Meta Chem

گاهنامه علمی مـتاکـم

سال اول / شماره دوم / ۳۰ آذر 1404

ویژه شب یلدا



Meta Chem

گاهنامه علمی متاکم

جلد اول / شماره دوم / ۳۰ آذر۱۴۰۴

صاحب امتیاز

مهندس مهدی امینی (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک تبدیل انرژی - کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - کاتالیست)

سردبیر

شیما شعبانی (دانشجوی دکتری شیمی آلی)
غزاله رنجبر (دانشجوی دکتری نانو)

مدیر مسئول

شیما شعبانی (دانشجوی دکتری شیمی آلی)

مدیران اجرایی

یاسین سرپله (دانشجوی کارشناسی ارشد کاتالیست)
محمد کعبی (دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی)
محمد امین ذکاری (دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی)

تیم طراحی

مهندس رامتین قیامی (دانشجوی کارشناسی ارشد داده‌کاوی)
سیمین بهرامی (دانشجوی کارشناسی رشته شیمی)
زهرا مقصودی (دانشجوی کارشناسی رشته شیمی)
رها دوست محمدی (دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی)
زینب رحیمیان (دانشجوی کارشناسی رشته شیمی)

تیم ویراستاری

شیما شعبانی (دانشجوی دکتری شیمی آلی)
سید محمد امین داعی ناصری (دانشجوی دکتری نانوشیمی)
پوریا تفرشی (دانشجوی کارشناسی ارشد کاتالیست)

هیئت نظارت

دکتر محسن اشجاری (عضو هیئت علمی گروه مهندسی شیمی)
دکتر مسعود خواجه‌نوری (عضو هیئت علمی و مدیر گروه مهندسی شیمی)
دکتر زهرا شعبانی(استاد دانشگاه/ دکتری مهندسی شیمی)
مهندس پگاه ایزدی (مهندسی بازرسی فنی)
مهندس محمد علی موسوی (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی-صنایع گاز)
مهندس امیر حسین رجبی (مهندسی مکانیک)
دکتر سید مهدی موسوی بفروئیه (عضو هیئت علمی گروه شیمی)
دکتر محسن مرادیان (عضو هیئت علمی گروه شیمی)
دکتر طاهره نعمتیان(استاد دانشگاه/ دکتری شیمی)
دکتر سید محمد موسوی خطاط (استاد دانشگاه/ دکتری نانو)
زهرا ولیمحمدی (دانشجوی دکتری نانوشیمی)
سید محمد امین داعی ناصری (دانشجوی دکتری نانوشیمی)
مهندس محسن یعقوبیان (دانشجوی دکتری مهندسی شیمی)
مهندس احمد مومنی (دانشجوی دکتری مکانیک)

هیئت تحریریه

مهندسی شیمی:
مهدی امینی (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)
پوریا تفرشی (دانشجوی کارشناسی ارشد کاتالیست)
زهرا جمالی (دانشجوی کارشناسی ارشد کاتالیست)
یاسین سرپله (دانشجوی کارشناسی ارشد کاتالیست)
محمدرضا خلیلی ورزنه (دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی)

شیمی:
عبدالحمید دهقانی (دانشجوی دکتری شیمی)
شیما شعبانی (دانشجوی دکتری شیمی آلی)
اعظم مؤذنی (دانشجوی دکتری شیمی آلی)

نانوشیمی:
سید محمد امین داعی ناصری (دانشجوی دکتری نانوشیمی)
شیما براتی (دانشجوی دکتری نانوشیمی)
دکتر محمدرضا زرگران خوزانی (دکتری اگروتکنولوژی)
فریبا فتوکی (دانشجوی دکتری نانوشیمی)
مهسا اکبری توبن (دانشجوی دکتری نانوشیمی)
مریم رضائی (دانشجوی کارشناسی ارشد نانو شیمی)

فهرست محتوا

هوش مصنوعی در شیمی

کاربرد های هوش مصنوعی کوانتومی در علم شیمی ---- ۴

طراحی دارو های نانو با کمک هوش مصنوعی ---------- ۶

نقش شیمی در آینده ای پاک

مهندسی شیمی سبز(گامی به سوی آینده) ---- ۸

فتوکاتالیز: واکنشی از نور،امیدی برای آینده ای پاک ---------- ۱۰

تاریخچه و نقش تحول آفرین نانو مواد در آینده انرژی ---------- ۱۲

ناترازی انرژی

ناترازی انرژی در جهان ---------- ۱۴

مقایسه علمی

نبرد سرامیک و پلیمردر عمق دریا: نگاهی به پوشش های پیزوالکتریک در بدنه زیردریایی ها --- ۱۶

شگفتی های نانوتکنولوژی در صنعت

نانو ربات های جراح: لشکر میکروسکوپی که آینده پزشکی را متحول می کنند ---- ۱۸

مدیریت نوین چاه های نفت با استفاده از موادچند منظوره و فناوری نانوحباب ها ---- ۲۰

تازه های علم شیمی

تازه های علم شیمی ---------- ۲۲

آیا میدانستید؟

آیا میدانستید؟؟ ---------- ۲۴

پیشنهادات ---------- ۲۶

کاربردهای هوش مصنوعی کوانتومی در علم شیمی



نویسنده : محمدرضا زرگران خوزانی

شیمی به عنوان یکی از علوم پایه، همواره به ابزارهای محاسباتی پیشرفته برای درک پدیده‌های مولکولی و پیش‌بینی رفتار مواد نیاز داشته است. روش‌های سنتی شیمی محاسباتی مانند نظریه تابعی چگالی (DFT) و روش‌های مبتنی بر نظریه موج الکترونی، با وجود دقت قابل قبول، با محدودیت‌های محاسباتی جدی در مواجهه با سیستم‌های بزرگ و پیچیده روبرو هستند. ظهور رایانش کوانتومی و هوش مصنوعی کوانتومی راه‌حلی نویدبخش برای غلبه بر این محدودیت‌ها ارائه داده است. هوش مصنوعی کوانتومی ترکیبی از الگوریتم‌های یادگیری ماشین کلاسیک و معماری‌های محاسباتی کوانتومی است که قادر به پردازش اطلاعات با سرعت و ظرفیت بسیار بالاتری نسبت به سیستم‌های کلاسیک می‌باشد. در حوزه شیمی، این فناوری کاربردهای گسترده‌ای از شبیه‌سازی دقیق مولکول‌ها تا طراحی مواد هوشمند پیدا کرده است.

چارچوب نظری هوش مصنوعی کوانتومی در شیمی (مبانی رایانش کوانتومی)

رایانه‌های کوانتومی بر اساس اصول مکانیک کوانتومی عمل می‌کنند و از کیوبیت‌ها (bits کوانتومی) به جای بیت‌های کلاسیک استفاده می‌کنند. کیوبیت‌ها می‌توانند در حالت برهم‌نهی کوانتومی قرار گیرند و با پدیده درهم‌تنیدگی کوانتومی، قدرت محاسباتی نمایی را فراهم آورند. این ویژگی‌ها برای شبیه‌سازی سیستم‌های کوانتومی مانند مولکول‌ها و واکنش‌های شیمیایی بسیار حیاتی هستند، زیرا خود سیستم‌های شیمیایی از قوانین مکانیک کوانتومی پیروی می‌کنند.

الگوریتم‌های کلیدی در شیمی کوانتومی

الگوریتم ویژه‌های انرژی کوانتومی (VQE) و برآورد فاز کوانتومی (QPE) از مهم‌ترین الگوریتم‌های مورد استفاده در شیمی کوانتومی هستند. VQE یک الگوریتم هیبریدی کوانتومی-کلاسیک است که برای یافتن حداقل انرژی همیلتونی مولکولی استفاده می‌شود و به دلیل نیاز کمتر به منابع کوانتومی، برای سخت‌افزارهای فعلی مناسب است. این الگوریتم‌ها قادر به محاسبه خواص الکترونی مولکول‌ها با دقتی هستند که با روش‌های کلاسیک غیرقابل دستیابی است.

کاربردهای هوش مصنوعی کوانتومی در شیمی (شبیه‌سازی مولکولی پیشرفته)

یکی از مهم‌ترین کاربردهای هوش مصنوعی کوانتومی در شیمی، شبیه‌سازی دقیق ساختار و خواص مولکول‌هاست. روش‌های کوانتومی قادر به مدل‌سازی سیستم‌هایی هستند که با روش‌های کلاسیک به دلیل پیچیدگی محاسباتی غیرقابل شبیه‌سازی بوده‌اند. به عنوان مثال، شبیه‌سازی واکنش‌های کاتالیستی در فرآیندهای صنعتی یا مطالعه مکانیسم‌های آنزیمی در سیستم‌های بیولوژیکی.

کشف دارو و طراحی مولکول‌های جدید

هوش مصنوعی کوانتومی تحولی در فرآیند کشف دارو ایجاد کرده است. با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین کوانتومی، محققان قادر به غربالگری میلیون‌ها مولکول بالقوه برای یافتن ترکیبات مؤثر در برابر بیماری‌های خاص هستند. این روش‌ها نه تنها سرعت فرآیند کشف دارو را افزایش می‌دهند، بلکه دقت پیش‌بینی‌های مربوط به سازگاری دارو-هدف و سمیت را نیز بهبود می‌بخشند. به عنوان مثال، شرکت IBM و دانشگاه کالیفرنیا در تحقیقات مشترکی موفق به استفاده از پردازش کوانتومی برای طراحی مولکول‌های ضدسرطان با ویژگی‌های بهینه شده شدند که در مقایسه با روش‌های سنتی، زمان تحقیق را از چندین سال به چند هفته کاهش داد.

طراحی مواد پیشرفته

در حوزه مواد شناسی، هوش مصنوعی کوانتومی به طراحی مواد جدید با خواص مطلوب کمک شایانی کرده است. شبیه‌سازی خواص الکترونی، مغناطیسی و نوری مواد در سطح کوانتومی امکان طراحی کاتالیست‌های کارآمدتر، باتری‌های با ظرفیت بالاتر و مواد نیمه‌هادی پیشرفته را فراهم می‌آورد. تحقیقات انجام شده در مؤسسه فناوری ماساچوست (MIT) نشان داده‌اند که استفاده از الگوریتم‌های کوانتومی برای طراحی کاتالیست‌های الکترولیز آب، بازده انرژی را تا 30 درصد بهبود بخشیده و هزینه‌های تولید هیدروژن سبز را کاهش داده است.

چالش‌ها و محدودیت‌ها (محدودیت‌های سخت‌افزاری)

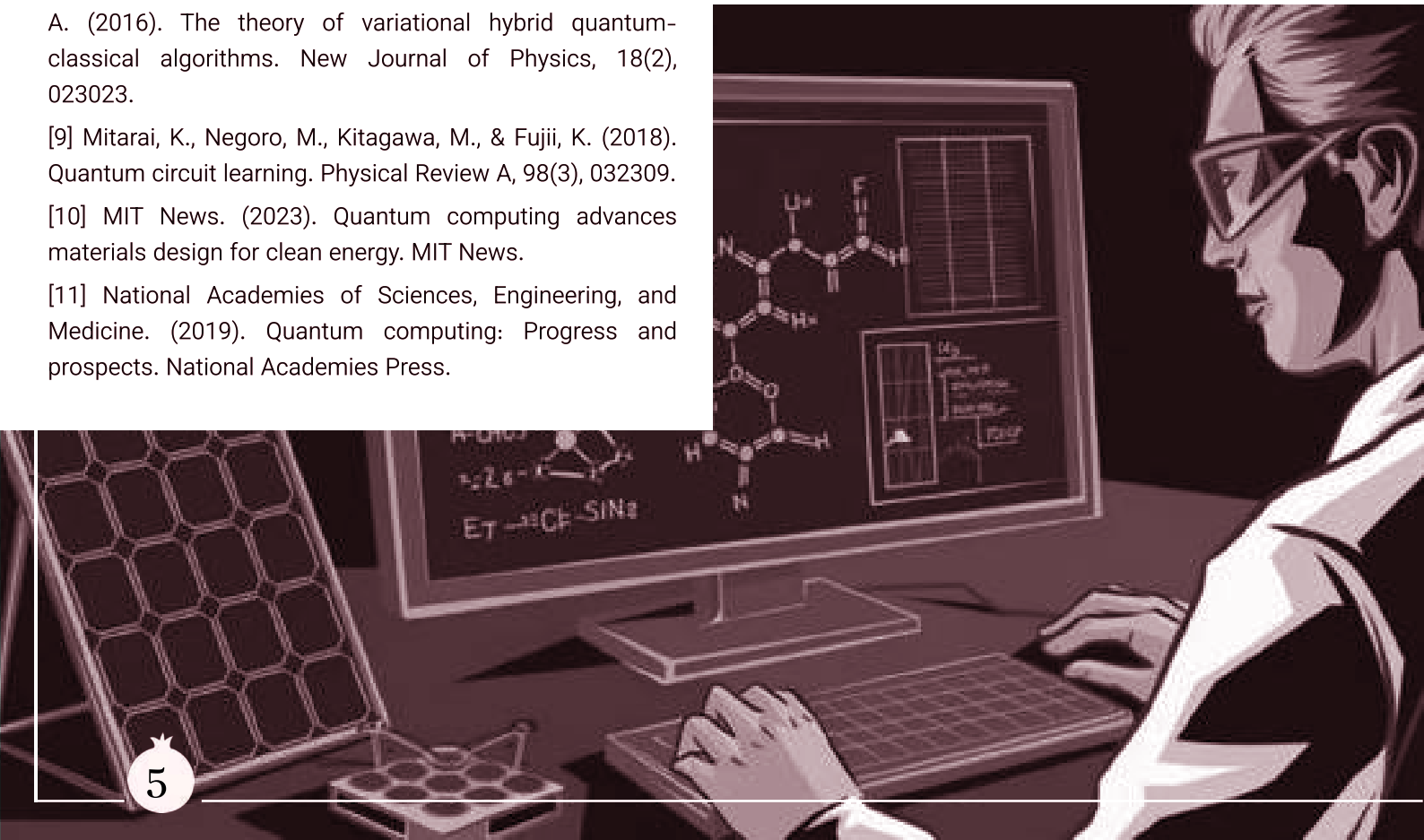
اگرچه پتانسیل هوش مصنوعی کوانتومی چشمگیر است، اما چالش‌های جدی در مسیر تحقق عملی آن وجود دارد. سخت‌افزارهای کوانتومی فعلی دارای تعداد محدودی کیوبیت هستند و با خطاهای کوانتومی بالا روبرو می‌شوند. تعداد کیوبیت‌های مورد نیاز برای شبیه‌سازی مولکول‌های بیولوژیکی پیچیده می‌تواند به هزاران کیوبیت برسد، در حالی که سیستم‌های فعلی تنها دارای چند صد کیوبیت با کیفیت مناسب هستند.

