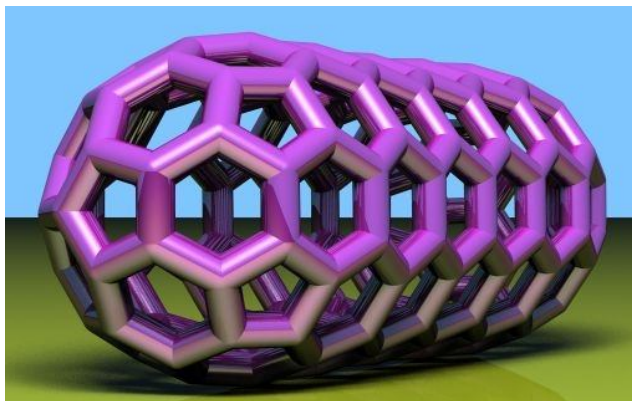


کاربرد نانو تکنولوژی در مهندسی

ایمان الیاسیان، پژوهشگر سازه دانشجوی دکتری ایمان.elyasian@Gmail.com



خلاصه

یکی از پیشرفتهای بشر در قرن بیستم ورود به فاز نانو و محیط اتمی مواد و ساختار درون سلولی و DNA موجودات زنده بوده است. امروزه تکنولوژی نانو و مواد نانو ساختار در صنایع مختلف بویژه مهندسی شیمی، مواد، هسته ای کاربرد فراوان پیدا کرده اند و از این مواد برای جبران معایب و اصلاح خواص و رفتار مواد استفاده شده است. امروزه کاربرد این دانش وارد حوزه های مختلف و از جمله مهندسی مکانیک و عمران نیز آمده است.

کاربرد نانو مواد در علوم بخصوص هندسی عمران را در زلزله، خوردگی، دوام و مدت زمان بهره برداری (عمر سازه)، محیط زیست، هواشناسی، مهندسی آب و تصفیه آن (نانوفیلتراسیون)، وضعیت بهداشت، افزایش راندمان تأسیسات سرمایش و گرمایشی (تهویه)، بهینه سازی مصرف انرژی، کنترل و حفظ انرژی ساختمان، تکنولوژی بتن (بتن با عملکرد بالا و سبک و بتن یا آسفالت خود تعمیر شونده، نانو رس، تغییر خواص هیدراسیون سیمان و ژل آن، بتن مقاوم در برابر سایش، خوردگی، آتش سوزی، مقاوم در برابر امواج و تشعشعات پرتویی رادیو اکتیو، تغییر خواص الکترومغناطیسی آب بتن و...)، بهبود عملکرد اعضای سازه ای با نان تیوبها، کاتالیستها، رنگ و پوشش، دیر سوز شدن پلاستیکها و پلیمرها، شیشه های خود تمیز شونده و جاذب حرارتی، چگالش گازها و تعلیق الکترو مغناطیسی و بیو تکنولوژی و... می توان دانست

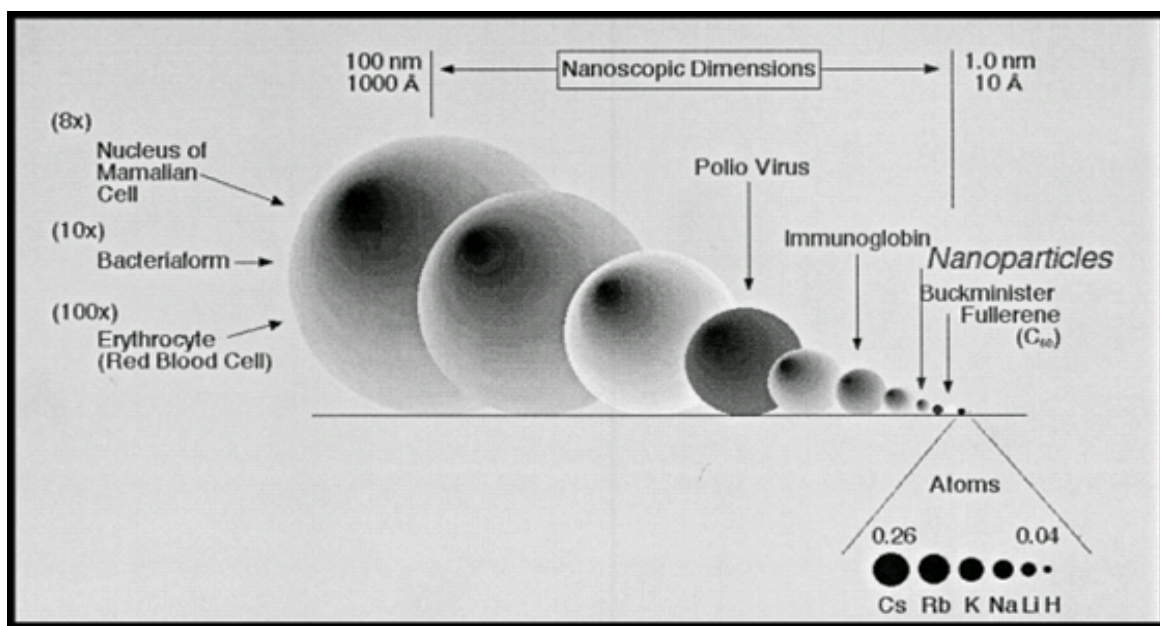
مقدمه

فناوری نانو واژه ای است کلی که به تمام فناوری های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو اطلاق می شود. معمولاً منظور از مقیاس نانوباعادی در حدود 1nm تا 100nm می باشد. (۱ نانومتر یک میلیاردیم متر است). اولین جرقه فناوری نانو (البته در آن زمان هنوز به این نام شناخته نشده بود) در سال ۱۹۵۹ زده شد. در این سال ریچارد فاینمن Richard P Feynman. استاد موسسه تکنولوژی کالیفرنیا طی یک سخنرانی با عنوان «فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد» ایده فناوری نانو را مطرح ساخت. وی این نظریه را ارائه داد که در آینده ای نزدیک می توانیم مولکولها و اتمها را به صورت مسقیم دستکاری کنیم.

واژه فناوری نانو اولین بار توسط نوریو تاینگوچی استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بر زبانها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد (وسایل) دقیقی که تلورانس ابعادی آنها در حد نانومتر می باشد، به کار برد. در سال ۱۹۸۶ این واژه توسط کی

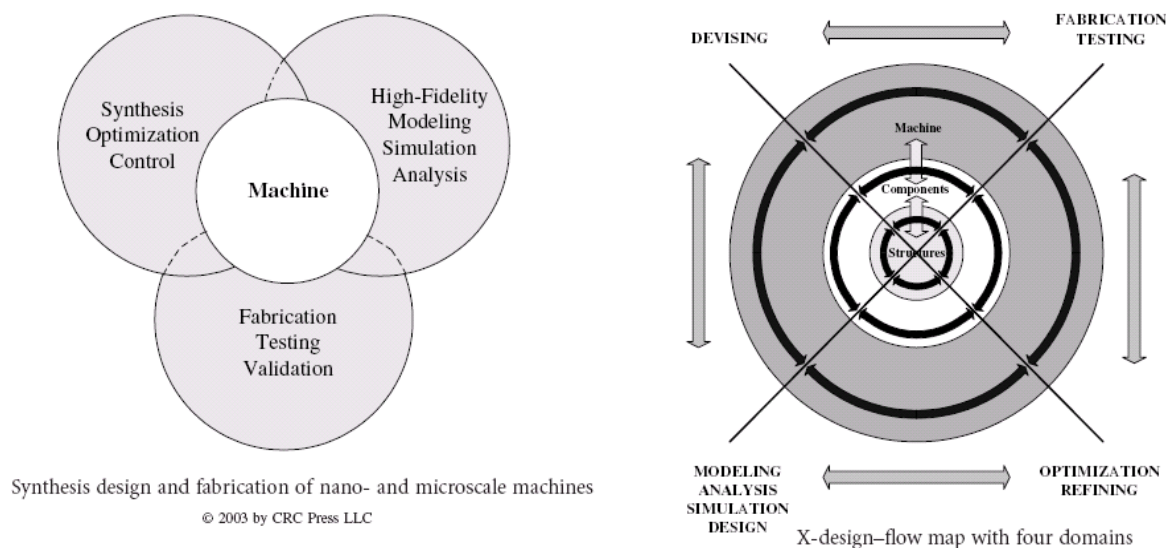
اریک در کسلر در کتابی تحت عنوان: «موتور آفرینش: آغاز دوران فناوری نانو» بازآفرینی و تعریف مجدد شد. وی این واژه را به شکل عمیق‌تری در رساله دکترای خود مورد بررسی قرار داده و بعدها آنرا در کتابی تحت عنوان «نانوسیستم‌ها ماشین‌های مولکولی چگونگی ساخت و محاسبات آنها» توسعه داد.

یک نانومتر یک هزارم میکرون است و اگر بخواهیم احساس فیزیکی نسبت به آن داشته باشیم می‌توان گفت که یک نانومتر ۱/۸۰۰۰۰ قطر موی انسان می‌باشد اما این تعریف مقیاس نانو، نمی‌تواند مقایسه درستی باشد چرا که ضخامت موی انسان با توجه خصوصیات فردی هر انسان از چند ده میکرومتر تا چند صد میکرومتر متغیر می‌باشد. بنابراین نیاز به یک استاندارد برای بیان مفهوم مقیاس نانو وجود دارد. با ایجاد ارتباط میان اندازه اتم‌ها و مقیاس نانو می‌توان یک نانومتر را راحت‌تر تصور کرد. یک نانومتر برابر قطر ۱۰ اتم هیدروژن و یا ۵ اتم سیلیسیم می‌باشد. درک این موضوع برای افراد معمولی نیز راحت‌تر می‌باشد. علی‌رغم اینکه درک اندازه یک اتم برای افراد غیرعلمی ساده نمی‌باشد، با اینحال اندازه دقیق اتم برای فهماندن این مقیاس زیاد اهمیت ندارد. چیزی که با این تشابه مشخص می‌شود، این است که نانوفناوری عبارت است از: دستکاری کوچکترین اجزاء ماده یا اتم‌ها یا فناوری نانو عبارت است از هنر دستکاری مواد در مقیاس اتمی یا مولکولی و به خصوص ساخت قطعات و لوازم میکروسکوپی (مانند روبات‌های میکروسکوپی) به عبارت دیگر فناوری نانو فناوری است که بر پایه دستکاری تک‌تک اتم‌ها و مولکول‌ها استوار است بدین منظور که بتوان ساختاری پیچیده را با خصوصیات اتمی تولید کرد.



تعریف دیگر از فناوری نانو: توسعه و استفاده از ادوات و قطعاتی که اندازه آنها تنها چند نانومتر است. تحقیق بر روی قطعات و ادوات بسیار کوچک که خواصشان به خواص الکترونیکی این قطعات وابسته است و خواص الکتریکی آنها احتمالاً متأثر از حرکت تعداد معدودی الکترون در طی عملکرد قطعه می‌باشد. این ادوات، سریع‌تر از ادوات بزرگتر عمل می‌کنند. مسأله قابل توجه این است که می‌توان چنین ساختارهای در ابعاد مولکولی را به کمک انتخاب مناسب مراحل واکنش‌های شیمیایی تولید کرد. همچنین می‌توان چنین ساختارهایی را از طریق دستکاری اتم‌ها روی سطح به وسیله میکروسکوپ‌های نیروی اتمی بدست آورد. شاخه‌ای از علوم که هدف

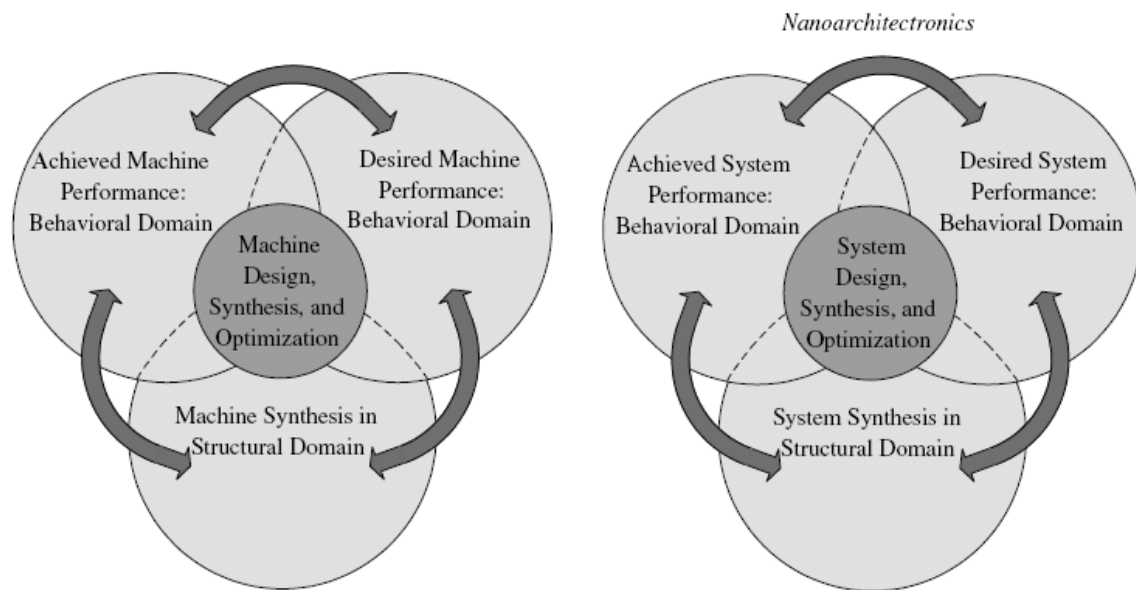
نهایی آن کنترل بر روی تک تک اتم‌ها و مولکول‌ها می‌باشد تا بتوان به کمک آن تراشه‌های کامپیوتری و سایر ادواتی تولید کرد که هزاران بار کوچکتر از ادوات فعلی باشند که فناوری امروز امکان ساخت آنها را برای ما فراهم آورده است. در فناوری فعلی تولید مدارات نیمه هادی از روش لیتوگرافی برای ایجاد طرح مدار بر روی مواد نیمه هادی استفاده می‌شود. پیشرفت شگرفی که در لیتوگرافی طی ۲ دهه اخیر رخ داده است به ما این امکان را می‌دهد که با بهره‌گیری از دستگاه‌های جدید بتوانیم مداراتی کوچکتر از ۱ میکرون (۱۰۰۰ نانومتر) را تولید کنیم. البته باید توجه داشت که این مدارات هنوز از میلیون‌ها اتم تشکیل شده‌اند. بیشتر دانشمندان بر این باور هستند که لیتوگرافی به مرزهای محدودکننده فیزیکی خود نزدیک شده است. بنابر این برای کوچکتر کردن اندازه نیمه‌هادی‌ها می‌بایست از فناوری‌های جدیدی که می‌توانند تک تک اتم‌ها را سازماندهی کنند، استفاده کرد و طبقاً چنین فناوری جزء محدوده فناوری نانو محسوب می‌شود. اگر چه تحقیق در زمینه فناوری نانو به زمانی باز می‌گردد که ریچارد پی فاینمن طی سخنرانی کلاسیک خود در سال ۱۹۵۹ به این فناوری اشاره کرد اما عبارت فناوری نانو اولین بار توسط کی اریک در کسلر در سال ۱۹۸۶ در کتابی از وی با عنوان موتورهای آفرینش بسط داده شد. در مقالات و نوشته‌های عمومی واژه فناوری نانو گاهی به هر فرآیند کوچکتر از اندازه‌های میکرون اطلاق می‌گردد که می‌تواند فرآیند لیتوگرافی را نیز شامل شود. به خاطر همین بسیاری از دانشمندان هنگامی که می‌خواهند درباره فناوری نانو به معنی واقعی و علمی کلمه صحبت کنند از آن به عنوان فناوری نانومولکولی یاد می‌کنند که به معنی فناوری نانو در ابعاد مولکولی می‌باشد.



فناوری نانو که گاه به آن فناوری ساخت مولکولی نیز گفته می‌شود، شاخه‌ای از مهندسی است که با طراحی و ساخت مدارات الکترونیکی و ادوات مکانیکی بسیار کوچک (در ابعاد مولکولی) سر و کار دارد. پژوهشگاه فناوری نانو انگلستان تعریف فناوری نانو را بدین گونه بیان می‌کند: قلمروی از علم و فناوری که به ابعاد و تلورانس‌های ۱/۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر می‌پردازد در جایی که این ابعاد و یا تلورانس‌ها بتوانند نقش مهمی در خواص قطعه ایفاء کنند.

بحث فناوری نانو اغلب مشابه بحث سیستم‌های میکرو مکانیکی - الکترونیکی می‌باشد (MEMS).

در واقع فناوری نانو زیر مجموعه MEMS است و MEMS به فناوری‌های بزرگتر از ابعاد مولکولی (ابعاد نانو) نیز می‌پردازد.



Design flow in synthesis of nano- and micromachines, NEMS and MEMS.

نانوتکنولوژی چیست ؟

در حالی که تعاریف زیادی برای فناوری نانو وجود دارد ، NNI (National Nanotechnology Initiative) تعریفی را برای فناوری نانو ارائه می دهد که در برگیرنده هر سه تعریف ذیل باشد.

۱- توسعه فناوری و تحقیقات در سطوح اتمی ، مولکولی و یا ماکرومولکولی در مقیاس اندازه ای ۱ تا ۱۰۰ نانومتر.

۲- خلق و استفاده از ساختارها و ابزار و سیستمهایی که به خاطر اندازه کوچک یا حد میانه آنها، خواص و عملکرد نوینی دارند .

۳- توانایی کنترل یا دستکاری در سطوح اتمی .

کاربردهای حال فناوری نانو

۱-ورود به محیط سلول و دستکاری DNA (کاربرد در علوم پزشکی)



درمان زخم ها و بیماری های پوستی

اما آلودگی ناشی از مواد نانو ذره ای منجر به بیماری های زیر می گردد.

اخیرا یک بانداژ شفاف توسط موسسه بیو تکنولوژی اسپور ساخته شده است که در عین مراقبت از زخم امکان تبادل رطوبت و هوا برای زخم را فراهم آورده و بهبود آن را تسریع می بخشد. این بانداژ که از یک پلیمر ویژه ساخته شده است. به پزشکان امکان دیدن زخم و

بررسی بهبود آن را می دهد. از طرفی امکان افزودن آنتی بیوتیک ها به این غشا نیز وجود دارد



از دیگر کاربردهای فناوری نانودر دندان پزشکی به کارگیری آن در خمیر دندان و مسواک می باشد. مسواک در بخش تمیزکننده (موئی شکل) حاوی نانو کلونید نقره است. این نقره در بهداشت دندان و حذف پلاک های دندانی موثر می باشد. همچنین خمیر دندان که حاوی نانو ذرات نقره است که از ویژگیهای برجسته آن می توان به جلوگیری از بروز بیماری های لثه ای، جلوگیری از خونریزی لثه ها و جلوگیری از فساد دندان ها اشاره نمود



- تغییر جریان خون به نحوی که موجب ایجاد انعقاد در قسمتی از رگ های خونی گردد

- به هم خوردن آهنک ضربان قلب

- عملکرد نادرست و بحرانی رگ ها

- ناپایداری پلاکت های خونی، و در طولانی مدت توسعه تصلب شرایین

- التهاب مزاجی و ریوی ناشی از ذرات

- تصلب شرایین تسریع شده و عملکرد تغییر یافته ارادی قلب

۲- شیشه های خود تمیز کننده و جاذب حرارت

این نانو شیشه ها می توانند به طور اتوماتیک لایه آلوده ته نشین شده و چسبیده به سطح شیشه را تجزیه کنند همچنین می توانند گازهای مضر را اکسید و باکتری ها و ویروس های گوناگون موجود در هوا را استریلیزه نمایند .

این عمل با یک فیلم نانو متری که در دو طرف شیشه کشیده شده است انجام می شود .
مطابق برآورد صورت گرفته قیمت این نوع شیشه ها ۱،۵ برابر میانگین قیمت شیشه های عادی است .
نوع دیگر آنها شیشه های جاذب حرارت می باشد . این نوع شیشه ها با افزودن نانو ذرات به صفحه ای متورق و محبوس کردن آنها بین دو شیشه صاف باعث شکل گرفتن شیشه ای می شود که ضمن اینکه نورخورشید را از خود عبور می دهد بخش عمده تشعشع حرارتی آن را گرفته و مانع عبور حرارت می شود .

۳- نانو کامپوزیت های تقویت شده با نانو رس ها
نانو کامپوزیت ها نوع جدیدی از مواد پلیمری قدیمی هستند که با پاشندگی ذرات نانو متری در درون آنها تقویت شده اند .
یکی از نانو موادی که به عنوان پرکن در داخل نانو کامپوزیت ها استفاده می شود نانو رس ها می باشد . این مواد صرفه جویی وزنی قابل ملاحظه ای را نسبت به مواد موجود موجب می شوند .

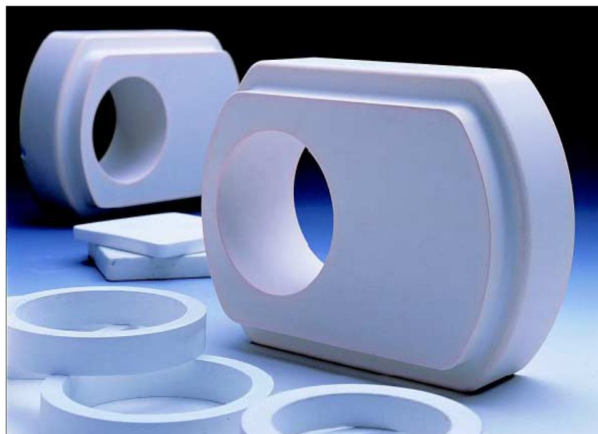
اثر این پیشرفت در بخش خودرو سازی و بخش هوا - فضا که صرفه جویی وزنی در آنها مطرح است بحث شده . علاوه بر این کامپوزیت ها به محصولاتی همچون بسته بندی مواد غذایی راه یافته اند تا سدی بسیار بزرگتر در برابر نفوذ گازها باشند .
پس به طور کلی با پیدایش نانو کامپوزیت ها و خواص آنها از جمله آن مقاومت در برابر خوردگی ، حذف پارازیت ، کاهش وزن ، استحکام قطعات و قابلیت بازیافت این انتظار می رود که این مواد جایگزین فلزات شوند .

۴- روکش ها و رنگ ها
نانو ذرات می توانند به صورت فیزیکی خواص رنگ ها را تغییر داده ، سختی و مقاومت به خش را در آنها بالا برده و حتی می توانند آنها را رسانا سازند . از جمله کاربرد این رنگ ها رنگ های ضد کثیفی برای بدنه کشتی ها می باشد . فناوری روکش دهی پیش رفته همچون مواد مبتنی بر نانو ذرات سرامیکی می تواند مقاومت حرارتی آنها را بهبود بخشد . آنها می توانند رقیبی برای کامپوزیت های توده ای باشند تا خواصی همچون حفاظت قطعات الکترونیکی در برابر تشعشع و یا کاهش بازتاب رادار برای هواپیما ها را ارائه دهند .

۵- کاتالیست ها
به طور ساده کاتالیست ها موجب بهبود واکنش شیمیایی ، سریعتر کردن آن و انجام آن در شرایط عادی و متعادل و یا انجام آن به صورت یک مرحله ای می شوند . کار کاتالیست ها تماس برقرار کردن با مواد شیمیایی مورد نظر جهت بهبود واکنش دهی آنها می باشد بنابراین افزایش سطح ویژه یک کاتالیست با افزایش تماس و لذا افزایش کارایی آن متناسب است . نانو ذرات و مواد نانو حفره ای هر دو باعث افزایش فوق العاده سطح و در نتیجه بهبود کاتالیست ها می شوند . هر صنعتی که به واکنش های شیمیایی متکی است از کاتالیست های پیشرفته سود می برد . مثلاً می توان به صنعت دارو سازی و تولید کنندگان مواد شیمیایی برای مصارف گوناگون منجمله کودهای

شیمیایی ، حشره کش ها و در صنعت نفت (که پالایش نفت خام به شدت به آن وابسته است) اشاره کرد .

۶- استفاده از نانو لوله های کربنی در سرامیک های نسل جدید
ضعف عمده در مواد سرامیکی عدم انعطاف پذیری آنها و شکننده بودن آنها می باشد که باعث ایجاد محدودیت در کاربرد آنها شده است . در واقع دانشمندان قصد مقاوم ساختن سرامیک هایی را دارند که از نانو کریستال های آلومینا ساخته شده است . این سرامیک های نانو کریستالی نسبتاً سخت اما شکننده می باشند . امروزه دانشمندان با افزودن نانو لوله های کربنی به مواد سرامیکی باعث افزایش مقاومت آنها نسبت به شکستن شده اند . برای این کار آنها پودر آلومینا را با نانو لوله های تک دیواره مخلوط کردند و ذرات حاصل را تحت فشار - حرارت و پالسهای جریان الکتریکی قرار دادند .



۷- تعویق آتش گیری در پلاستیک ها

علیرغم کاربرد فراوان پلاستیک ها آتشگیری ذاتی آنها به مشکلاتی دائمی در بسیاری از کاربردهای آنها تبدیل شده است. با افزودن نانو ذرات معدنی کاملاً پخش شده به پلاستیک ها و دستیابی به نانو کامپوزیت های تقویت شده می توان آتش گیری پلاستیک ها را به طرز چشمگیری کاهش داد.

چنین نانو کامپوزیت هایی علاوه بر مقاومت در برابر اشتعال دارای مقاومت به سایش بالایی در مقایسه با مقاوم کننده های متعارف در موتور های موشک هستند. اینگونه کاهش در آتش گیری پلیمر ها بدون ایجاد کاهش در خواص مکانیکی پلیمر ها یا افزایش تولید مونواکسید کربن، دوده یا ترکیبات سمی موجب ایجاد خاصیت خود خاموش کنندگی در پلیمر ها می شود

۸- تولید مواد به تقلید از عنکبوت

راز ایجاد مواد مستحکمتر و بهتر با بررسی یک منبع باور نکردنی به نام عنکبوت معمولی ممکن است گشوده شود. علاوه بر استحکام و سختی تار عنکبوت این تار ها در مقابل فساد بسیار مقاوم هستند و می توانند در هوا و زیر آب بافته شوند. خصوصیت مهم تار عنکبوت شکل رشته ای مانند آن می باشد در حالیکه یک عنکبوت به راحتی قادر به ساختن تار هایش است انسان باید از فرایند هایی نظیر رسیدن الکترو استاتیک برای ایجاد فیبر های نانو متری استفاده کند. از یک بار الکتریکی برای رسیدن پلیمر مایع با یک وسیله سوزنی شکل روی یک صفحه مسطح استفاده می شود. نانو فیبر های تولید شده به این روش فوق العاده ریز - بسیار متخلخل و حفره های بسیار کوچکی دارند.

۹- کاربرد نانو تکنولوژی در حفاظت از محیط زیست

فناوری نانو به شکل بالقوه باعث کاهش مصرف سوخت و اثرات آن بر محیط زیست خواهد شد. به عنوان مثال حسگر های تولید شده با استفاده از فناوری نانو را می توان برای آشکار نمودن آلاینده های خودرو و یافتن هر گونه آلوده کننده استفاده کرد.

سایر موارد کاربردی عبارتند از :

۹-۱ شناسایی و جذب گاز های آلاینده هوا با نانو حسگر ها

نخستین دسته از این نانو حسگر ها برای تشخیص مقادیر ناچیز دیوکسین در هوا از طریق جذب بر روی نانو لوله های چند لایه (MWNTs) ساخته شده اند.

نانولوله های مذکور قادر به جذب دیوکسین به میزان ۱۰۳۴ برابر بیشتر از جاذب های متداول از قبیل کربن های فعال می باشند. دسته

دیگر نانو حسگر ها نانو حسگر های گازی می باشند که در شرایط دمای محیط هزاران مرتبه دقیق تر از حسگر های متداول عمل می کنند .

این نوع حسگر ها از نانو لوله های تک لایه (SWNTs) به ضخامت حدود یک نانومتر ساخته شده اند که قادر به جذب و شناسایی مولکول های گاز سمی می باشند . این گونه حسگر های گازی برای شناسایی گازهای آمونیاک و دی اکسید نیتروژن که از جمله گازهای سمی می باشند استفاده می شوند.

۹-۲ تصفیه گاز های خروجی از آگروز با کاتالیزورهای نانو ساختاری

کاربرد دیگر کاتالیست ها استفاده از آنها به عنوان کاتالیزور های زیست محیطی جهت تصفیه گاز های خروجی از آگروز اتومبیل و پالایش آب و هوا می باشد. اغلب آنها دارای پایه پلاتین بوده و اگر چه راندمان کافی دارند ولی بسیار گران قیمت می باشند. به همین جهت کاتالیزورهای نانو ساختاری به عنوان جایگزین ارزان قیمت به شدت مورد توجه قرار گرفت. این کاتالیزورها دارای سطح مخصوص بسیار زیاد با قابلیت جذب فراوان آلایندهای خروجی از آگروز اتومبیل می باشند که از جمله آنها می توان به TMC&TMOC اشاره کرد.

۹-۳ تصفیه پساب های صنعتی با استفاده از نانو فیلتراسیون

برای تصفیه پساب های صنعتی ابتدا پساب مذکور را از یک سیستم نانو فیلتر عبور داده و کلیه TSS باکتری و روغن به همراه بیش از ۹۰ درصد BOD و COD موجود در پساب را جدا می کنند. با این عمل حجم پساب تغلیظ شده به کمتر از ۲۵ درصد حجم پساب اولیه تقلیل یافته و همچنین با این عمل شوری و بیولوژیکی نیز کاهش می یابد. به طور کلی صنایع نساجی دارای مصرف بالای آب در فرایند های مختلف می باشند و به تبع آن نیز پساب هایی با مقدار مواد شیمیایی مختلف تولید می کنند. روش های تصفیه پساب های کارخانجات نساجی به روش های شیمیایی و فیزیکی محدود می شوند. در این موارد خروجی تصفیه شده هنوز برای استفاده مجدد مناسب نمی باشد ، زیرا که دارای COD و هدایت الکتریکی باقیمانده بالا می باشند. که با استفاده از نانو فیلتراسیون شوری آب را حذف ، و آن را برای استفاده مجدد آماده می سازیم. تنها مشکل سیستم های نانو فیلتراسیون و بطور کلی فیلترها، پساب غلیظ برگشتی از این سیستم ها می باشد.

۹-۴ تصفیه آب های آلوده با استفاده از نانو مواد

از ذرات TiO_2 برای اکسید کردن آلاینده های آلی و ... در مکان های آلوده و در مقیاس نانو می توان برای رفع آلاینده های جوی شامل ویروس ها و مواد شیمیایی آلی خطرناک استفاده کرد. یکی دیگر از نانو ذرات مطرح شده در تصفیه پساب های صنعتی نانو ذرات اکسید آهن می باشد. این ذرات که دارای خاصیت فوق مغناطیسی هستند به درون آب فرستاده می شوند تا فلزات سنگینی را که در آنجا وجود دارند جذب کنند سپس این آب از یک میدان مغناطیسی عبور داده میشود و ذرات فوق مغناطیسی حاوی فلزات سنگین از جریان آب خارج می شود. بعد از برداشتن این ذرات فوق مغناطیسی حاوی فلزات سنگین - می توان با استفاده از یک فرآیند شیمیایی فلزات سنگین را از آن ها جدا نمود که در نتیجه آن یک لجن خیلی غلیظ حاصل می شود. براساس تحقیقات انجام شده حدود یک گرم نانو ذره برای تصفیه یک لیتر پساب صنعتی آلوده به فلزات سنگین نیاز است. مزایای این روش نسبت به روش های دیگر آن است که در پایان به خلوص بالایی می رسیم.

۹-۵ رنگ زدایی آب با استفاده از فیلتراسیون

رنگ موجود در آب طبیعی معمولاً ناشی از وجود اسید های معدنی با جرم مولکولی ۸۰۰ تا ۵۰۰۰۰ می باشد. اسید های مذکور مانند اسید هیومیک (Humic Acid) و اسید فولیک (Fulvic Acid) در اثر تجزیه مواد آلی موجود در آب حاصل می شوند. رنگ

موجود در آب آشامیدنی نه تنها به خاطر ظاهر آن بایستی از آب زدوده شود بلکه چون این رنگ ها می توانند منشا تولید تری هالومتان (THM) نیز می باشند خطرناک محسوب می شوند. این ماده هنگام ترکیب با کلر موجب تشکیل کلروفرم و دیگر ترکیبات هالوژنه مضر سرطان زا می گردد. لیکن با استفاده از غشاء های نانو می توان تا ۹۹٪ این گونه مواد را به سهولت از آب جدا نمود.

۱۰- استفاده از نانو لوله ها در کاهش انتشار دی اکسید کربن

می دانیم که دی اکسید کربن موجب گرم شدن زمین می شود و دولت ها در صدد کاهش انتشار آن از موتور های احتراق داخلی بر آمده اند. نانو لوله هایی که با اندازه مناسب تولید می شوند می توانند با صرف انرژی کمتر و بدون نیاز به افزایش فشار گاز این گاز را از گاز های حاصل از احتراق بزدايند.

هیدروژن عنصر کلیدی در گاز های سوختنی است و هنگام ترکیب با اکسیژن الکتریسته تولید می کند. نانو لوله ها میتوانند موجب تسريع تولید هیدروژن خالص از گاز طبیعی گردند. بسیاری از نانو لوله ها به صورت چند جداره تشکیل می شوند و فضای بین این جداره ها می تواند هیدروژن را به شکل مطلوب تری منتقل سازند. بدون اصطکاک بودن نانو لوله ها در ذخیره نمودن هیدروژن حائز اهمیت می باشد.

۱۱- کاربردهای نانوتکنولوژی در زلزله

۱۱-۱. بهبود مقاومت بتن با کاربرد نانوذرات در آن

براساس مطالعه ای که در چین بر روی تاثیر نانو ذرات بر روی مقاومت خمشی و فشاری ساروج سیمان صورت گرفته اضافه کردن نانوذرات سیلیکا و نانوذرات آهن به ملات سیمان باعث بهبود مقاومت فشاری و خمشی ملات نسبت به ملات معمولی گرویده است. با بکار گیری این نوع مصالح در ساختمان ها می توان بر یکپارچگی و مقاومت آنها در مقابل زلزله افزود.

۱۱-۲. ساختمانهای سبک و مقاوم در مقابل کشش با کاربرد نانولوله ها

نانو لوله های کربنی از مقاوم ترین مواد شناخته شده در دنیا به حساب می آیند. همانطور که مشاهده می کنید نانولوله های کربنی دارای دانسیته بسیار کم نسبت به فولاد و آلومینیوم می باشد. مقاومت کششی و فشاری نانولوله های کربنی نیز نسبت به سایر مواد ساختمانی بسیار بالا می باشد.

طول مشخصه مجاز	طول مشخصه	دانسیته	مقاومت	مواد
مصالح تراکم پذیر				
۵۳/۸	۱۰۷/۵	۱۶/۰	۱/۷	گرافیت / اپکسی
۶۶/۳	۱۲۲/۵	۲۰۲۰/۶	۲/۴۳	برن / اپکسی
-	۳۸۶/۳	۱۴۰۰	۵/۳	نانولوله های کربنی
مصالح کشش پذیر				
۴۳/۸	۵۴/۸	۷۸۰۰	۴/۲	فولاد
۱۲۱	۲۴۲	۱۴۷۰	۳/۵	Kevlar 149
۱۱/۴	۱۴/۲	۳۹۵۸	۰/۵۵	آلومینیوم
۱۸۶/۹	۳۷۳/۳	۱۵۸۰	۵/۸	PBO
-	۲۱۸۶/۶	۱۴۰۰	۳۰	نانولوله های کربنی

۱۱-۳. سازه های خود تعمیر با به کارگیری پلیمرهای نانو ساختاری

تحقیقات در زمینه پلیمرهای ساختاری از ساخت گارد ریل هایی خبر می دهد که خود قادر به تعمیر قسمت های آسیب دیده خود هستند. نتایج ایت تحقیقات حاکی از آن است که حتی آسفالت ها و سازه های بتنی که در آزمایشگاه ساخته می شوند دارای چنین خاصیتی هستند و می توانند خرابی های خود را تعمیر کنند. این مورد در موقع وقوع زلزله نیز می تواند مورد توجه قرار گیرد چرا که در صورت علمی شدن استفاده از این گونه مصالح ساختمانی سازه ها قادر خواهند بود صدمات وارده به خود بخصوص در موارد خسارت های جزیی را بهبود بخشند

۱۲- افزایش مقاومت در برابر خوردگی

خوردگی یکی از معدود موارد طبیعی است که اثر خود را نه تنها در مراحل ساخت تولید و بهره برداری نمایان می سازد بلکه منابع عظیمی را نیز در مرحله حفاظت و نگهداری به خود اختصاص می دهد. خوردگی از طریق اتلاف ماده و انرژی. زیان های زیست محیطی و ایمنی. خسارت مستقیم و غیرمستقیم از قبیل تعطیل کار و آلودگی و... منجر به خسارت می شود. اهمیت خوردگی به این دلیل است که در اکثر محیط ها اتفاق می افتد. محیط های آبی. غیر آبی. حتی بدن انسان موارد قابل ذکر است. یکی از موارد ملموس استفاده از فولادهای ضد زنگ به عنوان چاقوهای جراحی برای کنترل خوردگی روش های مختلفی همچون طراحی. انتخاب مواد. پوشش. استفاده از بازدارنده و... استفاده می شود.

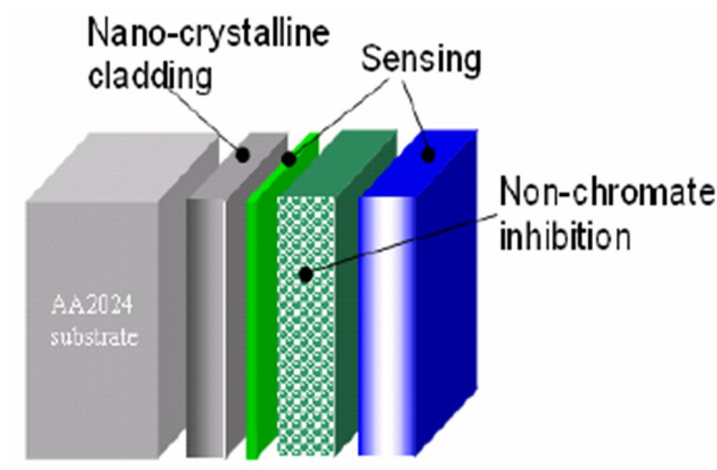
که در این میان نقش نانو پوشش ها بسیار پر رنگ می باشد.

۱۲-۱ پوشش های چند لایه ای نانویی

اخیرا پوشش هایی گسترش پیدا کردند که دارای چندین لایه هستند که هرلایه در این پوشش هدف خاصی را دنبال می کنند. نمونه ای از پوششهای چند لایه ای در شکل زیر نشان داده شده است.

کاربرد این پوشش ها اهداف زیر را دنبال می کند: ۱. افزایش عمر مفید ۲. کاهش هزینه های نگهداری تجهیزات

۳. کاهش آلودگی های محیطی



فولاد ضد زنگ با مقاومت خوردگی بسیار بالا

فولادهای ضد زنگ کاربردهای مختلفی می تواند داشته باشد. مشکل اصلی این آلیاژ خورنده بودن آن است که مصرف آن را در

کاربردهای مقابله با خوردگی کاهش می دهد.

یک شرکت با استفاده از فناوری نانو و با اضافه کردن نانو ذرات در مرحله ذوب توانسته آلیاژ های فولاد ضد زنگ با مقاومت خوردگی

بالا و انعطاف پذیری مناسب قبل از عملیات حرارتی و استحکام بالا بعد از عملیات حرارتی تولید کند. کاربردهای قابل تصور برای این آلیاژ در شاسی بدنه اتومبیل و ابزار ورزشی و تجهیزات پزشکی است.

۱۳- بهینه سازی مصرف فراورده های نفتی

۱. افزودنی نانو الماس و تاثیر آن در کاهش مصرف روغن موتور

۲. افزودنی فولرین و تاثیر آن در کاهش مصرف روغن موتور

۳. نانو افزودنی ها به بنزین و تاثیر آن در کاهش مصرف بنزین

۱۴- کاربردهای نانو تکنولوژی در ساخت مصالح ساختمانی بهبود یافته و توانمند

استفاده از این فناوری در تولید مصالح ساختمانی اصلاح شده چونشیشه ها ، لوله ها ، سیمان ، آجر

فولاد: ساختار این فولاد از نانو ذرات M2C استفاده شده است. در جدول زیر مشخصات فنی دیگری از این فولاد آمده است. مقاوم در برابر خوردگی در صنایع هواپیمایی استفاده می گردد.

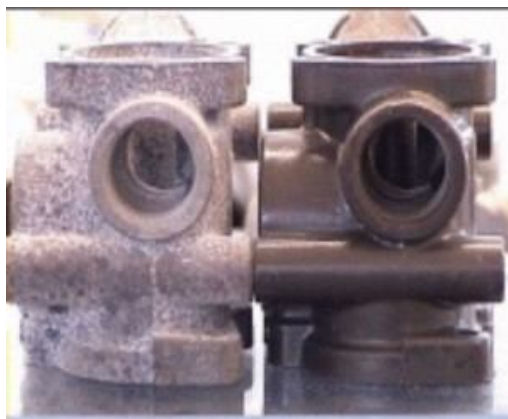
YS (ksi)	UTS (ksi)	EI (%)	Ra (%)	Hardness (HRC)	CVN (ft-lb)	K_{Ic} ($ksi\sqrt{in}$)	K_{Isc} ($ksi\sqrt{in}$)
235	290	18	60-70	53-54	28	75	50

TEC-X

این ماده از محصولات شرکت TEC-X GmbH- NANO که یک شرکت آلمانی است، می باشد و به عنوان پوشش محافظ خوردگی روی فلزات استفاده می شود.

مزایا:

- اتصال کامل با سطح فولاد
- مقاومت بالا در برابر اسید و باز
- مقاومت بسیار بالا در برابر خوردگی
- اجرای آسان (اسپری یا رُل)
- مقاومت در برابر سایش همانند شیشه
- تعدیل کردن قابلیت انعطاف پذیری



•

نانو محافظ نانو محافظ (Nanoprotect CS)

این ماده که به صورت پوشش روی بتن استفاده می شود از محصولات شرکت Nanotec در اتریش می باشد و به عنوان عامل محافظ در برابر نفوذ آب کاربرد دارد. در نتیجه در دوام لوله های بتنی پیش تنیده در برابر نفوذ یون کلر موثر می باشد. از دیگر خواص این پوشش Self Cleaning بودن آن است که باعث کاهش اثرات مواد شیمیایی مضر برای بتن می شود. سولفات ها از انواع مواد مضر خارجی لوله ها و مواد شیمیایی عبوری از لوله ها از انواع مواد مضر داخلی آن ها می باشند.

مزایا:

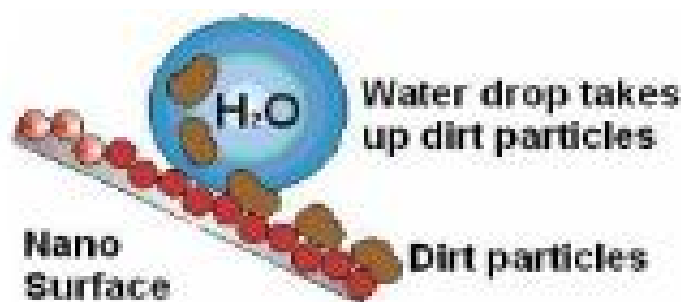
کاربرد آسان (اسپری، رُل، و استفاده از قلمو)

دوام طولانی مدت

Self cleaning

مقاومت در برابر حرارت تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد

- مقاوم در برابر نفوذ پذیری آب
- مقاوم در آب و هوا
- مقاوم به شوره زدگی
- محافظ در برابر اشعه UV
- دفع کننده آلودگی



بتن

• نانو سیلیکا (SiO₂-Nano) و نانو ذرات اکسید آهن (Fe₂O₃-Nano)

• سیمان های تقویت شده با کربونانو تیوبها

پلیمر

نانو کامپوزیت

۱۵- کاربرد نانو در کاهش آسیب پذیری و مقابله با اثرات شریانهای حیاتی از طریق نانو لوله

شریانهای حیاتی به طور کلی دارای سه خصوصیت مهم می‌باشند که آنها را از ساختمانها و سایر تأسیسات ساختمانی متمایز می‌سازد.

این سه ویژگی عبارتند از: ۱- گستردگی ۲- پیچیدگی و تنوع مولفه‌ها

۳- اندرکنش عملکردی، آسیبی

برای کاهش آسیب پذیری شریانهای حیاتی در برابر زلزله، چهار روش کلی وجود دارد:

۱- دوری از خطر یا انتخاب مناسب ساختگاه ۲- جلوگیری از ورود تحریکات به سیستم یا جدا سازی لرزه‌ای

۳- کنترل اثر تحریک در درون سازه به صورت‌های انفعالی و یا فعال ۴- طراحی مقاوم اجزاء و مولفه‌های سیستم

شریانهای حیاتی اصلی

۱. آب و فاضلاب

• لوله ها و اتصالات

• مخازن و اجزای سازه ای در تصفیه خانه ها و ایستگاه های پمپاژ

لوله های متداول

فولادی-بتنی-آزبست-پلیمری - چدن شکل پذیر

عوامل ایجاد خرابی در لوله ها

• حرکت بزرگ گسل های فعال ناشی از زلزله

• روان گرایی یا liquefaction

• انتشار موج

انواع تخریبات موجود در لوله ها

لوله های ممتد

• Tensile Failure تخریب کششی

• Local Buckling کمانش موضعی

• Beam Buckling کمانش کلی

• welded slip joints تخریب در جوش درزها

لوله های تکه تکه (منقطع)

• out-Axial pull بیرون آمدن لوله از اتصال

• Crushing of Belt – and – Spigot Joints شکستن اتصال نر و ماده

• گسیختگی خمشی محیطی و چرخش اتصال

Circumferential Flexural Failure and Joint Rotation

راه حل های موجود به منظور کاهش خسارات لرزه ای

• تغییر مسیر خط عبور لوله

• ایزوله کردن لوله در برابر حرکات زمین

• کاهش حرکات زمین

• استفاده از مواد مقاوم تر

- استفاده از مواد و اتصالات شکل پذیرتر
- کاربرد فناوری نانو در کاهش خسارات لرزه ای لوله ها
- استفاده از نانو مواد در ساختار لوله ها
- استفاده از نانو پوشش ها به عنوان عامل مقاوم در برابر آسیب های خوردگی
- خسارات لرزه ای مخازن و اجزای سازه ای در تصفیه خانه و ایستگاه های پمپاژ
- کج شدن مخازن بر اثر روانگرایی
- کماتش بدنه مخازن
- خوردگی

۲. ترابری

خرابی پلها	عوامل خرابی ناشی از ابنیه جاده
خرابی خاکریزها	
خرابی دیوارهای حائل و ضامن	
خرابی تونل ها	

در پلها با استفاده از ذرات نانو رس در الاستومرها قابلیت شکل پذیری آنها را به مقدار زیادی افزایش می دهند
راه آهن



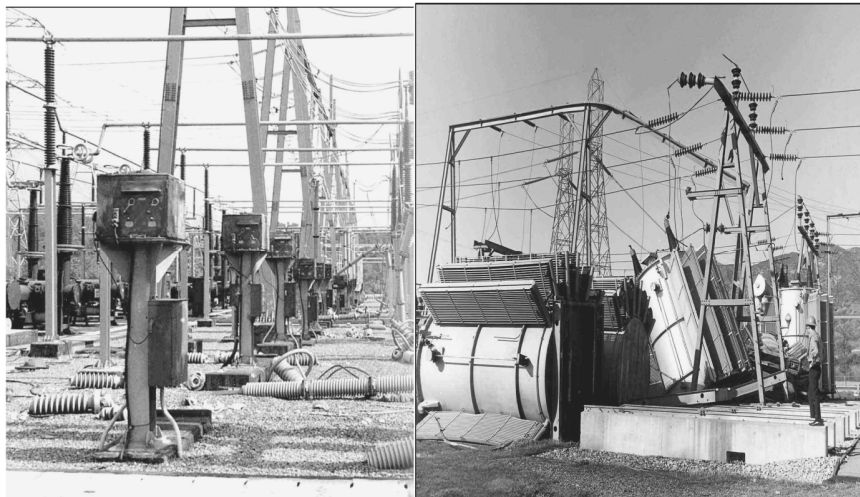
خطرات و خرابی ها:

- زمین لغزش و مدفون شدن خطوط راه آهن
- تغییر شکل یافتن خطوط
- گسلش در امتداد خطوط
- نشست خطوط بر اثر روانگرایی

۳. انرژی

• نفت و گاز

• برق



اجزای سیستم های انتقال برق

- اجزاء تولید
- خطوط انتقال و توزیع
- ایستگاههای انتقال و توزیع
- سیستم های کنترل و جمع آوری اطلاعات
- ارتباطات
- اجزاء و تجهیزات پشتیبانی

مشکلات موجود در سیستم های انتقال برق

- | | |
|---|------------------------------------|
| ✓ | سیستم های انتقال و توزیع |
| — | خطوط انتقال |
| — | خطوط توزیع |
| — | ایستگاههای فرعی |
| ✓ | تجهیزات تولید |
| ✓ | تجهیزات ارتباطی، پشتیبانی و کنترلی |

۴. اطلاع رسانی

• مخبرات

آتن

کابل

- رسانه های ارتباط جمعی

قابلیت های فناوری نانو در آینده نزدیک

- ✦ اندازه گیری با دقت یک اتم
- ✦ حسگرهای برای تشخیص مواد سمی
- ✦ ابزارهای الکترونیکی که فقط با یک الکترون کار می کند
- ✦ فیلترهایی که مولکول ها و اتم ها را با دقت جدا می کند
- ✦ موادی که خواص آنها مطابق خواسته ما تغییر کرده
- ✦ روبات های نانویی که می توانند وارد بدن شده و با بیماری ها مبارزه کنند

راه حل های موجود برای کاهش اثرات زلزله

- بهبود شرایط مهارها در ایستگاههای فرعی
- جلوگیری از لغزش اعضای سرامیکی (مقره) در ترانسفورماتورها
- عدم ساخت دکل های خطوط انتقال روی شیب های زیاد و شیروانی ها
- افزایش انعطاف پذیری اتصالات در تجهیزات ایستگاهها

تقسیم بندی فناوری نانو

■ نانو فناوری مرطوب

این شاخه به مطالعه سیستم های زنده ای می پردازد که اساساً در محیط های آبی وجود دارند .
در این شاخه ساختمان مواد ژنتیکی، غشاء ها و سایر ترکیبات سلولی در مقیاس نانومتر مورد مطالعه قرار می گیرند .
پژوهشگران موفق شده اند ساختارهای زیستی فراوانی تولید کنند که بتوان نحوه عملکرد آنها را در مقیاس نانویی کنترل کرد . این شاخه در برگرفته علوم پزشکی، دارویی و به طور کلی علوم و روشهای مرتبط با زیست فناوری است

■ نانو فناوری خشک

این شاخه ، از علوم پایه مانند شیمی و فیزیک مشتق می شود و به مطالعه ساختارهای مواد از قبیل کربن ، سیلیکون و مواد غیر آلی و فلزی می پردازد .

در نانو فناوری خشک کاربرد مواد نانویی در الکترونیک، مغناطیس و ابزارهای نوری مورد مطالعه قرار می گیرد.

■ نانو فناوری محاسباتی

در بسیاری از مواقع ابزار آزمایشگاهی موجود برای انجام برخی از آزمایشهای نانومتریک مناسب نیستند و لذا در مواردی چنین، از رایانه ها برای شبیه سازی فرآیندها و واکنش های اتم ها و مولکول ها استفاده می شود .
شناختی که به وسیله محاسبه به دست می آید، باعث می شود که زمان لازم برای پیشرفت نانو فناوری خشک بطور محسوسی کاهش یابد و البته تاثیر مهمی در نانو فناوری مرطوب نیز خواهد داشت .

■ روش های ساخت در فناوری نانو:

الف : روش پایین به بالا:

منظور از پایین به بالا، چینه‌بندی اتم به اتم، مولکول به مولکول از یک ماده کنار هم بطور دلخواه جهت ایجاد و ساخت مواد جدید نانومتری است.

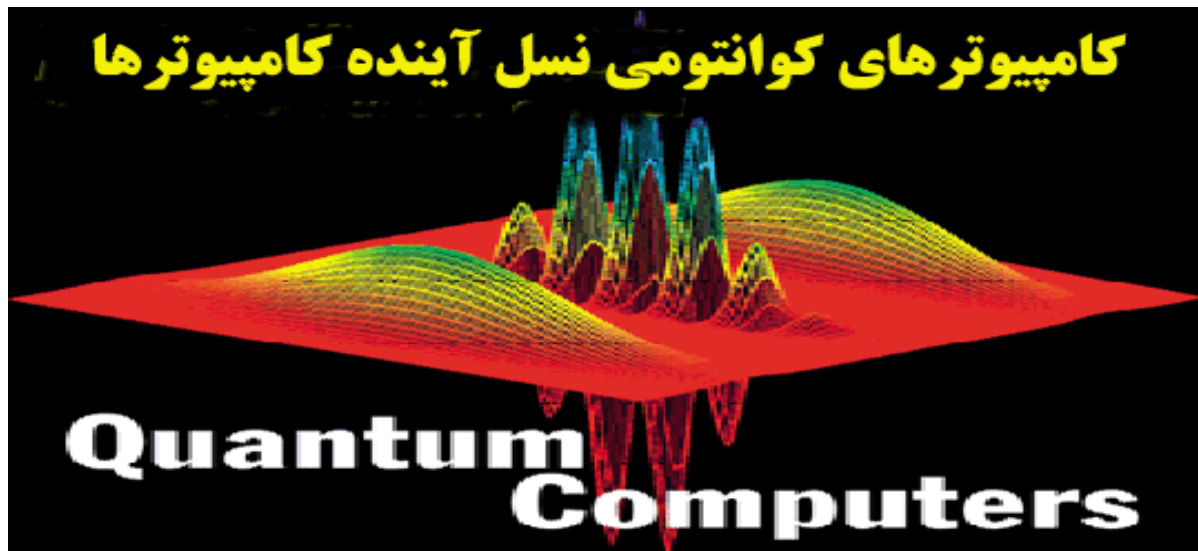
در این روش که خود شامل شیوه‌های مختلف تولید است، مواد جدید با چینه‌بندی اتمی خاص و منحصر بفرد می‌توانند ساخته شوند.

ب: روش بالا به پایین:

در این روش برای رسیدن به نانو مواد، باید ذرات و ترکیبات ماده را با استفاده از روش‌های متداول مانند خرد کردن در چند مرحله به مواد در مقیاس نانومتری تبدیل نمود.

دانشمندان برای ساخت انبوه محصولات نانویی به دنبال یافتن روش‌هایی هستند که بتوانند بصورت خود به خودی یا خود تکثیری، خود چینی و غیره مواد نانو متری را تولید کند.

خود چینی عبارتست از جذب اتم‌ها و مولکولهای مواد بطور هوشمندانه توسط خود آنها و بصورت خود به خودی به منظور ایجاد ساختار به هم پیوسته و منظم



تعاریف:

■ مکانیک کوانتومی:

مجموعه‌ای از قوانین، روابط ریاضی و مفاهیم فلسفی است که توصیف‌کننده رفتار ذرات بنیادین تشکیل‌دهنده عالم است.

■ نقطه کوانتومی:

یک ذره مادی کوچک، که افزایش یا کاهش یک الکترون خواص آن را به نحو ارزشمندی تغییر دهد.

از منظر این تعریف اتم‌ها و توده‌های چندمولکولی نقطه کوانتومی محسوب می‌شوند.

نقاط کوانتومی در زیست‌شیمی:

نقاط کوانتومی گروه‌های اکسیداسیون-احیا (Redox) نامیده می‌شوند.

نقاط کوانتومی در نانو الکترونیک:

به آنها بیت‌های کوانتومی یا کیوبیت گفته می‌شود. اندازه آنها در حد چند نانومتر است و از انواع مواد همچون سلنید کادمیوم ساخته می‌شوند

از کامپیوترهای کلاسیک تا کامپیوترهای کوانتومی :

آلن تورینگ (Alan Turing) در قرن بیستم مدلی ریاضی را ابداع کرد که آنرا ماشین تورینگ می نامیم و اساس تکنولوژی دیجیتال در تمام سطوح است.

وی پیشنهاد استفاده از سیستم دودویی برای محاسبات به جای سیستم عدد نویسی دهمی را مطرح نمود. پس از اختراع ماشین محاسبه گری که بر پایه طرح تورینگ و با استفاده از قطعات و مدارات الکترونیکی ابتدایی ، دانش کامپیوتر بتدریج از ریاضیات مستقل شد.

از کامپیوترهای کلاسیک تا کامپیوترهای کوانتومی :

در ۱۹۶۵ «گوردون مور» اظهار کرد که توان کامپیوترها هر دو سال دو برابر خواهد شد. نظریه مور در دهه های ۶۰ و ۷۰ میلادی تقریباً درست بود. اما از ابتدای دهه ۸۰ میلادی و با سرعت گرفتن این پیشرفتها، شباهت و پرسش هایی در محافل علمی مطرح شد زیرا کوچک کردن ترازیستورها و مجتمع کردن آنها در فضای کمتر نمی تواند تا ابد ادامه داشته باشد .

از کامپیوترهای کلاسیک تا کامپیوترهای کوانتومی :

وقتی اندازه ترانزیستورها به ابعاد اتمی نزدیک می شود، دیگر قوانین حاکم بر فیزیک کلاسیک بر رفتار اتم ها حاکم نیست. به طور مثال کسی نمی داند یک الکترون در زمان مشخصی دقیقاً در کجا قرار دارد یا کسی نمی تواند به درستی تشخیص دهد که الکترون در یک سیم به کجا می رود. یعنی وقتی به ابعاد اتمی نزدیک می شویم، فیزیک کوانتومی رفتار اتم ها را توضیح می دهد و دیگر قوانین کلاسیک کاربرد ندارد.

از کامپیوترهای کلاسیک تا کامپیوترهای کوانتومی :

پایه اطلاعاتی در محاسبات کلاسیک بیت نامیده می شود و می تواند تنها یکی از دو رقم مجاز صفر و یک را در خود نگه دارد. در محاسبات کوانتومی هم چنین پایه ای معرفی می شود که آنرا کیوبیت (qubit) یا بیت کوانتومی می نامند. براساس الگوریتم کوانتومی می توان با استفاده از کامپیوترهای کوانتومی، یک عدد را با سرعت فوق العاده یی به مقسوم علیه های اول آن تجزیه کرد. اگر برای انجام عمل ریاضی مشابهی از کامپیوترهای فعلی استفاده کنیم، با افزودن هر رقم به عدد مورد نظر سرعت کامپیوتر برای حل مساله به نصف کاهش می یابد. در کامپیوترهای کوانتومی صفر و یک ها جای خود را از میدان مغناطیسی به یک خصوصیت کوانتومی ماده به نام «اسپین» می دهند. اسپین را می توان به جهت چرخش یک ذره تشبیه کرد. مثلاً بنابر قوانین کوانتومی از دو الکترون اتم هلیوم، اگر یکی اسپین مثبت باشد، دیگری حتماً اسپین منفی است. در نتیجه می تواند ابزار بسیار مناسبی برای ذخیره سازی صفر و یک باشد.

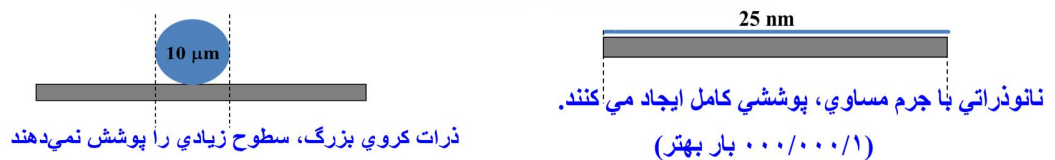
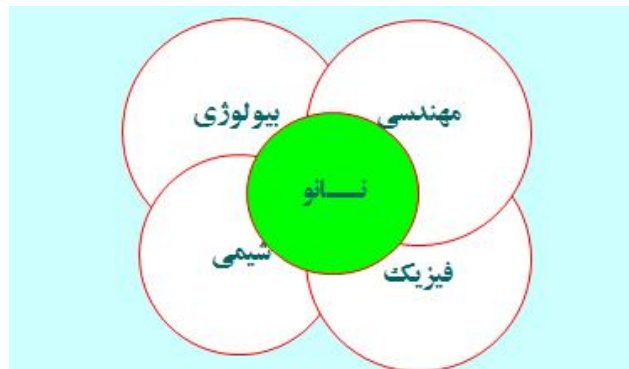
چهار نسل فناوری نانو

دیدگاه رشد نسل به نسل

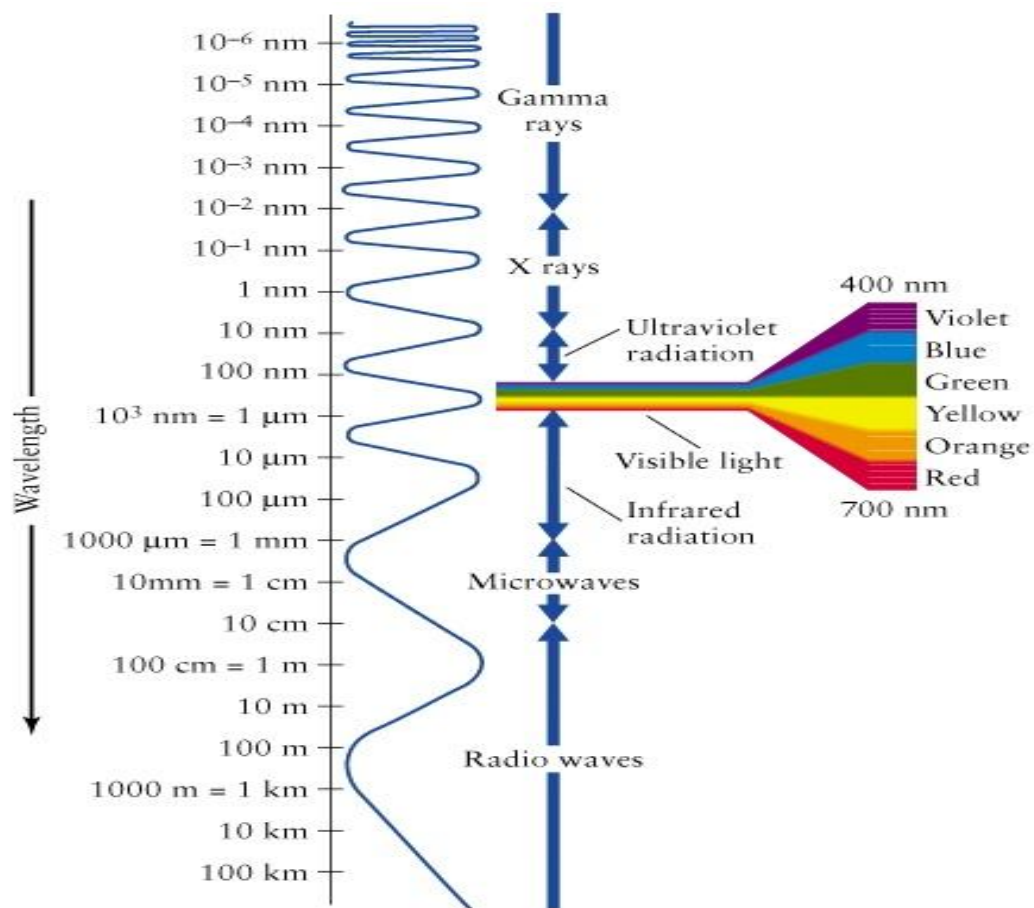


جایگاه نسبت به علوم دیگر

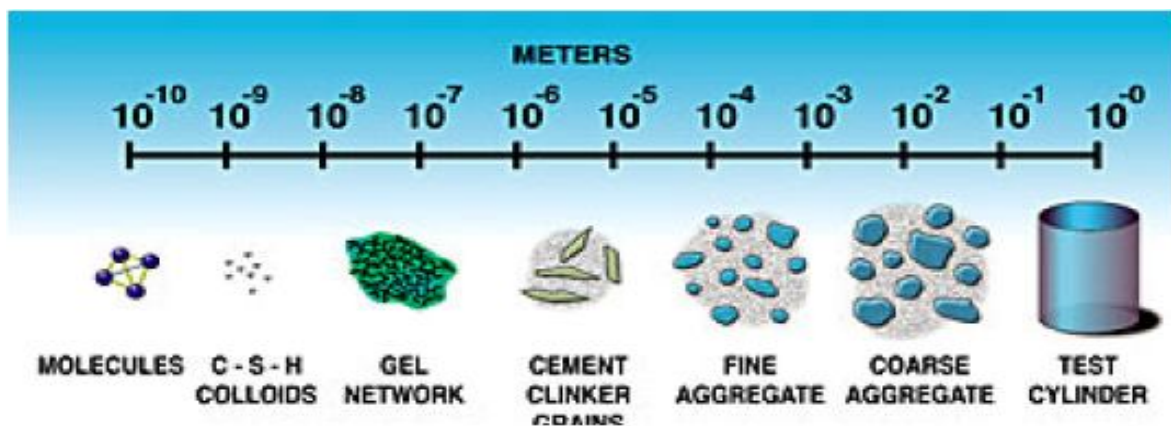
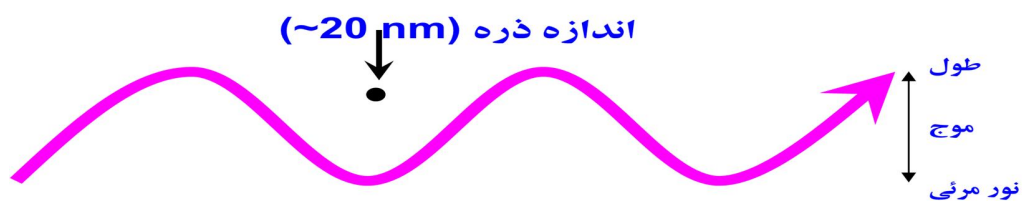
فناوری نانو دانش بین رشته ای است



اندازه ذرات (نانومتر)	اتمهای سطحی (درصد)
۲۰	۱۰
۱۰	۲۰
۲	۸۰
۱	۹۰



درک ابعاد



اثرات مقیاس نانو

- افزایش سطح

۲-تغییر خواص فیزیکی

ما برای هر ماده، یکسری خواص فیزیکی خاص می‌شناسیم. در صورتی که این خواص، تابع عواملی است.

