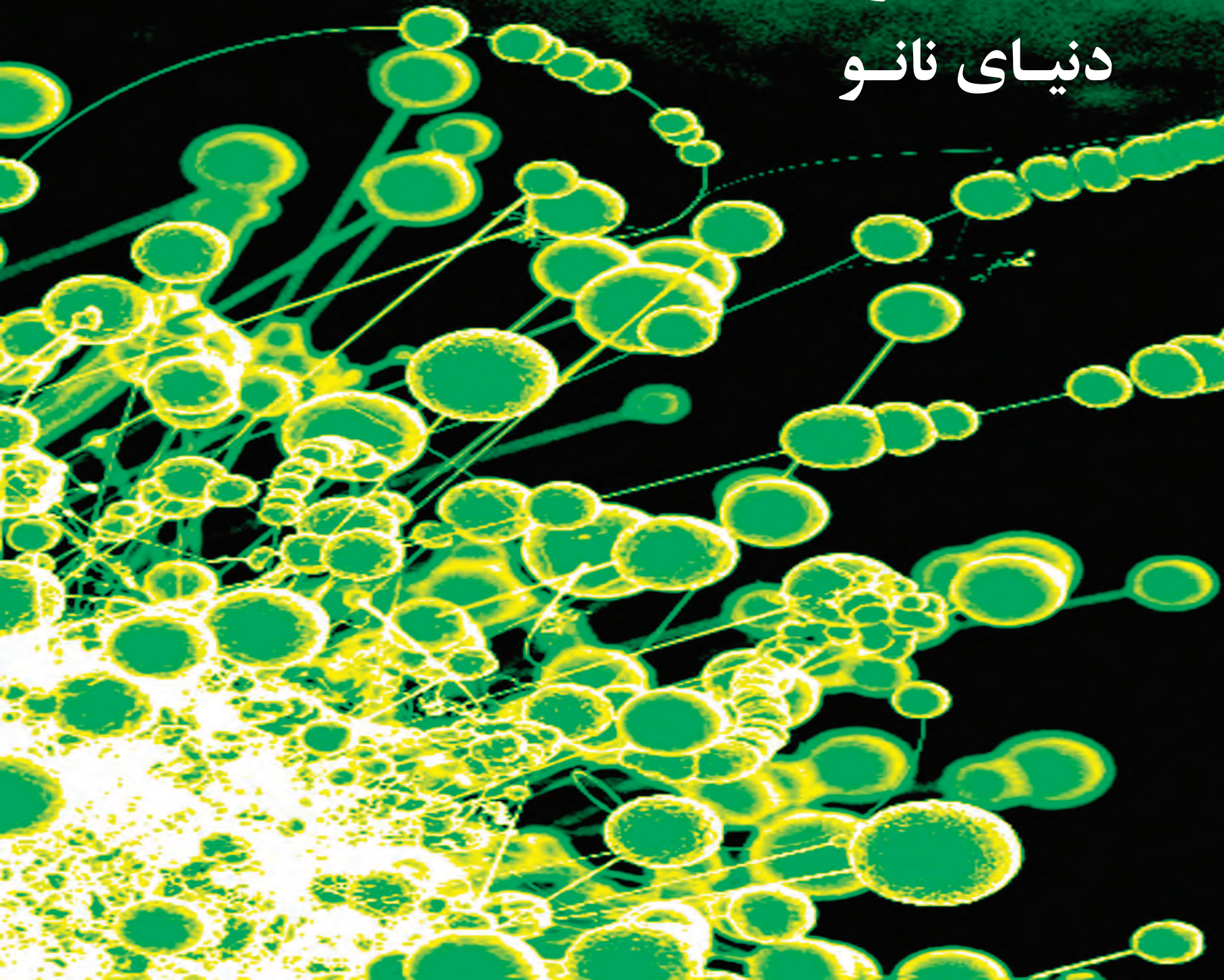


# دنیای نو دنیای نانو





سرشناسه: مویده، فاطمه، ۱۳۶۱-  
 عنوان و نام پدیدآور: دنیای نو، دنیای نانو / نویسندگان، فاطمه مویده، فائقه اسلامی پور، محمد امین مرادی.  
 مشخصات نشر: تهران: ریاست جمهوری، ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، باشگاه دانش آموزی نانو، ۱۳۸۸.  
 مشخصات ظاهری: ۳۳ ص.: مصور (رنگی)؛ ۲۵×۲۰ سم.  
 شابک: ۱۵۰۰۰ ریال : 978-964-04-3232-7  
 وضعیت فهرست نویسی: فیبا  
 یادداشت: چاپ سوم.  
 موضوع: نانو تکنولوژی  
 شناسه افزوده: اسلامی پور، فائقه، ۱۳۶۱.  
 شناسه افزوده: مرادی، محمد امین، ۱۳۶۱.  
 شناسه افزوده: ایران. ریاست جمهوری. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو. باشگاه دانش آموزی نانو  
 رده بندی کنگره: ۱۳۸۸ م/۱۷۴/۷ T  
 رده بندی دیویی: ۶۲۰/۵  
 شماره کتابشناسی ملی: ۱۶۸۲۸۰۲

مرکز پخش: خیابان ستارخان،  
 خیابان حبیب الهی، کوچه  
 بختیاری، پلاک ۱۶، باشگاه  
 دانش آموزی نانو،  
 تلفن: ۶۶۵۵۲۳۲۸-۹

عنوان: دنیای نو، دنیای نانو  
 نویسندگان: فاطمه مویده، فائقه اسلامی پور، محمد امین مرادی  
 ناشر: باشگاه دانش آموزی نانو با همکاری انتشارات آتنا  
 تیراژ: ۱۰۰۰۰ جلد  
 سال چاپ: پاییز ۱۳۸۸  
 نوبت چاپ: سوم  
 طراح: حمید حاج رضایی  
 قیمت: ۱۵،۰۰۰ ریال

# فهرست

۳	..... نانو چیست ؟
۴	..... اتم ، دانشی قدیمی با کاربردی جدید
۶	..... فناوری نانو
۸	..... طبیعت نانو مقیاس پیرامون ما
۱۲	..... چرا نانو متفاوت است ؟
۱۴	..... چگونه نانو متر قابل رؤیت شد
۲۴	..... نانولوله های کربنی و فولرین
۲۸	..... از شیشه هایی همیشه تمیز تا درمانی برای سرطان
۳۲	..... فناوری نانو و صنایع غذایی
۳۴	..... نانو پزشکی

“شامپوهای مبتنی بر فناوری نانو ریزش موی شما را متوقف می‌کند”، “با آغشته کردن سطح پنجره‌های خود به محافظ‌های نانومتری، آنها را برای همیشه از آب و آلودگی دور نگه دارید”، “نانوفیلترهای ضد میکروبی طول عمر نگهداری مواد غذایی شما را در یخچال افزایش می‌دهند”، “با نانو ذرات نقره بوی بد لباس‌ها را در ماشین لباسشویی از بین ببرید” و ... .



اینها ادعاهایی است که این روزها فراوان در رسانه‌ها دیده می‌شود. گویا نانو یک فرمول جادویی است که محصولات شگفت‌انگیز بسیاری تولید خواهد نمود. باید منتظر باشیم که فناوری شگفت‌انگیز قرن بیست و یکم، تمامی جنبه‌های زندگی روزمره ما را متحول نماید.

## « نانو » چیست؟



از نگاه لغوی، کلمه نانو به معنای یک میلیاردم ( $10^{-9}$ ) است و در اصل از یک واژه یونانی به معنای کوتوله گرفته شده است. در ترکیب «فناوری نانو» این کلمه به مقیاس نانومتر (nm) اشاره دارد که برابر یک میلیاردم متر (و یا یک میلیونیم میلی متر) است.

برای درک بهتر این مقیاس باید به دنیای اتم و مولکولها برویم. یک مولکول شکر اندازه‌ای در حدود نانومتر دارد. نسبت میان این مولکول و یک سیب برابر است با نسبت میان سیب و کره زمین. قطر یک اتم هیدروژن در حدود  $0.1$  نانومتر است. یک مولکول DNA، که اطلاعات ژنتیکی موجود زنده را درون هسته سلول نگهداری می‌کند، پهنایی در حدود  $2.5$  نانومتر دارد. با این مقیاس، قطر تار موی انسان به  $500000$  نانومتر می‌رسد. اگر باز هم دوست داشته باشید که درک بیشتری از این مقیاس بدست آورید، می‌توانید یک نوار کاغذی به طول  $216$  میلیمتر (طول یک کاغذ A4) را  $28$  بار از وسط نصف نمایید. طول کاغذ نهایی برابر با  $8$  اتم هیدروژن بهم چسبیده (و معادل  $0.8$  نانومتر) است.

## اتم دانشی قدیمی با کاربردی جدید

بشر بسیاری پیش از این نسبت، به وجود اتم‌ها «علم» داشت. ۲۴۰۰ سال پیش دموکریت برای اولین بار ایده وجود اتم‌ها را مطرح کرد. دویست سال بعد لوکریئوس رومی، فرضیه او را بدین گونه بیان کرد:

«جهان ما روی یک فضای نامتناهی و ذراتی که خردتر نمی‌شوند، برپاست:  
اتم‌ها این ذرات نامتناهی.