چالش‌های نرم‌افزاری و الگوریتمی

طراحی الگوریتم‌های کارآمد کوانتومی برای مسائل شیمیایی پیچیده هنوز یک چالش مهم است. کاهش عمق مدارهای کوانتومی، مدیریت خطاهای کوانتومی و بهینه‌سازی پارامترها از مسائلی هستند که نیاز به تحقیقات بیشتری دارند. علاوه بر این، انتقال دانش از حوزه شیمی به حوزه کوانتوم و بالعکس نیازمند همکاری نزدیک بین متخصصان این دو رشته است.

آینده‌نگری

با پیشرفت سخت‌افزارهای کوانتومی و بهبود الگوریتم‌ها، انتظار می‌رود که هوش مصنوعی کوانتومی در دهه آینده تحولات اساسی در شیمی ایجاد کند. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰، سیستم‌های کوانتومی با چند هزار کیوبیت کاربردی شده و قادر به شبیه‌سازی مولکول‌های دارویی و کاتالیست‌های صنعتی با دقت بالا باشند. ادغام هوش مصنوعی کوانتومی با روش‌های محاسباتی کلاسیک نیز به عنوان یک رویکرد ترکیبی (هیبریدی) می‌تواند راه‌حلی عملی برای غلبه بر محدودیت‌های فعلی باشد. در این رویکرد، بخش‌های محاسباتی سنگین با رایانه کوانتومی و بخش‌های ساده‌تر با سیستم‌های کلاسیک پردازش می‌شوند. هوش مصنوعی کوانتومی نه تنها یک فناوری نوظهور، بلکه انقلابی در روش‌شناسی تحقیقات شیمیایی محسوب می‌شود. این فناوری با ارائه ابزارهای محاسباتی با قدرت بی‌سابقه، امکان درک عمیق‌تر پدیده‌های شیمیایی و طراحی هوشمند مواد و داروهای جدید را فراهم می‌آورد. با وجود چالش‌های موجود، پیشرفت‌های سریع در این حوزه نشان‌دهنده پتانسیل تحول‌آفرین آن در علوم پایه به ویژه شیمی است. همکاری بین‌رشته‌ای بین شیمیدانان، فیزیک‌دانان کوانتومی و متخصصان علوم کامپیوتر کلید موفقیت در این مسیر خواهد بود.



منابع

[1] Arute, F., Arya, K., Babbush, R., Bacon, D., Bardin, J. C., Barends, R., ... & Martinis, J. M. (2020). Hartree-Fock on a superconducting qubit quantum computer. Science, 369(6507), 1084-1089.

[2] Biamonte, J., Wittek, P., Pancotti, N., Rebentrost, P., Wiebe, N., & Lloyd, S. (2017). Quantum machine learning. Nature, 549(7671), 195-202.

[3] Bojadziev, S., Alperin-Lea, D., & Cao, Y. (2021). Quantum computing for quantum chemistry: A review. Journal of Chemical Theory and Computation, 17(3), 1667-1683.

[4] Cao, Y., Romero, J., Olson, J. P., Degroote, M., Johnson, P. D., Kieferová, M., ... & Aspuru-Guzik, A. (2019). Quantum chemistry in the age of quantum computing. Chemical Reviews, 119(19), 10856-10915.

[5] Cerezo, M., Arrasmith, A., Babbush, R., Benjamin, S. C., Endo, S., Fujii, K., ... & Coles, P. J. (2021). Variational quantum algorithms. Nature Reviews Physics, 3(9), 625-644.

[6] IBM Research. (2022). Quantum computing accelerates drug discovery for cancer treatment. IBM Research Blog.

[7] Kandala, A., Mezzacapo, A., Temme, K., Takita, M., Brink, M., Chow, J. M., & Gambetta, J. M. (2017). Hardware-efficient variational quantum eigensolver for small molecules and quantum magnets. Nature, 549(7671), 242-246.

[8] McClean, J. R., Romero, J., Babbush, R., & Aspuru-Guzik, A. (2016). The theory of variational hybrid quantum-classical algorithms. New Journal of Physics, 18(2), 023023.

[9] Mitarai, K., Negoro, M., Kitagawa, M., & Fujii, K. (2018). Quantum circuit learning. Physical Review A, 98(3), 032309.

[10] MIT News. (2023). Quantum computing advances materials design for clean energy. MIT News.

[11] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). Quantum computing: Progress and prospects. National Academies Press.

طراحی داروهای نانو با کمک هوش مصنوعی



نویسنده : مهسا اکبری

در سال‌های اخیر، ترکیب هوش مصنوعی و فناوری نانو مسیر تازه‌ای در علم داروسازی گشوده است. در گذشته، طراحی و کشف دارو فرآیندی بسیار طولانی، پرهزینه و مبتنی بر آزمون و خطا بود. پژوهشگران باید هزاران ترکیب شیمیایی را در آزمایشگاه بررسی می‌کردند تا شاید یکی از آن‌ها بتواند به‌عنوان داروی مؤثر شناخته شود. اما امروزه با کمک مدل‌های مولکولی مبتنی بر هوش مصنوعی، این مسیر با دقت و سرعتی بسیار بیشتر طی می‌شود.

هوش مصنوعی قادر است رفتار مولکول‌ها را در مقیاس اتمی شبیه‌سازی کرده و پیش‌بینی کند که یک ترکیب خاص چگونه با سلول‌ها یا گیرنده‌های بدن واکنش نشان می‌دهد. به این ترتیب، پیش از انجام آزمایش‌های واقعی، می‌توان به‌صورت مجازی عملکرد دارو را ارزیابی و بهترین ساختار را انتخاب کرد. این رویکرد باعث شده طراحی داروهایی که در گذشته ممکن بود سال‌ها زمان ببرد، اکنون در چند ماه به نتیجه برسد. از سوی دیگر، فناوری نانو این امکان را فراهم کرده که داروها با دقت بسیار بالا عمل کنند. داروهای نانومقیاس می‌توانند مستقیماً به سلول‌های بیمار برسند و به بافت‌های سالم آسیبی نرسانند. حتی برخی از این داروهای هوشمند توانایی دارند میزان دوز دارو را متناسب با وضعیت سلول تنظیم کنند؛ یعنی فقط به مقدار لازم فعال شوند. مدل‌های پیشرفته‌ی هوش مصنوعی مانند شبکه‌های عصبی عمیق و مدل‌های گراف مولکولی به دانشمندان کمک می‌کنند تا ساختارهای پیچیده‌ای از جمله نانوذرات طلا، دندریمرها و نانوکپسول‌های زیست‌سازگار را طراحی و بهینه‌سازی کنند. این ترکیب قدرتمند از علم داده و نانوتکنولوژی، زمینه‌ساز نسل جدیدی از داروهای هدفمند، کارآمد و شخصی‌سازی‌شده است که می‌توانند تحولی بزرگ در درمان بیماری‌ها ایجاد کنند.

طراحی نانوذرات هوشمند با کمک هوش مصنوعی برای دارورسانی به سرطان

هوش مصنوعی این روزها تحول بزرگی در حوزه داروسازی ایجاد کرده است، به ویژه در طراحی نانوذرات هدفمند برای درمان سرطان. پژوهشگران با کمک الگوریتم‌های هوشمند توانسته‌اند نانوذراتی طراحی کنند که دارو را به طور دقیق به سلول‌های سرطانی منتقل می‌کنند و از آسیب به سلول‌های سالم جلوگیری می‌نمایند. در این فرآیند، هوش مصنوعی ابتدا رفتار دارو و تعامل آن با سلول‌ها را شبیه‌سازی می‌کند. سپس بهترین ترکیب نانوذره از نظر اندازه، پوشش و بار سطحی را پیشنهاد می‌دهد تا دارو به شکل بهینه و هدفمند به سلول‌های بیمار برسد. این روش باعث می‌شود که دوز دارو کاهش یابد، عوارض جانبی کمتر شود و روند طراحی داروهای جدید بسیار سریع‌تر از روش‌های سنتی انجام گیرد. نمونه‌ای عملی از این رویکرد در آزمایش‌های حیوانی نشان داده است که نانوذره طراحی شده با هوش مصنوعی توانست داروی ضدسرطان را به تومورهای موش منتقل کرده و رشد تومور را به شکل چشمگیری کاهش دهد، در حالی که سلول‌های سالم آسیبی ندیده‌اند. این مثال، قدرت ترکیب هوش مصنوعی و فناوری نانو را در تولید داروهای هوشمند، هدفمند و مؤثر نشان می‌دهد و مسیر روشنی برای توسعه نسل جدید داروهای شخصی‌سازی‌شده فراهم می‌کند.

آینده هوش مصنوعی در دارورسانی نانو

هوش مصنوعی به سرعت در حال تغییر چهره داروسازی و فناوری نانو است. ترکیب این دو حوزه نویدبخش داروهای هوشمند، هدفمند و شخصی‌سازی‌شده است که می‌توانند درمان بیماری‌ها را دقیق‌تر، سریع‌تر و کم‌خطرتر کنند. با پیشرفت الگوریتم‌های یادگیری عمیق و مدل‌های مولکولی، پیش‌بینی رفتار داروها در سطح نانو به واقعیتی دست‌یافتنی تبدیل شده و مسیر کشف و بهینه‌سازی داروها را کوتاه‌تر و مؤثرتر کرده است. در آینده، انتظار می‌رود که هوش مصنوعی بتواند نانوذرات هوشمند را به‌صورت خودکار طراحی، آزمایش و بهینه‌سازی کند، داروها را متناسب با ویژگی‌های فردی بیماران تنظیم نماید و حتی واکنش‌های پیچیده سلولی را پیش‌بینی کند. این پیشرفت‌ها نه تنها می‌تواند کارایی درمان را افزایش دهد، بلکه روند توسعه داروها را اقتصادی‌تر و پایدارتر خواهد کرد. در نهایت، همکاری میان هوش مصنوعی و فناوری نانو مسیر نوینی برای پزشکی دقیق و درمان‌های شخصی فراهم می‌کند و آینده‌ای را نوید می‌دهد که در آن داروها با هوشمندی، دقت و اثربخشی بی‌سابقه عمل می‌کنند.





منابع:

[1] Gupta, R., Srivastava, D., Sahu, M., Tiwari, S., Ambasta, R. K., & Kumar, P. (2021). Artificial intelligence to deep learning: machine intelligence approach for drug discovery. Molecular diversity, 25(3), 1315-1360.

[2] Segler, M. H., Kogej, T., Tyrchan, C., & Waller, M. P. (2018). Generating focused molecule libraries for drug discovery with recurrent neural networks. ACS central science, 4(1), 120-131.

[3] Daina, A., Michielin, O., & Zoete, V. (2017). SwissADME: a free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. Scientific reports, 7(1), 42717.

[4] Guo, S. B., Meng, Y., Lin, L., Zhou, Z. Z., Li, H. L., Tian, X. P., & Huang, W. J. (2024). Artificial intelligence alphafold model for molecular biology and drug discovery: a machine-learning-driven informatics investigation. Molecular Cancer, 23(1), 223.



مهندسی شیمی سبز (گامی به سوی آینده)



در دهه های اخیر رشد سریع صنایع شیمیایی و مصرف گسترده مواد شیمیایی در بخش های مختلف، مشکلات زیست محیطی قابل توجهی را به وجود آورده است. از آلودگی هوا و آب گرفته تا تولید پسماند های خطرناک. در این شرایط، رویکرد مهندسی شیمی سبز (Green Chemical Engineering) به عنوان یک موضوع نوین مطرح شده است که هدف آن طراحی، توسعه و به کارگیری فرایند ها و محصولات شیمیایی پایدار، ایمن و سازگار با محیط زیست است.

اصول مهندسی شیمی سبز

مهندسی شیمی سبز بر پایه ۱۲ اصل شیمی سبز پاول آنستاس و جان وارنر بنا شده است. برخی از اصول مهم عبارتند از:

پیشگیری به جای درمان: کاهش تولید ضایعات به جای مدیریت پس از ایجاد آن.

کارایی اتمی: طراحی واکنش ها به گونه ای که حداکثر اتم های واکنش دهنده در محصول نهایی جای گیرند.

