

به نام خدا



سرشناسه: موید، فاطمه، ۱۳۶۱ -

عنوان و نام پدید آور: نانو فناوریها و نانودستاوردها / نویسندگان، فاطمه موید، فائقه اسلامی پور

مشخصات نشر: تهران: ریاست جمهوری، ستاد توسعه فناوری نانو، باشگاه دانش آموزی نانو، ۱۳۸۸

مشخصات ظاهری: ۳۷ ص.: مصور (رنگی): ۲۲×۲۹ س م.

شابک: ۲۲۰۰۰ ریال: ۹ - 4426 - 04 - 964 - 978

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

موضوع: نانوتکنولوژی

شناسه افزوده: اسلامی پور، فائقه، ۱۳۶۱ -

شناسه افزوده: ایران. ریاست جمهوری. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو. باشگاه دانش آموزی نانو

رده بندی کنگره: ۱۳۸۸ ن ۸ م ۱۷۴/۷ T

رده بندی دیویی: ۶۲۰/۵

شماره کتابشناسی ملی: ۱۸۷۵۰۰۶



عنوان: نانو فناوریها و نانودستاوردها

نویسندگان: فاطمه موید، فائقه اسلامی پور

ناشر: باشگاه دانش آموزی نانو

چاپ: بوستان


سال چاپ: پاییز ۱۳۸۸

نوبت چاپ: اول

طراحی و صفحه آرایی: سیمین رفیع پور لنگرودی



# نانو فناوریها و نانو دستاوردها



گردآورندگان:  
فاطمه موید  
فائقه اسلامی پور

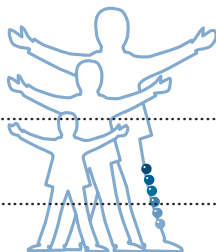
"ستاد ویژه توسعه فناوری نانو" به منظور ارتقای آشنایی دانش‌آموزان با علوم و فناوری نانو و زمینه‌سازی تحقیق و پژوهش دانش‌آموزی در این حوزه، اقدام به تاسیس "باشگاه نانو" نموده است. این مجموعه سعی دارد تا دانش‌آموزان را در یک فرآیند آموزشی، از یادگیری مفاهیم اولیه تا خلق ایده‌های دانش‌محور هدایت کند. فراهم‌سازی امکان تجربه کارگروهی، از مهمترین اصول مطرح در باشگاه نانو است. ماهیت بین‌رشته‌ای علوم و فناوری نانو، مفهومی است که در مدت فعالیت در باشگاه برای دانش‌آموزان ترسیم می‌شود. فراغت مقطعی از نظام اصولی آموزشی، خلق فرصت فعالیت‌های علمی-تفریحی و تجربه پژوهش‌های واقعی در مرز دانش، دورنمایی است که از راه‌اندازی باشگاه به تصویر کشیده شده است. باشگاه امیدوار است که آموخته‌ها و تجربیات دانش‌آموزی افراد، پایه پژوهش‌های دانشگاهی آنها گردد.

تامین منابع مطالعاتی و محتوای آموزشی فارسی، یکی از اولین گام‌های توسعه و ترویج علوم و فناوری نانو است. بررسی بازار نشر داخلی نشان می‌دهد که بیشتر کتاب‌ها و انتشارات مربوط به این موضوع متخصصین، پژوهشگران و دانشجویان علاقمند را مخاطب قرار داده‌اند و مخاطبین غیر تخصصی معمولاً مطالب مناسب خود را نمی‌یابند. برای رفع این مشکل، تأمین محتوای مطالعاتی و آموزشی در اولویت‌های برنامه سال ۸۸ باشگاه قرار گرفته است. در این راستا باشگاه از نوشته‌های نویسندگانی که به زبان ساده و گویا جنبه‌های مختلف علوم و فناوری نانو را مورد بررسی قرار می‌دهند، حمایت می‌کند.

"نانو فناوری‌ها و نانو دستاوردها" کتاب کوچکی است که با نگاهی گذرا فناوری نانو و کاربردهای آن را مرور می‌کند. این کتاب شاید بتواند دورنمایی از زندگی بشر را در چند ده سال آینده به تصویر بکشد. زندگی که امروز کمی رویایی و تخیلی به نظر می‌رسد. ایده اصلی کتاب و نیمی از مطالب آن، از پوستره‌های طرح آموزشی "نانو تراک" گرفته شده است. این طرح که با حمایت وزات آموزش و تحقیق آلمان راه‌اندازی شده، در واقع یک فضای نمایشگاهی است که برای مواجهه افراد با ویژگی‌ها و خواص مقیاس نانو طراحی شده است.

گردآورندگان "نانو فناوری‌ها و نانو دستاوردها" امیدوارند که این کتاب بتواند نقطه آغاز مناسبی برای آشنایی مخاطبین غیر متخصص با فناوری نانو باشد. باشگاه نانو در پایان وظیفه خود می‌داند که از آقای علیرضا منسوب بصیری به سبب فراهم نمودن متن پوستره‌های طرح آموزشی "نانو تراک" تشکر و قدردانی کند.





۷ ..... مبانی

۱۰ ..... تعریف

۱۴ ..... ابعاد

۱۵ ..... رشته‌های مرتبط



۱۷ ..... کاربردهای فناوری نانو

۱۸ ..... نانوشیمی

۲۲ ..... نانومواد

۲۶ ..... تجهیزات مقیاس نانو

۳۰ ..... روش‌های ساخت در مقیاس نانو

۳۴ ..... نانو الکترونیک

۳۸ ..... نانو اپتیک

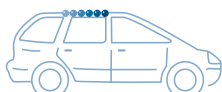
۴۲ ..... نانوزیست فناوری

۴۶ ..... نانو پزشکی

۵۰ ..... حمل و نقل مبتنی بر فناوری نانو



۵۳ ..... پیشگامان ایرانی فناوری نانو



**مبانی**



"نانوفناورها و نانودستاوردها" مجموعه‌ای است کوتاه که فناوری‌نانو و کاربردهای آن را مرور می‌کند. مطالب این کتاب در دو بخش "مبانی" و "کاربردهای فناوری‌نانو" تقسیم‌بندی شده است. تعریف فناوری‌نانو، تبیین کوچکی بُعد نانو و تشریح ماهیت بین‌رشته‌ای این فناوری موضوعاتی هستند که در بخش مبانی به آن‌ها پرداخته شده است. در بخش دوم به کاربری فناوری‌نانو در ۹ زمینه مختلف توجه شده است. نانوشیمی، نانومواد، تجهیزات مقیاس نانو، روش‌های ساخت در مقیاس نانو، نانوالکترونیک، نانواپتیک، نانوزیست‌فناوری، نانوپزشکی و حمل‌ونقل مبتنی بر فناوری‌نانو زمینه‌هایی هستند که تاثیر فناوری‌نانو بر آن‌ها بررسی شده است. این بخش ساختار ویژه‌ای دارد که لازم است خوانندگان محترم پیش از مطالعه کتاب از آن آگاهی داشته باشند.

در بخش کاربرد، هر موضوع به دو صورت مختصر و مبسوط توضیح داده شده است. در شکل مختصر اهداف، کاربردها، مزایا و چشم‌انداز هر موضوع جمع‌بندی شده است. خوانندگان می‌توانند با خواندن این قسمت (که در هر شاخه تنها یک صفحه به آن اختصاص داده شده است) دیدی کلی از مسیر فناوری‌نانو در آن موضوع به‌دست آورند. شرح جزئی اصطلاحات و اطلاعات بیشتر و تکمیلی، در قسمت مبسوط آمده است. در این قسمت (که برای هر موضوع سه صفحه به آن اختصاص داده شده است) نخست به بیانی ساده پایه‌های علمی آن موضوع بیان شده است و سپس محصولاتی معرفی می‌شوند که در آن حوزه ساخته شده‌اند و یا می‌توانند ساخته شوند.

حسن ختام "نانوفناورها و نانودستاوردها" معرفی دو دانشمند گرانقدر ایرانی و پیشگام در فناوری‌نانو است. سرمایه‌هایی ملی که نماد توانمندی و جایگاه ایرانی در علوم و فناوری‌نانو هستند.



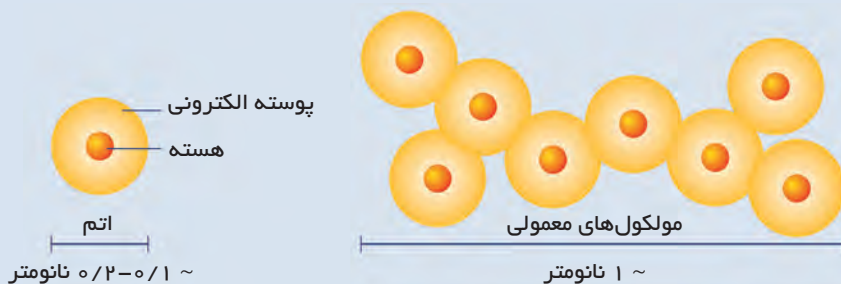
## فناوری نانو چیست؟

فناوری نانو یکی از مهمترین و اصلی‌ترین فناوری‌های قرن ۲۱ است. پیشوند نانو از کلمه یونانی nanos، به معنی کوتوله گرفته شده است. این فناوری با مقیاسی سر و کار دارد که ده‌ها هزار بار کوچکتر از یک میلیمتر است. فناوری نانو به دنبال بررسی کردن، تولید کردن و بکارگیری ساختارهایی است که اندازه آنها کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر (nm) است.

### مقایسه اندازه

نسبت یک نانومتر به یک متر، مانند نسبت یک فندق است به کره زمین.  
یک نانومتر یک میلیاردیم متر است.  
( $10^{-9}$  m)

فناوری نانو در سطح اتم‌ها، مولکول‌ها و یا خوشه‌های اتمی و مولکولی کار می‌کند. اجسام نانومقیاس اغلب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاصی از خود نشان می‌دهند که در اجسام بزرگتر (ماکروسکوپی) قابل مشاهده نیست.



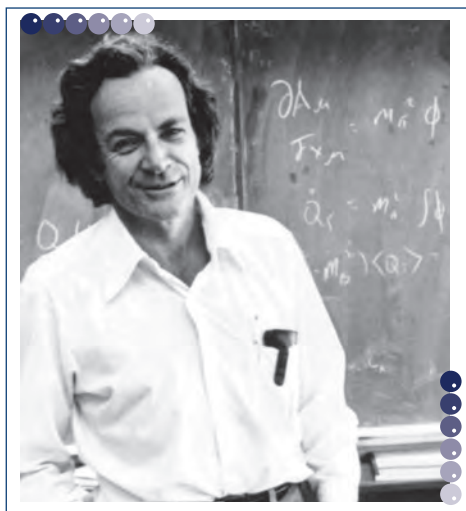
### هدف

هدف فناوری نانو، درک خواص جدید مواد در مقیاس نانومتر، یافتن چرایی تغییر خواص و استفاده از این دانش برای پیشرفت‌های فناورانه است.

### راه‌های ورود به دنیای نانو

- دو راه برای دسترسی به دنیای نانو وجود دارد:
- کوچک کردن اندازه اجسام تا ابعاد نانومتر؛ شبیه کاری که مجسمه‌سازان انجام می‌دهند (روش بالا به پایین)
- تولید اشیاء و ساختارها از طریق جابه‌جا کردن و دستکاری تک تک اتم‌ها و مولکول‌ها (روش پایین به بالا)

## اینجا دنیایی بسیار بسیار کوچک است



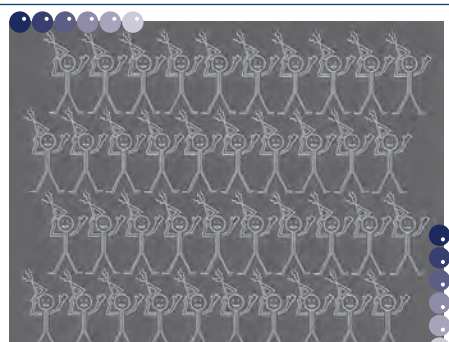
است که صفحات این دایره‌المعارف را ۲۵۰۰۰ مرتبه مچاله کنیم". فاینمن معتقد بود که به لحاظ قوانین فیزیکی این کار قابل انجام است و می‌گفت: "قوانین فیزیکی تا آنجا که من توانایی فهمش را دارم برخلاف ساخت اتم به اتم مواد حرفی نمی‌زنند، ما فقط باید زبان اتم‌ها را یاد بگیریم".

فاینمن دقیقاً از کلمه "فناوری نانو" استفاده نکرد. نوریو تانیگوچی<sup>۲</sup> ژاپنی دانشمندی بود که اولین بار در سال ۱۹۷۴ این کلمه را به کار برد. نوریو عبارت "فناوری نانو" را برای روش‌های ساختی استفاده کرد که دقت آنها در اندازه‌های نانومتری است.

تا مدت‌ها اتفاق خاصی در دنیای نانو نیفتاد، زیرا راهی برای دسترسی به اتم‌ها و مولکول‌ها وجود نداشت. بشر فقط از بودن آنها خبر داشت، اما نمی‌توانست آنها را دستکاری کند. اما بالاخره این سد شکسته شد و کلید راهیابی به این دنیای

ریچارد فاینمن<sup>۱</sup>، فیزیکدانی آمریکایی است که به عنوان پدر فناوری نانو شناخته می‌شود. نظریات مهم وی در فیزیک کوانتوم، وی را به دانشمندی تأثیرگذار در قرن بیستم تبدیل کرد. تا جاییکه در سال ۱۹۶۵ جایزه نوبل علم فیزیک به این دانشمند داده شد.

علاوه بر تحقیق و پژوهش، فاینمن علاقه داشت که قوانین غیرقابل فهم فیزیک کوانتوم را به شکلی جالب و جذاب برای مردم عادی و دانشجویان بیان کند. در سال ۱۹۵۹، فاینمن در نشست سالیانه مؤسسه فناوری کالیفرنیا به همه گوشزد کرد که «آن پایین فضاها بسیار است». این عنوان سخنرانی رویایی و تخیلی فاینمن بود که در آن به پایین‌ترین حد مقیاس اندازه اشاره کرد. فاینمن می‌گفت: "من متعجبم از آنکه چرا ما نمی‌توانیم محتویات دایره‌المعارف ۲۴ جلدی بریتانیکا (بریتانیکا دایره‌المعارفی است که اولین بار در سال ۱۷۶۸ منتشر شد و یکی از منابع مهم انگلیسی به شمار می‌رود. این دایره‌المعارف هر سال تکمیل و ویرایش می‌شود) را بر سر یک سنجاق بنویسیم. برای این کار کافی



آن پایین فضاها بسیار هست

1. Richard Philips Feynman  
2. Norio Taniguchi

تنگستنی، اجسام را مشاهده کند. نوک این سوزن تنها شامل یک اتم است و اتم‌ها را به گونه‌ای لمس می‌کند که گویی آنها را می‌بیند. جامعه علمی به پاس این کلید مهم، جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۸۶ را به این دو دانشمند داد.

امروزه فناوری نانو به فناوری کلیدی قرن ۲۱ تبدیل شده است. تمرکز این «دنیای کوتوله» بر تولید، آزمایش و استفاده از ساختارهایی است که اندازه‌ی آنها کوچک‌تر از ۱۰۰ نانومتر است. زیرا ساختارهای نانومتری خواص و ویژگی‌هایی از خود نشان می‌دهند که در مقیاس‌های بزرگ‌تر قابل مشاهده نیست. نانوذرات طلا به رنگ آب‌تیره و بنفش (بین ۳۰ تا ۵۰۰ نانومتر)، قرمز (از ۳ تا ۳۰ نانومتر)، نارنجی (۱ تا ۳ نانومتر) و نقره‌ای (زیر یک نانومتر) درمی‌آیند. نانو ذرات آلومینیوم

کوچک در سال ۱۹۸۱ پیدا شد؛ یک میکروسکوپ تونل زنی روبشی<sup>۱</sup> (اس.تی.ام). محقق آلمانی به نام گورد بینینگ و همکار سوئیسی‌اش هنریچ روهر، این میکروسکوپ را اختراع کردند. میکروسکوپی که می‌توانست با استفاده از یک سوزن بسیار ریز



نانوذرات به رنگ‌های مختلف در می‌آیند



همه ما ساختن از پایین به بالا را با قطعات خانه‌سازی تجربه کرده‌ایم

تبدیل به ماده منفجره‌ای می‌شوند که می‌تواند بعنوان سوخت راکت موشک مورد استفاده قرار گیرد. نانو لوله‌های کربنی دوده‌ای شکل، ۱۰۰ برابر سخت‌تر از فولاد می‌شوند. تغییر خواص یکی از مهمترین جاذبه‌های مقیاس نانو است.

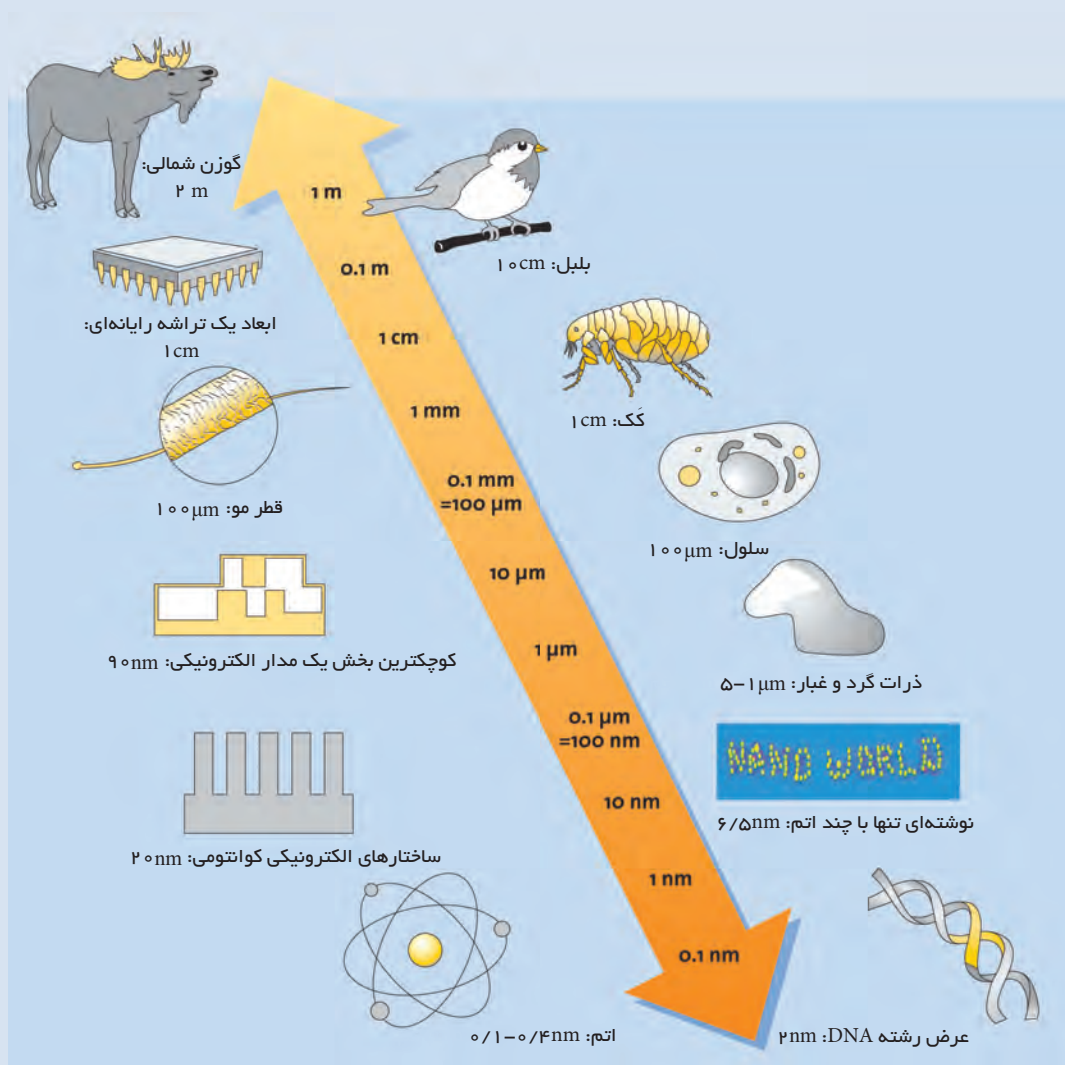
فناوری نانو در فضایی بین اتم‌های منفرد و پیوندهای آنها با گروه‌های بزرگتر اتمی و مولکولی کار می‌کند و برای رسیدن به این فضا، دو راه پیش رو دارد. راه اول این است که مواد و ساختارهای بزرگ را آنقدر کوچک کند تا به مقیاس نانومتر برسند. این شبیه کاری است که مجسمه‌سازها و شیرینی‌پزها انجام می‌دهند. در این حالت ساختارهای کوچک میلی‌متری و میکرومتری را

آنقدر می‌تراشند (مثل مجسمه‌سازها) و یا قالب می‌زنند (شبیه شیرینی‌پزها) که به یک شیء نانومتری برسند. به روش‌هایی که با کوچک کردن ساختارهای بزرگ‌تر به اندازه نانومتر می‌رسند، روش‌های "از بالا به پایین" می‌گویند. راه دوم در جهتی خلاف جهت اول حرکت می‌کند، یعنی به‌جای اینکه از بالا به پایین بیاید، از "پایین به بالا" می‌رود. این روش‌ها شبیه خانه‌سازی هستند. یعنی همان‌طور که برای ساخت یک خانه، آجرها با نظم خاصی کنار هم چیده می‌شوند؛ در این روش‌ها هم اتم‌ها و مولکول‌ها تک تک با آرایش و دقت مشخصی کنار هم قرار می‌گیرند تا یک وسیله یا جسم نانومتری ساخته شود.