تنوع آنها تنها در شکل و اندازه و سختی است.  
اتم‌ها این اجزاء تشکیل دهنده فیزیک ما.»

با گسترش دانش بشر، ایده درخشان دموکریت بسیار تغییر کرد تا اینکه در دهه ۱۹۸۰، بشر توانست اتم‌ها را با میکروسکوپ جدیدش مشاهده کند. این توانمندی او را مصمم‌تر کرد که دانش خود در مورد اتم‌ها و مولکول‌ها به عرصه عمل و تولید بکشانند و این مقدمه‌ای شد برای فناوری نانو. اگر شما بتوانید از علم و دانش خود برای تولید یک محصول استفاده نمایید، در حقیقت علم خود را به فناوری تبدیل کرده‌اید. علم تا زمانی که در محدوده دانسته‌هاست برای شما تولید ثروت نمی‌کند، اما اگر علمتان را به چیز قابل فروشی تبدیل کردید، می‌توانید از دانشتان درآمد داشته باشید.



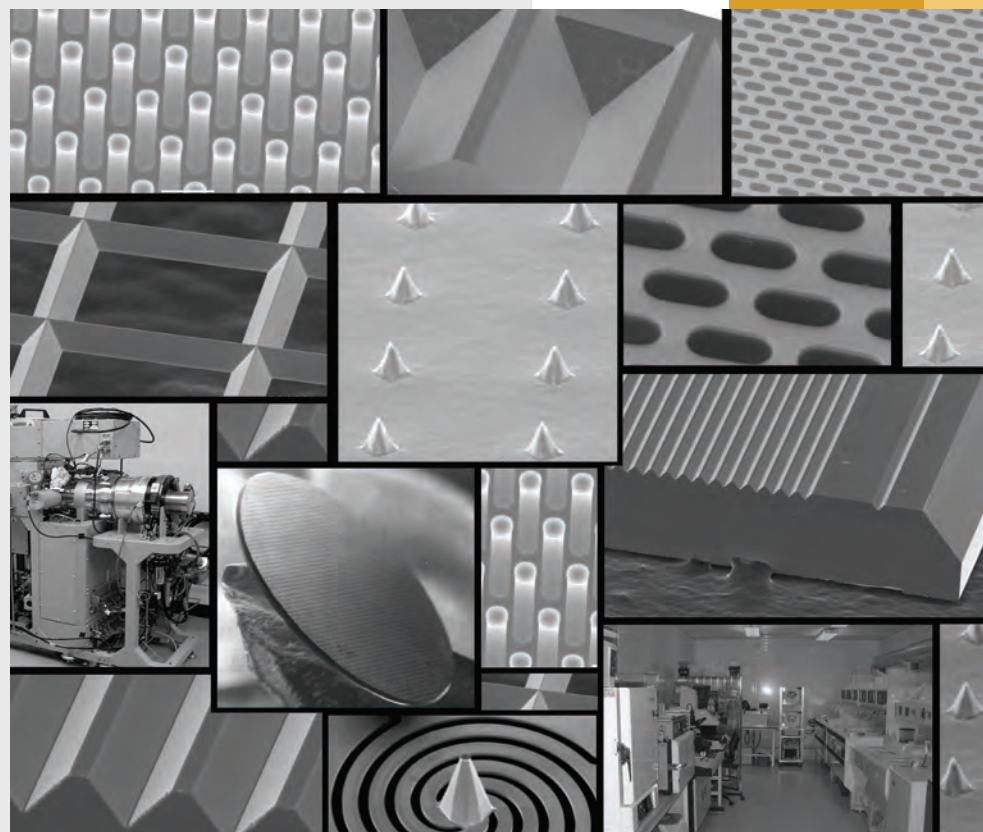
همه ما کلمه «فناوری» را این روزها بسیار شنیده‌ایم و می‌دانیم که کشورهای مختلف رقابت بسیار شدیدی در دستیابی به فناوری‌های مختلف دارند. یکی از دلایل این مسئله همین موضوع «تولید ثروت» است.

فرض کنید که شما رئیس جمهور یک کشورید. اگر بتوانید به یک فناوری جدید دست پیدا کنید، می‌توانید برای افراد بسیاری در جامعه شغل ایجاد کنید. چراکه برای تولید محصولات جدید، نیازمند کارخانه‌ها و کارگاه‌های جدید و در نتیجه نیروی کار جدید هستید. محصولات این فناوری جدید زندگی مردم کشور شما را پیشرفته‌تر می‌کند و آنها از رفاه بیشتری برخوردار می‌شوند. با فروش محصولات بدست آمده به کشورهای دیگر، می‌توانید درآمد بسیاری کسب کنید (بخصوص که آن را از فروش ماده باارزش و تجدیدنپذیری مانند نفت بدست نیاورده‌اید). حتی می‌توانید این درآمد را از فروش خود فناوری و روش کارتان به سایر کشورها بدست آورید. در مجموع شما با این فناوری جدید توانسته‌اید کیفیت زندگی مردم کشورتان را بهبود ببخشید. راستی یادتان باشد که مردم را برای پذیرش این فناوری جدید و محصولات آن آماده کنید.

## فناوری نانو

دنیای نانو، دنیای اتم‌ها و مولکول‌هاست. اتم‌ها و مولکول‌ها خواص مواد مختلف را مشخص می‌کنند. این که سنگ سخت و جامد است و آب روان و مایع، مربوط به نوع اتم‌ها و مولکول‌های تشکیل دهنده این مواد و نحوه قرار گرفتن آنها در کنار یکدیگر است. شما الماس و گرافیت (دود سیاه) را می‌شناسید. یکی سخت و شفاف است و دیگری نرم و کدر. این را هم می‌دانید که این مواد هر دو از کربن خالص تشکیل شده‌اند. تفاوت این دو ماده، در نحوه قرار گرفتن اتم‌های کربن در کنار یکدیگر است. اگر شما بتوانید رفتار اتم‌های کربن را کنترل کنید، یعنی آنها را آنطور که می‌خواهید کنار هم بچینید، می‌توانید تمام دوده‌های عالم را به الماس تبدیل کنید. این کنترل ساختار، همان هدفی است که فناوری نانو به دنبال آن می‌گردد.

در یک نگاه کلی، فناوری نانو، فناوری است که به بررسی و دستکاری مواد و ساختارهای آن در ابعاد ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌پردازد تا بتواند مواد جدیدی با خواص جدید بسازد. این که چرا فناوری نانو ابعاد ۱ تا ۱۰۰ نانومتر را انتخاب کرده دلیل بسیار مهم دیگری نیز دارد.





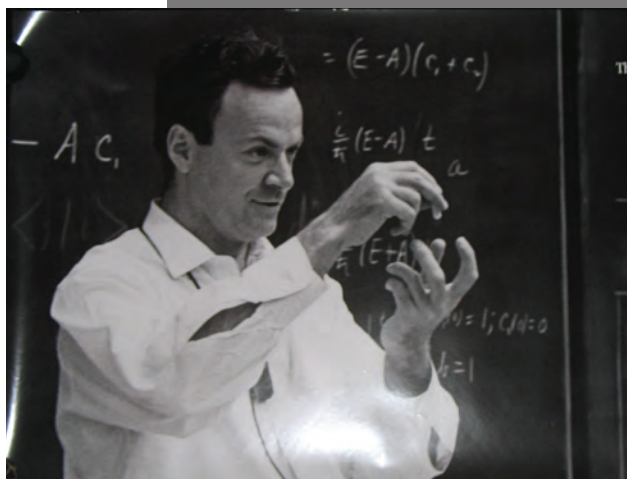
ما در زندگی روزمره خود در دنیایی زندگی می‌کنیم که در اندازه متر است. بدن ما، ابزار و وسایلی که از آنها استفاده می‌کنیم، ساختمان‌های اطرافمان و ... معمولاً اندازه‌ای بین چند سانتی‌متر تا چند ده متر دارند. این اندازه‌ها در برابر دنیای نانو، بسیار بسیار بزرگ است. ما در دنیای بزرگ خودمان، مواد را بیشتر به خواصشان می‌شناسیم: رنگ، سختی و نرمی، انعطاف پذیری، دمای ذوب و ... طلا در دنیای بزرگ ما همیشه طلایی رنگ است؛ آلومینیوم فلزی است که با هوا سازگاری خوبی دارد و با شعله‌های معمولی نمی‌سوزد؛ کربن دوده‌ای شکل و بسیار نرم است و ... اما مشاهدات دانشمندان نشان می‌دهد که مواد در مقیاس نانو خواص بسیار متفاوتی از خود بروز می‌دهند. ذرات طلای کلئیدی در اندازه‌های نانومتر (که از این پس آنها را نانو ذرات می‌نامیم) به رنگ بنفش (بین ۳۰ تا ۵۰۰ نانومتر)، آبی (از ۳ تا ۳۰ نانومتر)، نارنجی (۱ تا ۳ نانومتر) و نقره‌ای (زیر یک نانومتر) درمی‌آیند. نانو ذرات آلومینیوم تبدیل به ماده منفجره‌ای می‌شوند که می‌تواند بعنوان سوخت راکت موشک مورد استفاده قرار گیرد.