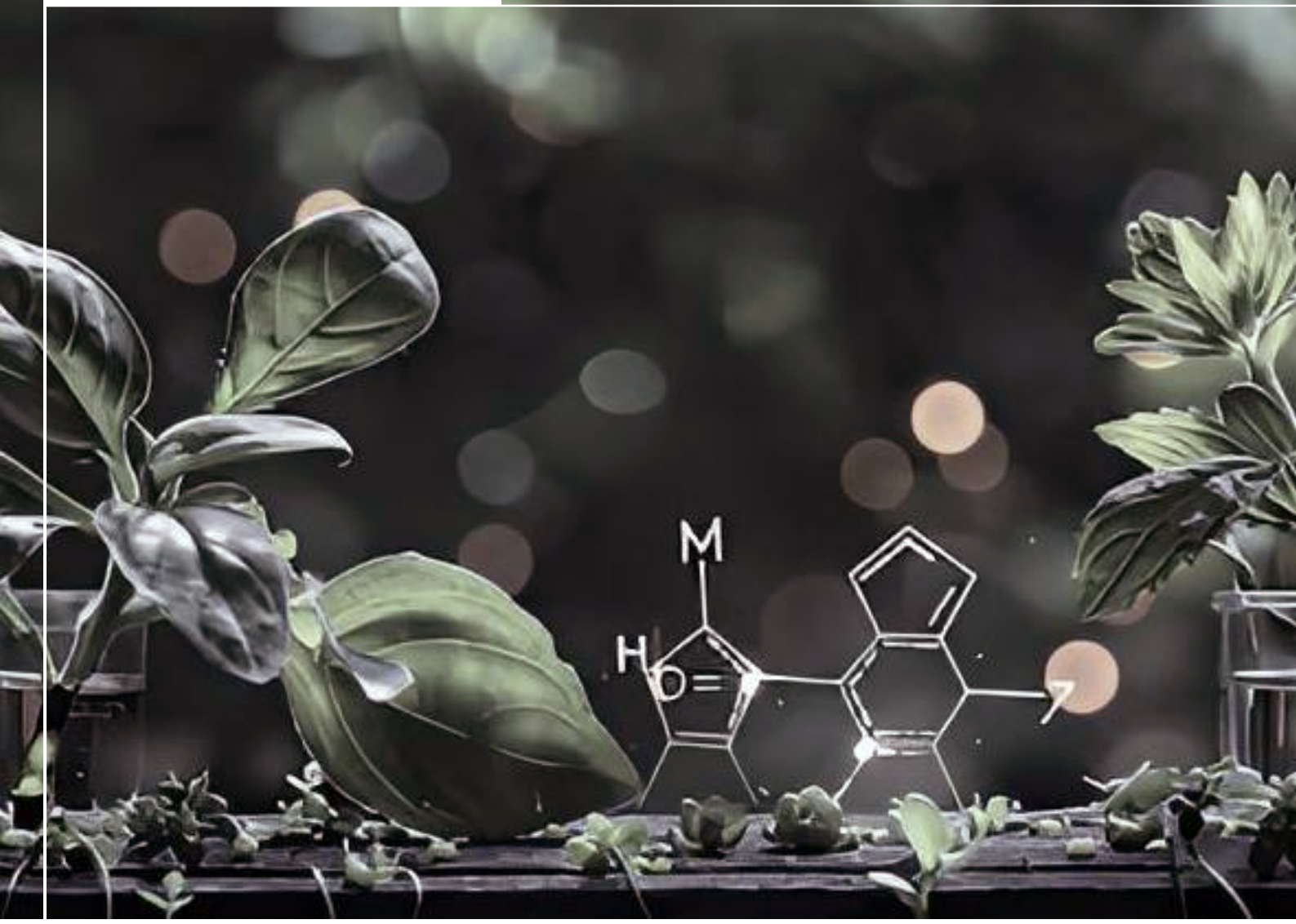
استفاده از حلال ها و شرایط واکنش ایمن تر: جایگزینی حلال های آلی خطرناک با آب، مایعات یونی یا حلال های زیستی.

صرفه جویی انرژی: انجام واکنش ها در دمای محیط با فشار ملایم بجای شرایط سخت.

طراحی محصولات تجزیه پذیر: موادی که پس از مصرف، به ترکیبات غیر سمی و قابل بازگشت به چرخه طبیعت تبدیل شوند.

کاربرد ها در مهندسی شیمی

حلال های سبز: استفاده از کربن دی اکسید فوق بحرانی و مایعات یونی به عنوان جایگزین حلال های سمی.



کاتالیست های زیست سازگار: بهره گیری از نانوکاتالیست ها و بیوکاتالیست ها برای واکنش های با بازده بالاتر و تولید کمتر آلاینده.

فرایند های جداسازی سبز: به کارگیری غشاهای پلیمری و نانوساختار به جای تقطیرهای پرانرژی.

انرژی های تجدیدپذیر: استفاده از منابعی مانند زیست توده (Biomass) برای تبدیل کربن دی اکسید به متانول یا مواد شیمیایی ارزشمند.

مزایا

- کاهش اثرات زیست محیطی صنایع شیمیایی.
- صرفه جویی اقتصادی از طریق کاهش مصرف انرژی و مواد اولیه.
- ارتقا ایمنی در محیط کار.
- ایجاد فرصت های جدید شغلی و نوآوری در صنایع.

چالش ها

- هزینه بالای توسعه فناوری های جدید.
- نیاز به تغییر زیرساخت های سنتی در صنایع.
- کمبود دانش و نیروی متخصص در برخی حوزه ها.

مهندسی شیمی سبز نه تنها یک ضرورت زیست محیطی، بلکه یک فرصت اقتصادی و فناورانه برای صنایع شیمیایی جهان است. حرکت به سمت این رویکرد، آینده ای پایدارتر برای بشر و کره زمین رقم خواهد زد. دانشگاه ها، مراکز تحقیقاتی و صنایع باید با همکاری یکدیگر زیرساخت ها و فناوری های مرتبط با شیمی سبز را توسعه دهند تا علاوه بر کاهش آسیب های زیست محیطی، زمینه ساز رشد اقتصادی و نوآوری صنعتی باشند.

منابع:

[1] Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). Green Chemistry: Theory and Practice. Oxford University Press.

[2] Perosa, A., & Zecchini, F. (2007). Methods and reagents for green chemistry: an introduction. John Wiley & Sons.

[3] Clark, J. H., & Macquarrie, D. J. (Eds.). (2008). Handbook of green chemistry and technology. John Wiley & Sons..

[4] Sheldon, R. A. (2016). Green chemistry and resource efficiency: towards a green economy. Green Chemistry, 18(11), 3180-3183.

فتوکاتالیز: واکنشی از نور، امیدی برای آینده‌ای پاک



نویسنده: شیما شعبانی

اگر بتوان با کمک نور خورشید، آب آلوده را تصفیه کرد، هوا را از گازهای سمی پاک کرد، سطوح را ضدعفونی نمود، و حتی از خود آب، هیدروژن به‌عنوان سوخت تولید کرد، دیگر چه نیازی به سوخت‌های فسیلی و مواد شیمیایی خطرناک است؟ این آرزو، حالا دیگر فقط یک رؤیای علمی‌تخیلی نیست؛ بلکه در دنیای شیمی مدرن، با پدیده‌ای به نام فتوکاتالیز به واقعیت نزدیک شده است. فتوکاتالیز، یکی از پیشروترین حوزه‌های پژوهش در شیمی و مهندسی محیط زیست است که از قدرت نور برای پیشبرد واکنش‌های شیمیایی استفاده می‌کند. این فناوری ترکیبی است از شیمی حالت‌جامد، شیمی سطح، و فیزیک نور که مسیرهای جدیدی را برای حل چالش‌های جهانی مانند آلودگی آب، هوا و انرژی‌های تجدیدپذیر باز کرده است.

فتوکاتالیز چگونه کار می‌کند؟

فتوکاتالیز، در ساده‌ترین تعریف، استفاده از نور برای فعال‌سازی یک کاتالیزگر نوری (فتوکاتالیست) است که در واکنش‌های شیمیایی شرکت می‌کند، بی‌آنکه خود مصرف شود. مهم‌ترین ویژگی این فرایند آن است که می‌تواند در دمای محیط و بدون نیاز به افزودنی‌های شیمیایی خطرناک، واکنش‌هایی را فعال کند که در شرایط معمولی ممکن است ساعت‌ها یا روزها طول بکشند. در این فرایند، معمولاً از نیم‌رساناهایی مانند TiO_2 (تیتانیوم دی‌اکسید) استفاده می‌شود. زمانی که نور (معمولاً فرابنفش یا نور مرئی) به این ماده برخورد می‌کند، الکترون‌هایی از نوار ظرفیت به نوار رسانش منتقل می‌شوند و زوج‌های الکترون-حفره (e^-/h^+) تولید می‌کنند. این زوج‌ها می‌توانند واکنش‌هایی را با آب و اکسیژن در سطح کاتالیزگر آغاز کرده و رادیکال‌های فعال مانند $OH^·$ تولید کنند که قادرند آلاینده‌های پیچیده آلی را به مواد بی‌ضرر مانند CO_2 و H_2O تبدیل کنند.

کاربردهایی فراتر از تصور

۱) تصفیه آب: فتوکاتالیزورها می‌توانند ترکیبات مقاوم آلی مانند داروهای تجزیه‌نشده، رنگ‌های صنعتی، آفت‌کش‌ها و حتی میکروپلاستیک‌ها را از آب حذف کنند. برخلاف روش‌های سنتی که فقط آلاینده را جابه‌جا می‌کنند (مثلاً فیلتر می‌کنند)، فتوکاتالیز ساختار مولکولی آلاینده را شکسته و آن را بی‌خطر می‌کند. جالب است بدانید در یکی از مطالعات دانشگاهی، فتوکاتالیز توانست طی فقط ۶۰ دقیقه، بیش از ۹۵%رنگ متیلن بلو (رنگ رایج در صنایع نساجی) را از آب آلوده حذف کند، آن هم بدون استفاده از هیچ ماده شیمیایی دیگر.

۲) تصفیه هوا: از فتوکاتالیزورها می‌توان در حذف آلاینده‌هایی مثل CO، NO_x، فرمالدهید و ترکیبات آلی فرّار (VOCs) از هوا استفاده کرد. در کشورهایی مانند ژاپن، روسیه و کره‌جنوبی، در طراحی دیوارها، شیشه‌ها، آسفالت خیابان‌ها و تونل‌های مترو از روکش‌هایی بر پایه TiO_2 استفاده می‌شود تا آلودگی هوا به‌طور خودکار در حضور نور خورشید کاهش یابد.

۳) تولید هیدروژن: شاید شگفت‌انگیزترین کاربرد فتوکاتالیز، شکافت آب ($H_2O \rightarrow H_2 + O_2$) برای تولید هیدروژن به‌عنوان سوخت پاک باشد. برخلاف روش‌های انرژی‌بر و آلاینده فعلی، در این روش فقط به نور و یک فتوکاتالیست کارآمد نیاز داریم. پژوهش‌ها روی ترکیباتی مانند $g\text{-}C_3N_4$، نانوذرات CdS و اکسیدهای فلزی اصلاح‌شده، نوید ساخت نسل جدیدی از راکتورهای نوری را می‌دهند.

۴)پوشش‌های خودتمیزشونده و ضدباکتری: لباس‌ها، دیوارها، پنجره‌ها و حتی ماسک‌هایی طراحی شده‌اند که با بهره‌گیری از فتوکاتالیز در برابر نور، می‌توانند باکتری، ویروس و آلودگی را به‌طور کامل تجزیه کنند.

چالش‌ها و آینده‌پژوهی

با تمام جذابیت‌ها و کاربردهای شگفت‌انگیز، فتوکاتالیز هنوز در ابتدای مسیر صنعتی‌سازی است. برخی از چالش‌های پیش‌رو عبارت‌اند از:

- پایین بودن بازده کوانتومی در نور طبیعی
- جداسازی و بازیابی فتوکاتالیست از محلول
- پایدار نبودن برخی مواد نانویی در چرخه‌های پی‌درپی
- هزینه نسبتاً بالا برای طراحی راکتورهای نوری بزرگ‌مقیاس

با این‌حال، پیشرفت‌هایی مانند فتوکاتالیست‌های مبتنی بر کربن، نانوکامپوزیت‌های چندمنظوره و استفاده از انرژی خورشیدی متمرکز، امیدها را برای بهره‌برداری صنعتی در مقیاس وسیع بالا برده‌اند.

فتوکاتالیز نمونه‌ای خیره‌کننده از آن است که چگونه دانش شیمی، با فهم دقیق رفتار الکترون‌ها و سطوح ماده، می‌تواند پاسخ‌هایی نوین برای بحران‌های جهانی ارائه دهد. استفاده از نور، ماده‌ای ساده و همیشگی، برای حل مشکلاتی چون آلودگی آب و هوا، تولید انرژی پاک و ضدعفونی سطوح، نه‌تنها عملی است، بلکه اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. در جهانی که با چالش‌های زیست‌محیطی متعددی روبه‌روست، فتوکاتالیز نه یک گزینه، بلکه شاید تنها مسیر علمی برای رسیدن به آینده‌ای پایدارتر باشد.

ماده	مزایا	محدودیت
TiO_2	ارزان، پایدار، غیرسمی	فقط با UV فعال می‌شود
ZnO	واکنش‌پذیر، سنتز آسان	حساس به pH اسیدی
$g\text{-}C_3N_4$	فعال با نور مرئی	بازده نسبتاً پایین
CdS	پاسخ‌گو به نور مرئی	سمیت و پایداری کم
نانوکامپوزیت‌ها	قابل تنظیم، بازده بالا	پیچیده در سنتز

رای افزایش بازده در نور مرئی، از روش‌هایی مثل دوپینگ، هتروجانکشن ها و اصلاح سطح با نانوذرات فلزی مثل Au, Ag وPtاستفاده می‌شود.

منابع:

[1] Fujishima, A., & Honda, K. (1972). Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode. nature, 238(5358), 37-38.

[2] Chen, X., & Mao, S. S. (2007). Titanium dioxide nanomaterials: synthesis, properties, modifications, and applications. Chemical reviews, 107(7), 2891-2959.

[3] Singh, A., & Sharma, N. (2024). Photocatalytic hydrogen-future energy. Materials Chemistry and Physics, 322, 129342.

[4] Khojasteh, H., Khezri, B., Heydaryan, K., Sharifi, N., Aspoukeh, P., Khanahmadzadeh, S., ... & Eskandari, V. (2025). Enhancing visible light-driven photocatalysis for water treatment: optimizing Fe3O4@ SiO2@ Cr–TiO2–S nanocomposite efficiency with silver and palladium deposition. Plasmonics, 20(2), 817-834.

[5] Peeters, H., Raes, A., & Verbruggen, S. W. (2024). Plasmonic photocatalytic coatings with self-cleaning, antibacterial, air and water purifying properties tested according to ISO standards. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 451, 115529.