عوامل موثر در دمای ذوب

- اثرات محیطی
- فشار
- اجزا یا ناخالصی ها
- اثرات ساختاری
- اندازه دانه ها

۳- تغییر خواص شیمیایی

- امکان تغییر در جدول تناوبی

IA																IIA																IIIB																IVB																VB																VIB																VIIB																VIIIB																IB																IIB																IIIA																IVA																VA																VIA																VIIA																VIIIA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1 H 1.0079																2 He 4.0026																3 Li 6.941																4 Be 9.0122																5 B 10.81																6 C 12.011																7 N 14.007																8 O 15.999																9 F 18.998																10 Ne 20.179																11 Na 22.990																12 Mg 24.305																13 Al 26.982																14 Si 28.086																15 P 30.974																16 S 32.06																17 Cl 35.453																18 Ar 39.948																19 K 39.098																20 Ca 40.08																21 Sc 44.956																22 Ti 47.90																23 V 50.941																24 Cr 51.996																25 Mn 54.938																26 Fe 55.847																27 Co 58.933																28 Ni 58.71																29 Cu 63.546																30 Zn 65.38																31 Ga 69.72																32 Ge 72.59																33 As 74.922																34 Se 78.96																35 Br 79.904																36 Kr 83.80																37 Rb 85.468																38 Sr 87.62																39 Y 88.906																40 Zr 91.224																41 Nb 92.906																42 Mo 95.94																(98)																43 Tc 101.07																44 Ru 101.07																45 Rh 102.91																46 Pd 106.4																47 Ag 107.87																48 Cd 112.41																49 In 114.82																50 Sn 118.69																51 Sb 121.75																52 Te 127.60																53 I 126.90																54 Xe 131.30																55 Cs 132.91																56 Ba 137.33																57 La 138.91																58 Ce 140.12																59 Pr 140.91																60 Nd 144.24																61 Pm (145)																62 Sm 150.4																63 Eu 151.96																64 Gd 157.25																65 Tb 158.93																66 Dy 162.50																67 Ho 164.93																68 Er 167.26																69 Tm 168.93																70 Yb 173.04																71 Fr 223																72 Ra 226																73 Ac (227)																74 Th 232																75 Pa 231																76 U 238																77 Np 237																78 Pu 244																79 Am 243																80 Cm 247																81 Bk 247																82 Cf 251																83 Es 254																84 Fm 257																85 Md 258																86 No 259																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Alkali Metals																Alkaline Earth Metals																Transition Metals																Other Metals																Nonmetals																Noble Gases																Inner Transition Metals																Gaseous State																Liquid State																Solid State																Synthetically Prepared																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
* Name Not Officially Assigned																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

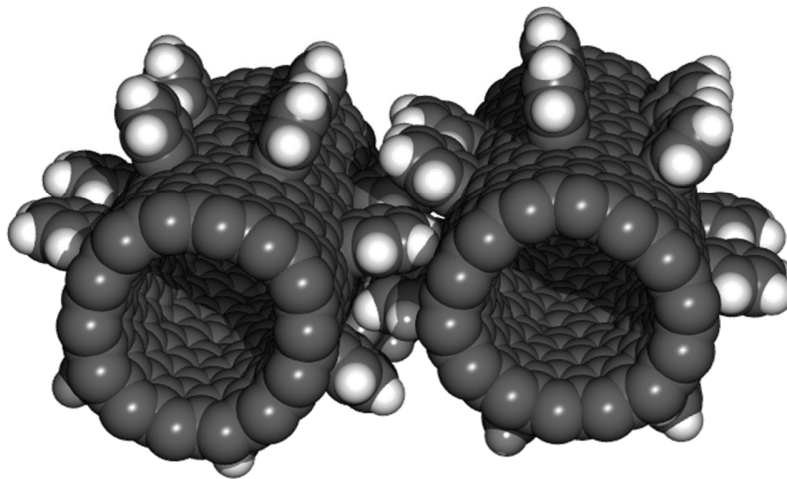
فناوری های متعارف (میکرو تکنولوژی) - ساخت بالا به پایین

- مصرف بالای مواد
- مصرف انرژی
- خواص ثابت
- محدودیت های فیزیکی

ساخت بالا به پایین



ساخت پایین به بالا

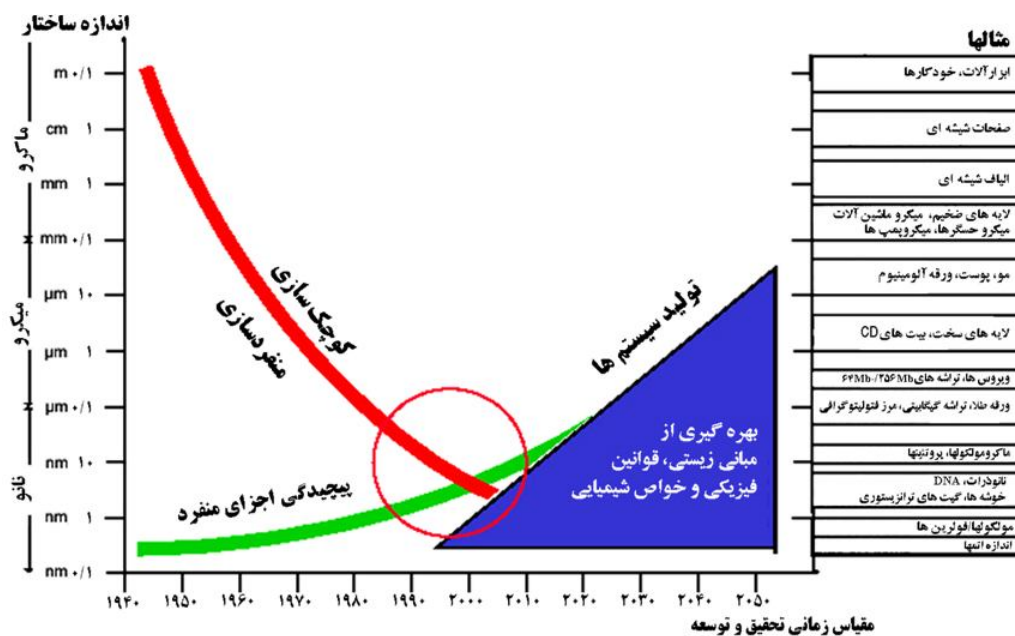


فناوری نانو - ساخت پایین به بالا

افزایش کنترل

خواص جدید

کاهش مصرف انرژی



تلاقی در رویکردها

مزایای توسعه فناوری نانو

تسريع روندهای موجود
کاربردهای ذاتاً انقلابی و ناشناخته

افزایش دوام مواد

- افزایش بسیار زیاد عمر و کیفیت لاستیک با استفاده از نانوذرات کربنات کلسیم (کاهش مصرف مواد، کاهش آلایندهی محیط زیست)

کاهش مصرف مواد

- کاهش ۲۵ درصدی مصرف سیمان با استفاده از ذرات نانومتری سیلیکا (کاهش وزن و افزایش دوام تاسیسات ساختمانی)

ظرافت ، زیبایی



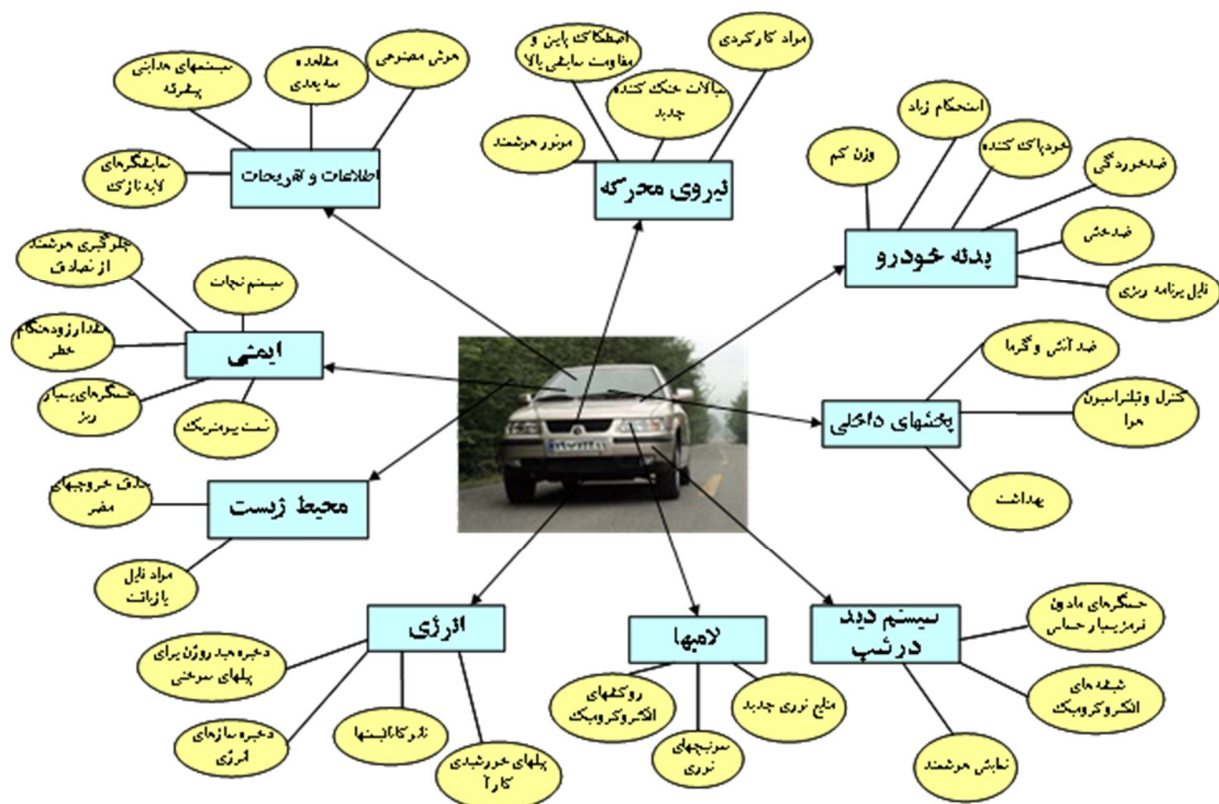
استحکام مکانیکی بالا



طول عمر زیاد



- رنگ خود تمیز شونده
- رنگ ضد خراش
- رنگ مقاوم به خوردگی
- رنگ جلادهنده
- رنگ های آنتی باکتریال
- رنگ های فوتوکاتالیست



پارچه های ضد آب و ضد چروک

- ضد آب و چروک شدن در عین حفظ لطافت (افزودن خاصیت به پارچه های کتان)
- بی نیازی از شستشوی لباسها
- حذف بوی عرق لباس ورزشکاران (لباسهایی ضد آب با قابلیت عبور هوا و بخار آب)

پارچه های آنتی باکتریال

- پارچه ضد عفونی کننده با استفاده از افزودن نانوذرات نقره در پارچه
- کاربردهای پزشکی، نظامی

- عرق پای ورزشکاران ناشی از قارچهایی است که بین پنجه پا و چین و چروک پوست جمع می شوند.
- نانوذرات نقره از رشد باکتری ها و قارچ ها جلوگیری نموده و بدین وسیله از چرب و بدبو شدن پا جلوگیری می کند.



شیشه و سرامیک خود تمیز کننده

- شیشه و سرامیک با پوششی از نانوذرات فوتوکاتالیستی اکسید تیتانیوم
- حذف هزینه، زمان و مواد شوینده برای شستشوی شیشه های ساختمان های بلند
- کاهش آلودگی های زیست محیطی
- شیشه های ضد مه
- بهبود دید در رانندگی
- شیشه های ضد UV

الکترونیک

افزایش قدرت پردازنده ها تا هزاران برابر

- بهره گیری از مکانیک کوانتوم
- هر بیت مغناطیسی در آن واحد یا یک (۱) است یا صفر (۰) اما هر بیت کوانتومی در آن واحد می تواند هم یک باشد هم صفر

افزایش ظرفیت ذخیره اطلاعات

- به کمک جزایر نانومتری روی هارد دیسک ها
- افزایش رسانایی سیم های نانومتری تا هزاران برابر
- رسانایی ۱۰۰۰ برابر مس در نانولوله های کربنی
- نمایشگرهای بسیار شفاف با زاویه دید ۱۸۰ درجه
- استفاده از خاصیت گسیل میدان نانولوله های کربنی

پزشکی

دارورسانی با نانوذرات

- هدف قرار دادن سلولهای مریض با نانوذرات حاوی دارو و رساندن دارو به آنها
- کاهش بسیار زیاد در مصرف دارو
- افزایش دقت در درمان
- حذف عوارض جانبی

تشخیص دقیق و سریع

- تشخیص سرطان
- تشخیص عوامل مختلف به طور همزمان (chip-a-on-Lab)
- ساخت اندام های سازگار با بدن
- پوشش های دندان مقاوم و شفاف
- باندهای شفاف با خاصیت گذردهی هوا (بی نیاز از تعویض)
- کرم های ضد آفتاب بدون سفید کنندگی پوست

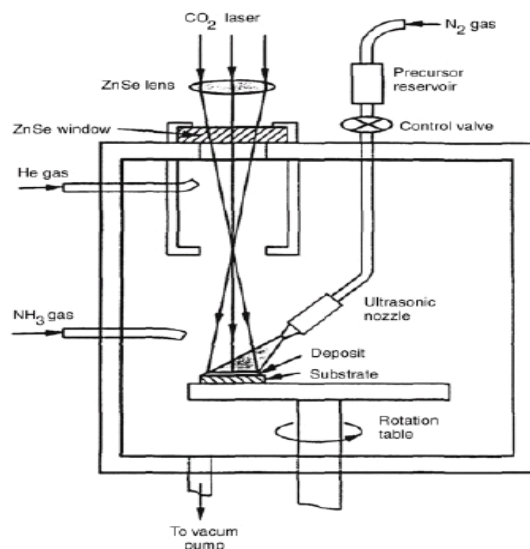
انرژی تولید، توزیع و مصرف

- ذخیره هیدروژن در نانولوله ها
- صفحات خورشیدی، سطح ویژه بسیار بالا برای استفاده از انرژی خورشیدی
- باتری، استفاده از نانولوله ها برای افزایش سطح ویژه
- انتقال نیرو، کاهش اتلاف انرژی با استفاده از ابر رساناها

عایق کاری، کاهش اتلاف حرارت با عایق های ابروژل

کاتالیست، افزایش راندمان واکنشها با استفاده از نانو کاتالیستها

فیلتراسیون و غشا، استفاده از نانوفیلترها در کنار یا به جای واحدهای شیرین سازی گاز (واحد آمین)
روان کننده ها، کاهش چشمگیر اصطکاک با استفاده از افزودنی های فولرینی به روغن موتور
کامپوزیت،



ساختن از بالا به پایین و از پایین به بالا

از اهداف مهم فناوری نانو – و شاید مهم‌ترین آنها – به وجود آوردن ساختارهایی از مواد است که در آنها آرایش مولکول‌ها از پیش طراحی شده باشد. روش‌های مرسوم تولید، مثل روش ذوب فلزات و سرد کردن آنها در قالب، چنین امکانی را فراهم نمی‌کنند. پس چگونه می‌توان چنین ساختارهایی را به وجود آورد؟ این مقاله می‌خواهد به همین سؤال پاسخ بگوید. فرض کنید تعدادی آجر خانه‌سازی دارید و می‌خواهید با آن چیزی – بهتر است بگوییم «ساختاری» – مانند شکل ۱ بسازید.



شکل ۱

چگونه این کار را انجام می‌دهید؟ احتمالاً روش شما هم با ما یکی است: چهار آجر دو در دو را کنار هم می‌گذارید و بعد چهار آجر دو در دو دیگر را به صورت عمودی به آنها متصل می‌کنید تا ساختار مورد نظر شکل بگیرد. بسیار خوب، حالا فرض کنید که وقتی آجرهای خانه‌سازی را از فروشگاه می‌خرید، آنها به شکل یک مکعب بزرگ پیش‌ساخته مثل شکل دو باشند.



شکل ۲

حالا اگر بخواهیم به شکل یک برسیم چه کنیم؟ اجازه دهید جواب را ما به روش خودمان بدهیم: آجرهای اضافی مکعب بزرگ را حذف کنید تا شکل یک کم کم خودش را نشان بدهد. (مثل شکل ۳)



شکل ۳

در روش اول با استفاده از قطعات کوچک یک قطعه بزرگتر ساختیم. به این روش، «ساختن از پایین به بالا» می‌گوییم. در روش دوم قطعات زائد یک قطعه بزرگ را حذف کردیم تا به ساختار مورد نظر برسیم. به این روش، «ساختن از بالا به پایین» می‌گوییم. حالا فرض کنید یک ساختار جدید برای ساختن پیشنهاد شود، مثل شکل ۴.



شکل ۴

سؤال: از کدام روش برای ساختن این ساختار استفاده کنیم؟ نظر شما چیست؟

اوضاع کمی پیچیده شد، اما غم به خود راه ندهید! این مقاله برای ساده کردن همین پیچیدگی نوشته شده است. یکی از عوامل تعیین کننده جواب، این است که ماده‌ی اولیه‌ی ما به چه شکل است؟ اگر ماده‌ی دم دست ما تعدادی قطعه‌ی کوچک و ریز باشد، از روش پایین به بالا استفاده می‌کنیم؛ اگر ماده‌ی اولیه یک قطعه‌ی بزرگ باشد، از روش بالا به پایین استفاده می‌کنیم. در عین حال، ممکن است هر دو روش هم به کار رود. مثلاً اگر ماده‌ی اولیه برای ساختن شکل پنج به صورت مکعب بزرگی با آجرهای دو در چهار، یعنی همان شکل دو باشد، نمی‌توان با حذف بعضی آجرها مستقیماً به ساختار نهایی رسید. در این حالت، می‌توانیم آجرهای بالا و پایین ساختار شکل چهار را برداریم (ساختن از بالا به پایین) و بعد دو آجر دودردوی مورد نیاز را به جای آنها متصل کنیم. (ساختن از پایین به بالا)



شکل ۵

در صنعت هم از هر دو روش با هم استفاده می‌شود. به مثال‌های زیر توجه کنید:

یک نجار می‌خواهد مجسمه‌ای چوبی بسازد. او یک قطعه‌ی بزرگ چوب را برمی‌دارد و با رنده و سوهان آن را می‌تراشد و پرداخت می‌کند تا مجسمه ساخته شود. این کدام روش است؟

نجار می‌خواهد یک صندلی بسازد. او پایه‌های میز و قطعات مربوط به تکیه‌گاه صندلی را جداگانه می‌سازد و بعد آنها را به هم متصل می‌کند. این کدام روش است؟

حالا به نانوفناوری فکر کنید: به نظر شما کدام روش ساختن در نانوفناوری کاربرد دارد؟

تا چند سال پیش، راه دست‌کاری و جابه‌جا کردن تک‌مولکول‌ها و ساختارهای نانویی یک‌طرفه بود. یعنی برای ساختن چیزها در مقیاس کوچک، می‌بایست یک قطعه‌ی بزرگ‌تر را با تراشیدن و خرد کردن یا حل کردن بخش‌های اضافی با اسید و... آن‌قدر کوچک می‌کردیم تا به قطعه‌ی نهایی برسیم. به عبارت دیگر، روش تولید ساختارهای کوچک، از نوع بالا به پایین بود.

در چند سال اخیر فناوری ابداع شده‌اند که اجازه می‌دهند مولکول‌ها یا ذرات نانویی را جابه‌جا و آنها را به هم متصل کنیم. مثل جابه‌جا کردن ذرات نانویی با میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) یا فنون ساختن نانولوله‌های کربنی. این فوت و فن‌ها در مجموع روش ساختن از پایین به بالا هستند.

فنون گفته‌شده در بالا، برای ساختن محصولات که بسیار کوچک‌اند مناسب به نظر می‌رسند، اما اگر بخواهیم یک دیوار چندسنتی‌متری یک‌دست را به این روش بسازیم، چند ده سال طول می‌کشد تا مولکول‌ها را تک‌تک کنار هم بچینیم و دیوار مورد نظر

را بسازیم. در عین حال، اگر بخواهیم دیوار را با استفاده از مواد موجود، مانند فلزات و سنگ‌های ساختمانی، بسازیم، دیوار یک‌دست و منظم نخواهد بود. (مقاله‌ی نانوفناوری چیست؟، ساختار مواد و عیوب کریستالی را ببینید.) پس چه کار کنیم؟ پیدا کردن فنون تولید مناسب در نانوفناوری موضوعی است که در چند سال اخیر به‌شدت مورد توجه محققان و دانشمندان بوده است. در واقع، در نانوفناوری هم از روش ساختن از بالا به پایین استفاده می‌شود (به کمک فنونی مانند لیتوگرافی و آسیاب کردن ذرات) و هم از روش ساختن از پایین به بالا (به کمک فنونی مانند خودآرایی یا رسوب‌دهی بخار). منتظر مقاله‌های بعدی باشگاه نانو در این موضوع باشید.

لیتوگرافی، هنر ساختن در ابعاد کوچک

توسعه نانوفناوری بستگی به توان محققان در تولید کارآمد ساختارهایی با ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر (کمتر از یک هزارم قطر موی انسان) دارد.

فوتولیتوگرافی، فناوری‌ای است که هم‌اکنون برای ساخت مدار روی میکروچیپ‌ها به کار گرفته می‌شود. کاربرد این فناوری را می‌توان به تولید نانو ساختارها تعمیم داد، ولی تغییرات لازم بسیار گران و از نظر تکنیکی دشوارند. روش‌های ساخت سیستم‌های نانومتری دو دسته‌اند: بالا به پایین که با کندن مولکول‌ها از سطح ماده صورت می‌گیرد و پایین به بالا که با نشاندن اتم‌ها و مولکول‌ها در کنار هم ساختار نانویی به وجود می‌آورد.

لیتوگرافی نرم و لیتوگرافی قلمی دو مثال از روش‌های مربوط به بالا به پایین هستند. محققان با استفاده از روش‌های پایین به بالا در حال ساخت نقاطی کوانتومی هستند که می‌توانند به عنوان رنگ‌های بیولوژیک به کار روند.

یادتان هست آخرین بار کی رایانه‌تان را ارتقا داده‌اید یا به جای رایانه کُندِ قدیمی، رایانه جدیدی گرفته‌اید؟ اگر سرعت پردازنده‌ها را بر اساس سالی که اولین بار به بازار عرضه شدند یادداشت کنید، شما هم می‌توانید با رسم یک نمودار در کاغذ نیم‌لگاریتمی، به کشف دوباره «قانون مور» نائل آید! قانون مور نشان می‌دهد که از سال ۱۹۷۰ تا کنون، سرعت پردازنده‌ها هر ۱۸ ماه دو برابر شده است.

سرعت یک پردازنده ارتباط مستقیمی با تعداد ترانزیستورهای به کاررفته در مدار مجتمع آن دارد. فکر می‌کنید اندازه پردازنده سریع امروز شما از پردازنده کُندِ سه سال پیش بزرگتر است؟ مسلم است که نه! علت این رشد سرسام‌آور، پیشرفت فناوری و قابلیت دسترسی بشر به توان طراحی و گنجاندن تعداد بیشتری ترانزیستور در واحد سطح است. این رقم برای پردازنده‌های امروزی به بیشتر از ۱۰ میلیارد ترانزیستور در یک سانتیمتر مربع می‌رسد. می‌توانید طول یک ترانزیستور را تخمین بزنید؟ اگر به عدد ۱۰۰ نانومتر رسیده‌اید، محاسبه شما درست است. اما ۱۰۰ نانومتر طول رشته‌ای است که فقط از ۵۰۰ اتم سیلیکون تشکیل شده باشد. با این

اطلاعات فکر می‌کنید آیا باز هم بشر قادر است به این رشد سریع ادامه دهد؟

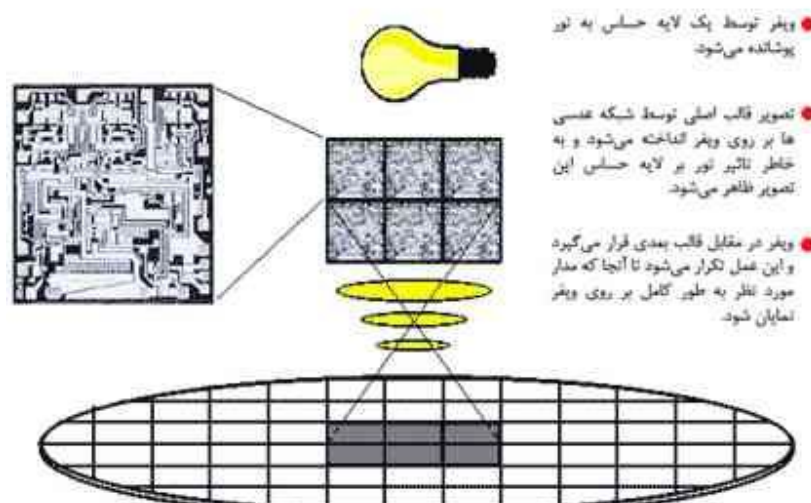
اگر بخواهیم به همین ترتیب پیش برویم، تا سال ۲۰۱۰ طول هر ترانزیستور از ۵۰ اتم و تا سال ۲۰۱۵ حتی از ۵ اتم هم کمتر خواهد شد. همین واقعیت است که ایده ساختن نانو ساختارها با ابعاد چند اتم را هم برای دانشمندان و هم برای شرکت‌ها بسیار جذاب کرده است.

روش معمول تولید

در سال‌های اخیر دانشمندان روش‌های مختلفی برای ایجاد نانو ساختارها پیدا کرده‌اند، اما این روش‌ها در حال حاضر در مرحله آزمون کارایی و توانمندی‌اند. «فُتولیتوگرافی»، فناوری‌ای که امروزه برای ساخت پردازنده‌های رایانه و می‌توان گفت تمام انواع مدارهای مجتمع به کار گرفته می‌شود، قابلیت ارتقا برای تولید ساختارهایی در ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر دارد. اما انجام این کار بسیار مشکل،

گران و پردردسر است. برای پیدا کردن روش های جایگزین، محققان ساخت سیستم های نانومتری، در حال بررسی هزاران ایده و صدها روش هستند، تا شاید یکی از آنها جواب بدهد. ابتدا به سراغ سودمندی ها و کاستی های فتولیتوگرافی می رویم. تولید کنندگان مدارهای مجتمع در دنیا از این شیوه بسیار کارآمد برای تولید بیش از ۱۰ میلیارد ترانزیستور در هر ثانیه استفاده می کنند. ارزش تولیدات صنعتی با استفاده از تنها این یک فناوری، به بیش از ۱۴۰ میلیارد دلار در سال می رسد. فتولیتوگرافی در اصل تعمیم یافته عکاسی است. ابتدا چیزی شبیه نگاتیو عکاسی از شیمای مدار مجتمع تهیه می شود. این نگاتیو – که در اینجا «ماسک» نامیده می شود – برای تکثیر طرح بر روی هادی ها و نیمه هادیها به کار گرفته می شود. تهیه نگاتیو به سادگی عکاسی نیست، اما با داشتن آن می توان به راحتی هزاران نسخه تکثیر کرد. بنابراین، روند کار به دو بخش اصلی تقسیم می شود: اول تهیه ماسک (که می تواند گند و هزینه بر باشد)، و دوم استفاده از ماسک برای تهیه نسخه های بعدی (که باید سریع و ارزان باشد) تولید ماسک یک قطعه رایانه ای، ابتدا شیمای مدار در مقیاس به نسبت بزرگ طراحی می شود. سپس این طرح به صورت لایه نازکی از فلز (اغلب کروم) روی صفحه شفاف (اغلب شیشه یا سیلیکون) درمی آید که در مجموع به آن «ویفر» گفته می شود.

فرایند فتولیتوگرافی

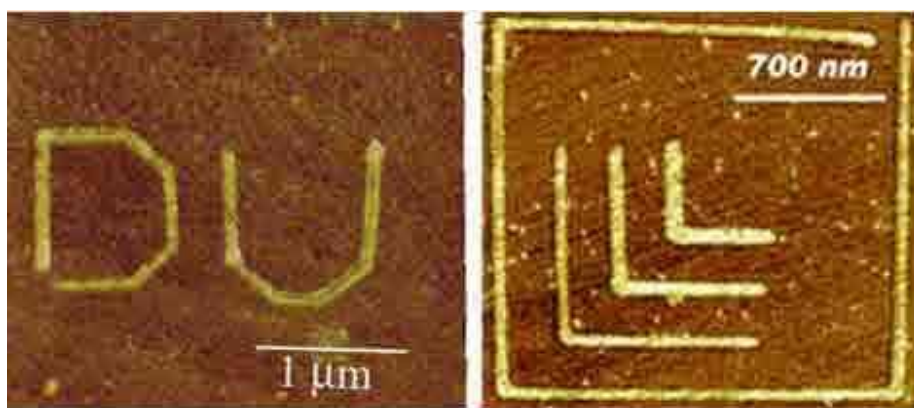


سپس فتولیتوگرافی، در فرآیندی شبیه آنچه در تاریکخانه عکاسی اتفاق می افتد، ابعاد طرح را کوچک می کند. برای این کار یک دسته پرتو نور (اغلب نور فرابنفش یک لامپ جیوه) از ماسک عبور می کند و با استفاده از یک عدسی، تصویری روی سطح سیلیکون تشکیل می دهد. روی سیلیکون با لایه ای از جنس پلیمرهای آلی حساس به نور (فتورزیست) پوشانده شده است. قسمت هایی که نور دیده اند در فرآیند تثبیت حذف می شوند و طرحی معادل طرح اولیه روی سطح سیلیکون پدیدار می شود. سؤال این است: چرا از فتولیتوگرافی برای تولید نانو ساختارها استفاده نکنیم؟ دو محدودیت در مقابل این فناوری وجود دارد. اول اینکه کوچک ترین طول موج فرابنفشی که در فرآیند تولید استفاده می شود ۲۵۰ نانومتر است. سعی در تهیه ساختارهای با ابعاد کمتر از این طول موج، مانند سعی در خواندن نوشته های بسیار ریز است. پدیده «پراش» باعث محو شدن نوشته ها می شود.

اگر تا کنون پدیده پراش را ندیده اید کافی است از شکاف لابه لای انگشتان دستتان به یک لامپ مهتابی نگاه کنید. نوارهای تیره و روشنی که می بینید خاصیت موجی نور و پراشیده شدن آن را نشان می دهد. پلت ذیل پدیده پراش را نشان می دهد برای دیدن آن نیاز به نصب برنامه جاوا دارید

پیشرفت‌های تکنیکی مختلف، محدودیت‌های فتولیتوگرافی را کمی عقب رانده‌اند. کوچک‌ترین ساختارهایی که تولید انبوه شده‌اند، ابعادی در حدود ۱۰۰ نانومتر دارند. با این حال، این ابعاد هنوز برای دستیابی به بسیاری خواص جالب نانو ساختارها به اندازه کافی کوچک نیستند.

محدودیت دوم هم پیامد محدودیت اول است. چون از نظر تکنیکی تولید این ساختارها با نور بسیار دشوار است، انجام این کار بسیار گران تمام می‌شود. ابزارهای لیتوگرافی که برای ساخت عناصری با ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر به کار می‌روند هر کدام ۱۰ تا ۱۰۰ میلیون دلار - یعنی در حدود ۱۰ تا ۱۰۰ میلیارد تومان - قیمت دارند. صرف این هزینه شاید برای تولید کنندگان منطقی نباشد، اما برای فیزیک‌دان‌ها، زیست‌شناسان، مهندسان مواد و شیمی‌دان‌ها که برای بررسی خواص سیستم‌های نانومتری به تولید ساختارهای با طراحی خودشان نیاز دارند، ضروری است.



نمونه‌هایی از نانولیتوگرافی، به مقیاس‌ها دقت کنید.

نانوچیپ‌های آینده

صنعت الکترونیک به طور جدی به دنبال پیاده کردن روش‌های جدید ساخت سیستم‌های نانومتری است تا بتواند به روند ساختن ابزارهای کوچک‌تر، سریع‌تر و ارزان‌تر ادامه دهد. طبیعی است که در قدم اول باید تلاش کنیم تا روش‌های موجود برای میکروالکترونیک را به نانو الکترونیک تعمیم دهیم. اما همان‌طور که گفتیم، استفاده از روش معمول فتولیتوگرافی در ابعاد ریزتر، بسیار دشوارتر است. به همین علت، تولید کنندگان قطعات رایانه به دنبال فناوری‌های جایگزین برای ساخت نانوچیپ‌ها در آینده هستند. لیتوگرافی پرتو الکترونی، یکی از جایگزین‌های پیش رو است. در این روش، طرح مدار با استفاده از پرتو الکترون روی لایه نازکی از پلیمر نوشته می‌شود. پرتو الکترون در ابعاد اتمی پراشیده نمی‌شود، بنابراین لبه‌های طرح دیگر ناخوانا نیستند. محققان از این روش برای ترسیم خطوطی با پهنای چند نانومتر روی سطح سیلیکون آغشته به فوتورزیست استفاده کرده‌اند. با این حال، ابزارهای پرتو الکترونی که امروزه وجود دارند، برای تولید انبوه در صنعت مناسب نیستند. زیرا این روش کند است؛ کاری شبیه نسخه‌برداری از روی یک نوشته با دست.

اگر الکترون‌ها جوابگو نیستند، پس چه باید کرد؟ یک جواب دیگر، استفاده از اشعه ایکس با طول موجی بین ۰/۱ تا ۱۰ نانومتر یا نور فرافرابنفش با طول موج بین ۱۰ تا ۷۰ نانومتر است. کوچک‌تر بودن طول موج این نورها از طول موج نور فرابنفش که اینک در فتولیتوگرافی استفاده می‌شود، تأثیر پراش را کمتر می‌کند. با این حال، این فناوری‌ها هم مشکلات خاص خودشان را دارند. عدسی‌های معمولی نور در برابر نور فرا - فرابنفش دیگر شفاف نیستند و اشعه ایکس را متمرکز نمی‌کنند. در عین حال، انرژی زیاد این پرتوها به سرعت به مواد تشکیل‌دهنده ماسک و عدسی‌ها آسیب می‌رساند. اما صنعت میکروالکترونیک، ترجیح می‌دهد از تعمیم

روش‌های موجود برای تولید نانوچیپ‌ها استفاده کند. بنابراین، این روش‌ها به طور جدی در حال توسعه‌اند. بعضی از این روش‌ها – مثلاً استفاده از فتولیتوگرافی پیشرفته فرا – فرابنفش برای ساخت مدار مجتمع – ممکن است به روش‌های پروتق تجاری تبدیل شوند. با این حال، با این روش‌ها نانوچیپ‌های ارزان ساخته نمی‌شوند و نمی‌توان نانو فناوری را در دسترس تعداد بیشتری از مهندسان و دانشمندان قرار داد.

نیاز به سیستم‌های ساده‌تر و ارزان‌تر ساخت ابزار نانومتری، دانشمندان را به جست‌وجوی روش‌هایی متفاوت از آنچه در صنعت الکترونیک به کار می‌رود، ترغیب کرده است. «لیتوگرافی نرم» یکی از این روش‌هاست که بیشتر شبیه ساختن یک مهر لاستیکی از طرح مدار و چاپ آن با تماس مکانیکی است. روش دیگر که از میکروسکوپ نیروی اتمی استفاده می‌کند لیتوگرافی قلمی نام دارد که شبیه نوشتن با جوهر و پر قو است. دسته دیگری از روش‌ها که به روش‌های «پایین به بالا» معروف‌اند، با رویکردی به کل متفاوت به تولید نانو ساختارها می‌پردازند. در این روش‌ها اتم‌ها یک‌به‌یک در کنار هم قرار می‌گیرند تا ساختار مورد نظر ما را تشکیل دهند. در مقاله‌های بعدی به شرح مفصل‌تر این روش‌ها می‌پردازیم.

پروها و پتانسیل‌های اتمی و بین‌مولکولی

از نظر فیزیکی نیروهای، پیوندها یا قیدهای، بین اتم‌ها و مولکول‌ها منشأ حیات و برپاکننده مواد هستند.

آنچه از این فصل می‌آموزیم:

1. مفهوم نیرو و انرژی پتانسیل؛
2. آشنایی با انواع پیوندهای بین اتمی؛
3. آشنایی با نیرو و انرژی پتانسیل بین اتمی ساده؛
4. ارتباط ریاضی بین نیرو و انرژی پتانسیل.

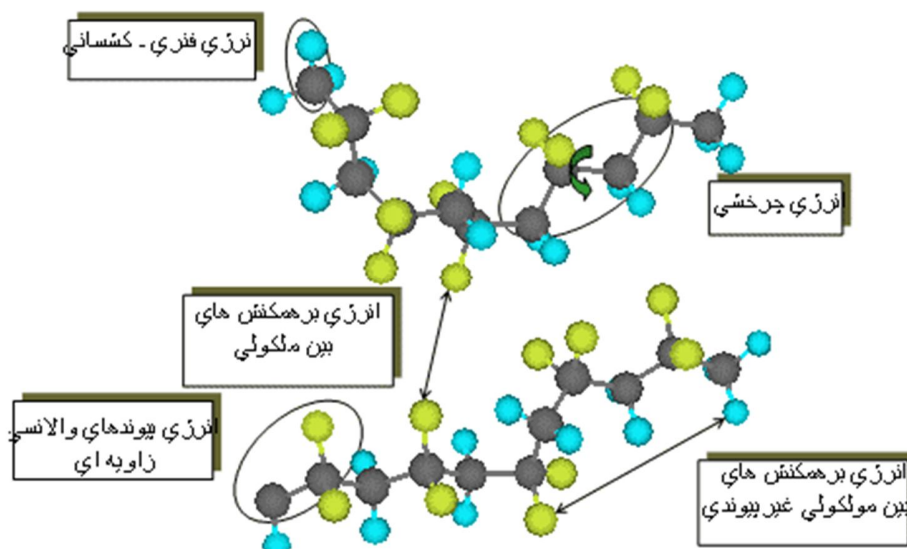
در دنیای پیرامون آنچه دارای حیات است، یا موجودیت دارد، به نوعی از ذراتی (مولکول‌های ریز و درشت) به هم مقید، چه به صورت موضعی و چه بصورت جامع، ساخته شده‌اند. این سخن ریچارد فینمن (پدر فناوری نانو) بسیار جالب و بدیهی به نظر می‌رسد: (به لحاظ نظری، هر ساختار اتمی مولکولی که قوانین بنیادین حاکم بر فیزیک و شیمی را نقض نکند مجاز است، به شرط آن که پایدار باشد).

الف - مروری بر چند مفهوم

برای ورود به بحث، لازم است بعضی از مفاهیم پُر کاربرد را یادآوری کنیم:

نیرو: نیروها تمام اثرات محیط اطراف، شامل اتم‌ها و مولکول‌های اطراف یک جسم (سیستم) بر آن جسم است که بر حرکت و رفتار کلی آن اثر می‌گذارد. در فیزیک و شیمی تا کنون چند نیروی مهم شناخته شده‌اند که باعث گرد هم آمدن مولکول‌ها و اتم‌ها و تشکیل ساختارهای نانومتری و بزرگ‌تر می‌شوند. شما با برخی از این نیروها آشنا هستید.

انرژی پتانسیل: همان‌طور که فنر فشرده شده دارای انرژی نهفته پتانسیل کشسانی است و به محض رها شدن انرژی آزاد می‌کند، مجموعه‌ای از اتم‌ها یا مولکول‌ها هم در کنار یکدیگر دارای انرژی می‌شوند و برای آزاد شدن آن باید تمام پیوندهای به وجود آمده را پاره کرد. انرژی لازم برای از هم گسیختن پیوندها همان انرژی پتانسیل است. در شکل زیر انواع انرژی‌های ساده در پیوندها (یا نیروهای) بین اجزای یک مولکول بزرگ را مشاهده می‌کنید.



(توجه کنید که یک سیستم واقعی، مانند یک مولکول پیچیده و طولیل، دارای انواع و اقسام نیروها و پیوندهای بین اتمی است.) یک بررسی جامع شامل در نظر گرفتن تمام این برهمکنش‌هاست. ولی هنوز قدرت محاسباتی بشر آن قدر نیست که رفتار یک مولکول را به طور کامل شبیه‌سازی و پیش‌بینی کند. این به آن معناست که برای یک مولکول خاص، تمام نیروهای بین اتمی شناخته و شبیه‌سازی نشده‌اند تا مطمئن باشیم که محاسباتمان همان نتیجه‌ای را خواهد داد که در طبیعت از آن مولکول می‌بینیم. بلکه ما تنها تقریب‌هایی از برخی نیروها را به حساب می‌آوریم. شاید برایتان عجیب باشد که تنها مسئله دقیقاً حل شده در فیزیک و شیمی، پیش‌بینی رفتار یک تک‌اتم هیدروژن با یک الکترون تنهاست. مولکول‌های چنداتمی با تعداد الکترون‌های بیشتر، با تقریب‌هایی از پتانسیل‌های بین‌اتمی که «پتانسیل‌های تجربی» نامیده می‌شوند قابل حل‌اند. همچنین این‌طور نیست که پتانسیل یا نیروی بین‌اتمی، جوابگوی تمام خصوصیات فیزیکی و شیمیایی یک مولکول باشد.

ب - انواع پیوندها

به طور ساده، گرد هم آمدن اتم‌ها و تشکیل ساختارهای مولکولی و بلوری خاص به چند نوع پیوند بین‌اتمی زیر تقسیم می‌شوند:

۱. پیوند واندروالسی: که از القای میدان الکتریکی از دوقطبی‌های لحظه‌ای یک اتم به اتم دیگر ناشی می‌شود و به «نیروهای واندروالسی» معروف است. در فواصل دور (بر حسب نانومتر) این نیروها جاذبه و در فواصل نزدیک دافعه‌اند.

۲. پیوند یونی: که در آن با آزاد شدن یک الکترون از یک اتم (مثل سدیم) و ملحق شدن آن به اتم دیگر (مثل کلر) یون‌های غیر هم‌نوع تشکیل می‌شوند. این یون‌ها یکدیگر را مطابق با روابط به‌دست آمده از قانون کولن جذب می‌کنند. نیروی کولنی یک نیروی بلندبُرد است بنابراین، پیوند یونی طول پیوند بلندی دارد.

۳. پیوند کووالانسی: که از به اشتراک گذاشتن الکترون تراز آخر اتم‌ها با یکدیگر تشکیل می‌شود. این پیوند غیر الکترواستاتیکی و معمولاً جهت‌دار است. یعنی وقتی دو اتم می‌خواهند الکترون به اشتراک بگذارند، به خاطر ساختار فضایی جسم از یک جهت خاص به هم نزدیک می‌شوند و جفت الکترون پیوندی در ناحیه بین آن دو و در همان جهت متمرکز می‌شود. چون تعداد اتم‌های شرکت‌کننده در یک جهت ممکن است بیشتر باشد، پس تعداد پیوندها نیز در یک جهت بیشتر از سایر جهات می‌شود. (برای کسب اطلاعات بیشتر باید به ساختار شبکه‌های جامدات در فیزیک حالت جامد یا شیمی عمومی - در کتابی مانند «شیمی عمومی» نوشته مورتیمر مراجعه کنید.)

4. پیوند فلزی: توجه کنید که اتم‌های فلزی با یکدیگر پیوند به معنای گفته شده در بندهای قبل ندارند، بلکه در این قبیل پیوندها الکترون‌های آزاد تراز آخر در سرتاسر جسم فلزی در حال حرکتند و یون‌های مثبت سدهایی (محدود) برای حرکت آنها به طور تناوبی ایجاد می‌کنند. آزادی الکترون‌ها و در قید یون‌های مربوطه نبودنشان – که به نوعی به اشتراک گذاشتن الکترون‌ها با هم است – فلز را به وجود می‌آورد.

5. پیوند هیدروژنی: این پیوند به خاطر به هم خوردن تراکم الکترونی اطراف اتم‌های مولکول‌هایی است که شامل اتم هیدروژن هستند. در سیستم‌های زنده، مثل مولکول DNA و پروتئین‌ها، این نوع پیوند نقش اساسی دارد. توجه کنید که در تشکیل یک ساختار فیزیکی، احتمال حضور چند پیوند به طور یکجا وجود دارد.

پ - برخی نیروهای ساده

در کتاب‌های مکانیک با نیروی فنر (رابطه ۱) و برهمکنش‌های دیگری (مثل برهمکنش کولنی در رابطه ۲) آشنا شده‌اید:

$$F_K = -K(X - X_0) \rightarrow U = \frac{1}{2} K(X - X_0)^2 \quad (1)$$

$$F_q = \frac{-q_i q_j}{4\pi\epsilon_0 r_{ij}^2} \rightarrow U_i = \frac{q_i q_j}{4\pi\epsilon_0 r_{ij}} \quad (2)$$

برای هر کدام از این دو نیرو، یک انرژی پتانسیل وجود دارد که رابطه‌اش را در مقابل هر نیرو آورده‌ایم.

علاوه بر این، انرژی پتانسیل «لنارد - جونز» ناشی از نیروی «واندروالسی» نیز برای شبیه‌سازی‌های مقدماتی مناسب است:

$$F_{l-j} = -\epsilon_{ij} \left[12 \left(\frac{R_{ij}}{r_{ij}} \right)^{12} - 6 \left(\frac{R_{ij}}{r_{ij}} \right)^6 \right] \rightarrow U_{ij} = \epsilon_{ij} \left[\left(\frac{R_{ij}}{r_{ij}} \right)^{12} - \left(\frac{R_{ij}}{r_{ij}} \right)^6 \right] \quad (3)$$

این پتانسیل با محاسبهٔ برهم‌کنش دو قطبی‌های لحظه‌ای و در نظر گرفتن اصول اولیهٔ مکانیک کوانتومی به طور نیمه‌تجربی یعنی با کمک گرفتن از داده‌های تجربی به دست می‌آید. (برای اطلاعات بیشتر به کتاب «فیزیک حالت جامد» نوشتهٔ کیتل مراجعه کنید.) در ملکولی شامل چند پیوند فنری، انرژی کل برای تمام پیوندها به صورت نیروهای فنری، و همین‌طور برهمکنش‌های غیرپیوندی برای تمام جفت‌بارهای الکتریکی، به صورت نیروهای کولنی و نیروهای واندروالسی، جمع زده می‌شود و در نهایت انرژی کل به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

(4)

$$E = \sum_{all\ bonds} \frac{1}{2} K(X - X_0)^2 + \frac{1}{2} \sum_{i,j\ nonbonded} \frac{q_i q_j}{4\pi\epsilon_0 r_{ij}} + \sum_i \sum_{j \neq i} \epsilon_{ij} \left[\left(\frac{R_{ij}}{r_{ij}} \right)^{12} - \left(\frac{R_{ij}}{r_{ij}} \right)^6 \right]$$

علامت Σ برای جمع اول به کلیهٔ پیوندهای فنری مولکول و دو جمع بعدی روی تمام جفت‌نیروهای بین اتم‌های [آبه کار رفته است. ما فقط به این سه نوع انرژی اشاره خواهیم کرد.

در بسیاری از موارد، پایدارماندن یک مولکول، به واسطهٔ همین نیروهای سادهٔ بین‌اتمی ممکن می‌شوند. برای شبیه‌سازی‌های چنین

نیروهایی، باید تسلط خود را در برنامه‌نویسی بالا ببریم. نکته قابل ذکر آن است که ما تنها با دنیای ساده شده‌ای از نیروها و رفتارهای مولکولی سروکار داریم و در نظر گرفتن تمام برهمکنش‌های ممکن در یک سامانه واقعی فعلاً (و شاید هرگز!) امکان‌پذیر نیست. جدول زیر تمام پارامترهای بالا را معرفی می‌کند:

K	ضریب سفتی فنر فرضی بین دو اتم
R_{ij}	پارامتری در پتانسیل لندارد - جونز که برای اتم‌های مختلف متفاوت است و بُعد طول دارد.
q_i	بار یون اتم
X	محل لحظه‌ای اتم نوسانکننده
X_0	محل تعادل نوسانکننده
r_{ij}	فاصله اتم‌های i و j از هم
ϵ	ضریب گذردهی خلأ
π	3/14159

به طور معمول، پتانسیل با روش‌های مختلفی در فیزیک و شیمی ساخته می‌شود، سپس با مشتق‌گیری می‌توان نیروهای مربوطه را پیدا کرد. رابطه ریاضی استخراج نیرو از انرژی پتانسیل در حالت یک‌بُعدی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\vec{F} = -\frac{d}{dx}U \quad (5)$$

در حالت سه‌بُعدی رابطه بالا به صورت زیر درمی‌آید:

$$\vec{F} = -\left(\vec{i} \frac{d}{dx}U + \vec{j} \frac{d}{dY}U + \vec{k} \frac{d}{dZ}U\right) = -\left(\vec{i} \frac{d}{dx} + \vec{j} \frac{d}{dY} + \vec{k} \frac{d}{dZ}\right)U = -\vec{\nabla}U \quad (6)$$

در رابطه اخیر به طور قراردادی برای سهولت کار از «نماد دل» که به صورت زیر تعریف می‌شود، استفاده شده است:

$$\vec{\nabla} = \left(\vec{i} \frac{d}{dx} + \vec{j} \frac{d}{dY} + \vec{k} \frac{d}{dZ}\right) \quad (7)$$

مثال:

می‌خواهیم نیروی فنر (نیروی هوک) یک‌بُعدی را به دست آوریم. برای این کار از انرژی پتانسیل فنری برحسب X مشتق می‌گیریم:

$$F = -\frac{d}{dx}\left(\frac{1}{2}K(X-X_0)^2\right) = -K(X-X_0) \quad (8)$$

جالب است بدانید که امروزه محققان بسیاری به دنبال ساختن پتانسیل‌های بین‌اتمی برای سیستم‌های مختلف – به‌ویژه نانوسیستم‌ها (سیستم‌هایی که حداقل یک بعد نانو متری داشته باشند) – هستند. نشانی زیر، نشانی کتابی است از دانشمندی به نام «ارکوک» که در آن ده‌ها پتانسیل معروف تجربی در علوم که در نانوسیستم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، ذکر شده است:

اما آنچه از نیروها و پتانسیل‌های بین‌اتمی در شبیه‌سازی‌ها به کار می‌آید چنین است:
 پس از مشخص شدن نیروهای بین‌اتمی در یک شبیه‌سازی، نوبت حل عددی معادله نیوتن می‌شود. شما قبلاً در مسئله سقوط آزاد با یک نمونه از حل عددی آشنا شدید، با این حال روند کلی چنین است:
 1. نیروی وارد بر اتم k ام را در معادله نیوتن می‌گذاریم:

$$\begin{cases} \vec{F}_k = -\vec{\nabla}_k U = M_k \vec{a}_k \\ \vec{F}_k = M_k \frac{d^2 \vec{r}_k}{dt^2} \end{cases} \quad (9)$$

طرف راست معادله بالا همان نیروهایی هستند که به کمک روش‌های تجربی یا نیمه تجربی به دست آمده‌اند. ولی طرف چپ که شامل مشتقات مراتب بالا از محل ذره k ام () هستند، باید با یکی از روش‌های عددی حل

شوند. مثلاً در روش اوایلر داشتیم:

$$\vec{a}_k = \frac{d^2 \vec{r}_k}{dt^2} \frac{1}{M_k} \rightarrow \begin{cases} \vec{r}_{k+1} = \vec{r}_k + \vec{v}_k \delta t \\ \vec{v}_{k+1} = \vec{v}_k + \vec{a}_k \delta t \end{cases} \quad (10)$$

رابطه بالا در حالت سه‌بعدی، برای ذره‌ای که در فضا حرکت می‌کند، نوشته شده است.
 3. در هر گام زمانی، محل ذرات و سرعت ذرات به کمک نیروهای وارد بر ذرات به دست می‌آیند.
 4. با داشتن مکان و سرعت ذرات در تمام گام‌های زمانی به کمک ترمودینامیک و سایر مباحث قادریم خصوصیات سامانه مورد بررسی از جمله دمای ذوب، سختی، رسانش الکتریکی و... را پیش‌بینی کنیم. هر یک از این کمیت‌ها باید به طور صریح فرمولی مرتبط با سرعت و محل ذرات داشته باشند.
 در بخش بعدی، این مراحل را برای شبیه‌سازی یک نوسانگر به کار خواهیم برد.

تمرین

1. تحقیق کنید که پیوندهای مذکور در این فصل کدام قوی‌تر و کدام ضعیف‌تر هستند؟ معیار سنجش انرژی پیوندها چیست؟
2. در مورد نیروهای الکترواستاتیکی تحقیق کنید و انرژی الکترواستاتیکی هشت الکترون واقع در گوشه‌های مکعبی به طول واحد را به کمک جمله میانی در رابطه ۴ بیابید.
3. با مشتق‌گیری مستقیم از انرژی پتانسیل معرفی شده در رابطه ۲، به نیروی کولنی برسید (در فضای سه‌بعدی). (از رابطه ۵ کمک

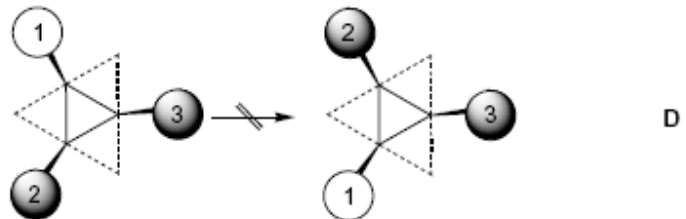
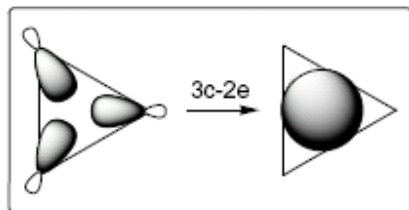
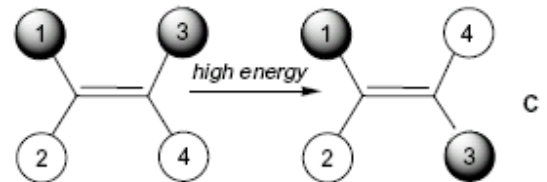
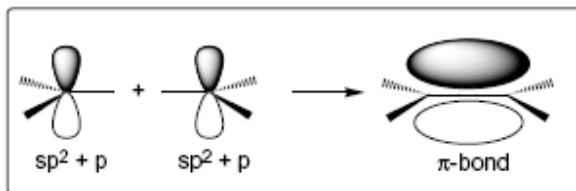
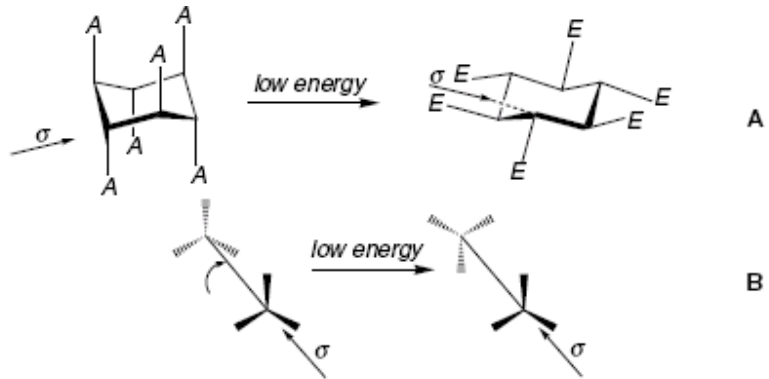
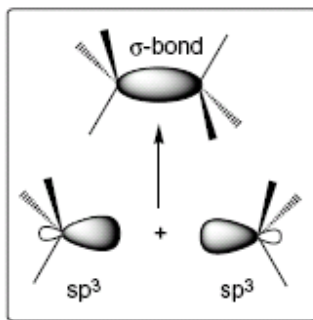
$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2}$$

بگیرید و توجه کنید که

4. مسئله سقوط آزاد را به کمک حالت سه‌بعدی الگوریتم اوایلر بررسی کنید.
- الف معادلات عددی را برای سرعت و محل ذره بنویسید.
- ب - آیا بررسی سه‌بعدی مسئله سقوط آزاد فهم جدیدی در پی دارد؟ چرا؟

$$(F_G = \frac{GM_j M_i}{r^2})$$

۵. چرا نیروی جاذبه گرانشی نیوتن را جزو نیروهای مهم ذکر نکردیم؟



تأثیر فناوری نانو بربر چسبندگی و پیوند کووالانسی و کریستالوگرافی مواد

اهمیت سطح در دنیای نانو

پرسش: چه عواملی را می شناسید که بر خواص مواد تاثیر می گذارند؟

یکی از مواد بسیار پر کاربرد و مهم در صنایع پیشرفته (مانند صنایع تولید انرژی هسته ای)، آب سنگین است. برای آشنا شدن با آب سنگین، لازم است دوتریوم را بشناسیم. شما با اتم هیدروژن آشنا هستید. اتم بسیار کوچکی که ابعادی در حدود ۱ آنگستروم دارد. این اتم شامل یک پروتون مستقر در هسته، و یک الکترون است. اکنون تصور کنید که یک نوترون نیز در کنار این پروتون در هسته قرار داشته باشد، در این صورت ماده حاصل چه خواهد بود؟

آنگستروم یکی از واحدهای اندازه گیری طول است که مقدار آن برابر با ۰.۱ نانومتر است. از این واحد برای بیان اندازه اتمها و پیوندهای اتمی استفاده می شود.

می دانید که عدد اتمی یک عنصر، برابر با تعداد پروتوهای آن اتم است. بنابراین عدد اتمی ماده جدیدی که از افزودن یک نوترون به هیدروژن بدست آوردیم، همانند هیدروژن برابر با یک است. اما از آنجایی که جرم نوترون تقریباً هم اندازه با پروتون است، عدد جرمی این اتم برابر با دو است. یعنی یک اتم هیدروژن با جرمی تقریباً دو برابر. به این اتم، دوتریوم می گوئیم و آن را به عنوان یکی از

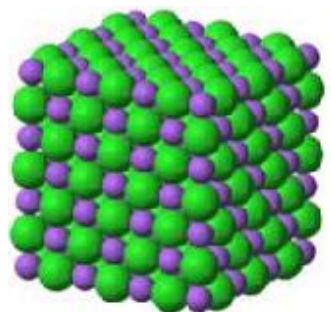
ایزوتوپ‌های هیدروژن می‌شناسیم. در صورتی که این اتم با اکسیژن ترکیب شود، آب سنگین به دست می‌آید. بنابراین علاوه بر تعداد پروتون‌ها و عدد اتمی، تعداد نوترون‌های اتم‌ها و عدد جرمی آنها نیز در تعیین خواص آنها شرکت دارند.

ایزوتوپ‌ها اتم‌هایی هستند که اعداد اتمی (تعداد پروتون) برابر با یکدیگر داشته، اما به دلیل وجود اختلاف در تعداد نوترون‌هایشان، اعداد جرمی (مجموع تعداد نوترون و پروتون) متفاوتی دارند.

علاوه بر این دو مورد، بر اساس مطالبی که در مورد واکنش‌های شیمیایی و یا ساختار اتم‌ها (مدل اتمی) در شیمی خوانده‌ایم، می‌دانیم که حالت ترازهای انرژی الکترون‌های اطراف هر اتم و همچنین تعداد الکترون‌های لایه‌ی آخر آن نیز در تعیین خواص آن اتم یا ماده تاثیر گذار است. این ویژگی می‌تواند نقشی تعیین کننده در ساز و کار ترکیب شدن آن ماده (خواص شیمیایی) داشته باشد. برای مثال خواص یک یون فلزی با اتم آن فلز متفاوت است.

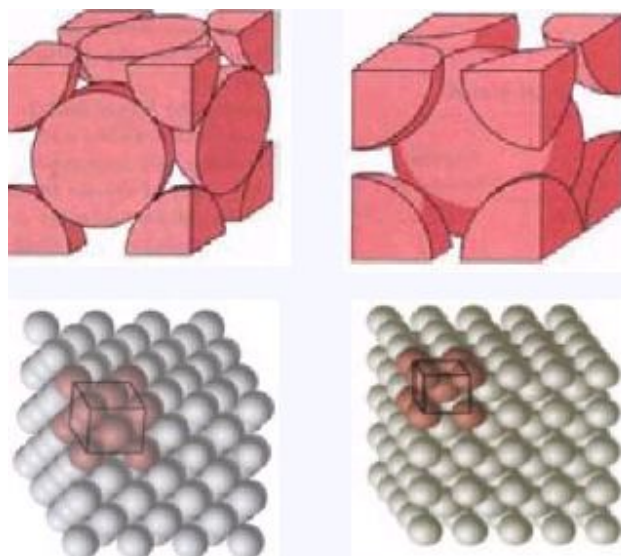
دو دسته یون وجود دارد. کاتیون‌ها اتم‌هایی هستند که الکترون آنها جدا شده و در نتیجه دارای بار مثبت هستند. آنیون‌ها نیز اتم‌هایی هستند که با گرفتن تعدادی الکترون، دارای بار منفی شده‌اند.

تاکنون با نقش سه عامل عدد اتمی، عدد جرمی و آرایش الکترونی ماده در تعیین خواص ماده آشنا شده‌اید. اما موارد دیگری نیز وجود دارد.



شکل (۱) - ساختار بلوری نمک طعام، در این تصویر گلوله‌های بنفش بیانگر اتم‌های سدیم و گلوله‌های سبز بیانگر اتم‌های کلر هستند. این ساختار در قالب بک شبکه‌ی مکعبی شکل گرفته است.

همه ما با ساختار نمک طعام (NaCl) آشنا هستیم (شکل ۱) و شکل مکعبی دانه‌های نمک را در کتب شیمی دیده‌ایم. برخی از ما می‌دانیم که نمی‌توان برای نمک یک مولکول در نظر گرفت. بلکه نمک به شکل یک جامد بلورین است که از قرار گرفتن منظم اتم‌های Na و Cl در کنار یکدیگر به وجود آمده است. به این طرز قرار گرفتن اتم‌های تشکیل دهنده‌ی نمک در کنار یکدیگر، یک شبکه بلوری می‌گوییم. علاوه بر ترکیباتی مثل نمک، عناصر خالص مانند آهن (Fe) نیز می‌توانند در این ساختارهای منظم بلورین قرار بگیرند. آهن یک فلز چند شکلی است. به این معنی که در فشار یک اتمسفر با افزایش دما، شبکه بلوری آن تغییر می‌کند. آهن در دماهای بین صفر مطلق تا ۹۱۲ درجه‌ی سانتی گراد (آهن آلفا یا فریت) ساختار متفاوتی با آهن در گستره‌ی دمایی بین ۹۱۲ تا ۱۳۹۴ درجه سانتی گراد (آهن گاما یا آستنیت) دارد. این تفاوت در شکل ۲ نشان داده شده است.



ب

الف

شکل (۲) - الف - ساختار بلوری آهن آلفا؛ ب - ساختار بلوری آهن گاما

آهن‌های آلفا و گاما خواص متفاوتی از یکدیگر دارند. بنابراین می‌توان گفت که یکی دیگر از عوامل موثر بر خواص ماده، ساختار بلوری آن است. برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توانید مقاله‌های مرتبط را از کنار صفحه بخوانید.

در این مبحث به بیان مختصر برخی عوامل شناخته شده بر خواص مواد پرداختیم. در بخشهای بعدی به توضیح عواملی که با سطح مواد در ارتباط هستند و تاثیر زیادی در پیدایش خواص جدید در دنیای نانو دارند، خواهیم پرداخت. اما پیش از آن در پایان این بحث دو سوال مطرح می‌کنیم. پاسخ این سوال‌ها به موضوعاتی که با هم بررسی کردیم، مرتبط است و فکر کردن شما به آنها می‌تواند کمک بسیاری به فهم بهتر این مطالب کند. البته برای یافتن جواب دقیق احتیاج به اندکی مطالعه نیز دارید.

پرسش: دو شکل از عنصر کربن که در طبیعت وجود دارد، الماس و گرافیت است. اما همان‌گونه که می‌دانید، خواص این دو ماده در برخی موارد با هم تفاوت زیادی دارد. به نظر شما دلیل این تفاوت در چیست؟

پرسش: آهن خالص تا دمای ۷۷۰ درجه‌ی سانتی گراد خاصیت آهنربایی دارد. اما در دماهای بالاتر این خاصیت خود را از دست می‌دهد. دمای یاد شده به دمای کوری (Curie) معروف است و به آهن در دماهای بین ۷۷۰ تا ۹۱۲ درجه سانتی گراد، آهن بتا نیز می‌گویند. بنابراین علاوه بر ساختار بلوری، شرایط محیطی نیز می‌تواند بر خواص مواد تاثیر گذار باشد. به نظر شما چه عاملی موجب از بین رفتن خاصیت آهنربایی آهن خالص در دماهای بالاتر از دمای کوری می‌شود؟

در بخش قبلی آموختیم که عوامل مختلفی در تعیین خواص و رفتار مواد نقش دارند. از این عوامل به عدد اتمی، عدد جرمی، آرایش الکترونی، ساختار بلوری و شرایط محیطی اشاره نمودیم. علاوه بر این عوامل، موارد دیگری نیز وجود دارند که به مقدار سطح ماده بستگی زیادی دارند. اکنون به ادامه این بحث می‌پردازیم.

سطح در فناوری نانو اهمیت بسیار بالایی دارد و همه‌جا از اثر سطح یا نسبت سطح به حجم صحبت می‌شود. در این بخش، ابتدا در قالب مثال‌هایی اهمیت سطح را بیان می‌کنیم و تا حدودی تاثیر مقدار سطح را بر خواص ماده نشان می‌دهیم.

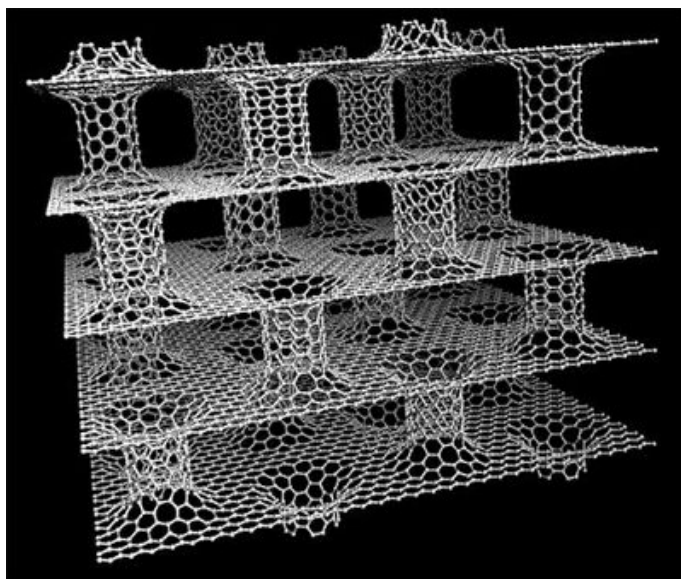
همان‌طور که می‌دانید، واکنش‌های شیمیایی در محلی اتفاق می‌افتند که ماده با محیط اطراف در تماس است. این محل همان سطح ماده است. واکنش از این منطقه شروع شده و سپس تحت شرایطی به عمق نفوذ می‌کند. برای بررسی بیشتر، اکسید شدن آلومینیوم را در نظر

بگیرید. یک قطعه آلومینیومی سطحی کدر دارد که در صورت سمباده زدن آن، لایه‌های زیرین که بسیار شفاف هستند، پدیدار می‌شوند. این لایه‌های بسیار شفاف، همان آلومینیوم می‌باشند. اما این سطح براق به سرعت به سطحی کدر و مات تبدیلی می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که، این لایه‌ی بسیار نازک و کدر، ترکیبی از اکسیژن و آلومینیوم است. آلومینا یا اکسید آلومینیوم (Al_2O_3) یک ماده سرامیکی بسیار سخت است که به شکل یک لایه‌ی پیوسته، روی سطح آلومینیوم را می‌پوشاند. این لایه از تماس لایه‌های زیرین (که از آلومینیوم هستند) با هوای اطراف جلوگیری می‌کند. بنابراین، واکنش اکسایش آلومینیوم ادامه پیدا نمی‌کند و بقیه ماده از اکسید شدن حفظ می‌گردد.

پرسش: طبق مطالب بیان شده، با تشکیل لایه اکسید روی آلومینیوم، این ماده از نظر شیمیایی غیرفعال شده، و واکنش متوقف می‌شود. به نظر شما این پدیده دارای چه مزیت‌ها و مضراتی است؟

اکسید شدن آهن با اکسید شدن آلومینیوم تفاوت دارد. اگر دقت کرده باشید، زنگ آهن، ماده‌ای است قرمز رنگ که به راحتی می‌شکند و می‌ریزد. این ماده به راحتی از روی آهن جدا می‌شود و بنابراین، اکسیژن به قسمت‌های داخلی و به زیر لایه‌ی اکسیدی نفوذ کرده و واکنش اکسایش ادامه می‌یابد. به گونه‌ای که ادامه یروند این واکنش منجر به تخریب کامل قسمتی از قطعه‌ی فولادی شده و در نهایت، موجب انهدام آن می‌شود.