## سفر به دنیای نانو

آیا می‌دانید یک نانومتر چقدر بزرگ است؟  
نمودار زیر با مقایسه ابعاد به شما کمک کند تا به قلمرو کوتوله‌ها در مقیاس نانومتر وارد شوید.



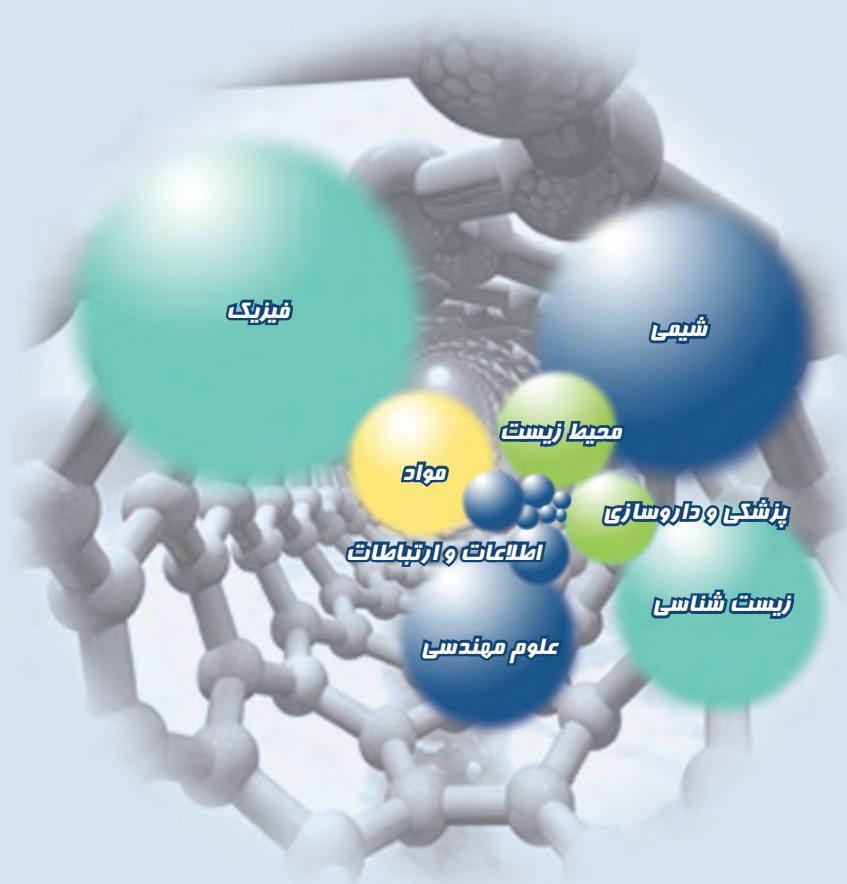




## فناوری نانو یک موضوع بین رشته‌ای است

فناوری نانو در تمامی حوزه‌های علم و فناوری نفوذ کرده است و بسیاری معتقدند که در مقیاس نانو مرز بین رشته‌های مختلف از بین می‌رود. در آینده‌ای نزدیک دانشمندان کسی است که علاوه بر رشته تخصصی خود، در مورد علوم دیگر هم اطلاعات کافی دارد. به‌زودی دانشمندان مجبور می‌شوند که برای یافتن پاسخ یک سوال، گروهی از متخصصین مختلف تشکیل دهند و با یکدیگر کار کنند. شاید فناوری نانو به دانشمندان کمک کند که همچون بوعلی‌سینا در زمینه‌ها و رشته‌های مختلف تخصص پیدا کنند.

## فناوری نانو



# کاربردهای فناوری نانو



"فناوری نانو آینه‌های هوشمندی تولید می‌کند که چگونگی مسواک زدن را به کودکان می‌آموزند؛" "فناوری نانو لباس‌هایی می‌سازد که برای شما آهنگ دلخواهتان را پخش می‌کنند، مسیر حرکت شما را در شهر تنظیم می‌کنند و میزان قند و کلسترول خون شما را مدام اندازه‌گیری می‌کنند؛" "خودرو و پنجره‌های خانه شما با فناوری نانو همیشه تمیز هستند؛" "شما می‌توانید با فشار دادن یک دکمه رنگ شیشه اتاق خوابتان را تغییر دهید". به نظر شما این تخیلات زول‌ورنی چقدر به واقعیت نزدیک هستند؟!

به نانوالکترونیک (صفحه ۳۴) فعالیت‌های در حال پیشرفت در این حوزه توضیح داده می‌شود. محصولات جدید نانوالکترونیکی سرعت و توانمندی پردازش رایانه‌های ما را متحول خواهند کرد.

نور عنصری مهم در زندگی روزانه ما به شمار می‌رود. نانواپتیک منابع نوری جدیدی می‌سازد که در مقایسه با لامپ‌های معمولی، هم روشنایی بیشتری دارند و هم مصرف انرژی آنها بسیار کمتر است (صفحه ۳۸).

بررسی طبیعت و ساختارهای زیستی، موضوعی بسیار اساسی در علوم و فناوری نانو به‌شمار می‌آید. نانوزیست‌فناوری، شاخه‌ای است که فرآیندهای زیستی را در سطح مولکولی بررسی می‌کند و به توسعه روش‌های کوچک‌سازی ابزارهای تشخیصی در حد نانومتر می‌پردازد. این ابزارها می‌توانند بدون هیچ خطری وارد بدن موجودات زنده شوند. (صفحه ۴۲).

سامانه‌های این‌چنینی می‌توانند بیماری‌های انسانی را نیز در مراحل اولیه تشخیص دهند. داروهای هوشمند نانوساختار به محل دقیق بیماری می‌روند و دارو را فقط بر سلول بیمار اثر می‌دهند. روش‌های تشخیصی و درمانی مبتنی بر فناوری نانو در بخش "نانو پزشکی" توضیح داده شده‌اند (صفحه ۴۶).

نانوشیمی، نانومواد، نانوالکترونیک و نانواپتیک نقش مهمی در صنایع خودروسازی خواهند داشت. بخش "حمل و نقل در دنیای نانو" (صفحه ۵۰) برای شما توضیح می‌دهد که چگونه فناوری نانو خودروهای راحت‌تر و ایمن‌تری تولید می‌کند که دوستدار محیط زیست هستند.

بخش‌های بعدی این کتاب، به مثال‌هایی محدود از کاربردهای فراوان فناوری نانو اختصاص یافته است. شاید این مطالب به شما نشان دهند که کاربری فناوری نانو به وسعت رشته‌های مختلف علمی و زمینه‌های متفاوتی از زندگی است.

نانوشیمی (صفحه ۱۸) امکان ساخت ذره‌هایی را به وجود می‌آورد که خواص فیزیکی و شیمیایی آنها با اجسام بزرگی که از همان مواد ساخته شده‌اند، کاملاً متفاوت است. این نانوذرات را می‌توان برای تولید محصولات مختلفی مانند سطوح ضدخش، پوشش‌های ضدانعکاس، سطوح ضد آب و خودتمیز شونده استفاده کرد (صفحه ۲۲).

دانشمندان اکنون از روش‌های و تجهیزات پیچیده‌ای برای سنجش و پیمایش در مقیاس نانو استفاده می‌کنند (صفحه ۲۶). آنها به وسیله این تجهیزات، ماهیت و ویژگی‌های مواد جدید را بررسی می‌کنند و کیفیت محصولاتی را که با این مواد ساخته‌اند، آزمایش می‌کنند. با کمک این روش‌ها، ما اکنون می‌توانیم تک تک اتم‌ها را لمس کنیم. اما اینکه این ساختارهای دقیق نانومتری چگونه تولید می‌شوند، سؤالی است که در بخش "روش‌های ساخت در مقیاس نانو" (صفحه ۳۰) پاسخ داده می‌شود.

روش‌های ساخت بسیار دقیق، می‌تواند منجر به تولید تراشه‌های رایانه‌ای شود که به‌طور قابل ملاحظه‌ای کوچکتر بوده و سریع کار می‌کنند. کوچک‌سازی و افزایش کارایی، اولویت‌های حوزه الکترونیک به‌شمار می‌روند. در بخش مربوط



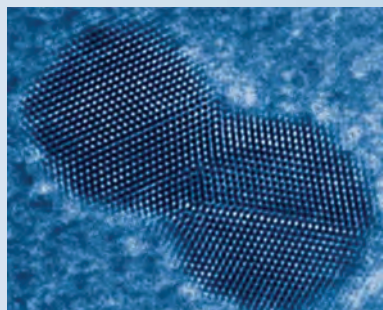
## مولکول‌ها و توانمندی‌های آنان

نانوشیمی شاخه‌ای از فناوری نانو است که به دنبال ایجاد و استفاده از سیستم‌های شیمیایی جدیدی است که به سبب تغییر اندازه، رفتارهای متفاوتی از خود نشان می‌دهند. می‌دانید که شیمی علم تولید، مطالعه و بررسی مواد و ترکیباتی است که به طور طبیعی یا مصنوعی ساخته می‌شوند. با اینکه علم شیمی همواره با اتم‌ها و مولکول‌ها سر و کار داشته است، اما تا به امروز به کنترل و چینش اتم‌ها و مولکول‌ها دقت نکرده و همواره بر توده‌ی مواد تمرکز داشته است. علم شیمی با قدم گذاشتن به دنیای نانو، به دنبال آن است که با استفاده از واحدهای شیمیایی فعال نانومتری مانند مولکول‌های بزرگ یا بلورهای نانومتری، موادی با خواص جدید بسازد.

### کاربردها

### اهداف

- تولید مواد آرایشی (ضد آفتاب، خمیر دندان، محصولات محافظ پوست و ...)
- تولید محصولات بهداشتی
- صنایع بسته‌بندی مواد غذایی
- صفحات نمایش و فیلم‌های عکاسی
- فناوری‌های جداسازی (در تصفیه آب و تولید غذا)
- کاتالیزور برای واکنش‌های شیمیایی
- پالایش گازهای خروجی از آگروز
- تولید نانوذرات
- ایجاد شرایط مناسب برای بروز ویژگی‌های جدید
- سامانه‌های نانومتری
- دستکاری و کنترل سامانه‌های نانومتری
- رهایش کنترل‌شده و تاخیری نانومواد



ذراتی بسیار کوچک با توانمندی‌های بی‌شمار؛ تصویر مجموعه‌ای از نانوذرات در زیر یک میکروسکوپ الکترونی

### کرم‌های ضد آفتاب حاوی نانوذرات

نانوذرات، اسم عام ذراتی است که اندازه آنها بین ۱۰۰ تا ۱ نانومتر است و هزار بار از قطر یک مو کوچک‌ترند. اندازه، شکل هندسی و حتی روش تولید این ذرات بر خصوصیات آنها تاثیر دارد. کرم‌های ضد آفتابی که در ساخت آنها از نانوذرات استفاده شده است، محافظی مطمئن در برابر آفتاب سوختگی و پیری پوست هستند. این ذرات یک پوشش حفاظتی نامرئی روی صورت ایجاد می‌کنند که پرتوی آفتاب را مانند آینه‌ای کوچک منعکس می‌کند.

### چشم‌انداز

### مزایا

- سلول‌های خورشیدی برای سطوح انعطاف‌پذیر بسیار ارزان‌تر و کارآمدتر خواهند شد.
- مواد آرایشی حاوی نانوذرات، احساس آرایش بیشتری به پوست خواهند داد.
- ابزارهای ذخیره‌کننده انرژی، به وسیله فناوری نانو بسیار فشرده‌تر خواهند شد.
- ساخت موادی با ویژگی‌های دلخواه از مواد اولیه معمولی
- بهبود خواص محصولاتی مانند:
  - خمیر دندان‌هایی با محافظ‌های مخصوص برای مینای دندان
  - بسته‌بندی‌های غیر قابل نفوذ در برابر گاز، برای نگهداری طولانی‌تر مواد غذایی
  - جاذب‌های بسیار قوی برای استفاده در پوشک بچه
  - باتری‌های ذخیره‌کننده انرژی با قابلیت پر شدن و خالی شدن سریع

## نانوشیمی: از ذره تا محصول

شیمی، صنعتی کلیدی برای تولید ساختارهای نانومتری است. بسیاری از ویژگی‌های محصولات جدیدی که امروز به دنبال ساخت آنها هستیم، وابسته به تولید ذراتی است که اندازه آنها کوچک‌تر از ۱۰ نانومتر است. ما باید بتوانیم این مواد را به شکل‌های کروی، بلوری، صفحه‌ای و یا لوله‌ای درآوریم. (در بخش‌های بعدی این کتاب خواهیم دید که) سرامیک‌ها، فلزات و پلاستیک‌هایی که از ذرات نانومتری تشکیل شده‌اند و یا با روکشی از این ذرات پوشیده شده‌اند، خصوصیات متفاوت و شگفت‌انگیزی از خود نشان می‌دهند. آنها ضد خش هستند؛ تشعشع‌های نوری را بر می‌گردانند؛ آب، روغن و آلودگی را به خود نمی‌گیرند و خودتمیزشونده هستند. برخی از آنها می‌توانند باکتری‌ها را از بین ببرند. برخی دیگر نقش کاتالیزور دارند و به واکنش‌های شیمیایی سرعت می‌بخشند. یک شرکت ژاپنی محصولی به نام "خورنده بو" تولید کرده که بوی ناخوشایند سرویس‌های بهداشتی را از بین می‌برد. در ساخت این محصول از نانوذرات طلا با اندازه ۳ تا ۴ نانومتر استفاده شده است.

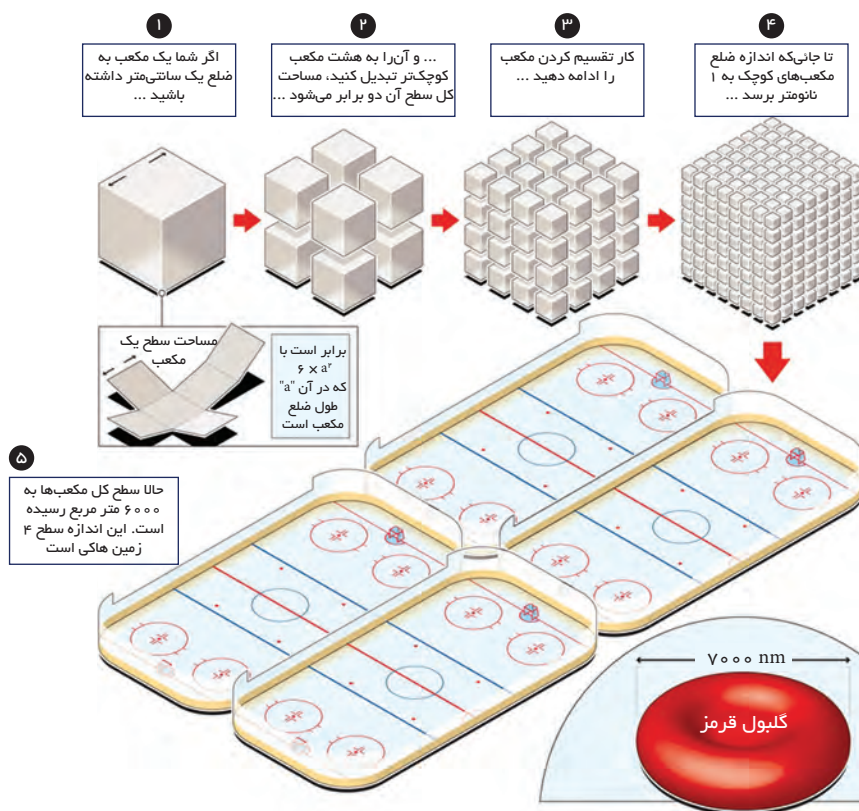
وجود دارد که تنها ۶٪ آنها روی سطح قرار دارند. در مقابل یک مکعب با ضلع ۱۰ نانومتر، در مجموع ۱۰۰۰ مولکول دارد که ۵۰٪ آنها بر روی سطح قرار دارند.

این موضوع زمانی اهمیت می‌یابد که بدانیم اتم‌هایی که در سطح یک ماده قرار دارند، رفتار متفاوتی با اتم‌های داخلی دارند. به عنوان مثال سطح انرژی این اتم‌ها بسیار بیشتر از اتم‌های داخلی است، پس تمایل بیشتری برای واکنش دادن با ذرات و اتم‌های همسایه دارند. افزایش تعداد این اتم‌ها، رفتار کل ماده را تحت تاثیر قرار می‌دهد. نانوذرات واکنش‌پذیرترند، سریعتر ذوب می‌شوند، مولکول‌های بیشتری را جذب می‌کنند و به راحتی مشتعل می‌شوند.

اکنون ممکن است این سوال بوجود آمده باشد که نانوذرات چگونه ساخته می‌شوند؟ روش‌های مختلفی برای این منظور وجود دارد که

یک قانون بسیار ساده فیزیکی می‌گوید که نسبت سطح به حجم مواد بر خواص آنها تاثیر دارد. یک دانه نمک مکعبی شکل را در نظر بگیرید و فرض کنید که طول ضلع آن ۱ میلی‌متر است. با یک محاسبه ساده می‌توان دریافت که حجم این دانه ۱ میلی‌متر مکعب، سطح بیرونی آن ۶ میلی‌متر مربع و نسبت سطح به حجم آن برابر ۶ است. اگر اضلاع مکعب نمکی به دو نیم شوند، نسبت سطح به حجم مجموعه مکعب‌های حاصل به ۱۲ می‌رسد، یعنی ۲ برابر می‌شود. حالا اگر ذره‌های نمک را تا حد ۱ نانومتر کوچک کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟ نسبت سطح به حجم کل ۱۰۰۰۰۰۰ برابر می‌شود.

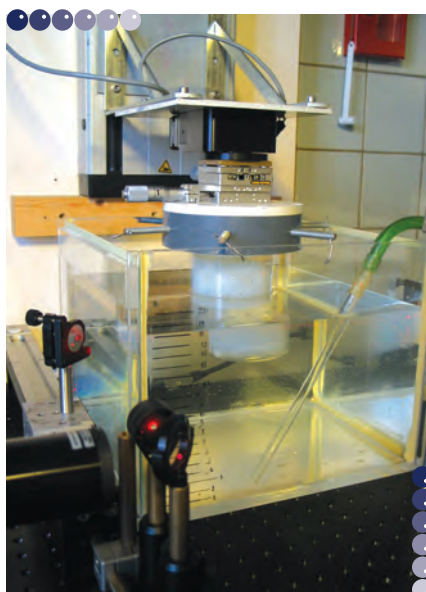
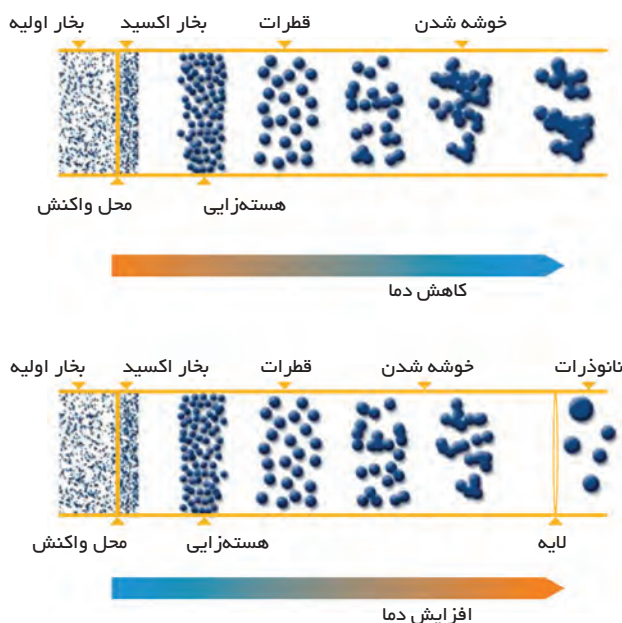
با افزایش نسبت سطح به حجم، درصد مولکول‌هایی که روی سطح ماده قرار می‌گیرند، بیشتر می‌شود. در مکعبی به ضلع یک میکرومتر (۱۰۰۰ نانومتر) تقریباً یک میلیارد مولکول ساده



کوچک محلول در کنار یکدیگر قرار گرفته و به مولکول‌های بزرگ پلیمری سه بُعدی تبدیل می‌شوند. ژل تولید شده را در پایان خشک کرده و متراکم می‌کنند.