نانولوله‌های کربنی دوده‌ای شکل، ۱۰۰ برابر سخت‌تر از فولاد می‌شوند. فناوری نانو به دنبال آن است که از تغییر خواص مواد در مقیاس نانو برای ایجاد مواد و سیستم‌های جدید استفاده کند.



## طبیعت نانومقیاس پیرامون ما

آیا تا به حال به نقش طبیعت در پیشرفت دانش بشر فکر کرده‌اید؟ به نظر شما چند سال دیگر باید بگذرد که ما بتوانیم قوانین حاکم بر پدیده‌های طبیعی را کشف کنیم؟ آیا انسان توانسته است دنیای راز آلود پیرامون خود را بشناسد؟



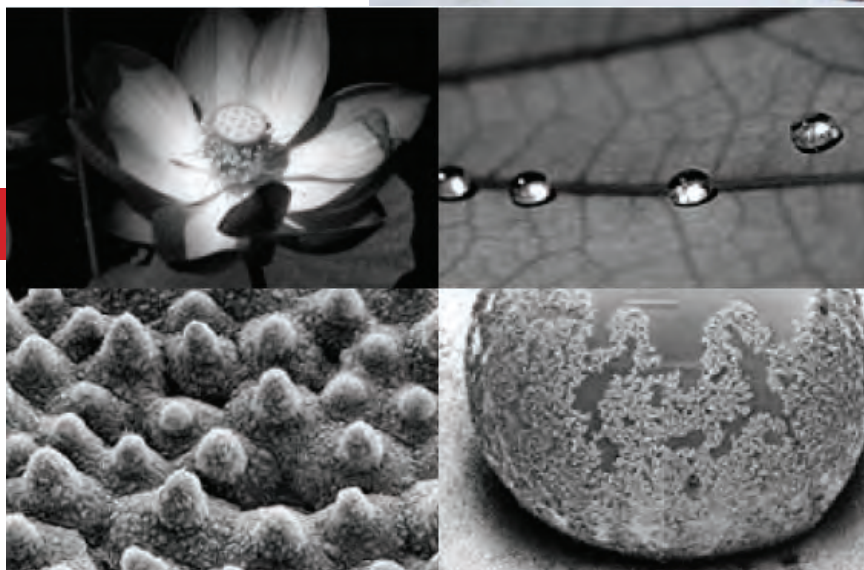
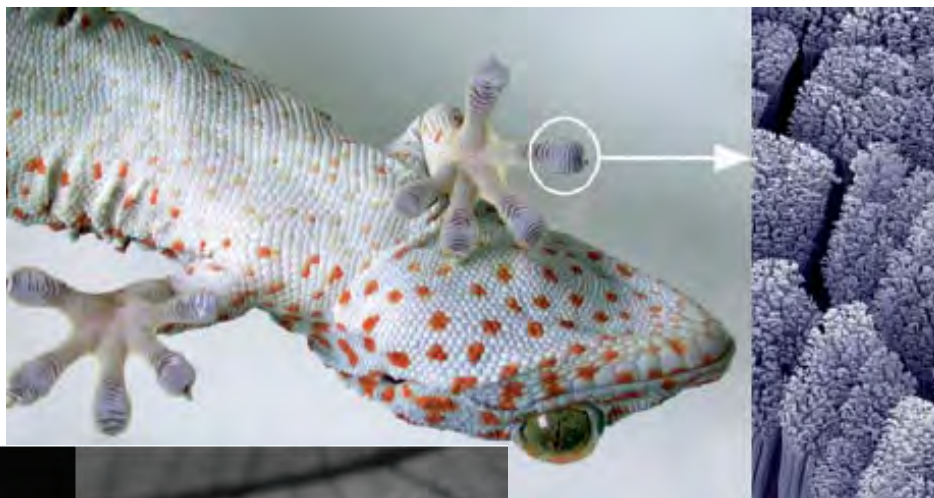
نیوتن از سیب قوانین جاذبه را آموخت و برادران رایت تحت تعلیم پرندگان به پرواز درآمدند. ریچارد فاینمن نیز ایده فناوری نانو را از طبیعت الهام گرفت. ریچارد فاینمن اولین کسی بود که فهمید “آن پایین فضاهاى بسیارى هست”. او در سال ۱۹۵۹ سخنرانی با این عنوان داشت و در آنجا گفت: “قوانین فیزیکی تا آنجایی که من توانایی فهمش را دارم، بر خلاف ساختن اتم به اتم اشیاء حرفی نمی‌زند. ما فقط باید زبان اتم‌ها را یاد بگیریم، در اینصورت می‌توانیم بطور دقیقی مولکول طراحی کنیم و با قراردعی اتم‌ها در کنار یکدیگر، محصولات مصنوعی بسیار کوچکی بسازیم”. فاینمن در ذهن خود یک “پزشک مولکولی” را تصور کرد که بسیار کوچکتر از یک سلول میکرومتری است و می‌تواند برای بررسی سلامتی و یا درمان و ترمیم به بدن تزریق شود. وقتی بعدها از فاینمن در مورد این ایده پرسیدند، گفت: “من این ایده را از طبیعت الهام گرفته‌ام، جایی که نیروهای شیمیایی بطور مداوم برای ایجاد پدیده‌های خارق العاده استفاده می‌شوند”. البته بد نیست بدانید که فاینمن هیچگاه از کلمه “فناوری نانو” استفاده نکرد و اولین بار این نوریوتانیگوجی ژاپنی بود که این واژه را در مورد مهندسی مواد در اندازه‌های نانومتری بکار برد

اگر فرض کنید که موجودات زنده و محصولات طبیعی محصول فناوری با نام "فناوری خلقت" می‌باشند، مطمئن باشید که این فناوری در ساخت محصولات خود، نانومقیاس عمل می‌کند. سطح برگ نیلوفر آبی با یک لایه نانومتری پوشانده شده است. وجود این لایه سبب می‌شود که آب به راحتی و با سرعت کافی بر سطح برگ لیز خورده و ذرات و آلودگی‌های روی آن را بشوید. به این پدیده "اثر لوتوس" گفته می‌شود. با تقلید از این پدیده، شیشه‌ها و پارچه‌هایی ساخته شده‌اند که "خود تمیز شونده" نامیده می‌شوند. بر روی سطح این محصولات، همانند برگ نیلوفر آبی، یک لایه نازک نانومتری از دی اکسید تیتانیوم و یا دی اکسید سیلیسیم کشیده شده که مانع از جذب ذرات می‌گردد.



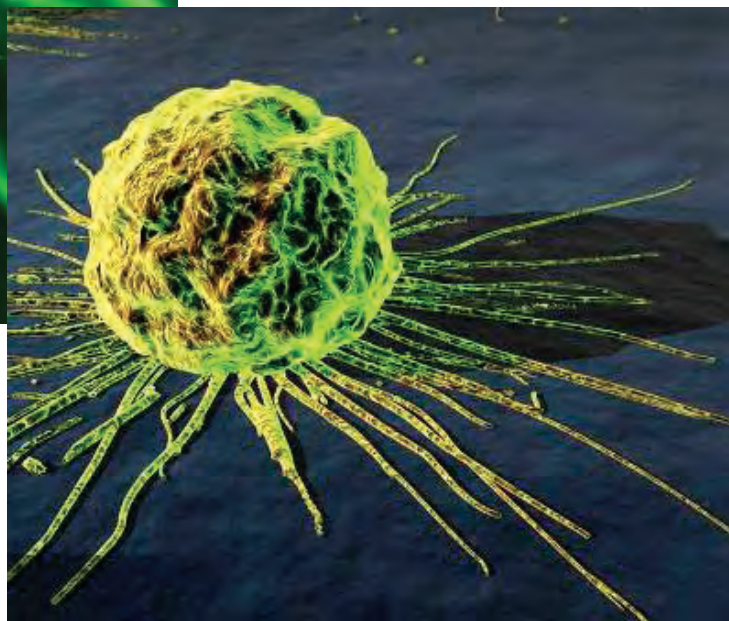
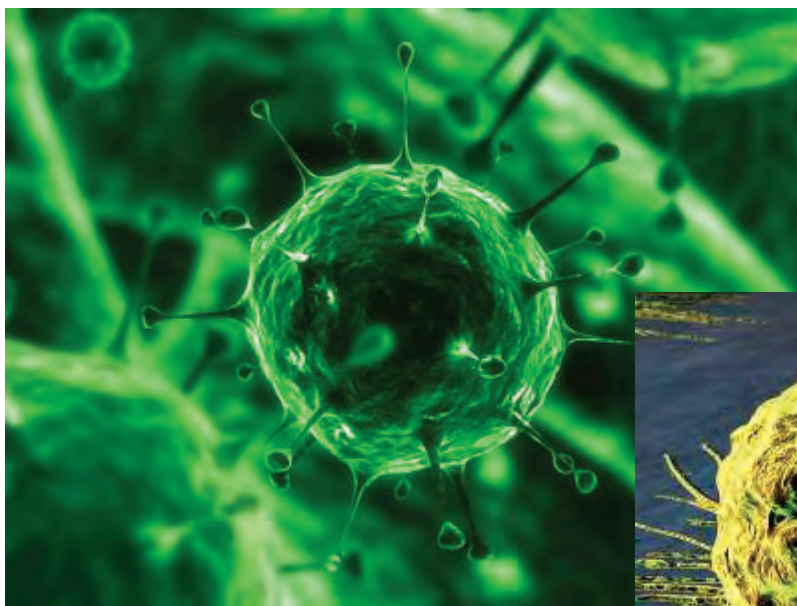