بنابراین، اگر بخواهیم به دنبال ادامه دادن یک واکنش باشیم، باید راهی برای نفوذ به درون آن ماده بیابیم. یک راه، انتقال مواد از درون حجم ماده به سطح آن است. برای این کار (دسترسی به قسمت‌های داخلی حجم ماده) می‌توانیم مسیر را درون ماده تعبیه کنیم. این کار را می‌توان با ایجاد حفراتی که به هم متصل هستند و تا سطح ماده ادامه دارند انجام دهیم (شکل ۱). به این مواد که ساختاری اسفنج مانند دارند، مواد متخلخل یا فوم می‌گوییم. در طبیعت نیز می‌توان مواد متخلخل را به وفور مشاهده کرد. زئولیت‌ها موادی از این دسته هستند. از مواد متخلخل مصنوعی نیز می‌توانه فوم‌های فلزی اشاره نمود که امروزه کاربردهای بسیاری در صنایع دارند. از مواد متخلخل می‌توان برای کاتالیز واکنش‌های شیمیایی، فیلترهای مایعات و فیلترهای هوا استفاده نمود. بنابراین، هر چه اتم‌های بیشتری در سطح باشند، واکنش‌های شیمیایی با سهولت بیشتری رخ می‌دهند. این رویداد برخی موارد مفید، و در برخی موارد مضراست.



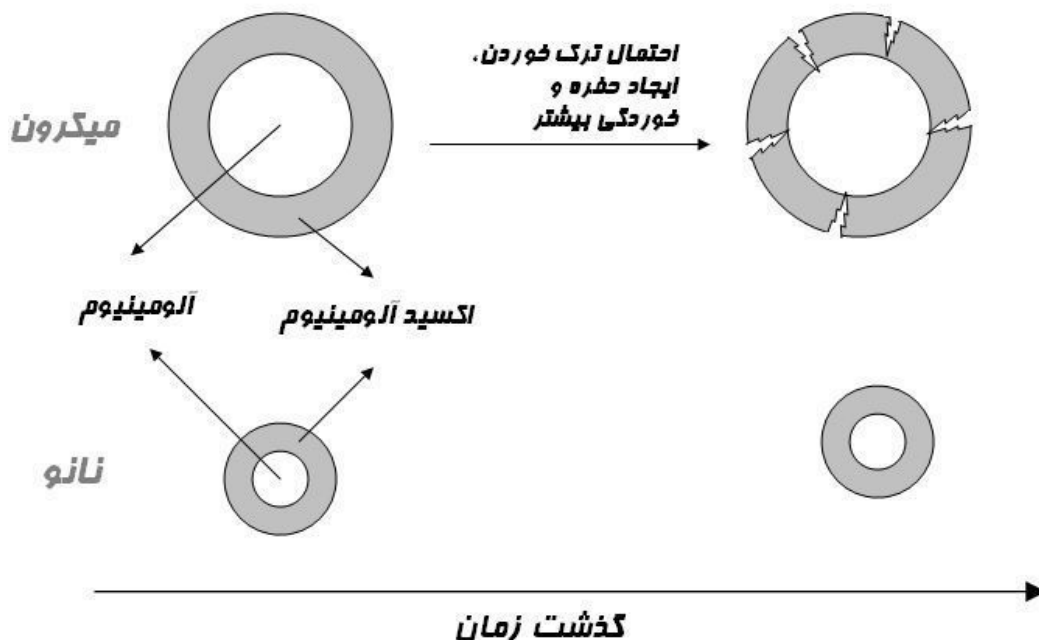
شکل ۱. طرحی از مواد متخلخل

پرسش: آیا می‌توانید کاربردهای واکنش‌های شیمیایی مواد را نام ببرید؟ چه مواقعی نیاز داریم تا از واکنش‌های شیمیایی مواد جلوگیری کنیم؟

یک راه دیگر، کوچک‌تر کردن اندازه مواد واکنش‌دهنده است. برای بیان این موضوع، توضیحات را در قالب یک مثال ادامه می‌دهیم. ممکن است مطالبی را در رابطه با سوخت‌های جامد شنیده باشید. سوخت‌های جامد مانند پودر آلومینیوم در برخی کاربردهای خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از این کاربردها، استفاده به عنوان سوخت موشک است. همان‌گونه که قبلاً نیز گفته شد، آلومینیوم واکنش‌پذیری بالایی دارد و به سرعت اکسید می‌شود. پودرهای ریز آلومینیوم بر اثر واکنش با اکسیژن، به شدت آتش می‌گیرند و گرمای زیادی آزاد می‌کنند.

سوخت‌های جامد یا Solid Fuel به انواع مواد جامد یگفته می‌شود که به عنوان سوخت استفاده می‌شوند، و در اثر اشتعال، گرما و انرژی آزاد می‌کنند. مانند: زغال چوب و زغال سنگ. یکی از کاربردهای این نوع سوخت، استفاده از آن به عنوان سوخت موشک می‌باشد.

پرسش: به نظر شما اندازه پودرهای آلومینیوم چه تاثیری بر میزان انرژی آزاد شده و در نتیجه بازده سوخت دارد؟ برای پاسخ به این پرسش، شکل ۲ را در نظر بگیرید. در این شکل فرض کرده‌ایم که پودر آلومینیوم به شکل کره است. در صورتی که این ذره پودر در معرض اکسیژن قرار بگیرد و واکنش دهد، یک لایه از اکسید آلومینیوم روی آن قرار می‌گیرد. با توجه به آنچه در مورد اکسید آلومینیوم گفته شد، این لایه تشکیل شده، از ادامه‌ی واکنش اکسایش جلوگیری می‌کند و مقدار زیادی از قسمت‌های داخلی این ذره پیودری، از واکنش در امان می‌ماند. اما در صورتی که اندازه‌ی این ذره کمتر باشد، مقدار بسیار کمتری از آن دست نخورده باقی می‌ماند. بنابراین، مقدار بیشتری از سوخت جامد مصرف شده و بازده بیشتر می‌شود.



شکل ۲. مقایسه‌ی بین اکسید شدن ذرات آلومینیوم با اندازه‌های مختلف

علاوه بر این مثال، اندازه ذرات مورد استفاده در صنایع شیمیایی (اندازه‌ی ذرات کاتالیزور)، ریخته‌گری (اندازه‌افزودنی‌ها به مذاب) و صنایع کامپوزیت (اندازه‌ی ذرات تقویت‌کننده) از اهمیت بالایی برخوردار است. به‌طور خلاصه، برای در دسترس قرار دادن مقدار بیشتری از یک ماده، یا باید آن را به شکلمتخلخل داشته باشیم، و یا اندازه‌ی ذرات آن را کوچک‌تر کنیم. در هر دو روی‌کرد، درواقع، مقدار بیشتری از ماده روی سطح قرار می‌گیرد، و یا می‌توان گفت که نسبت سطح به‌حجم افزایش یافته است. اهمیت سطح تنها در واکنش‌های شیمیایی مطرح نیست، بلکه هر هم‌کنش‌های فیزیکی و مکانیکی ماده با محیط نیز از طریق سطح انجام می‌گیرد. از این‌موارد می‌توان به پدیده‌های اصطکاک و انتقال حرارت اشاره نمود. بنابراین، تغییرمقدار سطح ماده می‌تواند بر این پدیده‌ها تأثیر بگذارد.

پرسش: آیا همیشه با کوچک‌تر شدن اندازه‌ماده، خواص آن تغییر می‌کند؟ این خواص شامل چه مواردی هستند؟ همان‌گونه که می‌دانید، در ابعاد نانو، خواص نوری، الکتریکی، مغناطیسی و شیمیایی مواد به شدت تغییر می‌کند. برای مثال، نقطه‌ی ذوب ذرات ۵۰ نانومتری طلا با نقطه‌ی ذوب ذرات ۱۰ نانومتری طلا بسیار متفاوت است. رنگ‌نانوذرات طلا نیز با یکدیگر متفاوت است. اما اگر شمش‌های بزرگ طلا را به قسمت‌های چند میلی‌متری تقسیم کنیم، نقطه ذوب‌شان تغییر نمی‌کند و همچنان به رنگ زردطلایی دیده می‌شوند. چگونه این واقعیت را توجیه می‌کنید؟ آیا ابعاد نانومتر، محدوده‌ی خاصی است که در آن اتفاقات ویژه‌ای می‌افتد؟ در مبحث قبل آموختیم که راه‌هایی برای افزایش سطح ماده و آوردن اتم‌های آن از داخل حجم به سطح وجود دارد. هم‌چنین آموختیم که با افزایش سطح ماده، خواص آن تغییر می‌کند. درک این که چرا واکنش‌پذیری شیمیایی ماده با افزایش سطح آن بیش‌تر می‌شود، بسیار ساده است. اما این سوال پیش می‌آید که، چرا این موضوع در ابعاد نانومتری اهمیت بسیار بالایی پیدا کرده است و چرا خواص مختلف ماده در این ابعاد دست‌خوش تحولات زیادی می‌شود؟ چنانچه ماده‌ای با مقیاس چند ده متری را کوچک‌تر کرده و به ابعاد میلی‌متری برسانیم، هیچ تغییری در نقطه‌ی ذوب، رنگ و خواص مغناطیسی آن ایجاد نمی‌شود. اما این تغییر در هنگام کوچک‌تر کردن ماده تا ابعاد نانومتری دیده می‌شود.

کلید حل این مساله در این جاست که تعداد اتم‌های سطحی در مواد با مقیاس‌های بزرگ‌تر از نانومتر، بسیار ناچیز است، اما با ورود به دنیای نانومتری، مقدار این اتم‌ها نسبت به کل اتم‌های ماده، بسیار زیاد می‌شود. برای بررسی دقیق‌تر و درک این موضوع، به جدول ۱ دقت کنید.

جدول ۱. درصد اتم‌های سطحی خوشه‌های اتمی با تعداد پوسته‌های متفاوت

درصد اتم‌های سطحی	تعداد کل اتم‌ها	تعداد اتم‌های سطحی	شکل خوشه	تعداد پوسته‌های خوشه
92	13	12		یک پوسته
76	55	42		دو پوسته
63	147	92		سه پوسته
62	309	162		چهار پوسته
45	561	252		پنج پوسته
35	1415	492		هفت پوسته

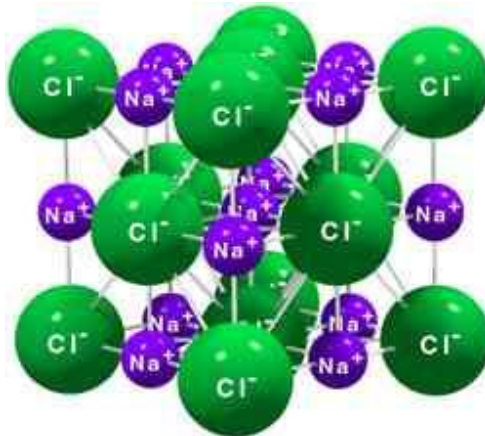
در این جدول، تعداد پوسته‌ها، شکل خوشه، تعداد اتم‌های سطحی، تعداد کل اتم‌ها و درصد اتم‌های سطحی مربوط به هر خوشه آورده شده است. این خوشه‌ها در متر اتم‌ترین حالت ممکن در نظر گرفته شده‌اند. مشاهده می‌شود در حالتی که خوشه‌ی اتمی از یک پوسته تشکیل شده باشد، ۹۲٪ اتم‌های آن در سطح قرار دارند. اگر قطر هر اتم را ۵ آنگستروم در نظر بگیریم، قطر این خوشه برابر با ۵.۱۱ nm می‌باشد. در حالت سه پوسته‌ای، و با قطر خوشه برابر با ۵.۱۱ nm، معادل ۶۳٪ از اتم‌ها در سطح قرار گرفته‌اند. یعنی با افزایش اندازه‌ی ذرات از ۵.۱۱ nm به ۵.۱۱ nm، از درصد اتم‌های سطحی به مقدار ۲۹٪ کاسته شده است. برای مقایسه، این تغییر را در هنگام گذار از حالت پنج پوسته‌ای (قطر خوشه برابر با ۵.۱۱ nm) به حالت هفت پوسته‌ای (قطر خوشه برابر با ۵.۱۱ nm) در نظر بگیرید. مقدار اتم‌های سطحی با کاهش ۱۰٪ از مقدار ۴۵٪ به ۳۵٪ می‌رسد. بنابراین؛ هرچه اندازه ذرات کوچک‌تر باشد، تاثیر کاهش اندازه ذرات بر مقدار اتم‌های سطحی بیش‌تر می‌شود. با یک محاسبه ساده متوجه می‌شوید که در موادی با ابعاد میکرومتر و متر، مقدار اتم‌های سطحی نسبت به اتم‌های کل ماده، بسیار ناچیز و تقریباً برابر با صفر است. بنابراین، تاثیر این اتم‌ها بر خواص ماده بسیار ناچیز است. اما در مقیاس‌های نانومتری، درصد این اتم‌ها بسیار زیاد است و می‌توانند نقشی تعیین کننده در خواص مواد داشته باشند. به نظر می‌رسد عاملی که بسیاری از خواص نانو مواد را کنترل می‌کند، رفتار اتم‌های سطحی و مقدار آنهاست. در اینجا سوالی را مطرح می‌کنیم و در ادامه، به توضیح آن می‌پردازیم.

پرسش: در مواد بزرگ‌تر از نانومتر، تعداد اتم‌های سطحی ماده ناچیز بوده و نقش آنها در تعیین خواص مواد نادیده گرفته می‌شد. اما با کاهش اندازه ذرات و افزایش نسبت اتم‌های سطحی، نقش آنها پررنگ‌تر شده و خواص مواد دچار دگرگونی می‌شود. سوالی که پیش می‌آید این است که: اتم‌های سطحی چه ویژگی‌های متفاوتی از اتم‌های درون حجم ماده دارند؟ در حالی که از نظر علم شیمی، از جنس همان اتم‌های داخل حجم ماده می‌باشند. آیا محل قرار گرفتن یک اتم در ماده می‌تواند بر خواص و رفتار آن تاثیرگذار باشد؟ همان‌طوری که می‌دانید، در یک ماده‌ی جامد، هر اتم در محل مشخصی نسبت به دیگر مواد قرار گرفته است. در مواد بلوری، با توجه به جنس ماده، فواصل بین اتم‌ها کاملاً قابل محاسبه و مشخص هستند. در اطراف هر یک از این اتم‌ها، تعداد مشخصی اتم دیگر با فواصل معین قرار گرفته است. این اتم با برخی از اتم‌های اطراف که کمترین فاصله را با آن دارند، در ارتباط مستقیم است. طبق تعریف، تعداد این اتم‌ها را عدد هم‌سایگی، عدد هم‌آرایی یا عدد کوئوردیناسیون می‌گوییم.

عدد کوئوردیناسیون که برای ساختارهای بلوری به کار می‌رود، عبارت است از تعداد اتم‌هایی که نزدیک‌ترین فاصله را با یک اتم دارند. به طور مثال، این عدد برای اتم سدیم در بلور نمک طعام، ۶ می‌باشد که نشان می‌دهد هر اتم سدیم، توسط ۶ اتم کلر احاطه شده است.

در بلور نمک طعام (شکل ۱) عدد هم‌سایگی برای اتم‌های سدیم و کلر برابر با ۶ می‌باشد. اما نکته‌ای وجود دارد که باید به آن توجه کرد. یک بلور نمک طعام، اندازه‌ی محدودی دارد. یک وجه این بلور را در نظر بگیرید، به نظر شما تعداد نزدیک‌ترین همسایه‌های اتم‌های موجود روی این سطح، برابر با ۶ است؟

همان‌طور که می‌دانید، این اتم‌ها تنها از یک طرف با دیگر اتم‌های بلور در ارتباط هستند. اگر یک بلور نمک طعام را در حالت کاملاً ایده‌آل و کامل (بدون نقص) در نظر بگیریم، نزدیک‌ترین همسایه‌های اتم مستقر بر روی وجه، برابر با ۵، برای اتم مستقر بر روی یال، برابر با ۴ و برای اتم موجود در رأس این مکعب، برابر با ۳ می‌باشد (شکل ۱)



شکل ۱. بلور نمک طعام

بنابراین، در مسیر رسیدن به پاسخ پرسش ۸ به این نتیجه رسیدیم که عدد هم‌سایگی اتم‌های سطحی ماده با دیگر اتم‌های آن متفاوت است. برای پاسخ دادن به پرسش ۸ باید به یک پرسش دیگر نیز پاسخ دهیم:

پرسش: آیا عدد هم‌سایگی یک اتم در تعیین خواص آن نقش دارد؟

پوشش دهی چیست؟

پوشش چیست؟

بشر همواره بلندپرواز بوده است. همیشه رؤیاهای بزرگی در سرها بوده‌اند که باید بیرون می‌آمدند و عینیت می‌یافتند. اما طی این مسیر، یعنی بیرون کشیدن رؤیاهای دور و دراز از ذهن‌ها، با دشواری‌های بسیار همراه است. گرچه بسیاری از این رؤیاهای پیشینیان در زمان‌های بعد و به‌ویژه زمان ما به حقیقت پیوستند، اما بسیاری از صاحبان آرزو بسیار پیش از این چشم از جهان فرو بستند. برای تحقق این آرزوها باید مسیری بلند در زمان به تدریج پیموده می‌شد. کشف آتش، کشف مواد مقاوم مثل آهن (که اول‌بار از شهاب‌سنگ‌هایی که از فضا به زمین برخورد کرده بودند استخراج شد)، کشف چرخ، برق، موتور بخار و... باید روی می‌داد تا مثلاً اختراع اتومبیل و هواپیما واقعیت یابد.

یکی از مهمترین عوامل محدودکننده انسان در تمام قرون برای رسیدن به آرزوهایش، پیدا نکردن مواد مناسبی بوده است که خواص مورد نظر را داشته باشند. مثلاً بشر پس از ساخت آسانسور و استفاده از آن در ساختمان‌های مرتفع، به این فکر می‌کرد که چگونه آسانسوری بسازد که با آن به فضا برود! اما یکی از مشکلات، به‌جز تولید طنابی به این درازی و موتوری پرقدرت برای کشیدن محفظه آسانسور بین دو سیاره، این بود که تمام مواد مکشوفه تا آن زمان، قدرت تحمل وزن خود را در فاصله بین دو سیاره نداشتند. اما امروزه با استفاده از فناوری‌های پیشرفته مواد جدیدی تولید یا مواد موجود تقویت شده‌اند که می‌توانند وزن خود را در فاصله بین دو سیاره تحمل کنند!

خوب، اینکه در بالا گفتیم یعنی چه؟ بشر برای ساخت آسانسورهای فضایی به‌تازگی نانولوله‌های کربنی‌ای را ساخته است که مقاومت زیادی در برابر کشیده شدن و پاره شدن دارند (حدود ۷ برابر فولاد) و این در حالی است که بسیار سبکتر از مواد محکم فعلی هستند.

برای درک مفهوم دوم (بهبود یا تقویت خواص مواد موجود) به مثال زیر توجه کنید:

تصور کنید یک روز صبح که از خواب بیدار می‌شوید یک نفر پوست صورتتان را کنده باشد! برای اطمینان، احتمالاً تشریف

می‌برید جلو آینه، و... آن صحنه دلخراش را به چشم خود می‌بینید! فکر نمی‌کنم دیگر ادامه زندگی با آن وضع برایتان ممکن باشد. شما به یک لولوی تمام‌عیار تبدیل شده‌اید که علاوه بر بچه‌های کوچک، خودتان هم از وحشت جیغ می‌کشید. برای رفع مشکل چه می‌کنید؟ خوب، اولین کار این است که فریاد بکشید و با یک وسیله مثل باند تمام بدنتان را بپوشانید. این طوری لااقل میکروب‌ها و عوامل عفونت‌زا کمتر به بدنتان نفوذ می‌کنند چون پوست به عنوان پوششی برای بافت‌های داخلی بدن در مقابل محیط بیرون عمل می‌کند (شکل ۱). اما این کافی نیست. شما نمی‌توانید به خوبی گذشته از عهده کارهای روزمره‌تان برآیید. چون باند پوشش مناسبی برای صورت شما نیست و تنها می‌تواند به عنوان یک پوشش موقت به کار رود تا اینکه سراغ یک جراح پلاستیک ماهر بروید و یک فکر اساسی بکنید. (البته دیگر کار از کار گذشته)



شکل ۱ - تصویری از یک پوشش چندلایه باند زخم که جایگزین پوست بدن شده است.

تمام مواد و محصولات مورد استفاده ما هم نیاز به پوشش دارند، چون نباید در طی مراحل تولید، بسته‌بندی، ورود به بازار و مهم‌تر از همه در موقع مصرف، خواص و ویژگی‌های خود را از دست بدهند. البته گاهی هم برای بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی از فناوری پوشش‌دهی استفاده می‌کنیم.

پوشش چیست؟

به طور کلی «پوشش» لایه‌ای است با ضخامت کمتر از ماده پایه، که پوشش روی آن نشانده می‌شود. با تغییر این ضخامت و نحوه نشانده پوشش روی ماده پایه، انواع پوشش‌های مورد نیاز برای کاربردهای خاص را به وجود می‌آوریم.

چگونه یک لایه پوشش روی یک سطح نشانده می‌شود؟

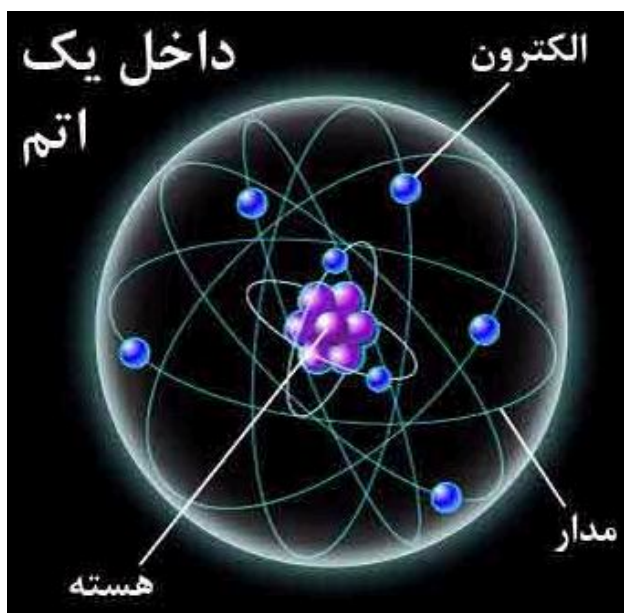
روش اول:

می‌خواهیم سطح ماده‌ای را با یک ماده با خواص بهتر بپوشانیم. مهمترین عامل برای چسبیدن یک لایه پوشش به ماده پایه سطح تماس بین این دو است. باید سطح تماس بین این دو را بیشتر کنیم تا پوشش‌دهی بهتر انجام شود. اما چگونه؟ برای این کار از ذره‌های تشکیل‌دهنده آن ماده استفاده می‌کنیم. همان‌طور که در بخش نانوپودرها می‌خوانیم، وقتی ما جسمی را خرد می‌کنیم،

ذره‌های تشکیل‌دهنده آن با جمع شدن در کنار هم، همان جسم اولیه را تشکیل می‌دهند، با این تفاوت که سطح تماس بیرونی مجموع ذرات در مقایسه با قطعه اولیه افزایش پیدا کرده است. با توجه به این خاصیت، محیطی را فراهم می‌کنیم که سطح بیرونی ذرات را به همدیگر و به ماده پایه بچسباند. این یک روش تولید پوشش بود.

روش دوم:

یک راه دیگر برای پوشش‌دهی این است که به جای ذره‌زده کردن پوشش، آن را اتم به اتم درست کنیم. برای این کار کافی است که اتم‌های ماده اول را بکنیم و به اتم‌های ماده دوم بچسبانیم. می‌دانید که هر اتم از یک هسته (پروتون + نوترون) با بار مثبت تشکیل شده است که الکترون‌ها با بار منفی به دور آن می‌چرخند. همیشه تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها با هم برابرند. در نتیجه بار کل اتم خنثی است. حالا اگر اتمی الکترون از دست بدهد به یون مثبت و اگر الکترون بگیرد به یون منفی تبدیل می‌شود. الکترون‌ها در ترازهایی به صورت یک ابر الکترونی به دور هسته می‌چرخند. (شکل ۲)



شکل ۲- شماتیکی از ساختار یک اتم

ولی چگونه یک اتم می‌تواند الکترون بگیرد یا از دست بدهد؟

بین ذرات همنام و غیرهمنامی که در ساختار اتم وجود دارند، نیروهای دافعه و جاذبه‌ای هستند که نیروی برآیند حاصل از آنها الکترون را در فاصله‌ای معین از پروتون نگه می‌دارد. با اعمال نیروی معادل آن می‌توان الکترون را از پروتون جدا کرد. با این کار ذره بار مثبت می‌گیرد، چون یک الکترون از دست داده است. با اعمال یک ولتاژ قوی این نیرو تأمین می‌شود. به این ترتیب، شرایطی فراهم می‌شود که اتم‌های ماده‌ای که می‌خواهند پوشش داده شوند الکترون از دست بدهند و اتم‌های ماده پایه الکترون بگیرند. در نتیجه یون‌ها مانند دو قطب مثبت و منفی آهنربا همدیگر را جذب می‌کنند.

روش سوم:

یکی از این محلول‌ها، «محلول فراسیرشده (فوق اشباع)» می‌باشد. برای حل کردن یک حل‌شونده در حلال حدّ معینی وجود دارد. اگر از آن حد بگذرد، محلول فراسیرشده به وجود می‌آید. حال اگر یک محلول فراسیرشده داشته باشیم و آرام آرام آن را سرد کنیم،

با یک ضربه ذرات اضافی رسوب می کنند. لابد می پرسید این کارها چه ربطی به پوشش دارد؟ اگر کاری کنیم که این ذرات روی سطح رسوب کنند و بعد از رسوب دادن این ذرات بتوانیم آنها را به سطح بچسبانیم، در حقیقت با استفاده از محلول، سطح مورد نظر را پوشش داده ایم.

چرا باید ماده ای را با ماده دیگر بپوشانیم؟

انسان به مرور زمان یاد گرفته است که از خواص مواد برای برطرف کردن نیازهای خود استفاده کند. با استفاده از خواص مواد مختلف، می توان قابلیت های جدیدی به محصول افزود و از آن به خوبی استفاده کرد. در صنعت پوشش دهی، توجه به خواص از اهمیت زیادی برخوردار است. همه با آلومینیوم آشناییم. آلومینیوم فلزی است سبک و نرم. به خاطر همین سبکی در صنعت کاربردهای زیادی دارد (مثلاً در هواپیما سازی)، ولی حتی با ناخن هم می توان روی آن خط ایجاد کرد؛ آلومینیوم سختی کمی دارد.

ماده سخت و سختی ماده:

به ماده ای که در برابر یک شیء نوک تیز فرورونده خارجی مقاومت کند، ماده سخت می گویند و به مقاومت در برابر عامل فرورونده خارجی سختی.

با پوشش مناسبی که سختی لازم را داشته باشد، می توان سختی را زیاد کرد و در عین حال بر وزن آن نیفزود. با استفاده از خواص مکانیکی می توان کاربردهای جدیدی برای مواد کشف کرد. خواص فیزیکی و شیمیایی، مانند چگالی، مقاومت الکتریکی و... هم در این طبقه بندی قرار می گیرند.

چرا مواد را می پوشانیم؟

همان طور که قبلاً هم اشاره شد، برای بهبود خواص و حفظ ویژگی ها و خواص ماده اگر مواد خورنده مثل اسیدها به ماده پایه نفوذ کنند، با ماده پایه واکنش می دهند و در خواص آن تغییر به وجود می آورند. این فرآیند در صنعت بسیار خطرناک است. بدنه کشتی ای که از آهن باشد، در اثر خوردگی با گذشت زمان با چه فاجعه ای در دل یا قعر دریا مواجه خواهد شد! حدستان درست است: آهن زنگ می زند (خورده می شود)، بدنه ترک برمی دارد و در نهایت کشتی غرق می شود و مسافران بیچاره می میرند. به همین سادگی!

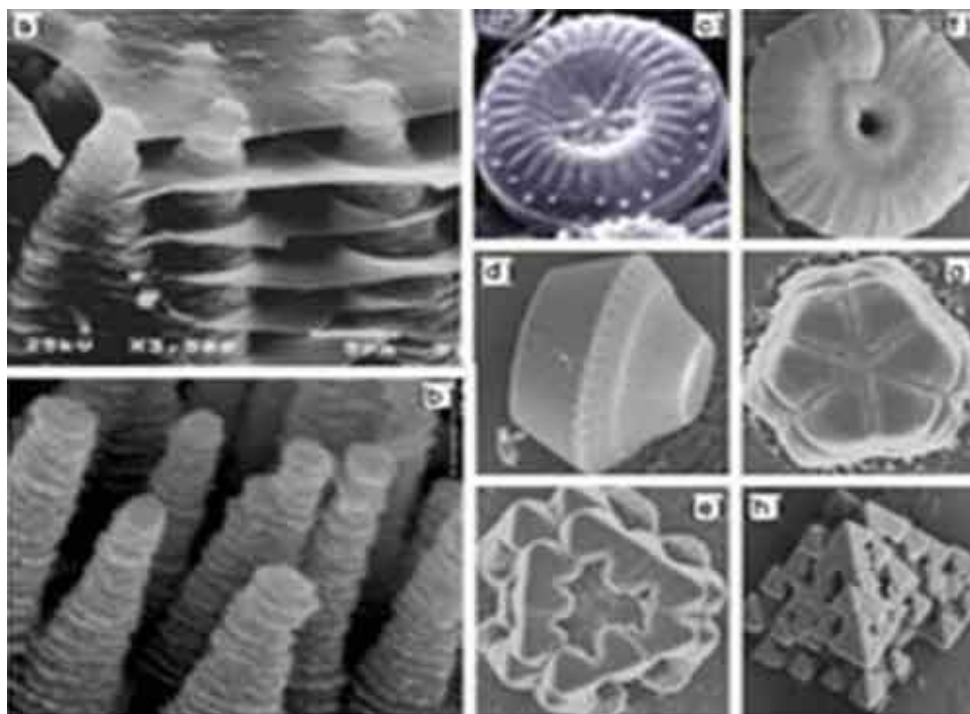
ولی اگر از یک پوشش ضد زنگ استفاده کنیم، هم امنیت جانی مسافران را تأمین کرده ایم و هم، این هم مهمتر است، بر عمر کشتی افزوده ایم. به علاوه، افزایش هزینه انجام این کار خیلی کمتر از هزینه ای است که در اثر آسیب دیدن بدنه کشتی ممکن است به وجود بیاید. (شکل ۳)



شکل ۳- شمایی از یک کشتی در حال غرق شدن

نانوپوشش چیست؟

در تعریف پوشش‌ها گفتیم که آنها لایه‌هایی هستند با ضخامت کمتر از ماده‌ای که روی آن می‌نشینند. فکر می‌کنید وقتی پیشوند «نانو» را به پوشش اضافه کنیم چه تغییری در تعریف آن ایجاد می‌شود؟ در نگاه اول ممکن است با قرار دادن «نانو» در کنار «پوشش» به این نتیجه برسید که این لایه ضخامتی در حد چند نانو خواهد داشت، که البته درست است. ولی همیشه این گونه نیست. وضعیتی را در نظر بگیرید که در آن برای تولید پوشش، از مواد نانومتری و نانوذرات استفاده شود. در این صورت، اجزاء تشکیل‌دهنده این پوشش‌ها نانومتری هستند، ولی خود پوشش ضخامتی بیش از ۱۰۰ نانو ضخامت خواهد داشت. (شکل ۴)



شکل ۴ - نمونه‌هایی از نانومواد (نانو کریستال‌ها)

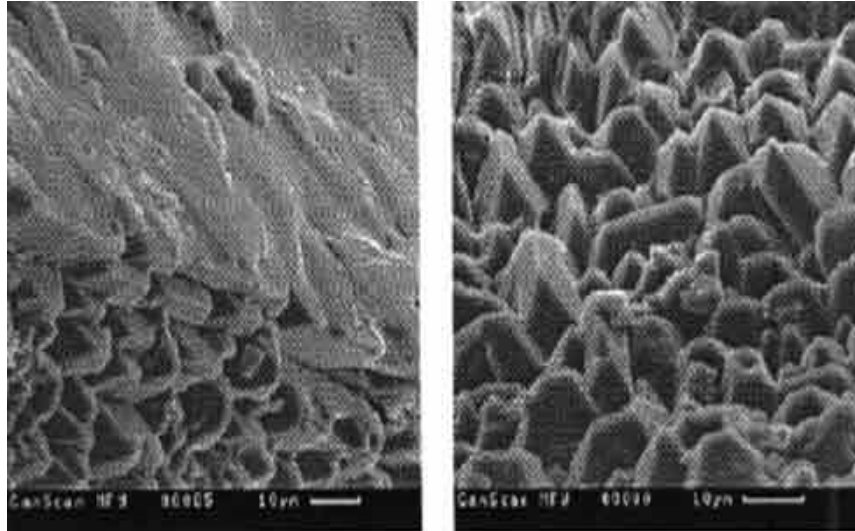
انواع نانو پوشش‌ها

با توجه به تعریف بالا، می‌توان نانو پوشش‌ها را به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

۱ یکی از مشکلات خوردن پفک، چسبیدن ذرات پفک به دست است که باعث می‌شود انگشتانی نارنجی داشته باشیم. (اما البته به سختی‌اش می‌ارزد!) چگونگی چسبیدن ذرات پفک مثل تولید پوشش با استفاده از ذرات ریز است. ذرات پفک به خاطر رطوبت به دست می‌چسبند (عامل چسباننده) و پوششی از ذرات پفک را ایجاد می‌کنند. همان‌طور که می‌دانید نانولوله‌ها، نانوپودرها، نانوسیم‌ها و... موادی نانومتری هستند. هر کدام از این مواد خصوصیات فوق‌العاده‌ای دارند. مثلاً نانولوله‌ها از خواص الکتریکی، استحکام مکانیکی و چند خاصیت ویژه دیگر برخوردارند. اگر ما با استفاده از عوامل چسباننده، نانوذرات را کنار هم روی سطح بچسبانیم، پوششی ایجاد خواهد شد که خواص آن مشابه خواص نانوذرات خواهد بود. البته مهمترین عامل در این حالت، سطح آزاد (سطح بیرونی ماده که در تماس با محیط است) بالای این نانوذرات است که باعث می‌شود به نحو بسیار مناسبی به همدیگر بچسبند. برای درک این موضوع تصور کنید که چگونه ذرات نمک درون یک نمکدان به علت رطوبت موجود در هوا به همدیگر می‌چسبند و کلوخه‌ای می‌شوند. رطوبت عاملی است که سطح بیرونی ذرات ریز نمک را خیس می‌کند و باعث می‌شود سطح بیرونی دو ذره به همدیگر بچسبند. حتماً با مطالعه بحث چرا نانوپودرها به این موضوع واقف شده‌اید که یک کلوخه وقتی خرد می‌شود، سطح آزاد آن به چند برابر می‌رسد. از طرف دیگر، این سطح آزاد مکانی خواهد بود که در آن ذرات به سطح زیرین می‌چسبند.

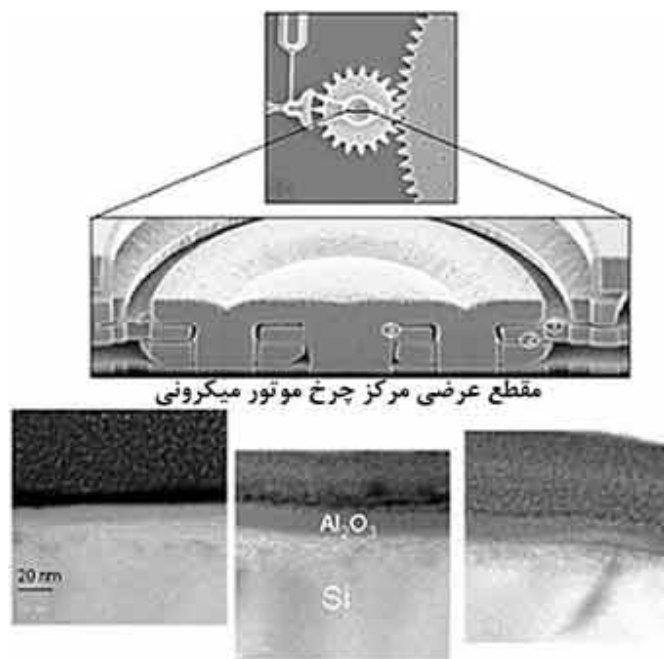
2 چیدمان اتم‌های مواد درون سلول‌هایی به نام دانه در مواد بلوری (که اتم‌هایشان به صورت منظم کنار هم چیده شده‌اند)، راه دیگری برای تولید نانو پوشش‌هاست. مواد بلوری موادی هستند که اتم‌های تشکیل‌دهنده آنها به صورت منظم در جهت‌هایی خاص درون حوزه‌هایی مثل سلول‌های روی پوست دست قرار گرفته‌اند. برای تولید نانو پوشش با این خصوصیت، باید اندازه دانه‌های این

پوشش‌ها را به حد ۱ تا ۱۰۰ نانومتر درآورد، یعنی باید دانه‌ها را که داخل هر کدام از آنها اتم‌ها در جهت خاصی چیده شده‌اند ریز کرد. استفاده از دانه‌هایی با اندازه ۱ تا ۱۰۰ نانومتر، پوشش تولیدی را به عنوان پوشش نانو ساختار مطرح می‌کند. (شکل ۵)



شکل ۵- شمایی از یک پوشش نانو ساختار

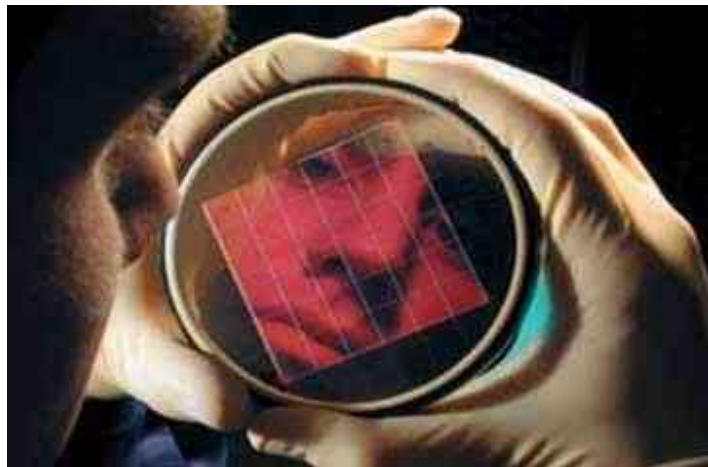
3 اصطلاح «لایه نازک» یا «فیلم نازک» را شاید شنیده باشید، ولی آیا می‌دانید منظور از لایه نازک چیست؟ چرا می‌گوییم نازک؟ و نازکی این لایه‌ها در چه حدی است؟ (شکل ۶)



شکل ۶: تصویری از یک لایه نازک اکسید آلومینیوم که روی یک زمینه سیلیکونی نشانده شده است.

همان‌طور که حدس زده‌اید، لایه نازک، ضخامت خیلی کمی دارد، اما لایه‌های نازکی نانو پوشش به شمار می‌روند که ضخامت آنها در محدوده ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد. چنین لایه‌هایی کاربردهای فراوانی دارند. مثلاً می‌خواهیم آینه‌ای داشته باشیم که فقط طول موج

۶۲۰ نانومتر یعنی قرمز را منعکس کند و بقیه امواج را از خود عبور دهد. (شکل ۷)



شکل ۷ - تصویری از آینه ای که با لایه نازک پوشش دهی شده است.

چنین کاری با نشان دادن یک لایه نازک مناسب که دارای این خاصیت باشد امکان پذیر است. در این فرآیند معمولاً از دو ماده استفاده می کنیم: اولی زیرلایه و دومی پوشش است که با روش هایی مثل تبخیر و رسوب دهی «لایه نشانی» می شوند. تعداد لایه های نشانده شده بستگی دارد به اینکه بخواهیم آینه چه ضریبی از موج را منعکس کند. هر چه تعداد لایه ها بیشتر باشد، امواج بیشتری منعکس می شوند، ولی اگر این تعداد از مقدار معینی بیشتر شود، لایه ها دیگر به هم نمی چسبند. ما در طبیعت هم مثال هایی از لایه نازک داریم. اگر گفتید کجا؟ با کمی فکر کردن حتماً متوجه خواهید شد. (راهنمایی: یادی از نفتکش ها کنید!) وقتی نفت در دریا نشت می کند سریع ترین کاری که باید انجام شود، پاک سازی دریاست. ولی از کجا متوجه می شوند که نفت در کدام قسمت سطح دریا پراکنده شده است؟ رنگ آن قسمت از دریا تغییر می کند. در حقیقت، به رنگ سبز درمی آید. یک لایه از نفت روی سطح دریا مثل یک لایه نازک عمل می کند. این لایه نازک فقط طول موج ۵۳۰ نانومتر (سبز) را باز می تاباند. مثال دیگر حباب صابون است. حباب صابون لایه ای نازک از آب و مواد شوینده است که داخل آن را هوا پر کرده است.

(انسان هیچ وقت چیزی را از خودش ابداع نمی کند، بلکه همیشه از طبیعت الهام می گیرد.)

پس دیدیم که نانو پوشش ها به سه دسته اصلی تقسیم می شوند:

• نانو ذرات چسبانده شده روی یک زمینه

• روکش های بلوری با ساختار نانومتری

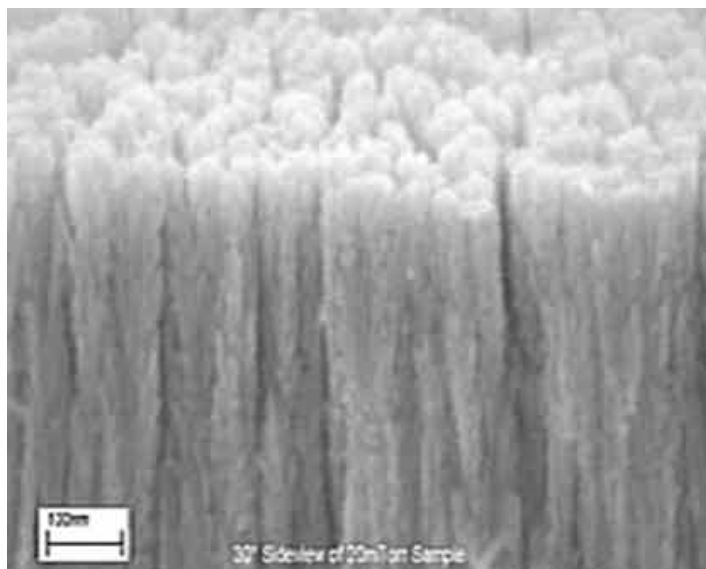
• لایه های نازک

گفتیم برای تولید پوشش های نانو ساختار باید بلورها یا دانه ها را روی سطح قرار دهیم، ولی نگفتیم چگونه. «جوانه زنی» عملی است که توضیح آن در زیر می آید.

جوانه زنی

همان گونه که از نام آن پیداست، به معنی جوانه زدن بلورهای پوشش است که به آن رشد بلوری نیز می گویند. ما به شکل های مختلف می توانیم بلورها را شکل دهیم: مربعی، هرمی، ستونی، دایره ای و... که هر کدام از این اشکال به شکل بلور وابسته اند (شکل

۸). بلورهای رشد داده شده باید اندازه‌ای بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر داشته باشند و برای کنترل رشد و اندازه دانه این پوشش‌ها از موادی به نام کنترل کننده های رشد استفاده می شود. این مواد رسوبات ریزی هستند که با قفل کردن مرزهای یک دانه، مانع از حرکت و در نتیجه رشد آن می شوند.



شکل ۸- نمونه‌ای از بلورهای ستونی

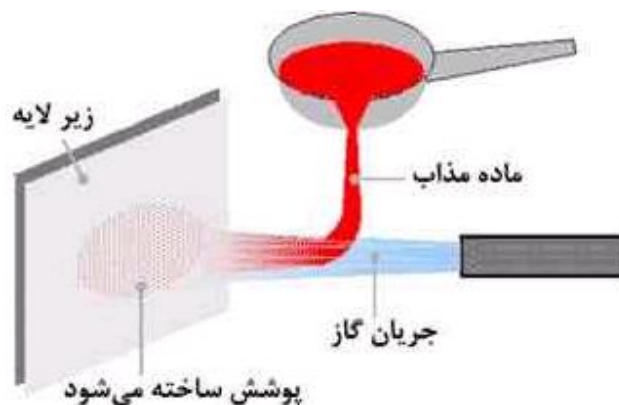
نانوپوشش‌ها به چه کار می آیند؟

نانوپوشش‌ها چگونه تولید می شوند؟

در قسمت‌های پیشین در مورد پوشش‌ها، علل استفاده از آنها، خواص پوشش‌ها و نانوپوشش‌ها صحبت کردیم. در این مبحث می‌خواهیم راجع به نحوه تولید نانوپوشش‌ها صحبت کنیم. در ابتدا باید خاطرنشان کرد که روشهای تشکیل نانوپوشش‌ها بر اساس همان سه روش تشکیل پوشش‌هاست که در بخش قبلی ذکر شد. در ادامه، روش‌های مختلف پوشش‌دهی مورد بحث قرار می‌گیرد.

روش پاشش حرارتی

هنگامی که قصد دارید دو قطعه پلاستیکی را به هم بچسبانید، چه کار می‌کنید؟ آسان‌ترین راه (بدون استفاده از وسایل جانبی مانند چسب) ذوب کردن یک قطعه و فشردن آن روی قطعه دیگر است. (شکل ۱۰)

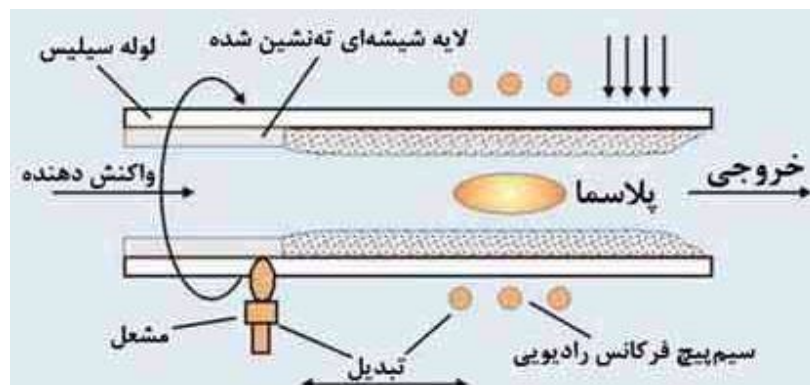


شکل ۱۰ - شماتیکی از روش پاشش حرارتی

برای تولید پوشش هم می توانیم همین عمل را با کمی تغییر انجام دهیم. در این حالت از پودر برای تولید پوشش استفاده می شود. به این صورت که پودر را با قدرت به سمت قطعه مورد نظر می پاشیم و در مسیر پاشش، پرتو لیزر را قرار می دهیم. پرتو لیزر با سرعت و قدرت زیاد محیط را گرم می کند و باعث می شود پودر در مسیر به صورت مذاب در آید. وقتی پودر با سطح تماس پیدا می کند، به علت اختلاف دما، پس از برخورد سریعاً سرد می شود و پوشش نانو ساختار را شکل می دهد. پس دیدیم که در تولید پوشش از این طریق از سازو کارهای دوم و سوم استفاده شد.

روش رسوب دهی شیمیایی بخار (CVD)

فرآیند CVD در فاز گازی انجام می شود. یعنی مواد واکنش زا گاز هستند و فرایندهای شیمیایی بین گازها صورت می گیرد. در شکل زیر گازها از یک دریچه وارد می شوند و بعد از رسوب بر روی یک زیر لایه، به صورت شیمیایی واکنش می دهند (شکل ۱۱)



شکل ۱۱ - شماتیکی از روش CVD

این روش لایه نشانی ممکن است از طریق چند نوع واکنش شیمیایی انجام شود: ۱) پیرولیز که در آن از دمای زیاد برای تجزیه ماده استفاده می شود؛ ۲) فوتولیز که در آن از نور فرابنفش یا فروسرخ برای تجزیه ترکیب های گازی استفاده می شود. به خاطر دمای بالای فرآیند، لایه به سطح ماده نفوذ می کند و تشکیل یک لایه نازک آلیاژی می دهد. به عنوان مثال، مبنای این روش را می توان به صورت ذیل شرح داد: ماده مورد نظر با یک گاز یا بخار مخلوط می شود تا ترکیب فرّاری ایجاد شود. این ماده فرّار به سطح زیر لایه منتقل و به خاطر گرمای زیاد روی زیر لایه نشاندگی می شود و پس از سرد شدن تشکیل یک لایه جامد نازک را می دهد. این روش نیز مثل پاشش حرارتی از هر دو سازو کار شماره های ۲ و ۳ برای پوشاندن سطوح استفاده می کند.

لایه‌نشانی الکترولیتی کاتد

برای تولید پوشش‌های مقاوم به خوردگی، استفاده از اکسید همان فلز ساده‌ترین نوع پوشش است. اکسایش کاتد عموماً در تهیه لایه‌های اکسیدهای فلزهای معینی مثل آلومینیوم به کار می‌رود. قطعه‌ای که می‌خواهد پوشش داده شود، به قطب کاتد وصل می‌شود و در محلول الکترولیت قرار می‌گیرد. در این حالت اکسیژن‌های موجود در الکترولیت را جذب می‌کند. یون‌ها از میان لایه‌ای که اکسیده شده است به وسیله یک میدان الکتریکی تقویت و با اتم‌های قطعه فلزی ترکیب می‌شود و مولکول‌های اکسید را روی سطح تشکیل می‌دهد. معمولاً از نمک‌های مذاب مختلف، یا در برخی موارد از اسیدها، به عنوان الکترولیت استفاده می‌شود.

از نکاتی که باید مورد توجه قرار گیرد، ماده الکترولیت است. بعضی از الکترولیت‌ها فوراً اکسید تشکیل شده را در خود حل می‌کنند و در لایه ایجاد شده تخلخل ایجاد می‌نمایند. نمونه‌ای از این روش، اکسید شدن آلومینیوم در اسیدسولفوریک یا سترات آمونیوم است. این محلول‌ها روی اکسید هیچ اثر حلالیتی ندارند. بنابراین، با رسیدن به یک ضخامت مشخص (با ولتاژ ثابت) اکسایش متوقف می‌شود.

در سطح فلزهایی مانند آلومینیوم، ضخامت لایه نازک حدود سه چهار نانومتر است. مشخصاً در این روش از سازوکار دوم برای پوشاندن سطوح استفاده می‌شود.

روش نیتروراسیون

می‌دانیم که اتم نیتروژن کوچک است و به همین علت به راحتی می‌تواند به درون سطح اکثر مواد نفوذ کند. حال اگر اتم نیتروژن بتواند چند نانومتر داخل سطح نفوذ کند، یک نانوپوشش تولید کرده است. ترکیب نیتروژن با موادی مانند فولاد، یک ماده سخت تولید می‌کند. فولادهایی که با نیتروژن پوشش می‌شوند، عموماً کربن کمتری دارند، چون کربن کم باعث نرمی می‌شود. در واقع، هر چه سختی کمتر شود، نرمی بیشتر می‌شود. در عین حال، اگر کربن فولاد زیاد باشد، نیتروژن با کربن ترکیب می‌شود و این ترکیب برای افزایش سختی مناسب نیست. پس دیدیم که در این روش نیز به صورت غیرمستقیم از سازوکار سوم برای نفوذ اتم‌ها و ایجاد پوشش استفاده شد.

روش رسوب‌دهی فیزیکی بخار

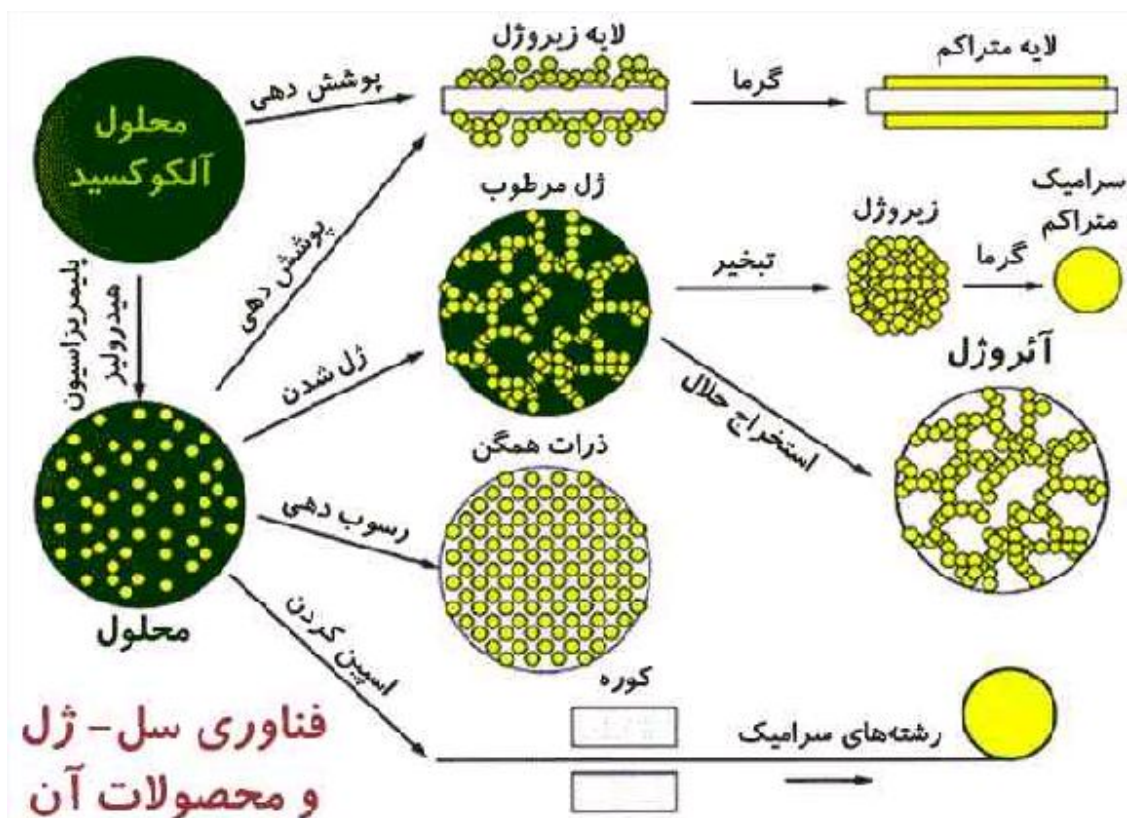
واضح است که در اثر گرم کردن ماده (جامد یا مایع) اتم‌ها یا مولکول‌ها از روی سطح آزاد می‌شوند. برای آنکه مولکولی بتواند سطح خود را ترک کند، باید مؤلفه عمودی نیرو که نتیجه حرارت است بزرگتر از نیروی جاذبه بین مولکولی باشد. پس با افزایش دما تعداد ذره‌هایی که از سطح کنده می‌شوند افزایش می‌یابد. وقتی اتم‌های کنده شده از سطح به مقدار معینی رسیدند، واکنش‌های شیمیایی در حالت بخار صورت می‌گیرند. بعد از آن بخار سرد می‌شود و یک لایه نازک روی سطح ایجاد می‌گردد. در روش‌های رسوب‌نشانی، به علت وجود انواع روش‌های تبخیر، روش‌های مختلفی برای پوشش‌دهی داریم. اما برای اغلب مواد فقط یک روش تبخیر بهینه وجود دارد. تبخیر بهینه به روش تبخیر، دمای تبخیر و سرعت تبخیر مربوط می‌شود و درجه خلوص لایه نیز وابسته به سیستم تبخیر است.

روش‌های مختلف تبخیر عبارت‌اند از: گرم کردن مقاومتی مستقیم، گرم کردن به وسیله باریکه الکترونی، روش جرقه‌ای و

در رسوب‌دهی فیزیکی بخار هم از سازوکارهای دوم و سوم استفاده شده است.

روش سل - ژل

در این روش در واقع از اصل محلول‌سازی و رسوب‌دهی جامدات در مایعات با استفاده از تغییر پارامترهایی مثل دما استفاده می‌کنیم و محصولاتی مثل پوشش و پودر را به دست می‌آوریم. برای این کار، ابتدا از ماده‌ای که می‌خواهیم پوشش دهیم یک محلول تهیه می‌کنیم و بعد با حرارت دادن این محلول آن را تبدیل به یک مادهٔ ژلاتینی می‌نماییم. با ادامهٔ حرارت دادن، مواد معلق در محلول را روی مادهٔ پذیرندهٔ پوشش رسوب می‌دهیم. حال این رسوب می‌تواند به صورت یک لایهٔ پیوسته باشد که در آن صورت یک لایهٔ نانومتری تشکیل می‌شود. یا اگر ضخامت این لایه از ۱۰۰ نانومتر بیشتر باشد، به علت اینکه از ذرات نانومتری تشکیل شده است، یک لایهٔ نانوساختار است. اما باید دقت کرد که دما و سرعت حرارت‌دهی و... ممکن است باعث شود که به جای یک لایهٔ پیوسته، مجموعه‌ای از ذرات تشکیل‌دهندهٔ لایه به صورت پودر تشکیل شوند. البته باید یادآور شد که پوشش‌هایی که از این روش تولید می‌شوند دارای تخلخل‌هایی هستند که خواص آنها را ضعیف می‌کند. کاملاً واضح است که در این روش از سازوکار سوم استفاده شده است. در شکل ۱۲ نمایی از تولید محصولات به روش سل-ژل را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۲- محصولات قابل تولید با فرایند سل ژل

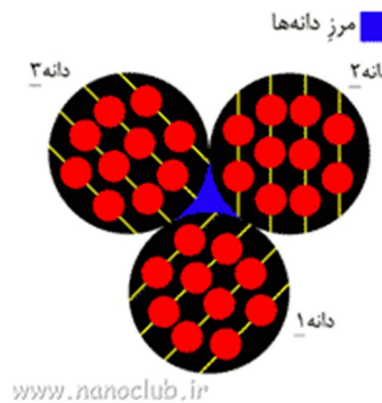
خواص فیزیکی و شیمیایی نانوپوشش‌ها

یکی از مهمترین عواملی که باعث شد بشر اقدام به پوشش برخی از مواد به وسیلهٔ مواد دیگر کند، نیاز به بهبود خواص مهندسی این مواد بود. در این قسمت، ابتدا خواص مهندسی مواد را در سه دستهٔ خواص شیمیایی، خواص مکانیکی و خواص فیزیکی توضیح می‌دهیم و سپس خواص مهندسی پوشش‌های معمولی و نانوپوشش‌ها را مقایسه می‌کنیم.

اختلاف نانوپوشش‌ها با پوشش‌های معمولی در ساختار و خواصشان است. پس با شناختن خواص و ساختار نانوپوشش‌ها می‌توان متوجه این اختلاف‌ها شد. خاصیت هر ماده مربوط به ذرات سازنده آن است. خواص پوشش، به دانه^۱ و ذرات تشکیل‌دهنده آن بستگی دارد. خواص شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی نانوپوشش‌ها خواصی هستند از قبیل: مقاومت الکتریکی، نفوذپذیری، مقاومت نسبت به خوردگی، سایش، خاصیت مغناطیسی و... این خواص تابع ساختار و اندازه دانه پوشش‌ها هستند. روشن است که استفاده از این خواص کاربردهای زیادی فراهم می‌کند. یکی از تفاوت‌های عمده میان نانوپوشش‌ها و پوشش‌های معمولی، مقاومت بالای نانوپوشش‌ها نسبت به خوردگی است.

خواص خوردگی

اتم‌ها در حوزه‌هایی به صورت منظم چیده شده‌اند. به این حوزه‌های منظم «دانه» می‌گویند. (مقاله^۲ چه چیزی خواص مواد را مشخص می‌کند؟ «را ببینید»). اگر سه دانه با هم برخورد کنند، به آن نقطه، «نقطه سه گانه» می‌گویند. این به آن می‌ماند که سه دایره با هم برخورد کنند. به خاطر شکل هندسی دایره، فضای خالی‌ای در محل اتصال ایجاد می‌شود که به آن «مرز دانه» می‌گویند. شکل زیر را ببینید. (شکل ۹)



اتم‌هایی که در مرز قرار دارند، متعلق به هیچ دانه‌ای نیستند. در نتیجه با اتم‌های کناری خود تعداد پیوند کمتری برقرار می‌کنند. وقتی ماده خورنده در پوشش نفوذ می‌کند، با اتم‌های مرز دانه پیوند تشکیل می‌دهد و مواد جدیدی درست می‌کند. مثلاً وقتی آب در آهن نفوذ می‌کند، زنگ آهن درست می‌کند که از نظر ترکیب، هم با آب و هم با آهن فرق دارد. به این ترتیب، باعث خوردگی می‌شود.

با این حساب، نانوپوشش‌ها باید بیشتر در معرض خوردگی باشند. پس چرا مقاوم‌ترند؟ در نانوپوشش‌ها مساحت مرز دانه زیاد است و این موجب خوردگی بیش از اندازه می‌شود. ولی این خوردگی در مرز اتفاق می‌افتد نه درون دانه. اما چون این نقاط پراکندگی یکنواختی دارند، بنابراین خوردگی یکنواخت‌تر است و خوردگی موضعی که ترک و شکست ایجاد می‌کند در کار نخواهد بود.

خواص مکانیکی

پوشش‌دهی و نانوپوشش‌ها خواص مناسب دیگری هم دارند که موجب استفاده فراوان از آنها شده است. تصور کنید که ماده نرمی داشته باشید و برای شما مهم است این ماده نرم باشد تا در برابر ضربه و دیگر بارها و نیروهای مکانیکی که به صورت ناگهانی اعمال می‌شوند نشکند. اما از طرفی این ماده همواره در تماس با یک ماده زبر است و بین این دو قطعه اصطکاک به وجود می‌آید. خوب واضح است که روی سطح ماده نرم شما همواره خش و خط می‌افتد و قطعه شما از بین خواهد رفت. برای حل این مشکل

یک لایه از یک ماده سخت را روی سطح ماده اول می‌نشانند تا در برابر نیروهایی که در سطح ماده اعمال می‌شوند، مثل اصطکاک، مقاوم شود. از طرف دیگر، مغز قطعه هنوز نرم و انعطاف پذیر است. بنابراین، قطعه در برابر نیروهای ناگهانی مثل ضربه هم مقاوم خواهد بود. پس دیدید که چگونه خواص مکانیکی یک ماده - مثل سختی - را با پوشش دهی می‌توان بهبود بخشید. حال توجه کنید که میزان سختی - یا همان مقاومت در برابر جسم فرورونده خارجی - به چند عامل بستگی دارد:

1. یکی از این عوامل، نیروهای بین اتمی موادند. این نیروها خاصیت ذاتی ماده‌اند. مثلاً نیروی بین اتم‌های آهن، به علت پیوند فلزی بین اتم‌های آهن خیلی بیشتر از نیروهای اتمی بین اتم‌های گاز هلیوم اند که با پیوند واندروالسی به هم متصل می‌شوند. این امر در عمل هم قابل تصور است، چرا که اتم‌های گاز به راحتی، حتی با یک فوت، از هم جدا می‌شوند. این در حالی است که برای شکافت اتم‌های آهن باید نیروی بسیار بسیار زیادی صرف کرد.

2. دومین عامل بسیار مؤثر در مقاومت مواد در برابر سختی، ساختار سطح مواد است. واضح است که اگر سطح مواد متخلخل و پر از ترک باشد، مقاومت مواد در برابر یک عامل فرورونده خارجی بسیار کمتر خواهد بود. با این تصور، با استفاده از فناوری نانو می‌توان ساختارهایی را تولید کرد که یا ترک‌های کمتری داشته باشند یا اندازه دانه آنها آن قدر کوچک باشند که وقتی عامل فرورونده خارجی به سطح ماده برخورد می‌کند، عملاً به مرزهای این دانه‌ها برخورد کند و چون مرزها محل بی‌نظمی اتم‌ها هستند و انرژی پیوندها با پیوندهای داخل دانه فرق دارند (به طوری که از خود مقاومت بیشتری در برابر ماده فرورونده خارجی نشان می‌دهند)، پس ماده ریز دانه ما که دانه‌هایی در حد نانومتری دارد، مقاومت بیشتری در برابر سختی نشان می‌دهد. البته چنین پوشش‌هایی سایر خواص مکانیکی مثل خستگی را هم بهبود می‌بخشند، که به اختصار به آنها می‌پردازیم.

خستگی

برای درک خستگی، یک سیم را تصور کنید. برای پاره کردن آن چه می‌کنید؟ آیا آن را می‌کشید؟ البته اگر سیم پلاستیک یا نایلونی باشد شاید بتوان به این طریق سیم را پاره کرد، اما برای پاره کردن سیم فلزی باید چند بار آن را بالا و پایین کرد. در واقع، باید جهت نیرو را عوض کرد. نیروهایی که به این صورت با تغییر جهت وارد می‌شوند، در واقع مواد را خسته می‌کنند. یکی از مهمترین ویژگی‌های مواد که مقاومت آنها را در برابر خستگی مشخص می‌کند، ویژگی‌های سطحی آنهاست که با نانو ساختار کردن سطح و ریزدانه کردن و البته کم کردن نقایص سطحی، مثل ترک، می‌توان این خواص را بهبود بخشید.

خواص فیزیکی

یکی از مهمترین مزیت‌های پوشش دهی، بهبود خواص فیزیکی مثل هدایت الکتریکی است. همان طور که می‌دانید هدایت بارهای الکتریکی به وسیله ارتعاش اتم‌ها و برخورد آنها با هم انجام می‌شود. (برای تصور درست از این قضیه بازی «دستش ده» را به یاد آورید.)

وقتی یک بار الکتریکی وارد مجموعه‌ای از اتم‌ها می‌شود، اتم‌ها سر جای خود می‌لرزند و ارتعاش می‌کنند. این ارتعاش باعث می‌شود بارهای الکتریکی در داخل یک مجموعه اتمی انتقال پیدا کنند. واضح است که اگر در این مجموعه جای یک اتم خالی باشد در آن منطقه هدایت به خوبی انجام نمی‌شود. بنابراین، ماده هادی خوبی نخواهد بود و هر چه ماده منظم تر باشد این هدایت راحت تر انجام می‌شود. از طرف دیگر، باید بدانید که هر چه ماده بزرگتر می‌شود، احتمال اینکه اتم‌ها سر جای خودشان قرار گرفته باشند کاهش می‌یابد و در واقع تعداد نقص‌های نقطه‌ای (وقتی در یک مجموعه منظم اتمی یک اتم نباشد، در واقع جای خالی یا اتم اضافی)، یا نقص‌های خطی (وقتی در یک مجموعه منظم اتمی یک ردیف اتم نباشد)، یا نقص‌های صفحه‌ای (وقتی در

یک مجموعه منظم اتمی یک صفحه اتم نباشد) بیشتر می شود و هر چقدر تعداد این نواقص بیشتر باشد، خواص فیزیکی بیشتر افت می کنند. از این رو، در برخی از کاربردها مثل حسگرها (که در آنها یک انرژی به نوعی دیگر تبدیل می شود تا بتوان آن را آشکارسازی کرد) با نشان دادن لایه های نازک، خواص الکتریکی – مثل هدایت – بهبود می یابند.

نانو حسگرها و انواع آنها

حسگر چیست؟

حسگر یک وسیله الکتریکی است که تغییرات فیزیکی یا شیمیایی را اندازه گیری می کند و آنها را به سیگنالهای الکتریکی تبدیل می نماید. حسگرها در واقع ابزار ارتباط ربات با دنیای خارج و کسب اطلاعات محیطی و نیز داخلی می باشند. و یا به طور کلی ابزارهایی هستند که تحت شرایط خاص از خود واکنشهای پیش بینی شده و مورد انتظار نشان می دهند. شاید بتوان دماسنج را جزء اولین حسگرهایی دانست که بشر ساخت.

ساختار کلی یک حسگر:

در طراحی یک حسگر دانشمندان علوم مختلف مانند بیوشیمی، بیولوژی، الکترونیک، شاخه های مختلف شیمی و فیزیک حضور دارند. قسمت اصلی یک حسگر شیمیایی یا زیستی عنصر حسگر آن می باشد. عنصر حسگر در تماس با یک آشکارساز است. این عنصر مسئول شناسایی و پیوند شدن با گونه ی مورد نظر در یک نمونه پیچیده است. سپس آشکارساز سیگنالهای شیمیایی را که در نتیجه ی پیوند شدن عنصر حسگر با گونه ی مورد نظر تولید شده است را به یک سیگنال خروجی قابل اندازه گیری تبدیل می کند. حسگرهای زیستی بر اجزای بیولوژیکی نظیر آنتی بادی ها تکیه دارند. آنزیمها، گیرنده ها یا کل سلولها می توانند به عنوان عنصر حسگر مورد استفاده قرار گیرند

خصوصیات حسگرها:

یک حسگر ایده آل باید خصوصیات زیر را داشته باشد :

1 سیگنال خروجی باید متناسب با نوع و میزان گونه ی هدف باشد.