یکی از روش‌های مرسوم دیگر برای تولید نانوذرات، سنتز در فاز گازی است. در این روش، ماده اولیه را یا تبخیر می‌کنند که تبدیل به یک توده گازی می‌شود و یا به صورت ذرات و قطراتی بسیار ریز در فاز گازی اسپری می‌کنند. به ذرات و قطرات بسیار ریز اسپری شده، "هواسل" می‌گویند. برای استفاده از چنین روشی ماده اولیه می‌تواند گاز، مایع و یا جامد باشد. اگر هواسل بدست آمده یا توده گازی تولید شده گرم و یا سرد شود، مولکول‌های منفرد کنار هم قرار می‌گیرند و

یکی از متداول‌ترین آنها "سل‌ژل" است. پیش از اینکه به جزئیات این روش پردازیم، لازم است که با "سل" و "ژل" بیشتر آشنا شویم. سل‌ها ذرات کلئیدی هستند که ابعاد آنها بین ۱-۱۰۰ نانومتر است و در یک محیط آبی پراکنده شده‌اند. کوچکی بیش از حد این ذرات سبب می‌شود که در محیط آبی به حالت معلق در بیایند. ژل نیز یک شبکه جامد و به هم پیوسته متخلخل است که اندازه منافذ آن از یک میکرومتر، کوچک‌تر است و زنجیرهای پلیمری دارد که طول متوسط آنها بزرگتر از یک میکرومتر است. در روش سل‌ژل برای تهیه یک نانوذره خاص، ابتدا یک محلول کلئیدی از آن ماده تهیه می‌کنند. سپس با کمک یک واکنش شیمیایی، سل‌های



راکتوری که در آن نانوذرات به روش سل-ژل تولید می‌شوند

یک نانوذره تشکیل می‌دهند.

در روش سنتز در فاز گازی، برای تشکیل یک نانوذره مراحل مختلفی سپری می‌گردد. ابتدا با به هم پیوستن چند مولکول یک مجموعه کوچک تشکیل می‌شود که به آن دانه می‌گویند. سپس مولکول‌های دیگر به سطح دانه می‌پیوندند و اینگونه دانه رشد می‌کند. دانه‌ها آنقدر رشد می‌کنند که به ذره تبدیل می‌شوند. این ذرات بسیار کوچکند و به آنها ذره اولیه گفته می‌شود. ذرات اولیه به صورت تصادفی شروع به حرکت می‌کنند و در اثر این حرکت، با یکدیگر برخورد می‌کنند و ترکیب شوند. با ترکیب ذرات اولیه، نانوذرات تشکیل می‌شوند. نانوذراتی که با این روش تولید می‌شوند، بسیار خالص هستند، علاوه بر اینکه می‌توان اندازه و شکل آنها را کنترل کرد.



## ابعاد کوچک، اثر بزرگ

فناوری نانو می‌تواند محصولات متفاوتی تولید کند، زیرا از مواد متفاوتی استفاده می‌کند. این مواد جدید، یا ابعادی نانومتری دارند و یا در ساختار آنها اجزاء و حفرات نانومتری وجود دارد. نانومواد را بر حسب شکل ظاهری به سه دسته صفر بُعدی، یک بُعدی، دو بُعدی و سه بُعدی تقسیم‌بندی می‌کنند. برای تعیین اینکه هر نانوماده در کدام گروه قرار می‌گیرد، تعداد ابعادی از آن را می‌شمرند که بزرگتر از ۱۰۰ نانومتر است. به عنوان مثال نانو ذرات صفر بُعدی هستند، زیرا تمام ابعاد آنها کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر است. نانولوله‌های کربنی و نانوسیم‌ها (نانومواد یک بُعدی)، نانوپوشش‌ها و نانولایه‌ها (نانومواد دو بُعدی)، نانوکامپوزیت‌ها و مواد نانومتخلخل (نانومواد سه بُعدی) مثال‌های دیگری از نانومواد هستند. تمامی این مواد نسبت به حجم خود سطح بسیار بزرگی دارند و بنابراین در سطح آنها، اتم‌های بیشتری وجود دارد. این مواد برهمکنش فیزیکی و شیمیایی بسیار بهتری با محیط اطراف خود دارند. ویژگی‌های نانومواد توانمندی‌های جدیدی برای اشیاء و اجسام ایجاد خواهند کرد.

### کاربردها

- ساخت مواد سبک، کم حجم و مقاوم
- رنگ‌هایی با کارکردهای مختلف
- پارچه‌های خودتمیزشونده، لطیف و نسوز، ضد بو
- ایجاد پوشش‌های ضد خش، ضد انعکاس و کنترل‌کننده انرژی
- بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی مواد
- سازگار کردن مواد و روش‌های ساخت با نیازمندی‌های محصولات
- بهینه‌سازی محصولات موجود و ایجاد فرمت‌های تجاری جدید

### حفاظت از دیوارها در مقابل نقاشی و نوشتن



فناوری نانو می‌تواند از دیوارهای ساختمان‌شمارد برابر هر نوشته و نقاشی محافظت کند. برای این کار کافیت دیوارها را با موادی پوشش دهید که حاوی نانوذرات اکسید سیلیسیوم هستند. این نانوذرات، سیمان را در برابر ذرات معلق رنگ‌باردار می‌کنند. این پوشش را بدون هیچ مشکلی می‌توان بارها و بارها تمیز کرد. علاوه بر این

مولکول‌های آب و هوا می‌توانند از زیر این پوشش عبور کنند. اصطلاحاً گفته می‌شود که این پوشش به مصالح ساختمانی اجازه تنفس می‌دهد. این امر سبب می‌شود که رطوبت معمولی روی دیوار بتواند تبخیر شود و در درون دیوار حبس نشود. پوشش‌های متداولی که در حال حاضر برای حفاظت دیوارها استفاده می‌شوند، مانند پوشش‌های پلاستیکی، اجازه نمی‌دهند رطوبت درون دیوار تبخیر شود. همچنین پس از هر بار تمیز کردن، لازم است که دوباره بر روی دیوار اعمال شوند. یعنی طول عمر آنها بسیار محدود است.

### چشم‌انداز

- ماشین‌های آینده بجای فلز از سرامیک ساخته می‌شوند.
- نمای خارجی ساختمان‌ها، گرمای داخل را تنظیم کرده و نور را هدایت می‌کند.
- بسته‌بندی‌های مواد غذایی، بر چسب‌هایی دارند که تازگی یا کهنگی آنها را نشان می‌دهد.
- اجسام را می‌توان به شکل بسیار متنوعی طراحی کرد. زیرا رنگ‌هایی وجود دارد که خاموش و روشن می‌شوند و یا در هر زمان به طور دلخواه تغییر می‌کنند.

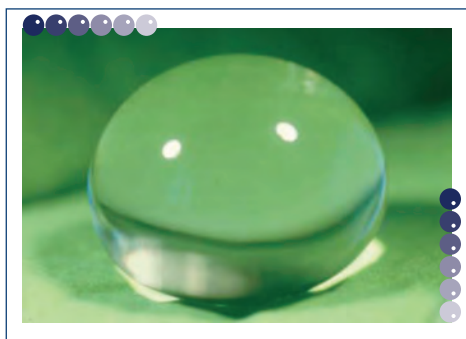
### مزایا

- گسترش و توسعه مواد سبک و کم حجم
- ایجاد سطوح مقاوم در برابر تغییرات شیمیایی (اکسیداسیون و خوردگی)، فرسودگی، پارگی و درجه حرارت بالا
- ساخت مواد چند منظوره (سرامیک‌های نشکن، سطوح آنتی باکتریال، سطوحی که اثرانگشت بر روی آن نمی‌ماند و ...)
- تولید مصالح ساختمانی جدید برای بهینه‌سازی مصارف انرژی

## نانومواد- ذراتی کوچک با اثراتی بزرگ

فناوری نانو با تولید نانومواد، می‌تواند امکانات جدیدی در اختیار مصرف‌کنندگان خود قرار دهد و نیازهای خاصی را در زندگی آنها رفع کند. این توانمندی نتیجه خصوصیات نانومواد است که یا درون اجسام و اشیاء جدید توزیع شده‌اند و یا به صورت لایه، روی سطح آنها قرار گرفته‌اند. حالا شما می‌دانید که ویژگی‌های نانومواد (سختی، گرانروی، نقطه ذوب، ویژگی‌های نوری، الکتریکی، مغناطیسی و ...) در مقایسه با حالتی که نانو ساختار نیستند، به میزان قابل ملاحظه‌ای متفاوت است.

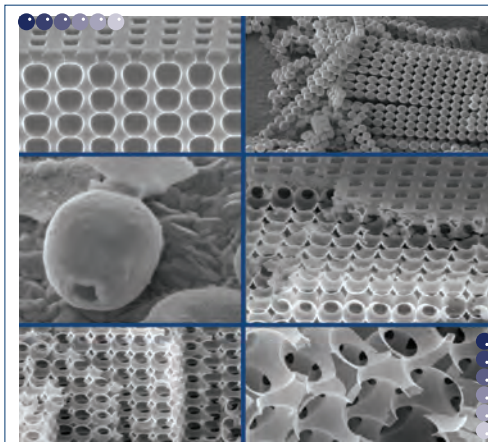
۲۰۰۰ گیاه دیگر، با این راه سطح خود را از دسترس میکروب‌های بیماری‌زا حفظ می‌کنند.



دانشمندان مدت‌های طولانی بررسی کردند تا توانستند راز پاکیزگی برگ‌های این گیاه را پیدا کنند. آزمایش‌های آنها نشان می‌داد که سطح برگ نیلوفر آبی، یک سطح بسیار آب‌گریز است. این یعنی اینکه مقدار نیروی چسبندگی سطحی بین آب و آلودگی بیشتر از مقدار نیروی چسبندگی سطحی میان آلودگی و سطح باشد. از این رو هنگامی که یک قطره آب بر روی سطح برگ می‌گلتد، آلودگی را همراه خود حمل کرده و از سطح دور می‌کند. در سال ۱۹۹۲ دانشمندان موفق شدند با کمک میکروسکوپ‌های الکترونی، برگ نیلوفر آبی را از فاصله بسیار نزدیکی مشاهده

با اینکه من و شما و همه دانشمندان به تازگی با نانومواد و فناوری نانو آشنا شده‌ایم، اما سالیان سال است که طبیعت از این فناوری استفاده می‌کند. بررسی دقیق بدن جانوران و گیاهان نشان می‌دهد که ساختارهای نانومتری فراوانی در محیط پیرامون ما وجود دارد. یکی از مشهورترین این مثال‌ها، لایه‌هایی نانومتری سطح برگ نیلوفر آبی است. نیلوفر آبی (یا لوتوس) نوعی گیاه آبی است که در آب گل‌آلود می‌روید. اگر به تالاب انزلی سفر کرده باشید، برگ‌های این گیاه را بر فراز آب گل‌آلود تالاب دیده‌اید. برگ‌های نیلوفر آبی همیشه تمیز هستند و هیچ‌گونه گرد و غبار و آلودگی بر روی آن وجود ندارد. در کشورهای شرق آسیا این گیاه را به عنوان سنبل پاک‌کن و صافی می‌شناسند. زمانی که آب بر روی برگ‌های این گیاه قرار می‌گیرد، به شکل قطره درمی‌آید (البته این اتفاق در مورد ماده چسبنده‌ای مانند عسل هم رخ می‌دهد). این باعث می‌شود که اگر برگ‌ها حتی به آرامی هم تکان بخورند، قطرات آب به آسانی لیز بخورند و از سطح برگ جدا شوند. قطرات آب آلودگی را هم به همراه خود می‌برند. قرن‌هاست که نیلوفر آبی و بیش از

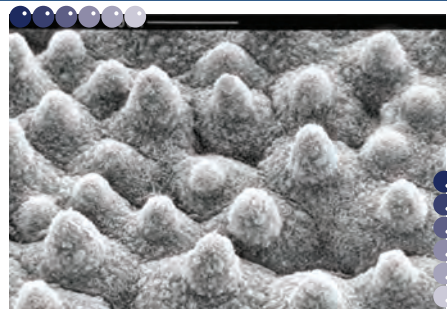
کاربری و استفاده از نانوذرات، نانوپودرها و نانولایه‌ها زمینه‌ای در حال توسعه است. پلاستیک‌های ضدخش، انعطاف‌پذیر، شیشه‌های ضدانعکاس و ضدآتش، شیشه‌هایی که رنگ و وضوح آنها تغییر می‌کند، پوشش‌های ضد مه، الیاف نخی نسوز، پارچه‌های لطیف عایق و ... تنها مثال‌های کوچکی از کاربردهای فعلی این مواد است.



شکل‌های هندسی مختلف نانوذرات

نانوساختارهای کربنی دسته دیگری از نانومواد هستند که به ستاره‌های فناوری نانو تبدیل شده‌اند. این ساختارهای جدید را با نام خانوادگی "فولرین‌ها" می‌شناسند. فولرین‌ها به دو دسته کلی گلوله‌های باکی و نانولوله‌های کربنی تقسیم می‌شوند. گلوله‌های باکی ساختاری توپی شکل دارند و نانولوله‌های کربنی (همانطور که از نامشان برمی‌آید)، استوانه‌هایی بلند و توخالی هستند. نانولوله‌ها از لحاظ ظاهری شبیه گرافیت هستند. همان پودر نرم سیاه‌رنگی که برای

کنند. آنها سطحی را یافتند که با لایه نازکی از برآمدگی‌های کوچک میکرومتری پوشیده شده بود و تعداد فراوانی بلور نانومتری روی این برآمدگی‌ها میکرومتری قرار گرفته بود. به این رفتار نیلوفر آبی که با استفاده از یک ساختار میکرومتری- نانومتری می‌تواند سطح خود را از هرگونه آلودگی پاک کند (خودتمیزشونده است)، "اثر لوتوس" گفته می‌شود.

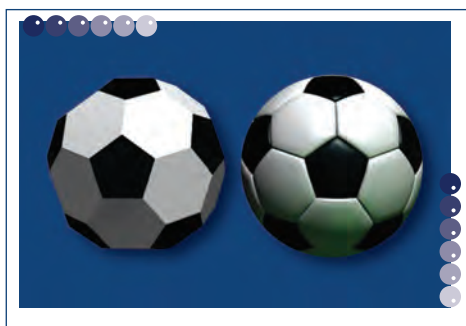


سطح خودتمیزشونده برگ نیلوفر آبی زیر میکروسکوپ الکترونی روبشی

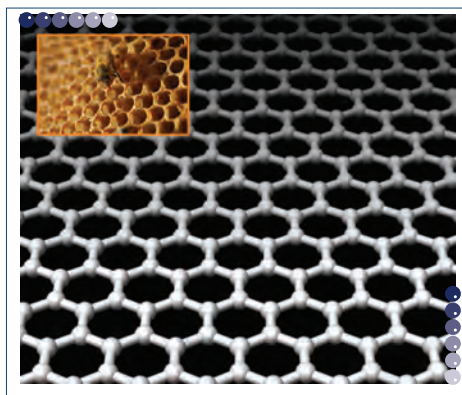
با الهام از اثر لوتوس، فناوری نانو محصولات فراوانی تولید کرده که خاصیت خودتمیزشوندگی دارند. لباس‌های ضدآب، شیشه‌های خودتمیزشونده، کاشی‌های سقفی، سرامیک‌های بهداشتی، رنگ نمای ساختمان و ... مثال‌هایی از این دست هستند. البته باید توجه داشت که برخی از این محصولات بیشتر "آسان تمیز شونده" هستند تا خود تمیزشونده. تفاوت اصلی این دو حالت در این است که در آسان تمیز شوندگی از لایه‌های شیمیایی نانومتری استفاده می‌شود که آب‌گریز و چربی‌گریز هستند و ساختاری شبیه تفلون دارند.

مقاوم هستند، حرارت را بیشتر و بهتر از الماس هدایت می‌کنند. بسته به اینکه نانولوله را از چه روشی تولید کنید، می‌تواند عایق الکتریکی، نیمه رسانا و یا هادی جریان الکتریسیته باشد. اولین بار سامیو ایجیمای در سال ۱۹۹۱ نانولوله‌های کربنی را کشف کرد.

ساده‌ترین گلوله باکی، باکی بال است. باکی بال یک کره توخالی است با قطری حدود ۰/۷ نانومتر و ۶۰ اتم کربن که بصورت شش‌ضلعی‌ها و پنج‌ضلعی‌های متناوب در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. ساختار باکی بال کاملاً شبیه یک توپ فوتبال است و با نماد  $C_{60}$  نشان داده می‌شود. گلوله‌های باکی دیگر، توپ‌های کوچکتر و یا بزرگتری هستند که ۲۸ اتم تا چندصد اتم کربن دارند. از این ترکیبات می‌توان برای کاربردهای مختلفی استفاده کرد. حمل داروهای مختلف، درمان ایدز و سرطان (با فولرین‌های حساس به نور)، ساخت لاستیک‌های سبک‌تر، مقاوم‌تر و انعطاف‌پذیرتر، بهبود خواص روغن موتور با کارکرد چند ده هزار کیلومتر، جلوگیری از رشد باکتری‌ها، ساخت سلول‌های خورشیدی پربازده و... از جمله این موارد می‌باشند. باکی بال در سال ۱۹۸۵ توسط ریچارد اسمالی کشف شد.



ساخت نوک مداد به کار می‌رود. اما از نگاه مولکولی، ساختار گرافیت و نانولوله با یکدیگر متفاوت است. در ساختار گرافیت هر اتم کربن با ۳ اتم همسایه‌اش پیوند می‌دهد و سه پیوند یگانه کوالانسی دارد. این سه پیوند در یک صفحه قرار دارند و زوایای بین آن‌ها با یکدیگر مساوی و برابر با ۱۲۰ درجه است. در این حالت، اتم‌های کربن در وضعیتی قرار می‌گیرند که صفحه‌ای از شش ضلعی‌های منتظم را ایجاد می‌کنند. به این صفحه لانه زنبوری، گرافن می‌گویند.



گرافیت از صفحه‌های موازی گرافن تشکیل شده است. اگر یک نانولوله‌ی کربنی را در راستای طول برش دهیم، یک صفحه گرافن به دست می‌آید و یا اگر یک صفحه گرافنی را لوله کنیم، یک نانولوله کربنی بدست می‌آید. این ماکارونی‌های کربنی، لوله‌هایی به قطر یک نانومتر و طول چندین نانومتر هستند که شش برابر سبکتر از فولادند و با وجود انعطاف‌پذیری بسیار، چند صد برابر از فولاد محکم‌تر هستند. این ترکیبات کربنی با آنکه بسیار در برابر حرارت



## چشم‌ها و انگشت‌های دنیای نانو

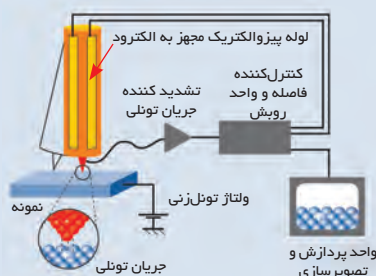
دنیای کوچک نانو، فضای دور از دسترسی است که وارد شدن به آن و کار کردن درون آن نیازمند ابزارهای خاصی است. ما باید تجهیزاتی داشته باشیم که بتوانند مواد مختلف را بررسی کنند و واحدهای سازنده نانومتری آنها را تشخیص دهند. آنها همچنین باید بتوانند این واحدهای سازنده را دستکاری کنند. اولین نیاز ما برای پژوهش در علوم و فناوری نانو این است که بتوانیم مشخصات مواد و سامانه‌های نانومقیاسی را که تولید می‌کنیم، تعیین کنیم. برای این کار، ما چشم‌هایی می‌خواهیم که مقیاس نانو را ببینند. در مرحله بعد باید بتوانیم ساختار مواد را آن‌طور که می‌خواهیم دستکاری کنیم. برای این کار باید انگشتانی داشته باشیم که در حد نانومتر ظریف باشند. تجهیزات مقیاس نانو، دنیای نانو را برای ما قابل دسترس می‌کنند.

### کاربردها

### اهداف

- اندازه‌گیری و سنجش ویژگی‌های مواد
- بررسی سلول‌ها و اجزای آنها
- تحقیق در مورد نانوکاتالیست‌ها
- ارزیابی سطوح و لایه‌های نانومتری
- سنجش عملکرد ابزارهای نانومتری
- انجام پژوهش‌های دقیق و قابل اطمینان در حوزه شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی
- اندازه‌گیری و سنجش دقیق ویژگی‌های نانومواد
- کنترل کیفیت محصولات فناوری نانو
- ساخت تجهیزاتی با قابلیت همزمان اندازه‌گیری خواص و دستکاری اتم‌ها و مولکول‌ها
- تنظیم استانداردهای اندازه‌گیری در مقیاس نانو

### نزدیک شدن به اتم‌ها



اولین و یکی از مهمترین تجهیزات مقیاس نانو، میکروسکوپ تونل‌زنی روبشی است که می‌تواند سطح اجسام رسانا را اتم به اتم ببیند. زمانی که نوک سوزن در فاصله ۱ نانومتری سطح رسانای جسم قرار می‌گیرد، بر اثر یک پدیده کوانتومی جریانی از الکترون‌ها بین نوک سوزن و سطح رسانا برقرار می‌شود. به این پدیده "تونل زدن" گفته می‌شود. هر چه نوک سوزن به سطح نزدیک شود، جریان قوی‌تر می‌گردد. اگر فاصله سوزن نسبت به یک نقطه مشخصی از سطح ثابت باشد، با حرکت آن بر روی سطح و با توجه به پستی و

بلندی‌های سطح، شدت جریان تونلی تغییر می‌کند. برای دیدن یک جسم نانومتری، سوزن میکروسکوپ را بر تمامی نقاط سطح حرکت می‌دهند و شدت جریان تونلی را بوسیله رایانه در نقاط مختلف ثبت می‌کنند. با کمک داده‌های ثبت شده، یک شکل سه بعدی از جسم بدست می‌آید. میکروسکوپ تونل‌زنی روبشی در حقیقت برای مشاهده اجسام نانومتری، سطح آنها را لمس می‌کند. البته این ساده‌ترین نوع میکروسکوپ تونل‌زنی روبشی است. اعضای دیگری نیز از این خانواده وجود دارد که توانمندی‌های بیشتری دارند و برای کاربردهای خاص توسعه یافته‌اند.

