همکاری دانشگاه-استارت‌آپ-خودروساز، VC          | هزینه تولید، شکاف فناوری-بازار    | پایلوت صنعتی و توسعه بازار        |
| هیدروژن سبز                 | استنفورد         | انرژی پاک-شیمی           | شبکه جهانی نوآوری، سرمایه هدفمند               | هزینه بالا، زیرساخت حمل و ذخیره   | پایلوت-تجاری سازی جهانی           |
| پره‌های توربین بادی         | کمبریج/ شریف     | انرژی‌های نو             | همکاری بین‌المللی، حمایت سیاست‌گذاران          | بازار، هزینه اولیه                | پایلوت عملیاتی و تجاری‌سازی محدود |

مقایسه مطالعات موردی نشان می‌دهد که عوامل کلیدی موفقیت شامل همکاری‌های بین‌رشته‌ای و بین‌المللی، مدیریت دارایی فکری، تسهیل سیاستی و حمایت مالی دولت و بخش خصوصی، مدل‌های انتقال منعطف و شفاف، و آموزش نیروی انسانی خبره است. در مقابل، موانعی همچون فرایند طولانی دریافت مجوز، ضعف زیرساخت، چالش‌های بازاریابی و تجاری‌سازی، و فاصله دانش تا بازار مشاهده می‌شود.

## گزارش بازدید علمی از کارخانه چرم شهریار تبریز

گروه شیمی کاربردی دانشکده شیمی دانشگاه تبریز با همکاری انجمن علمی دانشجویی شیمی صنعتی و حمایت گروه استعدادهای درخشان دانشگاه تبریز

تاریخ بازدید: ۱۴۰۴/۰۸/۲۰

مکان بازدید: کارخانه چرم شهریار تبریز

هدف بازدید: آشنایی با فرآیندهای شیمیایی در صنعت دباغی و تولید چرم از پوست گاوی

### مقدمه

صنعت چرم‌سازی یکی از قدیمی‌ترین و در عین حال پیچیده‌ترین صنایع وابسته به شیمی است که در آن با استفاده از ترکیبات شیمیایی و فرآیندهای فیزیکی، پوست خام حیوانات به ماده‌ای پایدار، انعطاف‌پذیر و مقاوم به نام چرم تبدیل می‌شود. هدف از این بازدید، آشنایی نزدیک با مراحل مختلف فرآیند دباغی و مواد شیمیایی مورد استفاده در کارخانه چرم شهریار تبریز بود.

### معرفی کارخانه چرم شهریار تبریز

کارخانه چرم شهریار تبریز یکی از واحدهای بزرگ تولید چرم در شمال‌غرب کشور است که بیش از ۴۰ سال سابقه فعالیت دارد. این کارخانه در منطقه صنعتی غرب تبریز واقع شده و دارای بخش‌های مختلفی از جمله: سالن پذیرش و آماده‌سازی پوست خام، بخش آهک‌زنی و موگیری، بخش دباغی با کروم، بخش رنگ‌رزی و نرم‌سازی و سالن خشک‌کنی و پرداخت نهایی چرم است. در این کارخانه عمدتاً پوست گاوی به‌عنوان ماده اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرد که پس از طی مراحل شیمیایی، به چرم طبیعی مورد مصرف در کفش، کیف، و مبلمان تبدیل می‌شود.

## مراحل چرم سازی در کارخانه چرم شهریار تبریز (از صفر تا صد)

پوست گاوی پس از کشتار در سردخانه نگهداری می شود و با استفاده از نمک طعام ( $\text{NaCl}$ ) عمل نمک سود

کردن برای جلوگیری از فساد انجام می گیرد. پوست ها به صورت تاخورده و نمک زده تا زمان

انتقال به کارخانه نگهداری می شوند



در این مرحله پوست ها در بالابان ها (درام های) حاوی آب، مواد

مرطوب کننده و گاهی کمی مواد ضدباکتری قرار می گیرند تا

نمک و آلودگی های سطحی شسته شوند و پوست نرم شود.

دمای آب معمولاً بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد است و

این فرایند چند ساعت طول می کشد

در این مرحله پوست ها وارد درام های مخصوصی می شوند که

حاوی آهک  $\text{Ca(OH)}_2$  و سولفید سدیم  $\text{Na}_2\text{S}$  هستند. این

مرحله باعث می شود موها و چربی های سطح پوست حل شوند،

پیوند های بین فیبری پاره شوند و پوست برای نفوذ مواد دباغی آماده

شود. پس از چند ساعت، پوست ها کاملاً پف کرده و موهای آن ها از بین

می رود. سپس در وان هایی حاوی محلول سولفات آمونیوم  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

یا اسید لاکتیک شست و شو داده می شوند تا آهک اضافی خارج و pH پوست

به حدود ۸-۹ برسد

در مرحله آنزیم دهی از آنزیم های پروتئولیتیک (مانند پانکراتین یا تریپسین) استفاده می شود تا

پروتئین های اضافی و مواد غیرکلاژنی حذف شوند. هدف، نرم تر شدن و یکنواخت شدن ساختار پوست است. سپس پوست ها

در محلول اسیدی حاوی اسید سولفوریک ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) و نمک طعام قرار داده می شوند تا pH به حدود ۳ کاهش یابد. پیکل کردن

باعث جلوگیری از انقباض فیبرها در هنگام دباغی با کروم می شود

با اعمال پوشش‌ها، پرداخت‌های مکانیکی و ایجاد جلوه‌های سطحی، چرم به ظرافتی می‌رسد که هم چشم‌نواز است و هم در برابر عوامل بیرونی مقاوم‌تر می‌شود. پرداخت نهایی، ترکیبی است از دقت فنی و ظرافت هنری؛ زیرا هر سطح‌پردازی، هر میزان درخشش یا مات‌بودن، و هر بافتی که بر روی چرم نقش می‌بندد، بازتابی از مهارت صنعتگر و هدف کاربردی محصول است

در این فرآیند، تنظیم دما، رطوبت و جریان هوا نقشی بنیادین دارد؛ چرا که هرگونه شتاب‌زدگی یا خشکی بیش‌ازحد می‌تواند لطافت، کشسانی و درخشندگی حاصل از عملیات پیشین را مخدوش سازد. خشک کردن نه صرفاً یک مرحله فنی، بلکه فرآیندی هنرمندانه است که کیفیت نهایی چرم را رقم زده و آن را برای مراحل تکمیلی آماده می‌سازد

چرم در برخوردی سنجیده با رنگینه‌ها و روغن‌ها، هم زیبایی بصری را برمی‌انگیزد و هم دوام و کارایی آن را تضمین می‌کند. دقت انتخاب مواد، زمان‌بندی مناسب، و کنترل شرایط فرایند، چنان نقشی کلیدی دارند که کوچکترین غفلت می‌تواند هارمونی رنگ و نرمی چرم را برهم زند

اصلی‌ترین مرحله‌ی شیمیایی در تولید چرم است. در کارخانه چرم شهریار، روش متداول دباغی با کروم (Chrome Tanning) در این روش از سولفات کروم سه ظرفیتی  $(Cr_2(SO_4)_3)$  در بشکه‌های گردان استفاده می‌شود. یون‌های  $Cr^{3+}$  به گروه‌های کربوکسیلات پروتئین‌های کلاژن متصل شده و ساختار پوست را پایدار و چرمی با رنگ مایل به آبی (Wet Blue) تولید می‌شود که در برابر گرما، رطوبت و میکروب‌ها مقاوم است



\* با وجود مزایای صنعتی، روش دباغی کرومی مشکلات مهمی دارد:

- پساب‌های کارخانه حاوی یون‌های سمی کروم (به‌ویژه  $\text{Cr}^{3+}$  و گاهی  $\text{Cr}^{6+}$ ) هستند.
- این پساب‌ها موجب آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و آسیب به موجودات زنده آبی می‌شوند.
- لجن‌های حاصل از تصفیه اولیه به دلیل دارا بودن فلزات سنگین قابل بازیافت نیستند.
- تماس طولانی با کروم ممکن است برای کارگران باعث درماتیت یا حساسیت پوستی شود.

\* روش‌های نوین و دوستدار محیط‌زیست (گیاهی):

در کشورهای اروپایی و آمریکا، به‌ویژه در ایتالیا، آلمان و ایالات متحده، روش‌های جدیدتری با عنوان دباغی گیاهی جایگزین شده‌اند. استفاده از تانن‌های طبیعی استخراج‌شده از منابع گیاهی مانند بلوط، انار، شاه‌بلوط و سماق، باعث حذف کامل فلزات سنگین و تولید چرم‌هایی با کیفیت مناسب و ضرر بسیار کمتر برای محیط‌زیست می‌شود. اگرچه فرآیند گیاهی کندتر است (چند هفته تا چند ماه)، اما سازگاری آن با اصول شیمی سبز، کاهش آلودگی آب و افزایش سلامت محیط کار، آن را گزینه‌ای مطلوب برای توسعه پایدار در صنعت چرم‌سازی آینده می‌سازد.

بازدید از کارخانه چرم شهریار تبریز تجربه‌ای ارزشمند بود که درک ما از نقش علم شیمی در صنایع کاربردی را افزایش داد. مشاهده مستقیم مراحل مختلف آماده‌سازی پوست، آهک‌زنی، دباغی کرومی، رنگ‌رزی و پرداخت نهایی نشان داد که صنعت چرم‌سازی یک فرایند چندمرحله‌ای پیچیده و کاملاً وابسته به واکنش‌های شیمیایی و کنترل دقیق شرایط عملیاتی است.



## شیمی سبز؛ صنعت پایدار آینده:

زندگی ماشینی، همانقدر که زندگی ما را تغییر داده، صنایع شیمیایی را نیز متحول کرده است. با این حال به علت آلودگی و آسیب هایی که به محیط زیست می رساند، به نظر میرسد بیشتر زیان ده است. یکی از دغدغه های امروز چگونگی کاهش تاثیر این صنایع را روی گرمایش زمین و تغییر اقلیم و استفاده از مواد شیمیایی و فرایندهای ایمن تر است.

"رسیدن به نیاز امروز بدون مختل کردن آیندگان برای رسیدن به نیاز خود" ایده اولیه ای بود که شیمی سبز را پایه گذاری کرد. بعد ها، دوازده اصل برای کمی سازی بیشتر شیمی سبز معرفی شد: جلوگیری از تولید پسماند، کارایی اتمی، سنتز ایمن تر، طراحی مواد شیمیایی ایمن تر، حلال ها و مواد کمکی ایمن تر، طراحی برای بهره وری انرژی، استفاده از مواد اولیه تجدیدپذیر، کاهش محصولات جانبی، استفاده از کاتالیزور، طراحی برای تجزیه پذیری، آنالیز لحظه ای برای ممانعت از آلودگی و شیمی به طور فطری ایمن برای پیشگیری از حوادث. شیمی سبز در همه قسمت های چرخه عمر محصول از طراحی و تولید تا مصرف و دفع آن به کار می رود. در ادامه به چند نمونه صنعتی که در استفاده از شیمی سبز موفق عمل کردند، پرداخته می شود.

متیل متاکریلات مونومری با گروه عاملی استری ست که برای ساخت پلیمر هایی مانند پرسپکس ، پلکسی گلاس و اکریلیک گلاس استفاده می شود و در نانو کامپوزیت های پلاستیکی، چراغ خودرو، لنز های چشمی، وان حمام و کفپوش ها و طلق های نوری و شیشه های ضد خش به کار میرود. پیش بینی شده که تولید این مواد تا پایان سال ۲۰۲۵ به ۴,۴۵ میلیون تن برسد. این ماده در دهه ۱۹۳۰ از استون سیانوهیدرین با سولفوریک اسید و متانول سنتز میشد. این روش به علت استفاده از مواد اولیه خطرناک ناکارآمد محسوب میشد. روش های دیگری برای تولید سیانوهیدرین پیشنهاد شد که با کاهش انعطاف پذیری محل احداث کارخانه و ملاحظات ظرفیت تولید، بازهم ناکارآمد بود. برای رفع این موارد، شرکت میتسوبیشی فرآیندی به نام MGC مبتنی بر واکنش با متیل فرمات داد که هزینه بر و چند مرحله ای بود و عملا بازده کمی داشت و محصول جانبی آن فرم آمید بود که در مراحل بعدی به سیانیک اسید تبدیل میشد. هر دوی این ترکیبات، به شدت خطرناک، خورنده و سمی هستند و با دقت خاصی باید کنترل شوند.

شرکت Lucite International فرآیند جدیدی پیشنهاد داد که هزینه تولید را تا ۴۰٪ کاهش میدهد ، در شرایط ملایم بدون مواد سمی و آلاینده خطرناک و با استفاده از مواد اولیه ارزان و در دسترسی مانند اتیلن، متانول و کربن مونوکسید انجام میشود. این واکنش تقریبا هیچ محصول جانبی ای ندارد و گزینش پذیری آن ۹۰٪ گزارش شده است.



با اینکه ویتامین سی تقریباً در همه میوه ها وجود دارد، در صنعت از این منابع استفاده نمی شود؛ بلکه طی چندین مرحله واکنش با حضور کاتالیزور هایی مانند هیدروژن، هیدروکلریک اسید، سولفوریک اسید، پتاسیم پرمنگنات، متانول، D-glucose را به keto-gluconic acid و سپس محصول نهایی که L-ascorbic acid است تبدیل میکنند. مراحل مختلف واکنش، دو واکنش آنزیمی برای بهینه سازی فرآیند معرفی شد؛ یکی باکتری ای که باعث اکسایش ماده اولیه و تبدیل آن از فرم D به فرم L میشد. واکنشی که تا آن زمان در شرایط آزمایشگاهی بسیار سخت به حساب می آمد و دیگری استفاده از نوعی لاکتوز که از متانول و شرایط اسیدی شدید بی نیاز می سازد. در جدید ترین پیشرفت، یک روش تک مرحله ای سنتز کشف شد که در دمای اتاق با ۴ - ۶,۵ pH و بازده ۵۰٪ sorbitol را به sorbose تبدیل میکند و محصولات جانبی آن بازیافت میشود.

عناصر نادر زمین شامل ۱۵ عنصر لانتانیدها، اسکاندیم و ایتیریم نقش اساسی در تکنولوژی هایی مانند حافظه کامپیوتر، باتری های قابل شارژ، ابر آهنرهای، مواد نیمه هادی، سنسورها، مبدل های کاتالیزوری خودرو، ابرساناها، مواد فلورسنت صفحات خورشیدی، تصویربرداری MRI و صنایع دفاعی دارند. اما توزیع آن در سطح زمین نامتوازن است و به علت وجود مقادیر غلظت کم، هزینه بالای جداسازی و تخلیص می طلبد و فرآیند پیچیده ای دارد. با رشد فزاینده فناوری های انرژی، تقاضا برای عناصر نادر به طور چشمگیری افزایش می یابد. پیش بینی شده در

سناریوی خوشبینانه، آمریکا حدود ۵۰۰ میلیارد دلار سرمایه گذاری جدید برای تامین این عناصر تا سال ۲۰۴۰ نیاز خواهد داشت؛ در حالی که بازیافت تا سال ۲۰۴۰ نیاز به استخراج را تا ۵-۳۰٪ و نیاز به توسعه معادن را ۱۵-۳۵٪ کم میکند، راهکاری برای افزایش امنیت تامین است و کسری عرضه برخی از عناصر مانند لیتیم و مس را جبران می کند. همچنین مواد بازیافتی می تواند اثرات زیست محیطی استخراج را کمتر کرده و میزان تولید گازهای گلخانه ای را تقریباً ۸۰٪ کمتر کند. روش هایی که برای بازیافت این عناصر به کار میرود عبارتست از روش های پیرو متالورژیکی که در دمای بالا (۸۰۰-۱۵۰۰) جداسازی رخ میدهد و فرآیندی سریع، صنعتی و مناسب برای حجم زیاد است. در روش هیدرومتالورژیکی از لیچینگ، جداسازی انتخابی با استخراج حلالی، تبادل یونی، جذب سطحی با کربن و حلال های سبز استفاده می شود.