2 بسیار اختصاصی نسبت به گونه مورد نظر عمل کند

3 قدرت تفکیک و گزینش پذیری بالایی داشته باشد.

4 تکرار پذیری و صحت بالایی داشته باشد.

5 سرعت پاسخ دهی بالایی داشته باشد (در حد میلی ثانیه).

6 عدم پاسخ دهی به عوامل مزاحم محیطی مانند دما، قدرت یونی محیط و ...

نانو حسگرها:

با پیشرفت علم در دنیا و پیدایش تجهیزات الکترونیکی و تحولات عظیمی که در چند دهه ی اخیر و در خلال قرن بیستم به وقوع پیوست نیاز به ساخت حسگرهای دقیق تر، کوچکتر و دارای قابلیت های بیشتر احساس شد. امروزه از حسگرهایی با حساسیت بالا استفاده می شود به طوریکه در برابر مقادیر ناچیزی از گاز، گرما و یا تشعشع حساس اند. بالا بردن درجه ی حساسیت، بهره و دقت این حسگرها به کشف مواد و ابزارهای جدید نیاز دارد. نانو حسگرها، حسگرهایی در ابعاد نانومتری هستند که به خاطر کوچکی و نانومتری بودن

ابعادشان از دقت و واکنش پذیری بسیار بالایی برخوردارند به طوری که حتی نسبت به حضور چند اتم از یک گاز هم عکس العمل نشان می دهند

انواع نانو حسگرها:

نانو حسگرها براساس نوع ساختارشان به سه دسته ی نقاط کوانتومی ، نانولوله های کربنی و نانواپزارها تقسیم بندی می شوند:

1) استفاده از نقاط کوانتومی در تولید نانو حسگرها:

نقاط کوانتومی به عنوان بلورهای نیمه هادی کوچک تعریف می شوند. با کنترل ابعاد نقاط کوانتومی، میدان الکترومغناطیسی نور را در رنگها و طول موجهای مختلف، منتشر می کند. به عنوان مثال، نقاط کوانتومی از جنس آرسنید کادمیوم با ابعاد ۳ نانومتر نور سبز منتشر می کند؛ درحالی که ذراتی به بزرگی ۵/۵ نانومتر از همان ماده نور قرمز منتشر می کند. به دلیل قابلیت تولید نور در طول موجهای خاص نقاط کوانتومی، این بلورهای ریز در ادوات نوری به کار می روند. در این عرصه از نقاط کوانتومی در ساخت آشکارسازهای مادون قرمز، دیودهای انتشار دهنده ی نور می توان استفاده نمود. آشکارسازهای مادون قرمز از اهمیت فوق العاده ای برخوردارند. مشکل اصلی این آشکارسازها مسئله ی خنک سازی آنهاست. برای خنک سازی این آشکارسازها از اکسیژن مایع و خنک سازی الکترونیکی استفاده می شود. این آشکارسازها برای عملکرد صحیح باید در دماهای بسیار پائین، نزدیک به ۸۰ درجه کلوین کار کنند، بنابراین قابل استفاده در دمای اتاق نیستند، در صورتی که از آشکارسازهای ساخته شده با استفاده از نقاط کوانتومی می توان به راحتی در دمای اتاق استفاده کرد.

2) استفاده از نانولوله ها در تولید نانو حسگرها:

نانو لوله های کربنی تک دیواره و چند دیواره به علت داشتن خواص مکانیکی و الکترونیکی منحصر به فردشان کاربردهای متنوعی پیدا کردند که از جمله می توان به استفاده از آنها به عنوان حسگرهایی با دقت بسیار بالا برای تشخیص مواد در غلظتهای بسیار پائین و با سرعت بالا اشاره کرد. به طور کلی کاربرد نانو لوله ها در حسگرها را می توان به دو دسته تقسیم کرد:

الف) نانولوله های کربنی به عنوان حسگرهای شیمیایی:

این حسگرها می توانند در دمای اتاق غلظتهای بسیار کوچکی از مولکولهای گازی با حساسیت بسیار بالا را آشکارسازی کنند. حسگرهای شیمیایی شامل مجموعه ای از نانولوله های تک دیواره هستند و میتوانند مواد شیمیایی مانند دی اکسید نیتروژن (NO_2) و آمونیاک (NH_3) را آشکار کنند. هدایت الکتریکی یک نانولوله نیمه هادی تک دیواره که در مجاورت $200 \mu\text{ppm}$ NO_2 قرار داده می شود، می تواند در مدت چند ثانیه تا سه برابر افزایش یابد و به ازای اضافه کردن فقط ۲٪ NH_3 هدایت دو برابر خواهد شد. حسگرهای تهیه شده از نانولوله های تک دیواره دارای حساسیت بالایی بوده و در دمای اتاق هم زمان واکنش سریعی دارند. این خصوصیات نتایج مهمی در کاربردهای تشخیصی دارند

ب) نانولوله های کربنی به عنوان حسگرهای مکانیکی:

هنگامی که یک نانولوله توسط جسمی به سمت بالا یا پائین حرکت می کند، هدایت الکتریکی آن تغییر می یابد. این تغییر در هدایت الکتریکی، با تغییر شکل مکانیکی نانولوله کاملاً متناسب است. این اندازه گیری به وضوح امکان استفاده از نانولوله ها را به عنوان حسگرهای مکانیکی نشان می دهد. یا می توان با استفاده از مواد واسط مانند پلیمرها در فاصله ی میان نانولوله های کربنی و سیستم،

نانولوله های کربنی را برای ساخت بیوحسگرها توسعه داد. شبیه سازی های دینامیکی نشان می دهد که برخی پلیمرها مانند پلی اتیلن می توانند به صورت شیمیایی با نانولوله کربنی پیوند یابند. همچنین مولکول بنزن نیز می تواند به وسیله ی پیوندهای واندروالس روی نانولوله ی کربنی جذب شود. این تحقیقات کاربردهای بسیار متنوع و وسیع نانولوله های کربنی را نشان می دهد. تحقیق در این زمینه هنوز در حال توسعه و پیشرفت است و مطمئناً در آینده ای نه چندان دور شاهد به کارگیری آنها در ابزارها و صنایع مختلف خواهیم بود.

3 استفاده از نانو ابزارها در تولید نانو حسگرها:

با استفاده از این حسگرها شناسایی مقادیر بسیار کم آلودگی شیمیایی یا ویروس و باکتری در سامانه ی کشاورزی و غذایی ممکن است. تحقیقات در زمینه ی نانو ابزارها جزء پژوهشهای علمی به روز دنیا است.

نانو حسگرها و کنترل آلودگی هوا:

یکی از نیازهای مهم و اساسی در ارتباط با کنترل آلودگی محیط زیست، پایش مستمر آلودگی هواست. با استفاده از نانو حسگرها پیشرفت مؤثری در زمینه ی کنترل آلودگی هوا صورت گرفته است. یکی از این راهکارها اختراع غبارهای هوشمند می باشد. غبارهای هوشمند مجموعه ای از حسگرهای پیشرفته به صورت نانو رایانه های بسیار سبک هستند که به راحتی ساعتها در هوا معلق باقی می ماندند. این ذرات بسیار ریز از سیلیکون ساخته می شوند و می توانند از طریق بی سیم موجود در خود اطلاعات موجود در خود را به یک پایگاه مرکزی منتقل کنند. سرعت این انتقال حدود یک کیلوبایت در ثانیه است. هم چنین حسگرهایی از جنس نانولوله های تک لایه ساخته شده اند که می توانند مولکولهای گازهای سمی را جذب کنند و همچنین آنها قادر به شناسایی تعداد معدودی از گازهای مہلک موجود در محیط هستند. محققان معتقدند این نانو حسگرها برای شناسایی گازهای بیوشیمیایی جنگی و آلاینده های هوا کاربرد خواهند داشت

نانو حسگرهای زیستی

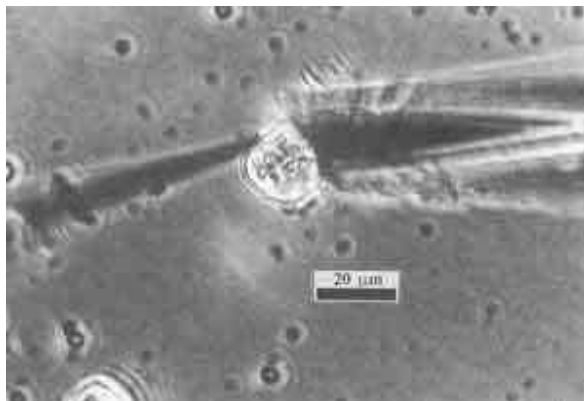
در پزشکی و علوم بالینی برای تشخیص بیماری ها و پیگیری درمان آنها ضروری است از وضعیت گونه های مختلف مورد نظر در داخل بدن اطلاعات کمی و کیفی داشته باشیم. روش تشخیص موجود که در آزمایشگاه های کلینیکی مورد استفاده قرار می گیرد، نمونه برداری (از خون، ادرار و...) است. این روش نمونه برداری و تجزیه و تحلیل، لحظه ای محسوب می شود و مسائل و مشکلات خاص خود را نیز به همراه دارد، زیرا در بسیاری از موارد، نیاز داریم از روند تغییرات غلظت گونه مورد نظر با گذشت زمان اطلاع داشته باشیم.

نمونه برداری لحظه ای به معنی گزارش غلظت گونه مورد نظر در نمونه در یک زمان معین و ثابت است.

حسگرهای زیستی

با ظهور حسگرها و ورود آنها به عرصه تجزیه گونه های بیوشیمیایی، راهکار دیگری برای کنترل کیفیت درمان بیماران فراهم شد. این حسگرها که به طور الکترو شیمیایی کار می کنند و هنوز هم کاربردهای بسیاری دارند، به لحاظ ابعاد نسبتاً بزرگی که دارند عموماً در سنجش های خارج از بدن مورد استفاده قرار می گیرند و در اندازه گیری میزان چربی و رطوبت پوست، میزان تعریق بدن و... به کار می روند. با پیشرفت علوم و فناوری، بشر موفق به ساخت میکرو حسگرهای زیستی شد. از این ابزار در واکنش های بیوشیمیایی انجام شده در سطح الکتروود و ثبت میزان جریان یا دنبال کردن تغییرات پتانسیل بهره گیری می شود و این عوامل به غلظت گونه مورد نظر ارتباط داده می شوند. به عنوان نمونه ای از کارهای انجام شده در این سطح، می توان به سنجش میزان اپی نفرین توسط سلول آدرنال اشاره کرد که تصویر میکروسکوپی آن در شکل ۱ نشان داده شده است. در این شکل دو الکتروود رشته کربنی را ملاحظه

می‌کنیم که در مجاورت سلول مجزائی از غده فوق کلیوی واقع شده است. همان‌طور که می‌دانیم، فعالیت ماهیچه‌های انسان این غده را تحریک می‌کند و در نتیجه هورمون اپی‌نفرین ترشح می‌شود. این هورمون که «آدرنالین» نیز نامیده می‌شود، قند را از سلول‌های ماهیچه‌ای آزاد می‌کند. همچنین اپی‌نفرین فشار خون را بالا می‌برد و بر ضربان قلب می‌افزاید که فاکتورهای مهمی از نظر کلینیکی محسوب می‌شوند. بنابراین، اندازه‌گیری میزان آزادسازی اپی‌نفرین توسط سلول آدرنال که به طریق الکتروشیمیایی فوق و با استفاده از میکرو حسگر نشان داده شده است، می‌تواند بسیار سودمند باشد.



شکل ۱: تصویری از دو الکتروود رشته‌کربنی که در مجاورت سلول آدرنال قرار گرفته‌اند (هورمون اپی‌نفرین آزاد شده از این سلول به روش الکتروشیمیایی مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد)

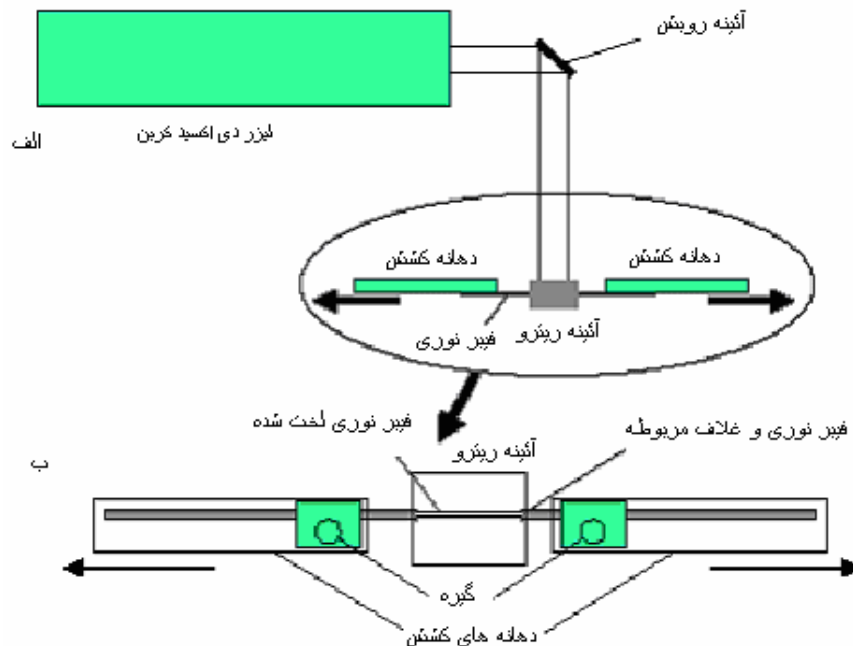
نانوحسگرهای زیستی

با ورود علوم و فناوری نانو و فراهم شدن امکان ساخت الکترودهایی در مقیاس بسیار کوچک، ساخت حسگرهای نانومتری نیز میسر شد. این حسگرها به لحاظ دارا بودن سایز نانومتری و کاربردشان در محیط‌های زیستی، نانوبیوسنسور (نانوحسگر زیستی) نامگذاری شدند. نانوحسگرهای زیستی الکترودهای بسیار کوچکی در اندازه نانومتری و ابعاد سلولی هستند که از طریق تثبیت آنزیم‌های خاصی روی سطح آنها، نسبت به تشخیص گونه‌های شیمیایی یا بیولوژیک مورد نظر در سلول‌ها حساس شده‌اند. از این حسگرها برای آشکارسازی و تعیین مقدار گونه‌ها در سیستم‌های بیولوژیک استفاده می‌شود. این تکنیک، روش بسیار مفیدی در تشخیص عبور بعضی ملکول‌ها از دیواره یا غشای سلولی است.

در طی دهه گذشته، با پیشرفت فناوری ساخت فیبر نوری و ساخت نانوفیبرها، در پژوهش‌های پزشکی و بیولوژیک نیز تحول عظیمی صورت گرفته و فناوری ساخت حسگرهای زیستی و دانش تولید نانومتری این ابزارها روزه‌به‌روز گسترش یافته است. این حسگرها به لحاظ استفاده از فیبر نوری در ساختارشان «حسگرهای نوری» نامیده شده‌اند و به دو دسته شیمیایی و بیولوژیکی تقسیم می‌شوند. بسته به اینکه بخواهیم این حسگر را برای تجزیه گونه داخل سلول، مایع بیولوژیک بین سلولی یا داخل خون به کار ببریم، ابعاد نوک حسگر، زاویه مخروطی شدن نوک آن و میزان نرمی پوشش روی فیبر متفاوت خواهد بود.

تولید نانوحسگرهای زیستی نوری

برای تهیه این فیبر به عنوان نوک حسگر، می‌توانیم از دستگاه‌های مورد استفاده برای کشش فیبرهای نوری استفاده نماییم (شکل ۲)



شکل ۲: الف - شیوه کشیدن فیبر برای ساخت نانوفیبرها از نمای بالا

ب - نمای جانبی از یک فیبر کشیده شده

در این دستگاه از لیزر دی اکسید کربن برای گرم کردن فیبر و از وسیله ای برای کشش فیبر در جهت محور اصلی آن استفاده می شود. محققان موفق شده اند با تغییر دما و میزان نیروی کششی اعمال شده به فیبر، نوک هایی برای حسگرهای زیستی بسازند که قطرشان بین ۲۰ تا ۵۰۰ نانومتر است (شکل ۳). این تکنیک سرعت بالا (حدود ۳ ثانیه) و روند تولید نسبتاً ساده ای دارد.



شکل ۳ - تصویر یک نانوفیبر تولید شده به شیوه کشش لیزری

کاربرد حسگرهای زیستی

کاوشگر حسگرهای ساخته شده به این روش، می تواند بدون آسیب رساندن به غشای سلولی، به آن وارد شود و برای مطالعات بیوملکولی و بالینی مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۴). به طور کلی، مجموعه یک نانوحسگر زیستی، از یک ملکول گیرنده زیستی (مثل DNA یا پادتن) تشکیل شده که بر روی یک فیبر بسیار نازک نشانده شده است. از این مجموعه می توان به عنوان یک کاوشگر برای وارد کردن گونه خاصی به سلول استفاده کرد و با به کارگیری روش های متداول آمپرومتری به تجزیه گونه ها در داخل سلول پرداخت.

روش آمپرومتری یکی از روش‌های الکتروشیمیایی است که در آن حداقل یکی از گونه‌های اولیه یا محصولات واکنش در سطح میکروالکتروکد اکسیده، یا کاهش می‌شود.



شکل ۴ - عبور نوک حسگر از غشای سلولی

شایان ذکر است قبل از استفاده از فیبر به عنوان نوک حسگر، ایجاد یک پوشش بسیار نازک حدود ۲۰۰ نانومتری بر روی فیبر، می‌تواند عملکرد نوری آن را به میزان بسیاری بهبود بخشد. همچنین به منظور ایجاد سایت‌های فعال بر روی نوک حسگر برای اتصال پادتن از فرایند سیلان‌دار کردن سطح فیبر استفاده می‌شود و به دنبال آن پادتن مورد نظر را از طریق پیوندهای کوالانسی به سطح فیبر متصل می‌کنند.

سیلان و فرایند سیلان‌دار کردن سیلیس (Si) یکی از عناصری است که در طبیعت به وفور یافت می‌شود و بخش عمده‌ای از پوسته زمین را تشکیل می‌دهد. این عنصر در گروه چهارم جدول تناوبی واقع شده است و از این رو می‌تواند با ایجاد چهار پیوند کوالانسی، ترکیبی به صورت SiH_4 به نام سیلان را ایجاد نماید. از این ملکول ترکیبات مختلفی به دست می‌آید که از آن جمله می‌توان به تری «متیل کلرو سیلان» اشاره کرد. این ملکول می‌تواند طی یک واکنش حذفی با از دست دادن یک ملکول HCl به ملکولهای دیگر بچسبد و بدین صورت خواص سطحی آنها را تغییر دهد. برای مثال اگر یک زنجیر غیرقطبی کربنی در ملکول فوق داشته باشیم، با پیوند زدن آن به سطح یک نانو حسگر می‌توانیم نانو حسگر را نسبت به جذب ترکیبات غیرقطبی فعال کنیم.

لازم به ذکر است در فرایند سیلان‌دار کردن، از ترکیبات مختلف سیلیس استفاده می‌شود و به کمک آنها سطح مورد نظر را با یک گروه عاملی شیمیایی مناسب پیوند می‌زنند. حُسن کار در این است که امکان پیوند پادتن با گروه عاملی نشانه‌شده در سطح میسر می‌شود. ابزارهای ساخته‌شده به این روش، دارای قدرت انتخابگری بالایی هستند و «کاوشگرهای آنزیمی» نام گرفته‌اند. از این کاوشگرها در تعیین روزمره گلوکز، لاکتوز، ساکاروز، گالاکتوز و کلسترول استفاده می‌شود، بدون اینکه از بیمار نمونه‌گیری خون صورت گیرد.

این تکنیک سودمند، استفاده‌های فراوان دیگری نیز دارد که از آن جمله می‌توان به مطالعه اثر داروها و چگونگی برهمکنش آنها با سلول‌ها و مطالعه چگونگی اثر پاتوژن‌ها (عوامل بیماری‌زا) بر سلول‌ها، و مطالعه سیستم‌های زیستی اشاره کرد. همچنین میزان غلظت داروها در خون در زمان‌های مختلف پس از مصرف و سرعت رسیدن به غلظت ماده مؤثر به حداکثر مقدار، از جمله فاکتورهایی هستند که در داروسازی و پزشکی اهمیت بسیاری دارند و نانو حسگرهای زیستی ابزاری سودمند و کارآمد در این زمینه محسوب می‌شوند.

نظر به اهمیت نانو حسگرهای زیستی در گسترش دانش پزشکی، از آن به عنوان فناوری دستیابی به اطلاعات زیستی سلول با استفاده از

تجهیزات نانومتری (Tech-Info-Bio-Nano) یاد شده است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به کار تیمی Dinhs-Vo در سال ۲۰۰۴ در شناسایی، تشخیص و درمان سلول‌های سرطانی اشاره کرد.

خطرات نانو ذرات

نانوذرات همانند یک شمشیر دولبه دارای اثرات مفید و مضر می‌باشند در مقالات قبلی سایت مطالبی درباب برخی کاربردهای این دسته از مواد نوشته شد و این نوشتار قصد دارد به برخی از اثرات مضر و خطرناک نانو ذرات اشاره کند. بی‌شک اگر به روشهای صحیح کار با نانوذرات توجه شود از خطرات آن کاسته خواهد شد.

اثرات مضر بر سلامتی

نانوذرات به دلیل می‌توانند برای سلامتی مضر باشند؛ اول اینکه میتوانند خیلی سریع از طریق پوست و سلولهای مخاطی جذب بدن شوند و دوم اینکه به دلیل جدید این مواد مسمومیت‌های جدید و ناشناخته‌ای را به وجود بیاورند.

منابع نانو ذرات

نانو ذرات به لحاظ منشا می‌توانند به سه دسته تقسیم بندی شوند.

الف) نانوذرات طبیعی (ب) نانوذرات انسانی (ج) نانو ذرات مصنوعی (ساخته دست بشر)

دسته اول (نانو ذرات طبیعی) از طرق مختلف مانند آتش سوزی جنگلها و یا فوران آتشفشانها ساخته می شوند.

دسته دوم (نانوذرات انسانی) اغلب به عنوان محصول جانبی فعالیتهای انسانی در صنعت تولید می‌شوند مانند نانو ذراتی که در حین جوشکاری بوجود می‌آید و یا از آگروز ماشین‌ها خارج می‌شود

دسته سوم نانو ذرات مصنوعی یا ساخته دست بشر شامل نانوذرات مهندسی شده می‌باشد. این نانوذرات عمدتاً به علت ویژگیهای مطلوبشان مانند خواص جدید فیزیکی و شیمیایی ، واکنش پذیری بالاتر و... تهیه می‌شوند. این ویژگیهای جدید مواد معمولی که فقط در مقیاس نانو مشاهده می‌شود دارای کاربردهای تجاری می‌باشد. مثلاً نانو ذرات می‌توانند در کرمهای ضد آفتاب ، یا خمیر دندانها و یا پوششهای بهداشتی استفاده شوند.

چرا نانو ذرات می‌توانند خطرناک باشند؟

وقتی مواد در مقیاس نانو تبدیل شوند در خواص شیمیایی ، بیولوژیکی و فعالیت‌های کاتالیتیکی آنها تغییراتی ایجاد می‌شود . بنابراین موادی که در حالت بالک (توده ای) بی‌خطر هستند وقتی به حالت نانو تبدیل شوند می‌توانند سمی و خطرناک باشند. به علاوه اندازه کوچک نانوذرات باعث می‌شود تا این مواد بتوانند بر سد های دفاعی بدن فائق آیند.

مهمترین خواص بحث بر انگیز نانو ذرات:

الف) فضای سطحی بزرگ (باعث افزایش فعالیت های شیمیایی و بیولوژیکی می‌شود.)

ب) ویژگیهای جدید مانند انحلال پذیری و فعالیت بیشتر، شیمی شکل و سطح

ج) تحرک بسیار زیاد در بدن انسان

د) توانایی نفوذ به غشا سلولی

در چه شرایطی نانو ذرات خطرناک هستند؟

بعضی بر این باورند که انسانها آنقدر در معرض نانو ذرات نمی‌باشند که برای آنها ایجاد خطرانی از جنبه سلامتی کند. برای مثال

گزارش شده است که بلعیدن TiO_2 توسط انسان بی ضرر است. اما اگر در معرض نانو ذرات بودن بیشتر از حد معمولی گردد احتمال ایجاد خطر بر سلامتی وجود دارد.

عامل دیگری که باعث نگرانی در مورد نانو ذرات می باشد این است که نانو ذرات می توانند به دیگر آلاینده های خطرناک در آب یا هوا متصل شوند یا با آنها واکنش دهند و در نتیجه ورود آنها را در بدن آسانتر سازند.

در ارزیابی خطرات نانو ذرات نکاتی مانند {الف} اندازه و توزیع اندازه ب) شکل ج) خواص د) بار سطحی ه) جرم ، غلظت و تعداد { قابل توجه می باشند

اندازه ذرات در توزیع آنها در بدن موثر است . ذرات بزرگتر از 100nm به مغز استخوان نمی رسند و ذرات بزرگتر از 300nm در خون وجود ندارند. بار سطحی ذرات در توزیع آنها در بدن نقش دارد.

مراحل اثر گذاری نانو ذرات بر سلامتی:

مفاهیم کلی فرایندها از مرحله در معرض نانو ذرات قرار گرفتن تا ایجاد بیماری در شکل زیر نشان داده شده است.

همانطور که در شکل نشان داده شده است اولین مرحله در ایجاد خطر بر سلامتی در معرض نانو ذرات قرار گرفتن می باشد. نکته قابل ذکر این است که نانو ذرات باید توانایی ورود به بدن و سپس پخش شدن در بافتهای هدف را داشته باشند. سپس نانو ذرات وارد شده به بدن باعث اختلال در عملکرد دستگاههای بدن می شوند. این اثرات ابتدا کم و جزئی هستند ولی چنانچه ورود نانو ذرات به بدن ادامه یابد به اثرات غیر قابل برگشت تبدیل می شوند.

برخی راههای کنترل اثرات مضر نانو ذرات:

الف) از تماس پوست با نانو ذرات و یا محلولهای حاوی نانو ذرات جلوگیری شود. (دستکش ، عینک ایمنی و لباس آزمایشگاه استفاده گردد)

ب) شستشوی دستها و رعایت بهداشت فردی در محیط کار با نانو ذرات انجام گیرد.

ج) دفع و انتقال زباله های نانو ذرات طبق اصول زباله های شیمیایی خطرناک صورت پذیرد.

د) وسایل مورد استفاده در کار کردن با نانو ذرات باید قبل از استفاده مجدد ، تعمیر یا مصرف از نظر آلودگی بررسی شوند

میکروسکال دهی

در قسمت پیشین، با شکل دهی، فرایندهای آن، مواد و مصالح صنعتی، خواص مکانیکی و عوامل مؤثر بر آنها آشنا شدیم. در این قسمت به شکل دهی در مقیاس میکرو می پردازیم تا نسبت به تأثیرات ریز سازی و کاهش ابعاد در شکل دهی، اطلاعات بیشتری به دست آوریم.

میکرو متر برابر است با یک هزارم میلی متر، یعنی هزار برابر بزرگتر از ابعاد نانو. این ابعاد مورد توجه صنایع مدرنی است که می خواهند تا جایی که می شود، به کوچک سازی بپردازند. منظور از کوچک سازی، یا ریز سازی، کاهش ابعاد به مقیاس هایی کمتر از میلی متر است. این هدف در علوم مختلف، مانند شیمی، فیزیک، مکانیک، متالورژی، پزشکی، رایانه، زیست فناوری و زیست مکانیک مورد توجه و کاوش قرار گرفته و از سوی دانشمندان این علوم در آزمایشگاهها در دست بررسی و تحقیق است.

وقتی می خواهیم نظریه ای ارائه کنیم، ابتدا باید در حوزه های مشابه اطلاعاتی به دست آوریم و با دسته بندی آنها حدس هایی بزنیم و سپس با انجام آزمایش صحت آنها را بیازماییم. بنابراین، برای اینکه با جهانی در مقیاس یک میلیونیم میلی متر (نانو) آشنا شویم، ابتدا از مقیاسی که دانش بیشتری در زمینه شکل دهی در آن داریم، یعنی مقیاس میکرو، آغاز می کنیم.

در میکرو شکل دهی به دنبال ایجاد فرایندهای امکان پذیر برای صنعت و تولید انبوه هستیم. آیا تا به حال به این موضوع فکر کرده اید که برای صنعتی شدن یک فرایند و تولید انبوه آن چه مراحل باید طی شود؟

اگر همین امروز اراده کنید که پزشک جراح شوید، نمی توانید با پوشیدن لباس اتاق عمل دانش مورد نیاز جراحی را به دست آورید. شما باید پس از دوازده سال تحصیل در دبستان، راهنمایی و دبیرستان و سپری کردن دوره هشت ساله پزشکی عمومی و سپس طی دوره تخصص و اخذ مجوز لازم از مراکز معتبر، به فکر پوشیدن لباس جراحی بيفتيد. چنین وضعی در دنیای مهندسی هم وجود دارد: ممکن است دانش یا مهارتی در خصوص شکل دهی داشته باشید. اما تنها پس از طی مراحل مانند محاسبات، آزمایش، مدل سازی و... می توان ساختار مشخصی برای ماده تعریف کرد. مجموع این ساختار مشخص را فناوری می گوئیم که نحوه استفاده از دانش را به ما می آموزد. برای صنعتی شدن هم باید برای فناوری مورد نظر دستگاه های مختلف، وسایل اندازه گیری و... تهیه کرد. مهندسان به این قسمت ها سامانه (یا سیستم) می گویند. پس اولین گام برای صنعتی کردن فناوری، تعریف سیستم و اجزای آن است. درباره میکرو شکل دهی نیز ابتدا به سیستم آن می پردازیم تا با عناصر تشکیل دهنده آن بیشتر آشنا شوید.

میکرو شکل دهی از نظر علمی «ساخت و تولید ساختارهای دو بُعدی در مقیاس میلی متری» است. محصولات میکرو شکل دهی، در اجزای الکترونیکی ریز سیستم ها و سیستم های میکروالکترومکانیکی مثل میکرو ربات ها کاربرد دارند. این محصولات باعث شده اند که عملیات ریز سازی به سرعت جلو برود.



اجزای ساخته شده بوسیله میکرو شکل دهی

مروری بر تاریخ میکرو شکل دهی

رشد فناوری ها و به خصوص فناوری شکل دهی میکرو در دهه 1990، این سؤال را به وجود آورد که چرا به جای استفاده از تراشکاری در ساخت قطعات از شکل دهی فلزات استفاده نشود؟

مهندسان و صنعتگران دریافته اند که باید قطعه را با روش های شکل دهی و بدون براده برداری تغییر شکل دهند. این کار برای تأمین دو هدف اساسی صنعتی و اقتصادی صورت می گیرد: تولید انبوه، و نرخ تولید بالا. تولید انبوه یعنی تولید محصول در تعداد بسیار زیاد، مانند تولید خودرو یا ساخت وسایل خانگی. البته تعداد محصول در صنایع مختلف در تولید انبوه متفاوت است. نرخ تولید بالا نیز به تولید محصول در حداقل زمان ممکن گفته می شود. در این کار آنها با چند مشکل اساسی مواجه بودند که در دو سطح عمده زیر خلاصه می شدند:

الف - نبود دانش پایه ای؛ چون در آن زمان دانش بشر در زمینه میکرو کافی نبود.

ب - نبود کاربرد مشخص و نمونه اولیه؛ زیرا آنها نمی دانستند باید به دنبال ساخت چه محصولی باشند. مثلاً اگر شما به دنبال ساخت هلی کوپتر باشید، با دیدن نمونه های قبلی و طرز کار آن می توانید به ایده هایی برای ساخت نوع جدید آن برسید.

اولین حرکت در این زمینه توسط یک دانشمند ژاپنی در سال ۱۹۸۹ میلادی آغاز شد. او در گزارش اولیه خود در انجمن فناوری شکل‌دهی ژاپن، طرح اولیه خود را با عنوان «پیش‌طرح ساخت و توسعه ماشین پرس سوپرمیکرو» ارائه کرد و در سال ۱۹۹۰ این ایده را به چاپ رساند. با شروع حرکت، به سرعت مسائل و مشکلات پایه‌ای زیادی در مقابل دانشمندان به وجود آمدند. کاهش مقیاس در رسیدن به ابعاد میکرو در فلزات دشوار است. علاوه بر آن، مشکلات دیگری نیز در مقابل این فناوری جدید قرار دارند، نظیر ابزارآلات و ماشین‌ابزار لازم. از این رو کوشش‌ها، پژوهش‌ها و تحرکات گسترده علمی و صنعتی برای حل معضلات و یافتن راه حل‌های مناسب آغاز شدند که تاکنون نیز ادامه دارند.

سیستم میکروشکل‌دهی

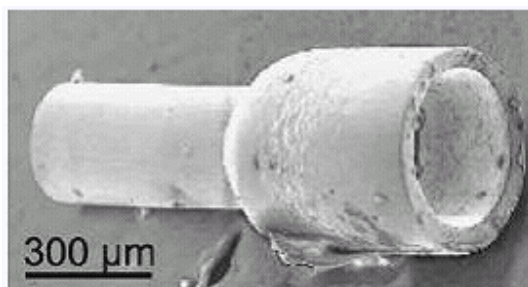
سیستم شکل‌دهی میکرو را می‌توان مانند سیستم شکل‌دهی ماکرو به چهار بخش اساسی تقسیم کرد:

الف - مواد (material)

ب - ابزار (tools)

ج - فرایند (process)

د - ماشین‌آلات و تجهیزات (machines & equipment)



یک نمونه از قطعات شکل‌یافته در ابعاد میکرو

علاوه بر مشکلات موجود در شکل‌دهی ماکرو، مانند طراحی ابزار، فرسایش، خوردگی و عملیات مناسب بر روی مواد، مشکلات جدید ناشی از کاهش ابعاد هم به آنها افزوده می‌شود. این مشکلات، خود را در هر چهار بخش سیستم شکل‌دهی نشان می‌دهند. مثلاً در زمینه مواد در حوزه‌های شکل‌پذیری، محدوده شکل‌دهی، تنش‌ها و کرنش‌ها؛ در مورد فرایند در خصوص نیروهای شکل‌دهی، دقت اجزای تولیدی، اصطکاک و مدل‌سازی؛ و در زمینه ابزار در مورد تولید ابزار به وسیله فناوری‌های جدید، جنس و مواد به کار رفته در آنها و دقت لازم و مورد نیاز ابزار.

اگرچه روش‌های نوین ساخت با هدف حل این معضلات توسعه یافته‌اند، اما گام‌های زیادی در این راه باقی است. یکی از مثال‌های این توسعه، ساخت ابزار برجسته‌کاری (embossing tools) است. این وسایل در یک فرایند حک‌کاری پرتودهی الکترونی، ابزاری با ابعاد ۲۰۰ نانومتر را می‌سازند. در خصوص ماشین‌آلات و تجهیزات نیز جابه‌جایی مواد و اجزا دشوار است، زیرا سطح گیره‌نگه‌دارنده قطعه بسیار کوچک است و نیروهای چسبندگی و کشش سطحی بسیار قوی‌تر از نیروی وزن عمل می‌کنند. توضیح بیشتر اینکه وزن قطعه در مقیاس میکرو بسیار ناچیز است، در حالی که نیروهای بین مولکولی، که نام برده شدند، چندین برابر بزرگتر از آن هستند. از این رو، قطعه به خودی خود از گیره جدا نمی‌شود.

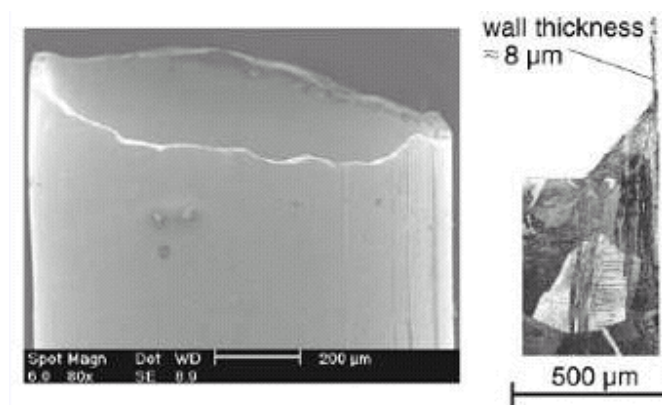
در کنار سیستم میکروشکل‌دهی، ساختارها و فناوری‌های پشتیبان دیگری نیز مورد نیازند. از جمله، فناوری‌های مناسب اندازه‌گیری قطعات و ابزار کوچک و همچنین اتاق تمیز. اتاق تمیز، اتاقی است که هوای آن تخلیه شده باشد. زیرا ذرات گرد و غبار و آلودگی‌ها از لحاظ ابعاد در حد مقیاس مورد نظرند و موجب ایجاد خطا در تولید محصول و آزمایش‌ها می‌شوند.



نمونه ای از عملیات آزمایشگاهی در ابعاد میکرو

فرایندهای میکرو شکل دهی

مقایسه فرایندهای شکل دهی میکرو و ماکرو نشان می دهد که دسته ای از عوامل، علی رغم کاهش ابعاد ثابت می مانند. به عنوان مثال، ساختار میکروبی مواد مستقل از ابعاد است، یا عوارض نگاری سطح (پستی و بلندی سطح) در طول فرایند کاهش ابعاد بدون تغییر باقی می ماند. بررسی ها نشان می دهند که روش های مرسوم در شکل دهی ماکرو، در شکل دهی میکرو غیر قابل انجام اند. بنابراین، باید تحقیقات و بررسی های کاملی برای نمایش این موضوع به اعداد و ارقام صورت گیرد. برای این کار فرایندهای شکل دهی را به صورت سامان مند (سیستماتیک) به مقیاس پایین تر تبدیل می کنیم. در این صورت، لازم است در زمینه تئوری دانش ابعاد کوچک پیشرفت هایی صورت گیرد، آزمایش های پایه ای با هدف جلوگیری از ایجاد پیچیدگی در ابزار و ساخت آنها اجرا شود و کاربرد مواد گوناگون بررسی گردد.



ثابت بودن ساختار مایکرو و عوارض نگاری سطح در طول فرایند کاهش ابعاد

تحقیقات در حال پیشرفت در زمینه فرایندهای میکرو شکل دهی

گرایش به سمت تولید محصولات کوچکتر، منجر به تحقیقات پایه ای فراوانی شده است. بر اساس فرضیاتی که در دهه ۱۹۵۰ میلادی در آزمایشگاه های بل مورد آزمایش قرار گرفتند، تغییر شکل پلاستیک (تغییر شکل دائمی مواد؛ در این حالت ماده به حالت قبلی خود باز نمی گردد) باید بر اساس کرنش و نیز تغییرات کرنش تحلیل شود، به خصوص در شرایطی که ابعاد ناحیه تغییر شکل در حدود ۱۰ میکرومتر یا کمتر باشد. جابه جایی اجزای مایکرو نیز از دیگر موضوعاتی است که مورد بررسی و در دست پژوهش اند. دانشمندان می خواهند از این بررسی ها به دو هدف اساسی زیر برسند:

۱. جابه جایی قطعات در مراحل چند گانه همراه با دقت، سرعت و دقت در مکان یابی اجزای کوچک؛

۲. جلوگیری از آثار نامطلوب چسبندگی بین اجزا و گیره نگه دارنده.

نتایج اولیه آزمایش‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی مختلف منجر به ساخت نمونه اولیه سیستم انتقال شده است. این سیستم گیره‌های مکندۀ ای دارد که می‌توانند در هر ثانیه ۳ قطعه را در فاصله ۲۵ میلی‌متری و با دقت مکان‌یابی در حدود ۵ میکرومتر جابه‌جا کنند.



نمونه ماشینکاری در ابعاد میکرو

خوب است در انتهای این بخش به این سؤال پاسخ بدهیم که دورنمای کاربرد ماشین پرس سوپرمیکرو که در آغاز به آن اشاره کردیم، چیست؟

در سال ۲۰۰۰ میلادی گروهی از پژوهشگران ژاپنی، کارخانه ماشین کاری رومیزی میکرو را ساختند که شامل ماشین

ابزارهایی نظیر ماشین تراش، دستگاه دریل، وسایل جابه‌جاکننده و پرس بود و می‌توانست قطعات مینیاتوری تولید کند. اگرچه این دستگاه هنوز شرایط لازم برای تولید انبوه را ندارد، اما دورنمایی را ترسیم می‌کند که در آن فناوری‌های میکرو به خصوص فناوری‌های شکل‌دهی در مقیاس میکرو توسعه چشمگیری یافته‌اند.

پژوهش‌های ده سال اخیر، فرایندهایی را به دانشمندان نشان داده است که پایه و اساس تحقق فرایندهای صنعتی‌اند. با تمام این تلاش‌ها فناوری مورد نظر به مراحل توسعه نهایی خود نرسیده است و نیاز به تلاش‌های گسترده‌تری دارد تا به حداقل‌های مورد انتظار برای حل مسائل پیش رو در آینده برسد. علی‌رغم تکاپوی سریع جهانی، در برخورد با مشکلات موجود نیاز به دستیابی به راه‌حل‌های فوری وجود دارد. البته مجموعه مهندسی کنونی می‌تواند از پس حل این مسائل برآید، اما ایده‌های زیادی هم وجود دارند که در یک بازه زمانی کوتاه قابل صنعتی شدن نیستند. این ایده‌ها و طرح‌ها نیازمند زمان زیاد، صرف بودجه‌های کلان و تحقیقات پایه‌ای فراوانی هستند و زمانی به موفقیت ختم می‌شوند که همراه با تلاش گسترده دانشمندان و حمایت‌های مالی باشند. در عین حال، احتیاج به توسعه روابط میان رشته‌هایی گوناگونی از قبیل شیمی، فیزیک، رایانه، متالورژی، صنایع و مکانیک نیز دارند. در مورد شکل‌دهی میکرو، شرایط مورد نیاز، در حال مهیا شدن هستند. فرایندهای مختلفی در صنعت در حال تکمیل‌اند که در محدوده کاربرد ورق فلزی تمرکز یافته‌اند. این فناوری می‌تواند دورنمای وسیع‌تر و افق گسترده‌تری را در مقابل ساخت طیف فراوانی از محصولات بگشاید.

نانو شکل‌دهی

در بررسی فرایندهای شکل‌دهی مایکرو اشاره کردیم که ریزسازی مشکلات فراوانی را برای صنعت به وجود آورده است. دانشمندان نیز همچون صنعتگران معضلات بسیاری در پیش‌برد ایده‌های خود برای کاهش ابعاد یا ریزسازی دارند. در آخرین بخش، به بررسی ایده‌ای می‌پردازیم که در نانو شکل‌دهی کاربرد دارد. بسیاری از مطالب راهنما برای این بخش، در بخشهای پیشین ارائه شده‌اند.

نانوفناوری، با کنار هم قرار دادن اتم‌ها یا مولکول‌ها، محصولاتی با کیفیت‌های دلخواه به دست می‌دهد. این اصلی‌ترین هدف فناوری و علوم نانو است. اما مشکلات – یا به بیان بهتر، فاصله – زیادی تا رسیدن به این هدف وجود دارد. در واقع، همواره می‌توان بهترین نظرات را ارائه کرد، اما وقتی به مرحله عمل می‌رسیم، مشکلات رخ می‌نمایند. این مطلب شبیه به آن است که بگوییم انسان‌ها سوار بر مرکب خیال از کهکشان‌ها می‌گذرند و به بیگ‌بنگ هم می‌رسند، اما در عمل هنوز هیچ انسانی پا در یکی از سیارات دم دست منظومه شمسی

نگذاشته است.

درست است که فرایند صنعتی شدن و تولید انبوه محصولات در مقیاس مایکرو، به خصوص به روش شکل دهی فلزات، کند بوده است، اما پژوهش های گسترده ای در سراسر جهان در این مورد در حال انجام هستند. شاید در نگاه اول، پرداختن به شکل دهی فلزات در مقیاس نانو، در حالی که هنوز این کار در مقیاس مایکرو توسعه نیافته است، کاری غیرممکن به نظر آید، اما پیش از این گفتیم که به روش حکاکی و پرتو دهی الکترونی و سالیلی به ابعاد ۲۰۰ نانومتر برای برجسته کاری ساخته شده اند. بر اساس تعاریف ارائه شده برای فناوری نانو، محدوده این فناوری از نظر مقیاس ۱ تا ۱۰۰ نانومتر در نظر گرفته شده است. بنابراین، گام های بیشتری باید برداشت تا به محصولاتی در ابعاد مورد نظر رسید.

شاید اساسی ترین نیاز برای دستیابی به فناوری شکل دهی فلزات در مقیاس نانو، دستیابی به نانو کامپیوتر و نانو اسمبلر باشد. در صورت دستیابی به نانو کامپیوتر، می توان مولکول ها را بر اساس یک الگوریتم مشخص برنامه ریزی کرد و توسط نانو اسمبلر، آنها را طبق نمونه شبیه سازی شده کنار هم قرار داد تا محصول از پیش طراحی شده حاصل شود.

دانشمندان هنوز نتوانسته اند این دو وسیله ضروری را بسازند، اما راه دیگری هم برای این مشکل وجود دارد: به جای کنار هم گذاشتن ذرات، ابعاد آنها را در یک فرایند ریز سازی آن قدر کاهش می دهیم تا محصول مورد نظر را تولید کنیم.

ارائه چارچوب عملکرد

در این نوشتار چارچوب روشن و مشخصی را درباره ملزومات دستیابی به نانو شکل دهی ارائه می دهیم. این چارچوب شامل سطح بندی ایده ها، خواسته ها و اهداف است. سطح بندی، گام اول در نانو شکل دهی است. به این معنا که در سطوح مختلف علمی، صنعتی، اقتصادی و مدیریتی نیاز به تعیین اهداف و افق های مشخصی وجود دارد.

1 سطح اول: پیشرفت علوم در حوزه نانو

لازم است برای شفاف شدن دنیای نانو نزد صنعتگران، دانشگاهیان، مدیران و اقتصاددانان، مطالعات گسترده ای در حوزه علوم و فناوری های نانو صورت بگیرد. این شفاف سازی در اثر مطالعات، پژوهش ها و آزمایش های گوناگون حاصل می شود و احتیاج به تأمین اهداف مشخص و روشنی دارد، مثل ترغیب مدیران، صنعتگران و سرمایه گذاران در حمایت از فناوری نانو، ایجاد قوانینی برای پیشبرد فناوری نانو و برنامه ریزی طولانی مدت. اگرچه در این سطح اغلب اهداف و اولویت ها به فناوری نانو وابسته اند، اما همین سازو کارها در مورد شکل دهی فلزات نیز باید اعمال شوند و از بسترهای ایجاد شده در مورد فناوری نانو در جهت نانو شکل دهی نیز بهره گیری شود.

2 سطح دوم: مطالعات در زمینه نانو شکل دهی

در سطح دوم باید ابتدا گروه هایی شکل بگیرند. این گروه ها شامل استادان دانشگاه، صنعت گران و دانشجویانی هستند که با کمک یکدیگر روی موضوع نانو شکل دهی متمرکز می شوند. رشته های مختلف مهندسی، نظیر مهندسی مکانیک، متالورژی، صنایع و شیمی باید در این گروه ها حضور داشته باشند تا نانو شکل دهی از ابعاد مختلف آن بررسی شود. رشته هایی مانند کامپیوتر و فیزیک نیز لازم است این گروه را همراهی کنند.

صنایعی هم هستند که می توانند از این دستاوردها بهره های فراوانی ببرند، نظیر صنایع هواپیما سازی، خودروسازی، پزشکی، مخابرات، دفاعی و صنایع مشابه. آنها نیز باید در این گروه ها، اولویت های مورد نظرشان را ارائه کنند و به دانشجویان و استادان در جهت دهی مناسب، ارائه اهداف صنعتی و فضای آزمایشگاهی یاری رسانند.

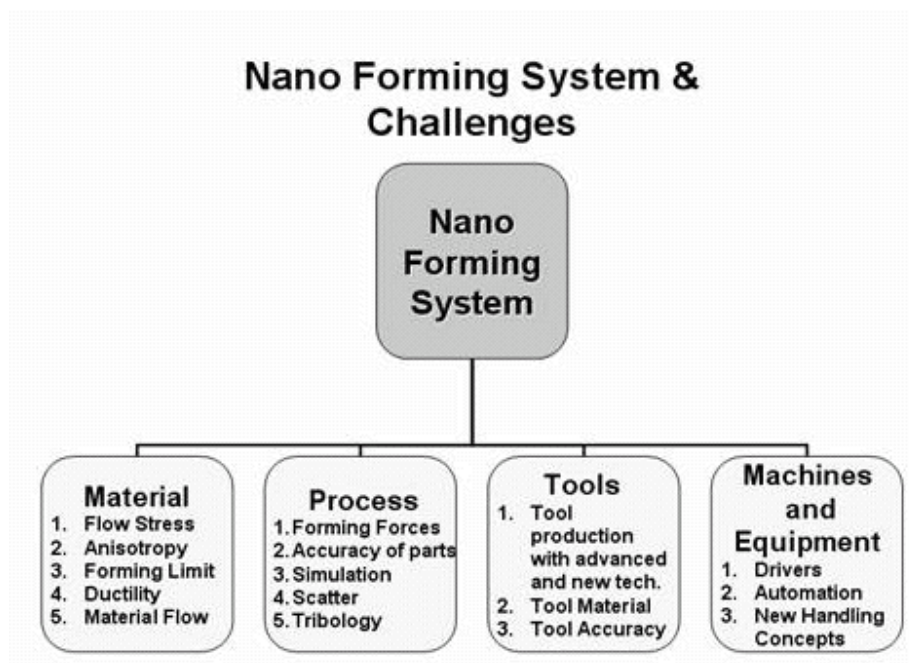
از سوی دیگر، در حوزه شکل دهی در مقیاس نانو، لازم است تعاریف نوینی در مورد فرایندها، ابزار آلات، ماشین آلات و مواد صورت

بگیرد. به بیان دیگر، مفاهیم و تعاریف رایج در شکل‌دهی سنتی، توان جهت‌دهی مناسب و افزایش شتاب مطالعاتی در این حوزه را ندارند. یعنی لازم است بستر و زیرساخت جدیدی برای فعالیت در این حوزه فراهم شود تا بتوان بر اساس آن، گام‌های بعدی را برداشت. همان‌طور که با مفاهیم فیزیک کلاسیک یا نیوتنی نمی‌توان دنیای نسبیت را به طور کامل درک کرد، نانوشکل‌دهی را نیز نمی‌توان با تعاریف شکل‌دهی سنتی به نحو قابل توجهی پیش برد و توسعه داد.

برای اینکه مطالعات نظری در مورد نانوشکل‌دهی به شکل روش‌مند و منظم پی‌گیری شوند، باید سیستم شکل‌دهی نانو طراحی شود. اجزای این سیستم مانند اجزای حالت مایکرو هستند و در شکل زیر به طور خلاصه ارائه گردیده‌اند. در این نوبت فقط به اشاره‌ای در این زمینه اکتفا می‌کنیم. برای دسترسی به اطلاعات بیشتر در این زمینه می‌توانید به منابعی که در انتهای مقاله آمده است، مراجعه کنید.

این سیستم به گروه‌های مطالعاتی کمک می‌کند تا در مسیرهای مشخصی حرکت کنند و شامل چهار بخش بنیادی زیر است:

1. مواد.
2. ابزار.
3. فرایند.
4. ماشین‌آلات و تجهیزات

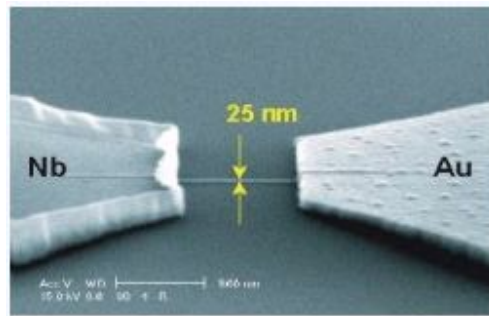


سیستم نانو شکل‌دهی و چالش‌های موجود در اجزای آن

3 سطح سوم: فعالیتهای آزمایشگاهی و تحقیقاتی

برای رسیدن به اطلاعات مناسبی که نقایص بررسی‌ها و محاسبات نظری را مشخص کنند، باید انواع آزمایش‌ها صورت بگیرد، مانند آزمایش‌های پایه‌ای در حوزه نانوشکل‌دهی، آزمایش بر روی نمونه‌های اولیه، آزمایش بر روی مواد مختلف و آزمایش‌های مرتبط با فناوری‌ها.

این فعالیت‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی ملزومانی هم دارند، مثل دستگاه‌های دقیق و پیشرفته آزمایشگاهی، ابزار دقیق اندازه‌گیری، استانداردسازی، اتاق تمیز، نیروی انسانی آزمایشگاهی در حوزه نانو و منابع مالی.



نمونه ای از دقت مورد نیاز در وسایل اندازه گیری و دستگاه ها

4 سطح چهارم: جمع بندی نتایج نظری و داده های حاصل از مطالعات آزمایشگاهی

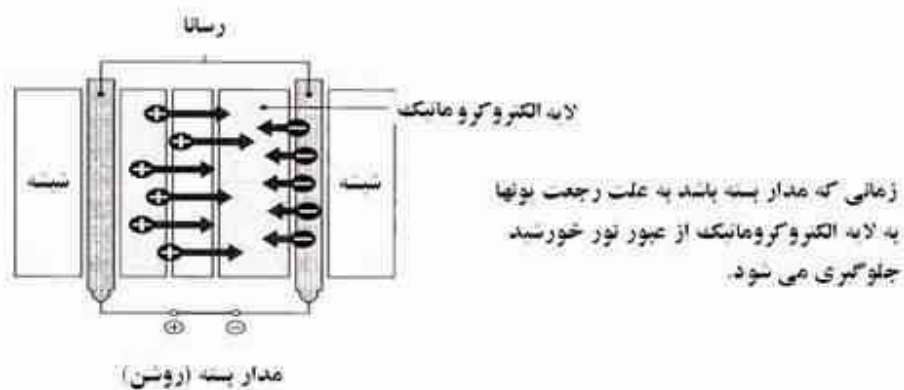
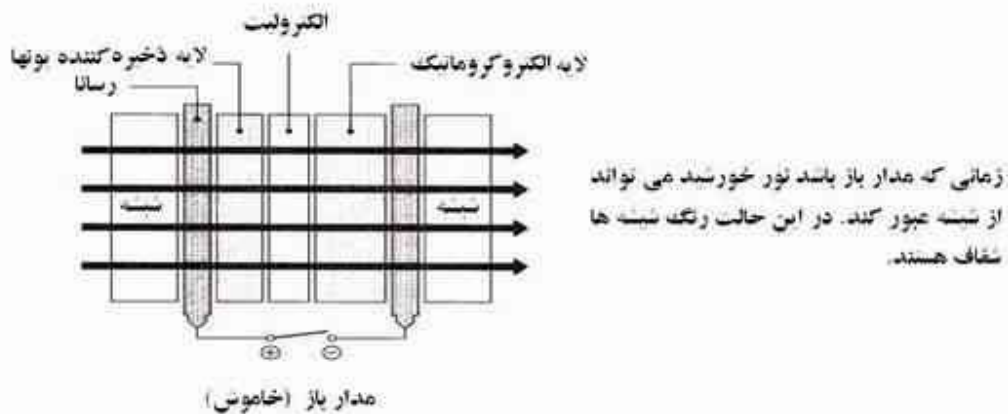
در این بخش برای جمع بندی نتایج نظری و تجربی، لازم است پژوهش های مختلفی بر روی داده های تجربی و پیش بینی های تئوریک صورت بگیرند. در این پژوهش ها نقایص پیش بینی های نظری مشخص می شوند و نتایج حاصل از آن، دقت گروه را در زمینه نانوشکل دهی افزایش می دهد و مسائلی را که فراموشی شده اند، آشکار می کند.

5 سطح پنجم: رویکرد صنعتی کردن مطالعات

در این سطح، عوامل مختلفی وجود دارند که در فرایند صنعتی کردن یک فناوری ضروری اند، مثل سیستم های انتقال، ساخت ماشین آلات جدید، نحوه چیدمان ماشین آلات، نرخ تولید مناسب، کیفیت محصولات، سیستم های بسته بندی، استاندارد سازی محصولات، نرم افزارهای صنعتی، نیروی انسانی ماهر و نیز توجه به شاخص های زیست محیطی، انرژی و هزینه ها.

پنجره های هوشمند

تصور کنید که در یکی از گرمترین روزهای آفتابی در تابستان، نور خورشید مستقیماً به اتاق شما می تابد و هیچ راه گریزی به جز استفاده از پنجره هایی با شیشه های دودی برای متعادل تر کردن گرما و نور اتاق ندارید. همچنین دوست دارید تا تنها زمانی که نور شدت دارد شیشه درست مانند عینک های فتو کرومیک دودی شوند. امروزه این کار با استفاده از الکتروکروماتیک ها انجام می شود که موادی هستند که رنگ آنها در اثر جریان الکتریکی تغییر می کنند. جریان الکتریسته با ایجاد واکنش شیمیایی سبب تغییرات خصوصیات مواد می شود و کاری می کند تا آنها نور را جذب یا منعکس کنند. امروزه از صنعت الکترونیک در ساخت این نوع از شیشه های پنجره استفاده می شود. زمانی که نور خورشید به شیشه ها می تابد جریان الکتریکی برقرار و سبب می شود تا یونها از لایه ذخیره یونی به سمت لایه هدایت یونی حرکت کرده به لایه الکتروکروماتیک رجعت کنند و شیشه را کدر و تیره نمایند. با قطع الکتریسته فرایند برعکس عمل کرده شیشه مجدداً شفاف می شود. یکی از ویژگی مواد الکتروکروماتیک قابلیت تنظیم آنهاست به طوری که می توان شدت کدری آنها را با تغییر مقدار جریان تنظیم کرد.



INTERA یک شرکت لهستانی است که توسط کالج دانشگاهی دوبلین تاسیس شده است و راه حلی برای این مورد یافته است. آنها موفق به ساخت نمایشگرهای نانو کروماتیک شده اند. اساس این نمایشگرها درست مانند آنچه در الکتروکروماتیکها شرح داده شد می باشد با این تفاوت که در ساخت آنها از فناوری نانو استفاده شده است. نانو کروماتیکها دارای ذراتی در مقیاس نانو هستند که می توانند به سرعت روشن و خاموش شوند. پایداری دو طرفه فرآیند سبب می شود که در مصرف انرژی نیز صرفه جویی شود. در این نوع از نمایشگرها از دی اکسید تیتانیوم (ماده شیمیایی که سبب سفید شدن کاغذ می شود) استفاده شده که کانتراست خوبی دارد. این نوع از نمایشگرها در آینده ای نه چندان دور جایگزین نمایشگرهای فعلی شده و تحول عظیم در دنیای تلویزیون و نمایشگرها ایجاد می کند.



نانو کامپوزیت‌های دیرسوز

توجه به این که امروزه حجم وسیعی از کالاهای مصرفی هر جامعه‌ای را پلیمرهایی تشکیل می‌دهند که به راحتی می‌سوزند یا گاهی در مقابل شعله فاجعه می‌آفرینند، لزوم تحقیق در خصوص مواد دیرسوز احساس می‌شود. بر همین اساس، در کشورهای صنعتی، تلاش گسترده‌ای برای ساخت موادی با ایمنی بیشتر در برابر شعله آغاز شده است و در این زمینه نتایج مطلوبی هم به دست آمده است. بر همین اساس و با توجه به تدوین استانداردهای جدید ایمنی، به نظر می‌رسد استانداردهای ساخت مربوط به پلیمرهای مورد استفاده در خودروسازی، صنایع الکترونیک، صنایع نظامی و تجهیزات حفاظتی و حتی لوازم خانگی، در حال تغییر به سوی مواد دیرسوز است. از طرف دیگر مدتی است که نانو کامپوزیت‌های پلیمر - خاک رس به عنوان موادی با خواص مناسب مثل تأخیر در شعله‌وری، توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. بنابراین به نظر می‌رسد که نانو کامپوزیت‌های پلیمر - خاک رس می‌توانند جایگزین مناسبی برای مواد پلیمری معمولی باشند؛

برای تهیه پلیمرهای دیرسوز، علاوه بر رفتار آتش‌گیری، عوامل زیادی باید مورد توجه واقع شوند؛ از جمله اینکه:

از افزودنی‌هایی استفاده شود که قیمت تمام‌شده محصول را خیلی افزایش ندهد. مواد افزودنی باید ارزان قیمت باشند.

مواد افزودنی به پلیمرها باید به آسانی پلیمر فرآیند شود..

مواد افزوده شده به پلیمر نباید در خواص کاربردی پلیمر تغییر قابل ملاحظه ایجاد کند.

زباله‌های این مواد نباید مشکلات زیست محیطی ایجاد کند.

با توجه به این موارد، خاک رس از جمله بهترین مواد افزودنی به پلیمرها محسوب می‌شود که می‌تواند آتش‌گیری آنها را به تأخیر بیندازد و سبب ایمنی بیشتر وسایل و لوازم شود. مزیت دیگر خاک رس فراوانی آن است که استفاده از این منبع خدادادی را آسان می‌کند.

ویژگی‌های نانو کامپوزیت‌های پلیمر - خاک رس

خواص مکانیکی نانو کامپوزیت‌های پلیمر-نایلون ۶ که از نظر حجمی فقط حاوی پنج درصد سیلیکات است، بهبود فوق‌العاده‌ای را نسبت به نایلون خالص از خود نشان می‌دهد. مقاومت کششی این نانو کامپوزیت ۴۰ درصد بیشتر، مدول کششی آن ۶۸ درصد بیشتر، انعطاف پذیری آن ۶۰ درصد بیشتر و مدول انعطاف آن ۱۲۶ درصد بیشتر از پلیمر اصلی است. دمای تغییر شکل گرمایی آن نیز از ۶۵ درجه سانتی‌گراد به ۱۵۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. در حالیکه در برابر همه این تغییرات مناسب، فقط ۱۰ درصد از مقاومت ضربه آن کاسته شده است.

نتایج تحقیقات حاکی از آن است که میزان آتشگیری در این نانو کامپوزیت پلیمری حدود ۷۰ درصد نسبت به پلیمر خالص کاهش نشان می‌دهد و این در حالی است که اغلب خواص کاربردی پلیمر نیز تقویت می‌شود. البته کاهش در میزان آتشگیری پلیمرها از قدیم مورد بررسی بوده است. بشر با ترکیب مواد افزودنی به پلیمر میزان آتشگیری آنرا کاهش داد ولی متأسفانه خواص کاربردی پلیمر هم متناسب با آن کاهش می‌یافته است. در واقع کاهش در آتشگیری همزمان با بهبود خواص کاربردی پلیمرها ویژگی منحصر به فرد فناوری نانو است، خصوصاً اینکه تنها با افزودن ۶ درصد ماده افزودنی به پلیمر تا ۷۰ درصد آتشگیری آن کاهش می‌یابد. برخی نانو کامپوزیت‌های پلیمر - خاک رس پایداری حرارت بیشتری از خود نشان می‌دهند که اهمیت ویژه‌ای برای بهبود مقاومت در برابر آتش‌گیری دارد. این مواد همچنین نفوذپذیری کمتری در برابر گاز و مقاومت بیشتری در برابر حلال‌ها از خود نشان می‌دهند.

استانداردسازی؛ ابزار قدرت در دستکشورهای پیشروی صنعتی

تطابق با استانداردهای جدید موضوعی است که همواره کشورهای پیشرو بر کشورهای پیرو دیکته کرده‌اند. در کشورهای پیشرو صنعتی، استانداردها همواره رو به بهبود است. در این کشورها براساس جدیدترین نتایج تحقیقات و مطالعات متخصصان، هر چند وقت یکبار، استانداردها دستخوش تغییر می‌شوند و دیگر کشورها ناچار خواهند بود در مراودات تجاری خود با آنها این استانداردها را رعایت کنند و به این ترتیب، مجبور می‌شوند که نتایج تحقیقات آنها را خریداری کنند. مطلب زیر مثالی از این موارد است:

چندی پیش در جراید اعلام شد که بنا بر تصمیم جدید اتحادیه اروپا، هواپیماهایی که مجهز به سیستم جدید ناوبری (مطابق با استاندارد جدید پرواز) نباشند، اجازه پرواز بر فراز آسمان اروپا را ندارند. در آن زمان در کشور ما فقط تعداد معدودی از هواپیماهای مجهز به این سیستم وجود داشت. اخیراً هم اتحادیه مزبور اعلام کرده است که ورود کامیون‌های فاقد استاندارد زیست‌محیطی به خاک اروپا ممنوع است. در پی این اعلام، خودروسازان ایرانی به ناچار استانداردهای خود را با شرایط جدید تطبیق دادند.

مواد هوشمند

هواپیماهای هوشمند، خانه‌های باهوش، بافتهای حافظه‌دار شکلی، میکرو ماشینها، سازه‌های خودآرا و رنگهای نانویی متغیر کلماتی هستند که از سال ۱۹۹۲ و با تجاری شدن اولین مواد هوشمند وارد لغتنامه‌های مواد شده‌اند و از آنها انتظار می‌رود که بسیاری از نیازهای تکنولوژیک قرن ۲۱ را برآورده سازند.



شکل ۱: تصور ناسا از یک هواپیماهای هوشمند که می‌تواند

با تغییر شکل در شرایط مختلف به صورت بهینه عمل کند

ناسا بر روی رهبری اولین تغییرات در زمینه پرواز ماوراء صوت توسط مواد هوشمند حساب ویژه‌ای باز کرده است. وزارت دفاع آمریکا مواد هوشمند را در سناریویی به نام "سربازهای آینده" تاثیر به سزایی داده است و از ابزارهای هوشمند تا لباسهایی شبیه به مارمولک یاد کرده است. در سوی دیگر طیف کاربردهای این مواد نیز می‌توان به اسباب‌بازیها، ابزارهای روزمره و ... نام برد. شاید برایتان جالب باشد که بدانید سابقه مواد هوشمند به ۳۰۰ سال قبل از میلاد، و دوران کیمیاگری باز می‌گردد. در آن زمان اگر چه توانایی تولید طلا وجود نداشت اما فعالیتهایی برای تغییر رنگ و خصوصیات فلزهای مختلف صورت گرفت که برخی از مواد مورد استفاده آنها را می‌توان از مواد هوشمند دانست.

تعریف مواد هوشمند

معمولاً عبارت "مواد هوشمند" را بدون تعریف دقیقی از آنچه مورد نظرمان است استفاده می‌کنیم. از طرفی هم ارائه یک تعریف دقیق به طرز عجیبی دشوار است. استفاده گسترده‌ای از این کلمه می‌شود اما موافقتی کلی بر روی معنای آن وجود ندارد. اما ببینیم تعریف ناسا از مواد هوشمند چیست:

"مواد هوشمند موادی هستند که موقعیت‌ها را به خاطر می‌سپارند و با

محرکهای مشخص می‌توانند به آن موقعیت باز گردند."

تعریف دایره المعارف تکنولوژیهای شیمیایی کمی جامع‌تر به نظر می‌آید:

"مواد و سازه‌های هوشمند، اشیائی هستند که شرایط محیطی را حس کرده

و با پردازش این اطلاعات حسی نسبت به محیط عمل می‌کنند."