### مزایا

### چشم‌انداز

- شناخت بیشتر و عمیق‌تر نانو ساختارها و در نتیجه دستیابی به پیشرفت‌های موثر علمی-پژوهشی
- افزایش کیفیت تولیدات صنعتی و کاهش ضایعات
- گسترش صنعت اندازه‌گیری و کالیبراسیون در مقیاس نانو

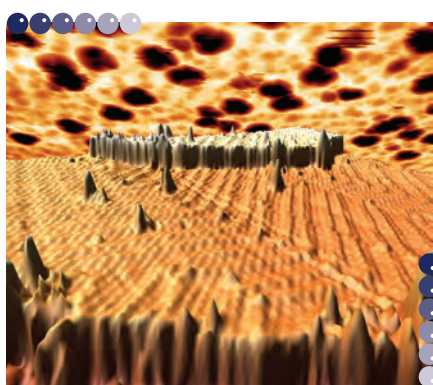
- تجهیزات مقیاس نانو آنقدر توسعه یافته‌اند که در بخش‌های کنترل کیفیت واحدهای صنعتی از آنها استفاده کرد. این دستگاه‌ها می‌توانند کوچکترین بی‌نظمی را، حتی اگر در حد چند اتم و مولکول باشد، سریع و دقیق بیابند.
- توسعه روش‌های پیمایشی و روبشی به ما اجازه می‌دهند تا واکنش میان مولکول‌های زیستی را به صورت بهنگام مشاهده کنیم. این دستاورد ما را قادر می‌سازد که از بروز هرگونه بیماری ژنتیکی جلوگیری کنیم.

## تجهیزات مقیاس نانو- حواس فناوری نانو

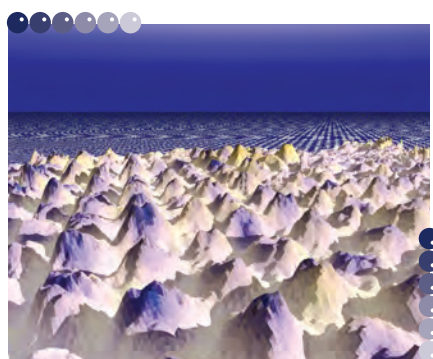
نانومقیاس ویژگی‌ها و خواص مواد است. بنابراین توانمندی سنجش و پایش در مقیاس نانو، پایه و اساس فناوری نانو است و سرعت پیشرفت نانو در صنعت و تحقیقات، بسیار به این توانمندی وابسته است.

با فناوری نانو کلید بهبود محصولات موجود و تولید کالاهای جدید در دستان ما است. اما دستیابی به سامانه‌ها و محصولات نانومقیاس، بدون کنترل دقیق کیفیت آنها امکان‌پذیر نخواهد بود. این امر نیازمند سنجش

تجهیزات مقیاس نانو می‌توانند گستره وسیعی از خواص مواد را مشخص کنند. ساختار سه بعدی، ویژگی‌های الکترونیکی، مغناطیسی، مکانیکی و نوری مواد از دیدگاه فنی و فناوری بسیار اهمیت دارند.



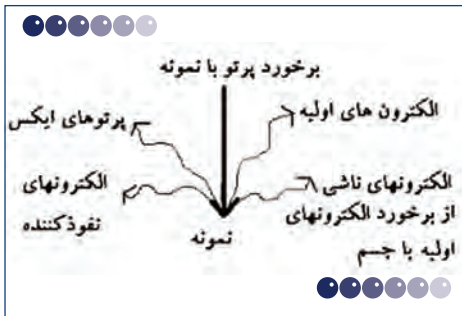
تصویری از دو لایه نانومتری مختلف بر سطح طلا



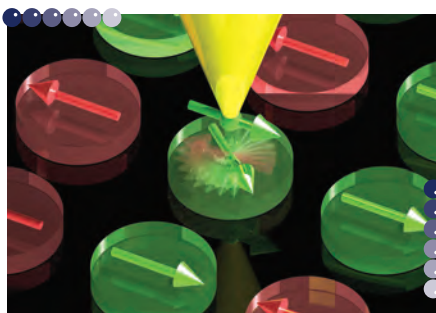
ردیف‌هایی از اتم‌های کربن (به اندازه ۲/۰ نانومتر) بر سطح گرافیت زیر میکروسکوپ تونل‌زنی روبشی

"تجهیزات مقیاس نانو" به این سوال ما پاسخ می‌دهند که شرایط ساختمان مواد در مقیاس نانو با ویژگی‌های آنها در مقیاس ماکرو (همین مقیاس بزرگی که ما در آن زندگی می‌کنیم) چه ارتباطی دارد. این تجهیزات پدیده‌هایی را به ما نشان می‌دهند که تا پیش از این غیر قابل مشاهده بوده‌اند. این پدیده‌ها در مقیاس نانو رخ می‌دهند و به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، مشخصات یک ماده را تعیین می‌کنند. برای توسعه روش‌های سنجش و پیمایش، در حال حاضر گروه‌های تحقیقاتی بزرگی از متخصصان مختلف تشکیل شده است. از فیزیک و شیمی گرفته تا میکروالکترونیک و مهندسی، پژوهشگران مختلفی با یکدیگر کار می‌کنند تا بتوانند نیازهای رشته‌های مختلف علمی و حوزه‌های متفاوت صنعتی را تامین کنند. یکی از معروفترین روش‌های اندازه‌گیری و مشخصه‌نمایی، روش‌های پیمایشی-روبینی<sup>۱</sup> هستند. در این روش‌ها، اساس کار بر حرکت یک پیمایشگر<sup>۲</sup> است. این پیمایشگر تحت تاثیر برهم‌کنش‌های مختلف (مانند نیروهای

۱. روبش از مصدر "روبین" گرفته شده است زیرا کار این قطعه شبیه کار یک جارو است.  
۲. قطعه‌ای بسیار کوچک که بر روی سطح حرکت می‌کند. اصطلاحاً گفته می‌شود که سطح را می‌پیماید.

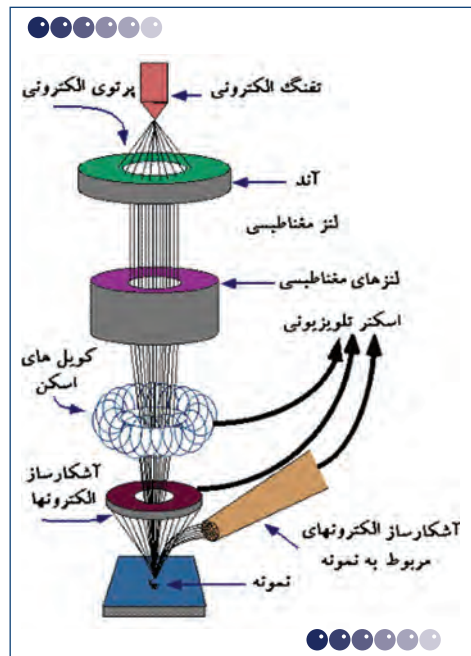


الکترون های تابیده شده، به چهار شکل از سطح نمونه برمی گردند. پرتوهایی که از سطح نمونه برمی گردند، بوسیله ابزارهای ویژه ای دریافت شده و اندازه گیری می شوند. رایانه متصل به این دستگاه ها، به ما کمک می کند که نتیجه را بر روی صفحه نمایشگر مشاهده کنیم. شاید برایتان جالب باشد که بدانید با کمک میکروسکوپ های الکترونی می توان سازش پذیری و زیست سازگاری مواد جدید را پیش از آنکه وارد بازار شوند، آزمایش کرد. به عنوان مثال، میکروسکوپ های الکترونی نشان داده اند که نانوذراتی که در کرم های ضد آفتاب استفاده می شوند و از پوست در برابر نور ماوراء بنفش محافظت می کنند، درون بدن جذب نمی شوند و تنها در لایه بیرونی پوست نفوذ می کنند.

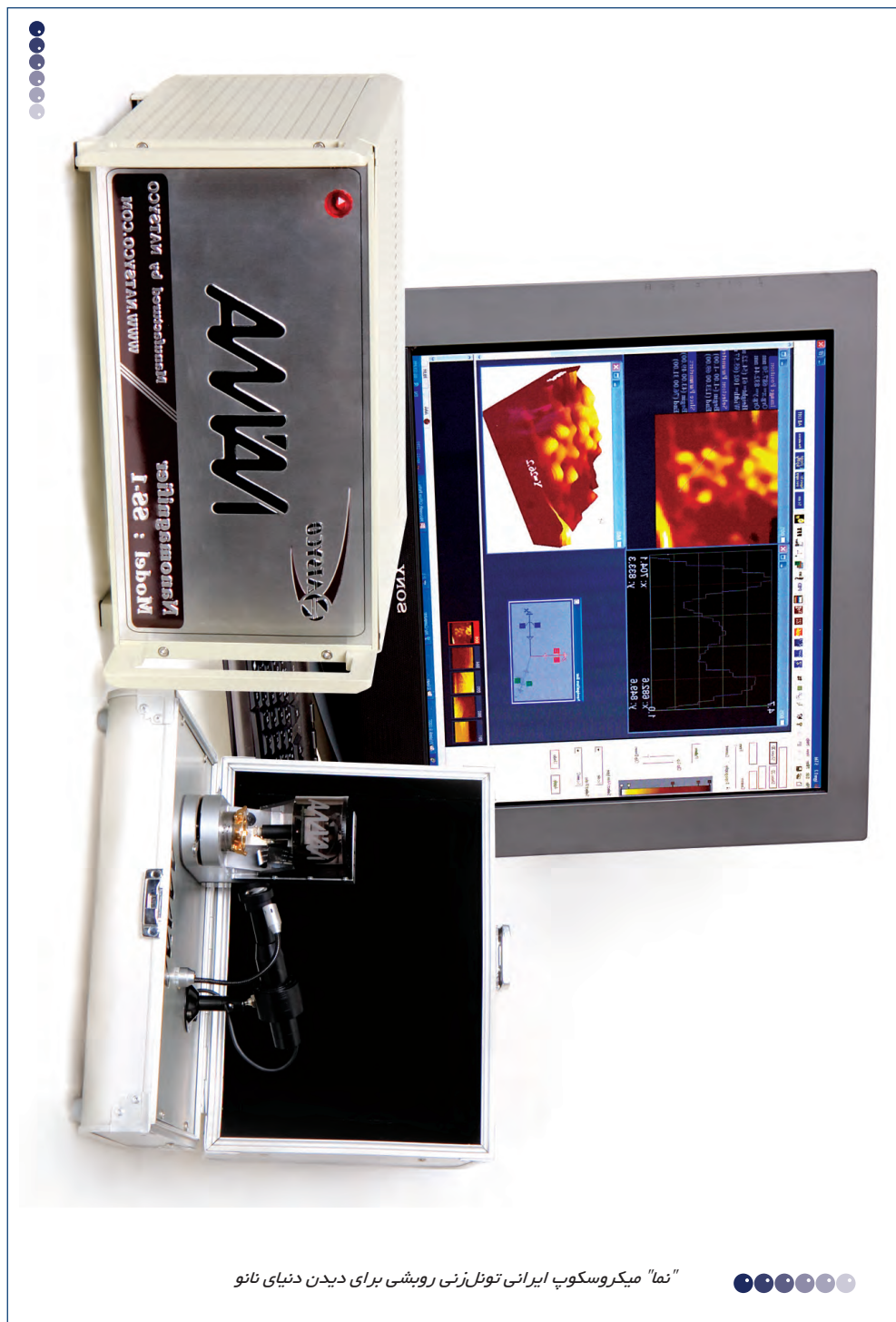


پیمایشگر مغناطیسی میکروسکوپ تونل زنی روبشی که اسپین آن دو قطبی شده است و خواص مغناطیسی اتم ها را تک تک پیمایش می کند.

الکتریکی و مغناطیسی) روی سطح نمونه حرکت می کند. پیمایشگر مانند داستان نابینایی که از روی خط بریل می خواند، خط به خط نمونه را از نزدیک روبش می کند. در پایان رایانه متصل به دستگاه، بسته به اندازه برهم کنش ها، تصویر سه بعدی سطح نمونه را تهیه می کند. میکروسکوپ تونل زنی روبشی اولین عضو این خانواده است.



خانواده میکروسکوپ های الکترونی، دسته دیگری از تجهیزات فناوری نانو هستند که نسبت به سایر روش ها قدیمی تر و متداول تر هستند. در یک میکروسکوپ الکترونی روبشی، سطح نمونه با یک پرتو باریک، محکم و منسجم از ذرات باردار (الکترون ها) روبش می شود. برای این کار با کمک یک تفنگ الکترونی، یک دسته پرتویی الکترونی تولید می کنند و به سطح نمونه می تابانند.



"نما" میکروسکوپ ایرانی تونل‌زنی روبشی برای دیدن دنیای نانو





## چیدمان در دنیای نانو

برای اینکه فناوری نانو بتواند وارد زندگی روزمره مردم شود و بازار فروش گسترده‌ای داشته باشد، لازم است که میزان محصولاتش را افزایش دهد. برای رسیدن به این هدف باید روش‌های ساخت و فرآیندهای تولید در مقیاس نانو، بسیار گسترش یابد. لیتوگرافی (نوری، قلم آغشته، نرم و غیره)، فرآوری مکانیکی، فرآوری حرارتی، ریسنجی، رسوبدهی فاز گاز و مایع، خودچیدمانی و ... از جمله روش‌هایی هستند که در حال حاضر برای ایجاد ساختارهای نانومتری استفاده می‌شوند. هم‌اکنون تحقیقات فراوانی بر روش‌های جدید ساخت و فرآیندهای تولید در مقیاس نانو، در حال انجام است.

## کاربردها

- ایجاد آئینه‌های اشعه ایکس برای بررسی محیط خارج از جو زمین
- ساخت ابزارهای اندازه‌گیری بسیار دقیق
- ساخت صفحات نمایش با اجزای نانو ساختار
- پوشش‌های ضد انعکاس
- سطوح خودتمیزشونده
- ایجاد ساختارهایی هندسی با دقتی نانومتری
- تولید سطوح بسیار با کیفیت
- تولید لایه‌هایی بسیار نازک با روش‌های بسیار دقیق



## صاف‌تر از آینه، با فناوری نانو

علاوه بر مواد و محصولات، فناوری نانو می‌تواند روش‌های فنی را نیز به میزان قابل ملاحظه‌ای توسعه دهد. این فناوری به برخی روش‌های قدیمی کمک می‌کند تا کیفیت عملکرد خود را ارتقاء دهند. یک مثال ساده روش صیقل دادن سطوح صاف است. گروهی از دانشمندان آلمانی موفق شده‌اند که با بهره‌گیری از فناوری نانو سطح کارایی این روش را به میزان قابل

توجهی افزایش دهند و از آن برای ساخت تلسکوپ اشعه ایکس در ماهواره آلمانی روستا استفاده کنند. اشعه ایکس فقط از روی سطوح بسیار صاف (و با زاویه‌ای بسیار پهن) منعکس می‌شود، بنابراین برای ساختن یک تلسکوپ اشعه ایکس لازم است که سطح بخش‌های آئینه‌ای بسیار بسیار صیقلی باشد. این دانشمندان مدعی‌اند که آنقدر نتیجه کارشان خوب بوده که اگر اندازه این آئینه‌ها به اندازه کشورشان آلمان بزرگ شوند (حدود ۳۷۵۰۰۰ کیلومتر مربع)، بزرگترین ناهمواری سطح به اندازه تپه خاکی کوچکی است که یک موش کور برای حفر یک سوراخ در زمین، از خود به جا می‌گذارد.

## مزایا

- ساخت اجسام با دقت بسیار بالا (انحراف در حد چند نانومتر یا بیشتر)
- توسعه ویژگی‌ها و عملکرد محصولات جدید
- فرآوری و خالص‌سازی مواد ارزان‌تر
- دستیابی به تولیدی انبوه و مقرون به صرفه

## چشم‌انداز

- ساخت لنزهایی بسیار تخت که عملکرد دوربین‌های دیجیتال را بهبود می‌بخشد.
- روش‌های ساخت بسیار دقیق، امکان ساخت دستگاه‌های کوچک و قابل انتقالی را فراهم می‌کنند که در هر لحظه می‌توانند وضعیت سلامت انسان را بررسی کنند.

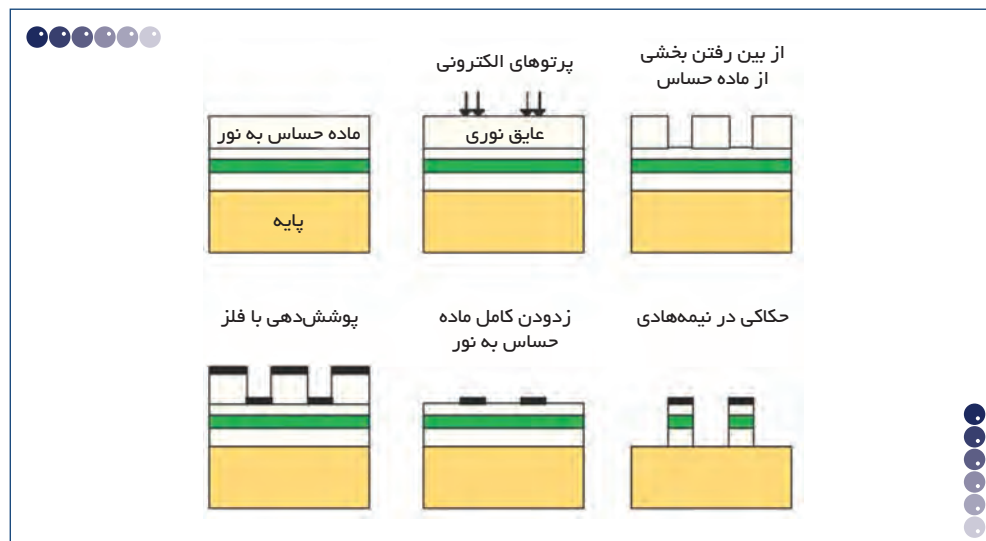
## ساخت در مقیاس نانو- ایجاد ساختارهایی با دقت نانومتر

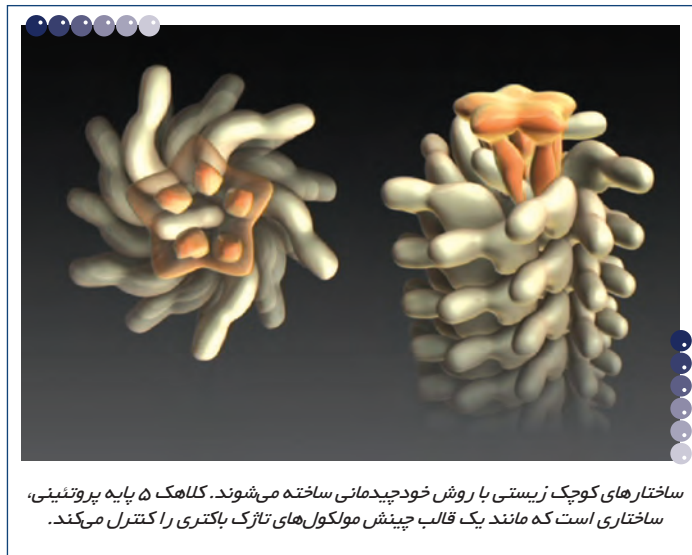
فناوری نانو برای تولید و فرآوری ساختارهای دقیق نانومتری، نیازمند روش‌ها و ابزارهای ویژه‌ای است. این فناوری باید بتواند برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌های هندسی ایجاد کند که اندازه آنها تنها چند میلیارد متر است.

از رفتار مولکول‌های مختلف و تعامل آنها داشته باشیم، روش‌های از پایین به بالا به ما کمک می‌کنند که نحوه چینش اتم‌ها و مولکول‌های جسم مورد نظرمان را کاملاً کنترل کنیم. برای اینکه درک بهتری از این روش‌ها داشته باشیم، هر گروه را با یک مثال بررسی می‌کنیم.