حتما بارها حرکت وارونه مارمولک بر روی سقف را دیده‌اید. آیا هیچگاه به علت این مسئله اندیشیده‌اید؟ به نظر شما اندام‌های حرکتی این جانور چگونه طراحی شده‌اند که به راحتی می‌توانند به سطوح مختلف بچسبند؟ دست و پاهای مارمولک با هزاران موی نازک نانومتری پوشیده شده که بطور نامنظم بر روی سطح پوست آن قرار گرفته‌اند. فاصله اندک این موها با سطح، سبب می‌گردد که نیروی جاذبه قوی میان آنها برقرار گردد. میزان این نیرو به حدی است که حیوان می‌تواند به آسانی روی سقف حرکت کند.



پوسته سخت صدف دریایی نانوساختار لایه‌ای از کربنات کلسیم است (کربنات کلسیم همان پودر نرمی است که گچ تخته از آن تشکیل شده است).

ویروس‌ها با قطری کمتر از ۱۰۰ نانومتر، می‌توانند به آسانی وارد سلول‌های بدن ما شده و موجب بیماری گردند. اندامک‌های درون سلولی بدن ما نیز همگی نانومتری‌اند. پروتئین‌ها، دستگاه گلژی، گیرنده‌های عصبی، موتورهای مولکولی و ... سیستم‌های نانومتری هستند که عهده‌دار وظایف حیاتی بدن ما می‌باشند.



می‌بینید، نانوساختارها و نانوذرات جزئی از زندگی عادی و روزانه ما هستند. گرچه تا این اواخر کسی از دنیای نانو صحبتی نمی‌کرد

## چرا نانو متفاوت است؟

با توجه به تعریف فناوری نانو و اشاره به خواص متفاوت مواد در مقیاس نانو، شاید این سوال پیش آمده باشد که چرا مواد در این مقیاس از خود خواص جدیدی بروز می‌دهند؟ این مسئله دلایل مختلفی دارد که در اینجا به برخی از آنها اشاره خواهیم کرد.

اولین دلایل، مربوط به تغییر قوانین فیزیکی است. شما می‌دانید که ما مشاهدات دنیای اطرافمان را بیشتر با قوانین فیزیک کلاسیک (قوانین سه‌گانه نیوتن) تفسیر می‌کنیم. این قوانین همان معادلات و روابطی هستند که شما در دروس فیزیک دبیرستان با آنها آشنا می‌شوید. رفتار اجسام بزرگ فضای زندگی ما که با سرعتی کمتر از نور حرکت می‌کنند، تحت قوانین فیزیک کلاسیک است. با کاهش اندازه اجسام و حرکت به سوی دنیای نانو، روابط جدیدی با نام قوانین فیزیک کوانتوم بر رفتار اجسام حاکم می‌گردند. عملکرد این قوانین با فیزیک کلاسیک متفاوت است. اثرات کوانتومی در دنیای بزرگ زندگی ما نیز وجود دارند، اما شدت آنها اندک است. هر چه اندازه ذرات و اجسام کوچکتر می‌شود، این اثرات نیز قوی‌تر می‌گردند.

دلیل دیگر تفاوت رفتاری اجسام نانومقیاس، طول موج طیف نور مرئی است. ما اجسام را به رنگ نوری می‌بینیم که از آنها منعکس می‌شود. طول موج نورهای مرئی بین ۴۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر است. بعضی از نانومواد که از ذرات کوچکتری تشکیل شده‌اند، نور مرئی را از خود عبور می‌دهند و در نتیجه شفاف دیده می‌شوند. به عنوان مثال می‌توان به ذرات اکسید تیتانیوم اشاره کرد که در حالت عادی سفید رنگ هستند اما نانوذرات آن، که در کرم‌های ضد آفتاب استفاده می‌شوند، بی‌رنگند.





دلیل بعدی مربوط به تغییر نسبت سطح به حجم است. اگر یک مکعب را به مکعب‌های کوچک‌تر تقسیم کنید، سطح آن نسبت به حجمش بیشتر خواهد شد. در هر وجه یک مکعب به ضلع یک میکرومتر (۱۰۰۰ نانومتر) تقریباً یک میلیارد مولکول وجود دارد که تنها ۶ درصد آن روی سطح است. اما یک مکعب با ضلع ۱۰ نانومتر، در مجموع ۱۰۰۰ مولکول دارد که ۵۰ درصد آن بر روی سطح قرار دارد. این مسئله سبب بروز رفتارهای متفاوت می‌گردد. نانوذرات واکنش‌پذیرترند، سریعتر ذوب می‌شوند، مولکول‌های بیشتری را جذب می‌کنند و به راحتی مشتعل می‌شوند. فرض کنید اگر قرار باشد هر یک از این مکعب‌های ما با ماده دیگری واکنش دهند، بیشتر مولکول‌هایی در واکنش شرکت می‌کنند که روی سطح قرار دارند یعنی آنکه از مکعب اول ۶ درصد مولکول‌ها و از مکعب دوم ۵۰ درصد مولکول‌ها واکنش می‌دهند. طلا ماده‌ای است که ما آن را به عنوان یک عنصر نسبتاً بی‌اثر می‌شناسیم و معمولاً با عناصر محدودی ترکیب می‌شود. اما این عنصر در مقیاس نانو به یک واکنشگر بسیار قوی تبدیل می‌گردد که کاربردهای کاتالستی بسیاری دارد.

## چگونه نانومتر قابل رویت شد

همه شما میکروسکوپ‌ها را می‌شناسید، بارها آنها را در صفحه تلویزیون دیده‌اید و شاید هم در آزمایشگاه فیزیک مدرسه با آنها کار کرده‌اید. حتی ممکن است برخی از شما نمونه‌های آموزشی آن را هدیه گرفته باشید. تمامی این میکروسکوپ‌ها، میکروسکوپ‌های نوری هستند که با استفاده از خواص موجی نور، امکان مشاهده اشیاء میکرو مقیاس ( یک میلیونیم متر) را فراهم می‌کنند. دانشمندان در قرن هفدهم این دستگاه را ساختند. حالا آنها می‌توانستند به راحتی سلول‌های بدن موجودات زنده و باکتری‌ها را ببینند و این سبب جهش بسیار بزرگی در علوم پزشکی و زیست‌شناسی شد. با گذشت زمان مشخص شد که این دستگاه محدودیت دارد و تنها می‌تواند اشیاء را تا ۱۵۰۰ برابر بزرگتر نمایش دهد. به طور مثال دانشمندان نمی‌توانستند ویروس‌ها را با این دستگاه مشاهده کنند.



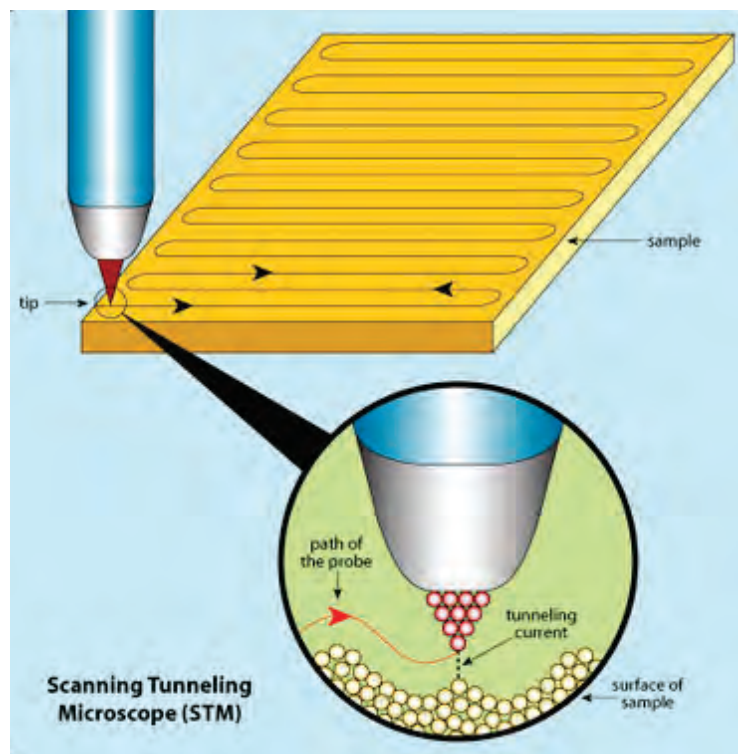
محدودیت بزرگنمایی میکروسکوپ‌های نوری، سبب شد که دانشمندان برای مشاهده اشیاء کوچکتر به دنبال ابزار دیگری باشند. در سال ۱۹۳۰ بشر به اولین نمونه “میکروسکوپ‌های الکترونی” دست یافت. این دستگاه جدید بر اساس پدیده‌های کوانتومی کار می‌کرد و قدرت بزرگنمایی معادل با ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ برابر نمونه‌های قبلی داشت. با استفاده از این میکروسکوپ جدید دانشمندان می‌توانستند ویروس‌ها و رشته‌های DNA را ببینند. البته کار کردن با این میکروسکوپ‌ها بسیار سخت بود.