هرچند که به نظر می‌آید این دو تعریف به یک رفتار اشاره می‌کنند اما می‌توان آنها را از دو قطب مختلف دانست. تعریف اول به مواد طوری نگاه کرده است که در ذهن ما عناصر، آلیاژها و ترکیبها را تداعی می‌کند. چیزهایی که توسط ساختار مولکولی خود

قابل شناسایی و اندازه گیری هستند. اما در تعریف دوم به مواد به صورت مجموعه‌ای از فعالیتها اشاره شده است. در واقع در تعریف دوم با مجموعه‌ای از مواد یا سیستمها سر و کار داریم و آن حالت قابل شناسایی و اندازه گیری بودن به آن وضوح نیست. اما اگر بخواهیم مواد و تکنولوژیهای هوشمند (شامل عناصر، مواد مرکب، سیستمها و ...) را با توجه به خصوصیاتشان بشناسیم، این خصوصیات را می‌توان برای آنها نام برد:

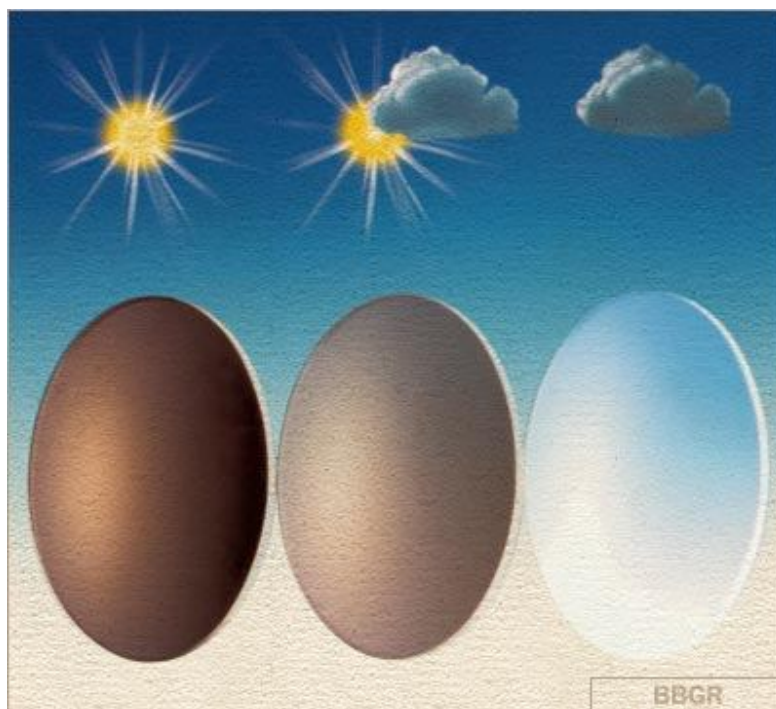
- فوریت: به این معنا که پاسخ آنها به صورت بلا درنگ (همزمان با تاثیر محرک) است.
- سازگاری: به این معنا که توانایی پاسخ به بیش از یک شرایط محیطی را دارا هستند.
- خود انگیزی: به این معنا که این هوشمندی در درون این مواد است نه در بیرون آنها.
- گزینش پذیری: به این معنا که پاسخ آنها مجزا و قابل پیش‌بینی است.
- مستقیمی: به این معنا که پاسخ داده شده با تحریک وارده در یک مکان قرار دارند.

انواع مواد هوشمند

با توجه به تعاریف موجود مواد هوشمند را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد. در ادامه به خلاصه‌ای از خصوصیات این مواد اشاره می‌شود و در بخشهای بعدی به هریک به طور کاملتر می‌پردازیم:

نوع اول

این دسته از مواد در پاسخ به محرکهای محیط خارجیشان در یک یا چند خصوصیت خود - شیمیایی، الکتریکی، مکانیکی، مغناطیسی و گرمایی - تغییر ایجاد می‌کنند. البته یک سیستم کنترل خارجی موجب این تغییرات نیست و خود ماده مستقیماً این تغییرات را ایجاد می‌کند. به عنوان مثالی که برای همه ما آشناست می‌توان به عینکهای فتوکرومیک اشاره کرد که تحت تاثیر اشعه ماوراء بنفش تغییر رنگ می‌دهند. دو دسته از این مواد در ادامه معرفی شده‌اند:



شکل ۲: تغییر شفافیت عینکهای فتوکرومیک نسبت به میزان نور دریافتی

• ترموکرومیک: موادی که تحت تاثیر گرما در ساختارشان تغییراتی ایجاد می شود و به علت تغییر در بازتابهای آن رنگ متفاوتی از آن دیده می شود.

• مواد با حافظه شکلی: این مواد توانای تغییر شکل تحت تاثیر محرکهای مختلف (مانند دماهای مختلف) را دارا هستند. به عنوان مثال با افزایش دما تغییر شکل می دهند و با بازگشت دما به مقدار اولیه شکل اصلی خود را می یابند.

نوع دوم

این دسته از مواد هوشمند شامل آنهایی است که انرژی را از نوعی به نوع دیگر تبدیل می کنند. نمونه ای که شاید با آن آشنا باشید مواد پیزوالکتریک هستند که در پاسخ به محرک الکتریکی از خود حرکت مکانیکی نشان داد و در پاسخ به محرک مکانیکی الکتریسته تولید می کنند. دو نوع از این مواد نیز در اینجا معرفی شده اند:

• مواد فتو ولتائیک (قدرت زای نوری): این مواد در پاسخ به محرک نور مرئی جریان الکتریکی ایجاد می کنند.

• مواد ترمو الکتریک (دما برقی): این مواد نیز در مقابل تغییرات دما توانایی تولید برق را دارند.

دسته بندی مواد

در اینجا قصد نداریم که به تقسیم بندی کلی مواد پردازیم. بلکه می خواهیم با ارائه یک نمودار مواد هوشمند را بهتر بشناسیم:



جدول ۱: دسته‌بندی مواد و سیستمهای هوشمند

مواد هوشمند نوع اول

قصد داشتیم که در این مبحث به معرفی کاملی از هر دو نوع مواد هوشمند بپردازیم، اما از آنجایی که مطالب قابل توجه زیادی وجود داشت تصمیم گرفتیم که به هر کدام یک نوشتار کامل را اختصاص دهیم. در این نوشتار با دو دسته از مواد هوشمند نوع اول آشنا خواهیم شد که آشنایی با آنها دید مناسبی از نحوه عملکرد سایر مواد این گروه به ما خواهد داد:

مواد کرومیک

یکی از جالبترین دسته‌های مواد هوشمند که بسیار هم مورد توجه قرار می‌گیرد مواد با قابلیت تغییر رنگ نام دارد. این مواد را می‌توان در دسته‌های زیر تقسیم بندی کرد:

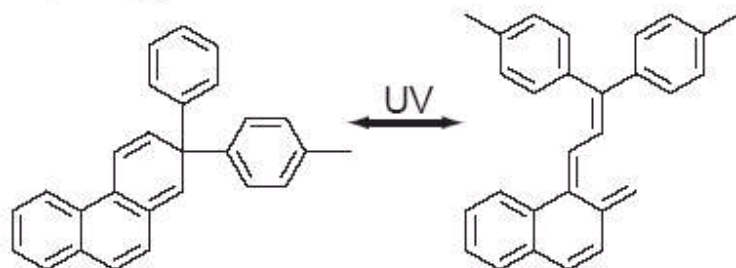
نام ماده	عامل تغییر رنگ
فتو کرومیک	تغییر نور
ترمو کرومیک	تغییر دما
مکانو کرومیک	فشار یا تغییر شکل
کمو کرومیک	شرایط شیمیایی خاص
الکترو کرومیک	تغییر ولتاژ

جدول ۱: انواع مواد کرومیک

نکته‌ای که باید در ای زمینه دقت کنیم این است که در واقع تغییر رنگی که از آن نام می‌بریم در واقع تغییر خصوصیات نوری این مواد مانند ضریب جذب، قابلیت بازتاب و یا شکست است. در واقع چیزی که ما از رنگ می‌دانیم به منبع نور و طبیعت چشمان مربوط است و این تغییر رنگ در اثر یک تغییر ساختار در این مواد است. در ادامه کمی بیشتر با این مواد آشنا می‌شویم:

مواد فتو کرومیک این مواد در برابر جذب انرژی تابشی تغییر در ساختار شیمیایی شان ایجاد می‌شود و از ساختاری با یک میزان جذب مشخص به ساختاری متفاوت با میزان جذب متفاوتی تبدیل می‌شوند. مولکولهای مورد استفاده در حالت غیرفعال بی‌رنگ هستند و وقتی در معرض فوتونهای با طول موج خاص قرار گیرند به صورت برانگیخته در می‌آیند و شرایط بازتاب آنها متفاوت می‌شود. با از میان رفتن منبع ماوراء بنفش مولکول به حالت اولیه بر می‌گردد. برای نمونه تغییر ساختار یک ماده فتو کرومیک در شکل ۱ نشان داده شده است. کاربرد اصلی مواد فتو کرومیک در عینکها و همچنین پنجره برخی از ساختمانهاست.

Naphthopyrans



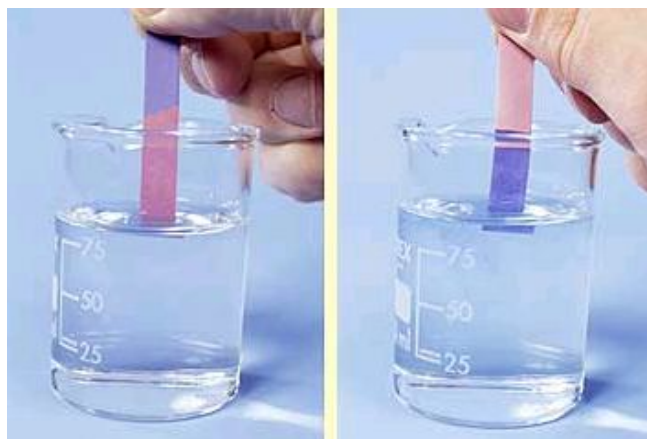
شکل ۱: تغییر ساختار یک ماده فتوکرومیک در برابر اشعه ماوراء بنفش

مواد ترموکرومیک این مواد گرما را جذب کرده و تغییرات شیمیایی و یا تغییر فاز می دهند. نکته مهم این است که این تغییرات بازگشت پذیرند و با تغییرات دما دچار این تغییرات می شوند. شاید به دماسنجهایی نواری برخورد کرده باشید. در اصطلاح علمی به آنها ترمومتر گفته می شود که با گذاشتن آن بر روی بدن تغییر رنگ داده و عدد دمای بدن را نمایش می دهد و با برداشتن آن از روی بدن به حالت عادی بر می گردد. شکل ۲ نیز نمونه دیگری از این مواد است.



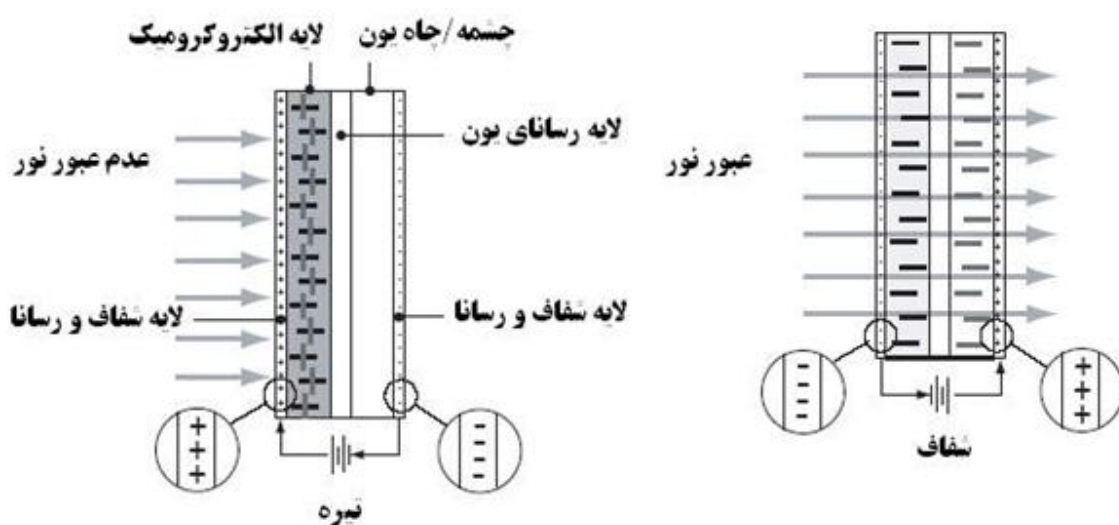
شکل ۲: صندلیهای گرمایی از رنگهای ترموکرومیک استفاده می کنند که با دمای بدن تغییر رنگ می دهند و پس از مدتی به حالت ابتدایی بر می گردند.

مواد مکانوکرومیک و کموکرومیک: در مورد این دو نوع مواد دو مثال جالب وجود دارد. مواد مکانوکرومیک با تغییرات فشار و یا تغییر شکل خصوصیات بازتابی متفاوتی از خود نشان می دهند و محصولاتی از آنها تولید شده است که تحت فشار و یا کشش خاص متنی که در آنها مخفی شده نشان داده می شود. در مورد مواد کموکرومیک هم حتما با نام کاغذهای تورنسل آشنا هستید که در محیطهای بازی و اسیدی رنگهای متفاوتی از خود نشان می دهند (شکل ۳).



شکل ۳: کاغذ تورنسل در محیطهای اسیدی و بازی

مواد الکتروکرومیک: الکتروکرومیک به طور گسترده‌ای به موادی گفته می‌شود که در اثر قرار گرفتن در یک جریان و یا اختلاف پتانسیل الکتریکی رنگ آنها به طور بازگشت پذیر تغییر کند. به عنوان مثال پنجره‌های الکتروکرومیک به وسیله الکتریسیته روشن یا تاری می‌شوند. این مواد از یک جزء تشکیل نشده‌اند و معمولاً به صورت چند لایه از مواد هستند که با یکدیگر کار می‌کنند. در شکل ۴ شماتیک نحوه عملکرد این نوع مواد نشان داده شده است که فکر می‌کنیم خود شکل تقریباً گویاست.

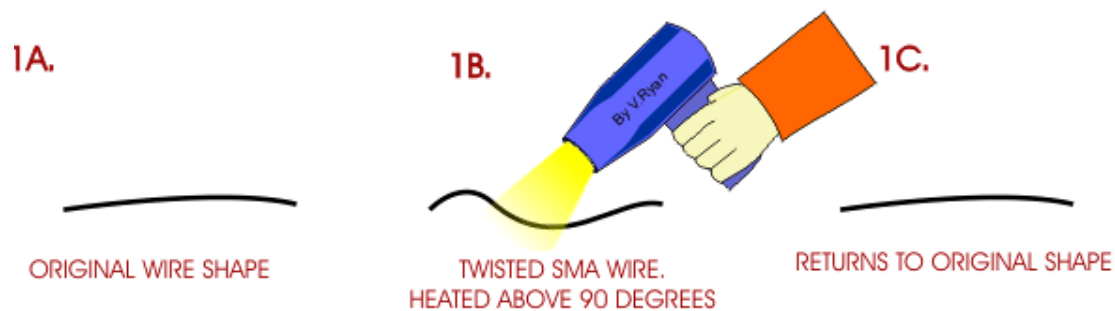


شکل ۴: نحوه عملکرد یک شیشه الکتروکرومیک

مواد حافظه دار

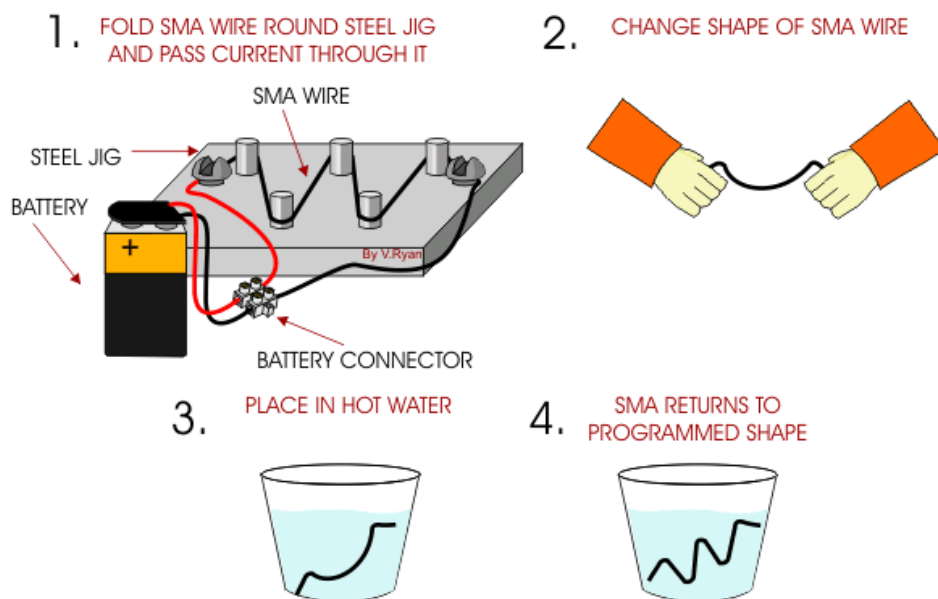
یکی از معروفترین آلیاژهای حافظه دار ماده‌ای به نام نیتینول است که از آن به صورت سیمی استفاده می‌شود. در نگاه اول این سیمها همانند سیمهای معمولی به نظر می‌آیند که به راحتی تغییر شکل می‌دهند و رسانای الکتریسیته نیز هستند؛ اما در مقایسه با سیمهای معمولی فولادی و مسی بسیار گرانش هستند. دو مشخصه در این سیمها وجود دارد که آنها را از سایر سیمها متفاوت می‌کند:

۱- این سیمها حافظه دارند. به عنوان مثال می‌توان آنها را به هر شکلی در آورد و سپس با گرم کردن آنها تا دمای بالای ۹۰ درجه سانتیگراد به حالت اولیه‌شان برگرداند (شکل ۵).



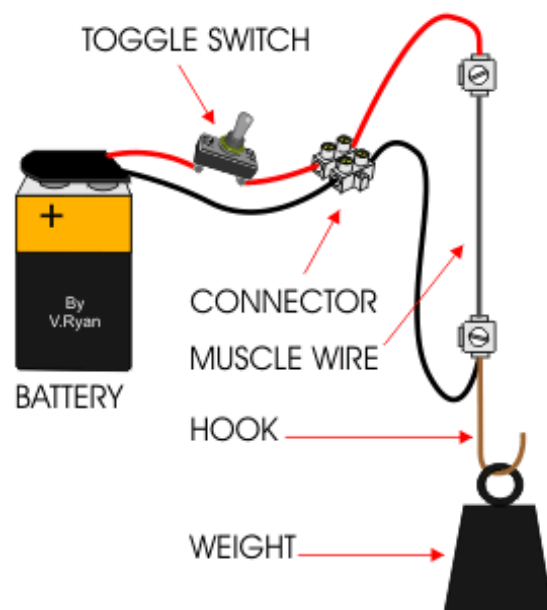
شکل ۵: نمایی از پیدا کردن شکل اولیه سیمهای حافظه دار به وسیله گرم کردن

۲- این نکته که شاید جالب تر هم باشد این است که می توان این سیمها را برنامه ریزی کرد تا شکل خاصی را به خاطر بسپارند! این کار به این صورت انجام می شود که شکل دلخواهمان را به سیم می دهیم و سپس سیم را به مدت تقریبی ۵ دقیقه با دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد گرما می دهیم یا جریان الکتریسته را از آن عبور می دهیم. حالا می توانیم سیم را به هر شکل دیگری درآوریم و برای برگشت آن به شکل اولیه کافی است آن را در آب داغ بیندازیم (شکل ۶)

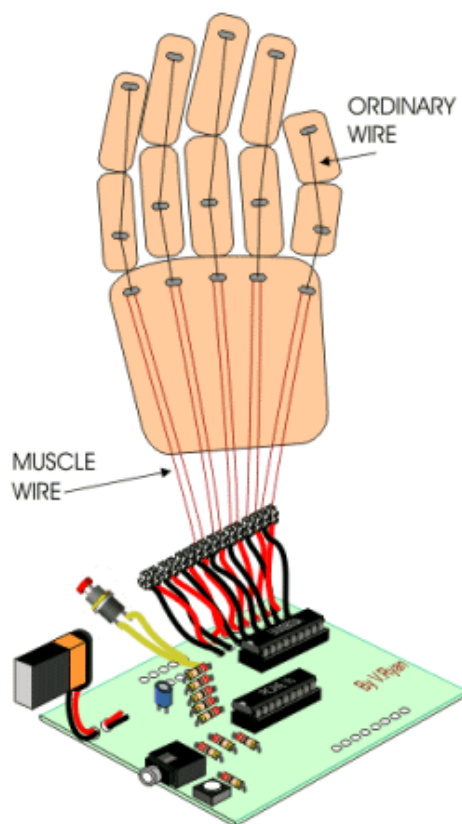


شکل ۶: برنامه ریزی سیمهای حافظه دار

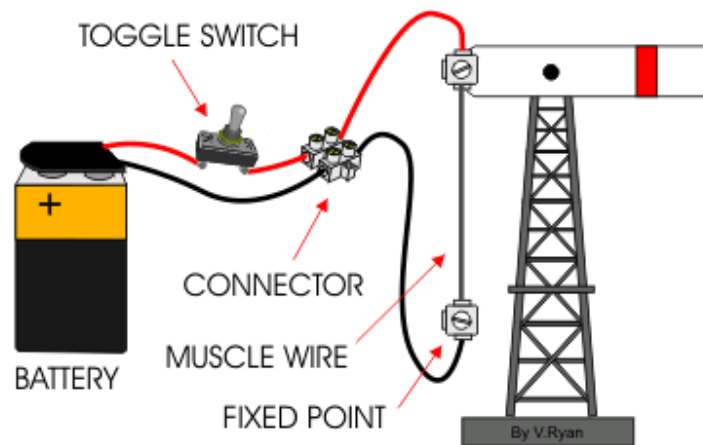
دسته دیگری از مواد حافظه دار سیمهای ماهیچه ای هستند که از آلیاژهای نیکل و تیتانیوم ساخته شده اند و در دمای اتاق به راحتی می توان آنها را تغییر شکل داد. نکته ای که این مواد را جذاب می کند این است که با عبور جریان الکتریسته با نیروی خوبی (که می توان از آن استفاده کرد) به شکل اولیه خود برمی گردند. اگر بخواهید دقیقتر بدانید باید بگوییم که این سیمها اگر تا ۸ درصد اندازه اولیه شان کشیده شوند باز هم می توانند به حالت اولیه باز گردند اما استفاده هایی که از آنها می شود تغییر طولهای در حدود ۳ تا ۵ درصد طول اولیه است. در شکلهای زیر کاربردهایی از این مواد را می بینید.



شکل ۷: ترکیب یک سیم ماهیچه‌ای، یک وزنه، یک باتری و کلیدی که جریان را قطع و وصل می‌کند



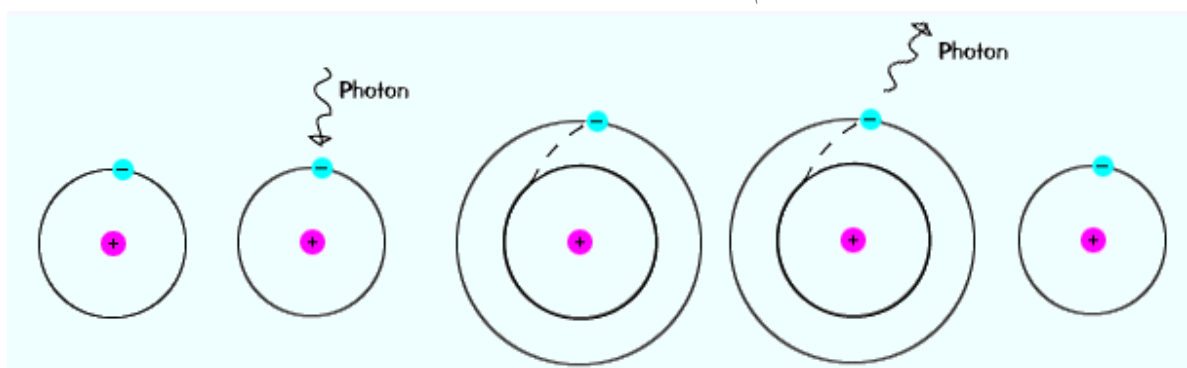
شکل ۸: سیمهای هوشمند به کمک یک برد الکترونیکی می‌توانند باز و بسته شدن یک دست را نشان دهند.



شکل ۹: استفاده از سیمهای ماهیچه‌ای برای باز و بسته کردن مسیرها

مواد هوشمند نوع دوم

همه اجسام و محیطهای اطراف آنها مقدار مشخصی انرژی دارند. وقتی حالت (سطح) انرژی ماده با حالت انرژی محیط پیرامونش یکسان است می‌گوییم ماده در تعادل است و این به آن معناست که تغییر انرژی وجود نخواهد داشت. اما اگر ماده در حالت انرژی متفاوتی از حالت انرژی محیط قرار داشته باشد پتانسیلی برای تغییر حالت انرژی وجود دارد. تمام مواد مبدل انرژی این کار را از طریق سطوح انرژی اتمی انجام می‌دهند؛ به این صورت که انرژی ورودی سطح انرژی را بالا برده و انرژی خروجی موجب بازگشت به سطح اولیه می‌شود (شکل ۱). به عنوان مثال وقتی تابشهای خورشیدی به یک ماده فوتولتائیک برخورد می‌کنند انرژی فوتونها توسط ماده -یا به طور دقیقتر، اتمهای ماده- جذب می‌شود و این انرژی باعث می‌شود که اتمها به سطح بالاتری از انرژی حرکت کنند. اتمها قادر نیستند که این شرایط جدید را حفظ کنند و باید انرژی خود را آزاد کنند که در مواد فوتولتائیک این آزادسازی انرژی به صورت تولید الکتریسیته و به کمک مواد نیمه رسانا انجام می‌شود.



شکل ۱: چگونگی تغییر سطوح انرژی در اثر تابش نور

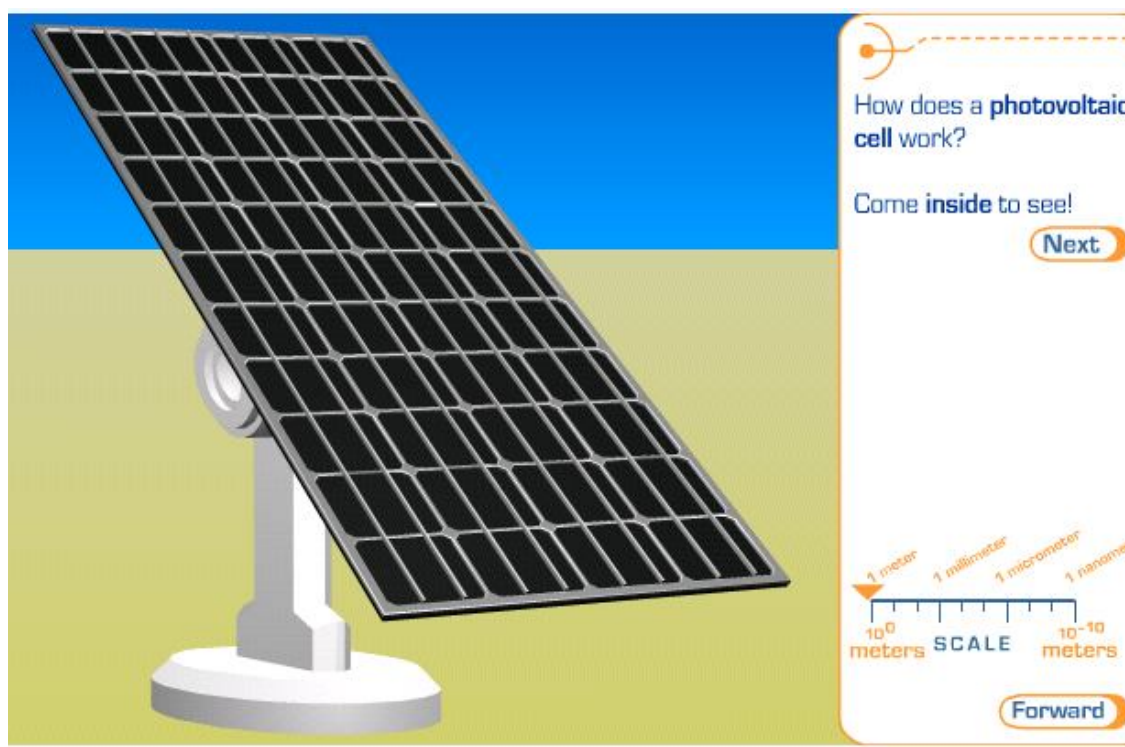
به این نکته دقت کنید که در تمامی مواد (هوشمند و غیر هوشمند) مقدار انرژی باید ثابت بماند و اینکه با اضافه کردن انرژی به مواد سطح انرژی آنها بالا می‌رود. در اکثر مواد این انرژی افزوده شده به صورت افزایش انرژی درونی جسم خود را آشکار می‌کند که

معمولا هم به صورت گرما است؛ اما مواد هوشمند این قابلیت خود که می‌توانند انرژی را به حالت‌های مفیدتر تبدیل کنند می‌دانند و این کار را انجام می‌دهند.

بسیاری از مواد مبدل انرژی به صورت دو طرفه عمل می‌کنند و جای انرژی ورودی و خروجی می‌تواند عوض شود. استثنائات اصلی در این زمینه موادی هستند که انرژی تابشی را تبدیل می‌کنند و از آنجایی که این تبدیل انرژی بسیار کم بازده است این فرآیند بازگشت ناپذیر می‌شود. علاوه بر این، برخلاف اکثر مواد هوشمند نوع اول - که خصوصیاتشان در برابر محرک خارجی تغییر می‌کرد - (البته نه همه آنها)، تقریباً همه مواد مبدل انرژی از مواد مرکب هستند که البته در اینجا هم استثنائاتی وجود دارد. در ادامه با برخی از مواد این دسته آشنا می‌شویم:

مواد نورتاب

لومینسانس به تابش نوری گویند که عامل ایجاد آن التهاب ماده (همانند لامپهای رشته‌ای) نیست و عواملی مانند واکنش شیمیایی موجب آن می‌شود. به طور دقیقتر می‌توان گفت که لومینسانس تابش نور بر اثر دریافت انرژی است. در واقع این مواد انرژی دریافت شده را در طول موجهای قابل رویت بازتاب می‌دهند. ماده بر اثر منبع محرک (مانند الکتریسیته، واکنش شیمیایی و یا حتی اصطکاک) تحریک شده و در بازگشت آنها به حالت اولیه‌شان این تابش نور رخ می‌دهد. در واقع این مواد معکوس مواد فوتولتائیک (که نور را به الکتریسیته تبدیل می‌کنند) عمل می‌کنند. برای آشنایی بیشتر با مواد فوتولتائیک (که احتمال دارد آن را با نام سلول خورشیدی بشناسید) یک پویانمایی زیبا در شکل ۲ نشان داده شده است



شکل ۲: نحوه عملکرد مواد فوتولتائیک

از موادی که در اثر محرک الکتریسیته نور از خود ساطع می‌کنند می‌توان به دیودهای نوری (دیودهای ناشر نور) اشاره کرد. یک دیود

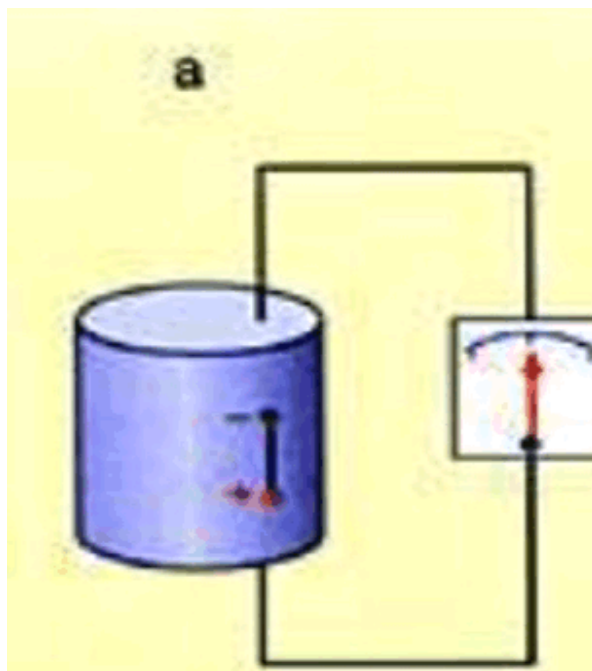
نوری در واقع یک نیمه رسانا است که با عبور جریان از آن از خود نور می‌تابد. به نظر می‌آید که دانش کلی در مورد نیمه رساناها ضروری است اما از آنجایی که ربط آن با دنیای نانو کمی کم رنگ است در اینجا در مورد آن بحث نمی‌کنیم ولی در صورت لزوم (که با ایمیل‌های و درخواستهای شما مشخص می‌شود) در کنار مطالب جلسات آینده مختصری بیان می‌شود. یکی دیگر از مواد نورتاب موادی هستند که در اثر اعمال فشار از خود نور ساطع می‌کنند. این دسته از مواد بسیار رایج شده‌اند و به راحتی و در اشکال مختلف قابل دسترسی هستند. در شکل ۳ یک نمونه آن دیده می‌شود.



شکل ۳: یک قورباغه که با فشار دادن روشن می‌شود!

پیزوالکتریک

در این قسمت با پیزوالکتریکها آشنا می‌شویم که در محصولات بسیاری نظیر میکروفونها، بلندگوها، فندکها و چاقوهای جراحی کاربرد دارند. در مواد پیزوالکتریک یک نیروی مکانیکی موجب تغییر شکل ماده و این تغییر شکل موجب تولید الکتریسیته می‌شود و همچنین اگر به این مواد انرژی الکتریکی وارد شود ماده از خود تغییر شکل نشان می‌دهد که این تغییر شکل نیز قابل تبدیل به یک نیروی مکانیکی است (شکل ۴). شاید این نکته نیز برایتان جالب باشد که بدانید پیزو در زبان یونانی به معنای فشار است. همچنین برای آشنایی بیشتر باید بدانید که میزان الکتریسیته تولیدی به ازای یک میکرومتر تغییر شکل در مقیاس یک هزارم تا حدود یک دهم ولت و میزان تغییر شکل آن به ازای یک ولت در مقیاس پیکو متر تا حدود نانو می‌باشد. البته این اطلاعات تخمینی است و برای انواع و اقسام مواد پیزو متفاوت است.

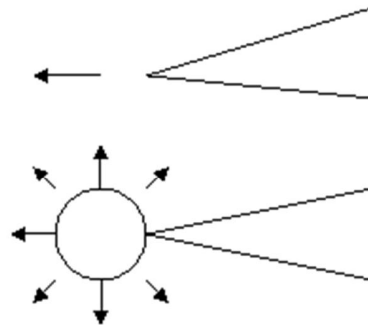
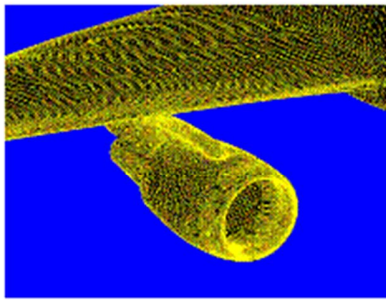


شکل ۴: نحوه عملکرد یک ماده پیزوالکتریک

تنوع مواد هوشمند و نحوه عملکرد آنها را نمی‌توان به راحتی در قالب یکی دو جلسه پوشش داد اما تلاش کردیم که در حد یک آشنایی اولیه با برخی از آنها مطالبی را بیان کنیم. در جلسه آینده می‌بخت کاربردهای این مواد را آغاز می‌کنیم. با توجه به اینکه مواد پیزوالکتریک کاربردهای گسترده‌ای در زندگی پیدا کرده‌اند پیشنهاد می‌کنم که شما هم سعی کنید کاربردهایی را ابداع کنید. البته این امتحان را می‌توانید با سایر مواد هوشمند نیز انجام دهید. مطمئناً تجربه خوبی خواهد بود.

خودآرایی برای جلوگیری از ترک برداشتن

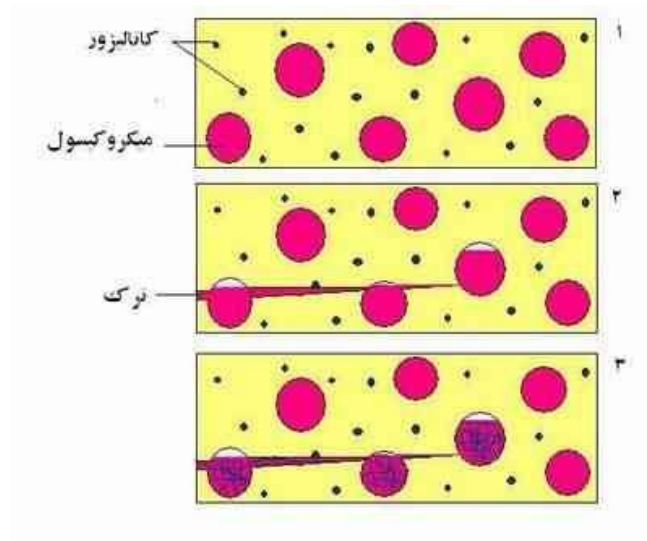
آیا تاکنون به این نکته‌اندیشیده‌اید که چگونه یک جسم ترک بر می‌دارد و یا می‌شکند؟ نیروهای وارده به هر جسم بسته به مقاومت و خصوصیات مکانیکی آن جسم سبب ایجاد ترک‌های بسیار کوچک (در حد میکروسکوپی) می‌شوند به گونه‌ای که اگر این ترک‌ها به هم پیوندند و به تدریج اندازه آنها بزرگ و بزرگتر شده منجر به شکستن و تخریب جسم می‌شوند. جلوگیری از ایجاد ترک در بسیاری از مکانها مانند پل‌ها، بال هواپیماها، ساختمانها، سازه‌ها و غیره با اهمیت است. یکی از روش‌های جلوگیری از گسترش ترک، پخش و توزیع نیروهایی است که سبب گسترش ترک می‌شود. زمانی که ترک‌ای ایجاد می‌شود نیروهای وارده به گونه‌ای عملی کنند که آن ترک را گسترش می‌دهند. زمانی را تصور کنید که می‌خواهید چوبی را با کمک نیروی دست به دو قطعه بشکنید. یک چوب دارای ترک یا زاویه دار را خیلی راحت از یک قطعه چوب با مقطع دایره‌ای شکل شکسته می‌شود. چرا که در چوب ترک دار یا زاویه‌دار نیروها متمرکز و نقطه‌ای عمل می‌کنند حال آنکه در چوب گرد نیروها به صورت پراکنده عمل می‌کنند. در زمان جنگ جهانی دوم نیز از این ویژگی برای جلوگیری از گسترش ترک‌های بال هواپیما استفاده میشد به گونه‌ای که در هر دو انتهای ترک سوراخهایی ایجاد میشد تا نیرو پخش شود و طول ترک‌ها زیاد نشوند.



کف‌اش‌ها نیز به هم‌نیروش عمل می‌کنند و برای مکان‌هایی که تحت تاثیر نیرو هستند مانند مکان عبور بند کفش از سوراخ‌های دایره‌ای مانند استفاده می‌کنند تا نیروهای حاصل از بستن بند کفش چرم را پاره نکنند.



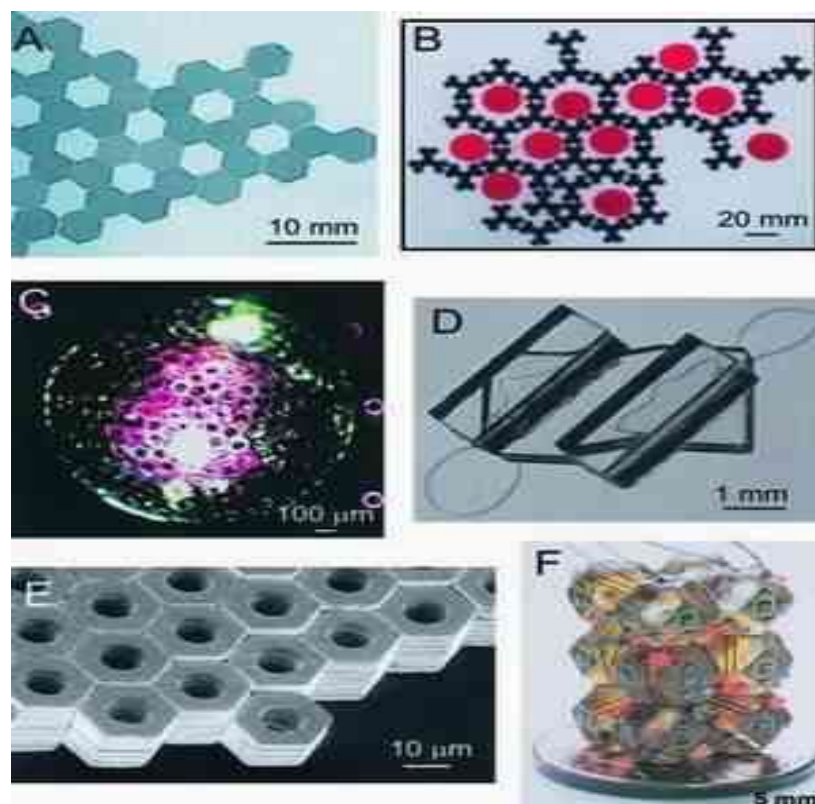
امروزه فناوری نانو سبب شده تا راه‌های جدید برای گسترش ترک ارائه شود. محققان دانشگاه الینویز موفق به ساخت کامپوزیتی شده اند که قابلیت خودترمیمی دارد. در این نوع از کامپوزیت میکروکپسول‌هایی تعبیه شده است که محتوای مواد پلیمری است به گونه‌ای که هر گاه این میکروکپسول‌ها به علت ایجاد ترک آسیب ببینند پاره شده محتوای آن با کاتالیزور (عامل تسریع کننده واکنش) موجود در زمینه تماس پیدا کرده سخت می‌شود. این فرایند سبب ترمیم و جلوگیری از گسترش ترک می‌شود.



میزان کارایی این فرایند در دمای اتاق ۱۰۰٪ و در دمای ۱۷۶ درجه فارنهایت ۸۰٪ است. محققان هنوز به دنبال یافتن نسبت مناسبی از کاتالیزور و میکروکپسولها هستند تا فرایند را بهینه نمایند

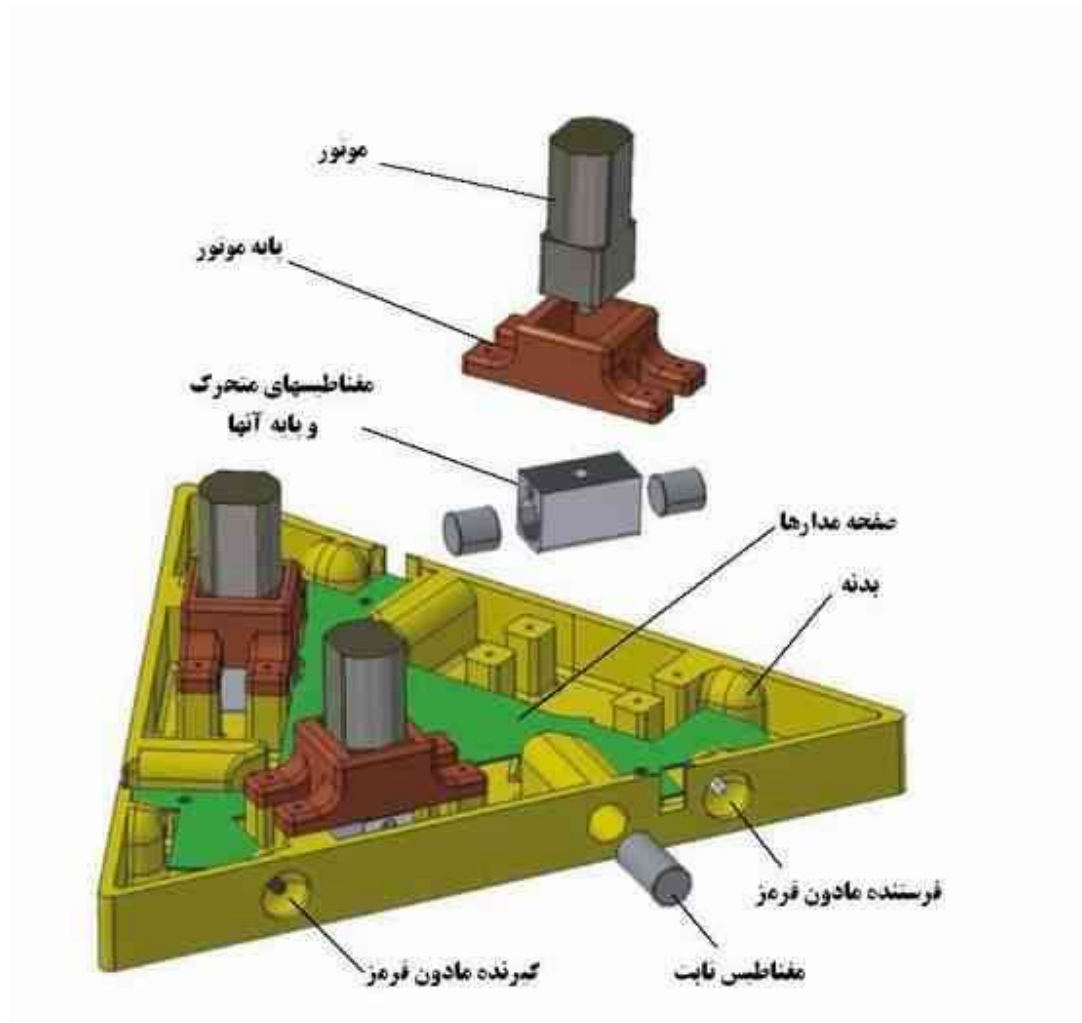
از خودآرایی کمی بیشتر بدانیم

در بخش قبلی به طور کلی با مبحث خودآرایی آشنا شدید. در این بخش می‌خواهیم کمی بیشتر در مورد این روش ساخت صحبت کنیم. همانطور که می‌دانید، خودآرایی روش ساختی است که در آن اجزاء مختلف (چه به صورت تک به تک و چه به صورت متصل به هم) به صورت خود به خودی ساختار به هم پیوسته منظمی را تشکیل می‌دهند، اما این روش ساخت تنها در مقیاس نانو کاربرد ندارد بلکه در مقیاسهای بسیار بزرگتر هم به کار می‌رود (مثال آهنرباها و سایر مثالهای جلسه قبل که یادتان هست). شکل ۱ نمونه‌های دیگری را به همراه مقیاس آنها نمایش می‌دهد.



شکل ۱: نمونه‌هایی از خودآرایی در ابعاد میلی‌متر

البته می‌شود گفت که ابتدا این روش ساخت در مقیاس نانو مشاهده و درک شد و پس از آن مانند بسیاری دیگر از فعالیتهای بشر که سعی در شبیه‌سازی و استفاده از روشهای طبیعی را دارند، شبیه‌سازی و در مقیاسهای بزرگتر پیاده‌سازی شد. یکی از طرحهای تحقیقاتی در این زمینه که بسیار جالب توجه است و برای بررسی بر روی ساختارهای خود آرا راه‌اندازی شده است، طرحی است در دانشگاه واشنگتن به نام اجزاء خود سازمان‌ده قابل برنامه ریزی که در شکل ۲ یکی از اجزاء آن که به عنوان شبیه‌سازی یک ساختار مثلثی استفاده شده است را می‌بینید (برای آشنایی بیشتر حتما یک سری به سایت این تحقیق بزنید



شکل ۲: اجزاء یکی از قسمتهای طرح دانشگاه واشنگتن

خودآرایی از لحاظ علمی جذاب و از دیدگاه فناوری مهم است. چون:

۱- در زندگی ما مهم است. سلولها به طرز حیرت آوری از مواد پیچیده‌ای نظیر بافتهای چربی، پروتئینها، ساختارهای اسیدی و بسیاری موارد دیگر که توسط خودآرایی ساخته می‌شوند تشکیل یافته‌اند.

۲- خودآرایی روشی برای ساخت موادی با ساختارهای منظم نظیر کریستالهای مولکولی، کریستالهای مایع و نیمه کریستالها است و این ساختارهای منظم بسیار پر کاربردند.

۳- کاربردهای بسیاری در مواد با سایزهای بزرگتر دارند و امکان استفاده از آن در مواد دیگر و همچنین کاربرد آن در مبحث مواد چگال نیز وجود دارد.

۴- به نظر می‌آید این روش یکی از پرکاربردترین روشهای ساخت در مقیاس نانو است.

با توجه به این موارد می‌توان گفت که خودآرایی در زمینه‌های بسیاری نظیر شیمی، فیزیک، بیولوژی، علم مواد، نانو تکنولوژی و ساخت بسیار پر کاربرد و مهم است.

اصول خودآرایی مولکولی

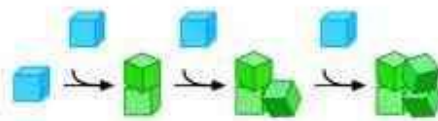
همانطور که گفتیم تاریخچه خودآرایی مربوط به مطالعات بر روی مولکولها می شود. موفقیت آمیز بودن خودآرایی در یک سیستم مولکولی به پنج مشخصه سیستم مربوط است:

۱- اجزای سیستم: یک سیستم خودآرا از گروههای مولکولی و یا بخشهایی از درشت-مولکولها تشکیل شده است که با یکدیگر در تعاملند. این مولکولها یا درشت-مولکولها می توانند یکسان و یا متفاوت باشند و تعامل بین آنها منجر به تغییر از یک حالت با سازماندهی کمتر (مانند محلول) به یک حالت منظمتر (مانند کریستال) می شود.

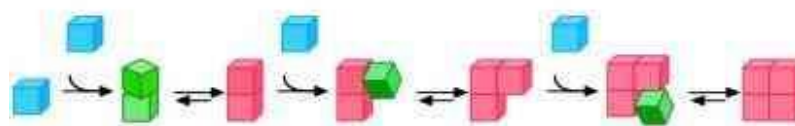
۲- تعامل بین آنها: خودآرایی هنگامی رخ می دهد که مولکولها به تعادلی در بین نیروهای جاذبه و دافعه مولکولی می رسند که این نیروها ضعیف و از نوع غیر کووالانسی (مانند نیروهای آبگریزی) هستند.

۳- بازگشت پذیری (یا انطباق پذیری): در خودآرایی برای اینکه ساختارهای منظم به وجود آید می بایست تجمع مولکولی بازگشت پذیر بوده و اجزا بتوانند جای خود را در ساختار ایجاد شده اولیه تغییر داده و تنظیم کنند. به همین خاطر مقاومت قیدهای بین اجزا باید در حدود نیروهایی باشد که می خواهد آنها را از هم جدا کند. به عنوان مثال فرآیندی که در آن مولکولها به طور بازگشت ناپذیر به یکدیگر می چسبند به جای کریستال به ما شیشه می دهد (شکل ۳)!

بازگشت ناپذیری و تولید شیشه



بازگشت پذیری و تولید کریستال



شکل ۳: اثر بازگشت پذیری در تولید کریستال

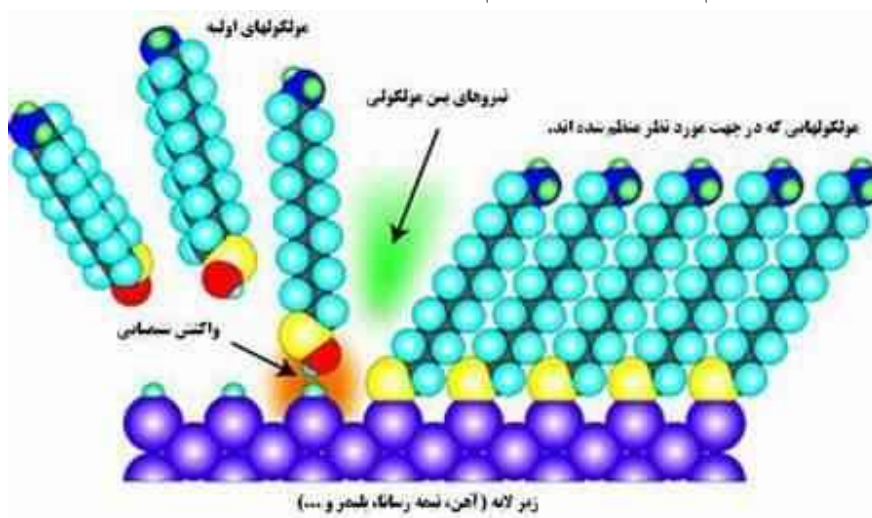
۴- محیط: خودآرایی مولکولی معمولاً در یک محلول و یا رابطی که امکان حرکت را به اجزا می دهد اتفاق می افتد و تعامل اجزا با محیط بر روی سرعت فرایند تاثیر زیادی دارد.

۵- جابجایی جرم: برای اینکه خودآرایی رخ دهد مولکولها باید در حرکت باشند.

روشهای بسیاری وجود دارد که این خصوصیات در آنها به طرز مناسبی کنار یکدیگر قرار گرفته اند و به همین خاطر است که محصولات که به روش خود آرا ساخته شده باشند بسیار متنوع هستند. این محصولات را می توان در دسته بندیهای دو بعدی و سه بعدی، تک لایه یا چند لایه، نانو تا میکرو و بزرگتر و ... تقسیم بندی کرد.

می خواهیم در این جلسه یکی از روشهای خودآرایی را ارائه کنیم اما چون انتخاب یک روش کمی سخت بود در نهایت تصمیم

گرفتیم که در جلسه آینده که کاربردهای مواد خود آرا را بیان می کنیم در هر مورد نام روش استفاده شده و خلاصه ای از نحوه عمل آنها را بگویم. اما به عنوان پایان این جلسه شکلی از نحوه تشکیل یک ساختار خود آرای تک لایه را بدون توضیحی در متن (البته خود شکل و توضیحاتی که در آن آورده ایم گویاست) ارائه می کنیم.



شکل ۴: نحوه تشکیل ساختار خود آرای تک لایه

جداسازی ایزوتوپ ها و فناوری نانو

همانگونه که میدانیم هیچ ماده ای در طبیعت به طور خالص و صد در صد یافت نمی شود و این موضوع برای هر سه حالت ماده یعنی جامد، مایع و گاز برقرار است. برای مثال آهن، مس یا طلا همیشه در سنگهایشان ناخالصی دارند و باید آنها را خالص سازی کرد. در مورد مایعات نیز باید مراحل مختلفی طی شود تا مخلوط های مایع در مایع یا جامد در مایع را جدا سازی کنیم. در مورد گازها نیز جدا سازی لازم است.

در جدا سازی مواد باید به خصوصیات آنها مثل جرم، حجم و خواص شیمیایی آنها توجه کرد. بر حسب هر خاصیتی، روش فیلتر کردن مخصوصی استفاده می شود.

فرآیندهای جدا سازی به دو صورت هستند:

1. غربال مولکولی (Molecular sieving)

2. غربال کوانتومی (Quantum sieving)

غربال ملکولی:

غربال ملکولی فرآیندی است که طی آن به خاطر تفاوت اندازه (حجم) و خواص شیمیایی ملکولها، میتوان آنها را از یکدیگر جدا کرد. برای این کار از موادی استفاده می شود که دارای روزنه های بسیار ریز یا به اصطلاح میکرو روزنه (Micro porose) می باشند.

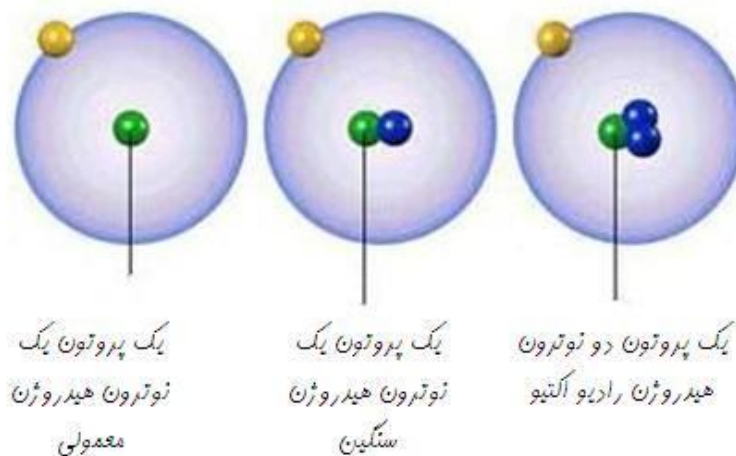
از لحاظ کلاسیک نمیتوان با استفاده از غربال های ملکولی ایزوتوپهای یک ملکول را جدا کرد زیرا دارای اندازه و خواص یکسانی هستند.

تکنیکهای خاص و پرهزینه ای برای جدا سازی ایزوتوپها وجود دارد:

- 1 تبادل شیمیایی (Chemical exchange)
- 2 جداسازی نفوذی (Diffusion separation)
- 3 جداسازی بیولوژیکی (Biological separation)
- 4 جداسازی ایزوتوپی لیزری (Laser isotope separation)

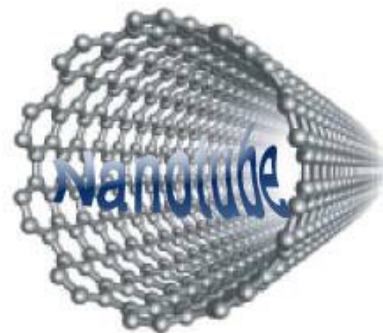
غربال کوانتومی:

پژوهشگران دانشگاه Pittsburgh راه جدیدی برای جداسازی ایزوتوپهای سنگین و سبک یک عنصر پیشنهاد دادند. شیه سازی کامپیوتری آنها نشان داد که نانولوله هایی با قطر کم میتوانند به عنوان غربال کوانتومی برای جدا سازی مخلوط هیدروژن و ایزوتوپهای آن (تریتموم یا دوتریوم) استفاده شوند. این غربال کوانتومی میتواند برای مخازن خنک کننده سوخت اتمی به کار برود.



ایزوتوپ های هیدروژن

نانولوله های کربنی میتوانند هیدروژن بسیار زیادی را جذب کنند ، تا حدی که میتوان از آنها به عنوان مخزن سوخت هیدروژن استفاده کرد . ساختمان نانوت های کربنی به گونه ایست که هر اتم کربن با سه اتم دیگر پیوند دارد که در این صورت میتواند با یک هیدروژن واکنش دهد. هیدروژن های جذب شده قابلیت تراکم دارند .



همانطور که میدانید ، در ابعاد کوچک ، اصل عدم قطعیت هایزنبرگ جلوه گر میشود:

$$\Delta x \Delta p > \hbar$$

$$\Delta E \Delta t > \hbar$$

Δt مقادیر مجاز زمان ، E مقادیر مجاز انرژی و P محدوده تکانه مجاز ذره است .

بر طبق این اصل اگر جسمی در مسافت X محدود شود ، تکانه اش دارای عدم قطعیتی به اندازه حداقل $\hbar / X$ خواهد شد . یعنی تکانه

دیگر مقداری معین و معلوم نخواهد بود.

اصل عدم قطعیت هایزنبرگ Heisenberg uncertainly principle

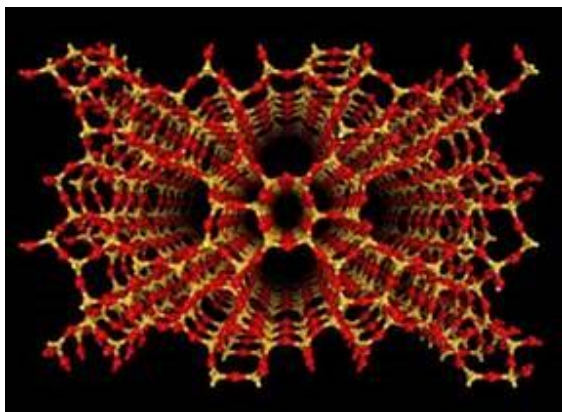
طبق مدل اتمی بور، الکترون، به عنوان ذره ای باردار در اطراف هسته در حرکت است. برای تعیین مسیر هر جسم دانستن مکان و سرعت جسم در هر لحظه ضروری است. اصل عدم قطعیت هایزنبرگ نشان می دهد که تعیین دقیق مکان و اندازه حرکت جسمی به کوچکی الکترون ناممکن است. هر چه تلاش کنیم که یکی از این دو کمیت را دقیق تر تعیین کنیم، از دقت کمیت دیگر، نامطمئن تر هستیم.

هر قدر که جرم ذره بیشتر باشد، جنبش آن نیز بیشتر است. پس زمانی که ایزوتوپها در نانولوله محدود می شوند، به حرکت درمی آیند و چون جرم هیدروژن از ایزوتوپ ها کمتر است، کمتر تکان می خورد و به راحتی از نانولوله رد می شود، ولی ایزوتوپهای دیگر به دلیل جرم بیشتر درون نانولوله گیر می کنند و جذب کربنها می شوند. این عمل جدا سازی با نانولوله هایی با قطر حدود ۶ آنگستروم و در دمای ۲۰ کلوین انجام می شود و ترتیباً ۱۰۰۰۰ بار بیشتر از هیدروژن جذب می شود. دانشمندان این جداسازی را در مورد $H_2 - HD$, $T_2 - H_2$, $CH_4 - CD_4$ و ایزوتوپ هلیوم انجام دادند که موفقیت آمیز بود.

آنها متوجه شدند که با افزایش دما، قدرت جذب نانولوله ها کاهش می یابد. قبل از به کارگیری نانو تیوپها، دانشمندان از موادی به نام ژئولیت استفاده می کردند. این مواد انواع مختلفی دارند و دارای روزه های بسیار ریز میباشند، ولی این روزه ها یکسان نیستند و بعضی از آنها آنقدر بزرگند که مواد را به خوبی جدا نمی کنند. ولی امروزه علم نانو تکنولوژی به ما کمک می کند که این کار را با صرف هزینه های کمتر به راحتی انجام بدهیم.

ژئولیت ها Zeolite :

ژئولیت ها سیلیکاتهای آبدار می باشند، و پیوند آبدار در آنها بسیار سست است، به طوریکه در دمای پایین، آب خود را از دست می دهند. قابلیت تعویض یونی آنها زیاد است. ژئولیت ها هم به روش طبیعی و هم به روش مصنوعی تشکیل می گردند. یکی از موارد مصرف ژئولیت ها فیلتر ملکولی می باشد. چنانچه ژئولیت ها در دمای ۳۵۰ تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد برای مدت چند ساعت حرارت داده شوند آب موجود در مجاری و فضای کانال مانند، آزاد و به ژئولیت بدون آب تبدیل می شود. قطر فضاهای کانال مانند، مشخص و تابع ترکیب شیمیایی ژئولیت است. قطر این فضا در ژئولیت پتاسیم دار ۱۳ آنگستروم، سدیم دار ۴ آنگستروم و برای کلسیم دار ۵ آنگستروم است. موادی که ابعاد ملکول آنها کمتر از قطر فضای ژئولیت باشد جذب شده و آنهایی که بزرگتر هستند جذب نخواهند شد.



جداسازی مولکولها از یکدیگر

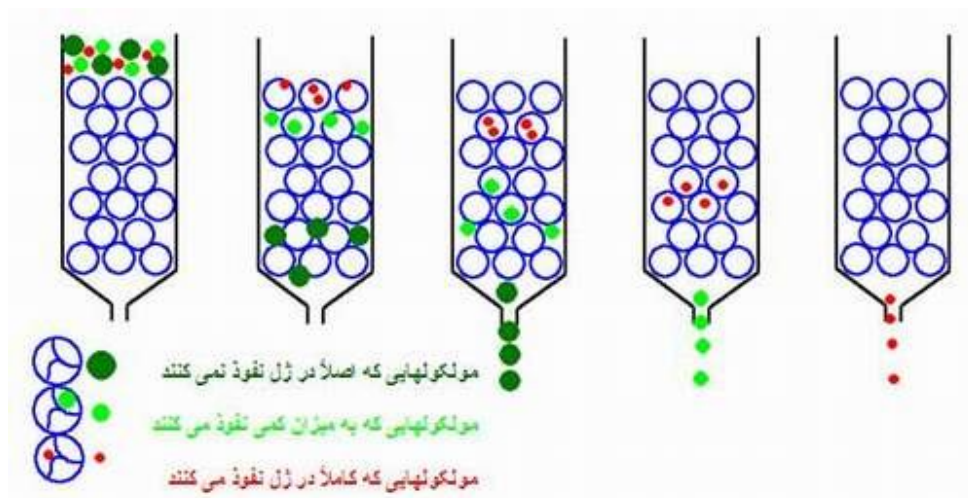
جداسازی مبتنی بر الک کردن مولکولی را می‌توان بر روی اجسام بی‌بار در جریان مهاجرت الکترونی از داخل ژل‌ها انجام داد. این کار اساس جداسازی‌هایی که مبتنی بر اندازه‌های مولکول‌ها نسبت به هم است، را تشکیل می‌دهد و از اصطلاح صاف کردن به وسیله ژل استفاده می‌شود.

سیر تحولی رشد :

در سال ۱۹۵۴ وسیع نشان داد که جداسازی‌های مبتنی بر الک کردن مولکولی را می‌توان بر روی اجسام بی‌بار در داخل ژل‌ها انجام داد. در سال ۱۹۵۹ پورات و فلودین اصل معینی را ارائه دادند و از اصطلاح صاف کردن بوسیله ژل برای شرح روش خودشان استفاده کردند. ولی دترمان در سال ۱۹۶۴ پیشنهاد کرد که کروماتوگرافی ژلی را به عنوان اسمی برای این شیوه استفاده شود.

نکات قابل توجه این روش :

در کروماتوگرافی ژلی، فاز ساکن از یک قالب متخلخل تشکیل شده که منافذهای آن به وسیله حلالی که به عنوان فاز متحرک به کار می‌رود، کاملاً پر شده است. اندازه سوراخ بسیار مهم است چون اساس جدایی بر این است که مولکول‌های بزرگتر از یک اندازه معین اصلاً وارد سوراخ‌ها نشوند و تمام یا قسمتی از سوراخ‌ها برای ورود مولکول‌های کوچک تر آماده است. جریان فاز متحرک موجب می‌شود که مولکول‌های بزرگتر بدون برخورد با مانعی و بدون نفوذ در قالب ژل از ستون عبور کنند، در حالی که مولکول‌های کوچک‌تر بر حسب شدت نفوذ در ژل در ستون نگه داشته می‌شوند.



خروج اجزای مخلوط :

بدین ترتیب اجزای مخلوط به ترتیب جرم مولکولی از ستون خارج می‌شوند یعنی ابتدا بزرگترین مولکول خارج می‌شود. ترکیباتی که اصلاً وارد ژل نمی‌شوند و نیز مولکول‌های کوچکی که کاملاً در ژل نفوذ می‌کنند از یکدیگر جدا نمی‌شوند. مولکول‌های با اندازه متوسط بر حسب درجه نفوذ آنها در قالب نگه داشته می‌شوند. اگر مواد ترکیب مشابه داشته باشند، به ترتیب جرم مولکولی نسبی از ستون شسته می‌شوند.

ماهیت ژل کروماتوگرافی :

ژل باید تا حد امکان از نظر شیمیایی بی‌اثر و از نظر مکانیکی تا حد امکان پایدار باشد. مواد ژلی به صورت دانه تهیه می‌شوند و لازم است اندازه ذرات نسبتاً یکنواخت باشد و تخلخل یکنواختی داشته باشد.