لیتوگرافی معروفترین عضو خانواده روش‌های از بالا به پایین است و به طور گسترده‌ای در صنایع الکترونیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. کلمه لیتوگرافی از دو کلمه یونانی لیتوس<sup>۱</sup>، به معنی سنگ و گرافین<sup>۲</sup>، به معنی نوشتن گرفته شده است. البته در صنایع الکترونیک به جای سنگ، یک صفحه سیلیکونی را تراش می‌دهند و به جای یک قطعه فلزی برنده، از نور برای حکاکی استفاده

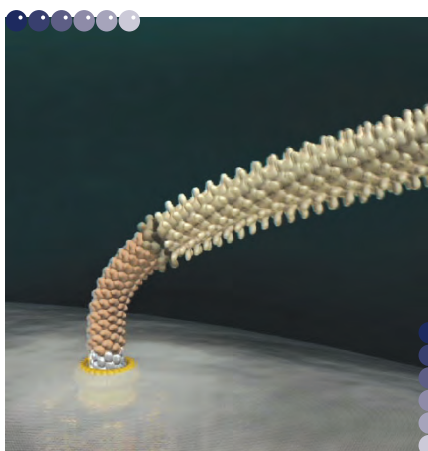
در اولین بخش این کتاب گفتیم که برای ایجاد یک جسم یا ساختار نانومتری دو مسیر وجود دارد؛ یکی کوچک کردن ساختارهای بزرگ (روش‌های از بالا به پایین) و دیگری کنار هم قرار دادن اتم‌ها و مولکول‌های کوچک (روش‌های از پایین به بالا). هر یک از این رویکردها مزایا و محدودیت‌های خاصی دارند. به عنوان مثال روش‌های از بالا به پایین، روش‌های ساده‌تری هستند و به لحاظ اینکه در فناوری‌های بزرگ امروزی نیز استفاده می‌شوند، برای ما شناخته شده‌ترند. در مقابل روش‌های از پایین به بالا، روش‌های بسیار دقیقی هستند. طبیعت برای ساخت بسیاری از جانداران و غیر جانداران از این روش‌ها استفاده می‌کند. اگر ما دانش عمیقی





در این روش ابتدا الگویی به شکل مدار درست می‌کنند که اندازه آن بزرگتر از نمونه واقعی است. این الگو شبیه نگاتیو عکاسی است و با داشتن آن می‌توان به راحتی هزاران نسخه از مدار مورد نظر را تکثیر کرد. در ادامه سطح پایه را با یک پلیمری حساس به نور حساس پوشش می‌دهند. سپس در عملیاتی شبیه آنچه در تاریخانه عکاسی اتفاق می‌افتد، ابعاد طرح را کوچک می‌کنند. برای این کار یک دسته پرتو نور (اغلب نور فرابنفش یک لامپ جیوه) را از میان الگو عبور می‌دهند و با استفاده از یک عدسی، تصویر آن را بر سطح پایه ایجاد می‌کنند. با تشکیل تصویر، قسمت‌هایی از پلیمر که نور دیده‌اند از بین می‌روند. در قدم بعدی تمامی سطح را با یک لایه نازک فلزی پوشش می‌دهند و قسمت‌های باقی مانده پلیمر را برمی‌دارند. به این ترتیب شکل الگو، به صورت مداری از فلز روی سطح پایه قرار می‌گیرد. خودچیدمانی معروفترین روش از پایین به بالا است که در آن اتم‌ها یا مولکول‌ها تحت اثر

می‌کنند. به نوعی از لیتوگرافی که در آن از نور برای حکاکی استفاده می‌کنند، لیتوگرافی نوری یا فوتولیتوگرافی می‌گویند. لیتوگرافی انواع دیگری نیز دارد که در آنها از تماس مکانیکی (لیتوگرافی نرم)، نوک میکروسکوپ (نانولیتوگرافی قلم آغشته) و ... برای حکاکی استفاده می‌شود. برای اینکه یک قطعه الکترونیکی (یک پردازنده، یک مدار مجتمع و ...) ساخته شود، مدار مشخصی را بر سطح یک ماده نیمه رسانا می‌کشند. لیتوگرافی نوری برای کشیدن این مدار از چند جزء استفاده می‌کند: یک الگو به شکل مدار، یک سطح بسیار صاف و صیقلی از یک ماده نیمه رسانا (اغلب یک سطح سیلیکونی) تشکیل شده و مدار روی آن قرار می‌گیرد (این بخش با عنوان "پایه" شناخته می‌شود)، یک لایه پلیمری که نسبت به نور حساس است و در مقابل نور از بین می‌رود، یک لایه نازک از یک فلز (در بیشتر موارد فلز کروم) برای ساخت مدار. لیتوگرافی نوری بسیار شبیه عکاسی و چاپ عکس است.



ناژک باکتری از ۲۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ واحد پروتئینی به نام فلاژلین ساخته شده است. فلاژلین‌ها به کمک کلاهک ۵ پایه، به صورت مارپیچ کنار هم چیده می‌شوند.

برهم‌کنش‌های فیزیکی یا شیمیایی، به شکل یک ساختار منظم نانومتری درمی‌آیند. اتفاقی که در این روش می‌افتد این است که گویا اجزای سازنده یک ساختار دست‌یکدیگر را می‌گیرند تا به شکل خاصی کنار هم دیگر قرار گیرند. کشش سطحی، آب‌گریزی و آبدوستی، نیروهای الکترواستاتیک و نیروهای مغناطیسی از ساده‌ترین برهم‌کنش‌هایی هستند که سبب خودچیدمانی ذرات می‌شوند. خودچیدمانی روش انتخابی طبیعت است و پایه و اساس ایجاد تمامی ساختارهای زیستی است.



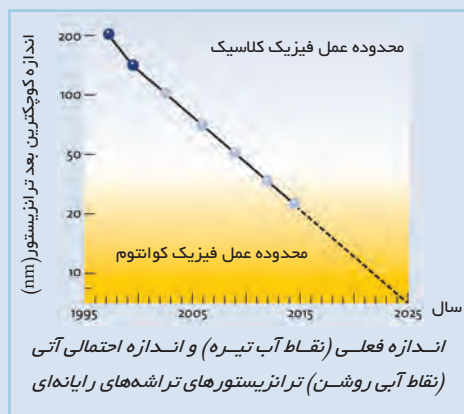
## تراشه‌ها تا سقف آسمان

نانوالکترونیک زمینه جدیدی نیست. تلاشی است برای وارد کردن ساختارهای نانو مقیاس به شاخه‌هایی از الکترونیک که اندازه قطعات در آنها موثر است و اهمیت دارد. همان‌طور که صنعت الکترونیک زندگی امروز ما را نسبت به زندگی دیروز پدرا نمان متحول کرده است، نانوالکترونیک هم می‌تواند زندگی فردای فرزندان ما را تغییر دهد.

### کاربردها

- صنایع مصرف‌کننده قطعات الکترونیکی
- تلفن‌های همراه
- رایانه‌های شخصی و اینترنت
- صنایع کشتیرانی و هوانوردی
- فناوری حسگر
- صنایع خودروسازی
- فناوری اتوماسیون
- مهندسی پزشکی
- کوچک سازی اجزای الکترونیکی تا مقیاس نانو
- پژوهش در مورد ویژگی‌های الکترونیکی نانو ساختارها و توسعه کاربری آنها
- بهینه سازی ساختار تراشه‌های رایانه‌ای
- افزایش سرعت و ظرفیت پردازش تراشه‌های رایانه‌ای و کاهش هزینه‌های تولید
- کاربردی کردن قوانین فیزیک کوانتوم در الکترونیک

### اهداف



### ما بر مسیر ورود به قلمرو کوانتوم قرار داریم

در ۱۹۵۸، جک کیلی آمریکایی اولین تراشه رایانه‌ای را ساخت. از آن پس دانشمندان سعی کردند که برای افزایش قدرت پردازش و توانمندی ذخیره قطعات الکترونیکی، تعداد ترانزیستور تراشه‌های رایانه‌ای را افزایش دهند. مرور سابقه این تلاش‌ها نشان می‌دهد که در این سال‌ها به ازای هر سانتیمتر مربع از سطح تراشه، هر دو سال یکبار تعداد ترانزیستورها دو برابر شده است و البته اندازه آنها نیز کوچکتر شده است. این افزایش به حدی بوده که هم‌اکنون بر یک تراشه ۱ گیگابایتی، تعداد بیشمار ترانزیستور ۱۰۰ نانومتری وجود دارند. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۱۳ میلادی ترانزیستورهای ۳۲ نانومتری و در سال ۲۰۱۶ میلادی ترانزیستورهای ۲۲ نانومتری در تراشه‌ها مورد استفاده قرار گیرند. البته ماجرا به این سادگی هم نیست. رسیدن به ابعاد زیر ۱۰۰ نانومتر نیازمند حل مسائل و

مشکلات بسیاری است. زمانی که از ابعاد چند ده نانومتر صحبت می‌کنیم، با تعداد محدودی اتم و مولکول مواجه هستیم. اندازه‌ی اتم سیلیسیوم که عنصر اصلی در ساخت مدارهای الکترونیکی امروزی است، حدود ۰/۲ نانومتر است. اگر فاصله‌ی مربوط به پیوند اتمی را هم در نظر بگیریم، می‌بینیم که تنها با چند ده اتم مواجه هستیم. این امر مسائل پیش‌بینی نشده‌ی بسیاری را به دنبال خواهد داشت، زیرا این نقطه محل بروز قوانین فیزیک کوانتوم است. در این فضا ذرات باردار (الکترون‌ها)، همچون نور خاصیت موجی پیدا می‌کنند. آنها در هر لحظه ممکن است که در جاهای مختلفی باشند و بار انفرادی آنها قابل تقسیم نیست. با این شرایط ما باید تراشه‌های جدیدی بسازیم که نه تنها با بروز این اثرات مشکلی ندارند، بلکه می‌توانند از آنها بهره‌مند هم شوند.

### مزایا

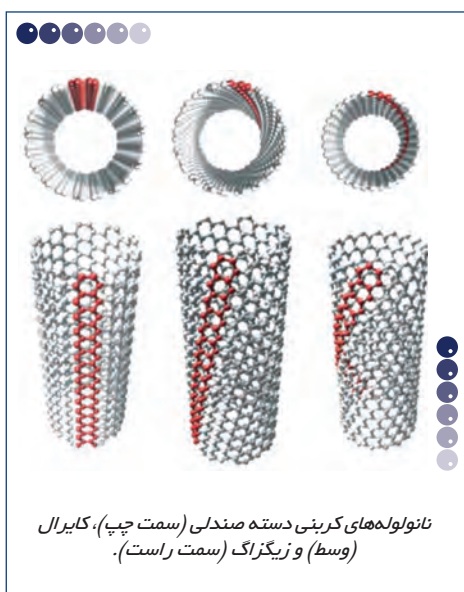
- بهبود تجهیزات و فناوری‌های تولید قطعات الکترونیکی
- بهینه‌سازی عملکرد مدارهای الکترونیکی و قطعات جدید در سه حوزه ذخیره‌سازی، پردازش اطلاعات و عملیات منطقی
- افزایش سطح عملکرد قطعات الکترونیکی و کاهش قیمت آنها

### چشم‌انداز

- تمامی دانش جهان را می‌توان در قطعه‌ای به کوچکی سر یک سوزن ذخیره کرد.
- تلفن‌های همراه در هنگام مکالمه، شرح گفتگو را به زبان‌های دیگر ترجمه خواهند کرد.
- شبکه اینترنت نه تنها مرجعی برای ارائه اطلاعات است، بلکه از میزان اهمیت آنها نیز آگاه است.

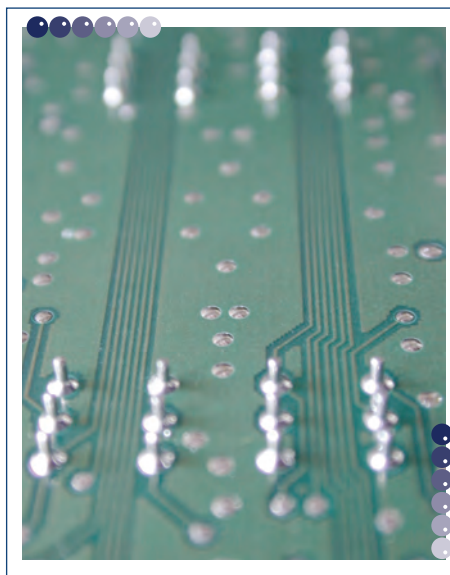
## نانوالکترونیک- قطع و وصل و کنترل در دنیای نانو

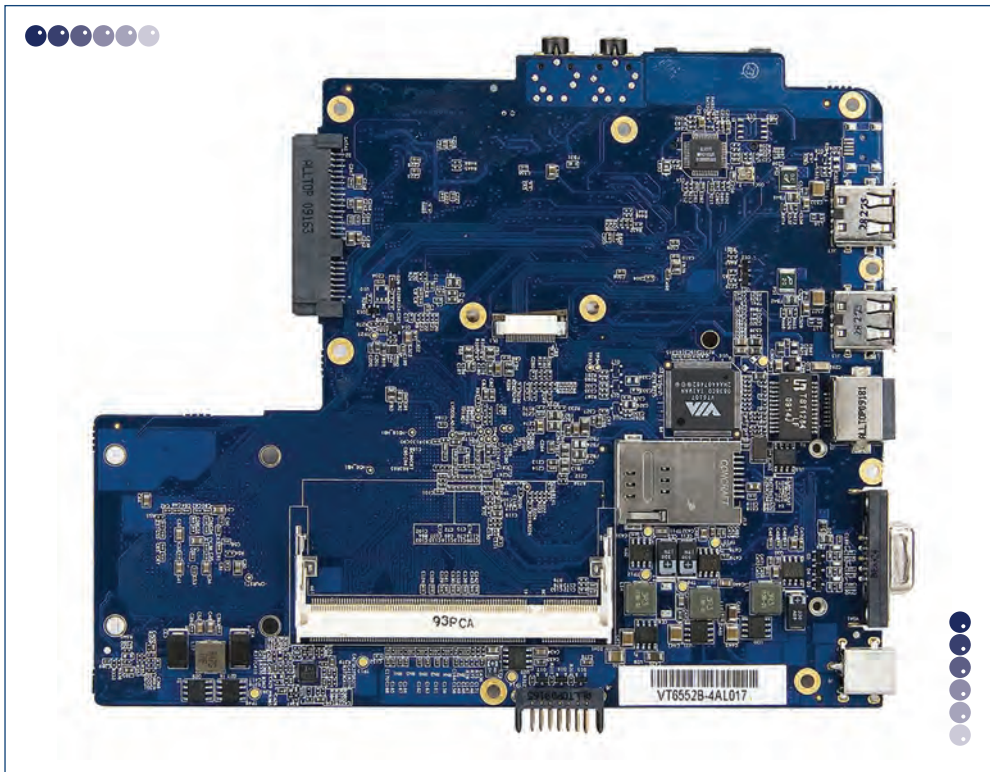
نانوالکترونیک نگاه کنجکاوانه‌ای است به حوزه الکترونیک. در این نگاه جدید، ما به تحقیق و توسعه در مواردی می‌پردازیم که کوچک‌سازی یک مزیت باشد. نانو الکترونیک روی قطعاتی کار می‌کند که هر چه کوچکتر باشند، اثر بیشتری دارند و نقش بزرگتری را ایفا می‌کنند. استفاده از فناوری نانو در آینده می‌تواند ارزش افزوده‌ی قطعات الکترونیکی جدید (مدارها، تراشه‌ها و اجزای الکترونیکی)، فناوری‌ها و ابزارهای مورد استفاده در فرآیندهای تولید را افزایش قابل توجهی دهد.



نانولوله‌های کربنی مثال خوبی برای اجزای الکترونیکی جدید است. این صفحات گرافنی لوله شده، بسته به اینکه در چه جهتی لوله شده باشند، رسانا یا نیمه رسانا هستند. برای مثال نانولوله نوع صندلی ۱۰۰۰ بار از مس رساناتر است، در حالی که نوع زیگزآگ و نوع نامتقارن نیمه رسانا هستند. خاصیت نیمه رسانایی نانولوله‌ها بسته به نوع آنها تغییر می‌کند. در نانولوله‌ها جریان الکتریکی از طریق ارتعاش اتمی منتقل می‌شود. بدین صورت

اولین هدف در نانوالکترونیک کوچک‌سازی است. نسل بعدی ترانزیستورها و پردازشگرها باید سریع‌تر و کوچک‌تر باشند. در بعضی موارد کوچک‌سازی مدارهای قدیمی، که از سیلیکون ساخته شده‌اند، به سبب تغییر قوانین فیزیکی با محدودیت مواجه می‌شود. محدودیت اندازه، موجب محدودیت سرعت می‌شود. برای افزایش عملکرد تراشه‌های رایانه و کوچک‌سازی آنها در سال‌های آینده، فناوری‌نانو پیشنهادهای جدیدی دارد.





بتوانند ترانزیستورهای چند طبقه ایجاد کنند. یعنی همان‌طور که بشر مشکل کمبود فضای مسکونی شهرها را با ساخت ساختمان‌های بلندمرتبه حل کرده است، شاید بتواند با کمک نانولوله‌های کربنی تراشه‌های رایانه‌ای را سه‌بعدی کند و مسئله اندازه، ظرفیت و سرعت آنها را یک مرتبه حل نماید. دانشمندان موفق شده‌اند که نانولوله‌های کربنی را بر یک ویفر سیلیکونی رشد دهند. از آنجایی که این مواد رسانای خوبی برای گرما هستند، می‌توانند حرارت فراوان تولید شده در یک تراشه سه‌بعدی را به بیرون منتقل نمایند.

یافته‌های دانشمندان در حوزه نانوالکترونیک محدود به نانولوله‌های کربنی نمی‌شود. فناوری نانو

که در حالت عادی هر اتم در جایگاه خود در حال ارتعاش است، وقتی که یک الکترون (یا بار الکتریکی) وارد مجموعه‌ای از اتم‌ها می‌شود، ارتعاش اتم‌ها بیشتر شده و در اثر برخورد با یکدیگر بار الکتریکی وارد شده را انتقال می‌دهند. هرچه نظم اتم‌ها بیشتر باشد، هدایت الکتریکی نانولوله مورد نظر بیشتر خواهد بود.

پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که نانولوله‌ها می‌توانند بعنوان ترانزیستور، در تراشه‌های پردازشگر و حافظه‌ای جایگزین شوند. برای رسیدن به این هدف دانشمندان به موفقیت بزرگی دست یافته‌اند. آنها توانسته‌اند نانولوله‌هایی مشخص را در محل‌هایی از قبل تعیین شده جایگذاری کنند. نانولوله‌های کربنی ممکن است

مواد جامد ساخته شده‌اند که گاهی ساختاری بلوری دارند و گاهی بی‌شکل هستند. این گروه از حافظه‌ها به‌طور مداوم نیاز به منبع تغذیه ندارند و از عمر بسیار بالایی برخوردارند.

نوید نسل جدیدی از حافظه‌ها را می‌دهد که اندازه آنها مساوی حافظه‌های فلش<sup>۱</sup> امروزی است، اما می‌توانند یک ترابایت اطلاعات را در خود ذخیره کنند. این قطعات که "حافظه دستیابی تصادفی تغییر فازی"<sup>۲</sup> نامیده می‌شوند، از نوع خاصی از

## نور زمینه جدیدی را در فناوری نانو می‌شکافد

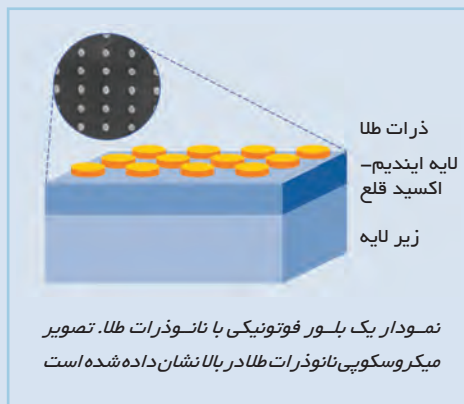
نانو اپتیک شاخه دیگری از فناوری نانو است که به دنبال ایجاد قطعات و ساختارهای نوری با دقتی نانومتری است. در مقیاس نانو، پدیده‌های نوری نیز همانند پدیده‌های فیزیکی دیگر دچار تغییر می‌شوند. اثرات نوری جدیدی که در نانو ساختارها بروز می‌کند، می‌تواند کاربردهای مختلفی داشته باشد و در صنایع فراونی گسترش یابد. تمرکز نانو اپتیک بر ساخت اجزای اپتوالکترونیک (برای توسعه جامعه اطلاعاتی)، توسعه منابع جدید نوری (برای روشنایی) و تولید لنزهای دقیق نانومتری (برای ارتقاء عملکرد ابزارهای نوری فعلی بویژه در حوزه پزشکی) است.