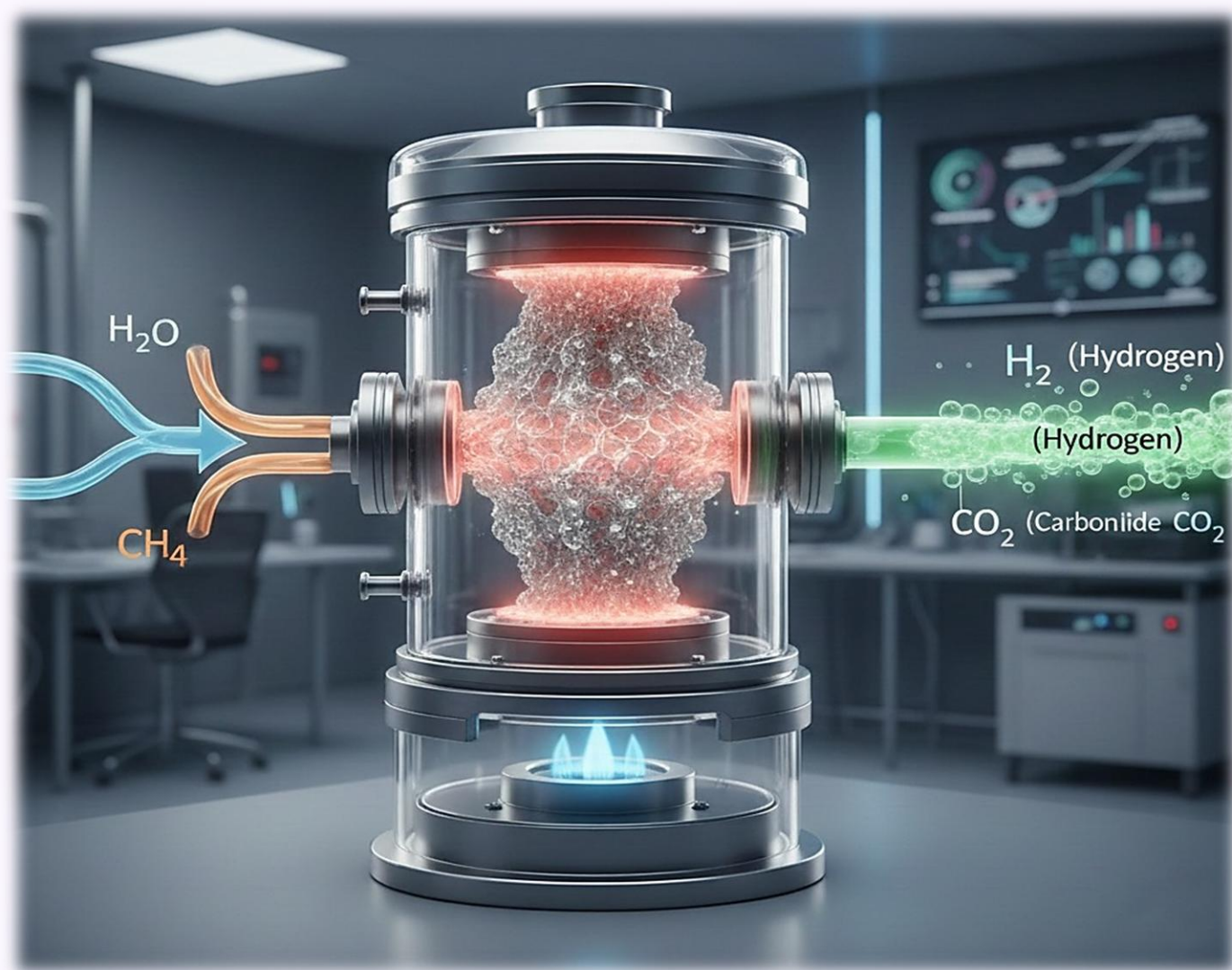
روش های جدیدی که برای بازیافت این فلزات پیشنهاد شده، شامل روش های ترکیبی با استفاده از مواد زیستی است. یکی از آنها، بیولیچینگ با کانی باستانزیت است که از نوعی باکتری بهره برده شده است. این پژوهش، به نگرانی ها درباره زباله های زیست محیطی پاسخ می دهد. در پژوهشی که اخیراً منتشر شد، محققان توانستند ژنوم باکتری ها را طوری تغییر دهند که بیولیچینگ را تا ۷۳٪ افزایش دهد. به طوری که ادعا میکنند میتوان در آینده این باکتری ها را با توجه به هدفی که دارند تغییر دهند.

## کاتالیزورها؛ قهرمانان خاموش صنعت:

در صنایع شیمیایی و پتروشیمی، استفاده از کاتالیست‌ها نقش کلیدی در افزایش بهره‌وری، کاهش مصرف انرژی و بهبود کیفیت محصولات دارد. کاربرد صنعتی کاتالیست‌ها در فرآیندهای مهم تولیدی عبارت است از:

### ۱. تولید هیدروژن از ریفرمینگ بخار متان با کاتالیست نیکل

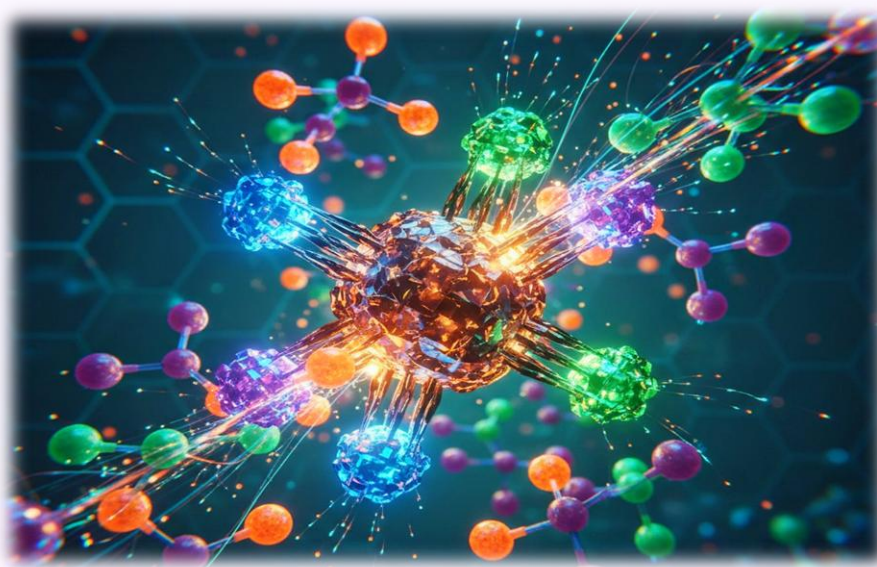
فرآیند ریفرمینگ بخار متان یکی از اصلی‌ترین روش‌های تولید هیدروژن در صنعت است که در واحدهای آمونیاک، متانول و پالایشگاه‌ها کاربرد دارد. در این فرآیند، متان با بخار آب در حضور کاتالیست نیکل بر پایه آلومینا در دمای بالا واکنش می‌دهد. در دماهای متوسط (۲۵۰-۶۵۰ درجه سانتیگراد)، تبدیل متان تا ۹۹٪ و خلوص هیدروژن تا ۸۰٪ قابل دستیابی است. افزایش نسبت بخار به متان باعث افزایش بازده و کاهش تولید CO می‌شود. چالش اصلی در دماهای متوسط، اکسید شدن نیکل و غیرفعال شدن کاتالیست است.



کاربرد صنعتی: تولید هیدروژن با بهینه‌سازی دما و نسبت بخار برای کاهش هزینه و افزایش ایمنی در واحدهای پتروشیمی

## ۲. نقش کاتالیتیکی DNA در واکنش‌های انتقال الکترون

در صنایع زیست‌فناوری و داروسازی، DNA می‌تواند به عنوان یک کاتالیست زیستی در واکنش‌های انتقال الکترون عمل کند. این واکنش برای سنجش پراکسیدها و رادیکال‌های آزاد کاربرد دارد. فلزات سنگین مانند نیکل و سرب با جذب الکترون، این واکنش را مهار کرده و ممکن است در سمیت سلولی نقش داشته باشند.

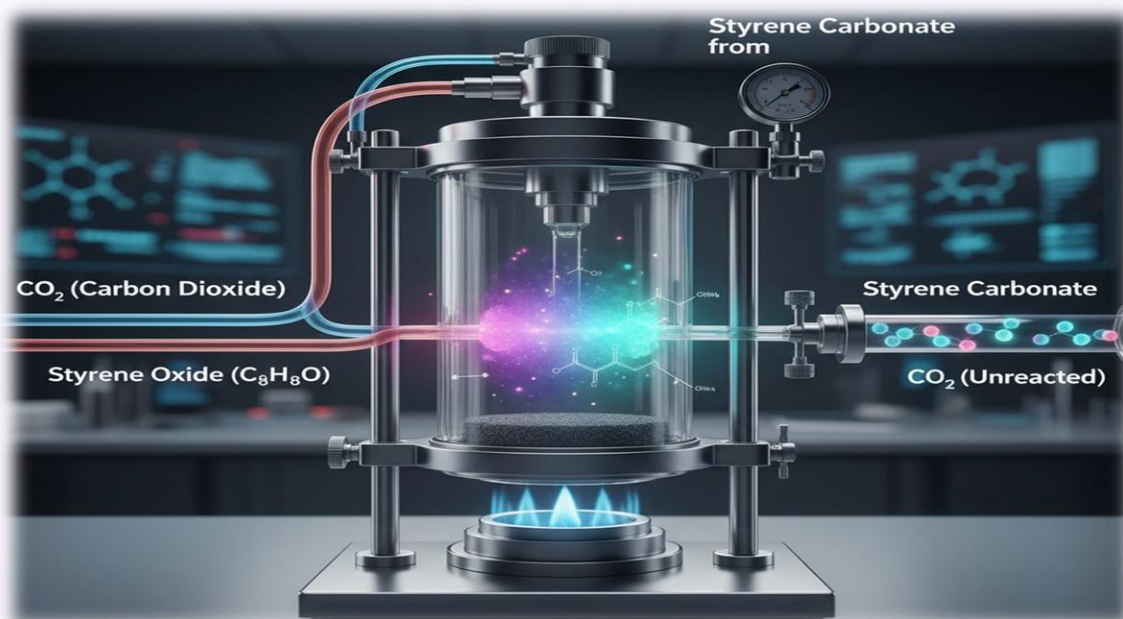


کاربرد صنعتی: طراحی سنسورهای زیستی برای پایش فلزات سنگین در صنایع دارویی، غذایی و محیط‌زیست

## ۳. تولید استایرن کربنات از دی‌اکسید کربن و استایرن اکسید

استایرن کربنات ماده‌ای با کاربرد در تولید پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر و حلال‌های سبز است. با استفاده از کاتالیست‌های فلزی استیل‌استونات و نوکلئوفیل‌های آلی، می‌توان این واکنش را در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد و فشار ۸۰ اتمسفر با بازده تا ۹۲٪

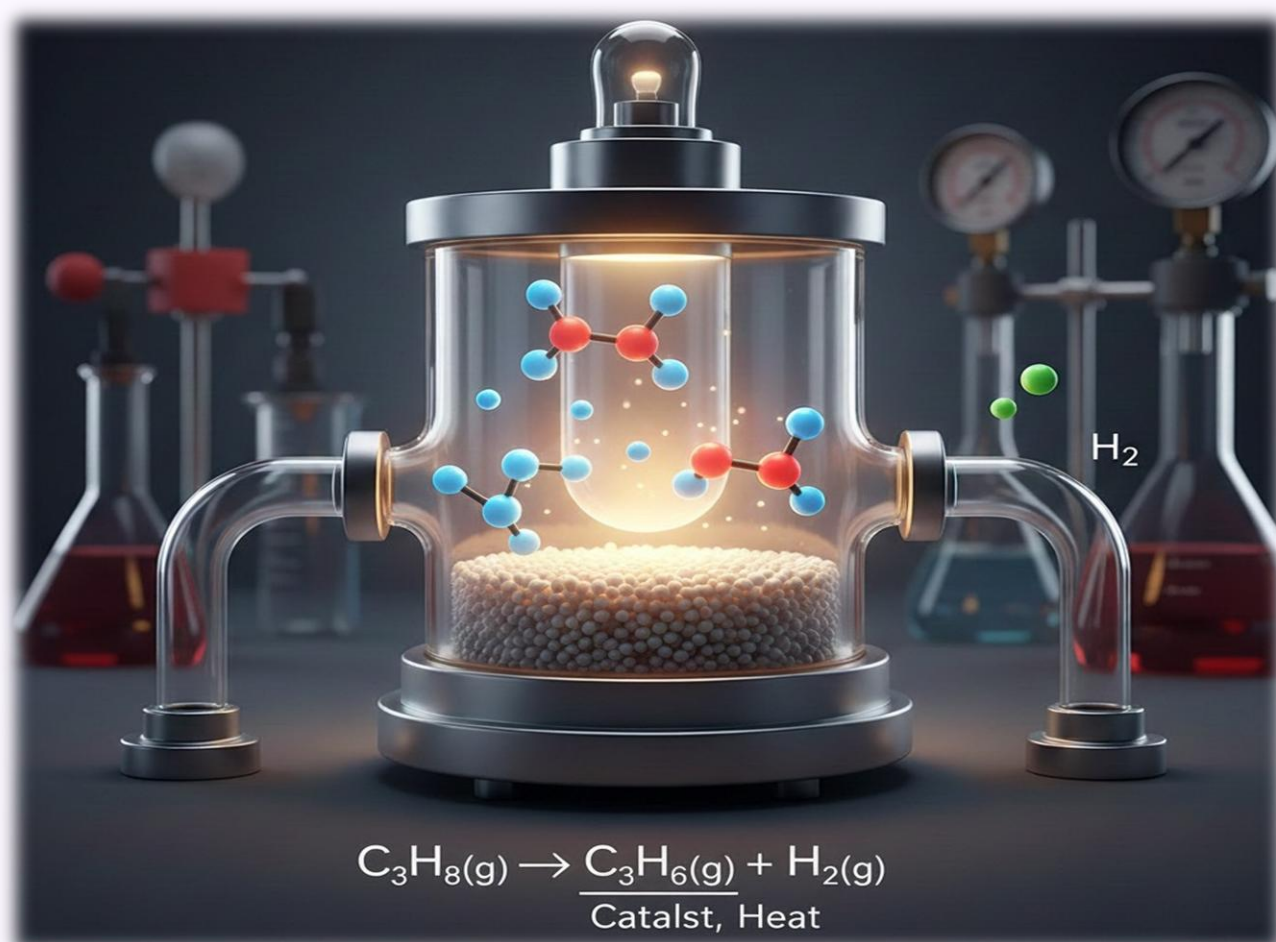
انجام داد.



کاربرد صنعتی: استفاده از CO<sub>2</sub> به عنوان خوراک ارزان برای تولید کربنات‌های حلقوی در صنایع پلیمر و شیمی سبز

#### ۴. هیدروژن زدایی پروپان برای تولید پروپیلن

پروپیلن یکی از مهم‌ترین مواد اولیه در تولید پلی‌پروپیلن، رنگ‌ها و حلال‌هاست. فرآیند PDH با استفاده از کاتالیست‌های Pt-Sn و CrOx جایگزین مناسبی برای کراکینگ بخار است. فناوری‌های Oleflex و Catofin از کاتالیست‌های پایدار در بسترهای متحرک یا ثابت استفاده می‌کنند. چالش‌های اصلی شامل مصرف انرژی بالا، تشکیل دوده و محدودیت‌های ترمودینامیکی هستند.



کاربرد صنعتی: تولید پروپیلن با خلوص بالا در واحدهای PDH با انتخاب فناوری مناسب و کاتالیست‌های پایدار برای کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری

## ردپای شیمی در زندگی، زیبایی و تغذیه:

شیمی به عنوان علمی بنیادین، نقش مهمی در توسعه فناوری‌های نوین مرتبط با سلامت، زیبایی و تغذیه ایفا می‌کند. شیمی نه تنها در آزمایشگاه‌ها، بلکه در زندگی روزمره انسان حضوری پررنگ دارد. از ترکیبات موجود در مواد غذایی گرفته تا فرمولاسیون محصولات آرایشی، ردپای شیمی در بهبود کیفیت زندگی انسان مشهود است. با پیشرفت‌های اخیر در نانوفناوری و زیست‌فناوری، کاربردهای شیمی در حوزه‌های سلامت، زیبایی و تغذیه گسترش یافته‌اند. در این قسمت با رویکردی میان‌رشته‌ای، به بررسی سه حوزه کلیدی می‌پردازیم: غذاهای عملکردی، نانوفناوری در محصولات آرایشی-بهداشتی، و سورفکتانت‌های زیستی. هدف، تحلیل علمی کاربردهای این فناوری‌ها و تأثیر آن‌ها بر زندگی روزمره انسان است.