نمونه :

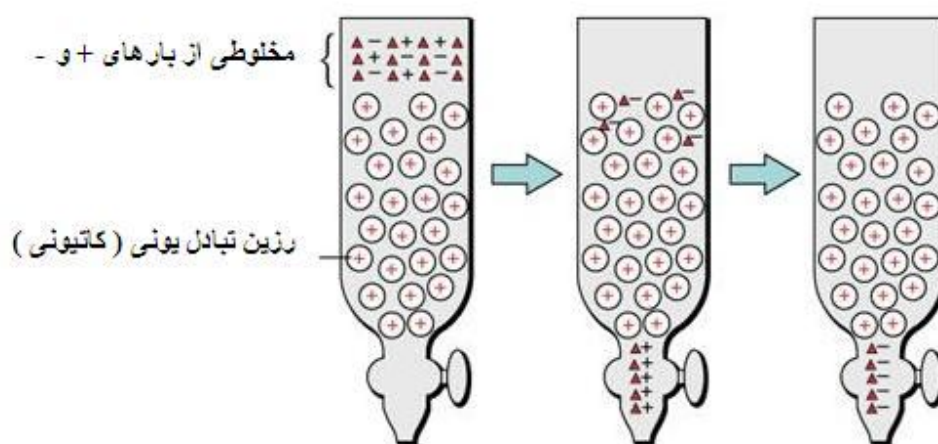
حجم نمونه مهم است، هر قدر حجم نمونه کمتر باشد کاهش غلظت هر جز در محلول خارج شده بیشتر خواهد بود. این اثر رقیق شدن باید در تصمیم‌گیری در مورد اندازه ستون^۳ها و نمونه مورد توجه قرار گیرد. با اینکه این روش بیشتر برای جداسازی‌هایی در مقیاس کوچک، در کارهای تحقیقاتی و تجزیه‌ای روزمره بکار می‌رود ولی کاربردهایی نیز در مقیاس بالاتر و در تولیدات صنعتی دارد. کروماتوگرافی ژلی ابتدا برای جداسازی مولکول‌های بزرگی که منشأ زیستی دارند مانند پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، اسید نوکلئیک، آنزیم‌ها بکار رفت و هنوز هم بیشترین کاربرد این روش در همین زمینه‌هاست. مک‌زدایی از محلول‌ها برای مثال از پروتئین‌ها، یکی از کاربردهای مهم محیط‌های ژلی است.

کروماتوگرافی تبادل یونی در ستون‌ها، بطور انحصاری در کاربرد رزین‌های تبادل یونی محدود می‌شود زیرا این مواد به طور عمده خواص مطلوبی، مانند پایداری مکانیکی و شیمیایی و یکنواختی اندازه دانه‌ها (ذرات) دارند، پودر سلولز که در آن گرده‌های تبادل یونی به طریق شیمیایی قرار داده

شده باشند نیز برای جداسازی در ستون‌ها به کار می‌رود. ورقه‌های سلولز پر شده با رزین‌های تبادل یونی را در روش کروماتوگرافی کاغذی برای جداسازی‌هایی که شامل تبادل یونی هستند، مورد استفاده قرار داد.

توصیف

در کروماتوگرافی تبادل یونی جداسازی از نوع تبادل یونی که در آنها رزین به جای جاذب در کروماتوگرافی جذبی قرار می‌گیرد، است. مقادیر زیادی از رزین‌های تبادل یونی برای جدا کردن کامل یون‌ها از محلول در آزمایشگاه و نیز در مقیاس صنعتی به کار می‌روند.



در اینجا بارهای مثبت به سبب اینکه از سوی رزین کاتیونی دفع می‌شوند، سریع‌تر از ستون عبور نموده و خارج می‌شوند و بارهای منفی که توسط رزین جذب شده‌اند، در نتیجه‌ی عمل شستشو جدا شده و دیرتر از ستون خارج می‌شوند.

رزین‌های متداول تبادل یونی

رزین‌های متداول تبادل یونی که به طور مصنوعی ساخته می‌شوند، بر پایه قالب غیر محلولی از یک بسپار بزرگ مانند پلی استیرن، استوار هستند. با بسپار کردن استیرن در حضور مقدار کمی از دی وینیل بنزن ساخته می‌شوند. دی وینیل بنزن میزان اتصالات عرضی را که عامل مهمی در کروماتوگرافی است کنترل می‌کند.

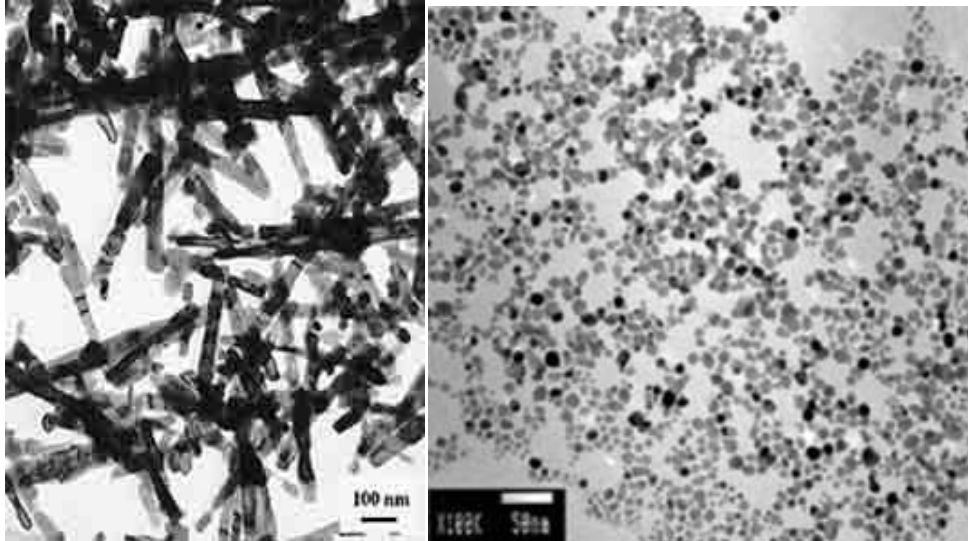
نانو کامپوزیت‌ها

برای اینکه یک کامپوزیت به نانو کامپوزیت تبدیل شود، می‌توان روی دو قسمت از آن کار کرد:

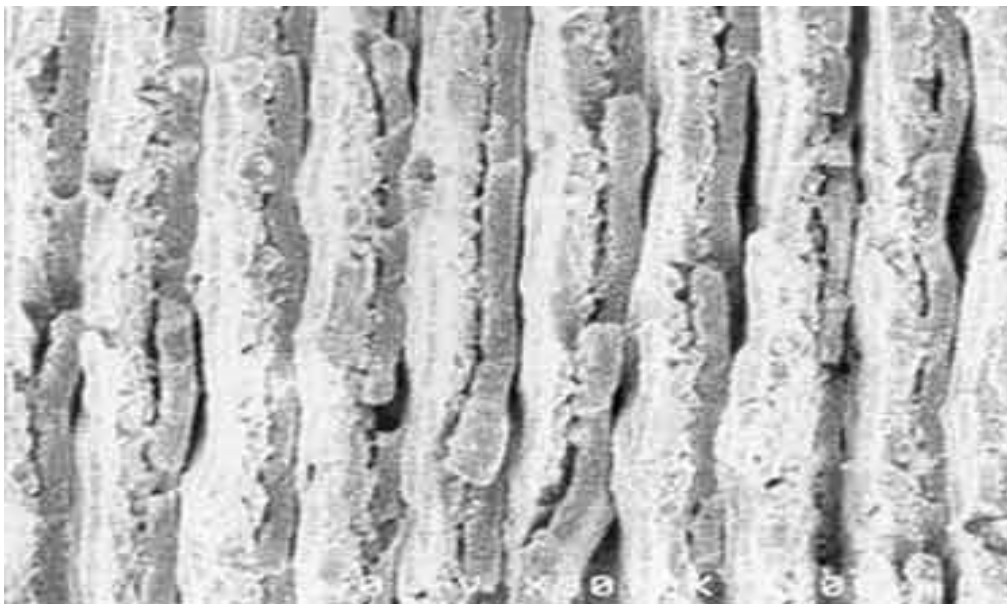
1. زمینه: همان‌طور که بارها گفته‌ایم، اتم‌های یک ماده منظم بلوری، در داخل دانه‌ها قرار دارند. یعنی همه آنها در یک جهت چیده نشده‌اند، بلکه مثل سلول‌های روی پوست دست، دسته‌دسته اتم‌های داخل هر سلول در یک جهت خاص قرار دارند. ما برای اینکه کامپوزیت را به نانو کامپوزیت تبدیل کنیم، باید قطر دانه‌ها را نانومتری کنیم.

2. تقویت کننده: گفتیم که سه نوع تقویت کننده داریم. اگر تقویت کننده ما ذره‌ای باشد، با ریز کردن ذرات در حد نانومتر و وارد کردن آنها در یک زمینه، نانو کامپوزیت تولید می‌شود. اما اگر تقویت کننده‌های ما رشته‌ای باشند، با ریز کردن قطر رشته‌ها در حد نانومتر (یعنی تولید یک سری نخ نازک

که قطر هر کدام بین یک تا صد نانومتر است) و وارد کردن آنها در زمینه، می‌توانیم نانو کامپوزیت تولید کنیم. اگر تقویت‌کننده ما لایه‌ای باشد، با نازک کردن لایه‌ها در حد نانومتر (ضخامت ورقه‌ها در حد ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد) می‌توانیم نانو کامپوزیت بسازیم.



تقویت‌کننده ذره‌ای تقویت‌کننده رشته‌ای



تقویت‌کننده لایه‌ای

چرا نانو کامپوزیت؟

در جواب به این سؤال، اول باید معلوم شود که چرا اصلاً از کامپوزیت استفاده می‌کنیم؟ حتماً دیده‌اید که دیوارهای خانه‌های قدیمی، خیلی ضخیم‌تر از دیوارهای ساختمان‌های امروزی‌اند، یا اگر در خانه‌های قدیمی ستون دیده باشید، به مراتب قطورتر از ستون‌های ساختمان‌های نوساز امروزی است. علت این است که برای تحمل نیروی سقف، احتیاجی به قطور کردن دیوارها یا ستون‌ها نیست. چون با زیاد کردن تعداد ستون‌ها و قرار دادن ستون‌های باریک‌تر در جاهایی که نیرو وارد می‌شود، در واقع ستون‌های کاذب را حذف می‌کنیم. در مواد مرکب هم، برای اینکه بخواهیم خواص ماده بهتر شود، لازم نیست همه ماده را از یک ماده با خواص خوب بسازیم.

خواص مهندسی مواد

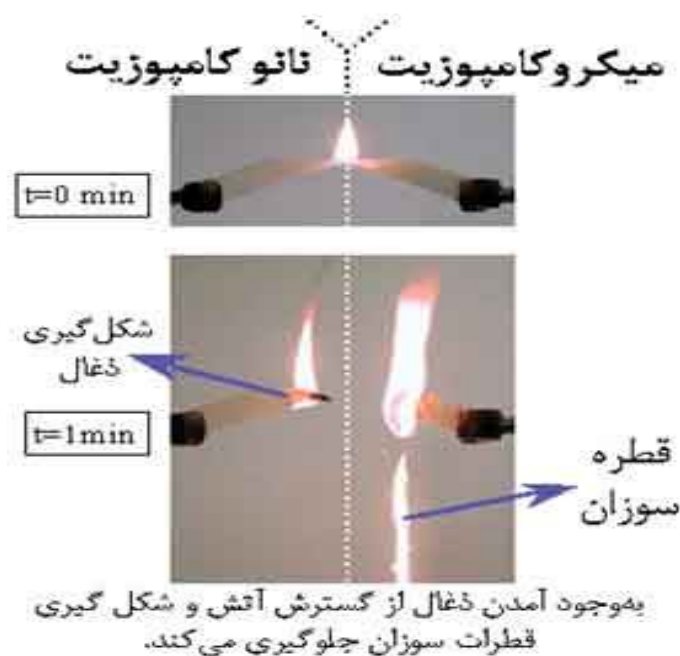
ما از مواد خاصی برای ساخت قطعات، دستگاه‌ها، ساختمان‌ها و... استفاده می‌کنیم، چون همهٔ مواد خواص مورد نیاز ما را در آن دستگاه برآورده نمی‌کنند. به این خواص ماده، که موجب می‌شود آن ماده دارای کاربردهای مهندسی شود، «خواص مهندسی مواد» می‌گویند. خواص مهندسی مواد عبارتند از:

1 خواص مکانیکی، مثل خواص کشتی؛

2 خواص فیزیکی، مثل هدایت الکتریکی؛

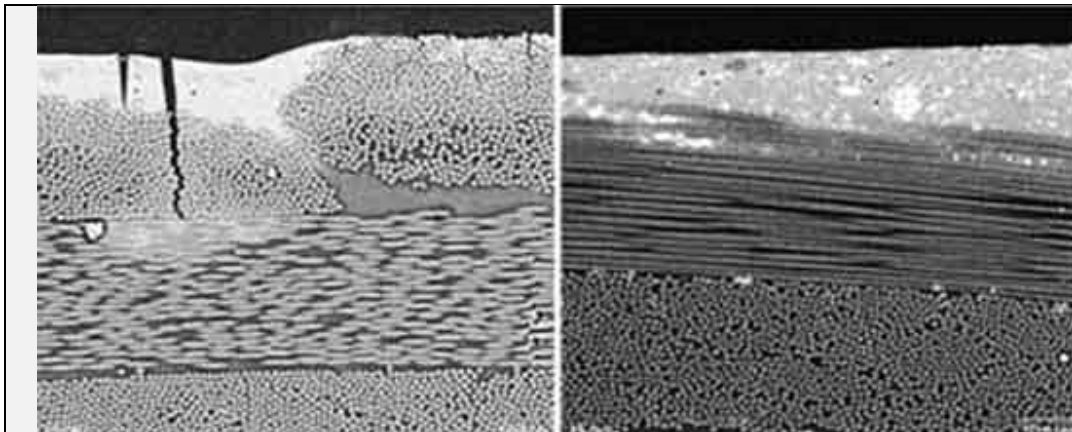
3 خواص شیمیایی، مثل مقاومت در برابر خوردگی؛

نمونه‌ای از این تغییر خواص شیمیایی را در زیر می‌بینید. در اینجا با تبدیل میکرو کامپوزیت به نانو کامپوزیت امکان شکل گیری ذغال به ماده اضافه شده است. با این کار از گسترش آتش جلوگیری می‌شود.

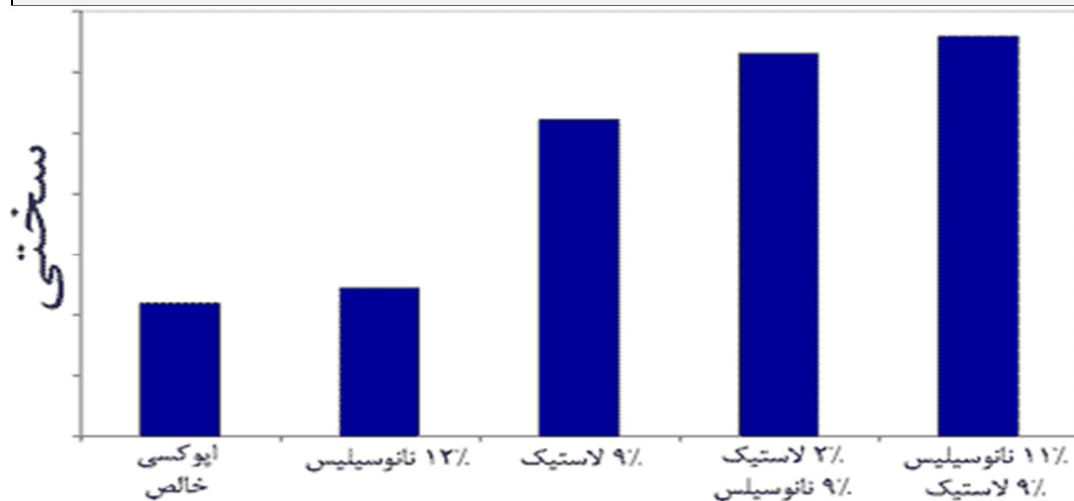


بهبود خواص مکانیکی با ترکیب مواد و تولید نانو کامپوزیت

خواص مکانیکی یعنی خواص ماده در برابر اعمال انواع نیروها. نیروها به چند دسته تقسیم می‌شوند: کشیدن، فشردن، خم کردن، پیچاندن و... وقتی یک لایه یا صفحه با ضخامت ۱ میلی‌متر را وارد زمینه‌ای نرم می‌کنیم، اگر تقویت‌کننده محکم‌تر از زمینه باشد، مثلاً مقداری ورق فلزی را وارد یک زمینه پلاستیکی (پلیمری) کنیم، ماده مرکب تشکیل شده در مقایسه با ماده اول، در برابر نیروی کششی، مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهد. حال اگر این لایه بخواهد به لایه‌ای با ضخامت ۱ نانومتر تبدیل شود، یک میلیون لایه با ضخامت ۱ نانومتر خواهیم داشت. واضح است که توزیع یک میلیون لایه نانومتری، می‌تواند در تمام سطح زمینه پلیمری به صورت یکنواخت توزیع شود. بنابراین، وقتی به زمینه پلیمری نیروی مکانیکی وارد می‌شود، این نیرو را بهتر تحمل می‌کند.



در شکل دو کامپوزیت را می بینید که لایه سطحی یکی از آنها با ذرات نانوی و دیگری با ذرات میکرونی پوشیده شده است. همان طور که می بینید لایه با ذرات میکرونی (تصویر سمت چپ) ر مقابل تنش ترک خورده است در حالی که لا با ذرات نانویی در مقابل این تنش مقاومت کرده است.



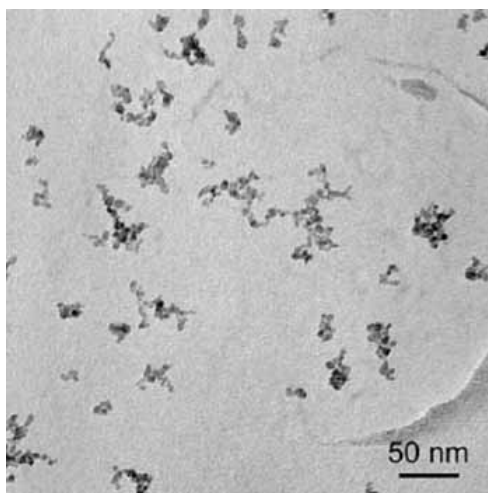
بهبود سختی کامپوزیت اپوکسی، سیلیس با تغییر درصد نانوذرات سیلیسو لاستیک به عنوان تقویت کننده

بهرتر شدن خواص فیزیکی

خواص فیزیکی یک ماده، خواصی از قبیل هدایت، مقاومت الکتریکی و... هستند. جریان الکتریکی با حرکت الکترون ها وارد یک ماده می شود و اتم ها با ارتعاش، به همدیگر می خورند و به این ترتیب الکترون را دست به دست درون ماده منتقل می کنند. حال اگر ماده ما یک پلاستیک (عایق الکتریسته و حرارت) باشد و ما بتوانیم چند عدد میله مسی درون آن وارد کنیم (دقیقاً مثل سیم)، الکترون ها از درون این پلاستیک و با عبور از اتم های مس، می توانند هدایت شوند. یعنی ما با قرار دادن یک میله مسی درون یک پلاستیک، آن را هادی جریان الکتریسته کرده ایم. اکنون فرض کنید که سطح این پلاستیک ۱ متر در ۱ متر باشد و قطر میله مسی ۱ میلی متر. در این صورت، مقطعی دایره ای به قطر ۱ میلی متر از پلاستیک هادی جریان می شود. این در حالی است که باریز کردن میله مسی، به میله های با قطر نانومتر می توان یک میلیون میله با قطر ۱ نانومتر را درون پلاستیک پخش کرد. بنابراین، یک میلیون قسمت پلاستیک، رسانای جریان الکتریکی می شوند.

تانو کامپوزیت مثل کاهگل

tocompose یعنی ترکیب کردن و بنابراین کامپوزیت (composite) یعنی مرکب. مرکب هم که می‌دانیم، یعنی چیزی که از ترکیب چند چیز مختلف به دست آمده است. مواد کامپوزیتی به موادی گفته می‌شوند که از ترکیب چند نوع ماده به وجود آمده‌اند. وقتی می‌گوییم از ترکیب چند ماده، منظور این است که هر کدام از این مواد ترکیب شده، قابلیت استفاده به صورت یک ماده مستقل را دارند. دقیقاً! نانو کامپوزیت هم یعنی نانو کاه گل. به شرط اینکه رشته‌های کاه که در گل توزیع شده‌اند، قطری در حد ۱ تا 100 نانومتر داشته باشند.



نمونه‌ای از یک نانو کامپوزیت
شباهت آن به کاه گل جالب توجه است

اولین کامپوزیت کی ساخته شد؟

کسی نمی‌داند اولین کامپوزیت کی ساخته شد. شاید اولین کامپوزیتی که بشر با آن سروکار پیدا کرد، کاه گل باشد. قدیم‌ها برای ساختن خانه از گل استفاده می‌کردند، اما چون گل بعد از خشک شدن ترک می‌خورد (وقتی آب گل تبخیر می‌شود، حجم آن کاهش پیدا می‌کند و چون گل خشک نمی‌تواند خودش را جمع کند ترک می‌خورد)، مقداری کاه به آن افزودند تا حفره‌ها را پُر کند و مانع از ترک خوردن گل شود. شاید هم اولین کامپوزیت را مصری‌ها ساخته باشند که در قایق‌هایشان به چوب بدنه مقداری پارچه می‌آمیختند تا در اثر خیس شدن چوب باد نکند. اما در هر حال، می‌شود گفت که مواد کامپوزیتی در سال‌های اخیر است، که به عنوان یک ماده مهندسی پذیرفته شده‌اند.

چرا از کامپوزیت‌ها استفاده می‌کنیم؟

قبل از این گفتیم که گلبه‌تنهایی و پس از خشک شدن ترک می‌خورد. کاه با خواص ارتجاعی خود این نقص گل را برطرف می‌کند، بنابراین، مقداری از آن را به گل می‌افزایند. اصلاً علت استفاده از کامپوزیت همین خواص است. یعنی ما برای اینکه خواص بد یک ماده را برطرف کنیم، ماده دیگری را که مکمل خواص ماده اولیه است به آن می‌افزاییم.

ترکیب کردن یعنی چه؟

انواع ترکیب‌ها عبارتند از: شیمیایی، مکانیکی، و فیزیکی. وقتی دو ماده با واندروالسی و... برقرار شده باشد. به موادی که این گونه با هم ترکیب می‌شوند محلول می‌گویند. بارزترین و ملموس‌ترین مثال برای محلول‌ها آلیاژها هستند.

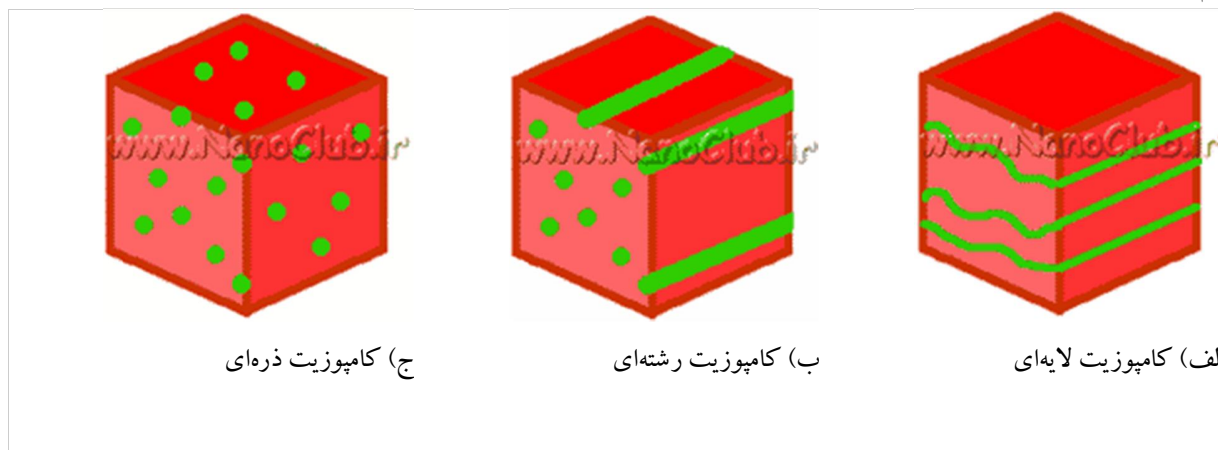
اما وقتی دو ماده با اعمال نیرو کنار هم قرار می گیرند، به صورت مکانیکی با هم ترکیب شده اند و واضح است با برداشتن این نیرو، این ترکیب از بین می رود.

اما ترکیب در کامپوزیت ها جزء هیچ کدام از این دو حالت نیست، بلکه ترکیبی از نوع فیزیکی است. مثال مناسب برای این نوع ترکیب، ساندویچ است. وقتی یک یا چند ماده با ماده دیگری محاصره شود، به طوری که نتواند از محاصره آن فرار کند، یک ترکیب فیزیکی به وجود می آید. برای درک بهتر این نوع ترکیب، کسی را تصور کنید که در یک باتلاق گیر افتاده است.

اجزای یک کامپوزیت

گفتیم که کامپوزیت عبارت است از ترکیب فیزیکی دو ماده با خواص متفاوت. بنابراین، کامپوزیت ها از دو قسمت تشکیل شده اند: قسمت زمینه (ماده اول که در یک سری از خواص نقص دارد) و قسمت تقویت کننده (ماده دومی که به ماده اول اضافه می شود تا دسته ای از خواص آن را بهبود بخشد). (شکل ۱)

هم ترکیب شیمیایی می دهند که بین آن دو یک پیوند شیمیایی مثل کووالانسی، یونی،



الف) کامپوزیت لایه ای

ب) کامپوزیت رشته ای

ج) کامپوزیت ذره ای

زمینه چیست؟

زمینه یک ماده مرکب، ماده ای است پیوسته که ماده دوم را در بر گرفته است. این ماده در کاه گیل، گیل و در مثال باتلاق و آدم، محیط باتلاق است که پیوسته است و آدم را در بر گرفته است. دومین ملاک برای تعیین زمینه این است که مقدار ماده ای که به عنوان زمینه استفاده می شود بیشتر از قسمت تقویت کننده ها است.

وظیفه زمینه چیست؟

اولین وظیفه زمینه احاطه ماده تقویت کننده است، به طوری که نگذارد ماده تقویت کننده پراکنده شود؛ وظیفه دوم، محافظت از ماده تقویت کننده در برابر عوامل شیمیایی است؛ و وظیفه سوم این است که چون مواد زمینه را نرم انتخاب می کنند، وقتی نیرو به ماده مرکب (کامپوزیت) وارد می شود، توسط زمینه به ماده تقویت کننده انتقال داده شود تا ماده تقویت کننده نیرو را تحمل کند.

تقویت کننده چیست؟

تقویت کننده ها موادی هستند که به صورت تکه تکه، در یک زمینه پیوسته وارد می شوند تا خواص ماده زمینه را بهتر کنند.

تقویت کننده ها چه شکلی هستند؟

تقویت کننده ها می توانند به صورت یک صفحه، یک رشته (نخ)، یا یک ذره (پودر) وارد حجم زمینه شوند و خواص آن را بهبود بخشند. (شکل ۲)



کامپوزیت‌ها چه کاربردهایی دارند؟

امروزه می‌توانیم ترکیبات کامپوزیتی را در زندگی روزانه و در اطراف خود ببینیم. چند مثال از این وسایل که در آنها ترکیبات کامپوزیتی به کار رفته است، اینها هستند: بدنه هلی کوپتر، زه راکتنیس، بدنه هواپیما، کاه گل، توپ‌های ورزشی و...



فناوری نانو و فیلتراسیون

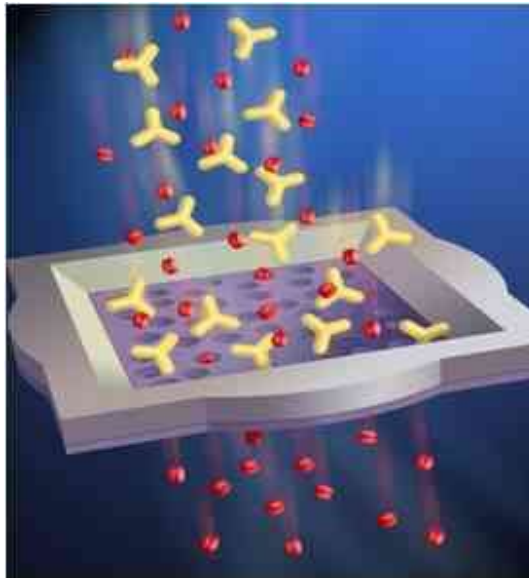
قبل از بررسی نقش فناوری نانو در فیلترها، اجازه دهید ابتدا با بعضی مفاهیم در این زمینه آشنا شویم.

1. فیلتر چیست؟

فیلترها موادی متخلخلی¹ هستند که در فرایند جداسازی یا تغلیظ مورد استفاده قرار می‌گیرند. مهم‌ترین ویژگی فیلترها، داشتن خلل و فرج‌هایی با اندازه و ابعاد مشخص است، به همین دلیل، فیلتر را یک محیط متخلخل می‌نامند. سوراخها درصد بسیار زیادی از حجم فیلتر را دربرمی‌گیرند و شبکه پیچیده‌ای از حفره‌ها را می‌سازند. فیلترهای توانمند از جنس پلیمر و یا سرامیک باشند.

2. تعریف فیلتر کردن یا فیلتراسیون

فیلتر کردن یا فیلتراسیون، فرایندی است که در آن یک مایع و یا گاز (سیال) به دلیل اختلاف فشار یا اختلاف پتانسیل الکتریکی و یا اختلاف غلظت از فیلتر عبور می‌کند. با انجام عمل فیلتراسیونندراتی که از اندازه حفره‌های فیلتر کوچک‌تر هستند از آن عبور کرده و ذرات با اندازه بزرگ‌تر، از سیال جدا شده و در پشت فیلتر می‌مانند (شکل ۱)



شکل (۱). نحوه عمل فیلتراسیون. تنها ذراتی که اندازه آنها از اندازه حفرات فیلتر کوچکتر است عبور می کنند.

3 عوامل مؤثر در فیلتراسیون

دو عامل که در انتخاب نوع فیلتر و کارکرد آن مؤثر می باشد عبارت است از:

1- اندازه حفرات فیلتر

همان طور که گفته شد موادی با اندازه بزرگتر از حفرات فیلتر، در پشت آن باقی می مانند و عبور نمی کنند، در نتیجه، برای جداسازی ذرات با اندازه مشخص باید از فیلترهای مناسب استفاده کرد.

2- مقدار ذراتی که در پشت فیلتر باقی می مانند.

ذراتی که در پشت فیلتر باقی می مانند به مرور زمان و با استفاده مداوم از فیلتر بیش تر می شوند. این مسئله می تواند باعث مسدود شدن روزنه های فیلتر شود. به این دلیل، باید بعد از مدت زمان مشخصی، فیلتر را تعویض، و یا آن را پاک سازی نمود. این مسئله که به گرفتگی فیلتر معروف می باشد از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا تعویض و یا حتی تمیز کردن فیلتر هزینه بر است.

4 انواع فیلتراسیون

1- میکرو فیلتراسیون

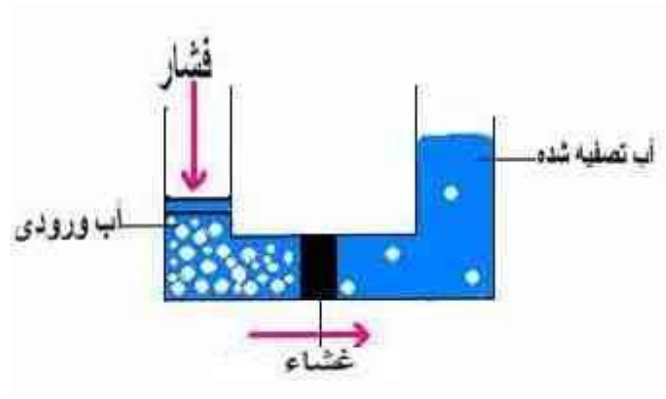
میکرو فیلتراسیون فرایندی است که برای جداسازی ذرات، جامدات معلق کوچک و موادی دیگر مثل باکتری ها و کیست ها و مولکول ها و ذرات بزرگتر از 0.2 میکرون استفاده می شود.

2- آلترافیلتراسیون

در آلترافیلتراسیون مولکول هایی بزرگتر از 0.05 میکرون جداسازی می شوند. ابعاد حفره های فیلتر بین 2 تا 50 نانومتر است. این فرایند برای جداسازی و تغلیظ مواد کلونیدی و سوسپانسیونی به کار می رود.

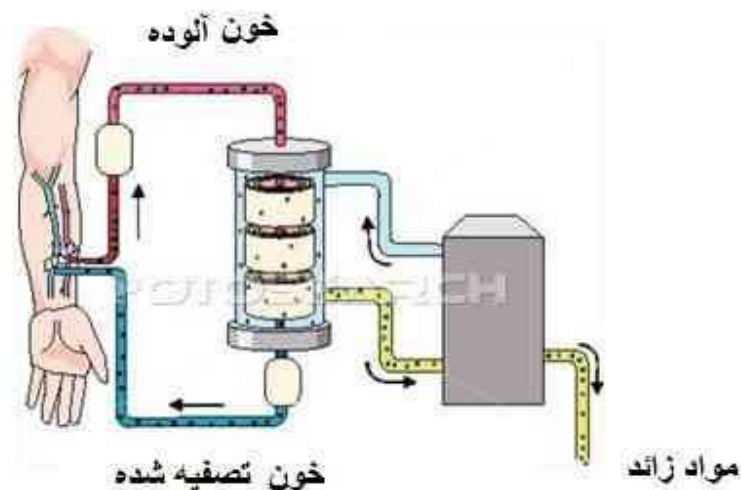
3- اسمز معکوس

اسمز معکوس فرایندی است که آب در اثر اختلاف فشار از یخشای نازک عبور می کند تا محتویات و مواد معدنی شامل نمک، ویروس ها، سموم و سایر ترکیبات آلوده غیر آلی را جدا کند و اتم ها و مولکول هایی در مقیاس کوچکتر از 0.1 میکرون را در محدوده یونی جدا می کند (شکل ۲).



شکل (۲). نحوه عمل اسمز معکوس.

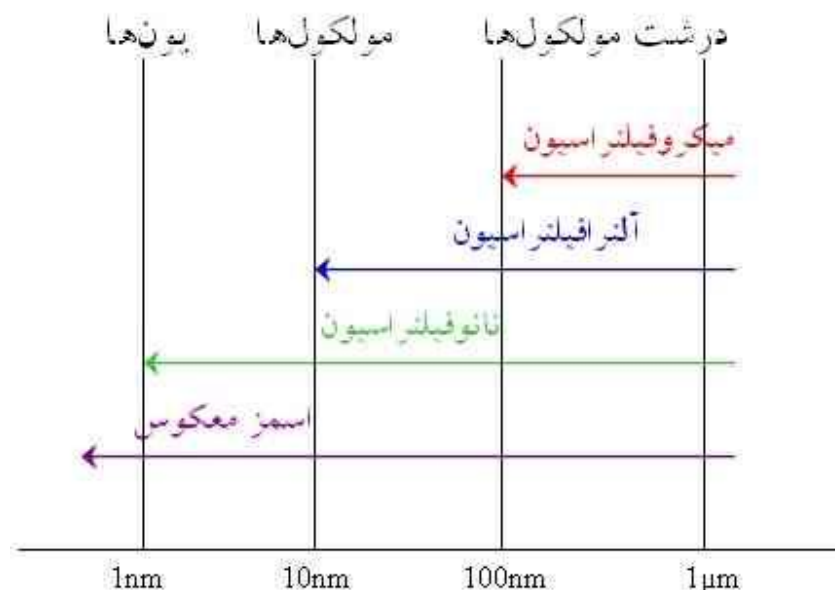
اسمز معکوس تکنیکی است که در دیالیز طبی هم از آن استفاده می‌شود. دیالیز مورد استفاده‌ی افرادی است که مشکل کلیوی دارند. کلیه‌ها باعث تصفیه خون شده، مواد زائد مثل اوره و آب را از خون جدا، و به شکل ادرار از بدن خارج می‌کنند. یک دستگاه دیالیز به تقلید از عملکرد کلیه‌ها، کار می‌کند. خون از بدن عبور کرده، وارد دستگاه دیالیز شده و از فیلتر اسمزی عبور می‌کند تا مواد زائد از آن جدا شود و خون تصفیه شده دوباره به بدن برگردد (شکل ۳).



شکل (۳). شمای کلی از فرایند دیالیز خون.

۴ نانوفیلتراسیون

ابعاد حفره‌های نانوفیلتر بین ۰/۵ تا ۲ نانومتر است. روش نانوفیلتراسیون طی چند سال گذشته رونق گرفته است. در نانوفیلتراسیون جداسازی بر اساس اندازه مولکول صورت می‌گیرد. اساساً این روش، جهت حذف اجزای آلی نظیر آلوده‌کننده‌هایی در اندازه میکرونی و یون‌های چند ظرفیتی می‌باشد. از دیگر کاربردهای نانوفیلتراسیون می‌توان به حذف مواد شیمیایی که به منظور کشتن موجودات مضر به آب اضافه شده‌اند، حذف فلزات سنگین مانند جیوه، تصفیه‌ی آب‌های مصرفی، رنگ‌زدایی و حذف آلوده‌کننده‌ها اشاره کرد. نانوفیلتراسیون می‌تواند تقریباً از هر منبع آبی، آب پاک به وجود آورد و تمام‌بakterی‌های موجود در آب را حذف کند. شکل (۴) انواع مختلف فیلتراسیون را با توجه به نوع و اندازه ترکیبات قابل جداسازی نشان می‌دهد.



شکل (۴). انواع مختلف فیلتراسیون

5 کاربرد فیلترها

1 صنعت آب و فاضلاب

آب یکی از ضروری‌ترین عناصر حیات بر روی زمین است و اگر چه بیش از ۷۰ صد از سطح کره زمین با آب پوشیده شده است اما، کمتر از ۳ درصد آن آب شیرین می‌باشد. از این مقدار ۷۹ درصد به قله‌های یخی تعلق دارد، ۲۰ درصد آن آبهای زیر زمینی است که به راحتی قابل دسترسی نمی‌باشند و فقط ۱ درصد آن شامل دریاچه‌ها و رودخانه‌ها و چاه‌ها می‌باشد که به راحتی به دست می‌آید. فرایند پاک‌سازی و تصفیه آب بسیار طولانی و زمان‌بر است. یکی از مراحل تصفیه آب جدا کردن آلاینده‌ها از آب می‌باشد که در این مرحله از فیلتراسیون استفاده می‌شود.

2- صنایع غذایی

صنعت لبنیات، آب‌میوه و صنایع دیگری که در حوزه صنایع غذایی قرار می‌گیرند، یکی دیگر از مصرف‌کنندگان اصلی فرایند فیلتراسیون محسوب می‌شوند. به طور مثال، سیستم‌های آلترافیلتراسیون در تولید پنیر استفاده می‌شوند، هم‌چنین از سیستم‌های فیلتراسیون در پاستوریزاسیون و هموژنیزاسیون نیز استفاده می‌شود. امروزه بوسیله آلترافیلتراسیون توانسته‌اند اجزای شیر را تغلیظ نموده و به طور جزء به جزء جداسازی نمایند. این امر موجب شده است تا بتوان محصولات جدیدی مطابق با نیازهای مصرف‌کننده به بازار عرضه نمود.

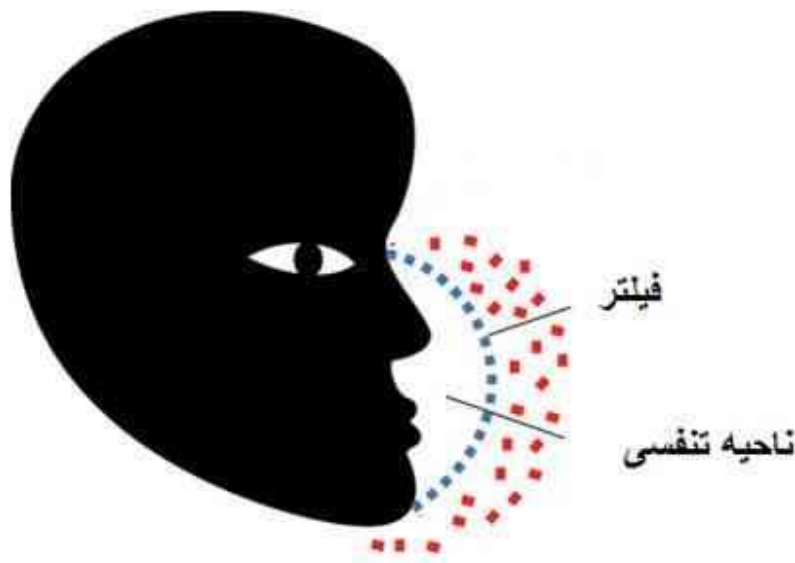
3- صنایع داروسازی

تولید دارو با سیستم‌های مختلفی انجام می‌شود. داروی تولید شده، نیاز به خالص کردن دارد و اهمیت خالص‌سازی دارو کمتر از تولید دارو نیست. به طوری که تولید دارو ۳۰ درصد از هزینه‌های دارو را دربرمی‌گیرد، در حالی که ۷۰ درصد هزینه‌ها، صرف خالص‌سازی دارو می‌شود. مهم‌ترین مرحله خالص‌سازی، فرایند فیلتراسیون می‌باشد. در خالص‌سازی داروها از فرایندهایی مانند دیالیز، میکروفیلتراسیون و نانوفیلتراسیون استفاده می‌شود.

4- تصفیه هوا و خالص‌سازی گازها

یکی از کاربردهای اصلی فرایند فیلتراسیون تصفیه هوا و یا تولید گازهای خالص، مانند اکسیژن خالص و نیتروژن خالص می‌باشد که این گازها کاربردهای صنعتی زیادی دارند. در فرایندهایی که برای تولید اکسیژن و نیتروژن خالص به کار برده می‌شود، از فیلتر استفاده می‌شود.

یک مثال آشنا از کاربرد فیلترها برای تصفیه هوا، ماسک‌های صورت می‌باشند. ماسک‌های معمولی که بیش‌تر در روزهای آلوده از آنها استفاده می‌کنیم، نوعی فیلتر دارند که به ذرات معلق هوا اجازه عبور نمی‌دهند و به این ترتیب مانع رسیدن آلودگی‌ها به مجاری تنفسی ما میشوند (شکل ۵).



شکل (۵). استفاده از فیلتر در ماسک‌ها.

با توجه به مطالب گفته شده، اهمیت فیلترها و فرایند فیلتراسیون مشخص می‌شود. در این زمینه استفاده از فناوری نانو و ساخت نانوفیلترها برای جداسازی ذرات بسیار زیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.



Irrigation Water Filtration



Irrigation Pond Water Filtration



Filter Skid With Bypass Manifold



Cooling Tower Water Filtration



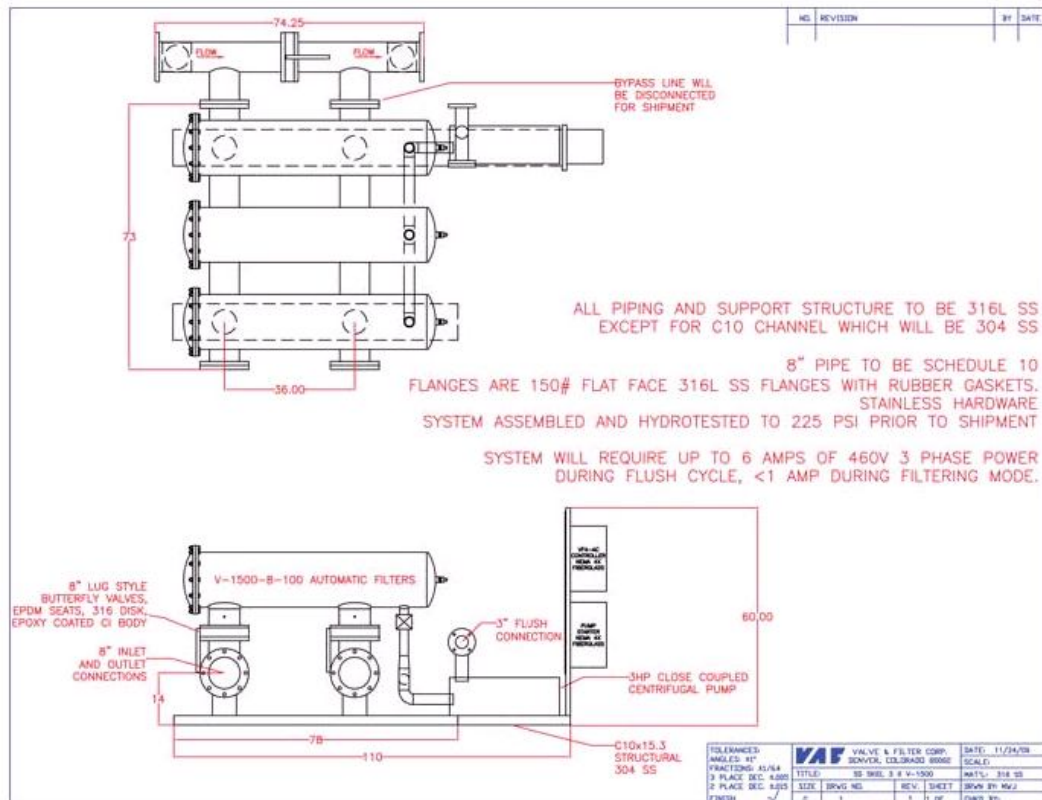
Centrifugal Sand Separators-Cooling Tower Filtration



Filtration of Reverse Osmosis-Pre



Filter RO for Petroleum Produced Water Reinjection-Pre



سنتز نانوذرات سیلیس به روش سل - ژل

فرآیند سل - ژل روش جدیدی نیست. در سال ۱۸۰۰ «بل من» به طور اتفاقی مشاهده کرد که تتراکلرید سیلیکون - که در ظرف رها شده بود - ابتدا هیدرولیز و سپس به ژل تبدیل شد. در سال ۱۹۵۰ باب مطالعات گسترده‌ای در سنتز سرامیک‌ها و ساختارهای شیشه‌ای با استفاده از این روش آغاز شد. شایان ذکر است که با این روش، بسیاری از اکسیدهای غیرآلی مانند SiO_2 , ZrO_2 , TiO_2 ... سنتز شدند.

در این فرآیند با استفاده از مواد اولیه، ابتدا سل تشکیل می‌شود. سل محلولی کلونیدی، حاوی ذرات معلق است. بعد از این واکنش، ژل تشکیل می‌شود. ژل سوسپانسیونی است که شکل ظرف را به خود می‌گیرد و خواص کشسانی از خود نشان می‌دهد. از مزایای این روش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- ابزار انجام آن ساده است؛
 - ۲ - سرمایه‌گذاری اولیه آن کم و در عین حال کیفیت محصول بالاست؛
 - ۳ - خلوص محصول به دست آمده بالاست؛
 - ۴ - امکان طراحی ترکیب شیمیایی و به دست آوردن ترکیب همگن وجود دارد؛
 - ۵ - فرآیند را می‌توان در دمای کم نیز ایجاد کرد.
- از طرف دیگر، با توجه به شکل زیر، می‌توان مشاهده کرد که با تغییر شرایط، ساختارهای متنوعی با استفاده از این روش به دست آیند.
- ماده اولیه‌ای که در این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد، الکوکسی سیلان نام دارد. این ماده از تأثیر شبه فلزات بر الکل تهیه می‌شود. تهیه این ماده بسیار مشکل است و در دنیا دو کمپانی صنایع شیمیایی قادر به تهیه آن هستند. الکوکسی سیلان ماده‌ای گران‌قیمت به شمار می‌رود، در عوض، با استفاده از این ماده اولیه می‌توان به محصولاتی با خلوص بالا در مدت زمان کوتاه دست یافت. از سیلیسیلت سدیم نیز می‌توان برای تهیه ذرات نانومتری سیلیس استفاده کرد. مشکل این است که خلوص محصولات حاصل از این ماده اولیه بالا نیست و نیاز به شست‌وشوی طولانی مدت دارد تا ناخالصی‌ها از محصول نهایی خارج شود.

برای سنتز نانوذرات سیلیس، به الکوکسی سیلان، آب و الکل نیاز است. از آن‌جا که الکوکسی سیلان در آب حل نمی‌شود، بنابراین، باید از ماده‌ای استفاده کرد که هم الکوکسی سیلان در آن حل شود و هم خود این ماده محلول در آب باشد. به این منظور، از الکل استفاده می‌کنیم. از طرف دیگر، واکنش دو ماده آب و الکوکسی سیلان بسیار کند است و با افزودن الکل، سیستم رقیق‌تر هم می‌شود. در نتیجه سرعت واکنش باز هم کاهش می‌یابد. برای افزایش سرعت واکنش، می‌توان از کاتالیزور استفاده کرد. کاتالیزوری را که برای انجام سریع این واکنش مورد استفاده قرار می‌دهیم باید به گونه‌ای باشد که بعد از انجام واکنش بتوان آن را به راحتی از سیستم خارج کرد. در گزارش محققان، هم از اسیدها و هم از بازها به عنوان کاتالیزور در سنتز ذرات سیلیس استفاده شده است که هر کدام مزایا و معایب خود را دارند.

در محیطی با خاصیت بازی، ذرات تا اندازه ۱۰۰ تا ۲۰۰ نانومتر به سرعت رشد می‌کنند و نیروی دافعه جرمی باعث می‌شود که ذرات جدا از هم باقی بمانند. در محیط اسیدی ذرات در اندازه ۲ تا ۴ نانومتر متوقف می‌شوند، ولی در ادامه فرآیند به سرعت به

هم می پیوندند و ذرات بزرگتر را تشکیل می دهند.

برای سنتز نانوذرات سیلیس، از کاتالیزور آمونیاک استفاده می شود. از مزایای آمونیاک این است که نقطه جوش پایین دارد و به سرعت از سیستم بیرون می رود. ولی از اسیدهایی چون اسید کلریدریک، نیتریک و استیک نیز می توان استفاده کرد که نقطه جوش بالایی دارند. بنابراین، خارج کردن آنها از سیستم کار راحتی نیست. از معایب دیگر این کاتالیزورها این است که باعث ایجاد لیگندهایی با محصولات می شوند که دیگر نمی توان محصول را با همان پیوندهای شیمیایی مورد نظر تهیه کرد.

لیگاند چیست؟

لیگاند: در یون کمپلکس، یون هایی وجود دارند که یون مرکزی را احاطه کرده اند، مثلاً (CN)⁻ (منظور از یون کمپلکس یونی است که از چند یون تشکیل شده است)

روش آزمایش

مقداری آب را با الکل و آمونیاک و بقیه الکل را با الکوکسی سیلان مخلوط می کنیم. این دو محلول جداگانه را به هم می افزاییم و با هم زدن، سیستم را کاملاً همگن می کنیم. بسته به نسبت مولی مورد استفاده در سنتز این ذرات، زمان هیدرولیز و چگالش متفاوت است. بعد از تهیه این محلول، ابتدا الکوکسی سیلان در محیط آبی هیدرولیز می شود. در این فرآیند گروه هیدروکسیل جایگزین گروه کربوکسیل می شود. این واکنش همان طور که گفته شد در محیط آبی طبق معادله زیر انجام می شود.



بعد از هیدرولیز محصولات، چگالش طبق معادله زیر آغاز می شود.



(R جزء گروه الکیل است.)

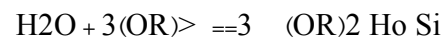
در مرحله پلیمریزاسیون گروه سیلاتول $\text{OH} - \text{Si}$ با آزاد کردن آب یا الکل به صورت سیلوکسان $\text{Si} - \text{O} - \text{Si}$ در می آید. سازوکار هیدرولیز به این صورت است که اکسیژن آب به اتم های سیلیکون حمله می کنند. آب ابتدا به شکل یون های H^+ و OH^- در می آید و گروه الکوکسی نیز به صورت $-(\text{OR})$ و $3(\text{OR})\text{Si}^+ +$ تفکیک می شود. سپس $-(\text{OH})$ ناشی از هیدرولیز آب جایگزین $-\text{OR}$ ناشی از هیدرولیز الکوکسی می شود.

باید خاطر نشان کرد که سرعت این واکنش با افزودن کاتالیزور تغییر می کند. اگر از کاتالیزور اسیدی استفاده کنیم، سازوکار واکنش اندکی متفاوت خواهد بود. در این حالت به علت وجود H^+ در محیط، گروه الکوکسی به سرعت پروتون های H^+ را جذب می کند و چگالی ابرالکترونی سیلیکن کاهش خواهد یافت. بنابراین، برای مورد حمله قرار گرفتن توسط مولکول های آب مستعد خواهند شد.

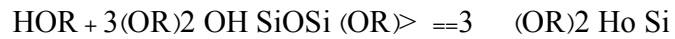
در محیط با خاصیت بازی آب، ابتدا یون های هیدروکسیل OH^- تولید خواهند شد. سپس یون های هیدروکسیل جایگزین گروه OR می شوند.

بعد از فرآیند هیدرولیز، مونومرها و دیمرهای تشکیل می شوند و به هم می پیوندند. در این هنگام است که پلیمریزاسیون آغاز می شود. این مرحله ممکن است به این صورت رخ دهد:

1- سازوکاری که منجر به تشکیل آب می شود:



2- سازوکاری که منجر به تشکیل الکل می شود:



با افزایش پیوندهای سیلوکسان، مولکولهای منفرد به یکدیگر می پیوندند و تشکیل سُل می دهند. سپس دانه های تشکیل شده به یکدیگر می پیوندند و تشکیل یک شبکه سه بُعدی را که همان ژل است، می دهند.

با خشک کردن این محلول، می توان ذرات نانومتری پراکنده شده سیلیس را تهیه کرد. اگرچه این فرآیند به سادگی دو معادله ذکر شده در بالا نیست (و دارای مراحل میانی زیادی است) ولی هدف از ذکر این آزمایش چند نکته به شرح زیر است:

1- تهیه ذرات نانومتری با استفاده از روش های معمول می تواند انجام شود. فقط کافی است تدبیری اندیشید تا این ذرات ریزتر باشند و به هم نچسبند. این فن آوری ظرافت های خاص خود را دارد، ولی دور از دسترس نیست؛

2- با استفاده از روش های آزمایشگاهی ساده، بسیاری از مواد مورد نیاز کشور را می توان تهیه کرد. زیرا به علت تحریم اقتصادی کشور، قادر به واردات بسیاری از این مواد نانومتری نیستیم؛

3- با طراحی یک دستگاه دقیق می توان این فرآیند را ادامه داد و در شبانه روز به مقدار قابل توجهی از آن در آزمایشگاه تولید کرد.

فناوری نانو و محیط زیست

فناوری نانو، مانند هر فناوری نوین دیگری، می تواند تغییرات شگرفی در زندگی بشر به وجود آورد؛ از جمله در محیط زیست او.



آشتی محیط زیست با فناوری های نوین

آیا چنین چیزی به واقعیت می پیوندد؟ در فناوری نانو چنین تصویری غیرممکن نیست!

تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم فناوری نانو بر محیط زیست، از جنبه های مختلف قابل بررسی است. در حال حاضر، می توان موارد متعددی از کاربرد مواد نانو ساختاری در حفظ محیط زیست، از قبیل نانوفیلترها (برای تصفیه ی پساب های صنعتی)، نانوپودرها (برای تصفیه ی گازهای آلاینده ی خروجی از خودروها و واحدهای صنعتی) و نانوتیوب ها (برای ذخیره سازی

سوخت کاملاً تمیز هیدروژن را برشمرد، اما دورنمای استفاده از این فناوری نوین بسیار گسترده‌تر از این گونه کاربردهای جزئی و مقطعی است.



انسان‌های سودجو همواره به فکر سوء استفاده از محیط زیست بوده اند

یکی از مهم‌ترین اهداف متولیان و طرفداران محیط زیست، حذف مواد سمی و خطرناک از چرخه‌ی طبیعت است. مواد سمی معمولاً از اتم‌هایی تشکیل شده‌اند که خودبه‌خود مضر نیستند، بلکه نحوه‌ی اتصال این اتم‌ها به یکدیگر مواد سمی را به وجود می‌آورد. اگر بتوان وسیله‌ای ساخت که مشابه ریزجاندارانی مانند ویروس‌ها در مقیاس اتمی قادر به تغییر اتصالات اتم‌ها در مولکول باشد، می‌توان به‌سهولت و با قیمت ارزان مواد سمی را خنثی کرد، یا حتی با اندکی تغییر، از آنها محصولات مفید به دست آورد. برخی مواد سمی، حاوی عناصر مضر از قبیل جیوه، سرب، آرسنیک و کادمیوم هستند. این عناصر معمولاً حین استخراج مواد معدنی مختلف تولید می‌شوند. با بهره‌گیری از دانش و فناوری نانو در فرآیند استخراج، می‌توان از خروج این عناصر از محیط طبیعی آنها (خاک) جلوگیری کرد.



ورود ممنوع - ترکیبات سمی



فناوری نانو از دانش‌ها و فناوری‌های گوناگونی مانند فیزیک، شیمی، بیولوژی و مهندسی بهره می‌گیرد. علی‌رغم اینکه فناوری نانو تاکنون در زمینه‌ی محیط زیست کاربرد صنعتی نداشته است، اما بسیاری معتقدند که این فناوری می‌تواند راه‌های جدیدی برای بهبود و ارتقای فناوری‌های زیست‌محیطی ارائه کند. از سوی دیگر، برخی عقیده دارند که استفاده از فناوری نانو خود می‌تواند منجر به مشکلات جدید زیست‌محیطی از قبیل مواد سمی جدید و خطرات زیستی مربوط به آن شود.



دنیای شما در اثر تجمع CO_2 در حال نابود شدن است با کمک فناوریهای نوین به فکر نجات آن باشید

برخی کاربردهای فناوری نانو در محیط زیست

برخی از مهم ترین کاربردهای عملی شناخته شده ی فناوری نانو در زمینه ی محیط زیست عبارتند از: (۱) نانوحسگرها، (۲) نانوفیلترها، و (۳) کاتالیزورهای زیست محیطی.

1. نانوحسگرها

یک نانوحسگر وسیله ای است بسیار ریز که قادر به شناسایی و ارائه ی پاسخ به محرک های فیزیکی در مقیاس یک نانومتر باشد.

1.1. انواع نانوحسگرها (نانوحسگرها دو دسته اند)

الف - مواد نانوساختاری: مانند سیلیکون متخلخل، نانوحسگرهای ساخته شده از این مواد به منظور شناسایی واکنش های شیمیایی و زیستی به کار گرفته می شوند.

ب - نانوذرات: مانند مواد کروی نانومقیاس که به عنوان گیرنده های نوری - زیستی، نوری - شیمیایی و حسگرهای تصویری فضایی کاربرد دارند.

ذرات نانوسیلیکون که به عنوان حسگرهای زیستی استفاده می شوند



نانودرختی که از نانوسیم‌های کرید سیلیکون ساخته شده است

2.1. کاربردهای نانوحسگرها

نانوحسگرها کاربردهای متعددی در علوم مختلف از قبیل بیوپزشکی، محیط زیست، ارتباطات و تولید مواد هوشمند یافته‌اند.

الف - غبارهای هوشمند. یکی از نیازهای مهم و اساسی در ارتباط با کنترل آلودگی محیط زیست، پایش مستمر آلودگی هواست. با استفاده از نانوحسگرها پیشرفت مؤثری در زمینه‌ی کنترل آلودگی هوا صورت گرفت. با اختراع اولین نمونه‌های غبار هوشمند، تولید این گونه حسگرها به مرحله‌ی کاربرد عملی نزدیک شد. هدف اصلی از ساخت غبارهای هوشمند، تولید مجموعه‌ای از حسگرهای پیشرفته به صورت نانورایانه‌های بسیار سبک است. این نانوحسگرها به راحتی ساعت‌ها در هوا معلق باقی می‌مانند.



تصویر تخیلی از یک نانو حسگر که برای کنترل آلودگی محیط زیست طراحی شده است. این ذرات بسیار ریز از سیلیکون ساخته می‌شوند و می‌توانند از طریق بی‌سیم موجود در خود، اطلاعات جمع‌آوری شده را به یک پایگاه مرکزی ارسال کنند. سرعت انتقال اطلاعات در نمونه‌های اولیه حدود یک کیلوبایت در ثانیه است.

ب - نانوحسگرهای گازی. نشت گازهای مهلک یکی از خطرات روزمره‌ی زندگی صنعتی است. متأسفانه هشداردهنده‌های موجود در صنعت اغلب بسیار دیر موفق به شناسایی این گونه گازهای نشتی می‌شوند. این نوع حسگرها از نانوتیوب‌های تک‌لایه به ضخامت حدود یک نانومتر ساخته شده‌اند و می‌توانند مولکول‌های گازهای سمی را جذب کنند. آنها همچنین قادر به شناسایی تعداد معدودی از مولکول‌های گازهای مهلک در محیط هستند. این گونه حسگرهای گازی برای شناسایی گازهای آمونیاک و دی‌اکسید نیتروژن که از جمله گازهای سمی به شمار می‌روند، با موفقیت آزمایش شده‌اند.



نانوحسگر گازی - این تصویر، سازوکار اندازه گیری گاز CO2 را نشان می دهد

نمونه ی آزمایشی این حسگرها قادر به شناسایی آنی مولکول های آمونیاک و دی اکسید نیتروژن در غلظت 20 ppm (یعنی ۲۰ قسمت در یک میلیون قسمت) شده است. محققان مدعی اند که این حسگرها برای شناسایی به هنگام گازهای بیوشیمیایی جنگی، آلاینده های هوا و حتی مولکول های آلی موجود در فضا کاربرد خواهند داشت.

2. نانوفیلترها

یکی دیگر از کاربردهای مهم فناوری نانو در محیط زیست، استفاده از نانوفیلترهاست. لازم به ذکر است که فیلترهای معمولی توانایی فیلتر کردن ذرات ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر را دارند. این در حالی است که جداری روزنه های غشاهای نانو معمولاً بین ۱ تا ۱۰ نانومتر است.



شکل ساده ای از نانوفیلترها که برای تصفیه ی آب به کار می رود

غشاهای مورد استفاده در فرآیند نانوفیلتراسیون معمولاً مولکول های بزرگ را دفع می کنند و در مقایسه با فرآیند اسمز معکوس، قادرند با صرف انرژی کمتر آب چاه ها یا آب های سطحی را نیز به خوبی تصفیه کنند.

اسمز عبارت است از گرایش آب از سطح رقیق تر به غلیظ تر. به عنوان مثال، وقتی شما برگه ی زردآلو را خیس می کنید، آب از سطح رقیق تر که همان لایه ی بیرونی پوسته است، به طرف داخل زردآلو حرکت می کند. حال اگر زردآلوی خیس شده را فشار دهید، آب از غشای آن به بیرون

هدایت می شود. در واقع، این عمل همان «اسمز معکوس» است؛ یعنی فرایندی که در آن آب را تحت فشار در یک ظرف که جداری آن یک غشای نیمه تراواست قرار می دهیم تا مولکول های آب شیرین که کوچکتر از املاح معلق در آب هستند از غشای نیمه تراوا بگذرند و آب شیرین از آب شور جدا شود.



این نوع آبها معمولاً سرشار از نمک های دوظرفیتی اند و می توان نمک موجود در آنها را با استفاده از فرایند نانوفیلتراسیون تا ۹۰ درصد جدا کرد. از آنجا که فرآیند نانوفیلتراسیون نمی تواند نمک طعام را به طور مؤثر از آب جدا کند، بنابراین در تمام موارد برتر از اسمز معکوس نخواهد بود. این فرآیند مانند اسمز معکوس قادر است انواع باکتری ها، ویروس ها، آفت کش ها، آلاینده های با منشأ آلی و املاح کلسیم و منیزیم را از آب جدا کند. نظر به اینکه در فرآیند نانوفیلتراسیون از هیچ ماده ی شیمیایی ای برای سختی گیری آب استفاده نمی شود. بنابراین، اثرات منفی زیست محیطی آن به مراتب کمتر از روش های شیمیایی معمول است.

سختی آب به مقدار یون های کلسیم و منیزیم محلول در آن بستگی دارد. سختی آب معمولاً به صورت محلی تغییر می کند. شایان ذکر است که افزایش سختی می تواند اثرات مخربی بر روی ماشین آلات صنعتی، آبزیان و افرادی که از این آب استفاده می کنند داشته باشد.

برخی از کاربردهای فرآیند نانوفیلتراسیون در به سازی محیط زیست می توان اشاره کرد:

تصفیه ی پساب رختشوی خانه ها

تصفیه ی پساب های اسیدی واحدهای صنعتی

رنگ زدایی از آب آشامیدنی

تصفیه ی پساب واحد تولید روغن زیتون

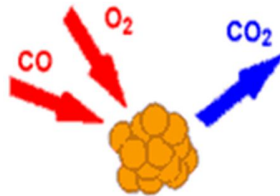
تصفیه ی آب پنیر

جداسازی روغن از آب

خالص سازی الکل های سبک

3. کاتالیست های زیست محیطی

از زمینه‌های دیگر کاربردهای مواد نانو ساختاری، استفاده از آنها به عنوان کاتالیزورهای زیست محیطی برای تصفیه خروجی آگزوز اتومبیل‌ها و پالایش آب و هواست. استانداردهای مربوط به گازهای خروجی از آگزوز اتومبیل‌ها روز به روز سخت گیرانه تر و دقیق تر می شود.



شکل فوق سازوکار یک نانو کاتالیست را نشان می دهد که در اثر برخورد گاز بسیار سمی مونواکسید کربن (CO) و اکسیژن (O_2) با نانوذرات طلا، تولید گاز غیر سمی دی اکسید کربن (CO_2) می کند از این رو، نیاز به کاتالیزورهای پیشرفته بیش از پیش احساس می شود. کاتالیزورهای رایج که اغلب پایه ی پلاتین دارند، اگرچه راندمانشان کافی است، اما بسیار گران قیمت اند. به همین جهت، کاتالیزورهای نانو ساختاری به عنوان جایگزین ارزان قیمت کاتالیزورهای یاد شده مورد توجه قرار گرفته اند.

با توجه به اینکه کاربردهای فناوری نانو در محیط زیست زیاد است و در یک مقاله نمی گنجد، آن را در سه بخش مجزا تنظیم کرده ایم که بخش آخر آن به زودی در وب گاه قرار خواهد گرفت. آنچه از توانمندی های آتی فناوری نانو در این بخش ارائه می شود، به معنی آن نیست که در آینده بسیار نزدیک یا طی یک برنامه زمان بندی شده کاملاً مدون قرار است محقق شود، بلکه برخی از این موارد ممکن است در حال حاضر بسیار دور از دسترس به شمار بیایند. با وجود این، باید یادآور شد که پرواز انسان ها در آسمان هم تا دو سده قبل کاملاً دست نیافتنی به نظر می رسید و بعدها افراد و مللی در زمینه پرواز پیشتاز شدند که ایده های مذکور را جدی تر تلقی کردند.



انسان ها از گذشته های دور در آرزوی پرواز در آسمان بودند. این رؤیا را برادران رایت محقق کردند.

۴. کاربردهای مواد نانو ساختار در حفظ محیط زیست

از نانو ساختارهایی مثل پلیمرهای زیستی می توان برای تولید تراشه های الکترونیکی استفاده کرد.

پلیمر یا مولکول درشت، از اتصال چند ملکول کوچک به وجود می آید. این مولکول های کوچک باید پیوندهای دو یا چند گانه داشته باشند و به این منظور باید بتوانند به یکدیگر متصل شوند.

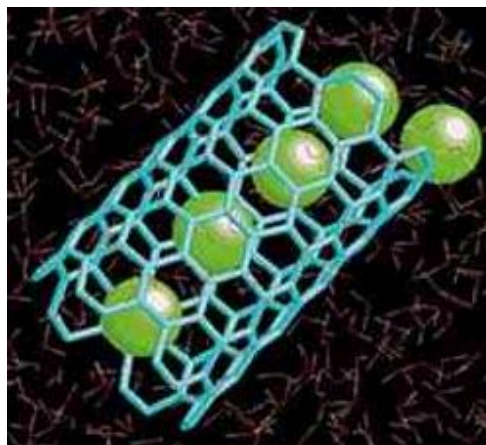
طبق اطلاعات موجود، برای تولید هر گرم ریز تراشه ۳۲ مگابایتی، به مصرف ۸۵۰ گرم سوخت فسیلی و مواد شیمیایی و ۱۶ کیلو گرم آب نیاز است. با استفاده از فرآیندهای نانو می توان شیوه مرسوم در تولید تراشه های نیمه هادی را تا حد بسیار زیادی بهبود بخشید. علاوه بر این، استفاده از فناوری نانو منجر به تولید مواد بی خطر به جای مواد سمی موجود می شود.