تاریخچه و نقش تحول‌آفرین نانومواد در آینده انرژی

جهان امروز در نقطه‌ای ایستاده که هر نوآوری کوچک در علم مواد می‌تواند آینده انرژی را دگرگون کند. در میان این نوآوری‌ها، نانومواد جایگاهی بی‌رقیب دارند. از زمانی که مفهوم مقیاس نانو و امکان دستکاری ماده در ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر شکل گرفت، پژوهشگران به‌سرعت دریافتند که این ساختارهای کوچک می‌توانند در صنایع انرژی، نقشی بزرگ ایفا کنند. افزایش سطح فعال، تغییر رفتار الکترونی و امکان طراحی خواص کاملاً جدید، نانومواد را به یکی از ستون‌های اصلی انقلاب انرژی در قرن بیست‌ویکم تبدیل کرده است.



نویسنده : فریبا فتوکی

تاریخچه ورود نانومواد به عرصه انرژی

خاستگاه نانوفناوری را می‌توان در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ میلادی جست‌وجو کرد؛ زمانی که ابزارهایی مانند STM امکان دیدن و جابه‌جایی اتم‌ها را فراهم کردند. اما ورود جدی نانومواد به انرژی از اوایل دهه ۲۰۰۰ آغاز شد. در این دوران، تحقیقات روی نانولوله‌های کربنی، نانوذرات فلزی و اکسیدهای نانویی نشان داد که تغییر اندازه و شکل ماده در مقیاس نانو می‌تواند راندمان سیستم‌های انرژی را چندین برابر افزایش دهد. این دوره، نقطه شروع استفاده گسترده از نانومواد در حوزه‌هایی مانند سلول‌های خورشیدی، باتری‌های لیتیوم‌ـیونی و کاتالیست‌های انرژی بود و مسیر پژوهش‌ها را به سمت طراحی نسل جدیدی از مواد فعال سوق داد.

نانومواد و تحول در تولید انرژی (سلول‌های خورشیدی؛ از جذب نور تا تبدیل کارآمد انرژی)

یکی از نخستین حوزه‌هایی که از نانومواد بهره برد، فناوری خورشیدی بود. استفاده از نانوذرات نیمه‌رسانا، نانوسیم‌های سیلیکونی و ساختارهای چندلایه در مقیاس نانو باعث شد: جذب نور افزایش یابد، بازترکیب الکترون-حفره کاهش پیدا کند و نرخ تبدیل انرژی خورشیدی به برق به‌طور چشمگیری بالاتر برود. نقاط کوانتومی و نانوساختارهای هیبریدی اکنون در صف اول پژوهش‌ها برای ساخت سلول‌های خورشیدی نسل جدید قرار دارند.

نانوکاتالیست‌ها و مسیر جهانی به سوی اقتصاد هیدروژنی

تولید هیدروژن پاک یک چالش اساسی برای آینده انرژی است. نانوکاتالیست‌ها در واکنش‌هایی چون الکترولیز آب یا فتوکاتالیست‌های شکافت آب، نقشی تعیین‌کننده دارند. دلیل این اهمیت، افزایش چشمگیر تعداد مراکز فعال سطحی در نانومواد و کاهش نیاز به فلزات گران‌بهایی مثل پلاتین است. نانو ساختارهایی مانند MoS_2، نانوذرات نیکل‌ـآهن، گرافن دوپ‌شده و کاتالیست‌های هیبریدی، زمینه‌ساز کاهش هزینه و افزایش بازده در فناوری‌های هیدروژنی شده‌اند.

نقش نانومواد در ذخیره‌سازی انرژی ابرخازن‌ها؛ سرعت در کنار پایداری

ابرخازن‌ها برای کاربردهایی که نیاز به شارژ بسیار سریع دارند ایده‌آل هستند. ورود نانومواد به این فناوری باعث شد: ظرفیت خازنی افزایش یابد، رسانایی بهبود پیدا کند و خازن‌ها بیش از صد هزار چرخه بدون افت عملکرد کار کنند. مواد کربنی نانوساختار، مخصوصاً گرافن و نانولوله‌های کربنی، پیشتاز این تحول‌اند.

باتری‌ها؛ قلب تپنده فناوری‌های نوین

باتری‌های لیتیوم‌ـیونی یکی از مهم‌ترین بخش‌های صنعت انرژی هستند. با ورود نانومواد، این باتری‌ها تغییرات بزرگی تجربه کردند. نانوذرات سیلیکون، نانوساختارهای کربنی و اکسیدهای فلزی باعث شدند: ظرفیت ذخیره انرژی افزایش یابد، مسیر انتقال یون‌ها کوتاه‌تر شود، سرعت شارژ/دشارژ بیشتر شود و عمر چرخه‌ای باتری‌ها به‌طور محسوسی افزایش پیدا کند. در فناوری‌های نو، مانند باتری‌های سدیم-یونی، لیتیوم-سولفور و لیتیوم-هوا نیز نانومواد نقش کلیدی در رفع چالش‌هایی مانند ناپایداری ساختاری دارند.

چالش‌ها و مسیر آینده

اگرچه نانومواد چشم‌اندازهای شگفت‌انگیزی برای انرژی فراهم کرده‌اند، اما چالش‌هایی همچنان پابرجاست: هزینه تولید بالا، دشواری مقیاس‌پذیری صنعتی، مسائل زیست‌محیطی و نبود زیرساخت‌های تولید انبوه. با این حال، پیشرفت روش‌های سنتز، طراحی مواد هیبریدی و فناوری‌های تولید سبز نشان می‌دهد که آینده انرژی به‌شدت وابسته به نانومواد خواهد بود.

نانومواد طی دو دهه گذشته چهره‌ی صنعت انرژی را دگرگون کرده‌اند. از افزایش راندمان سلول‌های خورشیدی گرفته تا توسعه باتری‌های پربازده و کاتالیست‌های تولید هیدروژن، حضور آن‌ها در تمام لایه‌های تولید و ذخیره‌سازی انرژی دیده می‌شود. ویژگی‌هایی چون سطح فعال بالا، امکان مهندسی ساختار و رفتارهای کوانتومی منحصربه‌فرد، نانومواد را به یکی از ارکان اصلی گذار جهانی به انرژی پاک تبدیل کرده است. با توجه به سرعت پیشرفت تحقیقات، می‌توان گفت نانوفناوری نه فقط یک ابزار کمکی، بلکه یکی از بازیگران اصلی آینده انرژی جهان خواهد بود.

منابع:

[1] Kagdada, H. L., Bhojani, A. K., & Singh, D. K. (2023). An overview of nanomaterials: history, fundamentals, and applications. Nanomaterials: Advances and Applications, 1-26.

[2] Wang, H., Liang, X., Wang, J., Jiao, S., & Xue, D. (2020). Multifunctional inorganic nanomaterials for energy applications. Nanoscale, 12(1), 14-42.

[3] Qiu, L. Q., Li, H. R., & He, L. N. (2023). Incorporating catalytic units into nanomaterials: rational design of multipurpose catalysts for CO2 valorization. Accounts of chemical research, 56(16), 2225-2240.

[4] Liu, C., Lei, T., Seidi, F., Ahmad, M., Cao, D., Yu, Z., ... & Xiao, H. (2024). Multiscale wood-derived materials for advanced supercapacitors: from macro to micro and nano. Energy Storage Materials, 72, 103774.

[5] Abdelaziz, G. B., Algazzar, A. M., El-Said, E. M., Elsaid, A. M., Sharshir, S. W., Kabeel, A. E., & El-Behery, S. M. (2021). Performance enhancement of tubular solar still using nano-enhanced energy storage



ناترازی انرژی در جهان





نویسندگان:
مهدی امینی، یاسین سرپله، زهرا جمالی



ناترازی انرژی (EEI)، به تفاوت بین انرژی‌ای که از خورشید وارد سیستم زمین می‌شود (ASR) و انرژی‌ای که به‌صورت تابش بازتابی یا گرمایی به فضا بازمی‌گردد (OLR) گفته می‌شود. زمانی که ورودی انرژی بیشتر از خروجی باشد، زمین در وضعیت مثبت یا گرم‌شونده قرار می‌گیرد و شروع به انباشت گرما در اتمسفر، سطح و اقیانوس‌ها می‌نماید. به‌عبارت دیگر:

$$EEI = ASR - OLR$$

در بازه ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۹، متوسط EEI حدود۰/۱۵ ± ۰/۹ وات بر متر مربع بوده که معادل حدود ۴۶۰ تراوات انرژی اضافه در سطح زمین است، به‌طور عمده در اقیانوس‌ها ذخیره شده است. این معیار، به‌عنوان یک سنجه کلیدی برای سنجش تغییرات اقلیمی شناخته شده و نشان می‌دهد چه‌مقدار گرمایش قریب‌الوقوع در لوله انتظار (pipeline warming) وجود دارد، مثلا گرمایی که هنوز ظاهر نشده اما در راه است. براساس مطالعات EEI از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ بیش از دو برابر افزایش یافته است؛ یعنی رسیدن به حدود ۱/۳ تا ۱/۸وات بر متر مربع در سال‌های نزدیک ۲۰۲۳، در مقابل حدود ۰/۶ وات بر متر مربع در نیمه اول دهه ۲۰۰۰. این افزایش چشمگیر، بسیار فراتر از پیش‌بینی مدل‌های اقلیمی بوده و دلالت بر حساسیت بالاتر سیستم زمین به گازهای گلخانه‌ای دارد.

دلایل افزایش ناترازی انرژی و پیامدها

۱) افزایش گازهای گلخانه‌ای: کربن دی اکسید و متان تولید شده توسط فعالیت انسان مثل سوزاندن سوخت‌های فسیلی باعث به دام افتادن تابش‌های خروجی در جو می‌شوند، که منجر به انباشت انرژی در سیستم زمین می‌گردد.

۲) کاهش بازتاب سطح زمین (آلبدو): پس از از دست رفتن یخ‌های قطبی و کاهش پوشش ابر، توانایی زمین در بازتاب انرژی کمتر شده و انرژی بیشتری جذب می‌شود. این کاهش بازتاب‌اندازی به‌خصوص در قطب‌ها به دلیل گرمایش سریع‌تر و چرخه‌های آب و هوایی مؤثرتر، نقش مهمی دارد

۳) کاهش آلاینده‌های سردکننده (Aerosols): با کاهش تولید ذرات معلق مثل دی‌اکسید گوگرد، که در ابرها بازتاب نور خورشید را افزایش می‌دادند، بخشی از اثر خنک‌کنندگی جوی از دست رفته است. برخی تحقیقات مطرح می‌کنند که تقریباً ۴۰% از افزایش اخیر EEI به دلیل کاهش این ذرات است.

۴) نوسانات طبیعی اقلیمی مثل (PDO): برخی دوره‌های طبیعی مانند فاز گرم یا شکل‌گیری ال‌نینو باعث کاهش پوشش ابری و افزایش جذب انرژی خورشیدی می‌شوند و مقطعی بر ناترازی انرژی افزوده‌اند.

پیامدهای این ناترازی انرژی عبارت‌اند از:

۱) افزایش دمای زمین و گرمایش جهانی: دمای سطح زمین به‌طور پیوسته در حال افزایش است. دهه ۲۰۱۰ گرم‌ترین دهه تاریخ ثبت‌شده بود و دهه ۲۰۲۰ از آن هم گرم‌تر شده. رکوردهای جدید دمایی سال‌به‌سال شکسته می‌شوند.

۲) گرمایش و اسیدی شدن اقیانوس‌ها: بیش از ۹۰% انرژی اضافی ناشی از ناترازی، وارد اقیانوس‌ها می‌شود. باعث گرم شدن عمق دریا، تخریب صخره‌های مرجانی و انقراض گونه‌های حساس می‌شود. با جذب کربن دی اکسید، اسیدی شدن اقیانوس‌ها تشدید می‌شود که حیات دریایی را تهدید می‌کند.

۳) ذوب یخ‌ها و کاهش پوشش برفی: یخ‌های قطبی (گرینلند، جنوبگان) با سرعت بالا در حال ذوب هستند. پوشش برف در بهار زودتر از گذشته آب می‌شود. این پدیده باعث کاهش «آلبدو» (بازتاب نور خورشید) و در نتیجه جذب بیشتر گرما می‌شود (اثر بازخورد مثبت).

۴) افزایش سطح دریا: دو عامل اصلی شامل ذوب یخ‌ها و انبساط حرارتی آب گر است. بالا آمدن سطح دریا به غرق شدن سواحل، شور شدن آب‌های زیرزمینی و مهاجرت اجباری میلیون‌ها نفر منجر خواهد شد. برخی کشورها مثل بنگلادش و جزایر اقیانوس آرام در خطر جدی هستند.