### کاربردها

### اهداف

- منابع نوری جدید برای زندگی روزمره (روشنایی محلی، چراغ خودروها)
- سامانه‌های چند رسانه‌ای (سینماهای خانوادگی، DVDها)
- تجهیزات تولید قطعات الکترونیکی (فتولیتوگرافی)
- ارتباط از راه دور
- ابزارهای اندازه‌گیری (حسگرهای نوری)
- آینه و لنز برای تجهیزات نوری (میکروسکوپ‌ها و پرتوافکن‌ها)
- تجهیز قطعات اپتوالکترونیک و توسعه کاربری آنها
- ارتقاء سطح عملکرد قطعات اپتوالکترونیک و کاهش هزینه‌های تولید
- ایجاد حالت‌های فیزیکی جدیدی از نور و استفاده خلاقانه از آنها
- کاهش هزینه‌های ساخت قطعات نوری دقیق
- افزایش دقت در تجهیزات نوری و اجزای آن

## نور در یک قفس ملایی



نور می‌تواند حجم زیادی از اطلاعات را بسیار سریع‌تر از جریان الکتریکی منتقل کند. این مسئله اساس عملکرد و موفقیت شبکه‌های فیبر نوری است. با توسعه نانو الکترونیک، زیرمجموعه‌های صنایع اپتیکی (همانند ارتباط از راه دور، حسگرهای نوری، منابع نور لیزر و ...) مجبور می‌شوند اجزای خود را کوچک کرده و در فضای محدودی متمرکز کنند. برای حل این مشکل می‌توان از "بلورهای فوتونیک" استفاده کرد. به هر ساختاری که ضریب شکست آن به طور متناوب تغییر کند، بلور فوتونیک می‌گویند. عملکرد بلورهای فوتونیک (ساختارهای با ضریب شکست متناوب) در برابر فوتون‌ها مشابه عملکرد بلورهای نیمه‌رسانا (ساختارهای با پتانسیل الکتریکی متناوب) در برابر الکترون‌ها است. از توالی چند نانوذره طلا می‌توان یک بلور فوتونیک ایجاد کرد.

### چشم انداز

### مزایا

- چراغ‌های حبابی به‌طور کامل با منابع نوری نیمه‌رسانا (مانند لیزر و LEDها) جایگزین می‌شوند.
- کاغذهای دیواری از خود نور ساطع خواهند کرد.
- پرتوافکن‌های لیزری سه بعدی، تصاویر تلوزیون‌های خانگی را سه بعدی خواهند کرد.
- توسعه کاربری تجهیزات نوری در زمینه‌های مختلف (مهندسی پزشکی، حمل و نقل، ارتباطات، ابزارهای تصویری)
- دستیابی به یک روشنایی مطلوب و قابل تنظیم
- منابع نوری موثرتر، سازگارتر با محیط زیست، با طول عمری بیشتر
- توسعه عملکرد تجهیزات نوری و الکترونیکی



## نانوپتیک- تحولی در صنایع نوری

نانوپتیک از فناوری نانو برای ساخت تجهیزات یا قطعات نوری استفاده می‌کند. قطعاتی که در ساخت آنها از اثرات جدید فیزیکی- نوریِ نوظهور در مقیاس نانو استفاده شده است. این ابزارها، کاربردهای جدیدی در زندگی ما خواهند داشت.

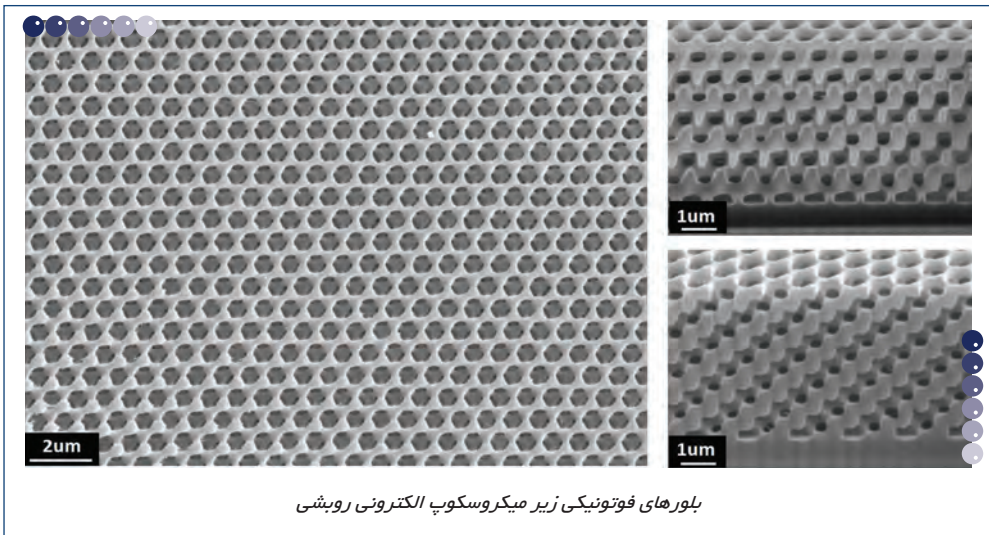


نانوپتیک می‌تواند صنایع نوری را متحول کند و کاربردهای جدیدی را برای قطعات نوری تعریف کند. به عنوان مثال می‌تواند با کمک روش‌ها و فرآیندهای جدید، لنزها و آینه‌های نوری بسیار دقیقی تولید کند. این دستاورد نانوپتیک، دقت و عملکرد روش لیتوگرافی نوری (فرآیندی که گفتیم برای تولید نانو ساختارهای دقیق الکترونیکی به کار می‌رود) را افزایش می‌دهد. لایه‌های بسیار نازک، نقش مهمی در نانوپتیک بازی می‌کنند. در واقع این لایه‌ها عملکرد اجزای مختلف نوری را تعیین می‌کنند یا بر عملکرد آنها تاثیر می‌گذارند. در حال حاضر پیشرفت نانوپتیک به میزانی است که می‌تواند منبع‌های نوری قوی و کم مصرف بسازد. از این منابع می‌توان در صفحات نمایش و حافظه‌های نوری استفاده کرد. زمینه مهم دیگر در نانوپتیک، تعیین مشخصات قطعات نوری است. روش‌های اندازه‌گیری که در این زمینه استفاده می‌شوند، عملکردی نانومقیاس دارند. آنها می‌توانند میزان آلودگی، ابعاد فضایی و عملکرد سامانه‌ها و اجزای نوری را با دقتی نانومتری بسنجند.

نوری کاملاً متفاوت ساخته شده‌اند. این ساختار از انتشار طول موج‌های مشخصی در بلور جلوگیری می‌کند. طبیعت به ما نشان داده است که چگونه ساختارهای نانومتری، بلورهای فوتونیک ایجاد می‌کنند. پروانه‌هایی وجود دارد که رنگ بال آنها ناشی از وجود رنگ دانه نیست، بلکه در ساختار بال آن‌ها بلورهای فوتونیک وجود دارد که با تغییر ناچیزی در شکست نور تابشی به بال رنگ می‌دهد. معروف‌ترین این پروانه‌ها، مورفو آبی است.

در دهه‌های ۵۰-۶۰ کشورهای آمریکای جنوبی از بافت بال این پروانه، در چاپ اسکناس استفاده می‌کردند. زیرا بلورهای فوتونیک بال پروانه زیر نور ماوراء بنفش تلالو خاصی دارند و مانع از جعل اسکناس می‌شوند. این پروانه‌ها به صورت میلیونی

بلورهای فوتونیک، مواد بسیار مفید و مناسبی برای نانوپتیک هستند. این بلورها از یک ساختار شبکه‌ای تشکیل شده‌اند که سوراخ‌های بسیار ریزی دارد. سوراخ‌ها از دو ماده مختلف با خواص



می‌ماند. در طول این مدت، انرژی زیادی را تلف می‌کند و تنها درصد کمی از انرژی مصرفی خود را صرف روشنایی می‌کند. این لامپ بیشتر انرژی را به صورت تشعشعات گرمایی هدر می‌دهد. برای ساخت LEDها می‌توان از مولکول‌های



آلی یا پلیمرها نیز استفاده کرد. این سامانه با نام "دیوهای آلی منتشرکننده نور" یا به طور خلاصه OLED شناخته می‌شوند. هم‌اکنون

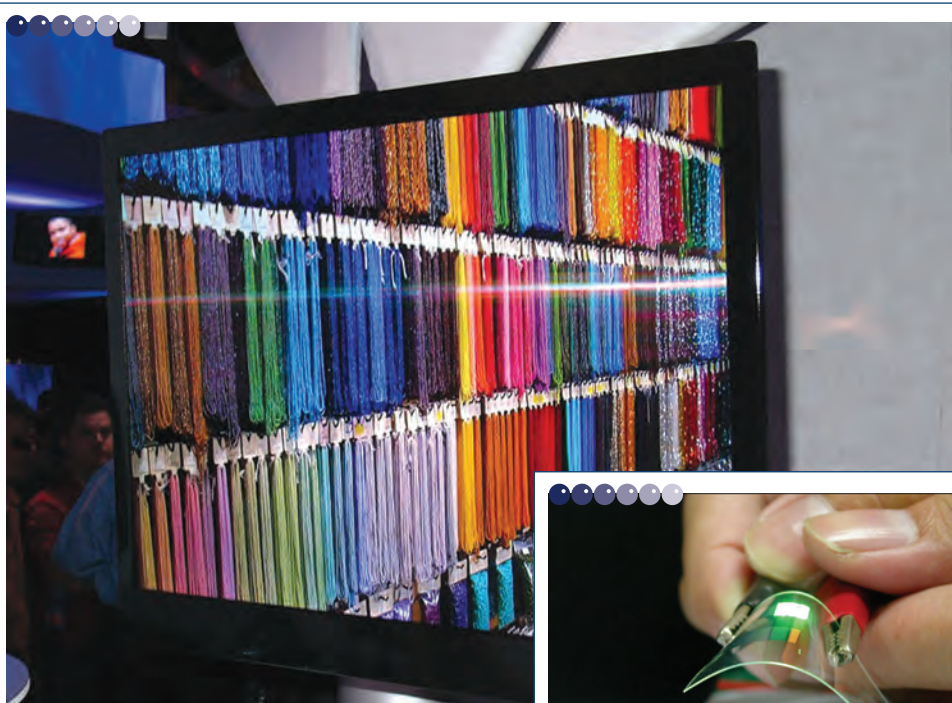
مهاجرت می‌کنند. چند سال پیش فنانوردان یکی از ایستگاه‌های فضایی، نور در حال حرکتی را روی جنگل‌های آمازون شناسایی کردند که احتمال می‌دادند بشقاب پرنده باشد. اما بررسی‌های نشان داد که این درخشش مربوط به مهاجرت میلیونی پروانه‌های مورفو آبی است. تمامی رنگ‌های طیف نور مرئی را به سادگی می‌توان با استفاده از بلورهای فوتونیک ایجاد کرد.

بلورهای فوتونیک، می‌توانند کاربردهای مختلف و متنوعی داشته باشند. به عنوان مثال می‌توان آنها را در لیزرها و دیوهای قوی منتشرکننده نوری<sup>۱</sup> (LEDها) استفاده کرد. در حال حاضر LEDها در سیستم‌های کنترل ترافیک و تابلوهای تبلیغاتی استفاده می‌شوند و در آینده کاربرد گسترده‌ای در چراغ‌های خودرو خواهند یافت. این منبع‌های نوری علاوه بر درخشندگی زیاد، از دوام بالایی نیز برخوردارند. در مقایسه با لامپ‌های معمولی، LEDها طول عمر بسیار طولانی‌تری دارند. یک لامپ معمولی، تنها حدود ۱۰۰۰ ساعت روشن

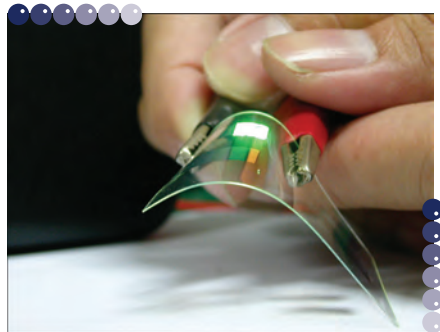
1. Light-emitting diod

نمایشگر رایانه‌ها و تلویزیون‌های رنگی استفاده کرد. صفحات OLED به انرژی کمتری نیاز دارند، زمان پاسخ‌دهی آنها سریع‌تر است، زاویه دید وسیعی فراهم می‌کنند و رنگ‌هایی درخشان، با تغییر (کنترست) بالا ایجاد می‌کنند.

تلفن‌های همراهی وجود دارد که در آنها از OLED استفاده شده است. عمر سرویس‌دهی OLEDهای فعلی، کوتاه‌تر از LEDها است اما نانواپتیک می‌تواند این مشکل را حل کند و طول عمر آنها را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد. با حل این مشکل می‌توان از OLEDها در صفحات



صفحات انعطاف‌پذیر، شفاف و بسیار نازک OLED، نسل بعدی تلویزیون‌ها و نمایشگرهای رایانه‌ای هستند





## کشف طبیعت در سطح مولکولی و بهره‌مندی از آن

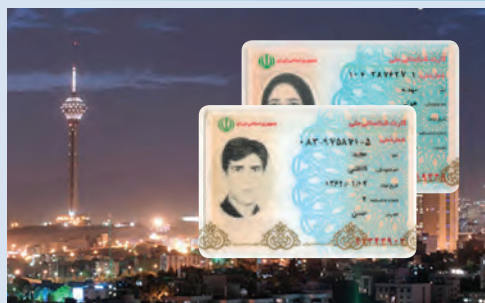
ترکیب فناوری نانو و فناوری زیستی، زمینه‌ای به وجود می‌آورد که برخی آن را نانوزیست فناوری می‌نامند و برخی دیگر از آن با عنوان زیست‌نانوفناوری یاد می‌کنند. این حوزه هر چه که نامیده شود، در واقع پلی است میان طبیعت آلی و غیر آلی. چرا که از یک سو ساختارها و فرآیندهای زیستی را در مقیاس نانو بررسی می‌کند و از سوی دیگر دانش کسب کرده را در سامانه‌های صنعتی به کار می‌گیرد. در حال حاضر مهمترین هدف در این زمینه توسعه و نوآوری در علوم زیستی و توسعه سامانه‌های سلامت عمومی است.

### کاربردها

### اهداف

- ابزارهای جدید برای علوم زیستی (مانند نانواسکوپ‌ها،<sup>۱</sup> انبرک‌های نانومقیاس و...)
- طراحی قطعاتی جدید برای انجام تحقیقات زیست پزشکی (مانند تراشه‌های زیستی)
- روش‌های تشخیص پزشکی (مانند ابزارهای بسیار ریزی که برای تشخیص بیماری وارد بدن افراد می‌شوند)
- محصولات پزشکی (مانند نانوغشاهایی که برای پالایش خون)
- بررسی طبیعت و ساختارهای زیستی در مقیاس نانو
- ساده‌سازی و سرعت بخشی روش‌های آنالیز زیستی برای استفاده در فناوری نانو
- استفاده از فناوری نانو برای دستکاری فرآیندهای زیستی
- ایجاد و تولید نانوساختارهایی جدید با الهام از طبیعت
- به‌کارگیری مولکول‌ها و ساختارهای زیستی در موارد صنعتی

### استفاده از مولکول‌های زیستی برای جلوگیری از جعل



به سبب افزایش سطح عملکرد اسکنرها، پریتورها و دستگاه‌های فوتوکپی رنگی، روز به روز جعل اسناد آسان‌تر می‌شود. فناوری زیستی می‌تواند این مشکل را به کمک موادی به نام رنگ آبی باکتیریودوپسین (BR) رفع نمود. باکتیریودوپسین<sup>۲</sup> نوعی پروتئین غشایی است که در دیواره سلولی برخی باکتری‌ها یافت می‌شود و حساس به نور است. این ترکیب در مقابل نور، از بنفش به زرد تغییر رنگ می‌دهد. این مولکول‌های زیستی را می‌توان به صورت نانوذرات بسته‌بندی کرد و به عنوان پوشش بر روی اسناد قرار داد. اسنادی که با این روش پوشش داده شده‌اند، اگر در مقابل نور قرار گیرند سریع تغییر رنگ می‌دهند و به جای رنگ بنفش، به رنگ زرد دیده شوند. در صورت گسترش این روش، اسناد جعلی بدون پوشش BR به عنوان اسناد تقلبی شناخته می‌شوند زیرا بعد از قرار گرفتن در معرض نور، بنفش رنگ باقی می‌مانند.

### چشم انداز

### مزایا

- به کمک آزمایشگاه‌های کوچک می‌توان بیماری‌های سخت و پیچیده را بسیار سریع و در مراحل اولیه تشخیص داد.
- شما می‌توانید با تجهیزات کوچک دستی خود، را در خانه معاینه کنید. این دستگاه‌ها بر اساس تراشه‌های زیستی کار می‌کنند.
- تولید ارزان و فراوان انرژی از نورخورشید با استفاده از فناوری نو
- نگرش بنیادی به فرآیندهای زیستی
- افزایش سرعت تحقیقات در مورد علت بیماری‌ها
- افزایش تاثیر و عملکرد داروها و کاهش هزینه آنها

۱. دستگاه‌هایی برای بزرگ نمای مقیاس نانو. کار آن‌ها شبیه کاری است که میکروسکوپ برای مقیاس میکرو می‌کند

2. bacteriorhodopsin

## فناوری نانو و فناوری زیستی – یک زوج کامل

فناوری نانو به پیشرفت‌های صنعتی در مقیاس نانومتر، در بازه ۱ تا ۱۰۰ نانومتر، می‌پردازد. سلول به عنوان واحد سازنده بدن موجودات زنده از اجزایی تشکیل شده است که اندازه بسیاری از آنها بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است. به دلیل همین ارتباط، فناوری نانو و فناوری زیستی می‌توانند در یک برهمکنش دوسویه، سبب توسعه و پیشرفت یکدیگر گردند. فناوری نانو بر پایه مدل‌ها و الگوهای زیستی شکل گرفته و غایت آن رسیدن به نظم و کنترل موجود در سیستم‌های زیستی است. از سویی دیگر، توسعه و ساخت ابزارهای نانومقیاس، امکانات بسیاری را در اختیار فناوری زیستی قرار می‌دهد تا فضاها و سیستم‌های مورد بررسی خود را به خوبی پایش و کنترل نماید.

فعالیت‌های خود در اندازه‌های اتمی ادامه می‌دهند و برای کار کردن، لازم نیست که در محیط سلولی حضور داشته باشند. بعد از گذشت میلیون‌ها سال از تکامل، عملکرد و بازدهی "ماشین‌های زیستی" بسیار بالاتر از همتاهای صنعتی خود است. به همین دلیل فناوری نانو به دنبال آن است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم از سامانه‌های زیستی برای کاربردهای صنعتی استفاده کند (در ادامه دو موتور مولکولی نانومقیاس را به عنوان نمونه‌ای از ماشین‌های زیستی بررسی می‌کنیم).

در مقابل، خصوصیات منحصر بفرد محصولات مبتنی بر فناوری نانو، فرصت‌های جدیدی را برای فناوری زیستی و حوزه پزشکی ایجاد می‌کند. ابزارهای کوچک نانو مقیاس، سلول‌ها و اجزای کوچک درون سلولی را در دسترس قرار می‌دهند. به‌عنوان مثال فناوری نانو می‌تواند آزمایشگاه‌های کوچکی بسازد که با عنوان "آزمایشگاه روی تراشه" شناخته می‌شوند. این آزمایشگاه می‌تواند افراد را با سرعت معاینه کند و با وارد شدن به جریان خون، اطلاعات مربوط به بیماری‌های خاص را به صورت بی‌سیم و بدون نیاز به جراحی دریافت کند. این موضوع را در بخش "نانوپزشکی" بیشتر شرح خواهیم داد.

علوم و فناوری نانو به ما کمک می‌کنند که درک و فهم بهتری از زیست‌شناسی و سامانه‌های زیستی داشته باشیم. زیرا "تجهیزات مقیاس نانو" این فرصت را برای ما فراهم می‌کنند که ببینیم درون یک سلول و یا درون بخش‌های کوچکی از یک سلول چه اتفاقی می‌افتد. تجهیزات مقیاس نانو می‌توانند ساختارهای زیستی نانومتری را از لحاظ شیمیایی، الکتریکی و مکانیکی بررسی کنند.

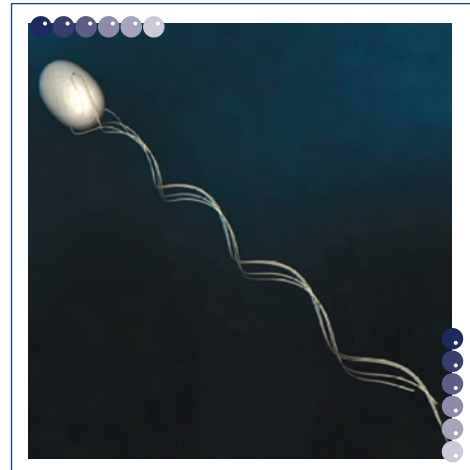
سیستم‌های زیستی درون سلولی، با بازدهی بی‌نظیری وظایف خود را انجام می‌دهند. آنها مواد غذایی را تحویل می‌گیرند، آنها را تا محل مصرف حمل می‌کنند، مواد هضم شده را بسته‌بندی می‌کنند و به خارج سلول می‌فرستند. این اجزا اطلاعات را ذخیره می‌کنند و ساختارهای جدید می‌سازند. همه این بخش‌ها به طور دائم، تعمیر می‌شوند و اگر بی‌مصرف شده باشند، بازیافت می‌گردند. در بدن موجودات زنده بیش از ۱۰۰۰۰ نانوماشین وجود دارد. این اجزا، واقعا نانوماشین‌اند، چرا که هر یک با ویژگی‌ها و مشخصات نانو مقیاس ساخته شده‌اند، هر اتم دقیقاً جانمایی شده و به اتم مجاورش متصل گردیده است. بسیاری از این نانوماشین‌ها پس از جداسازی و تخلیص همچنان به

چرخان (روتور)، بخش‌های ثابت (استاتور)، میله پشیران (درایو شفت)، غلاف میله گردان (بوشینگ)، تنظیم کننده تغییر چرخش (رگلاتور) و ... تشکیل شده است. محققان دانشگاه کرنل توانسته‌اند موتور ATPase را از بدن اشرشیاکلی استخراج کنند و به کمک آن یک پروانه نانومتری سیلیکونی (به قطر ۱۵۰ nm و طول ۱۴۰ nm-۱۴۰۰) را بچرخانند.