نمونه ریز تراشه ای که با استفاده از فرایندهای نانوفناوری به دست آمده است برای مثال، مانیتورهای ساخته شده از مواد نانو ساختار بسیار کم خطرتر از انواع مشابه ساخته شده از لوله های اشعه کاتدی (که حاوی مواد سمی اند) است و راندمان بالاتری هم دارد. نمایشگرهای ساخته شده از بلور مایع ضمن کوچک بودن، حاوی سرب نیستند و مصرف انرژی آنها بسیار کمتر از انواع مشابه کاتدی است. علاوه بر این، استفاده از نانولوله های کربنی در نمایشگرهای کامپیوتری به کاهش مصرف فلزات سنگین در آنها کمک می کند و از این طریق از آسیب به محیط زیست می کاهد.



نمایشگرهای ساخته شده از بلور مایع. این نمایشگرها به حفظ محیط زیست کمک می کنند گزارش های زیادی درباره استفاده از نانوذرات برای تصفیه آلاینده های زیست محیطی ارائه شده است. در صورت استفاده از روش های متداول برای تصفیه حلال های آلی حاوی ترکیبات کلردار مانند تری کلرو اتیلن، همواره مقداری دی کلرو اتیلن و وینیل کلراید در اثر واکنش های جانبی ایجاد می شوند که بسیار مضرند. با استفاده از ذرات دوفلزی نانو ساختار (دوفلز با ابعاد نانو) تولید این گونه محصولات جانبی نامطلوب عملاً به صفر می رسد.



نانو ذرات کربنی. این نانوذرات می توانند انقلابی در فناوری به وجود آورند

علاوه بر موارد فوق، نانوذراتی مانند دی اکسید تیتانیم و اکسید روی که به وسیله نور فعال می شوند، استفاده های گوناگونی در حذف آلودگی های آلی از محیط های مختلف یافته اند. این گونه مواد بسیار فراوان و ارزانند و سمیت آنها ناچیز است. بسیاری از محققان علاقه مندند تا با دستکاری سطوح ذرات نانو ساختار بتوانند آنها را نسبت به نور مرئی حساس کنند. در حال حاضر این ذرات تنها با کمک اشعه ماوراء بنفش (تنها ۵٪ از نور خورشید را نور ماوراء بنفش تشکیل می دهد) حساسیت نشان می دهند. این امر باعث افزایش حساسیت فتوکاتالیست ها و در نتیجه بهبود حذف آلاینده ها و خواص پاک کنندگی سطح می شود. علاوه بر این، ذرات نانو ساختار انعطاف پذیری زیادی در تصفیه آلاینده ها دارند. به عنوان مثال، از ذرات نانو ساختار برای تصفیه فوری خاک، رسوبات، ضایعات جامد، تصفیه آب و پسماندهای مایع استفاده می شود. تحقیقات نشان می دهند که ذرات دوفلزی نانو ساختار مانند آهن - پالادیم، آهن - نقره و روی - پالادیم کاربردهای زیادی در تصفیه و پالایش آلوده کننده های محیط زیست، مانند آفت کش های کلرینه با منشأ آلی و حلال های آلی هالوژنه، یافته اند. تجربه نشان داده است که استفاده از ذرات نانو ساختار دوفلزی موجب می شود تا کلیه هیدروکربن های حاوی ترکیبات کلردار که بسیار سمی اند، به هیدروکربن های بی خطر برای محیط زیست تبدیل شوند. به علاوه، شواهد بسیاری مبنی بر این واقعیت است که ذرات نانو ساختار با پایه آهنی، قادر به تجزیه آلودگی های بسیار پایدار همچون ترکیبات پر کلرات ها، نیترات ها، فلزات سنگین (نیکل و جیوه) و مواد رادیواکتیو مانند دی اکسید اورانیوم هستند.

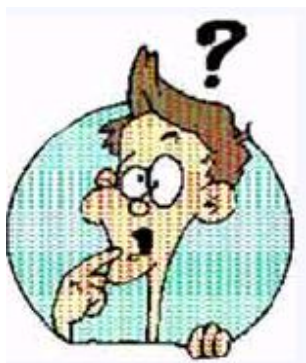


آلودگی های ناشی از ترکیبات رادیواکتیو را می توان با استفاده از فناوری نانو برطرف کرد

۵. رنگ‌زدایی از آب آشامیدنی

رنگ موجود در آب آشامیدنی نه تنها به خاطر ظاهر آن باید از آب زدوده شود، بلکه چون این رنگ‌ها می‌توانند منشأ تولید تری هالو متان (مانند CHCl_3) نیز باشند، خطرناک محسوب می‌شوند. این ماده هنگام ترکیب با کلر موجب تشکیل کلروفرم و دیگر ترکیبات هالوژنه مضر و سرطان‌زا می‌شود. رنگ موجود در آب طبیعی معمولاً ناشی از وجود اسیدهای معدنی با جرم مولکولی ۸۰۰ تا ۵۰۰۰۰ gr/mol است. اسیدهای مذکور در اثر تجزیه مواد آلی موجود در آب حاصل می‌شوند. اغلب روش‌های متداول برای تصفیه آب قادر به جداسازی مواد فوق نیستند، لیکن با استفاده از غشاهای نانو می‌توان تا ۹۹ درصد این گونه مواد را به سهولت از آب جدا کرد

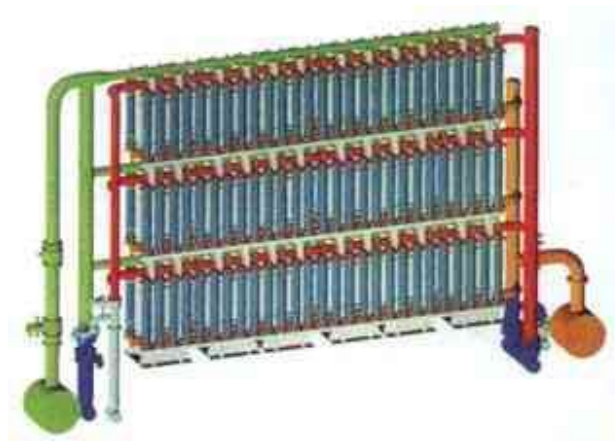
انسان‌ها برای سلامتی خود احتیاج به آشامیدن آب سالم دارند. آب سالم آبی است که نه بو داشته باشد و نه مزه و باید زلال هم باشد



آیا می‌دانید هزینه تصفیه آب آشامیدنی چندین برابر هزینه ای است که ما به عنوان آب‌بها می‌پردازیم؟ تحقیقات نشان می‌دهد استفاده از فناوری نانو در تصفیه آب، می‌تواند هزینه‌های تصفیه را تا حدود زیادی کاهش دهد.

۶. خالص‌سازی الکل‌های سبک با استفاده از نانوفیلترها

الکل‌هایی مانند اتانول و متانول به عنوان حلال یا ماده پاک‌کننده به‌وفور در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مواد در حین مصرف مقادیر زیادی از ناخالصی‌های مختلف را به خود جذب می‌کنند. با توجه به اینکه دور ریختن آنها پس از مصرف، اثرات زیان‌باری بر محیط زیست دارد، باید برای استفاده مجدد تصفیه شوند. روش‌های متداول از قبیل تقطیر، ضمن آلوده کردن محیط زیست، انرژی زیادی را تلف می‌کنند. استفاده از نانوفیلترها گام مؤثری در حفاظت از محیط زیست و صرفه‌جویی در مصرف انرژی است.

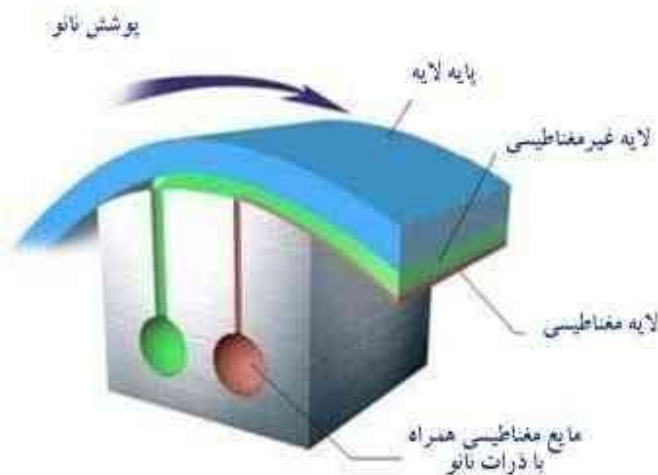


دستگاه خالص سازی الکل ها با استفاده از نانوفیلتراسیون

۷ نانوپوشش ها

پوشش های نانو ساختاری پیشرفته به خوبی بر سطوح مختلف از قبیل فلزات، شیشه، سرامیک و پلاستیک می چسبند و تنها چند میکرون ضخامت دارند. ویژگی بارز این نانوپوشش ها، خاصیت ضد خوردگی آنهاست که کاربرد پوششی آنها را در فلزات سبک از قبیل آلومینیوم و منیزیم افزایش داده است. پوشش های یادشده، در مقابل حرارت بسیار مقاوم اند و می توانند دما را تا ۷۰۰ درجه سانتی گراد تحمل کنند. استفاده از این نوع پوششگرها منجر به کاهش خوردگی فلزات می شود و در نهایت، محیط زیست را با کاهش میزان مصرف مواد خام حفظ خواهد کرد.

از بین رفتن تدریجی یک فلز را که در معرض آب و هوا، رطوبت و مواد شیمیایی قرار گرفته باشد، «خوردگی فلز» گویند.



نحوه ایجاد پوشش نانو روی سطوح

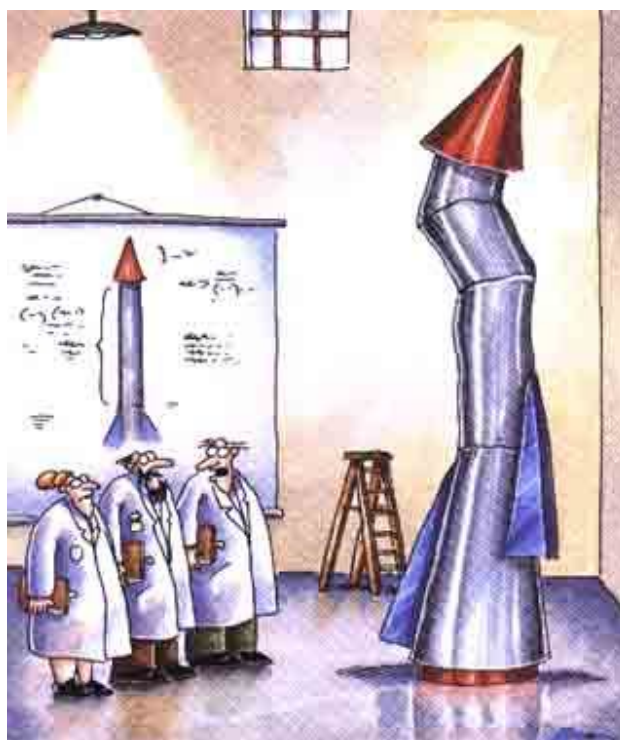
کاربرد دیگر پوششگرهای نانو ساختاری، در حذف گرد و غبار از روی سطوح مختلف و کاهش مصرف پاک کننده هاست. این نانوذرات را به صورت یک لایه بسیار نازک برای روکش کردن سطوح مختلف از قبیل شیشه اتومبیل ها به کار می برند.



هزینه تمیز کردن شیشه‌های این ساختمان چه قدر است؟ شیشه‌های نانویی، نیاز به تمیز کردن ندارند. بدین ترتیب کشش سطحی این سطح نسبت به محلول‌های آبدار به شدت کاهش می‌یابد. در نتیجه، مایع مذکور سطح پوشش داده شده را خیس نمی‌کند و به صورت قطراتی بر روی آن باقی می‌ماند و به سرعت زدوده می‌شود. این عمل فرآیند خشک شدن را سرعت می‌دهد. بدیهی است که مصرف مواد شوینده به شدت کاهش می‌یابد و از آلودگی محیط زیست جلوگیری به عمل می‌آید.

۸ نانوپودرها

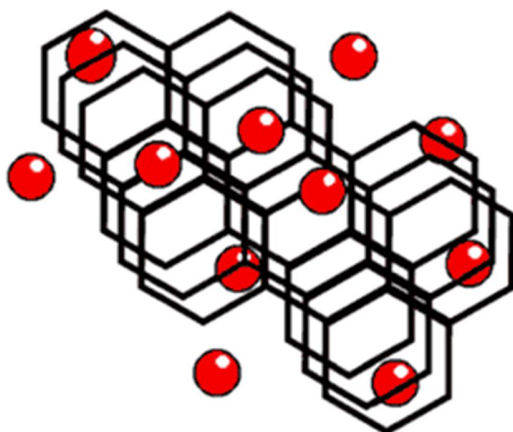
نانوپودرها موادی به شدت فعال‌اند که در دمای پایین ذوب یا آلیاژ می‌شوند. این پودرها در فرآیندهای قالب‌گیری تزریقی و پوشش دادن سطوح مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. نوعی از پودرهای نانو ساختاری یاشده که حاوی ذرات ریز آلومینیوم است، در صورت افزوده شدن به سوخت‌های جامد موشک‌ها شدت سوختن آنها را تا دو برابر افزایش می‌دهد. اضافه کردن این پودر به نفت سفید باعث تسریع در احتراق آن و در نتیجه کاهش تولید آلاینده‌های مختلف می‌شود.



سرعت موشک‌هایی که سوخت حاوی نانوپودر دارند، سریع‌تر از موشک‌های معمولی است.

۹ نانولوله‌های جاذب گازهای سمی

طبق تحقیقات وسیع انجام گرفته، نانولوله‌های کربنی مناسب‌ترین وسیله برای جذب آلاینده‌های سمی از قبیل دیوکسین‌ها و دیگر آلاینده‌های موجود در گاز خروجی از دودکش‌های کوره‌های زباله‌سوز به شمار می‌روند. مواد سمی از نوع دیوکسین عموماً محصول جانبی بسیاری از فرآیندهای صنعتی‌اند که ضمن پایداری فراوان، باعث آلودگی بلندمدت هوا، خاک، آب و در نهایت زنجیره غذایی موجودات زنده می‌شوند. برخی از دیوکسین‌ها سرطان‌زا هستند و بسیاری از آنها باعث اختلال در سیستم ایمنی بدن انسان‌ها می‌شوند. اگرچه در سال‌های اخیر بسیاری از کشورها تولید این ماده را به شدت تحت کنترل قرار داده‌اند، لیکن هنوز خطرات زیست‌محیطی آن کماکان تهدیدکننده به شمار می‌آیند. اگرچه نانولوله‌های کربنی مناسب‌ترین وسیله برای جذب آلاینده‌های سمی مانند دیوکسین‌اند، ولی در حال قیمت بسیار زیادی دارند. تحقیقات دامنه‌داری برای تولید ارزان نانولوله‌ها در جریان است.



شکل بالا جذب دیوکسین را توسط نانولوله‌های کربنی نشان می‌دهد. نانولوله‌های کربنی مناسب‌ترین وسیله برای جذب آلاینده‌های سمی مانند دیوکسین هستند.

۱۰ پلیمرهای نانومتخلخل

هنگامی که آلاینده‌های آلی آب‌گریز از طریق آب وارد خاک می‌شوند، به راحتی توسط ذرات جامد غیر محلول در آب جذب و از آب جدا می‌شوند. پدیده جذب و دفع این گونه آلاینده‌ها از آب به خاک و از خاک به هوا بسیار پیچیده است و به عوامل متعددی از قبیل حلالیت در آب، آب موجود در شبکه خاک و رقابت اجزای مختلف خاک برای جذب این ذرات بستگی دارد. هنگامی که بیش از یک مولکول آب‌گریز در محیط وجود داشته باشد، مولکول‌های آلاینده به جسمی متصل می‌شوند که از لحاظ شیمیایی بیشترین شباهت را به آنها داشته باشد. به همین علت، نانوپلیمرهای متخلخل که شباهت زیادی به مولکول‌های مواد آلاینده دارند، مناسب‌ترین وسیله برای جداسازی این نوع آلاینده‌های آلی از آب و خاک به شمار می‌روند.



امروزه برخی از قطعات رایانه‌ها را از نانوپلیمرهای متخلخل می‌سازند، مانند صفحه کلید، موس پد و غیره.

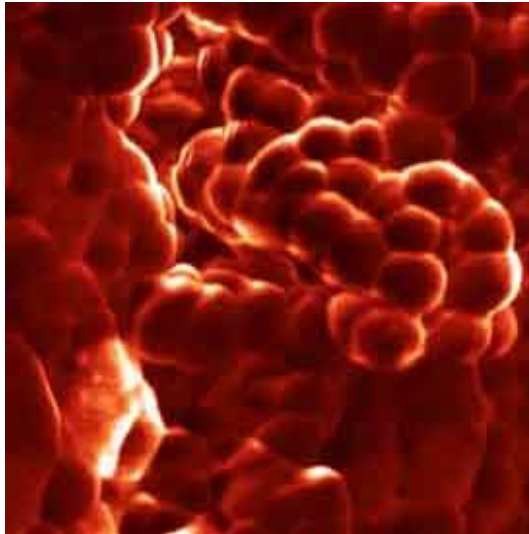
نانوپلیمرهای متخلخل، مناسب‌ترین وسیله برای موس پد هستند!

با استفاده از سیکلودکسترین‌ها به عنوان اجزای اصلی این مواد پلیمری، دسته جدیدی از پلیمرهای آلی با تخلخل‌های بسیار ریز

(قطر تخلخل این ترکیبات حدود ۷، ۱۰ تا ۱۲ نانومتر است) تولید شده‌اند. این گونه نانوپلیمرهای متخلخل قادرند که غلظت آلاینده‌های موجود در آب شرب را تا حد چند قسمت در تریلیون (ppt) کاهش دهند. ویژگی‌های دیگر نانوپلیمرهای متخلخل به شرح ذیل است:

خصوصیات

قدرت چسبندگی مولکول‌های آلی به این نوع پلیمرها حدود صد هزار برابر قوی‌تر از اتصال آنها به جاذب‌های معمولی از قبیل کربن‌های فعال است. عملکرد مناسب آن در آب و هوا تقریباً یکسان است.



توده نانوپلیمرهای متخلخل

کاربردهای زیست‌محیطی

۱. اغلب آلاینده‌های آلی را از آب آشامیدنی جدا می‌کند.
۲. با استفاده از نانوپلیمرهای متخلخل می‌توان پساب‌های مصرفی واحدهای صنعتی مانند نیروگاه‌های هسته‌ای را تصفیه کرد و مورد استفاده مجدد قرار داد.
۳. در صورت آلوده شدن منابع آبی به آلاینده‌های آلی مانند نشت نفت از تانکرها به اقیانوس، این پلیمرها قادر به پاکسازی منابع مذکور هستند.
۴. در صورت آلوده شدن منابع آبی زیرزمینی، این مواد می‌توانند آلاینده‌های آلی را حذف کنند.



انفجار زمین در اثر انباشته شدن آلاینده‌ها در زمین

مزایا:

1. توجه به استفاده مکرر از پساب‌های واحدهای صنعتی، کمک شایانی به حفظ منابع آب موجود می‌کند.
2. با توجه به اینکه نانوپلیمرهای متخلخل به کرات مورد استفاده قرار می‌گیرند، بنابراین، هزینه‌های تصفیه به مراتب کمتر می‌شود.

نانوذرات سیلیس

نانوذرات به علت کاربردهای متعدد در صنایع مختلفی مانند صنایع آرایشی - بهداشتی، صنایع اُپتیکی و الکترونیکی، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته‌اند. دانشمندان در دهه‌های گذشته نیز با فناوری تولید نانوذرات آشنا بودند، اما از آنجا که ابزارهای آزمایشگاهی لازم هنوز اختراع نشده بود، نمی‌توانستند به اقدامات عملی در این زمینه دست بزنند. در دهه ۱۹۹۰، محققانی که ذرات میکرومتری را تهیه می‌کردند، در گزارش توزیع اندازه ذرات آزمایش شده، به وجود ذرات نانومتری نیز اشاره نموده‌اند. سؤال جالب این است که دانشمندان یادشده، در چه شرایطی و با چه ابزاری ذرات نانومتری را سنتز کرده‌اند. شما در کتاب‌های شیمی خود با مفاهیم «هیدرولیز» (هیدرولیز واکنشی است که در محیط آبی منجر به یونیزاسیون ماده می‌شود) و «پلیمراسیون» آشنا شده‌اید. این دو فرآیند وقتی با هم صورت می‌گیرند، فرآیند ترکیبی جدیدی را ایجاد می‌کنند که «روش سُل - ژل» نامیده می‌شود. این روش مدت‌های طولانی برای تولید سرامیک‌های غیرآلی و شیشه‌ای مورد استفاده قرار می‌گرفت و تا اواسط دهه ۹۰ همچنان روشی مقرون به صرفه به نظر می‌رسید. از آن به بعد دانشمندان مختلف توانستند این نانوذرات را از روش‌های گوناگون تهیه کنند. بنابراین، دیگر این روش اقتصادی به نظر نمی‌رسید. از آنجا که بسیاری از دانشمندان توانستند نانوذرات سیلیس را از منابع طبیعی تهیه کنند، از آن پس دیگر نیازی به استفاده از این روش با مواد اولیه گران‌قیمت نبود.

کاربرد نانوذرات سیلیس

سیلیس در ایران به وفور یافت می‌شود. این ماده از دو عنصر سیلیسیوم و اکسیژن تشکیل شده و از لحاظ ساختاری شبیه ساختار مولکول آب است.

ذرات سیلیس در صنایعی چون الکترونیک، کاتالیزورها، پوشش‌ها و رنگدانه‌ها کاربرد وسیعی دارند. اما استفاده بسیار از این ماده خطرناک است و برای کسانی که در معرض آن قرار می‌گیرند مشکلات تنفسی به وجود می‌آورد.



ذرات سیلیس

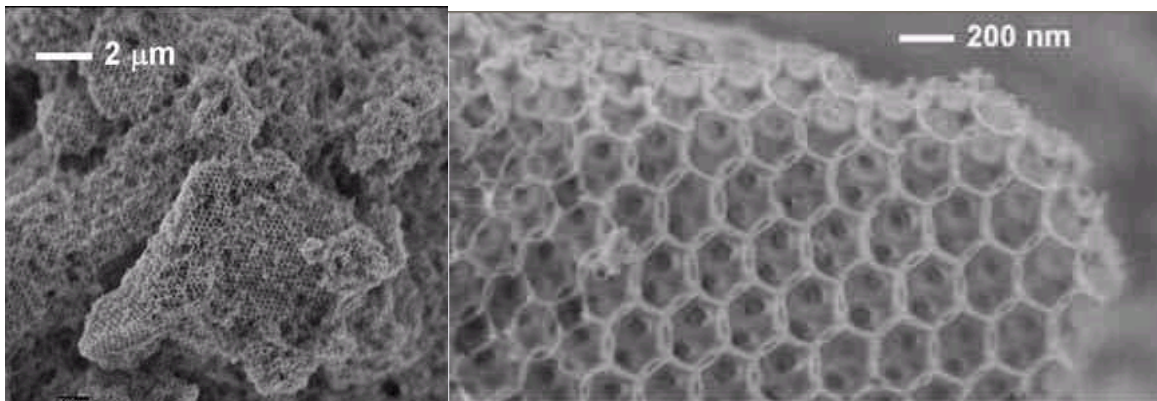
روش‌های شیمیایی سنتز نانوذرات سیلیس پرهزینه‌اند، زیرا مواد مورد نیاز در این روش‌ها گران‌قیمت‌اند. بنابراین، دانشمندان تلاش می‌کنند تا روش‌ها و منابع مقرون به صرفه بیابند. در سال ۲۰۰۴ زونگ هرنگ لیو (Tzong Horng Liou)، پژوهشگر تایوانی، برای اولین بار این ذرات را از شلتوک برنج سنتز کرد که از روش‌های بسیار ارزان‌قیمت به شمار می‌رود.

همان‌طور که گفته شد، در ایران معادن متعددی وجود دارند که کلوخه‌های سیلیس را می‌توان از آنها استخراج کرد. برای تبدیل این کلوخه‌ها به ذرات ریز چه می‌توان کرد؟ شاید تصور کنید که با آسیاب‌های پر قدرت می‌شود این کلوخه‌ها را آن‌قدر ریز کرد تا به اندازه نانومتری برسند. گرچه این روش به نظر معقول و مقبول می‌آید، ولی تا به حال آسیابی ساخته نشده است که بتواند پیوندهای کووالانسی بسیار قوی سیلیس را بشکند. بنابراین، برای ریز کردن کلوخه سیلیس باید چاره دیگری کرد. اعضای گروه شیمی دانشگاه تربیت مدرس موفق شده‌اند با استفاده از پراکنده‌های شیمیایی به ذرات نانومتری سیلیس دست یابند. پراکنده‌ها موادی هستند که مانند پلی میان اتم‌ها و مولکول‌ها قرار می‌گیرند و از ایجاد پیوندهای قوی بین آنها جلوگیری می‌کنند.

کاربردهای نانوذرات سیلیس

اکنون سراغ کاربردهای نانوذرات سیلیس می‌رویم. سیستم کلوئیدی پراکنده‌ها، یعنی محلول حاوی ذرات پراکنده سیلیس، در صنایع مختلف از جمله در رنگدانه‌ها و کاتالیزورها کاربرد دارد. همچنین از نانوذرات سیلیس می‌توان برای سختی و استحکام پوشش‌های صنعتی استفاده کرد.

یک شرکت ژاپنی با استفاده از این نانوذرات در محصولات مرطوب‌کننده خود، مشاهده کرد که کرم‌های جدید خشکی پوست مشتریان را درمان می‌کند. بنابراین، یکی دیگر از زمینه‌های کاربرد این نانوذرات می‌تواند داروها و لوازم آرایشی و بهداشتی باشد. کاربرد دیگر نانوذرات، در عایق‌های حرارتی و عایق‌های الکتریکی است. با اعمال شرایط خاص، می‌توان از این ذرات که به صورت پودر هستند، ساختارهای متخلخل به دست آورد. ساختار متخلخل کاربردهای جالبی دارد و از جمله می‌توان از آنها به عنوان تصفیه‌کننده استفاده کرد.



سیلیس با ساختار متخلخل

امروزه توانسته‌اند از نانوپودر سیلیس با توزیع اندازه ذرات کم، پولیش‌های مکانیکی و شیمیایی تولید کنند. در این روش، مشکلاتی که در پولیش سطوح با استفاده از اسیدها و پولیش‌های دیگر وجود داشت، رفع شده است.

پولیش چیست؟

معمولاً برای اینکه سطوح، صاف و صیقلی شوند، از پولیش استفاده می‌کنند که معروفترین آنها سُمباده است که فکر می‌کنم همه این نوع پولیش را دیده باشند. پولیش سیلیس فناوری بالایی دارد و در پولیش کردن صفحه تلویزیون، مانیتور و لیزر به کار می‌رود. ذرات سیلیس بسیار سخت و محکم‌اند و کمتر تغییر شکل می‌دهند. برای پولیش و زدودن لایه رویی برخی از مواد هم که سطحشان فعال است و واکنش نشان می‌دهند، از این پولیش استفاده می‌شود. تا به حال از اسید برای زدودن این لایه استفاده می‌کردند که روش چندان مناسبی به شمار نمی‌رفت.

نانو ذرات نقره

امروزه به کمک علم پزشکی، هر روز به تعداد بیماری‌هایی که قابل درمان می‌باشند، افزوده می‌شود. این کار به وسیله داروهایی انجام می‌شود که عوامل بیماری را از بین برده و سلامت را به انسان باز می‌گردانند. در راستای تحولات اخیر زندگی انسان، علم نانو تکنولوژی توسعه یافته و تقریباً در همه رشته‌های علمی، نشانه‌هایی از آن یافت می‌شود. محققان نانو تکنولوژی با فناوری جدیدی در رابطه با نانو ذرات آشنا شده‌اند که ممکن است نقش بسیار زیادی در پزشکی آینده ایفا کند.

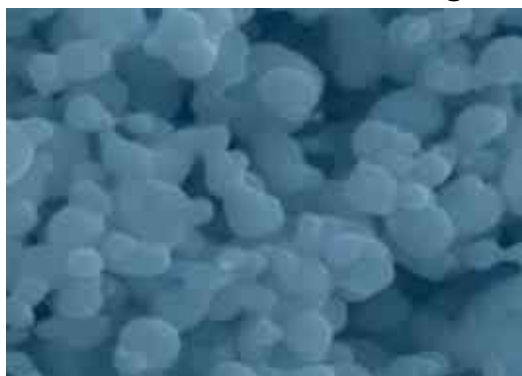
در فناوری نانو سیلور (Nano Silver)، یونهای نقره به صورت کلوئیدی در محلولی به حالت سوسپانسیون قرار دارند که خاصیت آنتی باکتریال (ضد باکتری)، آنتی فونگاس (ضد قارچ) و آنتی ویروس دارند.

سوسپانسیون:

به مخلوط کلوئیدی جامد در مایع سوسپانسیون گفته می‌شود. سوسپانسیون‌ها در حالت عادی ناپایدار هستند و با گذشت زمان ذرات آنها ته‌نشین شده و در اثر این پدیده فاز مایع از جامد جدا می‌شود. آب گل آلود نمونه‌ای از یک سوسپانسیون طبیعی است.

هر چند این فناوری به تازگی مورد توجه زیادی قرار گرفته و رونق بسیاری پیدا کرده ، اما از آن در طب قدیم استفاده می شده بدون آنکه دلیل تاثیر آن شناخته شود حتی در جنگ برای کنترل عفونت زخم سربازان از سکه های نقره استفاده می شده است . محلول های نانو سیلور از یونهای نقره در اندازه های ۱۰۰-۱۰ نانومتر (۹-۱۰) تشکیل شده اند و در مقایسه با محلولهای دیگر پایداری بیشتری دارند.

یونهای نقره به دلیل اندازه کمی که دارند، سطح تماس بیشتری با فضای بیرون دارند و تأثیر بیشتری بر محیط می گذارند.

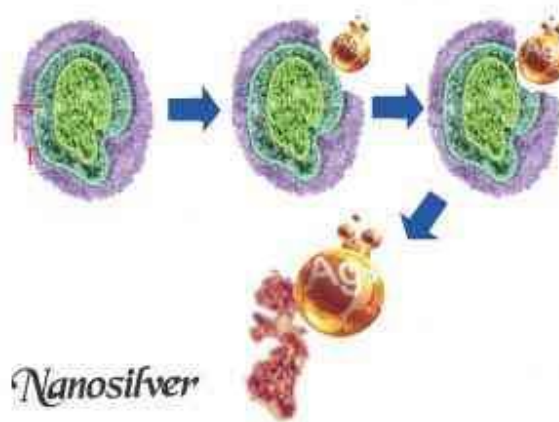


نانو ذرات نقره

این محلول را میتوان به عنوان داروی خوراکی استفاده کرد که در آن صورت ، محلول باید از ۸۰٪ نقره عادی (فلز) و ۲۰٪ یون نقره تشکیل شود، زیرا یونها در معده با اسید هیدروکلریک واکنش داده و نقره کلرید درست می شود که خاصیت خود را از دست می دهد.

برای مصرف این دارو به صورت خوراکی بهتر است از محلولی با غلظت 20ppm استفاده شود تا تأثیر بیشتری در بدن داشته باشد. از نانو سیلور به عنوان دارو می توان در درمان بیماریهای پوستی ،جوش و ... ، انواع جراحات و سوختگی ها، بیماریهای باکتریایی و قارچی ، بیماریهای گوارشی ، بیماریهای جنسی و ... استفاده کرد .

نقره در ابعاد بزرگتر، فلزی با خاصیت واکنش دهی کم میباشد، ولی زمانیکه به ابعاد کوچک در حد نانومتر تبدیل میشود خاصیت میکرب کشی آن بیش از ۹۹ درصد افزایش می یابد، به حدی که می توان از آن جهت بهبود جراحات و عفونتها استفاده کرد. نقره در ابعاد نانو بر متابولیسم، تنفس و تولید مثل میکروارگانیسم اثر می گذارد. تاکنون بیش از ۶۵۰ نوع باکتری شناخته شده را از بین برده است.



دو مکانیسم عمده نانو نقره ها عبارتند از :

1 مکانیسم کاتالستی : تولید اکسیژن فعال توسط نقره، این مکانیسم بیشتر در مورد کامپوزیت^۲های نانو نقره ای صدق میکند که روی پایه های نیمه هادی مانند TiO_2 یا SiO_2 قرار گرفته می شود. در این وضعیت ذره مانند یک پیل الکتروشیمیایی^۳ عمل میکند و با اکسید کردن اتم اکسیژن، یون اکسیژن و با هیدرولیز کردن آب، یون OH^- را تولید می کند که هر دو از بنیان های فعال و از قوی ترین عاملین ضد میکروبی نیز می باشند.

2 مکانیسم یونی: دگرگون ساختن میکروارگانیزم به وسیله تبدیل پیوند های SH - به Sag -
در این مکانیسم ذرات نانونقره فلزی به مرور زمان یونهای نقره از خود ساطع می کنند. این یونها طی واکنش جانشینی، باندهای SH - را در جداره میکروارگانیزم به باندهای Sag - تبدیل می کنند، که نتیجه ای واکنش تلف شدن میکروارگانیزم است.

خصوصیات نانو سیلور :

- 1 تاثیر بسیار زیاد
 - 2 تاثیر سریع
 - 3 غیر سمی
 - 4 غیر محرک برای بدن
 - 5 غیر حساسیت زا
 - 6 قابلیت تحمل شرایط مختلف (پایداری زیاد)
 - 7 آب دوست بودن
 - 8 سازگاری با محیط زیست
 - 9 مقاوم در برابر حرارت
 - 10 عدم ایجاد و افزایش مقاومت و سازگاری در میکروارگانیزم
- از دیگر قابلیتهای نانو سیلور، اضافه شدن به الیاف، پلیمر، سرامیک، سنگ، رنگ و...، بدون تغییر دادن خواص ماده است.

موارد استفاده پلیمرهای نانو سیلور:

1 شیشه شیر و پستانک نوزادان، مسواک و برسهای بهداشتی حمام و ...



2 ظروف پلاستیکی (غذایی، دارویی، آرایشی)

3 لوازم خانگی (یخچال، جارو برقی، ماشین ظرف شویی، سیستم تهویه و تصفیه هوا و رطوبت زا)



4 مواد بسته بندی برای تازه و بهداشتی نگه داشتن مواد غذایی

5 بدنه وسایلی که انسان مداوم با آن تماس دارد (گوشی موبایل، کیبورد و ...)

خصوصیات پلیمرهای نانو سیلور آنتی باکتریال :

1 اندازه ذرات نقره کمتر از ۲۰ نانو متر است

2 450ppm غلظت تقریبی

3 مطابق با شرایط مختلف جوی

4 آنتی اسید و آنتی آنیون

5 سازگار با محیط زیست و غیر سمی

6 بی ضرر برای انسان

7 تاثیر داشتن روی باکتریها، قارچها و... و خوشبو کننده

8 قابلیت از بین بردن ویروسها

9 صرفه اقتصادی و قابل رقابت از نظر عملکرد با دیگر فراورده ها

این پلیمرها باید در محیط سرد و خشک و به دور از آفتاب نگهداری شوند که تحت این شرایط تا دو سال قابل نگهداری هستند.

ذرات نانو سیلور را می توان به صورت پودر درآورد و در مواد و وسایل مختلف استفاده کرد (مسواک، خمیر دندان)، که در آن

صورت به محض تماس ماده با آب، نقره فعال شده و خاصیت آنتی باکتریال پیدا می کند.

طی آزمایشی که اخیراً دانشمندان، روی درمان بیماران مبتلا به ایدز به وسیله نانو سیلور انجام داده اند، متوجه شدند که ویروسهای HIV نوع ۱، به طور کامل از بین رفته اند و بدین ترتیب دانشمندان امیدوار شده اند که شاید بتوان این ویروس را به طور کامل از بین برد.

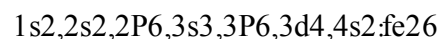
نانو سیلور یک دستاورد شگرف علمی از نانو تکنولوژی است که در عرصه های مختلف پزشکی، صنایع مختلف مثل کشاورزی و دامپروری و بسته بندی، لوازم خانگی، آرایشی، بهداشتی، و نظامی کاربرد دارد. این فناوری از طریق کنترل فعالیت عوامل بیماری زا در خدمت بشر می باشد. از این رو، به لحاظ بازدهی بالا، عملی بودن، و افزایش ظرفیت ها و مقرون به صرفه بودن از نظر اقتصادی و سازگاری با محیط زیست و ماندگاری بسیار زیاد، در مقایسه با دیگر روشهای بهبود فرآوری و تولید، ارجحیت دارد.

خاصیت مغناطیسی چیست و چرا بوجود می آید؟

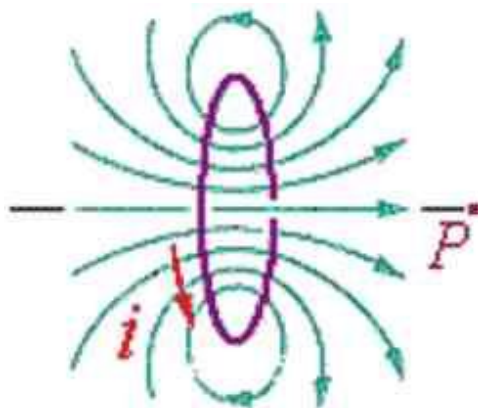
میدان مغناطیسی: میدان مغناطیسی یک میدان نیروست، مثل میدان جاذبه زمین. درست همانطور که یک جسم در محدوده میدان جاذبه زمین، جذب زمین می شود، یک قطعه مغناطیسی نیز در میدان مغناطیسی یک آهن ربا، جذب آهن ربا می شود. این خاصیت مغناطیسی در آهن ربا به علت وجود دوقطبی های مغناطیسی است (یعنی یک آهن ربا متشکل از آهن رباهای ریز است). علت به وجود آمدن دوقطبی های مغناطیسی، حرکت الکترون هاست. برای درک بهتر انواع حرکت های الکترون، بهتر است قدری راجع به ساختمان اتم صحبت کنیم.

ساختمان اتم

همان طور که می دانیم، اتم شامل مجموعه ای از ذرات باردار مثبت (پروتون ها) در هسته و مجموعه ای از ذرات باردار منفی (الکترون ها) در پوسته است. (نوترون در ایجاد خاصیت مغناطیسی تأثیری ندارد). الکترون ها در مدارهایی حلقوی به نام اربیتال دور هسته می چرخند. با نگاه به نمودار زیر (که برای Fe^{26} رسم شده است) قطعاً این مجموعه را به خاطر خواهید آورد:



اربیتال ها به ترتیب با نام های K و L و M و N... شناخته می شوند و در هر اربیتال اتم ها در لایه های s و p و d و f به دور هسته می چرخند. جهت چرخش الکترون به دور هسته را «اسپین» می گوئیم. در تمام این مقاله، می خواهیم این موضوع را تفهیم کنیم که چرخش الکترون به دور هسته بُرداری به نام «گشتاور» ایجاد می کند. حتماً قانون دست راست را به خاطر می آورید: اگر چهار انگشت در جهت چرخش الکترون ها خم بشوند، انگشت شصت دست راست، جهت نیرویی را نشان می دهد که در اثر تغییر بردار حرکت الکترون تولید می شود. مجموعه خطوط این بردارهای گشتاور، یک میدان مغناطیسی را به وجود می آورد. یعنی وقتی یک جسم در فاصله ای نزدیک چنین قطعه ای قرار بگیرد، این مجموعه از نیروها بر آن وارد می شوند و به اصطلاح آن را یا به طرف خود جسم می کشند (جاذبه) و یا هل می دهند (دافعه).



قانون دست راست

اما حتماً توجه دارید که دو نیرو در یک راستا، ولی در خلاف جهت هم، همدیگر را خنثی می کنند. بنابراین، اگر در یک لایه مانند S – که در آن دو الکترون در خلاف جهت هم دور هسته می چرخند – هر دو الکترون وجود داشته باشند، دوبردار نیرو در خلاف جهت تولید می شوند که همدیگر را خنثی می کنند. از این رو، اگر جسمی در نزدیکی آنها قرار بگیرد، یک نیرو آن را می کشد و یک نیرو آن را هل می دهد و در کل هیچ نیرویی بر آن وارد نمی شود. پس ماده مورد نظر ما، با یک اربیتال پُر (دارای تعداد الکترون های زوج در لایه آخر که برای Fe26، اربیتال d لایه آخر است) دارای خاصیت مغناطیسی نخواهد بود.

اما یک راه دیگر هم برای ایجاد خاصیت مغناطیسی در ماده وجود دارد. در این روش، خاصیت مغناطیسی ناشی از نوع دیگری از حرکت الکترون در اتم است. چون الکترون ها به جز حرکت اُربیتالی (چرخش به دور هسته که در بالا توضیح داده شد) می توانند مثل کره زمین به دور خود نیز بچرخند. در این حالت نیز همان بردار گشتاور ایجاد می شود و اگر تعداد الکترون ها در لایه آخر زوج باشد دوباره نیروهای به وجود آمده همدیگر را خنثی می کنند.

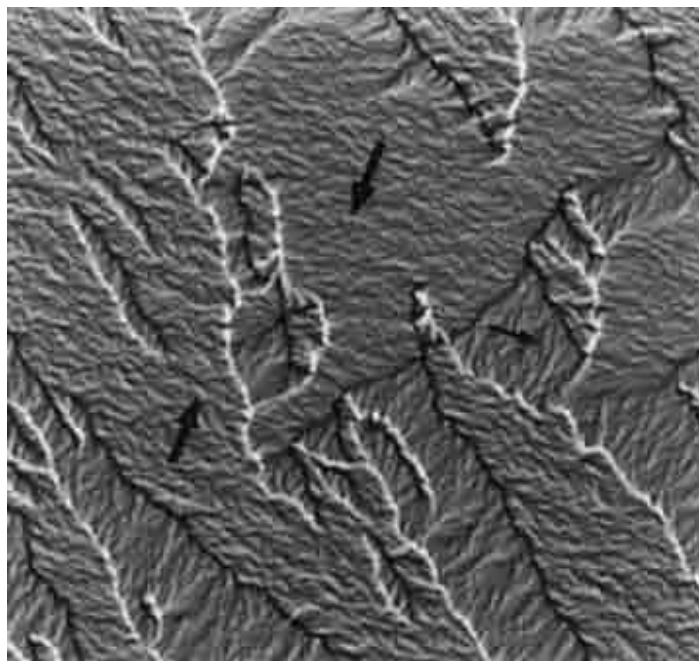
جامداتی که در آنها لایه d در حال پر شدن است، دارای خاصیت مغناطیسی خواهند بود، اما این خاصیت مغناطیسی فقط ناشی از



چرخش الکترون های لایه آخر (Fe26 : $\uparrow\downarrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$) است. زیرا لایه d به هسته نزدیک است و جاذبه هسته به الکترون های این لایه اجازه نمی دهد که به دور خود بچرخند. اما در جامداتی که لایه f در حال پُر شدن است، چون فاصله لایه از هسته زیاد است، الکترون ها هم می توانند به دور خودشان و هم به دور هسته بچرخند. پس دو بردار نیرو ناشی از دو نوع حرکت به وجود می آید و واضح است که خاصیت مغناطیسی بسیار بیشتر از حالت قبل خواهد شد. البته به این موضوع هم باید توجه کرد که جهت چرخش به دور هسته (حرکت اُربیتالی) و چرخش به دور خود (حرکت وضعی) برای یک الکترون در خلاف هم هستند.

حوزه های مغناطیسی

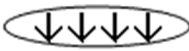
یک ماده مغناطیسی مجموعه ای از حوزه های مغناطیسی است. حوزه مغناطیسی، ناحیه ای است که درون آن همه الکترون های لایه های منفرد در یک جهت به دور هسته و به دور خود می چرخند. یعنی یک ماده چند حوزه ای از حوزه هاست که در هر حوزه الکترون ها در جهتی خاص به دور هسته می چرخند و مشخص است که هر چرخش الکترون، بردار نیرو در راستای خاص خود را به وجود می آورد و مجموعه بردارهای نیروی تولید شده، در جهات مختلف، به نوعی همدیگر را خنثی می کنند. یعنی میدان نیروی ما، مجموعه ای از نیروهای پراکنده است. پس قدرت آن ضعیف تر خواهد شد.



حوزه‌های مغناطیسی

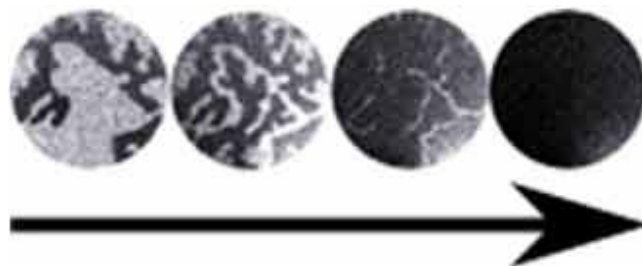
برای درک این موضوع به مثال زیر توجه کنید.

دو اتاق کنار هم را در نظر بگیرید. در اتاق اول ۱۰ نفر وجود دارند. از این ۱۰ نفر، ۱ نفر از جنوب به شمال، ۲ نفر از غرب به شرق، ۱ نفر از شرق به غرب و ۴ نفر از شمال به جنوب در حرکت‌اند. (این اتاق دقیقاً همان ماده چندحوزه‌ای است که در بالا به آنها اشاره شد و فلش‌ها جهت حرکت آدم‌ها هستند).

در اتاق دوم ۴ نفر وجود دارند که همگی از شمال اتاق  به سمت جنوب اتاق در حرکت‌اند. مشخص است که در اتاق اول آدم‌ها با هم برخورد می‌کنند. بنابراین، برآیند حرکت آنها از شمال اتاق به جنوب اتاق خیلی کم‌تر از حرکت دو نفر از شمال اتاق به جنوب آن است. اما در اتاق دوم، چهار نفر به راحتی حرکت می‌کنند و هیچ برخوردی بین آنها وجود ندارد. بنابراین، برآیند حرکتی آنها معادل حرکت ۴ نفر است.

القای مغناطیسی

القای مغناطیسی یعنی اینکه بخواهیم ماده‌ای را که برای مغناطیسی شدن مناسب است، مغناطیس کنیم. واضح است که برای این کار باید حوزه‌های مغناطیسی غیر هم‌جهت را هم‌جهت کنیم تا نیروهای حاصل همدیگر را خنثی نکنند. برای این کار باید قطعه را با یک آهن‌ربا مالش دهیم، یا آن را در جهت میدان مغناطیسی زمین گداخته کنیم یا در این جهت چکش کاری کنیم. این کارها باعث چرخیدن فلش‌ها در هر حوزه می‌شوند تا در نهایت تمام فلش‌ها هم‌جهت شوند، یعنی جهت چرخش الکترون‌ها در هر حوزه عوض شود. با این کار مرز بین حوزه‌ها حرکت می‌کند و حوزه‌های کوچک‌تر در حوزه‌های بزرگ ادغام (هضم) می‌شوند.



تأثیر میدان بر حوزه‌های مغناطیسی

از آهنربا تا نانوپودرهای مغناطیسی

ساده‌ترین مواد مغناطیسی که می‌شناسیم، آهنرباها هستند. آهنرباها نقش تعیین‌کننده‌ای در زندگی بشر دارند. در این فصل نشان می‌دهیم که برای استفاده از برخی خواص مغناطیس، از جمله در کارت‌های اعتباری، باید از پودرهای مغناطیسی استفاده کرد. همچنین نشان می‌دهیم که اندازه پودرها تأثیر زیادی در خاصیت مغناطیسی آنها دارد.

سرگذشت آهنربا

بزرگترین ماده مغناطیسی زمین، خود زمین است. زمین آهنربایی دوقطبی است که میدان مغناطیسی آن در جهت شمال به جنوب قرار دارد. یعنی اگر آهنربایی را در فضا معلق نگاه داریم، در این جهت قرار می‌گیرد.

اولین ماده مغناطیسی که بشر شناخت، اکسید آهن بود. این ماده دارای خاصیت آهنربایی غیردائمی است. یعنی خاصیت مغناطیسی آن از بین می‌رود. مواد مغناطیسی در سه دسته فلزات، سرامیک‌ها، و پلیمرها می‌گنجند. عمده مواد مغناطیسی جزء دسته سرامیک‌ها هستند. سرامیک‌ها از طریق پیوند یونی یک فلز یا غیرفلز با کوچک‌ترین اتم‌های طبیعت، یعنی اکسیژن، نیتروژن، بور و کربن به وجود می‌آیند. (البته هیدروژن که کوچک‌تر از همه است در این بین نیست.) خواص مغناطیسی اکسید آهن توسط «تالس» شناخته شد.



تالس

در قرن هفتم میلادی از این ماده آهنربا ساخته شد و در قطب‌نما به کار رفت. آهنربا و دانش ساخت آن، پس از پانصد سال از چین به اروپا رسید. در اروپا دانشمندی فرانسوی به نام گیلبرت، کتاب «قطعات آهنربا شده و آهنربای بزرگ زمینی» را نوشت. در این کتاب قدیمی‌ترین و ساده‌ترین روش‌های آهنربا کردن یک قطعه مغناطیسی به شرح زیر بیان شده‌اند:



گیلبرت

1. مالش دادن یک قطعه آهنی (قطعه‌ای که می‌خواهیم مغناطیسی شود) با یک آهنربا (دارای میدان مغناطیسی)؛
2. گداخته کردن یک قطعه آهنی (تا سرخ شود) و سپس سرد کردن آن در جهت میدان مغناطیسی زمین؛
3. چکش کاری یا کشش یک قطعه آهنی در جهت میدان مغناطیسی زمین.

نانوپودرهای مغناطیسی

می‌دانیم که اندازه مواد و پدیده‌ها در مغناطیس در مقیاس بسیار ریز قرار دارد. از سوی دیگر، می‌دانیم که یک ماده هر چه حوزه‌های کم‌تعدادتری داشته باشد، نیروی کمتری برای همجهت کردن حوزه‌های آن لازم است. اگر ماده تنها دارای یک حوزه باشد، در این صورت دیگر نیازی به همجهت کردن آن با دیگر حوزه‌ها نیست. از آنجا که قطر این حوزه‌ها در محدوده یک تا چند هزار نانومتر قرار دارد، اگر هر ذره فقط دارای یک حوزه باشد، می‌تواند نانوپودر به شمار رود. به این ترتیب، ذرات نانوپودر دارای تعداد حوزه‌های کمی هستند و مغناطیس کردن آنها کار ساده‌ای است. از طرف دیگر، بر اساس قانون دوم ترمودینامیک، می‌دانیم که موادی که از حالت طبیعی خارج شده‌اند، تمایل دارند که به حال طبیعی خود بازگردند و مغناطیس کردن یک ماده، ماده را از حالت طبیعی خود خارج می‌کند. اما چون نانوپودرها احتیاج به نیروی زیادی برای مغناطیس شدن ندارند و از حالت طبیعی خود خیلی فاصله نمی‌گیرند، پس از مغناطیس شدن، تمایل زیادی برای از دست دادن این خاصیت و بازگشت به حالت طبیعی ندارند.

قانون دوم ترمودینامیک: بی‌نظمی در یک سیستم منزوی، در یک فرایند خودبه‌خودی، افزایش می‌یابد.

اما به طور کلی با گرم کردن یک ماده مغناطیس شده تا دمای کوری، حوزه‌ها به جهت‌های اولیه خود برمی‌گردند و خاصیت خود را از دست می‌دهند.

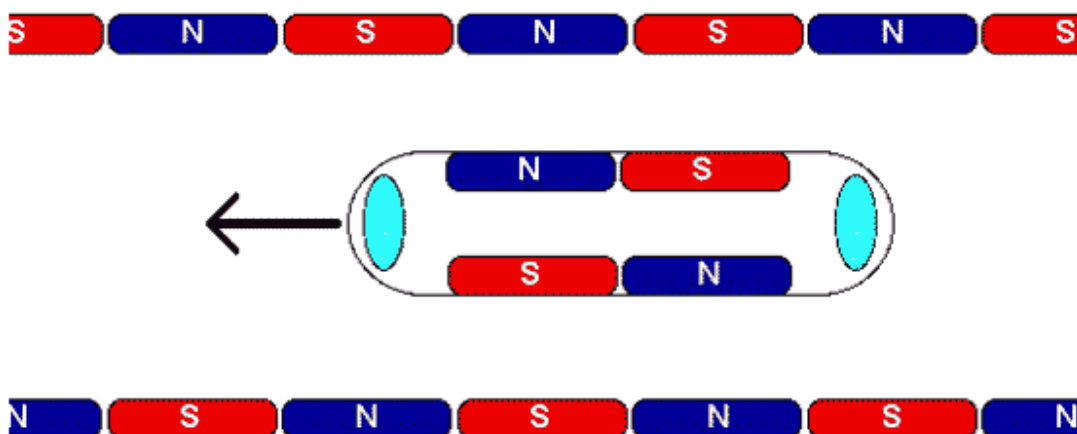
دمای کوری دمایی است که در آن ماده کاملاً خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهد.

کاربردهای نانوپودرهای مغناطیسی

1. ساخت آهنربا

برای ساخت آهنربا می‌توان به روشی که در ساخت قطعات از نانوپودرها توضیح داده شده است عمل کرد. یعنی پودرها را تحت فشار در دمای بالا قرار داد تا به هم بچسبند و یک قطعه درست شود. چنین قطعات آهنربایی در بلندگوها، هدفون‌ها و... استفاده می‌شوند. جالب است بدانید خودروهای جدید ۷۰ آهنربای دائمی دارند. حرکت موتورهای DC، حرکت سقف، شیشه‌های پنجره و... با استفاده از آهنرباها کنترل می‌شوند.

قطارهایی هم که روی هوا حرکت می‌کنند، بر مبنای نیروی دافعه بین آهنرباها در ریل و کف قطار، روی هوا می‌ایستند. یکسو و غیرهمسو کردن جریان الکتریکی این آهنرباها را به وجود می‌آورد و موجب حرکت یا ترمز قطار می‌شود.



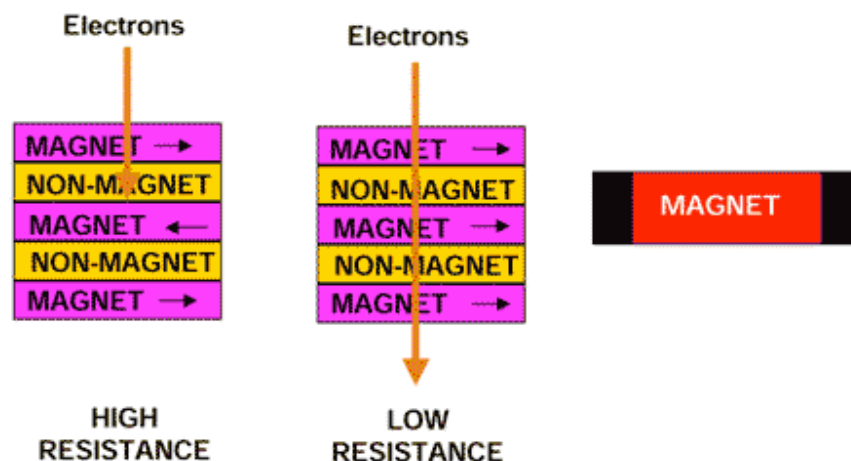


2. قطعات آهنربایی کامپوزیت شده با پلیمرها

به جای روش حرارت تحت فشار پودرها که خاصیت مغناطیسی را کم می کند، می توان از پلیمرها که در دمای نه چندان بالا ذوب می شوند استفاده کرد. به این شکل که پودرهای مغناطیسی مذاب را در آنها بریزیم و سرد کنیم تا جامد شوند. البته پلیمرها خاصیت مغناطیسی ندارند و بنابراین خاصیت مغناطیسی آهنربای تولید شده کم می شود، ولی می توان از این نوع آهنربا در جایی که آهنربا باید تحت ضربه کار کند، مثل در یخچال، استفاده کرد. (توجه کنید که ضربه خاصیت مغناطیسی را کم می کند).

3. در محیط های ذخیره اطلاعات

یکی از مهمترین کاربردهای پودر مغناطیسی، ذخیره اطلاعات در کارت های اعتباری است. در این محیط ها، پودر مغناطیسی به صورت ذرات ریزی که به سختی آهنربا می شوند و به سختی هم خاصیت آهنربایی خود را از دست می دهند، مورد استفاده قرار می گیرد. حفظ و ماندگاری اطلاعات در چنین محیط هایی بسیار مهم است و پایداری خاصیت مغناطیسی در پودرها باعث می شود اطلاعات حکاکی شده ای که در قالب حوزه های مغناطیسی ثبت شده اند از بین نروند.





چگونه یک آهنربا بسازیم؟

نانوپودرهای مغناطیسی،

می‌خواهیم چه کار کنیم؟

می‌خواهیم با مواد مختلف چند نوع آهنربا بسازیم و خواص مغناطیسی آنها را با هم مقایسه کنیم. برای این کار، آنها را گرم می‌کنیم تا بینیم چقدر خاصیت مغناطیسی آنها در برابر حرارت پایدار است (زیرا حرارت خاصیت مغناطیسی را از بین می‌برد).

چه چیزهایی لازم داریم؟

1. یک آهنربای بزرگ و قوی

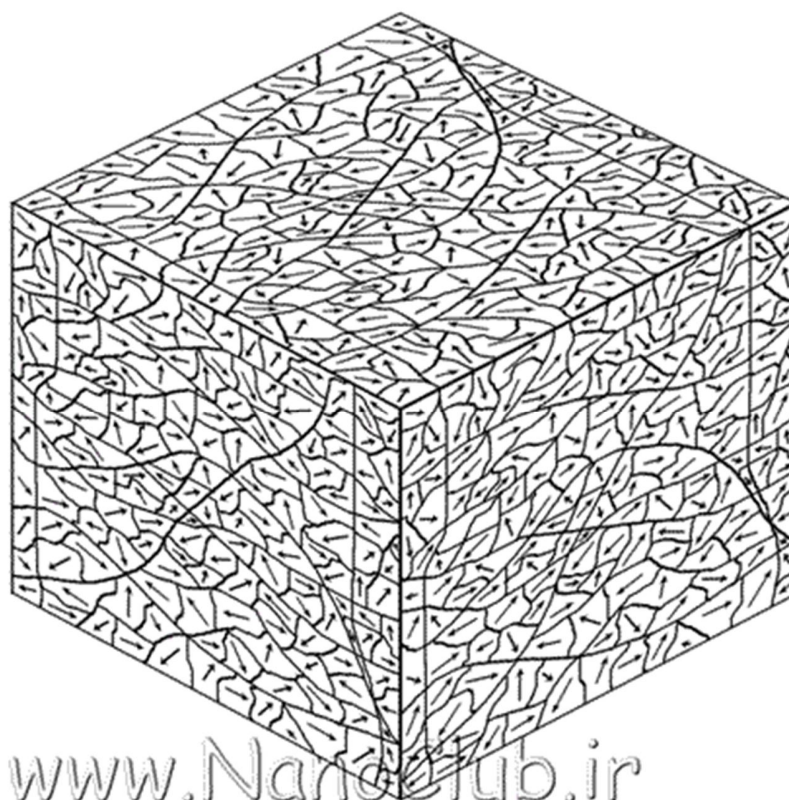
2. چهار نوع ماده آهنی مناسب برای درست کردن آهنربا (به شرحی که خواهد آمد)

3. یک چراغ حرارتی.

چهار نوع قطعه آهنی مناسب کدام‌اند؟

اندازه قطعات مغناطیسی، نشان‌دهنده تعداد حوزه‌های مغناطیسی آنهاست. بنابراین، چهار نوع قطعه آهنی را که شکل پراکندگی بردارهای مغناطیسی در آنها با هم فرق دارد، به این شرح انتخاب می‌کنیم:

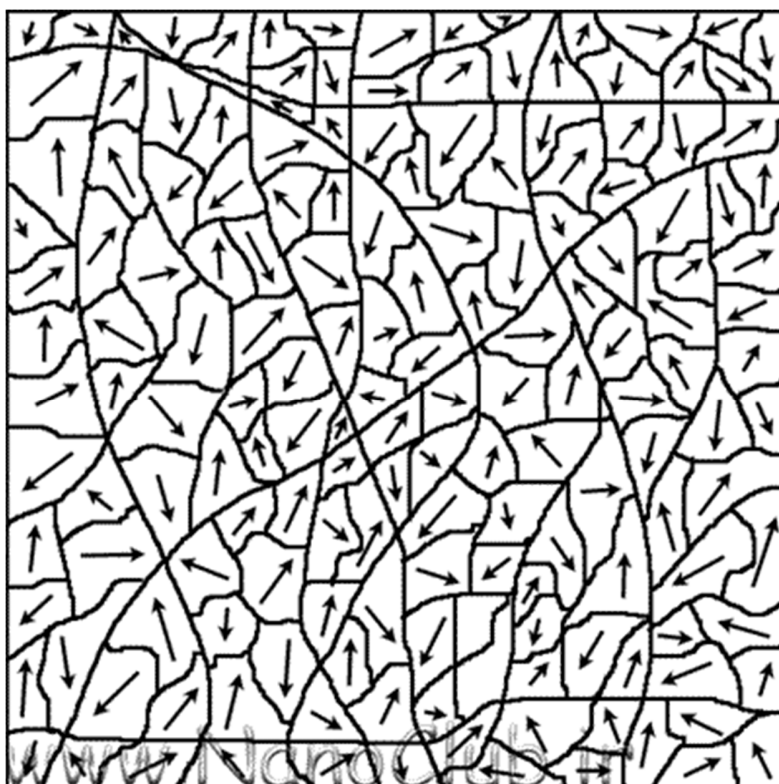
1. یک تکه آهن. تکه آهن، یک قطعه سه‌بُعدی است، یعنی در هر سه بُعد از فضا حوزه‌های مغناطیسی دارد.



www.NanoClub.ir

شکل ۱: تصویری از یک تکه آهن که ماده‌ای است سه‌بُعدی

2. یک ورق آهنی. این لایه را می‌شود یک ماده دو بُعدی در نظر گرفت. حوزه‌های مغناطیسی در سطح صفحه وجود دارند. در واقع، طول و عرض این صفحه در مقایسه با ضخامت آن بسیار زیادند و بنابراین از ضخامت، در مقایسه با طول و عرض، صرف نظر می‌شود و در عمل می‌توان آن را یک ماده دو بُعدی یا صفحه در نظر گرفت.



شکل ۲: تصویری از یک ورق آهن که در عمل ماده‌ای است دو بُعدی

3. یک تکه سیم از جنس آهن. این سیم مثل یک خط است و چون طول و عرض سطح مقطع آن در مقایسه با ارتفاع آن بسیار ناچیز است، می‌توان آن را ماده‌ای یک بُعدی به شمار آورد. در چنین ماده‌ای حوزه‌های مغناطیسی تنها در یک بُعد که همان ارتفاع است وجود دارند.



شکل ۳: تصویری از یک تکه سیم که می‌شود آن را ماده‌ای یک بُعدی به شمار آورد

4. یک مُشت پودر آهن. در پودر آهن، هر سه بُعد طول و عرض و ضخامت بسیار کم‌اند. بنابراین، می‌توان ذرات آن را یک نقطه به شمار آورد که ماده‌ای است صفر بُعدی. در واقع، حوزه‌های مغناطیسی در چنین ماده‌ای در هیچ یک از ابعاد توزیع نشده‌اند.



شکل ۴: تصویری از یک ذره پودر آهن که ماده‌ای صفر بُعدی تصور می‌شود

آزمایش را چگونه انجام دهیم؟

چهار نوع قطعه آهنی را با یکی از سه روش پیشنهادی گیلبرت آهنربا می‌کنیم. این سه روش از این قرارند:

1. مالش دادن قطعه با آهنربا؛

2. گداختن و قرار دادن قطعه در راستای میدان مغناطیسی زمین؛

3. چکش کاری یا کشیدن قطعه در راستای میدان مغناطیسی زمین.

قطعات آهنربا را در فاصله‌ای مشخص از یک مشت براده آهن قرار می‌دهیم تا ببینیم کدام یک براده بیشتری جذب می‌کند. در مورد پودرها، ابتدا از آنها یک قطعه آهنربا درست می‌کنیم. یعنی آنها را به هم می‌فشاریم و دما را بالا می‌بریم. افزایش دما از خاصیت مغناطیسی می‌کاهد و حتی افزایش بیش از حد دما، خاصیت مغناطیسی را کاملاً از بین می‌برد، اما چون مقداری از بردارهای نیرو در آن باقی می‌مانند، اگر قطعه ساخته شده را دوباره در میدان مغناطیسی قرار دهیم، خاصیت آهنربایی بسیار بیشتر از قبل خواهد شد. از آنجا که سطح قطعات ساخته شده از پودر زیر هستند، می‌توان به راحتی آنها را با چشم تشخیص داد. فیلمی را که از پایین این متن می‌توانید بردارید و ببینید، نشان می‌دهد که چگونه با حرارت دادن پودر تحت فشار می‌توان یک آهنربای قوی درست کرد. در اینجا مقداری پودر آهن را در یک قوطی کبریت (به عنوان قالب) ریخته و در دمای بالا حرارت داده‌ایم تا یک قطعه متشکل از پودر آهن تولید شود.

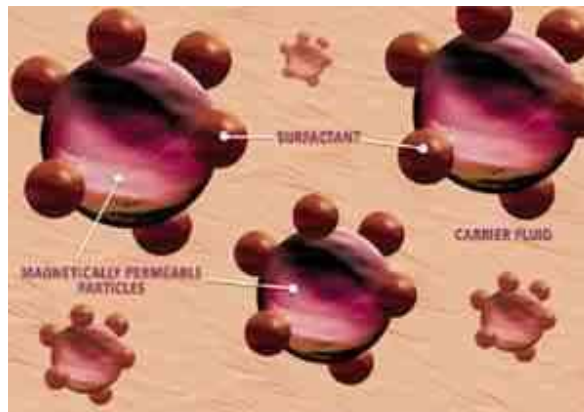
سطح تماس قطعات هم در میزان براده جذب شده تأثیر دارند و بنابراین، باید میزان براده جذب شده را نسبت به سطح قطعه در نظر بگیریم. همان‌طور که در فیلم می‌بینید، آهنرباهایی که بُعد کمتری دارند، براده بیشتری نسبت به سطحشان جذب می‌کنند. برای مقایسه ماندگاری خاصیت آهنربایی، قطعات آهنربا را به درجات مختلف حرارت می‌دهیم و سپس آزمایش‌های گفته شده را تکرار می‌کنیم. پیش‌بینی ما این است که پودرها زودتر مغناطیس می‌شوند و خاصیت آهنربایی بیشتری پیدا می‌کنند و از آن طرف، دیرتر خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهند. آزمایش‌ها را انجام دهید تا ببینید چقدر پیش‌بینی ما درست از آب درمی‌آید!

محلول های مغناطیسی نانو

محلول‌های مغناطیسی یکی از شاخه‌های فناوری نانو است که کمتر از دیگر شاخه‌های نانو به آن پرداخته شده‌است، ولی به تازگی کاربردهای جدیدی برای آن یافت شده است.

محلول‌های مغناطیسی (Ferro fluid) از ذرات بسیار ریز کلوییدی (در حدود ۱۰۰-۱۰ نانومتر (9-10) از جنس فلزاتی که خاصیت مغناطیسی دارند (مانند آهن و کبالت) به حالت سوسپانسیون در مایعی، ساخته میشوند. پخش کردن ذرات در مایع را می‌توان به کمک یک واکنش شیمیایی انجام داد. ذرات پخش شده در مایع به علت ریز بودن به صورت کلوییدی هستند ولی پس از گذشت مدت زمان نسبتاً کوتاهی به هم پیوسته و ذرات بزرگتری را تشکیل می‌دهند، که در این صورت حالت کلوییدی آن از بین رفته، ذرات در محلول ته نشین شده و خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند.