در سال ۱۹۸۱، عضو جدیدی از خانواده میکروسکوپ‌های الکترونی با نام “میکروسکوپ تونل زنی روبشی” (STM) ساخته شد که امکانات بیشتری را در اختیار محققان قرار می‌داد. این میکروسکوپ که در یک آزمایشگاه تحقیقاتی در شهر زوریخ سوئیس طراحی شده، با استفاده از یک سوزن بسیار ریز تنگستنی، اجسام را مشاهده می‌کند. البته سطح این جسم باید رسانا باشد. نوک این سوزن تنها شامل یک اتم است. 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

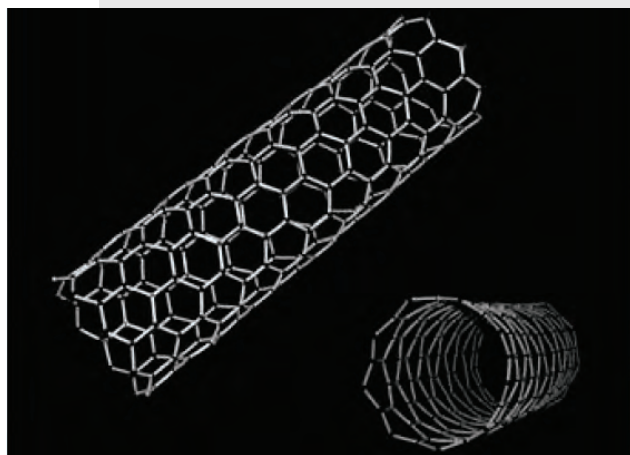
برقرار می‌شود. به این پدیده “تونل زدن” گفته می‌شود. هر چه نوک سوزن به سطح نزدیک شود، جریان قوی‌تر می‌گردد. اگر فاصله سوزن نسبت به یک نقطه مشخصی از سطح ثابت باشد، با حرکت آن بر روی سطح و با توجه به پستی و بلندی‌های سطح، شدت جریان تونلی تغییر می‌کند. برای دیدن یک جسم نانومتری توسط STM، باید سوزن را بر روی تمامی نقاط سطح حرکت داده و شدت جریان تونلی را در نقاط مختلف ثبت نمود. نتیجه این کار، یک شکل سه بعدی از جسم است. STM به ما اجازه می‌دهد که اتم‌ها را به گونه‌ای لمس کنیم که گویی آنها را می‌بینیم. این ابزار، مشاهده اجسام نانومتری را برای ما امکان‌پذیر نموده است.



پس از STM، میکروسکوپ دیگری به نام “میکروسکوپ نیروی اتمی” (AFM) ساخته شد که می‌توانست سطح غیرسانا را نیز مشاهده کند. عملکرد AFM تا حدودی شبیه به STM است با این تفاوت که این میکروسکوپ به جای استفاده از شدت جریان تونلی، نیروی بین اتمی میان اتم‌های سطح سوزن و اتم سطح جسم را معیار قرار می‌دهد. AFM کاربری بسیاری برای مشاهده مواد و اشیاء زیستی دارد.

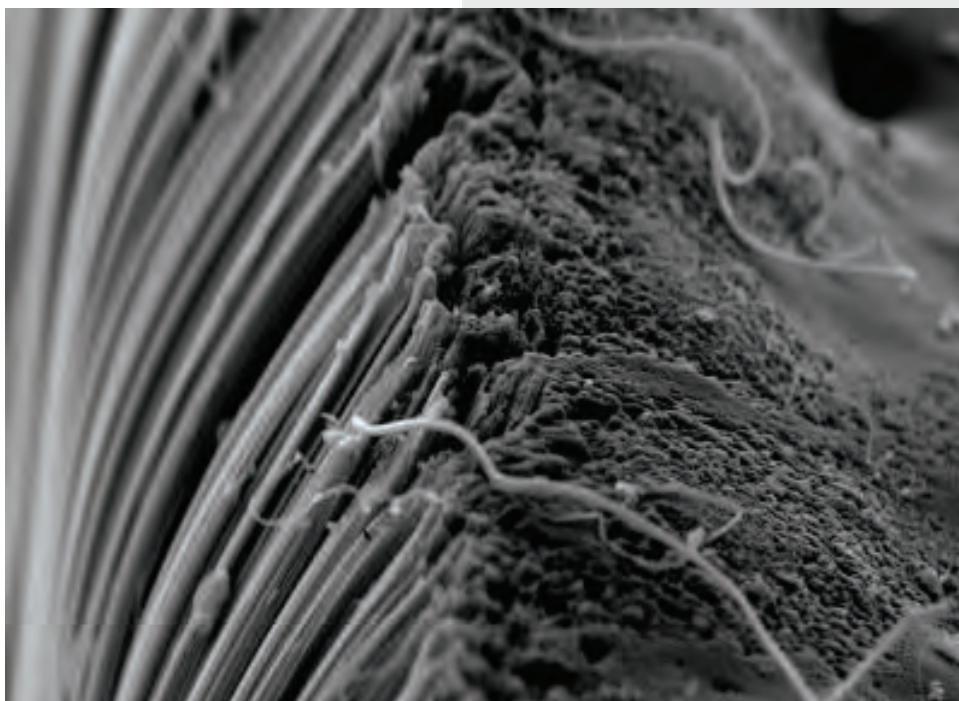


## نانولوله‌های کربنی و فولرین



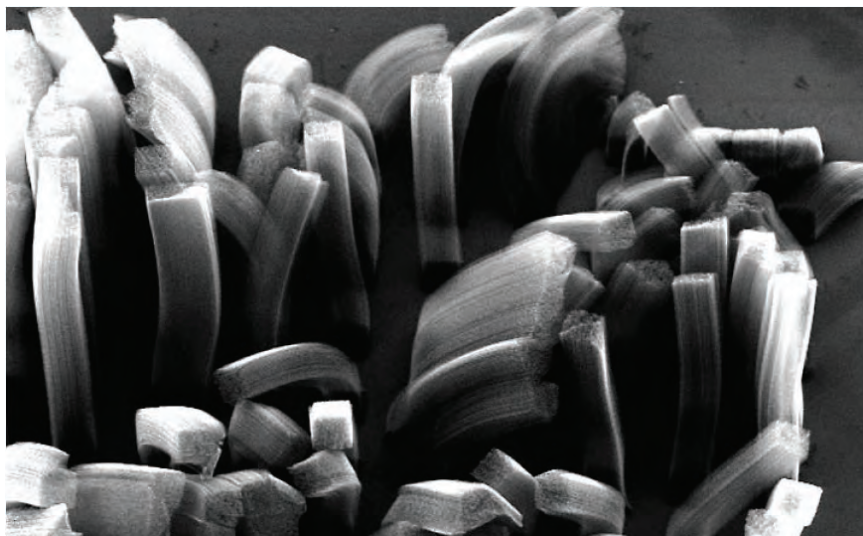
کربن، به عنوان با اهمیت‌ترین عنصر مادی، به شکل‌های مختلفی در طبیعت وجود دارد. الماس و گرافیت، شکل‌های شناخته شده این عنصر هستند. اما در دهه‌های اخیر ساختارهای جدیدی از آن کشف شده که به ستاره‌های فناوری نانو تبدیل شده‌اند.

در سال ۱۹۹۱ سامیو ایجیما از شرکت NEC، یک شرکت الکترونیکی ژاپنی، برای اولین بار پی به وجود نانولوله‌های کربنی برد. فرض کنید محفظه‌ای دارید که آن را از گازهای غنی از کربن (به طور مثال متان و استیلن) پر کرده و آن را تحت فشار قرار داده‌اید. اگر در دو سوی این محفظه دو الکترود داشته باشید و بین آنها یک جریان الکتریکی برقرار کنید (قوس الکتریکی)، تعدادی از اتم‌های کربن به صورت یک استوانه بلند و توخالی به هم متصل می‌گردند. این یکی از روش‌های تولید نانولوله‌های کربنی است.