بدنه موتور ATPase

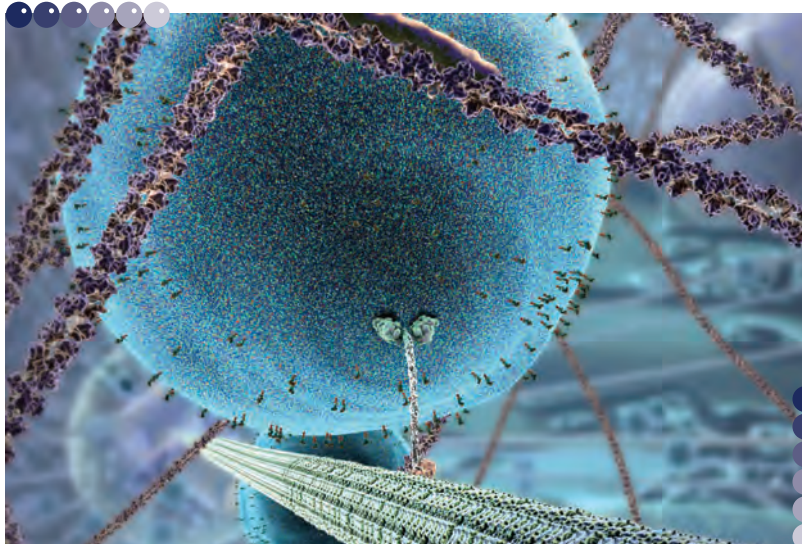
موتور مولکولی بعدی، کینزین نام دارد. اندازه آن حدود ۶۰ نانومتر است و برخلاف ATPase در مسیر مستقیم حرکت می‌کند. سلول‌ها از بخش‌های مختلفی با وظایف متفاوتی تشکیل شده‌اند. هر یک از این بخش‌ها، همانند یک کارخانه عمل کرده و محصولات ویژه‌ای را تولید می‌نمایند. هر کارخانه برای تولید، نیازمند مواد اولیه است، علاوه بر اینکه باید محصول خود را نیز به دست مصرف‌کننده برساند. ماده اولیه مورد نیاز ممکن است محصول سایر کارخانجات باشد. در فضای درون سلولی، مواد به صورت آزاد و رها نمی‌باشند، بلکه در قالب ارگانل‌ها بسته‌بندی می‌شوند. ارگانل یک واحد



حرکت باکتری‌هایی نظیر سالمونلا و اشرشیاکلی که اندازه آنها بین ۱ تا ۲ میکرومتر است با چرخش سریع یک عضو پروانه‌ای شکل ماریپیچ که در انتهای بدن باکتری قرار گرفته، انجام می‌شود. این عضو که تاژک (فلاژل) نام دارد از یک موتور چرخشی و رشته‌های نازک ماریپیچی تشکیل شده که تا حدود ۱۵ میکرومتر بلند می‌شوند. این موتور مولکولی ATPase نام دارد. یک موتور طبیعی چرخشی است که اندازه آن تنها ۳۰ نانومتر است. ATPase با سرعتی حدود ۲۰۰۰ دور بر دقیقه می‌چرخد (این سرعت از سرعت موتور خودروهایی که در مسابقه فرمول ۱ شرکت می‌کنند، بیشتر است) و تنها ۱۰-۱۶ وات انرژی مصرف می‌کند. بازده مصرف انرژی این موتور نزدیک به ۱۰۰٪ است. قسمت چرخان موتور از پروتئینی به نام FliF تشکیل شده است. این پروتئین اولین جزئی است که به صورت یک حلقه در غشای سیتوپلاسمی مونتاژ می‌شود. پس از تکمیل بدنه موتور سایر مولکول‌های پروتئینی به این حلقه متصل شده و ساختار موتور را شکل می‌دهند. این موتور همچون یک موتور بزرگ مقیاس، از جزءهای مختلفی همچون یک قسمت

موتور مولکولی نانومتری است که بر روی جاده‌های یک طرفه حرکت می‌کند. جهت حرکت کینزین به سمت خارج سلول است. این موتور ارگانل‌ها را از سمت هسته به سمت دیواره سلولی می‌برد. بدن کینزین از سه بخش کلی تشکیل شده است: دو سر، یک گردن و یک دُم. برای انتقال یک ارگانل، ابتدا کینزین از طریق دُم به آن متصل می‌شود. سپس یکی از سرهایش را به جاده می‌چسباند و سر دیگر را یک گام بر روی جاده جلو می‌برد. این کار شبیه قدم زدن است و کینزین با تکرار آن بر روی جاده به جلو می‌رود. به این معنا که در هر گام یکی از سرها جدا شده و به سمت جلو حرکت می‌کند و سر دیگر به جاده متصل می‌ماند. کینزین‌ها با این روش ارگانل‌های بزرگ چند میکرومتری (یعنی اجسامی که ۱۰۰ برابر از آنها بزرگ‌تر هستند) را با سرعت متوسط ۱ میکرومتر بر ثانیه جابه‌جا می‌کنند.

ساختاری است که وظیفه خاصی را بر عهده دارد و در یک غشا لیپیدی بسته‌بندی شده است. نام ارگانل از آنجا آمده است که برخی نسبت این واحدها را به سلول، همچون نسبت یک عضو به بدن موجود زنده می‌دانند. برای توزیع مواد در سلول، سیستم توزیع بسیار پیچیده‌ای طراحی شده است. سیستمی متشکل از یک شبکه جاده‌ای (بعنوان مسیر حرکت) و چند موتور مولکولی پروتئینی (بعنوان وسایل نقلیه). شبکه جاده‌ای همچون بزرگراه‌های درون شهری حرکت وسایل نقلیه را در مسیرهای مشخصی کنترل می‌کند. جاده‌های درون سلول از جنس پروتئین هستند. بعضی از آنها شبیه جاده‌های یک طرفه‌اند (پروتئین‌های قطبی که سر مثبت و منفی دارند و به صورت شعاعی در سلول پخش شده‌اند) و بعضی دیگر مانند جاده‌های دو طرفه هستند (پروتئین‌های که به صورت تصادفی و نامنظم در درون سلول پخش شده‌اند). کینزین



کینزین بر رشته‌های بلند پروتئینی حرکت می‌کند و ذراتی را حمل می‌کند که ۱۰۰ برابر از خودش بزرگ‌تر هستند

## توسعه پزشکی و افزایش سطح سلامت عمومی از مهمترین اهداف فناوری نانو هستند

فناوری نانو با شعار افزایش کیفیت زندگی مردم به میدان علم و فناوری آمده است، از این رو توجه فراوانی به سلامت جامعه دارد. ما در حال حاضر زمانی می‌توانیم بیماری‌های سختی مانند سرطان را تشخیص دهیم که تا میزان قابل توجهی در بدن پیشرفت کرده‌اند. این موضوع، فرصت درمان این بیماری‌ها را تا حد زیادی کاهش می‌دهد و اغلب باعث تجویز داروهایی با اثرات جانبی خطرناک می‌گردد. نانوذرات و نانوساختارها راه‌حل‌های جدیدی را برای این مشکل پیشنهاد کرده‌اند.

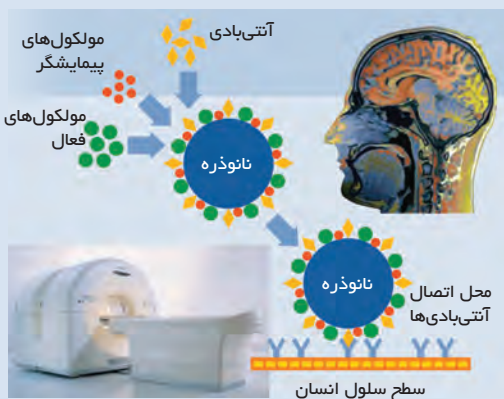
### کاربردها

- روش‌های تصویربرداری پزشکی
- داروهای جدید
- وسایل کاشتنی زیست‌سازگار با طول عمر زیاد
- توسعه روش‌های جدید تشخیص و درمان
- ایجاد پیوستگی و ارتباط میان تشخیص و درمان
- تضمین سازگاری پزشکی و ادوات پزشکی

### اهداف

### تشخیص زود هنگام بیماری

امروزه فرآیندهای تصویربرداری، مانند پرتونگاری تشدید رایانه‌ای یا پرتونگاری تشدید مغناطیسی، نقش بسیار مهمی در تشخیص‌های پزشکی دارند. در حال حاضر این روش‌ها تنها می‌توانند از روی تغییرات آناتومی بیماری را تشخیص دهند. این تغییرات در اثر تأثیرات طولانی‌مدت بیماری ایجاد می‌شوند. فناوری نانو روش‌های تصویربرداری جدیدی را پیشنهاد می‌کند که می‌توانند بیماری را در مراحل اولیه، زمانی که پیشرفت بیماری در حد ۱۰ تا ۱۰۰ سلول است، تشخیص دهند. به عنوان مثال با کمک نانوذرات می‌توان قدرت تشخیص



پرتونگاری تشدید مغناطیسی و کیفیت تصاویر آن را افزایش داد. نانوذرات مغناطیسی می‌توانند به آنتی‌بادی‌هایی که به سلول‌های سرطانی متصل می‌شوند، وصل گردند. دستگاه پرتونگار نانوذراتی را که به سلول سرطانی متصل شده‌اند، به خوبی تشخیص می‌دهد. با تمرکز لیزر بر نانوذرات متصل به سلول، می‌توان سلول‌های سرطانی را بدون آسیب رساندن به سلول‌های سالم از میان برد.

### چشم‌انداز

### مزایا

- علت بیماری‌های حاد (مانند سرطان) در سطح مولکولی تشخیص داده می‌شوند.
- داروها می‌توانند دقیقاً بافت‌ها و سلول‌های آسیب‌دیده را مورد هدف قرار دهند.
- به‌طور همزمان می‌توان از نانوذرات در تصویربرداری و درمان استفاده کرد.
- نانوذراتی که در تصویربرداری مورد استفاده قرار گیرند، دارو را نیز حمل می‌کنند. بدین ترتیب می‌توان از روی تصاویر دارو را به محل دقیق بیماری رساند.
- تشخیص و درمان بیماری در مراحل اولیه پیشرفت
- بهبود و اصلاح عملکرد داروها
- کاهش هزینه خدمات درمانی



## فناوری نانو برای زندگی و سلامت

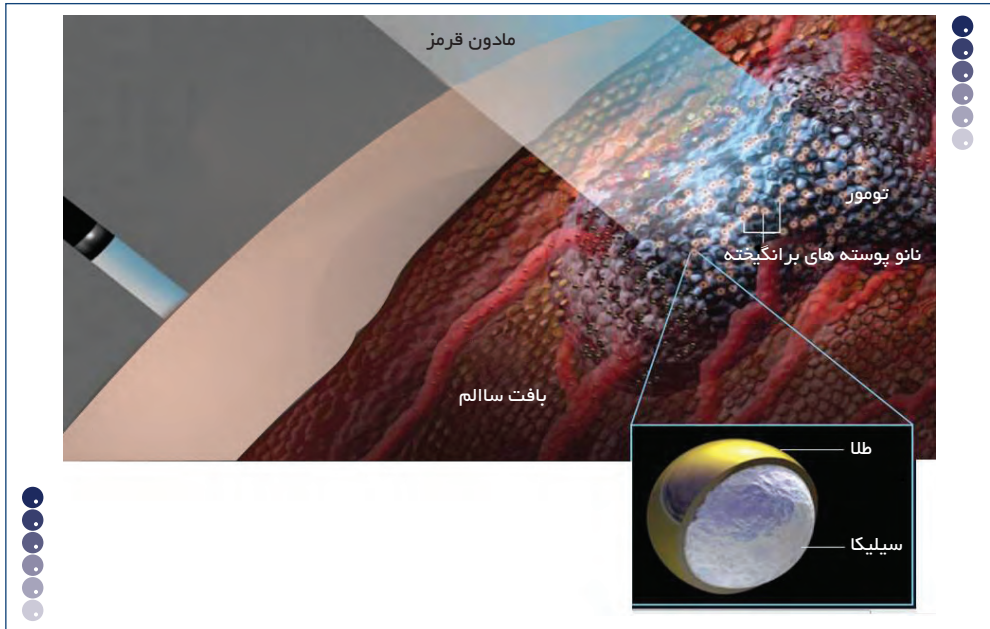
فناوری نانو در حوزه سلامت و پزشکی با چالش‌های بزرگی مواجه است. روش‌های تشخیصی و درمانی فعلی، تا حد نهایت دانش بشر امروز توسعه پیدا کرده‌اند. اما اتفاقات زیستی که در سطح مولکولی و سلولی در بدن انسان رخ می‌دهد، هنوز مبهم و پیچیده است. فناوری نانو به دنبال آن است که با استفاده از نانومواد و تجهیزات نانوساختار فرآیندهای تشخیصی و درمان را در سطح اتمی و مولکولی توسعه دهد. علاوه بر این تحقیقات فراوانی نیز در مورد ابزارهای کاشتنی و اندام‌های مصنوعی در حال انجام است. فناوری نانو به دنبال آن است که با استفاده از سطوح عامل‌دار، طول عمر و زیست‌سازگاری این قطعات را افزایش دهد.

مادون قرمز بسیار داغ شوند و سلول‌های سرطانی را از میان ببرند (در حالیکه سلول‌های سالم بدون آسیب باقی می‌مانند). با کنترل ضخامت لایه طلا و نوع لیزر تابشی می‌توان میزان حرارت تولیدی را کنترل کرد. کره درونی این پوسته‌ها را نیز می‌توان با پلیمرهای حاوی دارو پر کرد. در این حالت با تابش لیزر و در اثر داغ شدن طلا، داروی درون پوسته آزاد می‌شود.

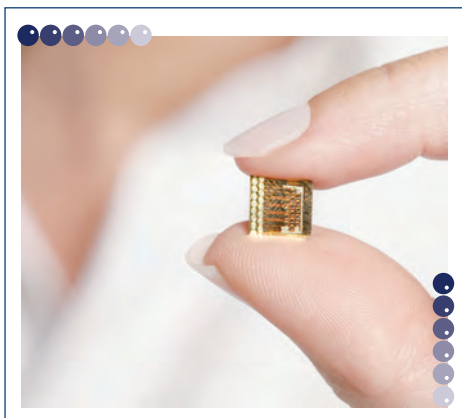
دارو هوشمند دیگری وجود دارد به نام ژل ویوا (Viva Gel™) که برای جلوگیری از بیماری‌های ویروسی طراحی شده و به صورت پوستی استفاده می‌شود. این دارو به طور خاص قادر به جلوگیری از شیوع ویروس ایدز و تبخال است. در این دارو از مولکول‌هایی استفاده شده است به نام درخت‌سان که عرضی برابر چند نانومتر دارند. این مولکول‌ها ترکیباتی هستند که شکل ظاهری آن‌ها مانند درخت است و شاخ و برگ‌های آنها واحدهای شیمیایی مشخص (مانند آمیدها، آمین‌ها، کربوسیلان‌ها و استرها) و تکراری است. با اصلاح هسته، نوع و تعداد واحدهای تکرار شده در ساختار درخت‌سان، می‌توان خواص شیمیایی آن را به دقت کنترل کرد. ویروس ایدز یک ذره چند نانومتری است که به گیرنده‌های سطح سلول‌های تی می‌چسبد. سلول تی یکی از

فناوری نانو تمرکز ویژه‌ای بر صنعت داروسازی نموده است. هوشمندی، شخصی بودن، اثرات جانبی اندک، کارایی بالا، قیمت ارزان و ... از معمولی‌ترین مزایای نانو داروها است. داروهای مبتنی بر فناوری نانو هوشمند هستند، زیرا محل دقیق بروز بیماری و سلول بیمار را تشخیص می‌دهند. این داروها را می‌توان پیش از شروع درمان بر فرد بیمار آزمایش کرد و پاسخگویی یا عدم پاسخگویی آن را بررسی نمود. همچنین می‌توان متناسب با ویژگی‌های ژنتیکی بیمار آنها را اصلاح کرد. این شیوه نه تنها هزینه‌ها را کاهش می‌دهد، اثرات جانبی نامطلوب دارو را نیز به حداقل می‌رساند.

"نانوپوسته" یک نمونه از داروهای هوشمند است. این دارو در حقیقت یک کره توخالی سیلیکونی است که با طلا پوشش داده شده است. دانشمندان می‌توانند آنتی بادی‌ها را به سطح این کره متصل نمایند و این امر سبب می‌گردد که این سامانه بتواند سلول‌های مشخصی مانند سلول‌های سرطانی را بیابد. رگ‌های خونی در اطراف تومورهای سرطانی تراواتر از بافت‌های سالم هستند؛ از این‌رو اگر این ذرات وارد جریان خون شوند، به دور تومورها تجمع می‌کنند. لایه طلایی روی نانوپوسته‌ها سبب می‌گردد که تحت تابش اشعه



اول ایجاد شاهد از ژن های ویروس و دوم از طریق تشخیص حضور آنتی بادی ها. با روش اول می توان بیماری را در مراحل اولیه پیشرفت، تشخیص داد. برای بررسی سلامت خون های اهدایی از این روش استفاده می کنند. روش ایجاد شاهد، روشی سخت و پرهزینه است. روش دوم بیماری را بر مبنای وجود آنتی بادی ها تشخیص می دهد. آنتی بادی ها ترکیبات



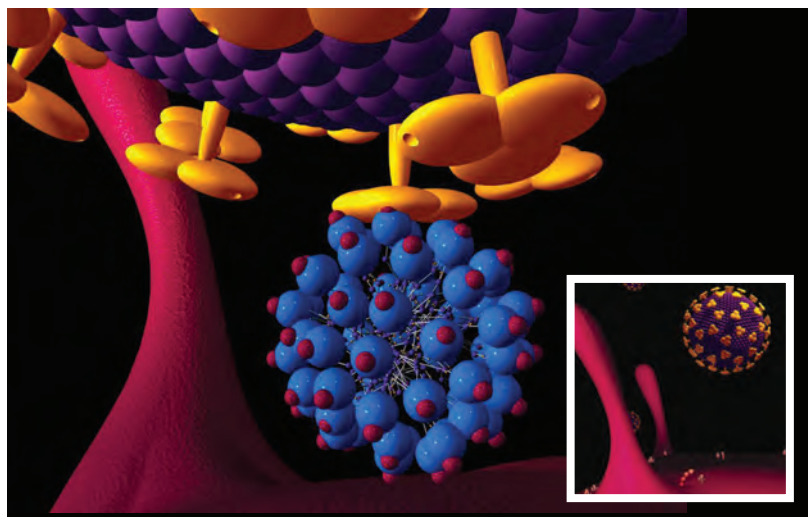
مهمترین سلول های سیستم ایمنی بدن است. ویروس ایدز با چسبیدن به سطح این سلول، وارد آن می شود و شروع به تکثیر می کند. تکثیر ویروس، سبب مرگ سلول های تی و از کار افتادن سیستم ایمنی بدن می شود. درخت سان های بکار رفته در ژل ویوا به نحوی طراحی شده اند که می توانند به پروتئین های سطح ویروس متصل شوند. این امر مانع از چسبیدن ذرات ویروس به گیرنده های سطح سلول تی می گردد.

در بخش نانوزیست فناوری در مورد آزمایشگاه های روی تراشه و نقش آن در تشخیص بیماری صحبت کردیم. برای اینکه شناخت بهتری از آزمایشگاه های روی تراشه داشته باشیم، می توانیم چگونگی تشخیص بیماری هپاتیت C (HCV) را به وسیله آنها بررسی کنیم. هپاتیت C بیماری عفونی است که منجر به آسیب جدی کبد می شود و حتی ممکن است سبب بروز سرطان کبد گردد. دو روش معمول برای انجام این کار وجود دارد.