### • غذاهای عملکردی: تغذیه‌ای فراتر از سیر شدن

غذاهای عملکردی محصولاتی هستند که علاوه بر تأمین انرژی، نقش پیشگیرانه یا درمانی در سلامت انسان ایفا می‌کنند. این غذاها با ترکیباتی مانند فیبر، پروبیوتیک، آنتی‌اکسیدان‌ها و ویتامین‌ها غنی می‌شوند و می‌توانند در کاهش خطر بیماری‌های مزمن مؤثر باشند. پذیرش این نوع غذاها از سوی مصرف‌کنندگان به عواملی مانند طعم، قیمت، اطلاعات سلامت، سن و سبک زندگی بستگی دارد. مطالعات نشان داده‌اند که مردم تمایل بیشتری به محصولاتی دارند که در حامل‌های سالم مانند ماست یا غلات عرضه شوند و از ترکیبات طبیعی بهره ببرند.



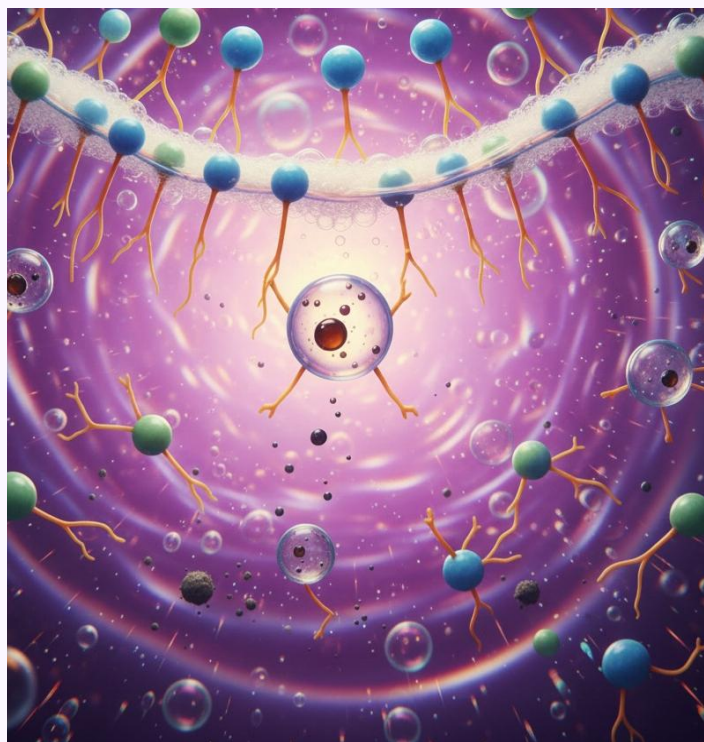
## • نانوفناوری در محصولات آرایشی-بهداشتی



با افزایش تقاضا برای محصولات ضدپیری و مراقبت از پوست، نانوفناوری به عنوان ابزاری نوین وارد صنعت آرایشی شده است. نانوحامل‌های لیپیدی مانند لیپوزوم‌ها، نانوذرات جامد لیپیدی و اتوزوم‌ها، توانایی نفوذ ترکیبات فعال به لایه‌های عمقی پوست را افزایش داده و اثربخشی محصولات را ارتقاء می‌دهند. این حامل‌ها باعث رهاسازی کنترل‌شده، افزایش پایداری، کاهش تحریکات پوستی و افزایش سازگاری زیستی مواد مؤثره می‌شوند. مطالعات بالینی نشان داده‌اند که کرم‌های حاوی نانوذرات لیپیدی با ترکیباتی مانند رسوراترول.

## • سورفکتانت‌های زیستی: جایگزین‌های سبز برای ترکیبات شیمیایی

سورفکتانت‌های زیستی ترکیباتی دوگانه‌دوست هستند که از میکروارگانیسم‌ها، گیاهان یا حیوانات تولید می‌شوند. این ترکیبات با کاهش کشش سطحی، امولسیون‌سازی و تحمل شرایط محیطی، در صنایع مختلف کاربرد دارند. نسبت به سورفکتانت‌های شیمیایی، زیست‌تخریب‌پذیرتر، کم‌سم‌تر و پایدارتر هستند. انواعی مانند رامنولیپیدها، سورفکتین و امولسان در صنایع نفت، دارو، آرایشی، شوینده و کشاورزی به کار می‌روند. با وجود چالش‌هایی مانند هزینه تولید بالا، استفاده از بسترهای ارزان مانند ملاس و روغن‌های گیاهی می‌تواند به تولید صنعتی مقرون به صرفه کمک کند.



## بازتعریف بازارهای شیمیایی جهان: اثر مازاد چین، تجارت غیردلاری و جهش فناوری‌های سبز

در ماه اول از سه‌ماهه نهایی سال ۲۰۲۵، صنعت همچنان با ظرفیت مازاد، تغییرات ژئوپلیتیک، و فشار قوی به سمت پایداری دست و پنجه نرم می‌کند. در این ماه، ما شاهد پیشرفت‌های قابل توجهی بوده‌ایم که این موضوعات را برجسته می‌کنند، از معاملات ادغام و تملک با ارزش بالا گرفته تا تعطیلی کارخانه‌ها که چالش‌های ساختاری اروپا در هفته‌های اول اکتبر ظرفیت مازاد به‌ویژه در آسیا، جایی که مازاد ۹۳ درصدی چین در محصولاتی مانند اپی کلروهیدرین در حال بازشکل‌دهی جریان‌های تجارت جهانی است، همچنان یک مسئله غالب باقی مانده است که این موضوع بر مواد شیمیایی مانند اپی کلروهیدرین، پلی‌آمیدها (PA66)، و اتیلن اثر می‌گذارد و منجر به خروج شرکت‌های غربی از بخش‌های غیر سودآور می‌شود.

تصمیم چین برای کاهش محدودیت‌های صادرات عناصر نادر خاکی برخی نگرانی‌های زنجیره تأمین را کاهش داده و به‌طور غیرمستقیم به مواد زیستی و واسطه‌های پلی‌استری مورد استفاده در الکترونیک و باتری خودروهای برقی سود می‌رساند. در همین حال، تغییر روسیه و ایران به سمت ۸۰ درصد تجارت غیر دلاری، از جمله محصولات شیمیایی، نشان‌دهنده استقلال فزاینده از ارزهای سنتی در میان تحریم‌های جاری است.

در سطح جهانی، انرژی‌های تجدیدپذیر از زغال‌سنگ در تولید انرژی پیشی گرفته‌اند، که از تغییر دور شدن از خوراک‌های مبتنی بر فسفیل به سمت جایگزین‌های زیستی مانند PLA/PHA و اسیدهای چرب حمایت می‌کند.



در یک مطالعه جدید، شیمیدان‌ها چارچوب جدیدی برای تعیین میزان چسبندگی منوکسید کربن به سطح کاتالیزگر در فرآیند تبدیل دی‌اکسید کربن توسعه داده‌اند. این چسبندگی که به آن انرژی جذب منوکسید کربن (CO) گفته می‌شود، ویژگی است که می‌تواند غالباً محصول نهایی یک واکنش شیمیایی را تعیین کند. با استفاده از یک تکنیک الکتروشیمی پیشرفته و در دسترس، محققان دریافته‌اند که قدرت این انرژی اساساً به یک ترکیب از عوامل واکنش، از جمله نوع ماده کاتالیزگر، ولتاژ اعمال شده و ساختار سطح بستگی دارد.

این یک گام بزرگ برای این حوزه است، زیرا درک بهتر از نحوه عملکرد جذب CO در زمان واقعی می‌تواند به دانشمندان کمک کند تا روش‌های نوآورانه‌ای برای بازیافت دی‌اکسید کربن، که معکوس فرآیند تولید سوخت‌های مفید مانند متانول و اتانول است، پیدا کنند. با طراحی کاتالیزگرهای بهتر، این بینش‌های جدید می‌تواند برای تسریع توسعه فناوری‌های پاک‌تر که از آینده‌ای پایدارتر حمایت می‌کنند، استفاده شود که این مطالعه اخیراً در مجله Nature Catalysis منتشر شده است.

تا به حال، محققان فاقد روش آزمایشی برای اندازه‌گیری قدرت پیوند منوکسید کربن تحت شرایط واقعی واکنش بودند، اما با روش مطالعه فعلی، تیم موفق شد نظریه‌های خود را با مشاهده نحوه تعامل منوکسید کربن با مواد مختلفی مانند طلا و مس تأیید کند که این بینش‌ها می‌توانند به طراحی کاتالیزگرهای کارآمدتر برای تبدیل کربن کمک کنند.

محققان دریافته‌اند که اگرچه منوکسید کربن می‌تواند با طلا و مس با قدرت‌های مشابه پیوند برقرار کند، اما تنها مس قادر است محصولات چندکربنی از CO<sub>2</sub> تولید کند. این نتایج غیرمنتظره نشان می‌دهد که فرآیند جذب CO واقعاً پیچیده‌تر از آن است که محققان قبلاً تصور می‌کردند.

در حالی که شیمیدان‌ها معمولاً از الکتروشیمی برای تولید و ذخیره انرژی لازم استفاده می‌کنند، اما اکنون این تیم می‌تواند با ساده‌سازی فرآیند با استفاده از چارچوب جدید، انجام واکنش‌های شیمیایی را راحت‌تر کرده و نیازهای انرژی یک واکنش شیمیایی بالقوه را تسهیل کند. که این یک گام اساسی در طراحی سوخت‌های بهتر و پایدارتر است، به‌ویژه که این روش به اندازه‌ای ساده است که نیازی به تجهیزات گران‌قیمت ندارد و می‌توان آن را به راحتی برای سایر انواع کاتالیزورها تطبیق داد. محققان اشاره کردند که در حالی که روش آنها محدودیت‌هایی دارد، گام‌های بعدی شامل برنامه‌هایی برای پالایش بیشتر مدل و روش‌های آنها است تا بینش‌های دقیق‌تری در دنیای شیمی به‌دست آورند.

## آینده‌ی شیمی صنعتی؛ هوش مصنوعی و انرژی پاک:

### هوش مصنوعی چگونه بر تولید مواد شیمیایی تاثیر می‌گذارد؟

رباتیک پیشرفته، مهندسی ژنتیک، هوش مصنوعی و سایر فناوری‌های پیشرفته که با سرعت در حال پیشرفت هستند، اکنون در انقلاب صنعتی چهارم هستیم. ما شاهد تغییرات اساسی در نحوه کار خود هستیم که بارزترین آن‌ها در تولید است. نمونه‌ای از این تولید مواد شیمیایی است و هوش مصنوعی می‌تواند فرآیندهای تولید مواد شیمیایی را کارآمدتر و مقرون به صرفه‌تر کند. قابلیت یادگیری ماشین این امکان را برای تولیدکنندگان فراهم می‌کند که به دقت بیشتری دست یافته و به دنبال گزینه‌های سبزتر، مانند کاهش ردپای کربن خود کمک کند.

### کاربرد هوش مصنوعی در شیمی:

شیمی به دقت بالایی نیاز دارد و این حوزه‌ای است که هوش مصنوعی در آن برتری دارد. از شیمی دانان حرفه‌ای گرفته تا دانشجویان شیمی سنتز، تجزیه و تحلیل مواد، بخش اصلی شیمی است. با این حال سازگاری و قابلیت اطمینان نتایج شما متفاوت است-و زمانی که به آن در مقیاس صنعتی نگاه می‌کنید- پیچیدگی بیشتری پیدا می‌کند. هوش مصنوعی می‌تواند سازگاری و قابلیت اطمینان نتایج را با خودکارسازی جنبه‌های مختلف تولید مواد شیمیایی و در عین حال سازگاری با موقعیت‌های جدید و پیشبینی مشکلات، به‌طور قابل توجهی بهبود بخشد.

اما ادغام هوش مصنوعی فقط مربوط به اتوماسیون و پیش برنامه‌ریزی جنبه‌های مختلف تولید مواد شیمیایی نیست. کل فرایند را می‌توان به‌طور مداوم از طریق یادگیری ماشین بهبود بخشید. هوش مصنوعی می‌تواند به‌طور مداوم براساس حجم عظیمی از داده‌هایی که می‌تواند در طول فرایند تولید جمع‌آوری شود، سازگار گردد. به عنوان مثال در فرایند‌های ساده مانند مخلوط کردن محلول‌ها یک سیستم هوش مصنوعی می‌تواند به‌طور مداوم غلظت‌ها را کنترل کند ناخالصی‌ها و نسبت‌ها را تشخیص دهد و تنظیمات دقیقی را بر اساس استاندارد‌های از پیش تعیین شده انجام دهد. یک محصول جانبی مفید این است که بهره‌وری مواد و انرژی نیز به‌طور قابل توجهی بهبود میابد.



## کاربرد های فعلی هوش مصنوعی در تولید مواد شیمیایی

چهار حوزه کلیدی در بخش تولید مواد شیمیایی وجود دارد که در حال حاضر هوش مصنوعی در آن پیاده سازی میشود عبارتند از: تحقیق و توسعه ، تولید محصولات ، پیش بینی و برنامه ریزی برای حوادث غیر مترقبه ، مدیریت / ارزیابی ریسک ها

### تحقیق و توسعه

هوش مصنوعی میتواند به طور قابل توجهی در کشف ترکیبات جدید، ساختار های مولکولی احتمالی مجتمع ها و مخلوط ها کمک کند. این به ویژه در مورد جنبه ی دارویی تولید مواد شیمیایی صادق است. به طور فرصی باید میلیارد ها جایگشت احتمالی و ترکیب از مواد شیمیایی وجود داشته باشد. هوش مصنوعی میتواند با حجم زیادی از اطلاعات تغذیه شود و میتواند میلیون ها تنوع احتمالی ارائه دهد.

### تولید محصولات شیمیایی

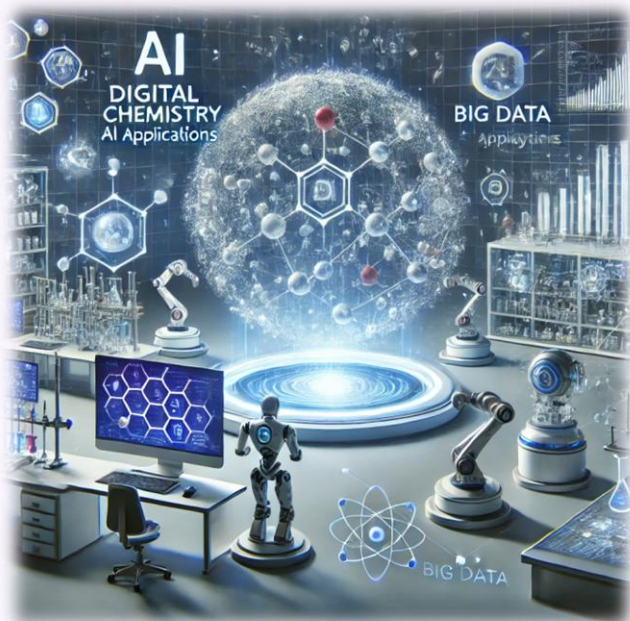
این کافی نیست که صرفا تولید را بر اساس دستورات از پیش برنامه ریزی شده جلو ببریم؛ فرایند ها باید قابلیت بهبود داشته باشند. ادغام هوش مصنوعی میتواند حجم زیادی از داده ها را در آن واحد جمع آوری و تجزیه و تحلیل کند.