۵) افزایش پدیده‌های حدی اقلیمی: موج‌های گرمایی شدیدتر و طولانی‌تر. بارش‌های سیل‌آسا و طوفان‌های سهمگین‌تر. خشکسالی‌های طولانی‌مدت در برخی مناطق. آتش‌سوزی‌های جنگلی شدید و غیرقابل مهار (مثل استرالیا، آمریکا، کانادا)

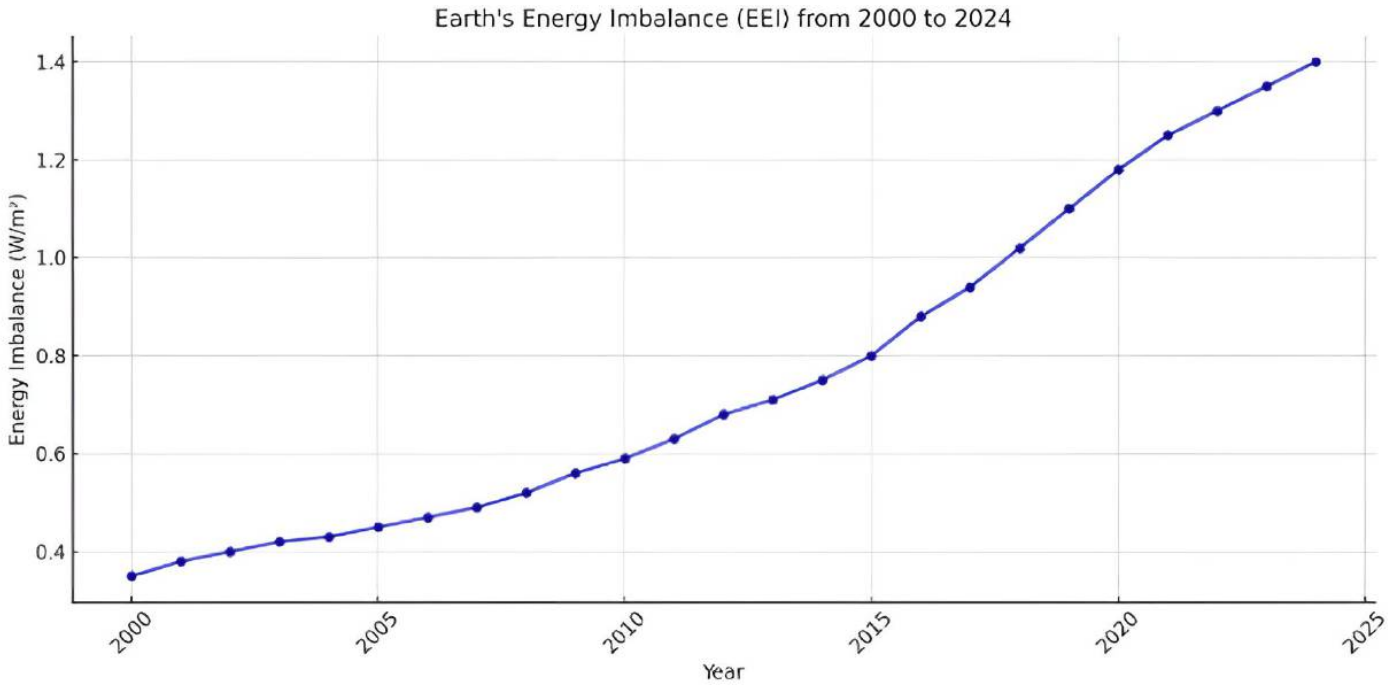
۶) اختلال در کشاورزی و امنیت غذایی: فصل‌های کشاورزی تغییر می‌کنند یا کوتاه‌تر می‌شوند. برخی محصولات مانند گندم، ذرت و برنج عملکرد کمتری دارند. مناطق خشک، خشک‌تر و مناطق مرطوب، مستعد سیلاب می‌شوند.

۷) تأثیر بر سلامت انسان: افزایش بیماری‌های ناشی از گرما (Heatstroke). گسترش بیماری‌های واگیردار از طریق ناقلین (مثل مالاریا، دنگی). افزایش آلاینده‌های هوا، به‌ویژه در شهرهای گرم‌تر.

۸) تأثیر بر تنوع زیستی: انقراض گونه‌هایی که توان سازگاری سریع ندارند. نابودی زیستگاه‌های طبیعی مثل مرجان‌ها، یخ‌های قطبی، تالاب‌ها. مهاجرت گونه‌ها به عرض‌های جغرافیایی یا ارتفاعات جدید.

۹) پیامدهای اقتصادی و اجتماعی: تخریب زیرساخت‌ها در اثر سیل و گرما. افزایش هزینه‌های بیمه، بهداشت و بازسازی مهاجرت‌های اقلیمی (Climate Migration) و افزایش تنش‌های سیاسی و امنیتی.

آماری که تاکنون ذکر شد، نشان می‌دهد ناترازی انرژی زمین به‌صورت قابل‌توجهی افزایش یافته، به‌طرزی که مدل‌های اقلیمی کنونی نتوانسته‌اند نرخ آن را پیش‌بینی کنند. این روند ناشی از تعامل ترکیبی تغییرات انسانی و نوسانات طبیعی اقلیم است. پیامد آن، تشدید گرمایش جهانی، ذوب یخ‌ها و تغییر الگوهای اقلیمی است. ادامه نظارت دقیق بر EEI و درک مکانیزم‌های پشت آن برای تدوین سیاست‌های اقلیمی ضروری و حیاتی است.





نبرد سرامیک و پلیمر در عمق دریا: نگاهی به پوشش‌های پیزوالکتریک در بدنه زیردریایی‌ها

در سال‌های اخیر، فناوری‌های پیزوالکتریک به عنوان یکی از گزینه‌های پیشرو در ساخت پوشش‌های هوشمند برای بدنه زیردریایی‌ها مطرح شده‌اند. این مواد با توانایی تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی و بالعکس، نقش مهمی در حسگری، استتار صوتی و پایش سلامت سازه دارند. در این مقاله، دو گروه اصلی از این مواد سرامیکی و پلیمری از نظر ویژگی‌های فیزیکی، عملکرد در محیط دریایی و کاربرد در پوشش‌های هوشمند مورد مقایسه قرار می‌گیرند. نتیجه نشان می‌دهد که هر یک با توجه به نوع نیاز و شرایط عملیاتی، مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارند.



نویسنده :محمد رضا خلیلی ورزنه

در فناوری‌های نظامی زیرسطحی، زیردریایی‌ها باید علاوه بر پایداری سازه‌ای، از سامانه‌هایی برخوردار باشند که بتوانند محیط اطراف را حس کنند، ارتعاشات را کاهش دهند و حتی در برابر شناسایی صوتی دشمن مقاوم باشند. یکی از فناوری‌هایی که در این مسیر بسیار مورد توجه قرار گرفته، مواد پیزوالکتریک هستند؛ موادی که در اثر اعمال فشار یا کشش، اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد می‌کنند و برعکس. این خاصیت، امکان ساخت پوشش‌های هوشمند را فراهم می‌کند که می‌توانند در نقش حسگر، عملگر یا حتی منبع انرژی برای سامانه‌های درون بدنه عمل کنند. اما پرسش مهم این است که برای چنین کاربردهایی، پیزوالکتریک‌های سرامیکی بهترند یا پیزوالکتریک‌های پلیمری؟



مقایسه علمی

۱) ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی

پیزوالکتریک‌های سرامیکی (مانند PZT یا Lead Zirconate Titanate) دارای ثابت پیزوالکتریک بسیار بالا (در حدود ۵۰۰ـ۶۰۰ pC/N) و پاسخ الکترومکانیکی قوی هستند. این مواد در حسگرهای دقیق و محیط‌های پرتنش عملکرد عالی دارند، اما ذاتاً شکننده‌اند، وزن بیشتری دارند و به‌سختی می‌توانند سطوح منحنی یا انعطاف‌پذیر را بپوشانند.

۲) پایداری در محیط دریایی

بدنه زیردریایی با فشار بالا، آب شور، تغییرات دمایی و ارتعاشات مداوم مواجه است. در چنین شرایطی، مواد سرامیکی هرچند از نظر پایداری حرارتی و مکانیکی قوی‌اند، ولی در تماس مستقیم با آب نیازمند پوشش‌های محافظ هستند. در مقابل، پلیمرهای پیزوالکتریک ذاتاً مقاوم به خوردگی‌اند و بدون نیاز به لایه‌های محافظ می‌توانند در محیط مرطوب عملکرد خود را حفظ کنند. از سوی دیگر، انعطاف بالای پلیمرها موجب می‌شود بتوان آن‌ها را به صورت فیلم‌های گسترده در قالب پوشش هوشمند روی بدنه به‌کار گرفت، در حالی که سرامیک‌ها معمولاً در بخش‌های محدودتر یا حسگرهای نقطه‌ای کاربرد دارند.

۳) عملکرد آکوستیکی و سازگاری صوتی

یکی از چالش‌های کلیدی در طراحی پوشش‌های زیردریایی، مسئله‌ی استتار صوتی (Acoustic Stealth) است. برای اینکه صدای انعکاس‌یافته از بدنه کاهش یابد، امپدانس صوتی ماده باید به آب نزدیک باشد. پیزوالکتریک‌های پلیمری از این نظر مزیت دارند، زیرا چگالی و مدول الاستیسیته پایین‌تری دارند و انرژی صوتی را بهتر جذب می‌کنند. در حالی که سرامیک‌ها، به‌دلیل سختی بالا، بازتاب بیشتری از امواج صوتی ایجاد می‌کنند و ممکن است در کاربردهای استتار محدودتر باشند.

در جمع‌بندی، می‌توان گفت که هر دو خانواده پیزوالکتریک سرامیکی و پلیمری در فناوری پوشش‌های هوشمند زیردریایی جایگاه خود را دارند.

سرامیک‌ها: مناسب برای حسگرهای نقطه‌ای، محیط‌های پر فشار و دمای بالا، و کاربردهایی که دقت بالا نیاز دارند.

پلیمرها: مناسب برای پوشش‌های وسیع، سبک و منعطف، و کاربردهایی که استتار صوتی یا مقاومت محیطی مهم‌تر است.

در آینده، جهت‌گیری پژوهش‌ها به سوی ترکیب این دو ماده در قالب کامپوزیت‌های «سرامیک–پلیمر» است که بتواند مزایای هر دو را با هم در یک سامانه واحد ترکیب کند؛ یعنی حساسیت بالا در کنار انعطاف و مقاومت. این رویکرد، کلید توسعه‌ی نسل جدیدی از بدنه‌های هوشمند برای زیردریایی‌های نظامی خواهد بود.

منابع:

[1] Habib, M., Salahuddin, S., Khan, M., & Awais, M. (2022). A review of ceramic, polymer and composite piezoelectric materials. Journal of Physics D: Applied Physics, 55(10), 103002.

[2] Sezer, N., & Koç, M. (2021). A comprehensive review on the state-of-the-art of piezoelectric energy harvesting with a focus on materials and applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 110, 102–115.

[3] Sappati, K. K., & Bhadra, S. (2018). Piezoelectric polymer and paper substrates: A review. Materials, 11(4), 553.

[4] Eltouby, P., Kourousis, K. I., & Koutsoukos, P. G. (2021). Factors affecting the piezoelectric performance of ceramic–polymer composites. Materials Science and Engineering: B, 264, 114951.

[5] Syriac, R. M., Dinesh, S., & Jayakrishnan, P. (2020). A review on characteristics and recent advances in piezoelectric thermoset composites. AIMS Materials Science, 7(3), 350–371.

نانوربات‌های جراح: لشکر میکروسکوپی که آینده پزشکی را متحول می‌کنند



نانوربات‌های جراح، ربات‌های میکروسکوپی در ابعاد ۰/۱ تا ۱۰ میکرومتر هستند که برای انجام عملیات پیچیده پزشکی در سطح سلولی و مولکولی طراحی شده‌اند. این فناوری پیشرفته که از ادغام نانوتکنولوژی، رباتیک و پزشکی به وجود آمده است، قادر است با دقتی بی‌سابقه، وظایفی از جمله دارورسانی هدفمند به سلول‌های سرطانی، انجام جراحی‌های ظریف در عروق خونی و اعصاب و پایش لحظه‌ای علائم حیاتی را انجام دهد. این گزارش با استناد به جدیدترین مقالات علمی، به بررسی اصول طراحی، کاربردهای انقلابی و چالش‌های پیش‌روی این فناوری می‌پردازد و چشم‌انداز تحول پزشکی در دهه آینده را ترسیم می‌کند.

نانوربات‌ها چگونه کار می‌کنند؟

معماری یک جراح میکروسکوپیک نانوربات کامل از چندین زیرسیستم حیاتی تشکیل شده است از:

۱) بدنه و ساختار (Structure): بدنه این ربات‌ها از موادی ساخته می‌شود که توسط سیستم ایمنی بدن شناسایی و attacked نمی‌شوند (زیست‌سازگار). موادی مانند نانولوله‌های کربنی، طلا و حتی اکسید روی از گزینه‌های رایج هستند.

۲) منبع تأمین انرژی (Power Source): یکی از چالش‌برانگیزترین بخش‌ها، تأمین انرژی است. راهکارهای نوین شامل استفاده از واکنش‌های شیمیایی درون بدن (مانند تجزیه گلوکز)، انرژی امواج فراصوت یا میدان‌های مغناطیسی خارجی است.

۳) سیستم سنجش و تشخیص (Sensing & Targeting): نانوربات‌ها مجهز به حسگرهای مولکولی هستند که می‌توانند نشانگرهای زیستی خاصی را روی سلول‌های بیمار (مانند سلول‌های سرطانی) شناسایی کنند. برای مثال، استفاده از پروتئین «ترانسفرین» به ربات این امکان را می‌دهد تا دقیقاً به سمت تومورها هدایت شود.

۴) سیستم حرکت و ناوبری (Propulsion & Navigation): این ربات‌های کوچک برای حرکت در رگ‌های خونی و بافت‌ها از مکانیسم‌های مختلفی مانند شناگری شیمیایی (مانند حرکت باکتری‌ها) یا هدایت توسط میدان‌های مغناطیسی خارجی استفاده می‌کنند.

۵) سیستم عامل و ابزار (Actuation & Tools): پس از رسیدن به هدف، نانوربات باید عمل خود را انجام دهد. این عمل می‌تواند رهایش دارو از یک محفظه داخلی، استفاده از یک «ابزار نانویی» برای برش یا حتی تاباندن لیزر برای نابودی بافت بیمار باشد.

نمونه‌های عینی و پیشرفت‌های آزمایشگاهی

این فناوری تنها در حد تئوری نیست. برای نمونه، دکتر نادر جلیلی در دانشگاه نورث ایسترن آمریکا در حال توسعه یک نانوربات جراح است که از نانوموادی مانند اکسید روی و طلا ساخته شده و قادر است با دقتی در مقیاس نانو، روی تومورهای سرطانی عمل کند. پیش‌بینی می‌شود این فناوری ظرف ۵ تا ۱۰ سال آینده در اختیار جراحان قرار گیرد. در نمونه‌ای دیگر، پژوهشگران از نانوربات‌های مبتنی بر DNA استفاده کرده‌اند که می‌توانند داروهای لخته‌ساز را به رگ‌های خونی تغذیه‌کننده تومور برسانند و با قطع جریان خون، تومور را از بین ببرند.