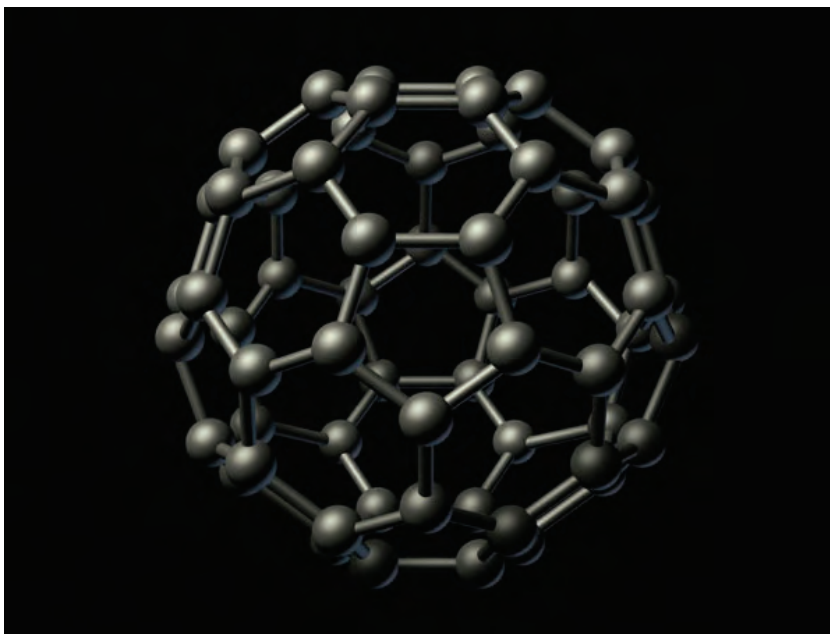
این ماکارونی‌های کربنی، لوله‌هایی به قطر یک نانومتر و طول چندین نانومتر هستند که شش برابر سبکتر از فولادند و با وجود انعطاف‌پذیری بسیار، چند صد برابر از فولاد مستحکم‌تر هستند. این ترکیبات کربنی با آنکه بسیار در برابر حرارت مقاوم هستند، حرارت را بیشتر و بهتر

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.



نانولوله‌های کربنی مثال کاملی از پتانسیل‌های فناوری نانو هستند. این مواد می‌توانند راکت‌های تنیس و چوب‌های چوگان را بسیار سبکتر و سخت‌تر نمایند. آنها همچنین قابلیت ریسیده شدن دارند و بصورت الیافی با کشش بسیار بالا درمی‌آیند. نانولوله‌های دوده‌ای شکل، فیلم‌های بسیار شفافی تولید می‌کنند که حرارت و نور را به خوبی منتقل می‌نمایند. این استوانه‌های توخالی را می‌توان به عنوان حامل مواد دارویی بکار برد. همچنین می‌توان آنها را جایگزین ترانزیستورها در تراشه‌های رایانه‌ای فوق سریع نمود و یا برای افزایش وضوح صفحات تلویزیونی مورد استفاده قرار داد.

نانوساختار بعدی فولرین‌ها هستند. توپ‌های شگفت‌انگیز کربنی که بازیکنان بسیاری را به میدان فناوری نانو کشانده‌اند. باکی بال، اولین عضوی از این خانواده بود که در سال ۱۹۸۵ توسط ریچارد اسمالی کشف شد. فرزند اول را به علت شباهت با گنبد ژئودزی به نام معمار آن، باکمینستر فولرین نامیدند. باکی بال یک کره توخالی با قطری حدود  $0.7$  نانومتر است با  $60$  اتم کربن که بصورت شش ضلعی‌ها و پنج ضلعی‌های متناوب در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. در مدت کوتاهی، اعضای دیگر خانواده نیز شناخته شدند. اعضای بعدی توپ‌های کوچکتر و یا بزرگتری بودند که  $28$  اتم تا چند صد اتم کربن داشتند. 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 کاربردهاست.



## از شیشه‌هایی همیشه تمیز تا درمانی برای سرطان

تا به اینجا با فضای نانو و توانمندی‌ها و امکانات آن برای تغییر دنیای فردا آشنا شدید. دیگر به خوبی می‌توانید درک کنید که چرا از فناوری نانو با نام “انقلاب صنعتی آینده” یاد می‌کنند. ما باید منتظر بوجود آمدن تغییرات بسیاری در زندگی‌مان باشیم و اندک اندک برای مواجهه با محصولات این فناوری آماده شویم. هم‌اکنون نیز برخی از تولیدات این فناوری روانه بازار شده‌اند. بر اساس گزارش‌های معتبر، در میان محصولات مختلف فناوری نانو چند صد محصول تایید شده و قابل مصرف وجود دارد. این محصولات بیشتر به چهار حوزه سلامتی، الکترونیک و رایانه لوازم خانگی و صنایع غذایی مربوط می‌باشند. در میان حوزه‌های مختلف گروه سلامتی بیشترین مورد را به خود اختصاص داده است.



خمیردندان جدیدی برای دندان‌های حساس به سرما و گرما تولید شده است. این خمیردندان ترکیبی از فسفات کلسیم نانوساختار و پروتئین بوده و در حقیقت ماده‌ای مشابه اجزای تشکیل دهنده دندان است. این ماده با پرکردن ترک‌های



میکروسکوپی بوجود آمده در دندان، از درد گرفتن آن جلوگیری می‌کند. لایه‌ای از نانوذرات نقره در درون یخچال می‌تواند در مقابل باکتری‌ها موثر باشد. این ذرات کاربرد مشابهی در الیاف سنتزی لباس‌ها و یا جوراب‌های ورزشی داشته و می‌توانند از رشد باکتری‌ها و بوی بد بدن جلوگیری نمایند. صابون‌های دارای نانوذرات نقره در حال حاضر در فروشگاه‌ها به فروش می‌رسند. ماشین‌های لباسشویی نیز با پخش کردن یون‌های نقره در طی فرآیند شستشو، بوی بد لباس را از بین می‌برند.

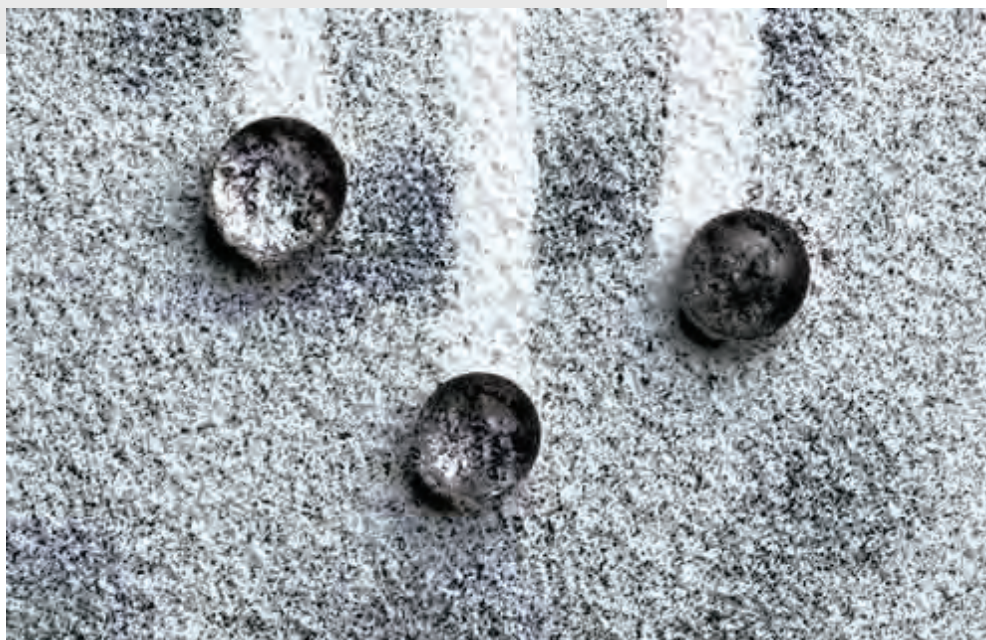


نانوذرات اکسید تیتانیوم و اکسید روی در حال حاضر به طور عمده‌ای در کرم‌های ضد آفتاب و کرم‌های محافظ پرتو فرابنفش استفاده می‌شوند. این ترکیبات همانند یک لایه ظریف و نازک آینه‌ای عمل می‌کنند و با جذب یا بازتاب اشعه پرتو فرابنفش، از پوست محافظت می‌کنند. این ذرات به طور عمده برای کاربردهای آرایشی بهداشتی استفاده می‌شوند. این نانوذرات بی‌رنگند، در حالیکه ذرات قبلی کرم‌های ضد آفتاب، رنگ دانه‌های سفید رنگی بودند که بصورت یک لایه بر روی پوست باقی می‌ماندند.