### پیش بینی و برنامه ریزی برای حوادث غیر مترقبه

یکی از مهم ترین کاربردهای هوش مصنوعی است، زیرا این صنعت با مواد حساس، فرآیندهای پیچیده و ریسک های ایمنی بالا سروکار دارد. با استفاده از الگوریتم های یادگیری ماشین و تحلیل داده های بلادرنگ، هوش مصنوعی میتواند الگوهای غیرعادی در فشار، دما، ارتعاشات تجهیزات یا کیفیت خوراک را شناسایی کرده و وقوع حوادثی مانند نشت مواد شیمیایی، خرابی تجهیزات، انفجار یا توقف ناگهانی تولید را پیش از وقوع پیش بینی کند. هوش مصنوعی همچنین سناریوهای مختلف اضطراری را شبیه سازی کرده و به مدیران کمک می کند تا برنامه های واکنش سریع، مدیریت بحران و زمان بازیابی بهینه تری طراحی کنند. نتیجه این است که کارخانه ها میتوانند با تصمیم گیری سریع تر و دقیق تر، خسارات جانی و مالی را کاهش داده، زمان توقف تولید را به حداقل برسانند و از انطباق بهتر با استانداردهای ایمنی و محیط زیستی بهره مند شوند.

### مدیریت ریسک

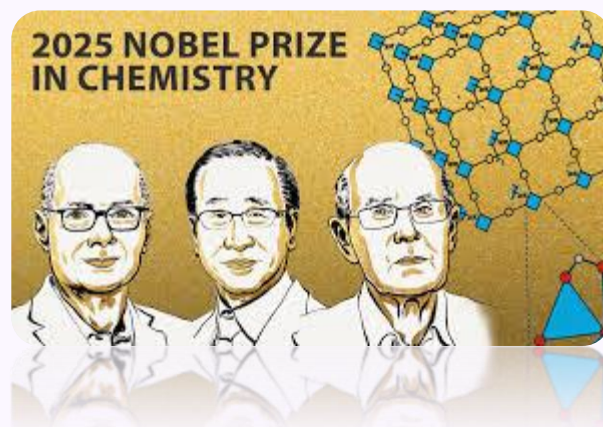
هوش مصنوعی میتواند مدل های مختلفی از سناریو های خاص ایجاد کند که میتواند بر تولید و حتی جنبه های لجستیکی کسب و کار تاثیر بگذارد. به عنوان مثال میتواند آسیب های احتمالی کارکنان را براساس شرح شغل و مکان آن ها در هر زمان معینی در یک کارخانه مواد شیمیایی را ارزیابی کند. براساس این ارزیابی ها و مدل ها سیاست های کاری و پروتکل های ایمنی را میتوان به طور موثر طراحی کرد.



ادغام هوش مصنوعی در تولید مواد شیمیایی دارای طیف گسترده‌ای از مزایا است که شامل افزایش بهینه‌سازی فرایند، بهره‌وری، تعمیرات قابل پیشبینی و کنترل کیفیت است. افزون بر این، هوش مصنوعی با تحلیل حجم عظیمی از داده‌های فرایندی و آزمایشگاهی، امکان شناسایی الگوهای پنهان و روابط پیچیده میان پارامترهای تولید را فراهم می‌کند و بدین ترتیب، مسیر توسعه محصولات جدید و فرمولاسیون‌های کارآمدتر را هموار می‌سازد. قابلیت یادگیری مدل‌های هوشمند موجب می‌شود سیستم‌ها به‌صورت پویا با تغییرات محیطی و نوسانات خط تولید سازگار شوند و تصمیمات بهینه را در لحظه اتخاذ کنند. این فناوری همچنین با کاهش خطای انسانی، صرفه‌جویی

در مصرف انرژی و مواد اولیه را تضمین کرده و به ارتقای پایداری زیست‌محیطی کمک می‌کند؛ از این رو، ادغام هوش مصنوعی در صنایع شیمیایی نه‌تنها مزیتی رقابتی، بلکه ضرورتی راهبردی در مسیر تولید هوشمند و آینده‌محور به شمار می‌رود.

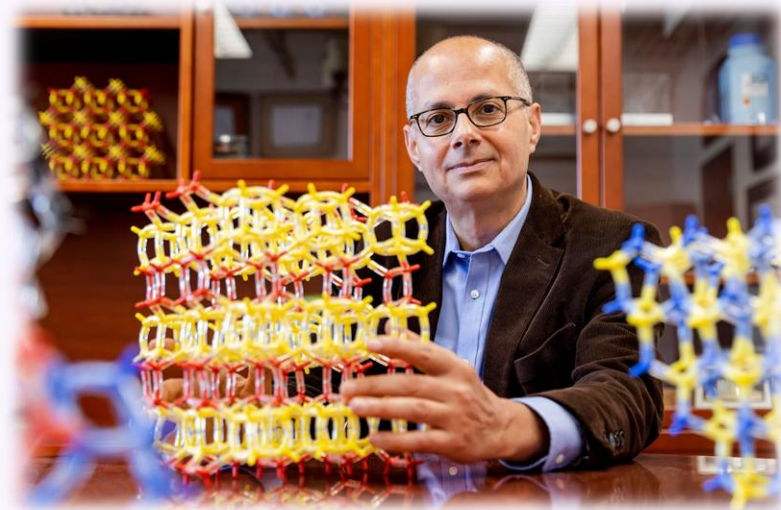




برندگان جایزه نوبل شیمی ۲۰۲۵، ساختارهای مولکولی با فضاهای بزرگی ایجاد کرده‌اند که گازها و سایر مواد شیمیایی می‌توانند از طریق آنها جریان یابند. این ساختارها، چارچوب‌های فلزی - آلی (MOF)، می‌توانند برای برداشت آب از هوای بیابان، جذب دی‌اکسید کربن، ذخیره گازهای سمی یا کاتالیز واکنش‌های شیمیایی استفاده شوند. سوسومو کیتاگاوا، ریچارد رابسون و عمر یاغی جایزه نوبل شیمی ۲۰۲۵

را دریافت کردند. در ساختارهای آنها، یون‌های فلزی به عنوان سنگ بنایی عمل می‌کنند که توسط مولکول‌های طولانی آلی (مبتنی بر کربن) به هم متصل شده‌اند. یون‌ها و مولکول‌ها سازماندهی می‌شوند تا کریستال‌هایی را تشکیل دهند؛ این مواد متخلخل، چارچوب‌های آلی - فلزی نامیده می‌شوند. با تغییر بلوک‌های سازنده مورد استفاده، شیمیدانان می‌توانند آنها را برای جذب و ذخیره مواد خاص طراحی کنند. همچنین می‌توانند واکنش‌های شیمیایی و یا الکتریسیته را هدایت کنند. همه چیز از سال ۱۹۸۹ آغاز شد، زمانی که ریچارد رابسون استفاده از خواص ذاتی اتم‌ها را به روشی جدید آزمایش کرد. او یون‌های مس با

بار مثبت را با یک مولکول چهار بازویی ترکیب کرد؛ این مولکول یک گروه شیمیایی داشت که در انتهای هر بازو به یون‌های مس جذب می‌شد. وقتی آنها با هم ترکیب شدند، به هم متصل شدند و یک کریستال منظم و جادار تشکیل دادند. این کریستال مانند الماسی بود که پر از حفره‌های بی‌شمار بود. رابسون بلافاصله پتانسیل ساختار مولکولی خود را



تشخیص داد، اما ناپایدار بود و به راحتی فرو می‌ریخت. با این حال، سوسومو کیتاگاوا و عمر یاغی این روش ساخت را با پایه محکمی ارائه دادند. بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۳ آنها به طور جداگانه مجموعه‌ای از اکتشافات انقلابی را انجام دادند. کیتاگاوا نشان داد که گازها می‌توانند به داخل و خارج از این ساختارها جریان یابند و MOF ها، ساختارهایی انعطاف‌پذیر هستند.



شرکت Promethean Particles، یک تولیدکننده متخصص بریتانیایی در زمینه چارچوب‌های فلزی-آلی و نانومواد، یک سنتز MOF در مقیاس تَن با استفاده از فناوری راکتور جریان پیوسته اختصاصی خود توسعه داده است. تولید صنعتی MOF ها همچنان نسبتاً کمیاب است، و عمدتاً به دلیل کمبود مسیرهای تولید مقیاس‌پذیر است که هزینه‌های به‌شدت بالا را به دنبال دارد اما این وضعیت اکنون در حال تغییر است و مسیرهای

تولید مقیاس‌پذیر و مقرون‌به‌صرفه نشان داده شده‌اند که ظهور زنجیره‌های تأمین را تحریک می‌کند و امکان کاوش بیشتر کاربردهای تجاری را فراهم می‌کند.

نوآوری اصلی پشت فرآیند این شرکت، یک راکتور جریان پیوسته است که سینتیک‌های واکنش را بهبود می‌بخشد و منجر می‌شود که زمان‌های واکنش به‌طور قابل توجه کوتاه‌تر شوند طوری که هزینه به‌ازای واحد به‌طور قابل توجهی در حجم‌های تولید، پایین بیاید. دیوید فائرن خیمنز، متخصص MOF در دانشگاه کمبریج بریتانیا و بنیان‌گذار شرکت تولیدکننده MOF می‌گوید در حالی که سنتز در مقیاس بزرگ بی‌سابقه نیست ولی این یک نقطه عطف محکم برای این شرکت را نشان می‌دهد. او می‌گوید افزایش مقیاس آسان‌تر از چیزی است که معمولاً تصور می‌شود و با کنترل فرآیند خوب و مهندسی مناسب واکنش‌های آزمایشگاهی به خوبی به بیج‌های بزرگ‌تر منتقل می‌شوند. چالش واقعی این است که مطمئن شوید فرآیند سازگار و مقرون‌به‌صرفه باشد. فائرن خیمنز توضیح می‌دهد که برای سنتز جریان پیوسته و بیج هر دو مزیت دارند. جریان برای حجم‌های بالا و تولید استاندارد شده کارآمد است و بیج انعطاف‌پذیری و کنترل بیشتری ارائه می‌دهد. برای مثال روش‌های بیج کنترل دقیق بر کیفیت محصول و انطباق آسان برای تولید MOF ها برای کاربردهای مختلف را ممکن می‌سازد. همچنین او می‌گوید انتخاب و هزینه مواد اولیه تأثیر بیشتری روی قیمت محصولات دارد تا نوع راکتور مورد استفاده. علاوه‌براین، پردازش اضافی برای مناسب کردن MOF تولید شده برای «سیستم‌های واقعی» که به آن شکل‌دهی گفته می‌شود هزینه‌ها را به‌طور قابل توجه افزایش می‌دهد.

کارتمل از این شرکت هم این نکته را تأیید می‌کند: تیم ما دهه‌ها تجربه در تولید ذرات مواد پیشرفته در جریان پیوسته دارد، در حالی که تبلور جامدها معمولاً یک مشکل در راکتورهای جریان پیوسته است، راکتورهای ما چنین مشکلاتی را برطرف می‌کنند. به‌عنوان مثال، کارتمل توضیح می‌دهد که چگونه، در طول کار توسعه محصول و فرآیندهایی مانند آب زدایی و خشک کردن تغییراتی در پروتکل ساخت ایجاد کرد که رفتار نهایی ماده را به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار بدهد. او می‌گوید ما به همکاری با مشتری خود ادامه می‌دهیم تا محصولی را طراحی کنیم که نیازهای عملکرد و هزینه را برآورده کند.

## ایمنی شیمیایی، خط قرمز تولید:

زندگی ماشینی، همانقدر که زندگی ما را تغییر داده، صنایع شیمیایی را نیز متحول کرده است. با این حال به علت آلودگی و آسیب هایی که به محیط زیست می رساند، به نظر میرسد بیشتر زیان ده است. یکی از دغدغه های امروز چگونگی کاهش تاثیر این صنایع را روی گرمایش زمین و تغییر اقلیم و استفاده از مواد شیمیایی و فرایندهای ایمن تر است.

رسیدن به نیاز امروز بدون مختل کردن آیندگان برای رسیدن به نیاز خود " ایده اولیه ای بود که شیمی سبز را پایه گذاری کرد. بعد ها، دوازده اصل برای کمی سازی بیشتر شیمی سبز معرفی شد: جلوگیری از تولید پسماند، کارایی اتمی، سنتز ایمن تر، طراحی مواد شیمیایی ایمن تر، حلال ها و مواد کمکی ایمن تر، طراحی برای بهره وری انرژی، استفاده از مواد اولیه تجدیدپذیر، کاهش محصولات جانبی، استفاده از کاتالیزور، طراحی برای تجزیه پذیری، آنالیز لحظه ای برای ممانعت از آلودگی و شیمی به طور فطری ایمن برای پیشگیری از حوادث. شیمی سبز در همه قسمت های چرخه عمر محصول از طراحی و تولید تا مصرف و دفع آن به کار می رود. در ادامه به چند نمونه صنعتی که در استفاده از شیمی سبز موفق عمل کردند، پرداخته می شود.

متیل متاکریلات مونومری با گروه عاملی استری است که برای ساخت پلیمر هایی مانند پرسپکس ، پلکسی گلاس و اکریلیک گلاس استفاده می شود و در نانو کامپوزیت های پلاستیکی، چراغ خودرو، لنز های چشمی، وان حمام و کفپوش ها و طلق های نوری و شیشه های ضد خش به کار میرود. پیش بینی شده که تولید این مواد تا پایان سال ۲۰۲۵ به ۴,۴۵ میلیون تن برسد. این ماده در دهه ۱۹۳۰ از استون سیانوهیدرین با سولفوریک اسید و متانول سنتز میشد. این روش به علت استفاده از مواد اولیه خطرناک ناکارآمد محسوب میشد. روش های دیگری برای تولید سیانوهیدرین پیشنهاد شد که با کاهش انعطاف پذیری محل احداث کارخانه و ملاحظات ظرفیت تولید، بازهم ناکارآمد بود.



برای رفع این موارد، شرکت میتسوبیشی<sup>۱</sup> فرآیندی مبتنی بر واکنش با متیل فرمات داد که هزینه بر و چند مرحله ای بود و عملاً بازده کمی داشت و محصول جانبی آن فرم آمید بود که در مراحل به سیانیک اسید تبدیل میشد. هر دوی این ترکیبات، به شدت خطرناک، خورنده و سمی هستند و با دقت خاصی باید کنترل شوند.

شرکت لوسایت اینترنشنال فرآیند جدیدی پیشنهاد داد که هزینه تولید را تا ۴۰٪ کاهش میدهد، در شرایط ملایم بدون مواد سمی و آلاینده خطرناک و با استفاده از مواد اولیه ارزان و در دسترسی مانند اتیلن، متانول و کربن مونوکسید انجام میشود. این واکنش تقریباً هیچ محصول جانبی ای ندارد و گزینش پذیری آن ۹۰٪ گزارش شده است.

با اینکه ویتامین سی تقریباً در همه میوه ها وجود دارد، در صنعت از این منابع استفاده نمی شود؛ بلکه طی چندین مرحله واکنش با حضور کاتالیزور هایی مانند هیدروژن، هیدروکلریک اسید، سولفوریک اسید، پتاسیم پرمگنات، متانول، D-glucose را به keto-gluconic acid و سپس محصول نهایی که L-ascorbic acid است تبدیل میکنند. مراحل مختلف واکنش، دو واکنش آنزیمی برای بهینه سازی فرآیند معرفی شد؛ یکی باکتری ای که باعث اکسایش ماده اولیه و تبدیل آن از فرم D به فرم L میشد. واکنشی که تا آن زمان در شرایط آزمایشگاهی بسیار سخت به حساب می آمد و دیگری استفاده از نوعی لاکتوز که از متانول و شرایط اسیدی شدید بی نیاز می سازد. در جدید ترین پیشرفت، یک روش تک مرحله ای سنتز کشف شد که در دمای اتاق با pH ۴-۵٫۵ و بازده ۵۰٪ «سوربیتول» را به «سوربوز» تبدیل میکند و محصولات جانبی آن بازیافت میشود.