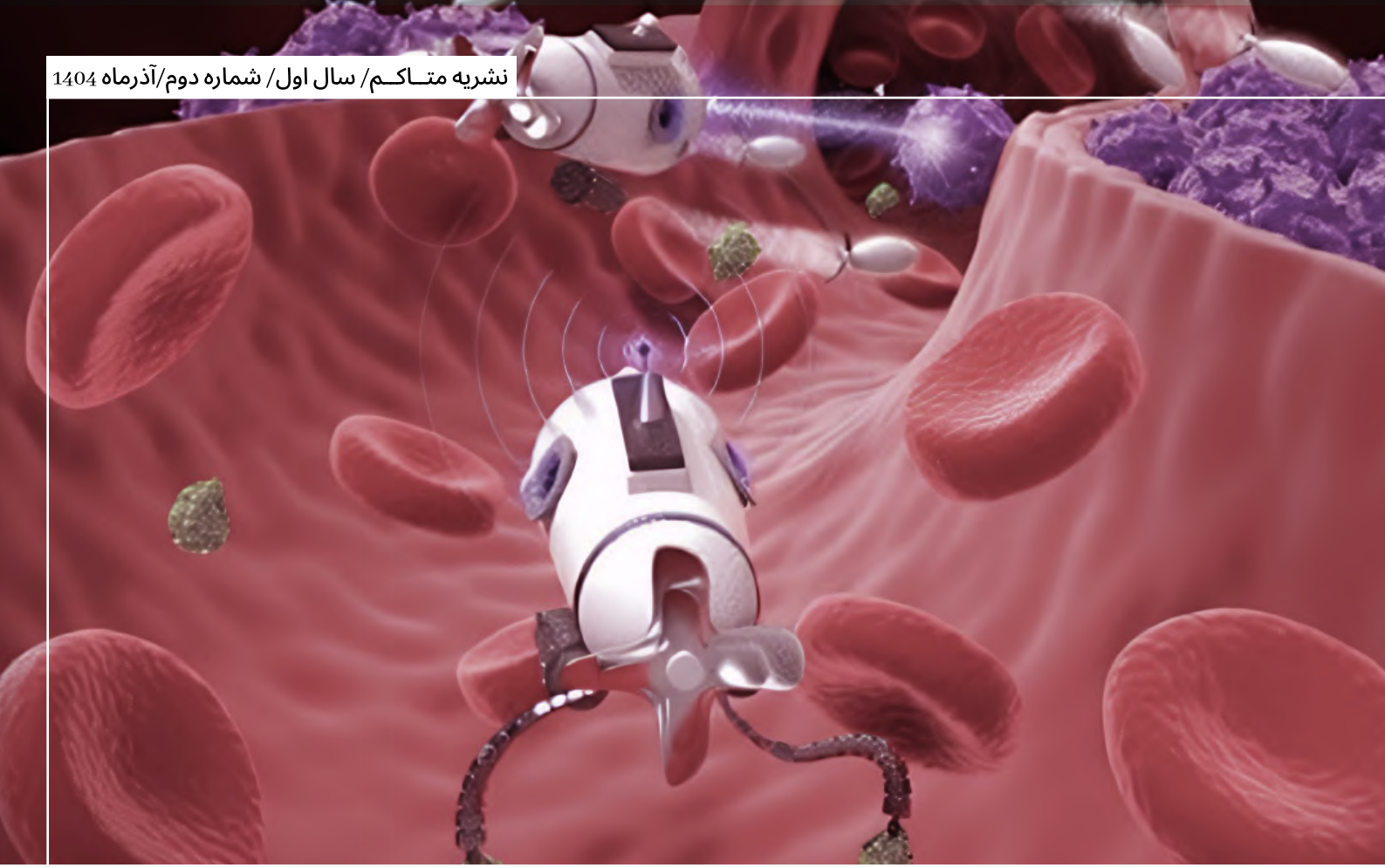
چالش‌ها، محدودیت‌ها و چشم‌انداز اخلاقی

با وجود پتانسیل فوق‌العاده، مسیر توسعه و تجاری‌سازی نانوربات‌ها با موانع جدی روبرو است:

۱) زیست‌سازگاری و ایمنی: اطمینان از این که نانوربات‌ها پاسخ ایمنی ایجاد نمی‌کنند، سمی نیستند و در نهایت به طور ایمن از بدن دفع می‌شوند، حیاتی است.

۲) هزینه و مقیاس‌پذیری: طراحی و تولید این ربات‌ها در مقیاس نانو بسیار پرهزینه و پیچیده است.

۳) قوانین و ملاحظات اخلاقی: این فناوری جدید، سوالات اخلاقی عمیقی درباره حریم خصوصی داده‌های زیستی، دسترسی عادلانه به درمان و امکان استفاده‌های غیرپزشکی ایجاد می‌کند.



کاربردهای شگفت‌انگیز نانوربات‌ها در پزشکی و جراحی

جدول زیر گزینه‌های درمانی فعلی را با آنچه نانوربات‌ها در آینده نزدیک ممکن می‌سازند، مقایسه می‌کند:

حوزه پزشکی	رویکرد متعارف امروز	تحول با نانوربات‌های جراح
درمان سرطان	شیمی‌درمانی با عوارض جانبی شدید به دلیل آسیب به سلول‌های سالم	دارورسانی هدفمند: نانوربات‌ها تنها به سلول‌های سرطانی دارو می‌رسانند. مطالعات نشان می‌دهند تا ۹۹% داروهای شیمی‌درمانی به تومور نمی‌رسد، درحالی که نانوربات‌ها این رقم را وارونه می‌کنند.
جراحی‌های ظریف	جراحی‌های باز با برش‌های بزرگ، دوره نقاهت طولانی و ریسک بالای آسیب به بافت‌های سالم	جراحی در مقیاس سلولی: نانوربات‌ها می‌توانند لخته‌های خونی را در رگ‌های ظریف قلب یا مغز بردارند یا اعمال جراحی روی شبکیه چشم را با کمترین تهاجم انجام دهند.
پایش و تشخیص	آزمایش‌های خون دوره‌ای و روش‌های تصویربرداری	پایش لحظه‌ای از درون بدن: نانوربات‌ها می‌توانند به طور مداوم سطح گلوکز، هورمون‌ها یا نشانگرهای سرطان را در جریان خون اندازه‌گیری و این اطلاعات را به صورت بی‌سیم به پزشک ارسال کنند.
بازسازی بافت	پیوند اعضا با محدودیت اهداکننده و ریسک پس‌زدن عضو	تحریک ترمیم سلولی: نانوربات‌ها می‌توانند سلول‌های بنیادی را به محل آسیب‌دیده هدایت کرده یا با آزادسازی فاکتورهای رشد، روند بهبود زخم و ترمیم استخوان را تسریع کنند.

آینده‌ای که دیروز غیرممکن بود

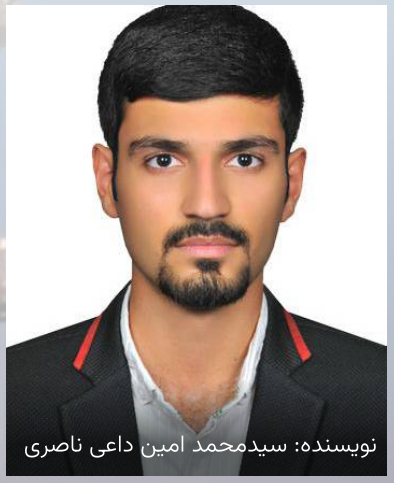
نانوربات‌های جراح نمایانگر یکی از امیدوارکننده‌ترین و تحول‌آفرین‌ترین مرزهای علم پزشکی هستند. این فناوری با وعده تبدیل پزشکی از یک علم «واکنشی» به یک علم «پیش‌گیرانه و فوق‌شخصی‌شده»، آینده‌ای را ترسیم می‌کند که در آن بیماری‌هایی مانند سرطان، نه با جراحی‌های سخت و پرعارضه، بلکه با ارتش نامرئی از جراحان میکروسکوپی درمان می‌شوند. اگرچه چالش‌های فنی و اخلاقی پیش‌رو جدی هستند، اما سرعت پیشرفت‌ها حاکی از آن است که حضور این جراحان کوچک در بدن انسان، نه یک رویا، بلکه آینده‌ای اجتناب‌ناپذیر در عرصه سلامت خواهد بود.

منابع:

[1] Aliakbarzadeh, S., Abdouss, M., Fathi-karkan, S., Rahdar, A., Zarbanooei, P., Kang, M., & Pandey, S. (2025). Micro-surgeons and nano-Pharmacists: The future of healthcare with medical nanorobots. Journal of Drug Delivery Science and Technology, 103, 106410.

[2] Ponnuru, S., Nayak, G. H., Pandi, M., Ambati, S. R., & Kode, S. S. (2025). Creating an Adaptive Robot for Personalized Health Monitoring and Assistances. Paper presented at the 2025 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS).

مدیریت نوین چاه‌های نفت با استفاده از مواد چندمنظوره و فناوری نانوحباب‌ها



نویسنده: سیدمحمد امین داعی ناصری

صنعت نفت به‌عنوان یکی از ارکان حیاتی اقتصاد جهانی با چالش‌های متعددی مواجه است که می‌تواند بهره‌وری تولید را کاهش داده و هزینه‌های عملیاتی را به‌شدت افزایش دهد. از جمله این چالش‌ها می‌توان به خوردگی تجهیزات فلزی، رسوب پارافین و مواد معدنی، و فعالیت میکروبی تولیدکننده H_2S اشاره کرد که نه تنها عمر مفید چاه‌ها را کاهش می‌دهند، بلکه مشکلات ایمنی و زیست‌محیطی نیز ایجاد می‌کنند. مدیریت سنتی چاه‌های نفت که عمدتاً بر استفاده از مواد شیمیایی منفرد برای هر مشکل خاص استوار است، نیازمند سیستم‌های تزریق متعدد و مخازن بزرگ می‌باشد و در نتیجه هزینه سرمایه‌گذاری و نگهداری را افزایش داده و گاهی موجب توقف تولید می‌شود.

فناوری‌های نوین، از جمله مواد چندمنظوره شیمیایی و نانوحباب‌ها، امکان ارائه راهکارهای همزمان برای حل این مشکلات را فراهم می‌کنند. مواد چندمنظوره با ترکیبات فعال متنوع، توانایی کنترل خوردگی فلزات، رسوب‌گذاری پارافینی و معدنی و رشد بیولوژیکی ناخواسته را دارند. این رویکرد با کاهش تعداد سیستم‌های تزریق و ساده‌سازی فرآیندهای نگهداری، علاوه بر کاهش هزینه‌های عملیاتی، باعث افزایش پایداری و پیوستگی تولید می‌شود. از سوی دیگر، نانوحباب‌ها به دلیل اندازه بسیار کوچک در مقیاس نانومتر، پایداری بالا و نسبت سطح به حجم فوق‌العاده، نفوذپذیری سیالات در چاه‌ها را افزایش داده و انتقال جرم و حرارت را بهینه می‌کنند. این ویژگی‌ها منجر به افزایش راندمان استخراج نفت و کاهش توقف‌های ناگهانی تولید می‌شوند. همچنین، نانوحباب‌ها قابلیت تولید اکسیژن فعال و گونه‌های واکنش‌پذیر دارند که می‌توانند فعالیت میکروبی مخرب را مهار کرده و اثرات خوردگی ناشی از H_2S را کاهش دهند. ترکیب این دو فناوری، به‌عنوان یک رویکرد نوین در مدیریت چاه‌های نفت، علاوه بر ارتقای بهره‌وری و کاهش هزینه‌های عملیاتی، می‌تواند اثرات مثبت اقتصادی و زیست‌محیطی قابل توجهی ایجاد کند.

مواد چندمنظوره

با توجه به اهمیت حل همزمان مشکلاتی مانند خوردگی، رسوب پارافین و ته‌نشینی مواد معدنی، استفاده از محلول‌های چندمنظوره شیمیایی به‌عنوان یک راهکار نوین در مدیریت چاه‌های نفت مطرح می‌شود. این ترکیبات چند عملکردی، امکان کاهش پیچیدگی سیستم‌های تزریق و بهینه‌سازی عملیات چاه را فراهم می‌کنند و به‌طور همزمان چندین عملکرد تخصصی از جمله محافظت از لوله‌ها و تجهیزات در برابر خوردگی ناشی از H_2S، CO_2 و یون‌های فعال موجود در سیال، جلوگیری از ته‌نشینی نمک‌ها، کریستال‌ها یا آسفالتین‌ها که می‌توانند جریان نفت را محدود کنند و کاهش تشکیل پارافین در دماهای پایین که باعث انسداد لوله‌ها و کاهش بازده تولید می‌شود را ارائه می‌دهند. درواقع مزیت اصلی این محلول‌ها، توانایی انجام چند عملکرد همزمان در یک ترکیب واحد است و فرمولاسیون هر محلول می‌تواند بر اساس شرایط ویژه چاه از جمله دما، فشار، ترکیب نفت و pH بهینه‌سازی شود تا راندمان تزریق و عملکرد سیستم به حداکثر برسد. این رویکرد باعث کاهش نیاز به مخازن و سیستم‌های تزریق متعدد و در نتیجه کاهش هزینه‌های عملیاتی و پیچیدگی‌های نگهداری می‌شود.