علاوه بر این نانوذرات اکسید تیتانیوم، امکان پاک کردن آلودگی از سطح نمای خارجی ساختمان‌ها، شیشه پنجره‌ها، لوازم خانگی، فرش و دیوارهای داخلی را نیز فراهم نموده‌اند. اسپری‌های جدیدی از نانوذرات اکسید تیتانیوم نیز وارد بازار شده است. شما می‌توانید برای پاکیزه نگه داشتن سطح مورد نظرتان، آنرا اسپری کنید. در این صورت هرگونه آلودگی اعم از چای، شربت، روغن، قهوه، جوهر و ... بر روی این سطح ریخته شود، برای پاک کردن آن کافی است که سطح را در برابر نور خورشید قرار دهید. نانوذرات اکسید تیتانیوم خاصیت فوتوکاتالیستی دارند. به بیان ساده یعنی اینکه با جذب انرژی خورشید، به شکلی تغییر می‌کنند که می‌توانند ذرات آلودگی را تجزیه نمایند.

پخش کردن گسترده ذرات میکروسکوپی در شیشه‌ها، سرامیک، فلزات و یا سطوح رنگ شده به همراه یک لایه با دوام از نانوذرات (مثلا اکسید تیتانیوم) باعث ایجاد یک سطح بسیار صاف می‌گردد، به نحوی که آب و ذرات آلودگی به آن نمی‌چسبند. نمای ساختمانی تولید شده بر این اساس و نیز شیشه‌های خود تمیز شونده در حال حاضر به صورت تجاری در آمده‌اند. به عنوان مثال سرامیک‌هایی برای دیوار حمام ساخته شده که ذرات و قطرات آب روی آن نمی‌ماند و یا آشپزخانه‌هایی با دکور کاملاً استیل طراحی شده که هیچ جای انگشتی بر روی نمای آن نمی‌ماند. نانوذرات همچنین می‌توانند باعث ضدخش شدن رنگ اتومبیل‌ها شوند و همچنین از سطوح فلزی در مقابل زنگ زدن محافظت کنند.





## فناوری نانو و صنایع غذایی



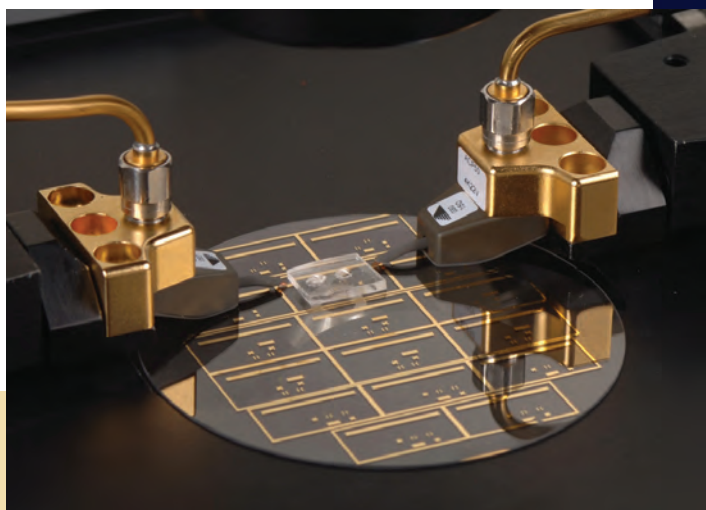
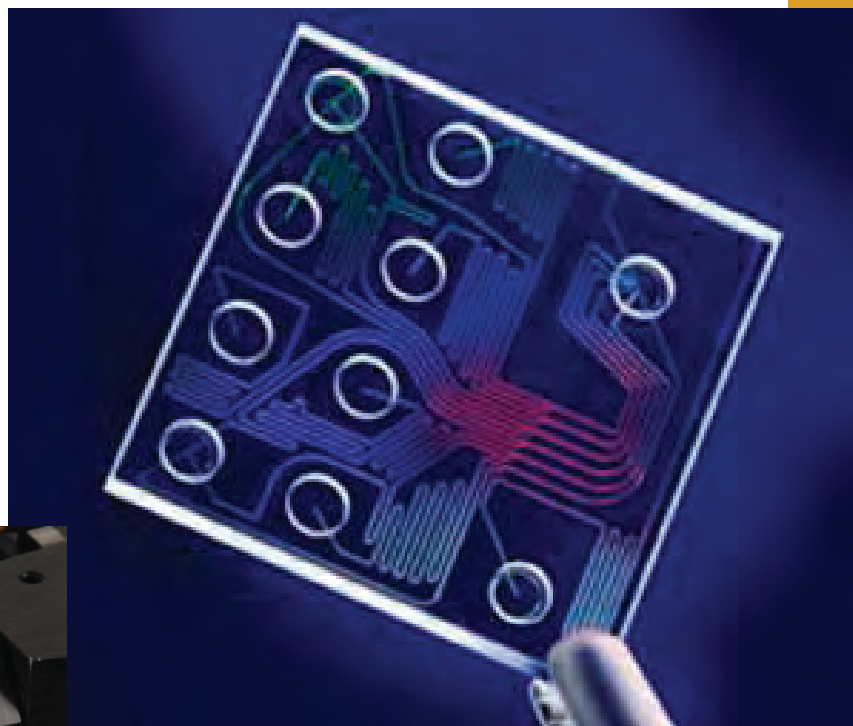
افزودن ترکیباتی نظیر نانوذرات اکسید آلومینیوم، دی اکسید سیلیس، اکسید روی و یا اکسید تیتانیوم به پوشش‌های پلاستیکی بسته‌بندی و ظروف نگهداری مواد غذایی، سبب مقاوم شدن آنها در مقابل پارگی شده و نفوذپذیری آنها را در برابر بخار آب، اکسیژن و پرتو فرابنفش تا حد بسیاری افزایش می‌دهد. افزودن نانوذرات نقره به ظروف نگهداری مواد غذایی، از رشد باکتری‌ها بر روی سطح بسته‌بندی مواد غذایی جلوگیری کرده و زمینه سالم ماندن آنها به مدت طولانی‌تری فراهم می‌نماید. وجود یک لایه پوشش نانومتری در داخل شیشه‌ها و قوطی‌های نوشیدنی، باعث جلوگیری از هدر رفتن دی‌اکسید کربن شده و موجب تازه ماندن نوشابه‌های گازدار می‌گردد. ایده‌ای نیز برای تشخیص سلامت مواد غذایی وجود دارد. برای این منظور قرار است بسته‌بندی‌هایی ساخته شود که در هنگام خراب شدن و غیرقابل مصرف شدن مواد غذایی تغییر رنگ دهند.

مواد غذایی بطور طبیعی دارای نانوذرات بسیاری هستند. ما نیز می‌توانیم رنگ‌های خوراکی طبیعی، افزودنی‌ها و ویتامین‌ها را پیش از مخلوط شدن با مواد غذایی و نوشیدنی‌ها درون کپسول‌های نانومتری بسته‌بندی نماییم. به این ترتیب ترکیبات مورد نظر بهتر درون مایع به صورت معلق در می‌آیند و در نتیجه بهتر نیز توسط سلول‌ها مصرف می‌شوند.

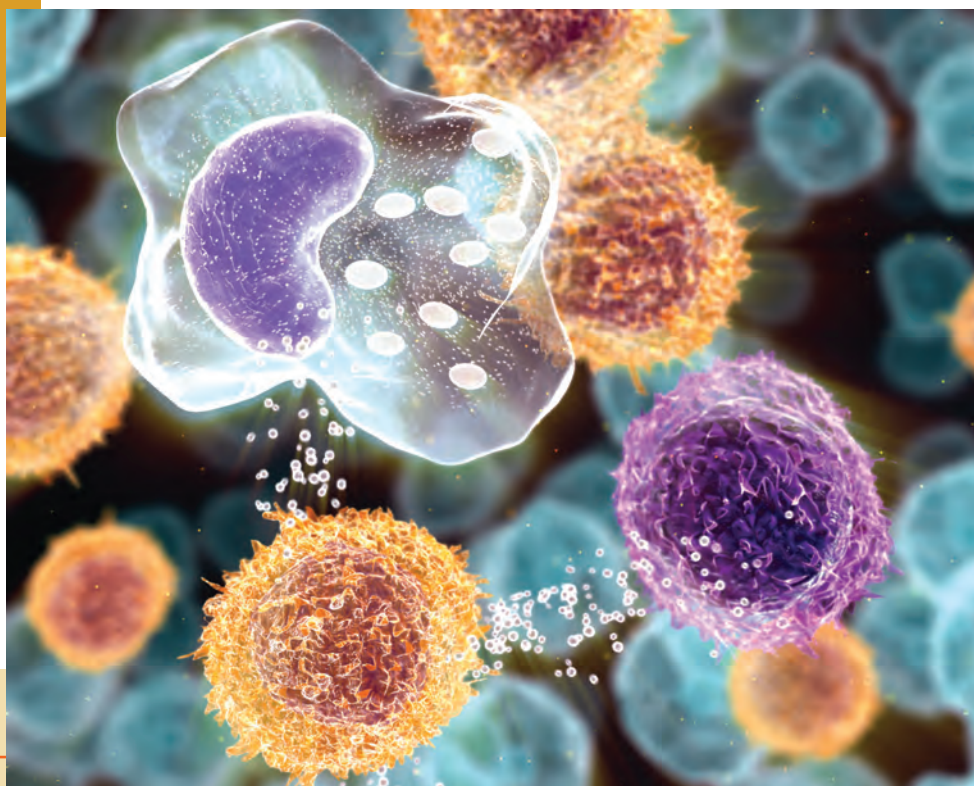


## نانو پزشکی

کاربردهای پزشکی فناوری نانو، علاقمندی بسیاری را ایجاد کرده است. فناوری نانو می‌تواند تمامی شاخه‌های پزشکی یعنی پیشگیری، تشخیص و درمان را متحول کند. ما در اینجا فقط به برخی از این موارد اشاره می‌کنیم. برخی معتقدند فناوری نانو تمام آرزوهای تخیلی بشر را در پزشکی تحقق خواهد بخشید. از سیستم‌های در حال پیشرفت فعلی، دستگاه‌های "آزمایشگاه روی تراشه" است. این دستگاه، معرف‌های شیمیایی چند صد نوع ماده مختلف را در یک سطح چند میکرومتری ذخیره نموده و می‌تواند در طول یک دقیقه یک قطره خون را برای محدوده وسیعی از ترکیبات مورد آزمایش قرار دهد.