عناصر نادر زمین شامل ۱۵ عنصر لانتانیدها، اسکاندیم و ایتیریم نقش اساسی در تکنولوژی هایی مانند حافظه کامپیوتر، باتری های قابل شارژ، ابر آهنرباها، مواد نیمه هادی، سنسورها، مبدل های کاتالیزوری خودرو، ابرساناها، مواد فلورسنت صفحات خورشیدی، تصویربرداری MRI و صنایع دفاعی دارند. اما توزیع آن در سطح زمین نامتوازن است و به علت وجود مقادیر غلظت کم، هزینه بالای جداسازی و تخلیص می طلبد و فرآیند پیچیده ای دارد. با رشد فزاینده فناوری های انرژی، تقاضا برای عناصر نادر به طور چشمگیری افزایش می یابد. پیش بینی شده در سناریوی خوشبینانه، آمریکا حدود ۵۰۰ میلیارد دلار سرمایه گذاری جدید برای تامین این عناصر تا سال ۲۰۴۰ نیاز خواهد داشت؛ در حالی که بازیافت تا سال ۲۰۴۰ نیاز به استخراج را تا ۵-۳۰٪ و نیاز به توسعه معادن را ۱۵-۳۵٪ کم میکند، راهکاری برای افزایش امنیت تامین است و کسری عرضه برخی از عناصر مانند لیتیم و مس را جبران می کند. همچنین مواد بازیافتی می تواند اثرات زیست محیطی استخراج را کمتر کرده و میزان تولید گازهای گلخانه ای را تقریباً ۸۰٪ کمتر کند. روش هایی که برای بازیافت این عناصر به کار میرود عبارتست از روش های پیرو متالورژیکی که در دمای بالا (۸۰۰-۱۵۰۰) جداسازی رخ میدهد و فرآیندی سریع، صنعتی و مناسب برای حجم زیاد است. در روش هیدرومتالورژیکی از لیچینگ، جداسازی انتخابی با استخراج حلالی، تبادل یونی، جذب سطحی با کربن و حلال های سبز استفاده می شود. روش های جدیدی که برای بازیافت این فلزات پیشنهاد شده، شامل روش های ترکیبی با استفاده از مواد زیستی است. یکی از آنها، بیولیچینگ با کانی باستانزیت است که از نوعی باکتری بهره برده شده است. این پژوهش، به نگرانی ها درباره زباله های زیست محیطی پاسخ می دهد.

در پژوهشی که اخیراً منتشر شد، محققان توانستند ژنوم باکتری ها را طوری تغییر دهند که بیولیچینگ را تا ۷۳٪ افزایش دهد. به طوری که ادعا میکنند میتوان در آینده این باکتری ها را با توجه به هدفی که دارند تغییر دهند.

1. MGC: Mitsubishi Gas Chemical
2. Lucite International

امروزه تکنولوژی به بخش جدایی ناپذیر از زندگی انسان ها تبدیل شده است. در رشته ها و موضوعات مختلف نرم افزار هایی طراحی شده اند تا کار را برای افراد فعال در آن حوزه راحت کنند و فرایند انجام پروژه ها و تحقیقات را تسریع ببخشند. در رشته شیمی نیز نرم افزارهای زیادی برای استفاده دانشجویان و اساتید وجود دارند. این نرم افزار ها از مطالب پایه تا تخصصی را در برمیگیرند تا هر شخص با توجه به نیاز و سطح علمی خود از آنها بهره ببرد. نرم افزار هایی که در این بخش بررسی خواهیم کرد شامل اطلاعات اساسی علم شیمی است و استفاده از آنها نیز خیلی آسان است.

### Lab.Hacks

این برنامه در آزمایشگاه کاربرد وسیعی دارد زیرا شامل مواردی مانند ماشین حساب، کرنومتر، ایزاری برای تبدیل واحد، محاسبات و دستور تهیه بافرها و ... میشود. ماشین حساب این برنامه قابلیت محاسبه برای مواردی مانند رقیق سازی، تهیه محلول ها، تبدیل واحد ها (جرم، زمان، حجم، غلظت، دما، فشار، فرکانس، انرژی و...) دارد. کارکرد بسیار مهم این برنامه در بخش تهیه بافرها، محلول های استاک و مستر میکس ها است که دستورهای آماده برای تهیه بعضی از بافرها را داشته و مرحله به مرحله روش ساخت آنها را نشان می دهد؛ همچنین نکات مربوط به نحوه نگهداری از محلول را نیز یادآوری می کند. علاوه بر این اگر بافر مورد نیاز ما در لیست برنامه نبود می توانیم با نوشتن اجزای بافر محاسبات آن را انجام بدهیم و در کتابخانه خود ذخیره کنیم. همچنین تایمر، کرنومتر و شمارنده ای برای تحت نظر گرفتن برخی آزمایش هایی که با توجه به زمان باید انجام شوند وجود دارد.



Dilutions

M

1

Stock concentration

molar

ml

100

Desired final volume

milliliters

M

0.01

Desired concentration

molar

Add 1 ml of reagent to 99 ml of solvent

Buffers & Solutions

2x Hepes Buffer Saline

MOPS

10xMOPS-Sodium Acetate-EDTA

NET2

NP40 lysis buffer

PBS

1x Phosphate Buffered Saline

PBS 10x

10x Phosphate Buffered Saline

Pb buffer 0.1M

0.1M Sodium Phosphate buffer pH 5.8–8.0

Pb buffer 1M

1M Sodium Phosphate buffer pH 6.0–7.2

RIPA

Protein lysis buffer

Create Buffer

Name of Buffer

Custom buffer

Notes

Solvent

CH3COOH

Desired conc.

Stock conc.

Component No.

0.1 M

12.02 g/mol

CH3COOH

a

1

Add Component

\* Long press to remove Component

Reset

Calculate

Save

محاسبات تهیه بافر

دستور های تهیه بافر

محاسبات رقیق سازی

بخش های دیگر این برنامه پست هایی مانند نحوه استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی یا نکاتی در مورد دما و ... به منظور بالا بردن بازده و کاهش اشتباهات ارائه می دهد. نکات این بخش حتی میتواند برای رشته زیست شناسی نیز موثر باشد زیرا شامل اطلاعاتی مانند نحوه کشت در آزمایشگاه، آماده سازی ژل ها و توالی یابی دی ان ای می باشد. در قسمتی از آن نیز جداول و نمودار هایی از دی ان ای، آر ان ای ، اسید آمینه ها و کدون ها وجود دارد.

Bye-Bye, Gel Bubbles!

Bubble Trouble!

Nothing's worse than pouring your agarose gel and seeing those annoying bubbles ruining your lanes! But don't stress—just grab a pipette tip and give it a splash! Say goodbye to those pesky bubbles in seconds!

Other tricks to get rid of bubbles? Try pushing them down with the gel comb or adding a bit of ethanol to pop them!

Agarose, DNA, Electrophoresis, Experiments, Lab.hacks, Tricks

Share (9) 4.9

At the finish line...

When you finally see the finish line, but your supervisor has other plans... You're ready to submit your thesis, and they hit you with, "Let's review it one more time!" The struggles of finishing a PhD are real.

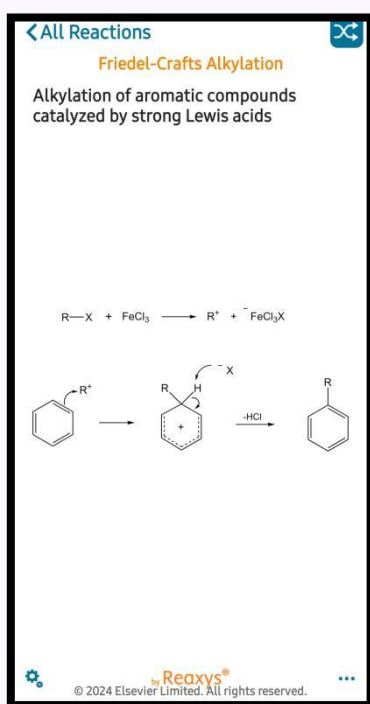
It's tough enough to get everything done—especially when you're stuck in this endless loop of corrections. Hang in there, you're almost at the finish line! And don't forget to share your thesis battle stories with your lab mates—you're not alone in this.

Biologymemes, Fails, Frustration, Funny, Publication, Sciencefun, Thesis

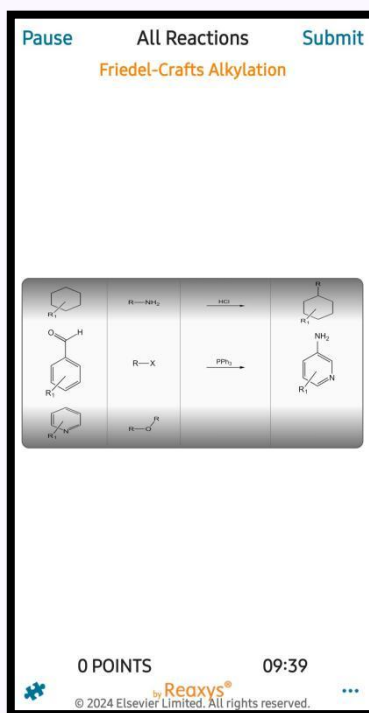
Share (8) 5.0

## Reaction Flash

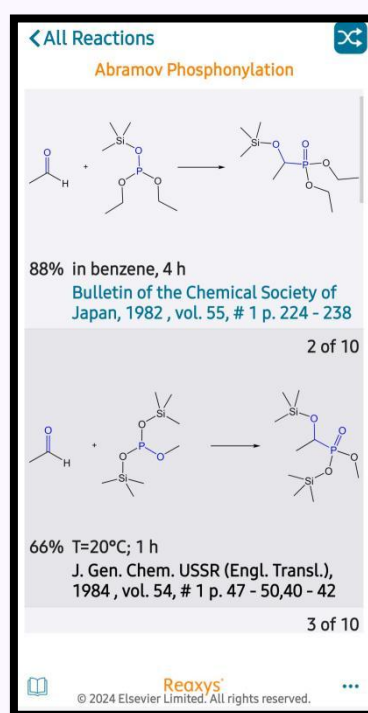
این نرم افزار شامل ۱۲۶۰ واکنش شیمی آلی است که به صورت فلش کارت دسته بندی شده اند و هم چنین سطح سختی و آسانی آن ها مشخص شده است. برای هر واکنش نیز توضیحاتی در مورد ترکیبات و محصولات آن می دهد و همچنین مکانیسم واکنش ها را نیز بصورت مرحله به مرحله نشان می دهد. این برنامه کوئیز هایی را برای هر واکنش دارد که با انجام آنها و رنگی که نشان داده می شود می توان میزان تسلط خود به واکنش مربوطه را سنجید. از طریق این نرم افزار میتوان جزئیات بیشتری بدست آورد برای مثال می توان مقالاتی را که از واکنش مورد نظر استفاده کرده اند پیدا کرد و اطلاعات بیشتری در مورد آن واکنش کسب کرد. هم چنین این نرم افزار امکان دسترسی به پایگاه ری اکسیس را فراهم میکند که از طریق آن می توان اطلاعات جامع تری در مورد واکنش ها، ساختارهای شیمیایی، سنتز و ... به دست آورد.



مثال ها



کوئیز



مکانیسم واکنش

لینک داندلود :

<https://cafebazaar.ir/app/com.chrostudios.labhack>

<https://cafebazaar.ir/app/ch.reaxys.reactionflash>

Occasional Journal of the Scientific-Student Association of  
Industrial Chemistry, University of Tabriz;

Year One – Vol One – Fall 2025

# Photon



# Scientific–Student Association of Industrial Chemistry, University of Tabriz

(Association Secretary: Mahdi Dashtestani)

**Managing Director:** Reza Oroujzadeh

**Editorial Board:** Ehsan Narimani, Zahra Rashid Taghipour, Reza Oroujzadeh

**Advising Professor:** Dr. Mohammad Hossein Rasouli Fard

**With the collaboration of esteemed professors:**

Dr. Mohammad Sadeq Amini Fazl, Dr. Elnaz Asghari, Dr. Samira Arefi Oskoui

**Authors Team:**

Fatemeh Mokhtari, Seyed Mohammad Mousavi, Mohammad-Javad Shahidi-Nejad, Ali Rezaei, Shima Aghbali, Arash Jahangiri, Reyhaneh Ahmadi, Parsa Sadeqi, Raouf Saghafi-Pour, Hasti Fazlizadeh, Mobina Mardanmard, Maedeh Ashrafi, Yasamin Seiedi Kia, Meysam Sangtarash

**Graphic Designer and Layout Artist:** Bita Yamini

## Editors' Note:

Chemistry is the language through which the world breathes. From the gleam of reactions in laboratory glassware to the roar of machinery deep within factories, they all tell a single story—the story of the bond between thought and action, of science and life. For centuries, chemistry has revealed not only the secrets of matter but also the secret of humanity's endurance in the face of nature. Every solution, every reaction, and every catalyst is, in truth, a bridge between an inquisitive mind and a world awaiting transformation.

From silent laboratories to bustling production lines, the path of chemistry is the path of creating meaning. In an industry that pulses with ever-growing speed, the role of chemistry goes far beyond the combining and separating of elements; chemistry is the language of sustainability.

In this issue, we take a look at the relationship between chemistry and industry—from the minds of researchers to the hearts of factories. From places where reactions do not remain merely on paper, but find meaning in the rhythm of production and in the sustainability of the environment. Since its first issue, *Photon* has aimed to cast light on the places where science gives color to life. For we believe that every idea, if it shines in the right direction, will one day make the world brighter.

In closing, we find it essential to express our heartfelt appreciation to our esteemed professor and advisor to the magazine, Dr. Rasouli-Fard, whose keen insight, sincere support, and illuminating guidance have kept the path of *Photon* glowing.

We are also deeply grateful to all friends and colleagues whose effort, cooperation, and conviction helped shape this issue—and to you, dear readers, who give meaning to this path with your attention.

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Chemistry at the Heart of Industry</b>                        | <b>1</b>  |
| <b>From the Laboratory to the Production Line</b>                | <b>4</b>  |
| <b>The Sustainable Industry of the Future</b>                    | <b>9</b>  |
| <b>The Silent Champions of Industry</b>                          | <b>12</b> |
| <b>The Footprint of Chemistry in Life, Beauty, and Nutrition</b> | <b>15</b> |
| <b>Artificial Intelligence and Clean Energy</b>                  | <b>17</b> |
| <b>News</b>                                                      | <b>19</b> |
| <b>Introduction to Chemistry Software</b>                        | <b>23</b> |

# Chemistry at the Heart of Industry

Chemistry is often introduced as the science of matter—its structure, its behavior, and the transformations it undergoes. But beyond the textbook definition, chemistry quietly serves as the *operating language* of modern industry. If science explains the world and industry builds upon those explanations, chemistry is the bridge that connects the two—translating theory into technologies.

Since the Industrial Revolution, scientific discoveries have driven innovations that industry scales up, and the resulting production experience continually fuels new scientific ideas. In this cycle, chemistry functions as both the starting point and the anchor—shaping everything from the materials we use to the medicines we depend on.

## Industrial Chemistry in Drug Development

Behind every newly approved medicine lies years of chemical design, optimization, and process engineering. Industrial chemistry forms the backbone of this journey—taking a promising molecule discovered in a laboratory and turning it into an Active Pharmaceutical Ingredient (API) that can be manufactured on a ton scale.

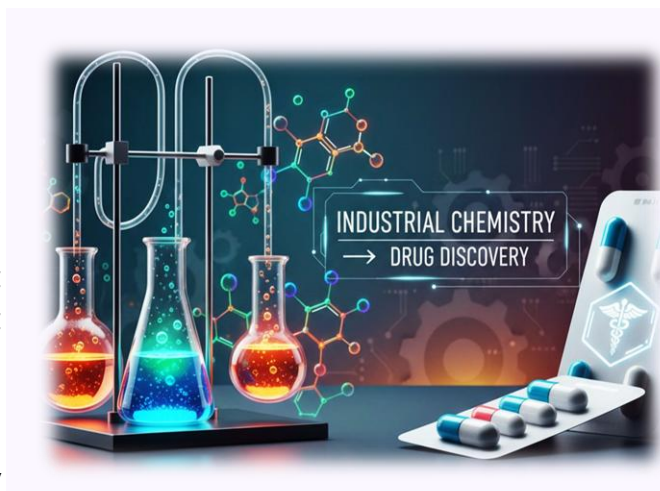
Today's leading pharmaceutical companies across Europe—Bayer, Sanofi, Roche, and others—rely heavily on advanced chemical technologies such as continuous-flow manufacturing, biocatalysis, and metal-catalyzed reactions. These tools allow them to produce structurally complex, stereochemically precise molecules that would have been nearly impossible to make in large quantities two decades ago.