فناوری نانوحباب‌ها

نانوحباب‌ها؛ حباب‌هایی با اندازه کمتر از ۲۰۰nm هستند که به دلیل خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی منحصر به‌فرد، کاربردهای متعددی در صنعت نفت پیدا کرده‌اند. یکی از ویژگی‌های برجسته آن‌ها پایداری بالا در سیال است؛ نانوحباب‌ها برخلاف حباب‌های بزرگ، برای مدت طولانی در سیال باقی می‌مانند و قابلیت نگهداری اکسیژن یا دیگر گازها تا چند برابر سطح اشباع را دارند. این ویژگی امکان ایجاد و کنترل واکنش‌های شیمیایی و بیولوژیکی را فراهم کرده و می‌تواند رشد باکتری‌های تولیدکننده H_2S را محدود کند. علاوه بر این، نانوحباب‌ها با تأثیر مستقیم بر رسوبات معدنی و ترکیبات چسبناک، روانی جریان نفت و آب را در چاه‌ها افزایش داده و انسداد را کاهش می‌دهند. تغییر خواص سطحی و کاهش ویسکوزیته سیالات از دیگر اثرات آن‌هاست که به بهبود استخراج نفت و کاهش فشار تزریق کمک می‌کند. مطالعات نشان داده که بهره‌گیری از نانوحباب‌ها می‌تواند موجب افزایش تولید نفت در بازه‌های چند ماهه شود و اثرات مثبت اقتصادی و عملیاتی قابل توجهی ایجاد کند. به‌طور کلی، نانوحباب‌ها به‌عنوان یک ابزار نوین، توانایی بهبود عملکرد چاه‌های نفت، کنترل خوردگی میکروبی و افزایش بازده استخراج را همزمان ارائه می‌دهند و می‌توانند مکملی قدرتمند برای مواد چندمنظوره شیمیایی در مدیریت نوین چاه‌ها باشند. بنابراین هر یک از این فناوری‌های نوین مزایای خاص خود را داشته، اما مقایسه آن‌ها نشان می‌دهد که عملکردشان مکمل یکدیگر است. مواد چندمنظوره بیشتر بر کنترل مسائل شیمیایی و میکروبی تمرکز دارند، در حالی‌که نانوحباب‌ها بر بهبود وضعیت هیدرودینامیکی اثر گذارند. ترکیب این دو فناوری، رویکردی جامع فراهم می‌کند که تولید را بهینه، هزینه‌ها را کاهش و پایداری عملیات را تقویت می‌کند.

مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی فناوری‌های نوین

استفاده از مواد چندمنظوره و نانوحباب‌ها در مدیریت چاه‌های نفت، علاوه بر مزایای فنی، اثرات قابل توجهی بر جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی دارد. از نظر اقتصادی، کاهش تعداد سیستم‌های تزریق و مخازن نگهداری، بهینه‌سازی فرآیندهای تولید و کاهش توقف‌های ناگهانی، هزینه‌های عملیاتی را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد و بهره‌وری استخراج نفت را افزایش می‌دهد. از نظر زیست‌محیطی، استفاده همزمان از این فناوری‌ها میزان مصرف مواد شیمیایی را کاهش داده، خطر آلودگی محیطی ناشی از دفع مواد شیمیایی منفرد را کاهش می‌دهد و با کنترل رشد باکتری‌های تولیدکننده H_2S، اثرات زیان‌آور آن‌ها بر محیط و تجهیزات را محدود می‌کند. به‌طور کلی، این رویکرد نوین، جایگزینی پایدار و کارآمد برای روش‌های سنتی ارائه می‌دهد و می‌تواند منجر به عملیات اقتصادی‌تر و دوستدار محیط زیست در صنعت نفت شود.

چشم‌انداز آینده

پیشرفت‌های اخیر مواد چندمنظوره و نانوحباب‌ها افق‌های تازه‌ای را در مدیریت چاه‌های نفت گشوده است؛ به‌گونه‌ای که بهبود فرمولاسیون این مواد و ارتقای عملکرد نانوحباب‌ها می‌تواند راندمان استخراج و کنترل فرآیندهای میکروبی را افزایش دهد. هم‌زمان، بهره‌گیری از سامانه‌های هوشمند پایش و تزریق مبتنی بر داده‌های لحظه‌ای، امکان تنظیم دقیق فشار، جریان و کیفیت سیالات را فراهم می‌سازد. از منظر اقتصادی و زیست‌محیطی نیز، این فناوری‌ها کاهش قابل‌توجه هزینه‌ها، مصرف مواد شیمیایی و اثرات مخرب محیطی را نوید می‌دهند. در مجموع، چنین رویکرد نوآورانه‌ای زمینه‌ساز افزایش پایداری، ایمنی و بهره‌وری در عملیات چاه‌های نفت خواهد بود.

منابع:

[1] Khan, P., Zhu, W., Huang, F., Gao, W., & Khan, N. A. (2020). Micro–nanobubble technology and water-related application. Water Supply, 20(6), 2021-2035.

[2] Wang, Y., & Wang, T. (2023). Preparation method and application of nanobubbles: A review. Coatings, 13(9), 1510.

[3] Lan, Y., Qi, D., Li, J., Yu, T., Liu, T., Guan, W., ... & Xu, Z. (2025). Research Progress of Micro-Nano Bubbles (MNBs) in Petroleum Engineering. Gels, 11(11), 866.

[4] English, N. J. (2025). Environmentally Sustainable and Energy-Efficient Nanobubble Engineering: Applications in the Oil and Fuels Sector. Fuels, 6(3), 50.

[5] Elnaggar, H., Taman, A., Ali, R., Arshadi, M., Joshi, D., Joy, S. F., ... & Piri, M. (2025). Oil Recovery Enhancement by N2 Nanobubbles. Energy & Fuels, 39(5), 2482-2499.



تازه‌های علم شیمی

نویسنده: اعظم موذنی

۱) پنجره‌های هوشمند مبتنی بر نانولوله‌های کربنی: راهکاری نوین برای صرفه‌جویی انرژی پژوهش‌گران آزمایشگاه ملی لارنس لیورمور در سال ۲۰۲۵ موفق شدند لایه‌ای الکتروکرومیک بر پایه آرایه‌های عمودی و فوق‌العاده متراکم نانولوله‌های کربنی تک‌جداره بسازند که انقلابی در پنجره‌های هوشمند به‌شمار می‌رود. این لایه با اعمال فقط یک پالس کوتاه ۲± ولت می‌تواند تا ۵۰ درصد از تشعشع نزدیک‌به‌مادون‌قرمز را به‌صورت دینامیک و قابل برگشت مسدود کند، در حالی که تغییر شفافیت در ناحیه مرئی کمتر از ۳ درصد است. سازوکار عملکرد بر پایه جابه‌جایی کنترل‌شده سطح فرمی نانولوله‌ها به‌وسیله تزریق یا استخراج بار الکتریکی استوار است. این جابه‌جایی باعث تغییر شدید جذب پلاسمونی موضعی در ناحیه NIR می‌شود. مهم‌تر از همه، این سامانه «حافظه الکترواستاتیکی دوحالته» دارد؛ یعنی بعد از پالس اولیه، وضعیت اپتیکی (شفاف یا مسدود کننده گرما) بدون نیاز به هیچ توان نگهدارنده‌ای حفظ می‌شود و مصرف انرژی عملیاتی به کمتر از چند میکروووات بر مترمربع می‌رسد – به‌طور تقریبی نزدیک به صفر!

این لایه‌ها با روش رسوب بخار شیمیایی کاتالیزگری با کنترل دقیق هم‌ترازی رشد کرده‌اند و بیش از ۱۰,۰۰۰ چرخه تغییر حالت را بدون افت عملکرد تحمل می‌کنند. از نظر کاربردی، این فناوری می‌تواند تا ۳۰ درصد بار حرارتی ورودی به ساختمان‌ها در مناطق گرم (از جمله بسیاری از شهرهای ایران) را حذف کند و مصرف برق کولر را به شکل چشمگیری کاهش دهد.

نکته‌ای که برای ما شیمی‌دان‌ها و متخصصان نانوفناوری خیلی مهم است: نانولوله‌ها به‌طور کامل درون شبکه چندلایه پلیمری محصور شده‌اند و هیچ راه رهاسازی به محیط ندارند؛ بنابراین این دستاورد، نمونه‌ای موفق و مسئولانه از تجاری‌سازی نانومواد مطابق با آخرین راهبرد ایمنی نانوتکنولوژی آمریکا به شمار می‌رود .

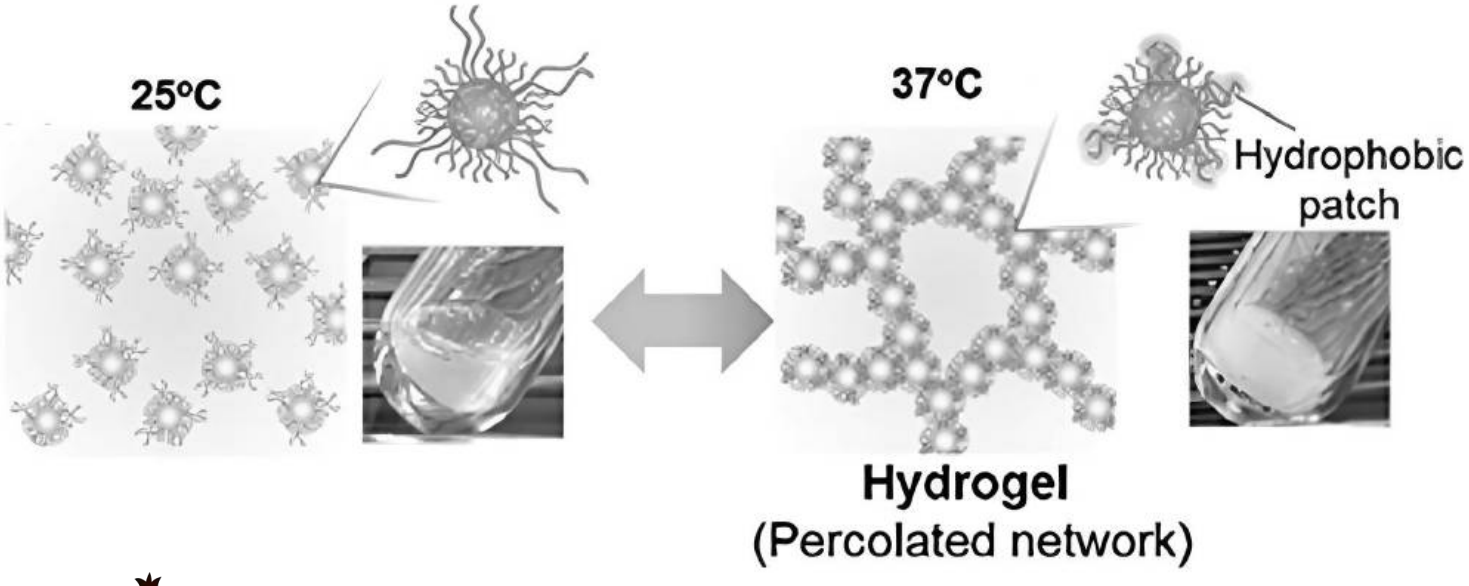
۲) میسل‌های پَچی؛ ترموژل‌هایی با استحکام قابل تنظیم برای هر بافت بدن

ترموژل‌های حساس به دما از جذاب‌ترین زیست مواد امروزی هستند؛ موادی که در دمای اتاق به‌صورت محلول رقیق و قابل تزریق‌اند، اما به‌محض رسیدن به دمای بدن (۳۷ درجه سانتی‌گراد) دچار گذار سل-ژل می‌شوند و در محل تزریق به داربست سه‌بعدی سفت تبدیل می‌شوند. این خاصیت، رهایش کنترل‌شده دارو، مهندسی بافت و ترمیم زخم را با حداقل نیاز به برش و جراحی باز ممکن می‌سازد. چالش اصلی نسل‌های قبلی، تشکیل شبکه‌ای ناهمگن و پر از نقص‌های میکروسکوپی بود که مدول الاستیک را به شدت پایین (در حد چند صد پاسکال) و رفتار مکانیکی را شکننده می‌کرد؛ به همین دلیل بیشتر آن‌ها هرگز به مرحله کاربرد بالینی نرسیدند. پژوهش‌گران دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا با معرفی «میسل‌های پَچی» (patchy micelles) این محدودیت اساسی را برطرف کرده‌اند. این میسل‌ها از خودآرایی دقیق دو کوپلیمر بلوکی متفاوت به‌وجود می‌آیند و پوسته‌ای فازجدا ایجاد می‌کنند که دامنه‌های مجزای غنی از پلی (N-ایزوپروپیل‌آکریلآمید) روی آن قرار دارد. با افزایش دما، فقط همین دامنه‌ها به‌صورت گزینشی از

حالت آب‌دوست به آب‌گریز تغییر ماهیت می‌دهند و به نقاط اتصال چسبنده تبدیل می‌شوند. در نتیجه، به‌جای شبکه‌های ناهمگن و پر از حفره‌های نسل قبلی، اکنون شبکه‌ای به‌طور کامل یکپارچه و عاری از هرگونه نقص میکروسکوپی تشکیل می‌شود که از زنجیره‌های کرم‌مانند منظم و به‌خوبی درهم‌تنیده ساخته شده‌است. اندازه‌گیری‌های رئولوژیکی نشان‌دهنده جهشی چشمگیر است: مدول ذخیره (G') تا چندین ده برابر افزایش می‌یابد و نکته کلیدی اینجاست که تنها با تغییر نسبت مولی دو کوپلیمر، می‌توان سفتی ژل را در بازه‌ای وسیع - از چند صد پاسکال (به نرمی بافت مغز) تا چندین کیلوپاسکال (به استحکام غضروف) - با دقت بسیار بالا تنظیم کرد؛ به‌عبارت دیگر، برای هر بافت هدف می‌توان ژلی به‌طور کامل «سفارشی‌شده» از نظر خواص مکانیکی تهیه کرد.