شوند، در سطح تراشه حرکت می‌کنند و برای انجام بررسی‌های بیشتر در نقاط خاصی توقف می‌کنند. کار اندازه‌گیری در بیشتر موارد بوسیله میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی انجام می‌شود. برای تشخیص HCV نمونه‌های میکرولیتری یا نانولیتري از خون بیمار، از میان کانال‌های بسیار نازکی که بوسیله الکترودهای کوچکی احاطه شده است، عبور می‌کنند. در کانال‌ها نانوذراتی وجود دارند که با مواد زیستی پوشش داده شده‌اند. این مواد می‌توانند ویروس‌ها را به خود جذب کنند. اگر یک میدان الکتریکی متناوب بر الکترودها اعمال شود، بسته به حجم ذرات نیروی متفاوتی به آنها اعمال می‌شود. حجم ذرات متصل به ویروس بزرگتر است، بنابراین نیروی وارد بر آنها (نسبت به ذرات غیر متصل) متفاوت است. تفاوت نیرو، سبب جداسازی ذرات متصل به ویروس از خون می‌گردد. با این روش، امکان جداسازی ویروس‌ها از ترکیب پیچیده‌ای مانند خون و تعیین تعداد آنها به وجود می‌آید.

پیچیده پروتئینی هستند که توسط سیستم ایمنی بدن ایجاد می‌شوند و برای تشخیص وجود موجودات خارجی (مانند باکتری‌ها و ویروس‌ها) و خنثی‌سازی حمله آنها به کار می‌روند. تست آنتی‌بادی تقریباً آسان و کم هزینه است، اما پس از گذشت ۷ تا ۳۵ هفته بعد از آلوده شدن بیمار به HCV (یعنی زمانی که ارگان‌های انسان شروع به ساخت اولین آنتی‌بادی‌ها برای مبارزه علیه این ویروس می‌کنند) قابل استفاده است. این در حالی است که عدم تشخیص عفونت در مراحل اولیه می‌تواند خطرناک باشد. اگر ما بتوانیم روشی سریع و کم هزینه پیدا کنیم که غلظت ذرات ویروس بیماری‌زا را در بدن اندازه‌گیری کند.

برای این منظور یک آزمایشگاه تراشه‌ای طراحی شده است. این آزمایشگاه می‌تواند شکل‌های مختلف ذرات زیستی را تشخیص دهد، جمع‌آوری کند و مورد آزمایش قرار دهد. بر خلاف روش‌های قبلی، در این آزمایشگاه ذرات مورد نظر به دیواره‌های ظرف آزمایش نمی‌چسبند. این ذرات بدون اینکه لمس



ژل ویوا با استفاده از درخت‌سان‌ها (گوی‌های آبی)، از تماس ویروس ایدز (گوی بنفش و زرد) با سلول تی (برآمدگی صورتی) جلوگیری می‌کند



## بکارگیری فناوری نانو و نانومواد در خودرو

هم‌اکنون حدود ۷۵۰ میلیون خودرو در سراسر جهان، در حال حرکت هستند و این تعداد هر روز و هر ساعت بیشتر می‌شود. با افزایش تعداد خودرو و حجم ترافیک، آلودگی‌های زیست محیطی نیز بیشتر می‌شوند. پژوهشگران، توسعه‌دهندگان و صاحبان صنایع به دنبال پیشنهادها و راه‌حل‌های جدید فناوری نانو برای صنعت خودرو می‌گردند.

### کاربردها

- ساخت سیلندرها، پیستون‌ها و اجزای مکانیکی مقاوم در برابر استهلاک
- محافظت از بدنه خودرو در برابر خوردگی
- ساخت اتاقک‌ها و ساختمان‌هایی سبک برای خودرو
- بکارگیری لعاب‌های ضد نور و مقاوم به آلودگی در تمامی بدنه خودرو
- رنگ‌های مختلف و منحصر به فرد
- حسگرهای امنیتی الکترونیکی

### اهداف

- افزایش سازگاری خودروها با محیط زیست
- افزایش امنیت سرنشینان خودرو
- آسان‌تر کردن رانندگی

### یک اتاقک بسیار تمیز



وجود نانومواد، طراحی و ساخت نوعی لعاب خاص را امکان‌پذیر نموده که بسیار سخت و شفاف است. این لعاب از نانوذرات و نانوالیاف ویژه‌ای تشکیل شده و بر تمامی سطح خودرو (بدنه و شیشه) کشیده می‌شود. وجود لعاب سبب درخشندگی و شفافیت ظاهر خودرو می‌شود. علاوه بر این مقاومت مکانیکی سطح خودرو را نیز افزایش می‌دهد. این موجب

می‌شود که سازندگان بتوانند از مواد سبک‌تری برای ساخت اتاقک استفاده کنند. بنابراین استفاده از این لعاب منجر به سبک شدن اتاقک می‌گردد. سقف چنین خودرویی را می‌توان با سلول‌های خورشیدی شفاف تجهیز کرد.

### چشم‌انداز

### مزایا

- بکارگیری پیل‌های سوختی و مواد سبک، سبب کاهش قابل ملاحظه مصرف سوخت شده خودروها شده است.
- نانوذرات خودآرا می‌توانند هرگونه تراش و خراشی بر رنگ خودرو را ترمیم کنند.
- پنجره‌ها و رنگ خودرو خاصیت خودتمیزشوندگی دارند و همیشه پاکیزه هستند.
- حسگرها به طور مداوم و همزمان، شرایط جاده و وضعیت خودرو را کنترل می‌کنند.
- محافظت همزمان از سرنشینان خودرو و محیط زیست
- افزایش ایمنی حمل و نقل
- ساخت خودروهای چندمنظوره
- ساخت چرخ‌هایی بسیار چسبنده و با دوام

## نانو برای افزایش ایمنی، راحتی و حفاظت زیست محیطی

مقایسه پیشرفت فناوری نانو در صنعت خودروسازی نشان می‌دهد که سازندگان و تولیدکنندگان خودرو توانمندی‌های عظیم این فناوری را به خوبی شناخته‌اند. آنها فعالیت‌های تحقیق و توسعه خود را بر پیشرفت امنیت و راحتی وسایل نقلیه و سازگاری این وسایل با محیط زیست متمرکز کرده‌اند.

تجزیه کنند. به این خاصیت نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم، خاصیت "فوتوکاتالیستی" گفته می‌شود. ترکیبات شیمیایی نانو ساختاری دیگری نیز وجود دارند که حاوی درصد زیادی از فلئوئورین هستند و سطح خودرو را تبدیل به سطحی می‌کنند که ضد آلودگی است و به آسانی تمیز می‌شود.

شیشه‌های کنترل‌کننده انرژی، شیشه‌هایی هستند که با نشان دادن چندین لایه نانومتری مختلف بر روی شیشه ساخته می‌شوند. این شیشه‌ها از هدر رفتن گرما در زمستان و از وارد شدن گرما در تابستان جلوگیری می‌کنند. شیشه‌های کنترل‌کننده انرژی مانع ورود پرتوهای مضر خوشید می‌شوند و بدین ترتیب از رنگ پریدگی بخش‌های داخلی خودرو جلوگیری می‌کنند. علاوه بر این سبب می‌شوند که پوست دست و صورت سرنشینان در سفرهای طولانی در معرض آفتاب سوختگی قرار نگیرد. به دلیل اینکه شیشه‌های کنترل‌کننده انرژی سطح گرم‌تری دارند، در فصل‌های سرد سال بخار نمی‌کنند.

نانوکامپوزیت‌ها، مواد سخت و سبک دیگری هستند که می‌توان در صنایع خودروسازی از آنها استفاده کرد. ساخت بدنه‌های سبک، لاستیک‌هایی مقاوم در برابر ساییدگی و دوست‌دار محیط زیست، سپرهای ضد خش، قطعات بادوام موتور و ... از جمله موارد بکارگیری نانوکامپوزیت‌ها است.

نانومواد کیفیت موادی را که در بخش‌های مختلف خودرو استفاده می‌شوند، افزایش می‌دهند. به عنوان مثال در ساخت لاستیک‌های امروزی از ذرات کربنی ریزی به نام کربن سیاه استفاده می‌شود. این ماده طول عمر و سرعت لاستیک را افزایش می‌دهد و به آن قابلیت انقباض می‌دهد. نانوساختارهای کربنی علاوه بر ایجاد تمامی این قابلیت‌ها، چسبندگی لاستیک‌ها را نیز افزایش داده و ویژگی‌های دیگر آنها را بهبود می‌بخشند. نانوذرات اثرات سودمندی برای سطح داخلی و خارجی اجزای خودرو دارند. شناخته شده‌ترین اثر، خودتمیزشوندگی و ضد آب بودن است. ریزش باران بر شیشه‌ها و آینه‌ها، معمولاً دید راننده را دچار مشکل می‌کند. نانوذرات بسیار آب‌دوست یا بسیار آب‌گریز می‌توانند این مشکل را به آسانی حل کنند. نانوذرات دی‌اکسید سیلیسیوم بسیار آب‌گریز هستند. قرار دادن آنها بر سطح شیشه، سرعت حرکت قطرات آب را بسیار افزایش می‌دهد. در مقابل نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم، بسیار آب‌گریز هستند. آنها قطرات تک‌تک و پراکنده باران را که مانع دید راننده می‌شوند، به لایه‌ای هموار و شفاف تبدیل می‌کنند. این ذرات هم‌چنین در برابر تابش نور خورشید برانگیخته می‌شوند و می‌توانند ذرات آلودگی را (که معمولاً از مواد آلی هستند)

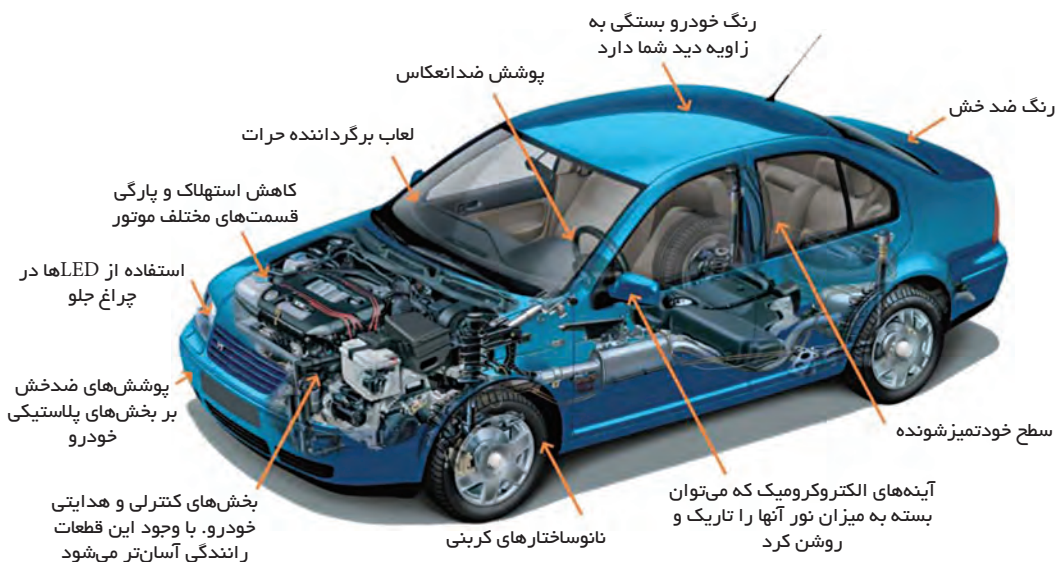


یافته‌های تحقیقاتی پژوهشگران نشان می‌دهد که به زودی می‌توانیم همچون فیلم‌های تخیلی، رنگ خودروهای خود را تعیین کنیم. در حال حاضر نیز خودروهای گران قیمتی وجود دارد که از پلاکت‌های نانومتری (صفحات کوچک نانومتری) در رنگ آنها استفاده شده است و در زوایای گوناگون به رنگ‌های مختلفی دیده می‌شوند. رنگ‌های فوتوکرومیک و الکتروکرومیک (که به ترتیب با تنظیم نور و جریان الکتریسیته تغییر رنگ می‌دهند)، ساده‌ترین ابزارهای تغییر رنگ هستند. این رنگ‌ها را می‌توان به آسانی با کمک روش سل‌ژل تهیه کرد. وجود این رنگ‌دانه‌ها در شیشه خودرو، به ما امکان می‌دهد که نور داخل خودرو را در روزهای مختلف تنظیم کنیم.

مهم‌ترین تاثیر فناوری نانو در صنایع خودروسازی، افزایش امنیت وسایل نقلیه و سازگار کردن آنها با محیط‌زیست است. با استفاده از نانومواد، استهلاک و فرسایش در اجزای موتور

کاهش می‌یابد. این امر می‌تواند ایمنی سفرهای درون شهری و بین شهری را افزایش دهد. جلوگیری از تابش اشعه ماورای بنفش به درون خودرو با کمک نانوذرات جاذب ماورای بنفش و استفاده از نانوذرات نقره برای ایجاد سطوح آنتی‌باکتریال (بویژه در خودروهای حمل و نقل عمومی) سطح سلامت و بهداشت را در محیط داخلی خودرو افزایش می‌دهد. با کمک فناوری نانو می‌توان سرعت عمل کیسه‌های هوا و دقت سرعت‌سنج‌ها را افزایش داد.

کاهش وزن خودروها، سوخت مصرفی آنها را کاهش می‌دهد. افزودن نانوذراتی مانند اکسید سدیم به سوخت‌های دیزلی، کیفیت آنها را افزایش داده و میزان مصرف آنها را کمتر می‌کند. نانوکاتالیست‌ها می‌توانند مواد سمی و آلاینده موجود در گاز اگزوز را به موادی ساده و بی‌خطر تبدیل کنند. با کمک فناوری نانو می‌توان استفاده انرژی‌های نو (مانند سلول‌های خورشیدی و پیل‌های سوختی) را در خودرو توسعه داد.



# پیشگامان ایرانی فناوری نانو



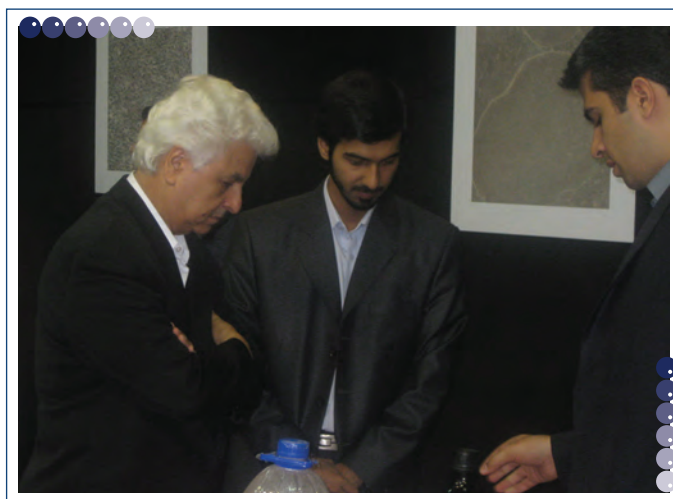
## پروفسور غلامعلی منصوری

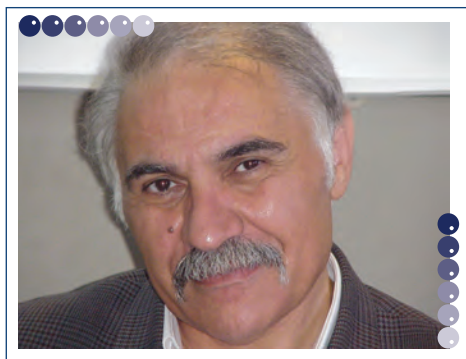
به "ستاد ویژه توسعه فناوری نانو" مبدل گشت و عهده‌دار سیاست‌گذاری و توسعه بومی این فناوری گردید. دکتر منصوری هم‌اکنون عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه ایلینوی آمریکا است و سرپرستی آزمایشگاه تحقیقاتی ترمودینامیک را بر عهده دارد. وی استاد "نانوترمودینامیک" است و پژوهش‌هایش در مورد الماسواره‌ها از اهمیت به‌سزایی در فناوری نانو مولکولی برخوردار است. دکتر منصوری با انتشار دو کتاب "مبانی فناوری نانو" و "واحدهای ساختمانی مولکولی برای فناوری نانو" بخشی از یافته‌های خود در حوزه علوم و فناوری نانو را در اختیار جامعه علمی جهان قرار داد.

وی هر سال به دعوت "ستاد ویژه فناوری نانو" به ایران می‌آید تا با محققین و پژوهشگران داخلی تعاملی علمی داشته‌باشد. پروفسور غلامعلی منصوری در سال ۱۳۸۷ در جشنواره برترین‌های فناوری نانو به عنوان برترین محقق ایرانی مقیم خارج مورد تقدیر قرار گرفت.

دکتر غلامعلی منصوری نراقی در سال ۱۳۲۳ در ایران متولد شد. وی پس از طی تحصیلات متوسطه وارد رشته مهندسی شیمی دانشکده فنی دانشگاه تهران شد. پس از دریافت مدرک کارشناسی، راهی آمریکا شد تا تحصیلات خود را در گرایش ترمودینامیک تکمیل کند. در سال ۱۳۴۹ دوره دکتری را در دانشگاه اوکلاهما به پایان رساند و برای گذراندن مقطع پسا دکتری، عازم دانشگاه رایس شد. انتشار بیش از ۴۰۰ مقاله، کتاب و ثبت ده‌ها اختراع آورده سال‌ها تلاش علمی و پژوهشی وی است.

ذکاوت و موقعیت‌سنجی پروفسور منصوری در کنار حس میهن‌دوستی وی، منجر به پایه‌گذاری فناوری نانو در ایران گردید. پیشنهاد وی به مرحوم دکتر محمدتقی ابتکار مبنی بر توسعه فناوری نانو در ایران، نقطه شروع این فعالیت در کشور است. در پی این پیشنهاد، به دستور رئیس جمهور وقت "کمیته مطالعات نانوتکنولوژی" در دفتر همکاری‌های ریاست جمهوری تشکیل شد. کمیته‌ای که در گذر زمان





## پروفسور هاشم رفیعی تبار

دکتر هاشم رفیعی تبار در سال ۱۳۲۷ در ایران متولد شد و دوره متوسطه را در دبیرستان خوارزمی شهر تهران گذراند. در ۱۶ سالگی برای طی تحصیلات دانشگاهی به انگلستان رفت و در رشته "فیزیک نظری" مشغول تحصیل شد.

پیش از مطرح شدن علوم و فناوری نانو، رفیعی تبار در حوزه ذرات بنیادی فعالیت می کرد. در سال ۱۳۶۹ همزمان با شروع موج مطالعات پژوهشگران در مورد نانو ذرات، وارد دانشگاه آکسفورد شد. در سال ۱۳۷۱ پروفسور رفیعی تبار به دانشگاه توهوگو ژاپن رفت و با یک تیم تحقیقاتی در مورد استفاده از فولرین ها برای افزایش توان ذخیره انرژی در باتری، به پژوهش پرداخت. این پروژه یکی از اولین تحقیقات صنعتی نانو در جهان به شمار می رود که شرکت هیتاچی از نتایج آن بهره مند گردید است. او از جمله اعضای گروهی است که جایزه فعالیت برتر موسسه مواد لندن را در سال ۱۳۷۳ به خود اختصاص دادند. هاشم رفیعی تبار دوباره به انگلستان برگشت و به مدت ۷ سال رئیس بخش علوم نانو دانشگاه گرینویچ بود. وی در این مدت پژوهش های بسیاری در زمینه خواص الکترونیکی و مکانیکی ساختارهای ابعاد نانو انجام داده است. تخصص او در زمینه فیزیک محاسباتی است و عضو هیئت داوران چندین مجله بین المللی ISI در حوزه فیزیک محاسباتی و علوم نانو بوده است. شبیه سازی رشد ترک در ساختارهای فلزی یکی از معروف ترین پروژه های محاسباتی وی در آن سال ها است.

رفیعی تبار در سال ۱۳۷۹ به ایران بازگشت و در سال ۱۳۸۱ پژوهشکده علوم نانو را در مرکز تحقیقات فیزیک نظری و ریاضیات (آی.پی.ام)

بنیان گذاری کرد. وی هم چنین پایه گذار کمیته نانو تکنولوژی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است. پژوهش های فراوان و اثرگذار دکتر رفیعی تبار در علوم نانومحاسباتی سبب شد که انتشارات دانشگاه کمبریج از وی بخواهد تا کتابی مرجع در مورد نانولوله های کربنی نگارش کند. این کتاب با عنوان "فیزیک محاسباتی نانولوله های کربنی" در سال ۱۳۸۶ منتشر گردید. پروفسور هاشم رفیعی تبار در سال ۱۳۸۵ چهره ماندگار علوم و فناوری نانو در ایران شد و در همان سال ستاد ویژه توسعه فناوری نانو در وی را به عنوان برترین پژوهشگر ایرانی معرفی کرد.

دکتر رفیعی تبار علاوه بر ریاست پژوهشکده علوم نانو آی.پی.ام، قائم مقامی و سرپرستی مرکز تحقیقات نانو تکنولوژی پزشکی و مهندسی بافت دانشگاه شهید بهشتی را نیز برعهده دارد. راه اندازی مرکز ابر رایانه نانومحاسباتی در مرکز آی.پی.ام از خدمات ارزنده این دانشمند ایرانی است. وی هم اکنون در زمینه فیزیک نانومحاسبات، سیستم های بیوفیزیکی، مکانیک کوانتوم بنیادی، شبیه سازی محاسباتی فیزیک ماده چگال، فیزیک نانوساختارهای کربنی، نانوحسگرها و... مشغول پژوهش و تحقیق است.