A powerful example is the anticancer drug **Divarasib**. Initially produced only on a gram scale, its synthesis was transformed using Negishi coupling and continuous-flow technology, ultimately enabling production by the hundreds of kilograms—without sacrificing purity or stereoselectivity.

At the same time, sustainability has become inseparable from process design. Modern pharmaceutical chemistry measures efficiency using metrics like **Process Mass Intensity (PMI)**—revealing that only about 1% of input materials typically end up in the final product. Reducing waste is therefore not just good practice but essential.

In one notable case, re-engineering the synthetic route of a spiroisoxazole intermediate cut the PMI from 5000 to under 100—a remarkable 98% reduction in waste. These successes highlight a key truth: industrial chemistry doesn't just scale molecules; it guides the pharmaceutical industry toward cleaner, safer, and more efficient production.

Ultimately, developing chemical processes for new drugs is a delicate blend of science, engineering, and creativity. Whether it involves alternative energy sources like photocatalysis and electrochemistry, greener reagents, or digitally optimized reactors, the mission remains the same: to transform molecular ideas into life-saving therapies.



## Industrial Chemistry in the Paint and Dye Industry

A single accidental discovery—Perkin's iconic purple dye, *Mauveine*—forever changed the world of color, shifting dyeing from a local craft into a global industry. Chemistry gave birth to synthetic dyes that were brighter, cheaper, longer-lasting, and suitable for mass production. With that, entire sectors such as fashion and textiles were transformed.



Modern dye chemistry blends molecular design with industrial technique. From choosing the right chromophore to selecting surface treatments—plasma, UV irradiation, enzymatic modification—every decision affects color intensity, evenness, and resistance to washing or sunlight.

However, beyond the laboratory setting, significant environmental concerns arise. Wastewater rich in synthetic dyes reduces light penetration in rivers, disrupts aquatic ecosystems, and can release toxic or carcinogenic compounds during degradation.

Growing regulations and shifting consumer expectations have pushed the industry toward **eco-friendly alternatives**: natural dyes, microbial pigments, enzymatic dyeing, and biodegradable colorants. Yet natural dyes come with their own challenges—sensitivity to pH, heat, and light. The real path forward lies in merging molecular engineering with smart process design and modern wastewater treatment. The future of the dye industry will be shaped by chemistry that is not only vibrant but also sustainable.

## Industrial Wastewater Treatment in Water-Intensive Industries: A Zero Liquid Discharge (ZLD) Perspective

Industries such as crude oil refining and glass manufacturing rely heavily on water—and produce wastewater streams filled with complex contaminants. In oil refineries, wastewater can contain sulfur and nitrogen compounds, hydrocarbons, oils, and heavy metals. In the glass industry, wastewater often carries silica particles, glass fragments, and corrosive chemicals.



Ignoring these effluents is not an option. Poor water management affects worker safety, environmental health, and even the long-term reliability of industrial equipment.

This is where **Zero Liquid Discharge (ZLD)** systems come in—closed-loop processes designed to recycle water, minimize pollutants, and drastically reduce freshwater consumption. A typical ZLD setup includes pretreatment, membrane filtration, thermal evaporation, and crystallization. When optimized with tools like ultrafiltration, electrocoagulation, and chemical precipitation, these systems can recover **over 95%** of process water.

Electrocoagulation, for instance, uses electric currents to induce contaminants to clump together—eliminating the need for chemical coagulants. Similarly, flocculants bind fine particles into larger clusters that can easily settle or be filtered out.

An impressive real-world example is the long-standing ZLD system at the **VIZ Steel Plant**, operating successfully for over four decades. Its continued performance demonstrates that ZLD is more than an environmental commitment—it is a technically feasible and economically sound strategy for industries under growing pressure to reduce their ecological footprint.

# From the Laboratory to the Production Line

Technology transfer is the structured process of moving knowledge, tools, prototypes, and production methods from one entity to another—whether between universities and industries, between companies, or across borders. It can occur **horizontally**, between partners at similar technological levels, or **vertically**, moving an innovation from research through development, scale-up, and commercialization.



In today's innovation-driven world, technology transfer is no longer a luxury—it is the engine that converts scientific knowledge into economic value. Successful transfers expand a nation's technological capacity, strengthen its place in global value chains, and generate the industrial competitiveness needed to thrive in world markets.

## The Technology Transfer Process: A Multi-Stage Journey

Although each project has its own path, technology transfer typically follows a recognizable cycle:

### a. Creation and Development of Knowledge

Everything begins in university labs or Research and Development centers, where researchers develop new ideas, materials, methods, or prototypes. As these early insights take shape, scientists refine their experiments, validate their findings, and document the underlying principles. This foundational work not only expands scientific understanding but also lays the groundwork for potential applications. During this stage, initial results are often published, presented at conferences, or protected through patent filings to secure intellectual property and enable future collaboration.

### b. Evaluation and Selection

Not all ideas are suited for commercialization. After initial research results are obtained, potential innovations undergo a structured evaluation process to determine whether they should advance further. At this stage, experts assess the **market demand** to understand whether a real need exists and whether the innovation can solve a current or emerging problem. They also consider the **technology readiness level (TRL)**, which indicates how mature the technology is—ranging from basic scientific principles to fully validated prototypes. Equally important is an assessment of **technical and economic feasibility**, examining whether the innovation can be reliably produced, scaled up, and delivered at a cost acceptable to the target market.

Through this filtering process, only the most promising ideas continue to the next phase of development. This ensures that resources—time, funding, and expertise—are invested in technologies with a realistic chance of achieving market impact.

### c. Intellectual Property Protection

Patents, licenses, and intellectual property rights ensure that innovations can be safely transferred and monetized. Once a technology has demonstrated potential for real-world application, securing intellectual property becomes a critical step. This process typically begins with documenting the

novelty of the invention and filing patent applications to legally protect the ideas, methods, or products developed. By establishing ownership, institutions can prevent unauthorized use and maintain control over how the technology is further developed or commercialized.

#### **d. Collaboration with Industry**

After securing the intellectual property, universities and research institutions seek suitable industrial partners who can help advance the technology toward commercialization. This collaboration can take many forms, such as co-developing advanced prototypes, validating the technology in real operational environments, or conducting additional research to refine performance and scalability.

During this stage, **negotiations** play a critical role. Institutions and companies discuss terms related to licensing, revenue sharing, development responsibilities, timelines, and the scope of technology usage. These agreements ensure that both sides benefit from the partnership and that expectations are clearly defined.

In many cases, **joint research projects** are established to integrate academic expertise with industry experience. Such collaborations help accelerate development, address technical challenges, and adapt the technology to real market needs. **Prototype demonstrations** may also be conducted to showcase performance, attract investment, and build confidence among potential commercial partners.

#### **e. Localization and Adaptation**

Even the best technology must be adapted to real-world conditions: industrial standards, infrastructure, safety regulations, and scalability. Once a technology has been validated through collaboration with industry partners, it rarely enters the market in its original laboratory form. Instead, it undergoes a process of localization to ensure it fits the specific context in which it will be deployed.

This stage involves aligning the innovation with **local industrial standards**, such as material specifications, performance requirements, or interoperability rules. Technologies must also be compatible with existing **infrastructure**, whether that involves manufacturing systems, digital platforms, energy networks, or supply chains. Furthermore, compliance with **safety and regulatory frameworks** is essential; products must meet national and international guidelines governing quality, environmental impact, user safety, and ethical considerations.

Scalability is another key dimension. Technologies that work well in small research settings must be adapted for large-scale production and operational use. This may require redesigning components, optimizing processes, or selecting alternative materials to achieve cost-effectiveness and durability.

#### **f. Pilot and Pre-Industrial Production**

Before mass production, a pilot phase validates performance, economic viability, and system stability. After a technology has been localized and adapted, it enters a transitional stage where small-scale production lines or pilot facilities are established. The purpose of this phase is to test how the technology behaves under conditions that closely resemble full industrial deployment, but without the financial and operational risks of immediate large-scale manufacturing.

During pilot production, the technology's **performance** is carefully monitored to confirm that it meets the expected standards in real operational environments. Engineers evaluate whether the product consistently delivers the desired results, identify potential bottlenecks, and refine the production process accordingly.

Economic aspects are equally important. Pilot runs allow companies to assess **cost structures**, including raw materials, labor requirements, energy consumption, and time efficiency. This helps determine whether large-scale production will be financially feasible and competitive in the market.

Additionally, this phase examines **system stability**, ensuring that machinery, software, and operational workflows can function reliably over extended periods. Issues related to quality control, supply chain logistics, and process optimization are addressed before moving forward.

Successful completion of the pilot and pre-industrial phase provides confidence to investors, manufacturers, and stakeholders, paving the way for full commercialization and mass production.

### **g. Commercial Production and Market Entry**

This is where science becomes industry: large-scale manufacturing, marketing, distribution, and customer support. Once the pilot phase confirms that a technology is reliable, scalable, and economically viable, it transitions into full commercial production. At this stage, companies invest in industrial-scale facilities, automated processes, and supply chain systems to ensure consistent, high-volume manufacturing.

The technology is now positioned for **market entry**, a phase that requires strategic planning and coordination across multiple domains. **Marketing efforts** communicate the value of the innovation to target customers, highlighting its advantages, reliability, and competitive features. Companies may prepare product demonstrations, promotional campaigns, and industry-specific communications to create awareness and drive early adoption.

Meanwhile, **distribution networks** are established to deliver products efficiently and reliably to domestic and international markets. This may involve partnerships with distributors, logistics providers, retailers, or specialized service companies, depending on the nature of the technology.

Effective **customer support** becomes essential at this stage. Training programs, technical assistance, maintenance services, and feedback channels are set up to help users integrate the technology into their operations. Strong post-sales support not only ensures customer satisfaction but also builds trust and long-term loyalty.

### **h. Continuous Improvement**

Feedback loops from the market inspire next-generation technologies and open new business opportunities. After a product enters the market, the technology transfer process does not end; instead, it evolves into an ongoing cycle of evaluation, refinement, and innovation. Companies gather insights from customers, industry partners, and real-world performance data to identify strengths, weaknesses, and emerging needs.

These **feedback loops** are essential for keeping the technology competitive. User experience reports, maintenance records, operational analytics, and customer complaints or suggestions all provide valuable information that guides incremental improvements. This may involve enhancing

product durability, optimizing performance, reducing production costs, or integrating new features based on evolving industry demands.

Beyond incremental upgrades, continuous improvement also drives the development of **next-generation technologies**. By analyzing market trends and technological limitations, researchers and companies can identify opportunities for disruptive innovations—creating entirely new versions or product lines that outperform the original.

This ongoing refinement process often opens **new business opportunities**, such as expanding into additional markets, customizing the technology for different industries, or forming new strategic partnerships. Continuous innovation ensures that a technology remains relevant, sustainable, and competitive in a rapidly changing global landscape.

## Case Studies: How Successful Technology Transfer Works

### Peptide cLF36 — Therapeutic Innovation from Tehran & Mashhad

Originating from collaborative research at Tehran and Mashhad, this biotechnology project focuses on a therapeutic peptide. Its success stems from interdisciplinary teamwork, strong patent protection, and progress toward clinical testing.

**Status:** Semi-industrial production, initial market entry

**Challenges:** Regulatory complexity and difficulties in large-scale industrialization

### Anti-Corrosion / Anti-Radiation Nano-Coating — Sharif University

This advanced-materials innovation demonstrates how nanotechnology can enhance industrial coatings. Backed by thorough testing and competitive pricing, it has transitioned from a university project into full industrial production.

**Status:** Full-scale manufacturing & export

**Challenges:** Meeting strict international standards and overcoming export limitations

### Energy Optimization Systems — Iran University of Science and Technology

Born from industry-aligned research, these systems help factories reduce energy waste and improve efficiency. Their transfer relied on strong contracts and workforce training.

**Status:** Industrial implementation and outsourcing

**Challenges:** Resistance to organizational change and fragmented technical knowledge

### Solid-State Battery — Joint Project (MIT & Global Partners)

An international effort combining academic research, startup innovation, and automaker investment. Solid-state batteries promise safer, more powerful energy storage.

**Status:** Industrial pilot & early market development

**Challenges:** High production costs and the technology–market gap

### Green Hydrogen — Stanford University

This clean-energy project is backed by a global network of researchers and investors. It represents the future of sustainable fuel.

**Status:** Pilot stage with advancing commercialization

**Challenges:** High costs, lack of storage and transportation infrastructure

---

### **Wind Turbine Blades — Cambridge & Sharif University**

Developed through international cooperation, these designs aim to improve renewable energy performance.

**Status:** Operational pilot & limited commercial rollout

**Challenges:** High initial investment and market entry barriers

---

### **Common Success Factors**

A comparison of these cases reveals several ingredients shared by successful technology transfers:

- **Interdisciplinary expertise & international collaboration**
- **Smart intellectual property strategy**
- **Financial and policy support**
- **Flexible, transparent transfer mechanisms**
- **Skilled human capital and industry-trained talent**

### **Common Barriers**

On the other hand, recurring challenges include:

- Lengthy regulatory approvals
- Infrastructure limitations
- Commercialization and market-fit issues
- Disconnects between academic research and real-world needs

The takeaway is clear: scientific breakthroughs only become industrial success stories when knowledge, policy, engineering, and market insight work together.

# Green Chemistry: The Sustainable Industry of the Future

As our world becomes more industrialized and technology-driven, chemistry sits at the crossroads between innovation and environmental responsibility. Modern chemical industries have gifted us with countless materials and conveniences—yet they have also raised concerns about pollution, climate change, and the long-term sustainability of our planet. Today, one of the most urgent questions facing scientists and industries alike is this: **How can we continue to advance without compromising the world for future generations?**



This is where **green chemistry** steps in—not as a separate discipline, but as a mindset woven into every stage of a chemical product's life cycle. Inspired by the principle of "*meeting present needs without limiting the ability of future generations*," green chemistry later evolved into twelve guiding principles that are now standard benchmarks for sustainable production.

## The Twelve Principles of Green Chemistry

These principles shape the way chemists design reactions, choose materials, and consider the environmental impact of their processes:

1. Preventing waste
2. Maximizing atom economy
3. Using safer synthesis methods
4. Designing safer chemicals
5. Choosing benign solvents
6. Conserving energy
7. Using renewable feedstocks
8. Minimizing derivatives
9. Using catalysts
10. Designing for biodegradability
11. Real-time pollution monitoring
12. Creating inherently safer chemical systems

These ideas may sound ambitious, but the chemical industry has already begun adopting them in meaningful ways. Let's explore three real-world examples where green chemistry has reshaped global industries.

### a. Greener Production of Methyl Methacrylate (MMA)

Methyl methacrylate—or MMA—is the backbone of many everyday materials: acrylic glass, contact lenses, automotive lights, floor coatings, and high-strength plastics. Global demand is rising so rapidly that production is projected to reach **4.45 million tons** by the end of 2025.

This compound was synthesized in the 1930s from acetone cyanohydrin using sulfuric acid and methanol. However, this method was considered inefficient due to the use of hazardous starting materials. Alternative methods for cyanohydrin production were subsequently proposed; nevertheless, these approaches remained inefficient because they reduced flexibility in plant siting and imposed limitations on production capacity.

The breakthrough came from **Lucite International**, which introduced a revolutionary, greener process that:

- Uses readily available feedstocks (ethylene, methanol, carbon monoxide)
- Operates under mild, safe conditions
- Produces almost no toxic by-products
- Reduces production costs by nearly **40%**
- Reaches an impressive **90% selectivity**

## b. Biotechnological Innovation in Vitamin C Production

Vitamin C may be abundant in fruits, but our bodies don't produce it—and neither does the chemical industry. For decades, industrial manufacturing relied on a complex, multi-stage synthetic pathway that involved harsh acids, strong oxidants, methanol, and energy-intensive conditions.

In search of a cleaner method, scientists developed new **enzyme-driven reactions** that dramatically improved the process:

- A specialized bacterium converts glucose from its D-form to the biologically active L-form—a transformation once considered extremely difficult.
- A lactose-based catalyst eliminates the need for methanol and strong acids.