۳) نانومَت؛ پتوی شناور فوتوکاتالیزگر سبک و قابل بازیافت در تصفیه آب

دسترسی به آب آشامیدنی سالم همچنان یکی از بزرگ‌ترین بحران‌های بشری است؛ بیش از دو میلیارد نفر در جهان از این نعمت محرومند و آلاینده‌های آلی، دارویی و میکروبی هر سال جان میلیون‌ها نفر را تهدید می‌کنند. فناوری فوتوکاتالیز از دهه‌ها پیش به‌عنوان راه‌حلی سبز و بی‌نهایت امیدوارکننده معرفی شد. کاتالیزگرهایی نظیر تیتانیوم دی‌اکسید که با دریافت نور، رادیکال‌های اکسیدکننده بسیار واکنش‌پذیر تولید می‌کنند و به‌طور تقریبی هر آلاینده آلی را به آب و کربن دی‌اکسید تجزیه می‌کنند. با وجود این، کاربرد عملی این فناوری همیشه با سه مانع جدی روبه‌رو بوده است: نیاز به نور فرابنفش، دشواری جداسازی نانوذره‌های معلق از آب و ناکارآمدی سامانه‌های ثابت در مقیاس‌های بزرگ. پژوهش‌گران دانشگاه ایالتی اوهایو در سال ۲۰۲۵ برای نخستین بار نانوالیاف تیتانیوم دی اکسید دوپ‌شده با مس را به صورت صفحه‌های فیبری منسجم، سبک، انعطاف‌پذیر و شناور تبدیل کردند؛ پتویی نانوساختار که تنها با پهن شدن روی سطح آب، کل فرآیند تصفیه را آغاز می‌کند. این ساختار سلسله‌مراتبی بی‌همتا در مقیاس نانو از الیاف ۱۰۰ تا ۳۰۰ نانومتری با قابلیت جذب فوق‌العاده در ناحیه مرئی برخوردار است، در مقیاس میکرو، شبکه‌ای متخلخل برای نفوذ بهینه نور و آلاینده‌ها پدید می‌آورد و در مقیاس ماکرو، صفحه‌ای چند سانتی‌متری و یکپارچه می‌سازد که همچون پارچه‌ای ساده جمع می‌شود، با آب شسته می‌شود و بارها و بارها قابل استفاده می‌ماند. نانومَت نه‌تنها رکورد بالاترین بازدهی فوتوکاتالیزگری تیتانیوم دی اکسید را زیر نور طبیعی خورشید شکسته، بلکه پس از ده چرخه پیاپی استفاده و شست‌وشو همچنان بیش از ۹۰ درصد فعالیت اولیه خود را حفظ می‌کند و کوچک‌ترین نشت یون مس به آب ندارد. به‌سخن دیگر، برای اولین‌بار یک راکتور فوتوکاتالیزگری شناور، سبک، قابل‌حمل، به‌طور کامل بازیافت‌پذیر و بی‌نیاز از هرگونه تجهیزات جانبی پدید آمده که می‌تواند برکه‌های روستایی یا پهنه‌های وسیع آبی را به‌سادگی پاکسازی کند.



منابع:

[1] Abelson, A., Jean-Remy, P. M., Nakotte, T., Munger, P. E., Buchsbaum, S. F., Park, S. J., & Hiszpanski, A. M. (2025). Exploiting intersubband plasmons in vertically aligned carbon nanotubes for near-infrared electrochromic windows. Nano Letters, 25(31), 11762-11767.

[2] Han, B., Fujii, S., van der Vlies, A. J., Ghasemi, M., Del Mundo, J. T., Kiemle, S. N., Hasegawa, U. (2025). Thermally Induced Gelling Systems Based on Patchy Polymeric Micelles. Advanced Functional Materials, 35(12), 2417544.

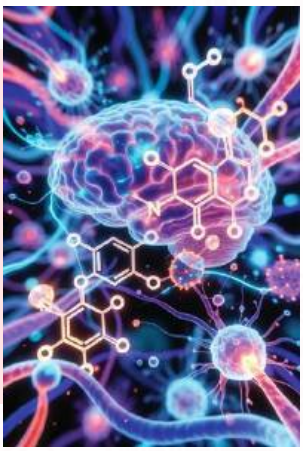
[3] Mikaeili, F., Rahaman, M. M., & Gouma, P. I. (2025). 3D Self-Supported Visible Light Photochemical Nanocatalysts. Advanced Science, 12(19), 2502981.

آیا میدانستید...

نویسنده: عبدالحمید دهقانی



آیا میدانستید نانولوله های کربنی تک دیواره با استحکامی ۱۰۰ برابر فولاد و رسانایی الکتریکی ۱۰۰برابر مس، انقلابی در صنایع هوافضا و الکترونیک ایجاد کردهاند؟ این ساختارهای استوان های با قطر نانومتری میتوانند تحولی در ساخت آسانسورهای فضایی ایجاد کنند. [۱]



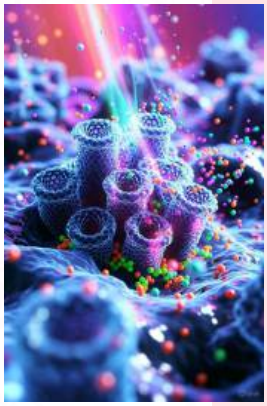
آیا میدانستید احساس عشق و دلبستگی واکنشهای شیمیایی در مغز هستند؟ ترکیبهایی مثل دوپامین (هورمون لذت)، سروتونین (هورمون شادی) و اکسیتوسین (هورمون اعتماد) مسئول هیجان های عاطفی ما هستند. شیمی، راز پشت این احساسات پیچیده را فاش میکند.[۲]

آیا میدانستید نانوساختارهای برگ نیلوفر آبی (Lotus Effect) الهام بخش توسعه سطوح آبگریز فوق العاده بـوده اند؟ این سطوح با زاویه تماس بالای ۱۵۰درجه، کاربردهای وسیعی در پزشکی و صنعت دارند.[۳]

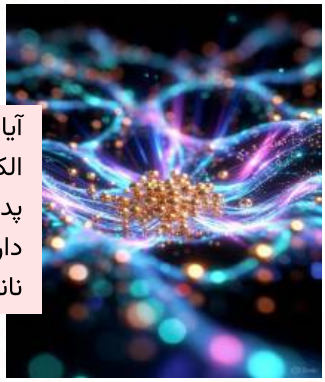




آیا میدانستید نانوموتورهای مولکولی مصنوعی قادرند با استفاده از انرژی شیمیایی یا نوری، حرکت های کنتـرل شـده ای در مقیاس نانو انجام دهند؟ این پیشرفت گامی به سوی نانوروبات های پزشکی است.[۴]



آیا میدانستید نانوذرات کوانتومی پروسکایتی (Perovskite QDs) میتوانند بازده کوانتومی فتولومینسانس نزدیک به ۱۰۰ درصد داشته باشند؟ این ویژگی آنها را به گزینـه ای بینظیر برای نمایشگرهای نسل بـعد و سـلول های خورشیدی تبدیل کرده است.[۶]



آیا میدانستید نانوذرات پلاسمونیک طلا میتوانند میدان الکترومغناطیسی نور را تا ۱۰۰۰ برابر تقویت کنند؟ این پدیده که تقویت پلاسمون سطحی موضعی (LSPR) نام دارد، انقلابی در حسگرهای زیستی و تصویربرداری نانومقیاس ایجاد کرده است.[۵]



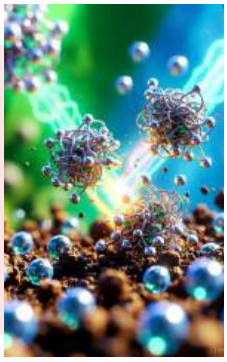
آیا میدانستید نانوکانال های آلومینا (Anodic Alumina) با تخلخل منظم نانومتری، قابلیت خودآرایی داشته و در تحویل هدفمند دارو استفاده میشوند؟ این ساختارها مانند مخازن نانودارویی هوشمند عمل میکنند.[۷]



آیا میدانستید نانو ورقه های MXene با رسانایی الکتریکی بالا و گروه های عاملی سطحی متنوع، کاربردهای وسیعی در ذخیره انرژی و تصفیه آب دارند؟ این مواد دوبعدی جدید حتی از گرافن هم عملکرد بهتری در برخی کاربردها نشان میدهند.[۸]



آیا میدانستید نانوذرات حافظه شکلی (Shape Memory Nanoparticles) میتوانند تحت محرک های خاص به شکل اولیه بازگردند؟ این مواد هوشمند در رباتیک نرم و پزشکی ترمیمی کاربرد دارند.[۱۰]



آیا میدانستید نانوذرات آهن صفرظرفیتی میتوانند آلاینده های آلی مانند PCBها را به طور کامل تجزیه کنند؟ این فناوری سبز در پاکسازی خاک های آلوده انقلابی ایجاد کرده است.[۹]

[1] Sivasubramaniyam, V., Ramasamy, S., Venkatraman, M., Gatto, G., & Kumar, A. (2023). Carbon nanotubes as an alternative to copper wires in electrical machines: A review. Energies, 16(9), 3665.

[2] Ade, B. S., & Ora, A. E. (2024). Body Chemistry and Leadership Behaviour. IJSS, 8(33), 687-716.

[3] Wang, L. (2023). A critical review on robust self-cleaning properties of lotus leaf. Soft Matter, 19(6), 1058-1075.

[4] Liu, T., Xie, L., Price, C. A. H., Liu, J., He, Q., & Kong, B. (2022). Controlled propulsion of micro/nanomotors: operational mechanisms, motion manipulation and potential biomedical applications. Chemical Society Reviews, 51(24), 10083-10119.

[5] Farooq, S., & Zezell, D. M. (2024). Advances in metallic-based localized surface plasmon sensors for enhanced tropical disease detection: a comprehensive review. Plasmonics, 19(4), 1721-1742.

[6] Shan, Q., Dong, Y., Xiang, H., Yan, D., Hu, T., Yuan, B., ... & Zeng, H. (2024). Perovskite quantum dots for the next-generation displays: progress and prospect. Advanced Functional Materials, 34(36), 2401284.

[7] Eftekhari, K., Parakhonskiy, B. V., Grigoriev, D., & Skirtach, A. G. (2024). Advances in nanoarchitectonics: A review of “static” and “dynamic” particle assembly methods. Materials, 17(5), 1051.

[8] Li, X., Huang, Z., Shuck, C. E., Liang, G., Gogotsi, Y., & Zhi, C. (2022). MXene chemistry, electrochemistry and energy storage applications. Nature Reviews Chemistry, 6(6), 389-404.

[9]Gil-Díaz, M., Pérez, R. A., Alonso, J., Miguel, E., Diez-Pascual, S., & Lobo, M. C. (2022). Iron nanoparticles to recover a co-contaminated soil with Cr and PCBs. Scientific Reports, 12(1), 3541.

[10] Leungpuangkaew, S., Amornkitbamrung, L., Phetnoi, N., Sapcharoenkun, C., Jubsilp, C., Ekgasit, S., & Rimdusit, S. (2023). Magnetic-and light-responsive shape memory polymer nanocomposites from bio-based benzoxazine resin and iron oxide nanoparticles. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research, 6(3), 215-225.

نویسنده: مریم رضائی

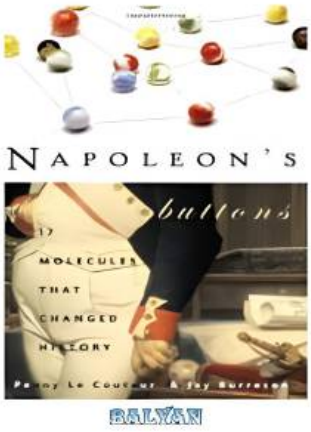
پیشنهادات

نرم‌افزار: Avogadro



یک نرم‌افزار رایگان و متن‌باز برای Avogadro مدل‌سازی مولکولی است که بیشتر در آموزش و پژوهش شیمی آلی و شیمی محاسباتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این برنامه با محیط کاربری ساده و کاربرپسند امکان رسم، آنالیز و بهینه‌سازی ساختارهای سه‌بعدی مولکول‌ها را فراهم می‌کند و برای دانشجویان شیمی ابزار بسیار مفیدی محسوب می‌شود

کتاب: Napoleon's Buttons

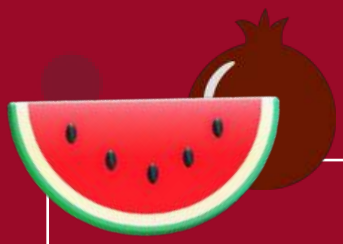


کتاب Napoleon's Buttonsاثری خواندنی و متفاوت در حوزه علم شیمی است که با روایتی داستان‌گونه به بررسی تأثیر ۱۷ مولکول خاص در شکل‌گیری تاریخ بشر می‌پردازد. این کتاب با پیوند زدن مفاهیم شیمیایی به رویدادهای تاریخی، دیدگاهی تازه و جذاب به علم شیمی ارائه می‌دهد که برای علاقه‌مندان به شیمی و تاریخ، خواندنی و الهام‌بخش خواهد بود.

وب‌سایت: PhET Interactive Simulations



مجموعه‌ای از شبیه‌سازهای علمی تعاملی PhET است که توسط دانشگاه کلرادو توسعه یافته و در آموزش مفاهیم پایه شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی کاربرد دارد. این وب‌سایت با طراحی بصری جذاب و امکان تعامل مستقیم کاربر، مفاهیمی مانند پیوندهای شیمیایی، سینتیک واکنش‌ها و حالات ماده را به‌صورت ساده و قابل درک برای دانش‌آموزان و دانشجویان توضیح می دهد .



ما فکر می‌کنیم

اینجا محل مناسبی برای تبلیغ شماست :)

۰۹۱۳۷۸۶۱۲۸۲



سلام همراهان کنجکاو Metachem!

این‌جا جایی است برای شنیدن صدای شما و خلق مجله‌ای که از دل شما و برای شما ساخته شود. دوست دارید درباره شیمی نوین بدانید؟ تأثیر علم در زندگی روزمره را کشف کنید؟ با پژوهشگران گفتگو کنید یا ابزارهای علمی جدید را بشناسید؟ ما مشتاقیم بدانیم!

نظرات، ایده‌ها و حتی چند کلمه کوتاه شما می‌تواند راهنمای ما در ساخت مجله‌ای زنده، جذاب و علمی باشد. راه‌های ارتباطی ما همیشه باز است: ایمیل، اینستاگرام و تلگرام. صدای شما، چراغ راه Metachem است!

تلگرام: https://t.me/chemtechkashan اینستاگرام: @metachem_kashan ایمیل: metachem@gmail.com