بدن در برابر بیماری‌های مختلف، آنتی‌بادی‌های متفاوتی تولید می‌کند. برخی از این آنتی‌بادی‌ها شناخته شده‌اند و گروهی ناشناخته باقی مانده‌اند. شناسایی آنتی‌بادی‌های بدن، می‌تواند کمک بسیاری به درمان بیماری‌های مختلف نماید. بررسی‌ها نشان می‌دهد که گروهی از نانوکریستال‌ها زیر پرتو فرابنفش می‌درخشند. اگر این نانوکریستال‌ها روی آنتی‌بادی‌ها بدن قرار گیرند، می‌توان آنها را در جریان خون یا نمونه ادرار، حتی با غلظت بسیار پایین، شناسایی نمود.





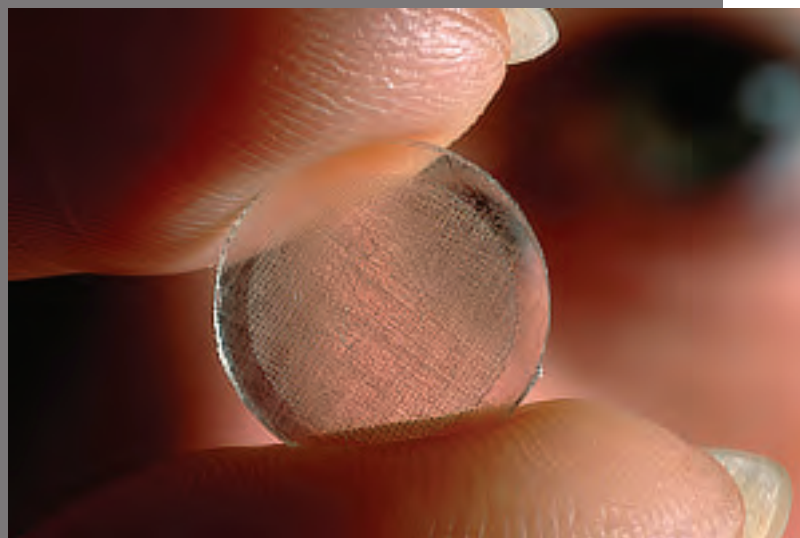
فعالیت‌های بسیاری نیز در حوزه نانوداروها انجام می‌گردد. برای اینکه یک دارو از جهت درمانی موثر بماند لازم است تا رسیدن به محل اثر محافظت شود. بعضی از داروها بسیار سمی هستند و باعث بروز عوارض جانبی بسیار بدی می‌شوند و اگر در طی انتقال درون بدن باز شوند، اثرات درمانی آنها کاهش خواهد یافت. زمانی که یک دارو به محل مناسب برسد، لازم است که با سرعت مناسبی آزاد شود تا اثر مفید درمانی آن ظاهر گردد. اگر دارو خیلی سریع آزاد شود، امکان جذب کامل آن وجود ندارد، ممکن است باعث تحریک لوله گوارش شود و یا عوارض جانبی دیگری بروز کنند. علاوه بر این، سیستم دارورسانی، بایستی سرعت جذب، توزیع، واکنش و ترشح دارو را کنترل کند. همچنین باید اجازه دهد که دارو به بافت بیمار متصل شود.

فناوری نانو در زمینه‌های دارورسانی می‌تواند راه حل‌های جدیدی را ارائه کند. یکی از مهمترین سیستم‌های دارورسانی موادی هستند که با پوشاندن داروها، آنها را در حین عبور از بدن محافظت می‌کنند. هنگامی که

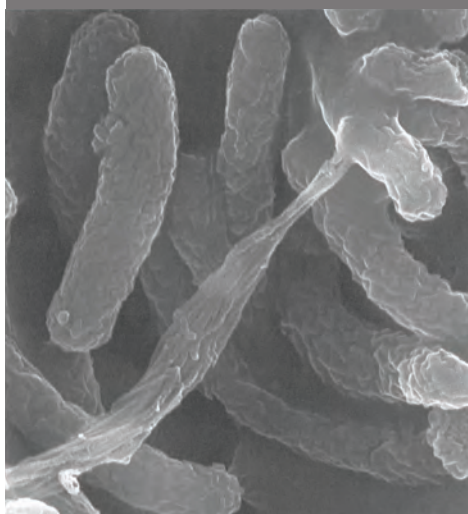
مواد پوششی به جای ذرات میکرونی، از نانوذراتی در اندازه‌های ۱۰۰-۱ نانومتر تشکیل شوند، در حجم ثابت دارای سطح تماس بیشتری هستند، اندازه منافذ آنها کوچکتر است، حلالیت بهتر و خواص ساختمانی متفاوتی دارند. این امر سبب بهبود ویژگی‌های مربوط به توزیع و بازشدن پوشش می‌گردد. کپسوله کردن دارو به وسیله نانوذرات جهت درمان بعضی بیماریهای عصبی، انتقال مستقیم مواد دارویی به مغز از طریق سد خونی مغزی و به چشم از طریق غشاء خونی شبکیه نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است.



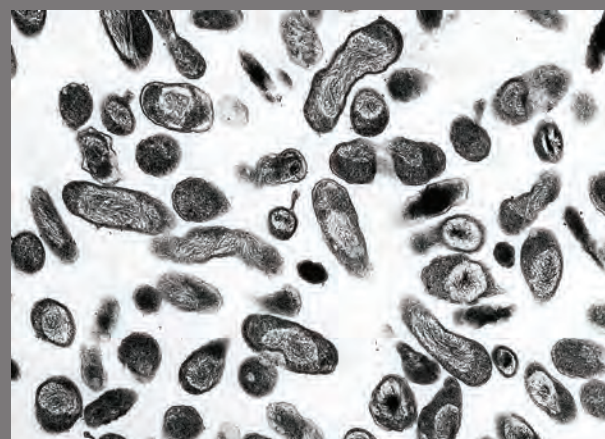
کاربردهای آن در بیماریهایی چون پارکینسون، آلزایمر، هانتینگتون، ALS و ناراحتی‌های چشمی است.



نوع دیگری از سیستم‌های دارورسانی مبتنی بر فناوری نانو، نانومواد فعال توخالی هستند که داروها را به محل‌های مشخصی انتقال می‌دهند. این نانو ساختارها می‌توانند به یک دارو، یک مولکول هدف یا یک ماده عکسبرداری متصل شده و سپس سلول‌های خاصی را جذب کنند. در حالت جذب، می‌توانند آن چه را حمل کرده‌اند، هر زمان که لازم باشد آزاد سازند. به خاطر ابعاد نانومتری، این ترکیبات می‌توانند وارد سلول‌ها شوند (در حالت معمول ذرات کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر به وسیله سلول‌ها بلعیده می‌شوند).



از جمله این نانو ساختارها می‌توان به فرلین‌ها و نانولوله‌های کربنی اشاره نمود. آزمایشات موفقی بر روی نانوکپسول‌های حاوی سلول‌های تولیدکننده انسولین انجام شده است. این کپسول‌ها به طور دائم در جریان خون بیمار دیابتی می‌چرخند و انسولین مورد نیاز بیمار را فراهم می‌کنند.



با فناوری نانو حتی امید درمان سرطان نیز به وجود آمده است. برخی محققان نانوذرات اکسید آهن را بر روی بدن انسان آزمایش کرده‌اند. این ذرات به سبب اندازه کوچکشان می‌توانند به طور مستقیم به تومور تزریق شوند. از آنجا که این ذرات امکان مغناطیسی شدن دارند، اگر با یک میدان مغناطیسی قوی مواجه شوند، شروع به نوسان می‌کنند. حرارت حاصل از نوسان این ذرات می‌توان سلول سرطانی را از بین ببرد.