And now, the latest breakthrough introduces a **one-step, room-temperature process** that turns sorbitol into sorbose at a 50% yield, with recyclable by-products. It's a major leap forward—not just for vitamin C, but for biochemical manufacturing as a whole.

## c. Recycling Rare Earth Elements (REEs): A Critical Challenge

Rare Earth Elements—from lanthanum to yttrium—are essential for modern life. They power everything from smartphones and rechargeable batteries to electric motors, supermagnets, semiconductors, medical imaging systems, and military technologies.

But they are notoriously difficult to mine and refine. With global demand soaring, the United States alone is expected to require **\$500 billion in new investments by 2040** just to secure its supply.

Recycling offers a powerful alternative, potentially reducing fresh extraction by **5–30%**, new mining projects by **15–35%**, and greenhouse gas emissions by **up to 80%**.

Traditional recycling relies on:

- **Pyrometallurgy**: high-temperature methods suitable for large volumes but energy-intensive

- **Hydrometallurgy:** using selective leaching and green solvents to recover specific metals

But the future lies in **bioleaching**—using engineered microorganisms to pull rare earth metals out of waste streams. In a recent study, scientists modified bacteria to boost extraction efficiency by **73%**, paving the way for smarter, cleaner metal recovery systems.

### The Big Picture

Green chemistry is more than an environmental ideal—it is becoming the core strategy for building the sustainable industries of the future. By merging biotechnology, innovative engineering, and circular economy thinking, chemists are proving that progress doesn't have to come at the cost of the planet.

As industries adapt and new technologies emerge, green chemistry will continue to transform how we produce materials, use energy, and design the technologies that define modern life.

# Catalysts: The Silent Champions of Industry

In the vast world of chemical and petrochemical production, few actors are as quietly influential as catalysts. They rarely make headlines, but without them, most large-scale industrial processes would grind to a halt. Catalysts accelerate reactions, reduce energy consumption, increase product selectivity, and often determine whether a process is economically viable.

In many ways, catalysts are the *unsung heroes* of modern manufacturing—shaping everything from the fuel in our cars to the materials in our homes. Below, we explore some of the most important catalytic processes that keep global industry running.

## 1. Hydrogen Production through Steam Methane Reforming (SMR)

### The workhorse of hydrogen technology

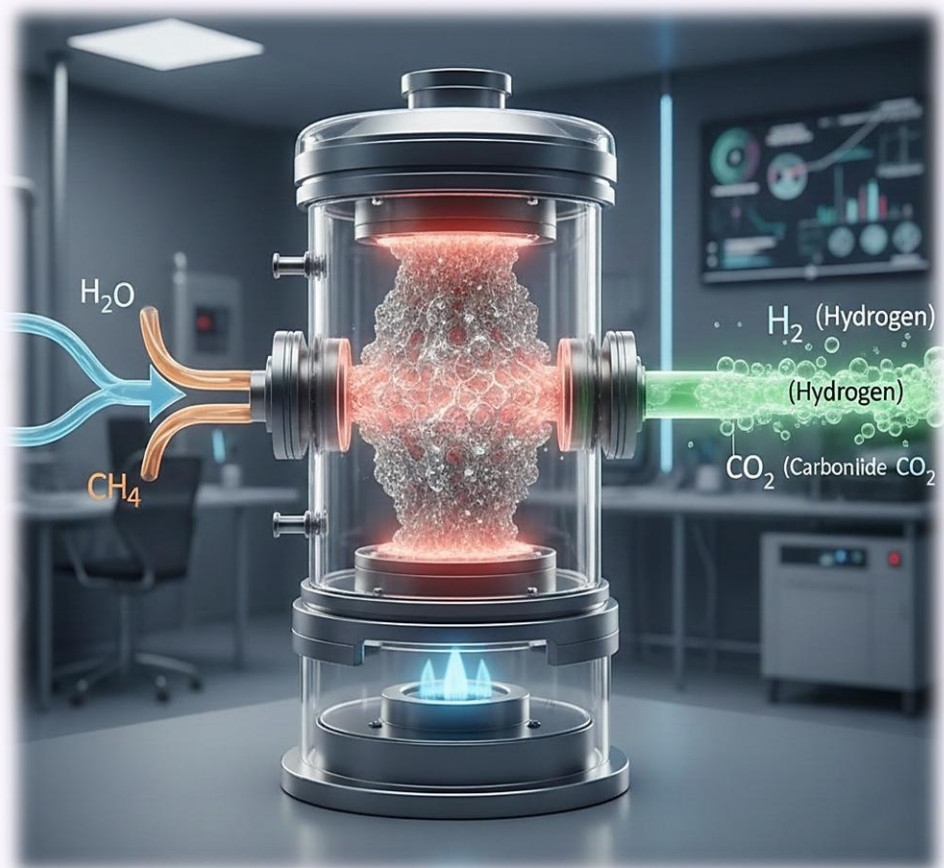
Hydrogen is the lifeblood of countless industries—from ammonia and methanol production to refinery operations. And the world's primary method for producing it is **steam methane reforming (SMR)**.

In this process, methane reacts with steam at high temperatures in the presence of a **nickel-based catalyst supported on alumina**. Under moderate operating conditions (250–650 °C), the reaction can achieve **up to 99% methane conversion**, and hydrogen purity around **80%**.

Increasing the steam-to-methane ratio boosts hydrogen yield while reducing carbon monoxide formation. The main challenge is catalyst deactivation—especially through nickel oxidation or carbon deposition—making catalyst stability a crucial performance factor.

### Industrial Impact:

Optimizing catalyst performance and process temperature helps petrochemical plants reduce costs, improve safety, and maximize hydrogen output.

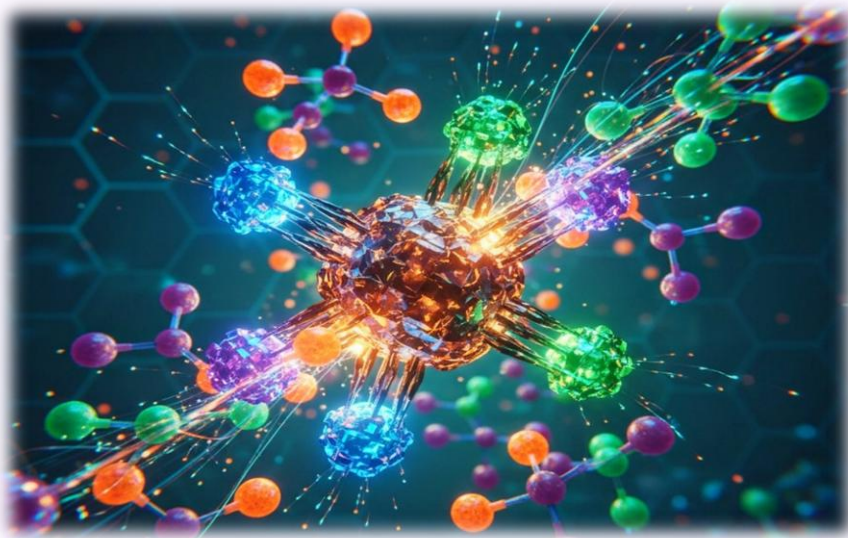


## 2. DNA as a Catalyst in Electron Transfer Reactions

### Where chemistry meets biotechnology

In a fascinating intersection of chemistry and biology, DNA can act as a **biocatalyst** in electron transfer reactions. This capability plays an important role in detecting peroxides and free radicals—key indicators in biological, pharmaceutical, and food industry processes.

However, heavy metals such as nickel and lead can inhibit these reactions by absorbing electrons, which also explains part of their cellular toxicity.



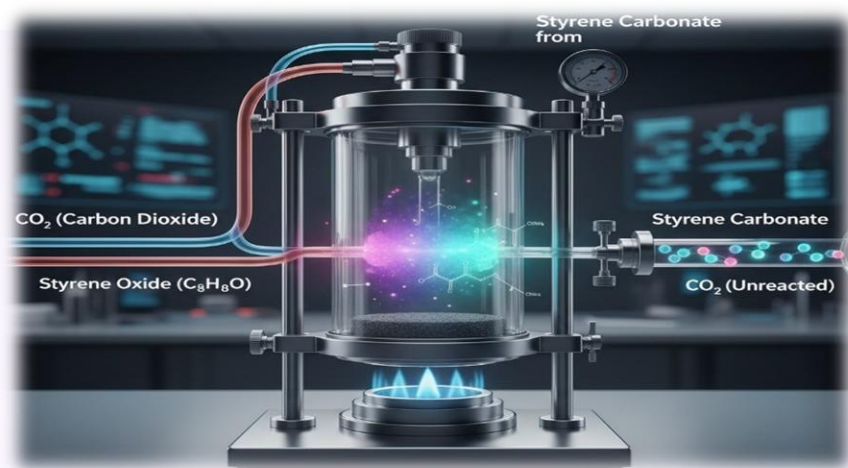
### Industrial Impact:

This knowledge enables the development of advanced biosensors for monitoring contaminants in pharmaceuticals, food products, and environmental systems.

## 3. Turning CO<sub>2</sub> into Value: Producing Styrene Carbonate

Styrene carbonate is an increasingly important compound used in biodegradable polymer production, green solvents, and specialty chemical formulations.

One efficient route for synthesizing it involves the reaction of **carbon dioxide** with **styrene oxide**, using catalysts such



as  $Ni(acetylacetonate)_2$  or  $Co(acetylacetonate)_2$ , combined with organic nucleophiles. Under relatively mild conditions (80 °C, 80 atm), yields can reach **up to 92%**.

This reaction not only produces a valuable compound but also uses CO<sub>2</sub> as a **cheap, renewable feedstock**, supporting the global movement toward carbon capture and utilization.

### Industrial Impact:

A practical pathway for using CO<sub>2</sub> in high-value chemistry—a win for both industry and sustainability.'

## 4. Propane Dehydrogenation (PDH) for Propylene Production

### Meeting the world's demand for propylene

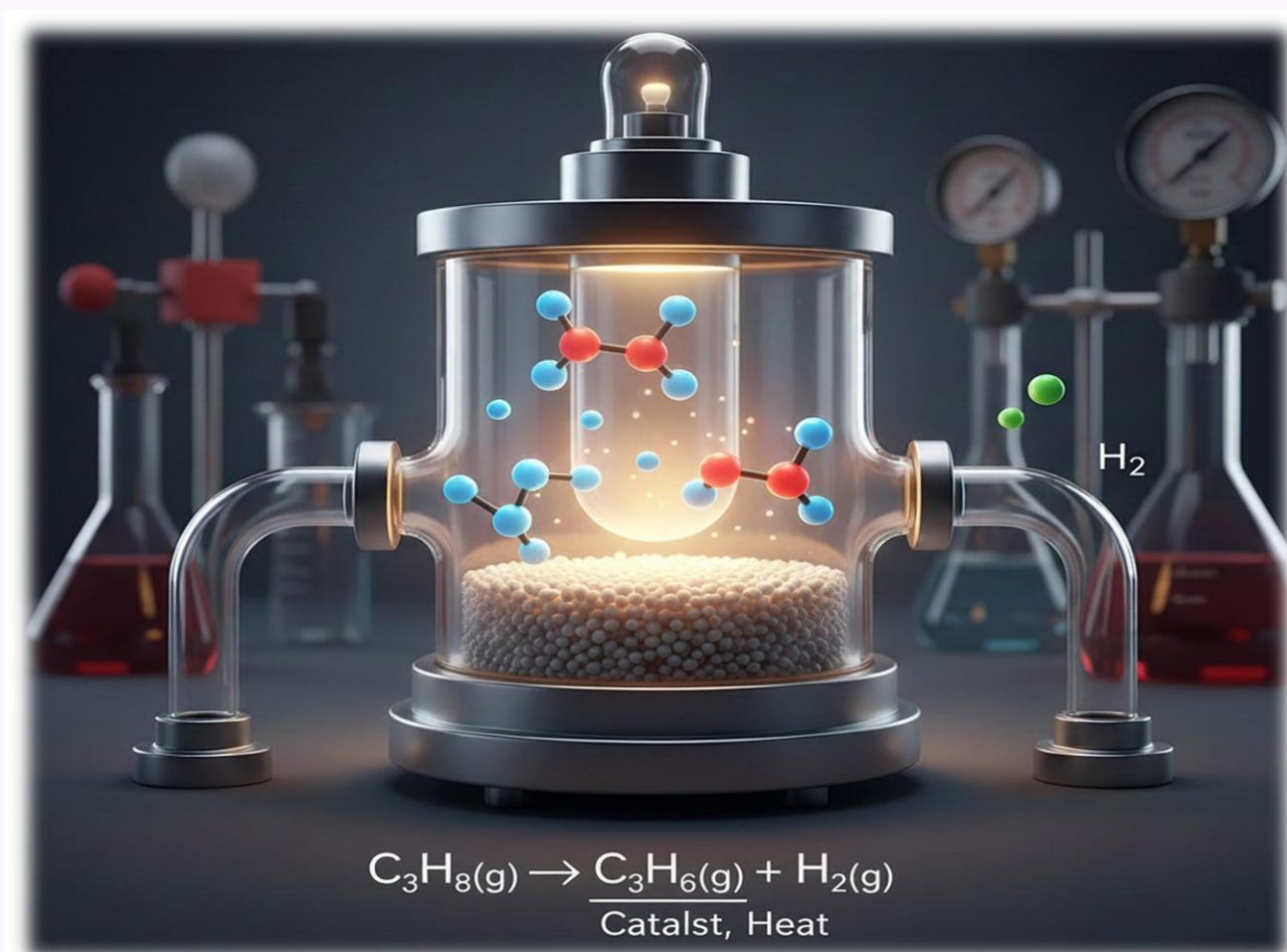
Propylene is a cornerstone of modern materials, used in polypropylene plastics, paints, solvents, and automotive components.

Traditionally produced via steam cracking, propylene is now increasingly sourced through **Propane Dehydrogenation (PDH)**—a more direct and efficient route. The process relies on robust catalysts such as **Platinum–Tin (Pt–Sn)** and **Chromium Oxide (CrOx)**.

Technologies like **Oleflex** and **Catofin** utilize these catalysts in moving or fixed-bed reactors.

While efficient, PDH still faces industrial challenges:

- High energy consumption
- Coke formation on catalysts
- Thermodynamic limitations at high temperatures



### Industrial Impact:

Choosing the optimal catalyst and PDH technology is essential for maximizing propylene yield, reducing energy costs, and extending catalyst life in petrochemical complexes.

# The Footprint of Chemistry in Life, Beauty, and Nutrition

Chemistry is often imagined as the work of lab coats, glassware, and equations—but in reality, it quietly shapes some of the most personal aspects of our everyday lives. From the nutrients in our breakfast to the creams on our skin, chemistry sits behind the scenes, engineering comfort, health, and beauty.

Recent advances in biotechnology and nanotechnology have pushed these boundaries even further. In this article, we explore three areas where chemistry meets daily life in exciting and innovative ways: **functional foods**, **nanotechnology in cosmetics**, and **biosurfactants as green alternatives**.

## Functional Foods: Nutrition That Works Smarter

Food is no longer just fuel—it has become a tool for promoting health, improving immunity, and preventing chronic disease. Functional foods are designed with added benefits beyond basic nutrition. They may contain probiotics, fiber, antioxidants, vitamins, and plant bioactives.

Studies show that consumer acceptance depends on factors like flavor, age, lifestyle, affordability, and the scientific credibility of health claims. People especially prefer functional ingredients delivered in familiar, "healthy-seeming" carriers—such as yogurts, cereals, and natural beverages.



### Why it matters:

As rates of lifestyle-related diseases rise, functional foods are becoming a powerful bridge between nutrition and medicine.

## Nanotechnology in Cosmetics and Personal Care

The beauty and skincare industry has undergone a technological transformation. Today, many cosmetic products rely on **nanocarriers**—ultra-small delivery systems that help active ingredients penetrate deeper into the skin.

Common nanocarriers include **liposomes**, **solid lipid nanoparticles (SLNs)**, and **ethosomes**.

These systems offer several advantages:

- Improved absorption of active ingredients
- Controlled and sustained release
- Greater stability
- Reduced skin irritation
- Better biocompatibility



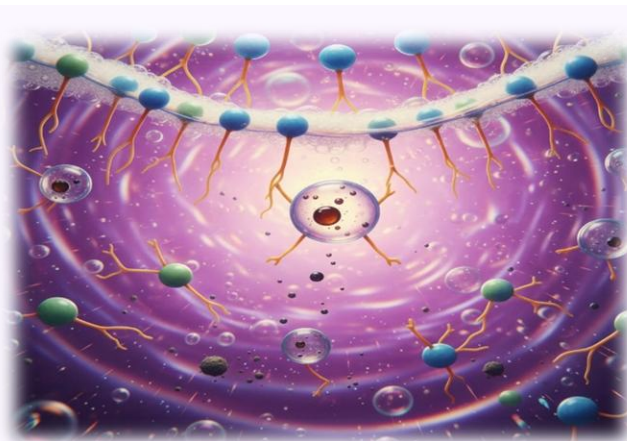
Clinical studies highlight products enriched with nanocarriers—such as **resveratrol-loaded lipid nanoparticles**—which demonstrate far higher performance compared to conventional creams.

#### **Why it matters:**

Nanotechnology is redefining skincare effectiveness, turning everyday products into high-performance treatments.

#### **Biosurfactants: Nature's Answer to Traditional Chemicals**

Biosurfactants are amphiphilic compounds produced by microorganisms, plants, or animals. They find applications across various industries due to their ability to reduce surface tension, facilitate emulsification, and tolerate diverse environmental conditions. Compared to chemical surfactants, biosurfactants are more biodegradable, less toxic, and more stable. Types such as rhamnolipids, surfactin, and emulsan are utilized in sectors including petroleum, pharmaceuticals, cosmetics, detergents, and agriculture. Despite challenges such as high production costs, the use of inexpensive substrates like molasses and vegetable oils can support cost-effective industrial-scale production.



#### **Why it matters:**

Biosurfactants are at the forefront of green chemistry, promising a future where cleaning agents and cosmetic ingredients are both effective and environmentally responsible.

# The Future of Industrial Chemistry: Artificial Intelligence and Clean Energy

We are living through the **Fourth Industrial Revolution**—an era defined by artificial intelligence, advanced robotics, genetic engineering, and automated manufacturing. Among the industries being reshaped most rapidly is chemical production, where AI is redefining how we design molecules, run factories, and build cleaner technologies.

AI doesn't simply automate tasks. It learns from data, adapts to changing conditions, predicts failures before they occur, and helps chemists spot greener, more efficient pathways. The result? Smarter production, safer operations, and a dramatically lower environmental footprint.



## How AI Is Transforming Chemical Production

Chemistry demands precision—whether in academic labs or industrial reactors. Even experienced chemists can introduce subtle variations, leading to inconsistent results. At the industrial scale, these variations can translate into major financial losses, safety hazards, or product quality issues.

AI changes that.

By analyzing massive datasets generated throughout the production cycle, AI systems can:

- Optimize reaction conditions
- Minimize waste
- Identify impurities in real time
- Adjust parameters automatically
- Learn from every batch to improve the next

In a simple mixing process, for example, an AI model can continuously monitor concentrations, detect impurities, and automatically adjust ratios to maintain exact standards—ensuring reproducibility that far surpasses manual control.

This precision dramatically improves both **material efficiency** and **energy efficiency**, aligning chemical manufacturing with global sustainability goals.

## Where AI Is Already Being Used in the Chemical Industry

Today, AI is being deployed in four major sectors of chemical production:

### 1. Research & Development (R&D)

Discovering new molecules or materials traditionally requires years of trial and error. AI accelerates this by predicting molecular structures, reaction outcomes, and synthesis pathways—even screening millions of chemical combinations in seconds.

This is especially transformative in pharmaceutical chemistry, where vast chemical spaces must be explored to find effective drug candidates.

## 2. Chemical Manufacturing

AI-enabled plants continuously collect and analyze data from sensors, reactors, and supply chains. This creates **self-improving** manufacturing systems capable of optimizing reactions in real time, reducing raw material usage, cutting emissions, lowering energy consumption, and predicting when equipment needs maintenance.

The "smart factory" is no longer theoretical—it is becoming the new norm.

## 3. Accident Prediction & Emergency Planning

Chemical plants operate under high temperatures, pressures, and hazardous conditions. AI-powered predictive models can simulate equipment failure, dangerous reaction hotspots, worker safety risks, and chemical leak scenarios.

This allows safety teams to intervene **before** accidents occur.

## 4. Risk Management & Assessment

AI identifies hidden patterns in complex data—helping companies design more effective safety policies, optimize supply chains, and prevent disruptions. The result is a more resilient and responsive industrial ecosystem.

### Major Advantages of AI Integration

When applied strategically, AI offers powerful benefits across the entire chemical value chain:

- **Greater Productivity**—faster reactions, fewer errors
- **Enhanced Optimization**—fine-tuned conditions for maximum yield
- **Predictive Maintenance**—preventing costly plant shutdowns
- **Stronger Quality Control**—consistent, high-purity products
- **Reduced Environmental Impact**—lower waste and resource use
- **Lower Operational Costs**—smarter use of materials and energy

AI is not replacing chemists—it is empowering them, offering new insights and tools that make chemical production cleaner, safer, and more efficient than ever before.

# Chemical Industry Update — October 2025: Navigating Volatility and Innovation

The chemical industry enters the final quarter of 2025 facing a blend of challenges and opportunities that reflect a rapidly evolving global landscape. Overcapacity in key markets, shifting geopolitical dynamics, and the intensifying push toward sustainable production have shaped this month's most important developments.

## Asia's Overcapacity Reaches New Highs

China continues to dominate the headlines with a **93% surplus** in key products including epichlorohydrin, PA66, and ethylene. This flood of supply has forced many Western companies to step back from unprofitable segments—a sign of how drastically the global balance of chemical production is shifting.

## Geopolitics Reshapes Trade

- China's decision to **ease export restrictions on rare earth elements** has eased pressure on global supply chains, benefiting manufacturers of bio-based materials and polyester intermediates—both crucial for electronics and electric vehicle batteries.
- Meanwhile, **Russia and Iran** have taken bold steps toward dedollarization, now conducting roughly **80% of their bilateral trade** in non-dollar currencies, with chemical products included. This shift is reshaping regional trade flows and signaling a move toward greater economic independence amid sanctions.

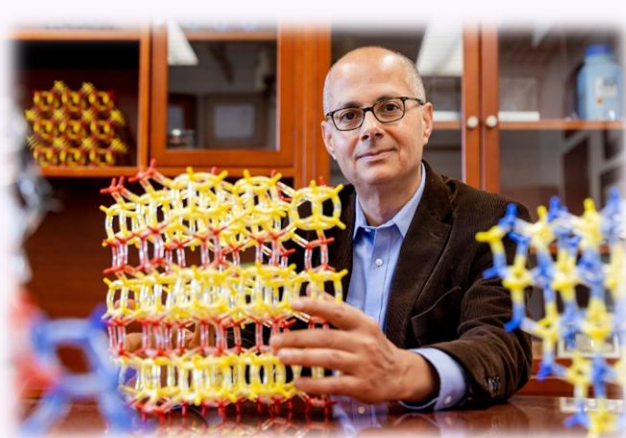
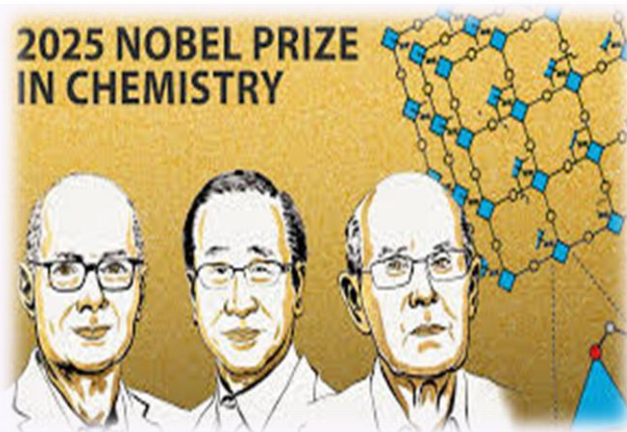
## Renewables Surpass Coal Worldwide

For the first time, global energy statistics show renewables overtaking coal in electricity generation. This milestone supports the transition away from fossil-based feedstocks and fuels a growing market for bio-based chemicals like PHA/PLA polymers and fatty-acid derivatives.



## 2025 Nobel Prize in Chemistry: Pioneers of Molecular Frameworks

The 2025 Nobel Prize in Chemistry was awarded jointly to Susumu Kitagawa, Richard Robson, and Omar M. Yaghi for the development of a new class of molecular architecture known as Metal–Organic Frameworks (MOFs). These scientists demonstrated how metal ions can serve as structural "nodes" connected by organic (carbon-based) linkers, building crystalline frameworks that contain large internal cavities. Such frameworks allow gases and other chemical species to flow, be stored, separated, or released—effectively creating materials with internal "rooms" tailored to specific chemical functions.



The significance of their work lies in the remarkable versatility and tunability of MOFs: by selecting different metals and organic linkers, chemists can design frameworks to capture greenhouse gases such as carbon dioxide, harvest water even from arid air, store hydrogen or methane fuel, or catalyze chemical reactions—thereby addressing critical challenges in clean energy, environmental remediation, and sustainable resource management. Moreover, the development of MOFs marks a paradigm shift in materials chemistry: instead of merely discovering

new molecules, the laureates invented a systematic approach to build extended, porous molecular architectures with programmable properties—which opens vast new avenues for tailor-made materials and functional systems.



# A British Company Achieves Ton-Scale MOF Production

In a major industrial milestone, **Promethean Particles**, a UK-based company, has succeeded in producing MOFs at the **ton scale** using an innovative continuous-flow solvothermal reactor.

## Why This Matters

MOFs have enormous potential, but their commercial use has long been limited by the difficulty of scaling up production. Promethean's method dramatically reduces reaction times and costs—bringing MOFs one step closer to widespread adoption in sectors such as gas separation, water harvesting, catalysis, and energy storage.

## Expert Insights

David Fairen Jimenez of the University of Cambridge—a MOF specialist and company founder—notes that scale-up is often seen as a major barrier, but with proper process engineering, it is achievable. The real challenge lies in keeping production consistent, affordable, and customizable for different applications.

Promethean's process also emphasizes the importance of **post-processing**, such as shaping MOFs into usable forms—a surprisingly costly step that heavily influences final product performance.



# Breakthrough in Adhesion Chemistry Promises Cleaner Fuels

A cutting-edge new study has provided scientists with a clearer understanding of how **carbon monoxide (CO)** sticks to catalyst surfaces during CO<sub>2</sub> conversion—a key step toward developing cleaner fuels like methanol and ethanol.

Researchers used an advanced electrochemical technique to measure **CO adsorption energy**, revealing how variables such as catalyst composition, electrode potential, and surface structure affect reaction outcomes. This marks a significant milestone because, until now, capturing this information under real reaction conditions was nearly impossible.



## What They Found

- CO binds with similar strength to **gold** and **copper**, **but only copper** can convert CO<sub>2</sub> into multi-carbon fuels—a surprising discovery that challenges existing assumptions.
- The new method is simple, accessible, and adaptable to many catalyst types.

This breakthrough opens the door to designing more efficient catalysts for carbon conversion, potentially transforming CO<sub>2</sub> from a waste product into a valuable resource. The findings were recently published in *Nature Catalysis*.

# Introduction to Chemistry Software

In today's fast-paced world, technology is woven into nearly every aspect of our lives. From everyday tasks to advanced scientific research, software tools have become essential—and chemistry is no exception. A wide range of applications now supports students, researchers, and professors, covering everything from introductory concepts to highly specialized techniques. With the right tools at hand, users can work faster, smarter, and with far greater precision.

Below is an introduction to one particularly practical and user-friendly laboratory software:

## Lab.Hacks

Lab.Hacks is a versatile digital assistant designed to simplify daily lab work. Packed with a variety of tools, it brings convenience and accuracy to the bench through features such as a specialized calculator, stopwatch and timer, unit conversion tools, and solution and buffer preparation guides.

### Key features of Lab.Hacks:

#### 1. Chemistry Calculator

- Performs dilution and solution-preparation calculations
- Converts units across mass, time, volume, concentration, temperature, pressure, frequency, and energy
- Helps eliminate common calculation errors

#### 2. Buffer and Stock/Master Mix Preparation

- Offers ready-to-use recipes for commonly used buffers
- Provides step-by-step preparation instructions
- Gives guidance on storage, stability, and handling
- Allows users to create and save custom buffer recipes in a personal library

#### 3. Timer and Stopwatch

- Ideal for tracking experiments requiring precise timing
- Helps maintain consistency and accuracy across repeated trials

#### 4. User-Friendly Interface

- Intuitive, simple, and efficient—suitable for both beginners and advanced users

Lab.Hacks streamlines essential lab processes, making work faster, more accurate, and far more organized. It is particularly valuable for anyone routinely preparing solutions, managing buffers, or keeping track of timed procedures.



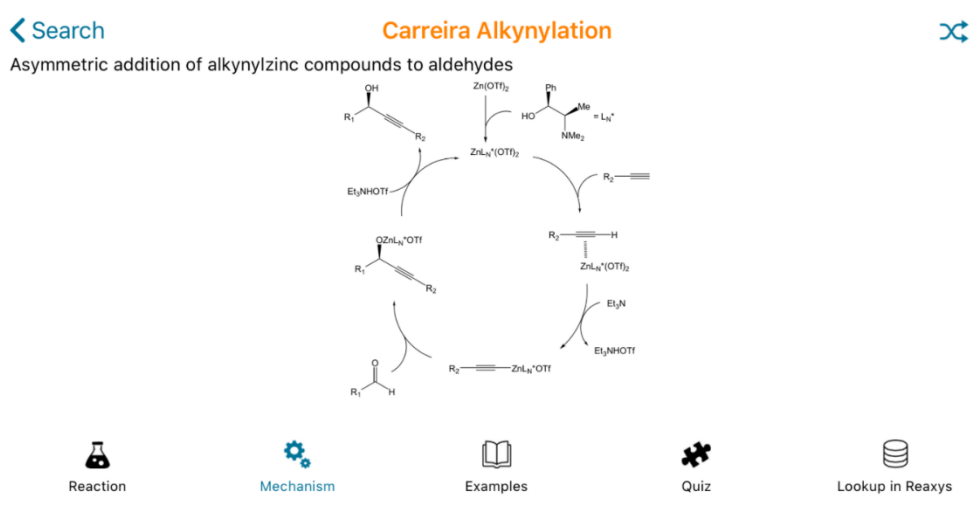
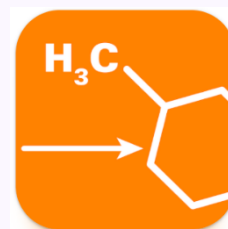
The software also includes educational posts and practical guidelines on topics such as proper equipment usage, temperature control, and general lab best practices—all aimed at improving efficiency and reducing human error.

These insights extend beyond chemistry, offering helpful resources for biology students as well, including information on cell culture techniques, gel preparation, and DNA sequencing.

Additionally, Lab.Hacks contains quick-reference charts and tables on DNA and RNA, amino acids, and codons.

## Reaction Flash

Reaction Flash is another powerful chemistry tool, particularly useful for students and researchers exploring organic chemistry. It features **1,260 organic reactions**, organized as interactive flashcards, each clearly labeled as easy or hard.



For every reaction, the software offers a detailed breakdown of reactants and products, step-by-step reaction mechanisms, and clear visualizations to strengthen understanding.

To reinforce learning, Reaction Flash includes quizzes for each reaction, accompanied by a color-coded system to help users track their mastery and identify areas needing improvement.

But it doesn't stop at memorization. The app also provides deeper academic insights—users can explore research articles that apply each reaction, helping them understand real-world relevance. Furthermore, Reaction Flash offers access to the **Reaxys database**, an invaluable resource packed with information on reaction conditions, chemical structures, synthesis pathways, and more.

Occasional Journal of the Scientific-Student Association of  
Industrial Chemistry, University of Tabriz;

Year One – Vol One – Fall 2025

# Photon