هر قدر که ذرات ریزتر باشند، محلول خاصیت مغناطیسی بهتری از خود نشان می‌دهد. به این علت است که در هنگام تولید، موادی با نام "سورفاکتانت" به محلول اضافه می‌شود که روی دیواره‌های آن را می‌پوشاند و مانع از به هم پیوستن و بزرگ شدن ذرات می‌شود و ذرات با گذشت زمان خاصیت خود را از دست نمی‌دهند. در شکل زیر می‌توانید نحوه قرار گرفتن ذرات مغناطیسی و مولکول‌های سورفاکتانت را مشاهده کنید.



نانوپودر چیست؟

پودرها ذرات ریزی هستند که از خرد کردن قطعات جامد و بزرگ، یا ته نشین شدن ذرات جامد معلق در محلول‌ها به دست می‌آیند. بنابراین، نانوپودرها را می‌توان مجموعه‌ای از ذرات دانست که اندازه‌ی آنها کمتر از ۱۰۰ نانومتر است. (اگر یک متر را یک میلیارد قسمت کنیم، به یک نانومتر می‌رسیم. طبق تعریف، ساختار نانومتری ساختاری است که اندازه‌ی آن کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد).

چه پودری را می‌توان نانوپودر به شمار آورد؟

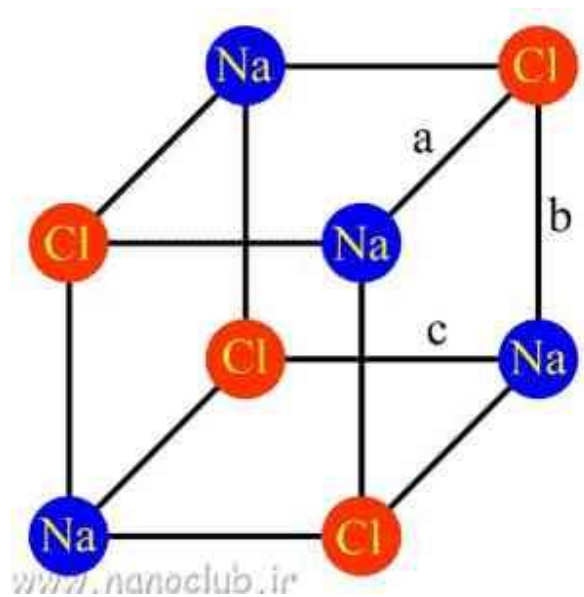
پودرها در سه حالت نانوپودر به شمار می‌آیند:

حالت اول: ساختار ذرات تشکیل‌دهنده‌ی پودر، در حد نانومتر باشد.

یعنی اگر ساختار ذرات تشکیل‌دهنده‌ی یک پودر را به صورت یکی از اشکال منظم هندسی در نظر بگیریم، میانگین اندازه‌ی اضلاع آن بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد. مهمترین اشکال هندسی، کُره و مکعب‌اند. اگر ساختار ذرات تشکیل‌دهنده‌ی پودر را کُره فرض کنیم، باید قطر کُره کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد و چنانچه ساختار آنها مکعب فرض شود، میانگین اضلاع مکعب باید در محدوده‌ی ۱ تا ۱۰۰

نانومتر قرار گیرد. به عبارت حسابی‌تر، میانگین اضلاع مکعب باید در این رابطه صدق کند: $100 \text{ nm} > \frac{a+b+c}{3} > 1 \text{ nm}$. برای مثال، بلورهای نمک طعام ساختاری مکعب‌شکل دارند. (شکل شماره ۱)

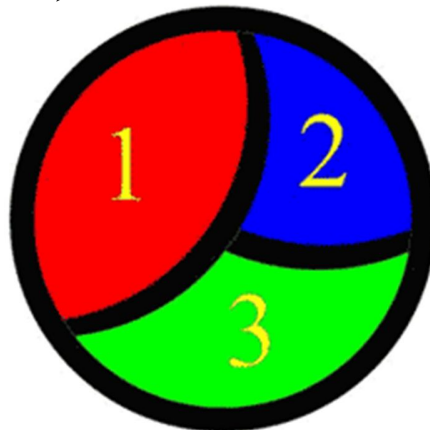
یادآوری: اگر بیشتر ذرات تشکیل‌دهنده‌ی پودر، ابعادی میان ۱ تا ۱۰۰ نانومتر داشته باشند، آن پودر، نانوپودر محسوب می‌شود.



شکل ۱: ساختار بلور نمک طعام، مکعبی است.

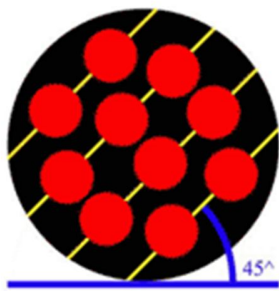
حالت دوم: دانه‌های تشکیل‌دهنده پودر، ابعاد نانومتری داشته باشند.

در حالتی که اندازه‌ی ذرات تشکیل‌دهنده‌ی پودر از صد نانومتر بیشتر باشد، کافی است دانه‌های آن ابعاد نانومتری داشته باشند تا نانوپودر به شمار آیند. یک مثال برای فهم این موضوع، اتم‌هایی هستند که به صورت منظم و درون سلول‌هایی که آنها را "دانه" می‌نامیم، کنار هم قرار گرفته‌اند. مواد بلوری جامد نیز از سلول‌های ریزی تشکیل شده‌اند که به آنها دانه می‌گویند. درون هر دانه، اتم‌ها در یک جهت خاص و ردیف‌های موازی چیده شده‌اند و تفاوت دو دانه مجاور هم، تفاوت در همین جهت‌گیری اتم‌هاست.

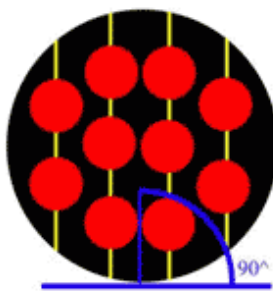


www.nanoclub.ir

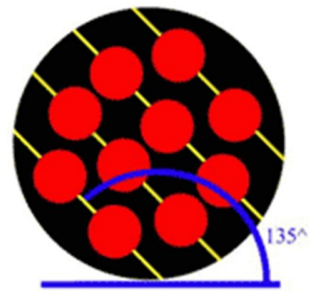
شکل ۲: این ذره، حاوی سه دانه است.



شکل ۳: اتم‌ها با زاویه‌ی ۴۵ درجه نسبت به افق چیده شده‌اند.



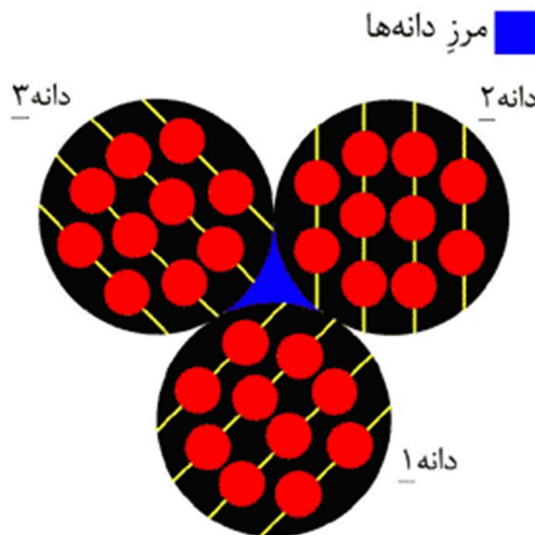
شکل ۴: اتم‌ها با زاویه‌ی ۹۰ درجه نسبت به افق چیده شده‌اند.



شکل ۵: اتم‌ها با زاویه‌ی ۱۲۰ درجه نسبت به افق چیده شده‌اند.

در دانه‌ی ۱ (شکل ۳)، اتم‌ها در ردیف‌های موازی و با زاویه‌ی ۴۵ درجه نسبت به افق چیده شده‌اند. در دانه‌ی ۲ (شکل ۴) اتم‌ها با زاویه‌ی ۹۰ درجه و در دانه‌ی ۳ (شکل ۵) اتم‌ها با زاویه‌ی ۱۲۰ درجه نسبت به افق چیده شده‌اند. وقتی این سه دانه در کنار یکدیگر قرار بگیرند، یک ذره تشکیل می‌شود. (شکل ۶) به فضای خالی بین دانه‌ها «مرز دانه» می‌گویند. مرز دانه محلی است که جهت چیده شدن اتم‌ها عوض می‌شود.

همچنین دانه‌ها را می‌توان مانند آجرهای یک دیوار فرض کرد. در این صورت، مرز بین دانه‌ها ملات بین آجرهاست. اگر قطر این دانه‌ها بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد، ذرات حاصل تشکیل نانوپودر می‌دهند. هر چه قطر دانه‌های یک ذره کمتر باشد (البته با حجم ثابت)، تعداد دانه‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن بیشتر خواهد بود (واضح است که هر چه آجرهای تشکیل‌دهنده‌ی یک دیوار ۱ متر در ۱ متر کوچکتر باشند، تعداد آجرها بیشتر خواهد بود) و هر چه تعداد دانه‌ها بیشتر شود، مانند گره‌های یک فرش، تار و پود آن محکمتر و درهم تنیده‌تر است و بنابراین استحکام محصول بیشتر خواهد بود.

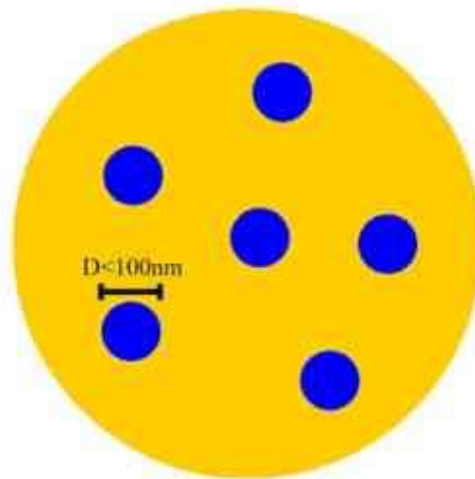


شکل ۶: سه دانه در مجاورت هم قرار گرفته‌اند تا یک ذره را تشکیل دهند.

یادآوری: اگر درصد قابل توجهی از دانه‌های تشکیل‌دهنده‌ی ذرات، نانومتری باشند، پودر، نانوپودر محسوب می‌شود.

حالت سوم: ذرات نانوپودر و ذرات پودر معمولی ترکیب شوند.

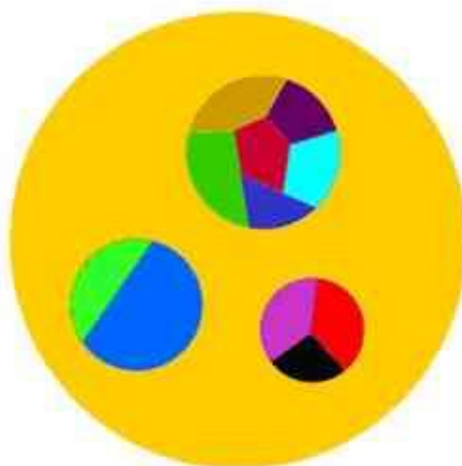
در این حالت، پودر را «نانوپودر کامپوزیتی» می‌نامند. کامپوزیت که از کلمه‌ی انگلیسی composition گرفته شده، به معنی ترکیب دو یا چند چیز است. ملموس‌ترین مثال برای کامپوزیت، کاه گل است. در کاه گل رشته‌های کاه در زمینه‌ی گل پراکنده شده‌اند. در نانوپودرهای کامپوزیتی نیز ذرات نانومتری در زمینه‌ی ذرات بزرگتر (غیر نانومتری) پراکنده شده‌اند (شکل ۷).



www.nanoclub.ir

شکل ۷: ذرات با قطر نانومتری در زمینه پراکنده شده‌اند.

علت ترکیب شدن آنها اختلاف خواص این دو ماده است. در کامپوزیت معمولاً زمینه از یک ماده‌ی نرم و افزودنی از ماده‌ی سخت انتخاب می‌شود. در این صورت، هنگامی که به ماده نیرو وارد می‌شود، زمینه نیرو را به رشته یا پودر اضافه‌شده منتقل می‌کند تا بتواند در برابر نیروی وارد شده مقاومت بیشتری داشته باشد. (شکل شماره ۸)



www.nanoclub.ir

شکل ۸: در یک نانو کامپوزیت، ذرات نانویی در زمینه‌ای غیرنانویی پراکنده شده‌اند.

چرا نانو پودرها

در تعریف نانو پودرها ذکر شد که مهمترین ویژگی آنها، ریزی ذرات تشکیل دهنده است. وقتی ما یک قطعه را چند قسمت می کنیم، حجم کل ثابت می ماند، یعنی حجم قطعه‌ی اولیه دقیقاً برابر است با جمع حجم تکه‌های تقسیم شده. اما در طی این فرآیند، مجموع سطح بیرونی تکه‌ها چند برابر سطح بیرونی قطعه‌ی اولیه خواهد شد.

محدودیت نانو پودرها

محدودیت نانو پودرها نیز از زیاد بودن سطح آزاد آنها ناشی می شود. در واقع، ذرات مثل براده‌های آهن با تمایل دارند به همدیگر بچسبند تا دوباره شکل اولیه‌ی خود را به دست آورند. وقتی ما اندازه‌ی ذرات پودر را به نانومتر می رسانیم، این تمایل به شدت زیاد می شود، تا جایی که ممکن است به صورت ناگهانی به هم بچسبند. برای رفع این مشکل باید ذرات پودر را از همدیگر جدا نگاه داشت تا به هم نچسبند. این کار از طریق محلول سازی پودرها، مانند حل نمک و آهن یا اضافه کردن موادی که سبب ایجاد بارهای همنام روی سطح پودرها و ایجاد نیروی دافعه می شوند، صورت می گیرد.

برای درک بهتر موضوع، مسئله‌ای را طرح می کنیم:

فرض کنید یک قطعه به شکل مکعب با طول ضلع ۳ سانتیمتر داریم. در صورتی که این مکعب را به ۲۷ مکعب تقسیم کنیم، سطح آزاد چند برابر می شود؟

جواب:

$$V_1 = a_1^3 = (3\text{cm})^3 = 27\text{cm}^3 \text{ (حجم مکعب بزرگتر)}$$

برای اینکه مکعب را به ۹ مکعب کوچکتر تقسیم کنیم، باید هریک از اضلاع را به ۳ قسمت تقسیم کنیم. در این

حالت:

$$a_2 = \frac{a_1}{3}$$

$$V_2 = a_2^3 = (1\text{cm})^3 = 1\text{cm}^3 \text{ (حجم هر مکعب)}$$

اگر جمع حجم این ۹ مکعب را در نظر بگیریم:

$$V_{\text{کل}} = 27 \times 1\text{Cm}^3 = 27\text{Cm}^3$$

یعنی برابر است با حجم مکعب بزرگ. ولی سطح آزاد مکعب بزرگ برابر است با:

$$A_1 = 6 \times a_1^2 = 6(3\text{Cm})^2 = 54\text{Cm}^2$$

در حالی که مجموع سطح آزاد مکعب‌های کوچک برابر است با:

$$A_2 = 27(6a_2^2) = 162\text{Cm}^2$$

یعنی سطح آزاد در اثر خرد کردن مکعب بزرگ به ۲۷ مکعب کوچک، ۳ برابر

شده است.

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{162}{54} = 3$$

روشهای تولید و کاربردهای نانو پودرها

به طور کلی نانوپودرها را نیز مانند دیگر مواد نانومتری می توان به دو روش پایین به بالا یا بالا به پایین تولید کرد. در روش بالا به پایین قطعه را از اندازه های بزرگ انتخاب و آن را آن قدر خرد می کنیم تا به اندازه های نانومتری برسد. در روش پایین به بالا، اتم ها را دانه به دانه کنار هم می چینیم تا یک ساختار نانومتری به وجود آید. در زیر، دو روش فوق توضیح داده می شوند.

1. خرد کردن قطعات بزرگ

یک استوانه ی توخالی را فرض کنید که گوی های فلزی یک سوم حجم آن را پُر کرده اند. یک قطعه ی بزرگ نیز یک سوم حجم داخل استوانه را در بر گرفته است. در نتیجه، یک سوم حجم داخل استوانه خالی خواهد بود. اگر این استوانه را بچرخانیم، گوی های فلزی به قطعه برخورد و آن را خرد می کنند.

در صورتی که اندازه ی اضلاع قطعه ی اولیه ۱ میکرومتر باشد (اگر یک میلی متر را هزار قسمت کنیم، طولی معادل یک میکرومتر به وجود می آید)، با اولین برخورد، قطعه دو قسمت و اندازه ی اضلاع آن 500 nm می شود. در مرحله ی دوم، با دو قسمت شدن قطعه، اضلاع آن 250 نانومتر می شود و در مرحله ی سوم 125 nm. تا اینکه در مرحله ی چهارم، ذره های نانومتری به اندازه ی 5 nm / 62 به دست می آید.

در روش بالا به پایین، مهم این است که جسم خردشونده باید مثل گِل خشک تُرد باشد تا پس از پذیرفتن ضربه خرد شود، وگرنه مواد نرم را تا این حد نمی توان خرد کرد. به طور کلی در این روش تولید، باید انرژی بسیار زیادی را صرف کرد تا ذرات محکم به یک ماده ی تُرد ضربه وارد و آن را خرد کنند.

[چطور یک آسیاب مکانیکی بسازیم؟](#)



2. رسوب دهی از محلول ها

در این روش ابتدا باید محلول مورد نظر را ساخت. این محلول می تواند به دو حالت باشد:

الف - ذرات جامد معلق در مایع؛

ب - ذرات گازی.

الف - ذرات جامد معلق در مایع

در صورتی که محلول ما مایع باشد، می توان ذرات جامد معلق در آن را با حرارت دادن، افزودن موادی خاص برای ته نشین کردن، یا با افزایش غلظت جامد و سیر شدن محلول در آن، رسوب داد. حین رسوب کردن، اتم ها دانه به دانه کنار هم جمع می شوند تا یک پودر نانومتری را تولید کنند.

ب - ذرات گازی

روش دیگر این است که ما به قدری سریع محلول های گازی را سرد کنیم تا گاز مستقیماً تبدیل به جامد شود (به این فرایند «چگالش»

می‌گوییم). در این حالت نیز اتم‌ها در کنار هم جمع می‌شوند تا ذرات یک پودر نانومتری را تولید کنند.

1. پوشش دهی

یکی از مهمترین کاربردهای نانوپودرها «پوشش دهی» است. وقتی مقداری پودر روی یک سطح ریخته می‌شود، می‌تواند تمام سطح را بپوشاند. مثلاً اگر سطح زمین پودر گچ بپاشیم، تمام سطح پوشیده می‌شود و یک سطح یکدست سفید به وجود می‌آید. اما در این حالت هنوز فضاهای خیلی ریزی بین پودرها وجود دارد، یعنی پوشش یکپارچه نیست. اکنون مقداری آب به گچ اضافه می‌کنیم و صبر می‌کنیم تا آب توسط حرارت خشک شود. می‌بینیم که ذرات پودر به هم چسبیده‌اند و یک پوشش یکدست بر روی سطح به وجود آمده است. اساس پوشش دهی توسط نانوپودرها نیز دقیقاً همین است، یعنی پودرها را – عمدتاً با شدت – به سطح می‌پاشند و بعد توسط یک عامل اضافه‌شونده – عمدتاً گازهای اکسیژن یا آرگون که همان نقش آب را در مثال گچ بازی می‌کنند – و حرارت، این ذرات را به هم می‌چسبانند تا یک پوشش یکپارچه بر روی سطح ایجاد شود. پوشش روی داشبورد ماشین دقیقاً به این روش تولید می‌شود.

2. ساخت قطعات

همان‌طور که دیدیم، ذرات پودر میل زیادی دارند که مانند بُراده‌های آهن‌ریا به هم بچسبند. از طرفی این میل با اعمال فشار به پودر و درجه‌ی حرارت به شدت افزایش می‌یابد، و بنابراین، با اعمال فشار و افزایش درجه‌ی حرارت می‌توان پودرها را آن‌قدر به هم فشرد تا به هم بچسبند و یک قطعه را تولید کنند. این روش عمدتاً برای تولید قطعات با شکل‌های پیچیده به کار می‌رود. (این پدیده به طور طبیعی در نمک طعام اتفاق می‌افتد. اگر مقداری نمک طعام در داخل یک نمکدان باقی بماند، بعد از مدتی ذرات نمک به هم می‌چسبند و نمکدان دیگر نمک نمی‌پاشد. بنابراین، باید به نمکدان چند ضربه وارد کنیم تا ذرات از همدیگر جدا شوند.)

3. استفاده در کرم‌ها

همان‌طور که می‌دانیم، نانوپودرها ذراتی با قطر یک تا ۱۰۰ نانومتر هستند. وقتی از این ذرات در ساخت کرم استفاده می‌شود، چون قطر آنها کوچک است، اشعه‌های مضر نور خورشید را که طول موج‌های بزرگتر از صد نانومتر دارند از خود عبور نمی‌دهند. این در حالی است که اشعه‌های نور مرئی را که موجب دیده شدن قطعات اند از خود عبور می‌دهند. بنابراین، به صورت شفاف دیده می‌شوند. در این حالت ما کرمی داریم که شفاف است و اشعه‌های مضر را از خود عبور نمی‌دهد.

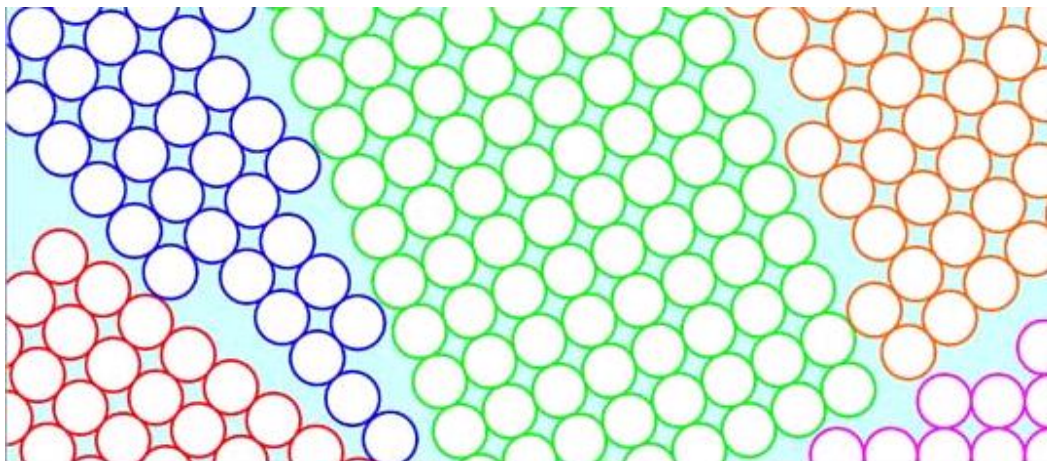
4. شناسایی آلودگی‌ها

ذراتی که نانوپودرها را تشکیل می‌دهند، با استفاده از خواص سطحی خود، وقتی به یک محلول حاوی آلودگی (مثل باکتری، سلول سرطان و...) اضافه می‌شوند، روی آلودگی‌ها می‌چسبند و در اثر واکنش با آنها تغییر رنگ می‌دهند و باعث شناسایی آنها می‌شوند. البته هر ذره کوچکتر از آن است که تغییر رنگ حاصل از آن دیده شود، اما تغییر رنگ مجموعه‌ی این ذرات، آلودگی‌ها را قابل تشخیص و شناسایی می‌کند.

در فیلم زیر که به عنوان مثالی از کاربرد نانوپودرها آورده شده است، ذرات نانو ساختار سیلیکون در محلول، قطرات روغن را شناسایی می‌کنند و با نفوذ مقداری از مایع به داخل حفره‌های آنها، تغییر رنگ می‌دهند و هدف را قابل تشخیص می‌نمایند.

نقص بلوری چیست؟

ریز ساختار چیست؟ در مورد عدم یک پارچگی نظم شبکه بلوری در موادی که به صورت توده ای در اطراف مان وجود دارند مفصلاً صحبت کردیم و گفتیم که نظم ساختار مواد، تنها در قسمت هایی مستقل و کوچک مشاهده می شود که به صورت کاملاً نامنظم در کنار یکدیگر قرار می گیرند و توده ماده را شکل می دهند. برای به یاد آوردن این موضوع می توانید به شکل ۱ مراجعه کنید:



شکل ۱- طرحی ساده از ریزساختار

همانطور که در شکل بالا دیده می شود، هر رنگ نشان دهنده قسمتی از ماده است که دارای ساختار منظم می باشد و این نظم در کل توده حفظ نشده است؛ هر یک از این قسمت های منظم را «دانه» می نامیم.

پس از این مقدمه مختصر- که مروری بر بحث ریزساختار و اهمیت آن در تعیین خواص مواد بود- این پرسش جدی مطرح می شود که آیا نظم اتم ها و یون ها در هر دانه - که بر اساس ساختار ماده شکل می گیرد- نظم کامل و بدون نقص است یا این که ممکن است در هر کدام از این دانه ها نیز کاستی هایی وجود داشته باشد؟!

در پاسخ باید گفت که: بله! در شبکه بلوری این دانه ها هم نقص هایی دیده می شود!

شاید بخواهید بدانید که نقص بلوری چیست؟

نقص بلوری عبارتست از بی نظمی اتم ها و یون ها در شبکه بلوری مواد. این بی نظمی به صورت فقدان اتم ها و یون ها در محل و موقعیت خود و یا به صورت قرار گرفتن اتم ها و یون ها در مکانی غیر از جایگاه اصلی خود، دیده می شود.

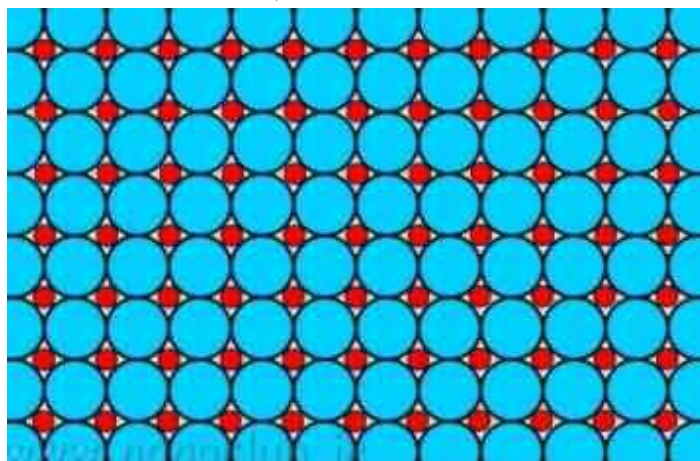
به عبارت ساده تر گاهی اتم ها و یون ها در جایی که باید باشند، نیستند و در جایی که نباید باشند دیده می شوند.

حال ممکن است این سوال مطرح شود که: مگر ادعا نکردیم در هر دانه (هر کدام از بخش های رنگی شکل ۱) یک شبکه بلوری منظم وجود دارد. پس با توجه به اینکه نقص های بلوری از نوعی بی نظمی در شبکه بلوری حکایت می کنند، رابطه نظم موجود در هر دانه با بی نظمی حاصل از نقص های بلوری چگونه خواهد بود؟ آیا بی نظمی ناشی از نقص بلوری نظم شبکه بلوری دانه را برهم نمی زند؟

در پاسخ به پرسش فوق این نکته را باید دانست که نظم موجود در یک دانه نظم کلی است که تمامی وسعت آن را در بر می گیرد، در حالی که بی نظمی های حاصل از نقص های بلوری، جزئی است و در یک محدوده کوچک نظم را از بین می برد. بنابراین در یک دانه یک نظم کلی وجود دارد که به موجب عیوب و نقص های بلوری، بی نظمی هایی در برخی از نقاط آن ایجاد شده است.

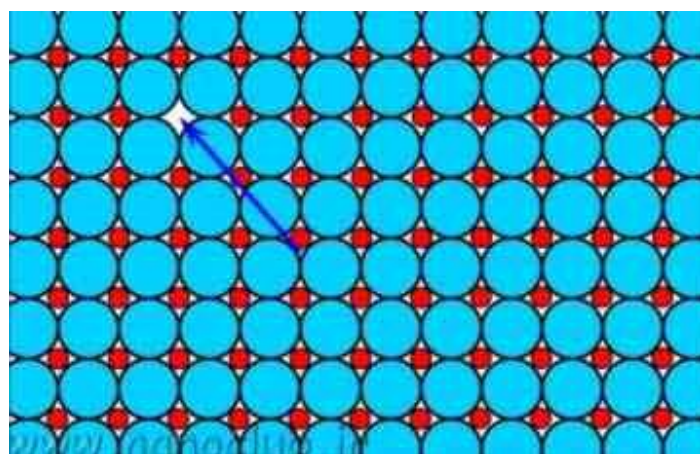
پس این بی نظمی های جزئی نمی تواند ناقض نظم کلی یک دانه شود.

حال برای این که تصور بهتر و دقیق تری نسبت به عیب ها و کاستی های شبکه بلوری مواد پیدا کنید به معرفی برخی از آنها می پردازیم. اگر کره های قرمز رنگ را به عنوان یون های مثبت (کاتیون) و کره های آبی رنگ را به عنوان یون های منفی (آنیون) فرض کنیم یک شبکه بلوری بدون عیب و کامل به صورت شکل ۲ خواهیم داشت:



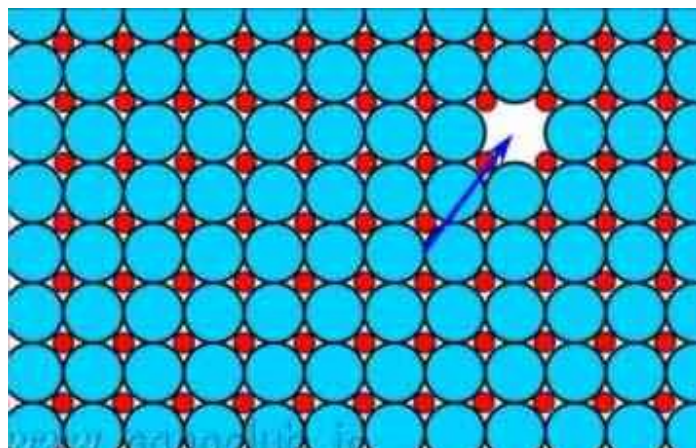
شکل ۲- طرحی ساده از یک شبکه بلوری کامل و بدون نقص

نقص های شبکه بلوری بیشتر به صورت خارج شدن یون ها از محل خود بروز می کنند که در تصاویر زیر می توانیم دو نمونه از آنها را مشاهده کنیم؛ این نقص ها را اصطلاحاً نقص «جای خالی» می نامند.



شکل ۳- طرحی ساده از نقص جای خالی کاتیونی

شکل ۳ نشان دهنده عدم وجود یک یون مثبت یا کاتیون در محل خود است. اگر شکل ۳ را شبکه بلوری نمک طعام (NaCl) در نظر بگیریم (به عنوان مثال)، نقص موجود در آن به صورت نبود یک یون مثبت سدیم (Na^+) در جای خود دیده می شود، یعنی یکی از یون های سدیم در محلی که می باید باشد، نیست. این نوع نقص شبکه بلوری که در اثر نبود یون مثبت در جای خود به وجود آمده است «جای خالی کاتیونی» نامیده می شود.



شکل ۴- طرحی ساده از نقص جای خالی آنیونی

شکل ۴ نمایانگر عدم وجود یک یون منفی یا آنیون در جای خود است. اگر شکل ۴ را هم شبکه بلوری نمک طعام (NaCl) در نظر بگیریم نقص نشان داده شده در آن به معنای نبود یک یون منفی کلر (Cl^-) در جای خود است. این نقص شبکه بلوری که حاصل نبود یک یون منفی در مکان خود است به «جای خالی آنیونی» شهرت دارد. اکنون با توجه به آشنایی مختصری که با ساده ترین نقص شبکه بلوری یعنی نقص جای خالی پیدا کرده اید ممکن است از خود پرسید که منشاء پیدایش این کاستی ها چیست؟

دو شاخه از علم به بررسی امکان و عوامل ایجاد کننده این نقص ها می پردازد که به اختصار آنها را معرفی می کنیم: شاخه اول «علم ترمودینامیک» (است که با تحلیل مقتضیات ترمودینامیکی شبکه های بلوری به امکان یا عدم امکان ایجاد چنین نقص هایی در آن ها می پردازد. علم ترمودینامیک با بررسی فیزیک اتم ها و یون ها در شبکه های بلوری، به ما می گوید که شبکه های بلوری به صورت ذاتی مایل به داشتن این کاستی ها در ساختار خود هستند یا نه؛ زیرا با ایجاد نواقص، انرژی شبکه بلوری کاهش و پایداری آن افزایش می یابد. این تفسیر به ما می گوید که نقص ها به طور طبیعی در مواد وجود خواهند داشت. شاخه دوم، «علم کینتیک» است.

علم کینتیک شرایط مورد نیاز برای به وجود آمدن چنین نقص هایی را بررسی می کند. درست است که علم ترمودینامیک امکان اتفاق افتادن این نواقص را مشخص می سازد، اما مسلماً برای ایجاد آنها شرایط ویژه ای لازم است که باید تامین گردد. علم کینتیک به ما می گوید که با ایجاد چه تغییراتی در شرایط می توانیم امکان ایجاد این کاستی ها را تقویت کرده و یا آن را تضعیف کنیم. علم کینتیک با بررسی فرآیند تشکیل نواقص، به شناسایی عوامل تاثیرگذار و میزان اثرگذاری آنها می پردازد. این علم دو عامل را به عنوان عوامل اصلی موثر در ایجاد کاستی ها معرفی می کند که عبارتند از: «دما» و «زمان». با افزایش دما امکان ایجاد نواقص در شبکه بلوری افزایش می یابد، بنابراین در دماهای پایین تر شاهد نقص های کمتری در شبکه بلوری مواد خواهیم بود.

برای توصیف اثر زمان لازم است کمی بیشتر با فرآیند تشکیل بلور آشنا شویم. در فرآیندهای سنتی ساخت مواد - که به فرآیندهای «ساختن بالا به پایین» شهرت دارد - عموماً تشکیل بلور بر پایه فرآیند انجماد صورت می گیرد، به صورتی که ماده در حالت مایع، - که فاقد نظم بلوری است - سرد می شود. با ادامه سرد شدن و نزدیک شدن به دمای انجماد، اتم ها و یون ها در کنار یکدیگر قرار

گرفته و یک شبکه بلوری منظم را شکل می دهند. در دماهای بالاتر از نقطه انجماد اتم ها و یون ها امکان حرکت و جابجایی دارند، هر چقدر به نقطه انجماد نزدیک تر شویم از این تحرک کاسته می شود. زمانی که دما از نقطه انجماد می گذرد و کمتر از آن می شود، اتم ها و یون ها تحرک لازم برای جابجایی را از دست داده و بنابراین در محل خود ثابت می شوند. با توصیف بالا از فرآیند انجماد و تشکیل شبکه منظم بلوری دیدیم که تنها زمان ممکن برای تشکیل بلور زمانی است که دما از حدود بالایی نقطه انجماد به زیر نقطه انجماد می رسد. در این زمان اتم ها و یون ها می بایست از محل خود جابجا شده و به شکلی منظم در کنار یکدیگر قرار بگیرند. بدیهی است که این جابجایی به یک حداقل زمانی نیاز دارد و گرنه اتم ها و یون ها فرصت قرار گرفتن در جای مناسب خود را نمی یابند و تمامی محل های لازم برای کامل شدن شبکه بلوری را پر کنند. بنابراین کوتاه شدن زمان انجماد می تواند به نقص شبکه بلوری و طولانی شدن آن می تواند به شکل گیری کامل تر شبکه بلوری کمک نماید. اما به راستی چه چیزی این زمان را کنترل می کند؟

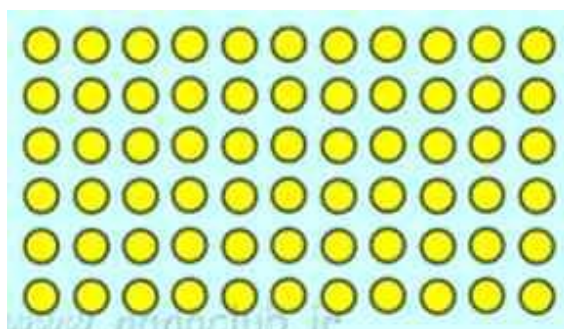
همانطور که پیش تر گفتیم این زمان چیزی بجز فاصله تغییر دما از دمای بالای نقطه انجماد به دمایی پایین تر از این نقطه نیست. بنابراین عاملی که این زمان را کوتاه و یا طولانی می کند «سرعت تغییر دما» است یعنی اینکه اگر ما ماده را از حالت مایع به آهستگی سرد کنیم زمان بیشتری طول خواهد کشید تا به دمای پایتتر از نقطه انجماد برسیم، بنابراین اتم ها و یون ها این فرصت را خواهند یافت که در محل مناسب خود قرار بگیرند و تمامی موقعیت های لازم را پر کنند. بر عکس اگر مایع را به سرعت سرد کنیم دما سریعاً به دمای زیر نقطه انجماد خواهد رسید و در نتیجه اتم ها و یون ها تحرک خود را فوراً از دست خواهند داد و فرصت کافی برای جا به جا شدن و نشستن در محل های مناسب را نخواهند داشت؛ بدیهی است که این کار موجب ایجاد نقص بیشتر در شبکه بلوری خواهد شد.

آیا انجماد سریع تنها دلیل ایجاد و تقویت نقص بلوری است و یا اینکه عوامل دیگری نیز می توانند منجر به ایجاد آن شوند؟ پیش از پاسخ به این پرسش باید به این نکته دقت کرد که نواقص بلوری از نظر زمان ایجاد به دو دسته کلی تقسیم می شوند: دسته اول اشکالاتی است که در زمان ایجاد بلور یعنی در زمان انجماد شکل می گیرد و دسته دوم پس از تشکیل بلور یعنی پس از زمان انجماد در شبکه بلوری به وجود می آید. این نواقص می تواند ساعت ها و یا سال ها بعد از انجماد و تشکیل بلور در شبکه بلوری ایجاد شود.

دسته نخست که نواقص زمان انجماد می باشند عمدتاً از طریق انجماد سریع و یکنواخت نبودن مایع در حال انجماد حاصل می شوند البته عوامل دیگری نیز در ایجاد کاستی های ناشی از زمان انجماد موثر هستند اما عامل اصلی همان کاهش سریع دما است. در بررسی دسته دوم یعنی نواقص پس از انجماد لازم است کمی به فرآیند ایجاد نقص در شبکه بلوری فکر کنیم. فرض کنید که می خواهیم یک نقص جای خالی در شبکه بلوری ایجاد کنیم، برای این کار لازم است که یک اتم یا یون را از محل خود خارج نماییم؛ از طرفی می دانیم که دلیل حرکت آزادانه اتم ها و یون ها در حالت مایع، وجود انرژی جنبشی زیاد (به دلیل دمای بالاتر) در آنها می باشد، همچنین می دانیم که اتم ها و یون ها حتی در حالت جامد نیز دارای حرکت هستند. (البته این حرکات عموماً به صورت ارتعاش در محل خود و گاهی به شکل جابجایی های محدود است که با آزادی حرکت اتم ها و یون ها در حالت مایع قابل مقایسه نیست). اما این حرکت برای کنده شدن یک اتم یا یون کافی نیست؛ پس می توان گفت برای این کار کافی است که انرژی لازم برای حرکت ذره مورد نظر را فراهم کنیم. با فراهم شدن انرژی لازم، اتم ها و یون های گیرنده انرژی امکان خارج شدن از محل خود را خواهند داشت.

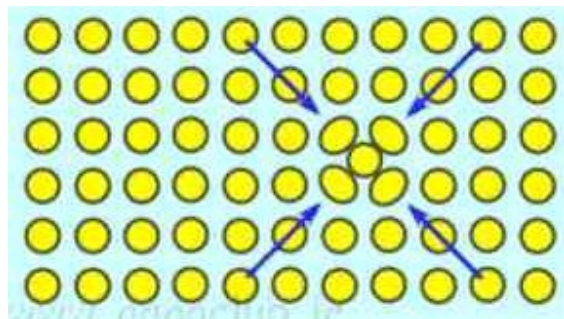
با توجه به توضیحات فوق در می یابیم که نواقص پس از انجماد از طریق قرار گرفتن شبکه بلوری در معرض انرژی کافی به وجود می آید. این انرژی می تواند از طریق گرم شدن، کار مکانیکی (مانند کشیدن، فشردن، خم کردن و ...)، قرار گرفتن در معرض امواج الکترومغناطیس (نور، اشعه ماوراء بنفش، پرتوهای ایکس، اشعه گاما و ...) و پرتوهای پر انرژی (الکترونی، نوترونی و ...) تامین گردد.

در بخش قبلی با مفهوم نواقص بلوری، برخی از انواع آن و علت پیش آمدن آنها قدری آشنا شدیم. پیش از آن که وارد به مسائل دیگری از نواقص شبکه بلوری بپردازیم، لازم است که با نوع دیگری از آن ها آشنا شویم. یکی از کاستی هایی که در شبکه های بلوری فراوان دیده می شود، نقص بین نشینی است. این نقص حاصل قرار گرفتن یک اتم یا یون در محلی خارج از محل خود، در میان دیگر اتم ها و یون ها می باشد.



شکل ۵- طرحی ساده از یک شبکه بلوری کامل

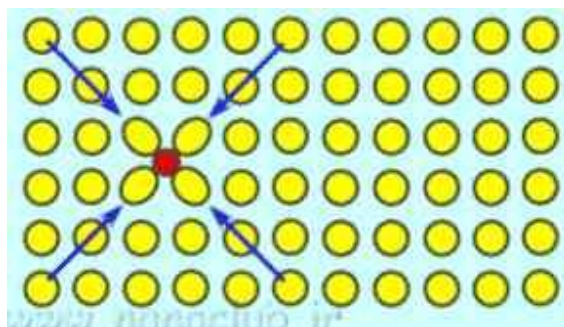
با فرض اینکه شکل ۵ نمایانگر یک شبکه بلوری بدون نقص است انواع نواقص بین نشینی را نشان خواهیم داد:



شکل ۶- طرحی ساده از بین نشینی اتم های خودی

نقص بین نشینی به دو شکل خود را نشان می دهد:

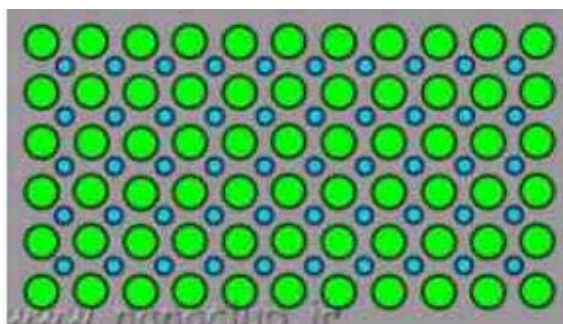
یکی از صور این عیب، بین نشینی خود اتم ها و یون های متعلق به شبکه در فضای موجود بین اتم ها و یون های دیگر آن می باشد که در شکل ۶ نشان داده شده است؛ بدیهی است که شرط ایجاد این عیب سازگاری اندازه یون بین نشین، با فضاهای خالی موجود میان یون های شبکه بلوری است؛ زیرا یون بین نشین باید بتواند خود را در فضاهای موجود بین دیگر یون ها جا کند.



شکل ۷- طرحی ساده از بین نشینی یون های غریبه

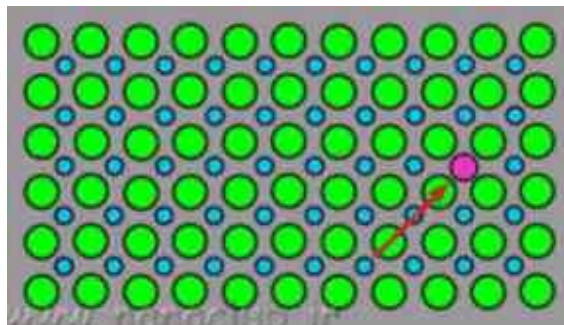
نوع دیگر نقص بین نشینی، قرار گرفتن یک یون خارجی در فضای میان یون هاست (مطابق شکل ۷). بدیهی است که سازگاری اندازه یون بین نشین با فضای خالی موجود در میان یون های شبکه بلوری، در این نوع از بین نشینی هم ضروری است. البته همانطور که در تصاویر ۶ و ۷ نیز دیده می شود، شبکه بلوری امکان تغییر شکل جزئی برای پذیرفتن یون بین نشین را دارد که میزان آن به اندازه یون بین نشین بستگی دارد، این تغییر شکل جزئی ساختار شبکه بلوری که **اعوجاج شبکه** خوانده می شود می تواند به صورت کشیدگی در برابر یون های بزرگتر از فضای خالی موجود- (شکل ۶) و یا جمع شدگی - در برابر یون های کوچکتر از فضای موجود- (در شکل ۷) خود را نشان دهد.

حضور یون های خارجی در شبکه همیشه به صورت بین نشینی نیست؛ گاهی هم این یون ها به جای یون های خود شبکه می نشینند. این عمل **نقص جانشینی** را در شبکه بلوری ایجاد می کند.



شکل ۸- طرحی ساده از یک شبکه بلوری کامل

اگر شکل ۸ را یک شبکه بلوری کامل در نظر بگیریم، می توانیم در شکل ۹ نقص جانشینی که به صورت قرار گرفتن یک یون خارجی (یون قرمز صورتی رنگ) به جای یکی از یون های اصلی (یون های آبی رنگ) در شبکه نشان داده شده است را، تشخیص دهیم:



شکل ۹- طرحی ساده از بین نشینی یون های غریبه

یون جانشین شده می تواند کاتیون یا آنیون باشد که در حالت اول نقص حاصل «جانشینی کاتیونی» (و در حالت دوم) «جانشینی آنیونی» خواهد بود.

تفاوت نقص های بین نشینی و جانشینی را می توان در مقایسه تصاویر ۷ و ۹ مشاهده کرد.

همانطور که در شکل ۷ دیده می شود، در حالت بین نشینی، یون خارجی در جای یون اصلی شبکه قرار نگرفته است بلکه در فضاهای خالی موجود در شبکه جای دارد، در حالی که در نقص جانشینی همانطور که در شکل ۹ نیز دیده می شود، یون خارجی درست در محل یکی از یون های اصلی شبکه قرار گرفته و به جای آن نشسته است.

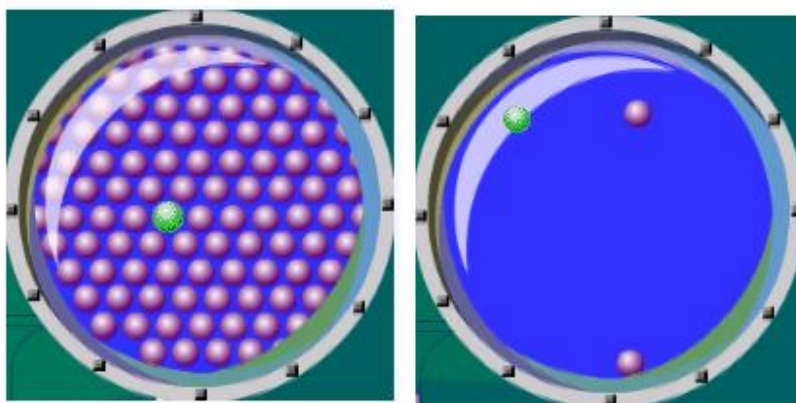
نواقص جانشینی نیز مانند نواقص بین نشینی، موجب اعوجاج در شبکه بلوری خواهند شد، بدیهی است که در اینجا هم میزان اعوجاج متناسب با اختلاف اندازه یون خارجی وارد شده در شبکه و یون اصلی شبکه می باشد. بنابراین این نوع نقص نیز می تواند سبب کشیدگی و یا جمع شدگی شبکه بلوری در اطراف محل دچار نقص شود.

حال که با انواع بیشتری از کاستی های شبکه بلوری آشنا شدیم لازم است که به یک پرسش جدی بپردازیم: آیا نقص های شبکه بلوری که آن را عیوب شبکه بلوری نیز می نامیم واقعاً بد هستند؟ آیا این نواقص بر خواص ماده اثر منفی می گذارند؟ یا اینکه حتی ممکن است موجب بهبود برخی از خواص مواد نیز بشوند؟!

عیوب بلوری، بهبود یا تخریب مواد؟

عیوب بلوری به این پرسش جدی منتهی شد که آیا اثر عیوب بلوری بر خواص مواد اثری بد و نامطلوب است؟ یا اینکه ممکن است در برخی موارد اثری مثبت و مفید باشد؟ آیا بر هم خوردن نظم موضعی (عیوب بلوری به علت بر هم زدن پیوستگی نظم بلوری، در محلّ عیب، یک بی‌نظمی محلی ایجاد می‌کنند) همیشه موجب تخریب خواص مطلوب ماده می‌شود؟ یا اینکه ممکن است خصوصیات جدیدی را در ماده ایجاد کند؟ آیا ممکن است بتوان به نحو مطلوبی از خصوصیات ناشی از عیوب بلوری بهره گرفت؟ آیا نمی‌توان متناسب با خصوصیت ایجادشده جدید، کاربردهای جدیدی را برای ماده متصور شد؟

برای پاسخ به پرسش‌های بالا لازم است به بررسی دقیق‌تر مواد پیردازیم و عوامل شکل‌دهنده خواص را مرور کنیم. می‌دانیم که مواد سه حالت اصلی دارند: گاز، مایع و جامد. همچنین می‌دانیم که خصوصیات کلی و ویژگی‌های عمومی مواد مربوط به حالتی است که ماده در آن قرار دارد. در حالت گازی، فاصله مولکول‌ها زیاد و تأثیر مولکول‌ها بر یکدیگر ناچیز و در نتیجه حرکت مولکول‌ها آزادانه و بدون قید است. در حالت مایع، فاصله مولکول‌ها کمتر، تأثیر آنها بر یکدیگر بیشتر و در نتیجه ماده به داشتن حجم ثابت مقید می‌شود، اما امکان تغییر شکل را از دست نمی‌دهد. در حالت جامد، امکان حرکت مولکول‌ها آن‌قدر محدود می‌شود که توده ماده نمی‌تواند حتی شکل کلی خود را تغییر دهد. شکل ۱ مدلی مقایسه‌ای از حالت‌های سه‌گانه بالا را نشان می‌دهد.



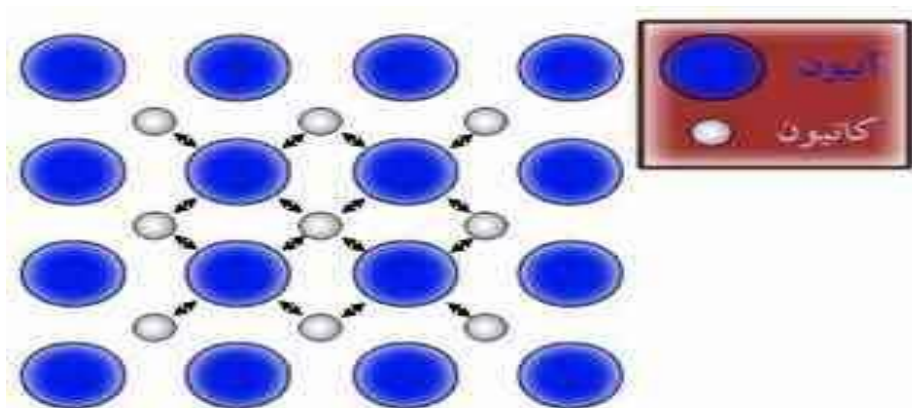
شکل ۱ - مقایسه میزان آزادی و حرکت مولکول‌ها در حالت‌های مختلف ماده

این تفاوت‌ها ناشی از حالتی است که ماده در آن قرار دارد و می‌تواند بسیاری از خواص آن را تحت تأثیر خود قرار دهد. مثلاً اگر ماده در حالت گازی قرار داشته باشد، مولکول‌ها به علت فاصله زیادی که از هم دارند، می‌توانند بدون تأثیر پذیرفتن از مولکول‌های مجاور، به صورت مستقل حضور داشته باشند. بنابراین، در این وضعیت ماده حالت مولکولی خواهد داشت و از حضور یون‌ها در آن خبری نخواهد بود، زیرا یون‌ها همان مولکول‌هایی هستند که در اثر برهمکنش با مولکول‌های مجاور، الکترون‌های خود را از دست داده‌اند یا الکترون‌های اتم‌های مجاورشان را گرفته‌اند. یعنی وقتی مولکول نزدیکی وجود ندارد، احتمال وجود برهمکنش هم نخواهد بود و احتمال تشکیل یون هم منتفی می‌شود. بنابراین، ماده در حالت گازی خصوصیت رسانایی الکتریکی ندارد، زیرا الکترون‌های آزاد و یون‌ها که تنها حامل‌های جریان الکتریکی هستند، در این حالت از ماده وجود ندارند. از طرف دیگر، در حالت گازی انتظار می‌رود ماده رسانای گرما باشد، زیرا شرط رسانایی گرمایی، حرکت ذرات ماده است که در این حالت به علت مقید نبودن ذرات در حالت گازی به وجود می‌آید. این‌گونه پیش‌بینی خواص را که بر اساس حالات ماده صورت می‌گیرد، در مورد حالت مایع و جامد هم می‌توان انجام داد و بسیاری از خصوصیات کلی و رفتار عمومی مواد را دسته‌بندی کرد.

نکته جالب در این دسته بندی آن است که اثر ترکیب شیمیایی مواد مورد توجه قرار نگرفته اند، گویی حالت ماده به تنهایی بسیاری از خصوصیات کلی آن را مشخص می کند و این خصوصیات مستقل از ترکیب شیمیایی آن است. حال که ترکیب شیمیایی ماده تأثیر چشمگیری در تعیین خواص کلی مواد ندارد و حالت ماده به تنهایی گویای خواص کلی ماده است، این سؤال مطرح می شود که در انواع مواد چه چیزی موجب شباهت خواص کلی یک حالت از ماده می شود و چه چیزی خواص ماده را در حالات مختلف، متفاوت می کند؟

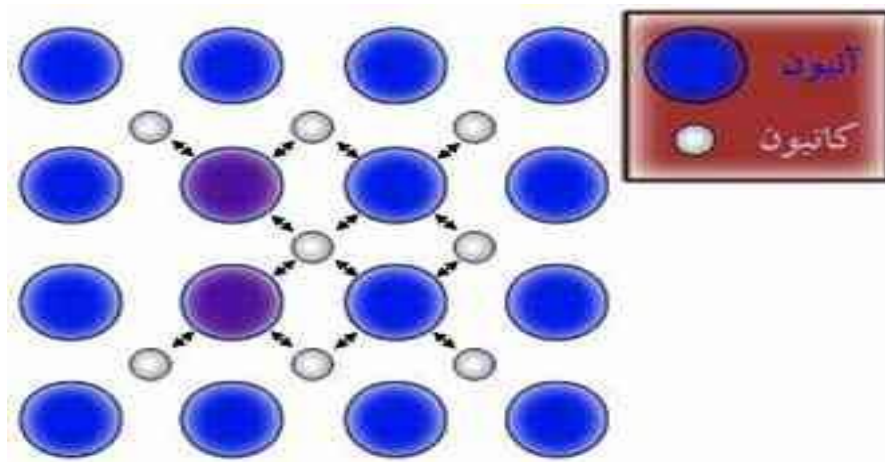
پاسخ این پرسش بسیار ساده است. آنچه موجب شباهت خواص کلی همه مواد در یک حالت خاص مانند حالت گازی می شود، وضعیت ذرات نسبت به هم است. این وضعیت «میزان تحرک پذیری» ذرات در هر حالت را تعیین می کند. مواد در حالت گازی تحرک نامحدود دارند. بنابراین، این حالت از ماده، مستقل از نوع ماده، دارای همه خصوصیات است که از تحرک پذیر بودن ناشی می شوند. بنابراین، وضعیت قرار گرفتن ذرات ماده در کنار هم، می تواند خواصی را ایجاد یا برخی از ویژگی ها را از ماده سلب کند. وجود عیوب بلوری نیز، نه دقیقاً همانند حالت های ماده، بلکه به شکلی جزئی تر، به وضعیت قرار گرفتن ذرات ماده در کنار هم شکلی خاص می بخشد و از این طریق رفتار ماده را به سمتی که متناسب با وضعیت قرار گرفتن ذرات است می کشاند و موجب می شود تا ماده ویژگی های دیگری را که بعضاً متفاوت از ویژگی های قبلی است از خود نشان دهد. بدیهی است که این تفاوت لزوماً به معنی تخریب خواص ماده نیست. همچنین نمی توان آن را همیشه موجب بهبود خواص دانست. همان طور که نمی توان تغییر حالت یک ماده از حالت گاز به مایع را - که لزوماً موجب بهبود یا تخریب همه خواص نمی شود - یک تغییر مثبت یا منفی دانست، وجود عیوب بلوری را نیز نمی توان عامل تخریب یا بهبود همه خواص ماده به حساب آورد. زیرا همان گونه که تغییر حالت ماده برخی از خواص ماده را بهبود می بخشد و برخی را تضعیف می کند، ایجاد عیوب بلوری نیز قادر است برخی از خواص ماده را بهبود دهد و برخی را تضعیف کند. به عنوان مثال، همان طور که تغییر حالت ماده ممکن است رسانایی گرمایی را کم و رسانایی الکتریکی را زیاد کند، بلورهای معیوب هم ممکن است نسبت به بلورهای بدون عیب رسانایی گرمایی کمتری داشته باشند، اما رسانایی الکتریکی بیشتری از خود نشان دهند. بنابراین، در پاسخ به این پرسش که آیا عیوب بلوری بر خواص مواد اثر نامطلوب می گذارند یا نه؟ باید گفت که عیوب بلوری برخی از خواص را بهبود می دهند و برخی را تضعیف می کنند. به عبارت دیگر، گاهی عیوب، نقص محسوب می شوند و گاه به عنوان یک عامل کمک کننده ما را در دستیابی به برخی خواص یاری می کنند.

در مقدمه برای توصیف خصوصیات حالت گازی و تفاوتی که این حالت با حالت مایع و جامد دارد به یک نکته خیلی مهم اشاره کردیم. گفتیم که عامل اصلی تعیین کننده خواص کلی مواد، میزان تحرک اجزای آن است. یعنی میزان تحرک مولکول ها و یون ها در تعیین خواص مواد نقش عمده ای بازی می کند و می تواند به تنهایی وضعیت بسیاری از خواص را مشخص سازد. با توجه به این توضیح، به تصویر زیر بیشتر دقت کنید.



شکل ۲- تصویری ساده از یک شبکه بلوری

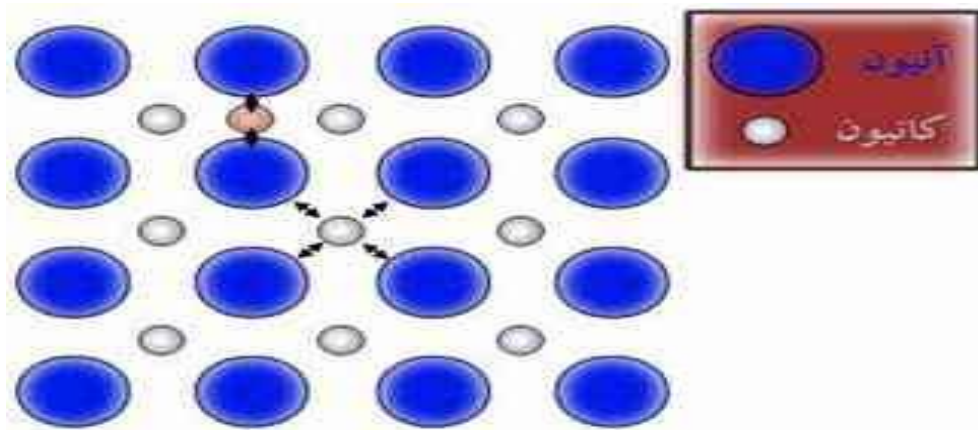
همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود، یک شبکه بلوری منظم و بی‌عیب با قرار گرفتن منظم یون‌ها (آنیون‌ها و کاتیون‌ها) در کنار یکدیگر تشکیل می‌شود. با توجه به توضیحات پیشین می‌خواهیم به عنوان یک عامل تأثیرگذار در خواص ماده، وضعیت تحرک یون‌ها را در ساختار بلوری کامل (بدون حضور عیوب بلوری) بررسی کنیم. می‌دانیم که بلورها (غالباً) دارای حالت جامد هستند و در این حالت از ماده تحرک ذرات به صورت حرکت‌های محدود مانند لرزش و جابه‌جایی‌های موضعی است. علت عدم امکان حرکت آزاد در این حالت از ماده، فشردگی ساختار و به تبع آن نیروهای قوی بین ذرات است. وجود پیوندهای قوی بین ذرات موجب می‌شود که ذرات در پیوندهای موجود اسیر گردند و امکان حرکت آزادانه نداشته باشند. بدیهی است که هر چه این پیوندها بیشتر و قوی‌تر باشد، میزان محدودیت ذرات بیشتر و تحرک آنها کمتر خواهد شد. بنابراین، تعداد و چگونگی پیوندها در میزان تحرک ذرات نقش اصلی را بازی می‌کند. با این توضیحات این سؤال مطرح می‌شود که در یک ساختار منظم و کامل بلوری میزان تحرک ذرات (آنیون‌ها و کاتیون‌ها) چگونه است و آیا میزان این تحرک با میزان تحرک بلورهای ناقص (دارای عیوب بلوری) متفاوت است؟



شکل ۳- طرحی ساده از یک شبکه بلوری ناقص (دارای عیب جای خالی)

با در نظر گرفتن این نکته که در یک شبکه کامل هر یون در محل خاص خود قرار می‌گیرد و از طریق پیوندهای مشخص با یون‌های اطرافش در موضع خود مستقر می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که تحرک یون‌ها در این حالت به کمترین حد خود خواهد رسید، زیرا تمام پیوندهای ممکن در یک شبکه کامل تشکیل می‌شود و هیچ ظرفیتی برای برقراری پیوند خالی نمی‌ماند. در مقابل، در یک بلور ناقص به علت اضافه بودن یا کم بودن یک یون (مثلاً کم بودن یک آنیون که معادل است با اضافه بودن یک کاتیون، یا اضافه بودن

یک آنیون که متناظر است با کم بودن یک کاتیون) امکان تشکیل تمامی پیوندهای ممکن وجود ندارد و از آنجا که هر پیوند همانند بندی است که یون ها را در محل خود محکم می کند، می توان انتظار داشت که در این حالت (بلور ناقص) میزان حرکت یون ها بیش از حالتی باشد که شبکه بلوری کامل است.



شکل ۴- طرحی ساده از یک شبکه بلوری ناقص (دارای عیب بین نشینی)

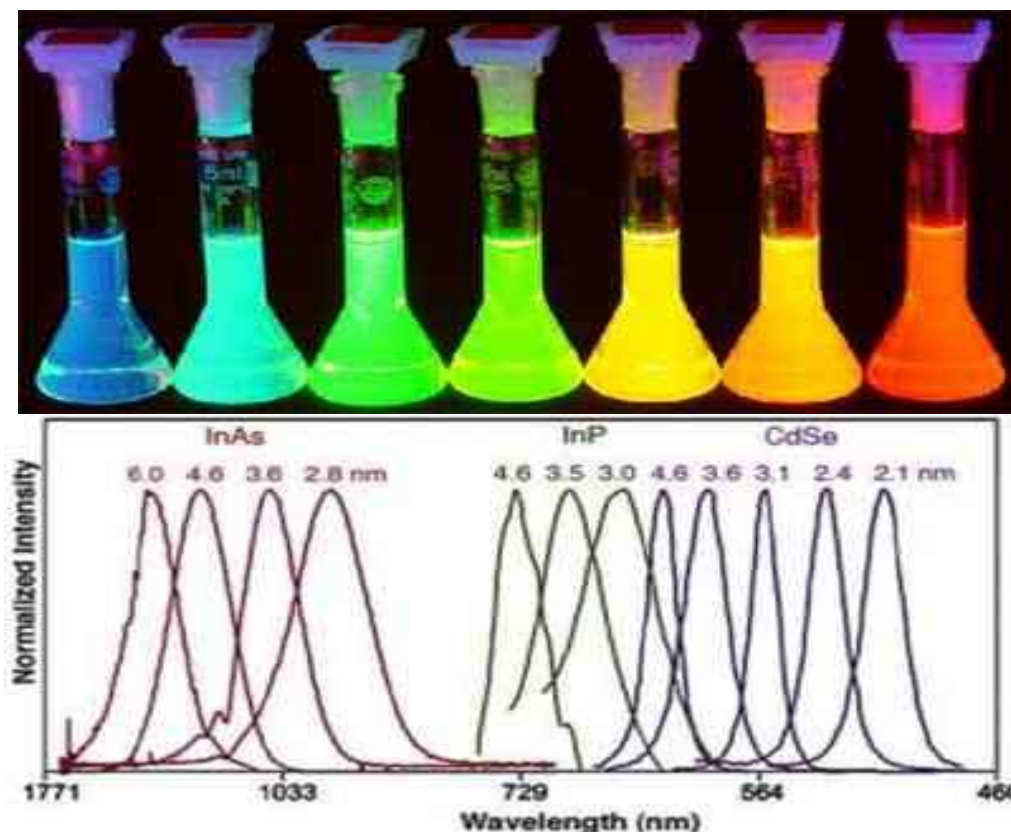
با مقایسه پیوند های موجود در شبکه بلوری کامل (شکل 2) و شبکه های بلوری دارای نقص (شکل های ۳ و ۴) می توان به تفاوت های ناشی از وجود عیوب که به آزادی حرکتی بیشتر یون ها منجر می شود پی برد. یکی دیگر از سازوکارهایی که موجب می شود تا یون ها در شبکه های بلوری ناقص از تحرک بیشتری برخوردار شوند، ایجاد اعوجاج است. همان طور که در مقاله های نقص بلوری به آن اشاره شده است، عیوب بلوری اعم از «جای خالی»، «بین نشینی» و... به علت بر هم زدن نظم ابعادی شبکه، موجب جمع شدگی یا کشیدگی شبکه در محل نقص می شوند. این تغییر وضعیت، پیوند های اطراف اعوجاج را از حالت بهینه خود خارج می کند و یون های محل اعوجاج را تحرک بیشتری می بخشد. بنابراین، چولگی شبکه بلوری، علت دیگری برای تحرک بیشتر یون ها در یک شبکه بلوری ناقص است. پس از این بررسی مقدماتی، برخی از اثرات عیوب بلوری را بر خواص مواد بررسی می کنیم و از طریق مثال های واقعی، اثرات عیوب بلوری را در بهبود یا تخریب برخی از خواص نشان می دهیم.

نقاط کوانتومی، روش های ساخت و کاربردها

نقاط کوانتومی - یا نانو کریستال ها - در دسته نیمه رساناها جای می گیرند. نیمه رساناها اساس صنایع الکترونیک جدید هستند و در ابزارهایی مانند دیودهای نوری و رایانه های خانگی به کار گرفته می شوند. اهمیت نیمه رساناها در این است که رسانایی الکتریکی این مواد را می توان با محرک های خارجی مانند میدان الکتریکی یا تابش نور تغییر داد، تا حدی که از نارسا به رسانا تبدیل شوند و مانند یک کلید عمل کنند. این خاصیت، نیمه رساناها را به یکی از اجزای حیاتی انواع مدارهای الکتریکی و ابزارهای نوری تبدیل کرده

است.

نقاط کوانتومی، به خاطر کوچک بودنشان، دسته منحصر به فردی از نیمه رساناها به شمار می روند. پهنای آنها، بین ۲ تا ۱۰ نانومتر، یعنی معادل کنار هم قرار گرفتن ۱۰ تا ۵۰ اتم است. در این ابعاد کوچک، مواد رفتار متفاوتی دارند و این رفتار متفاوت قابلیت های بی سابقه ای در کاربردهای علمی و فنی به نقاط کوانتومی می بخشد.

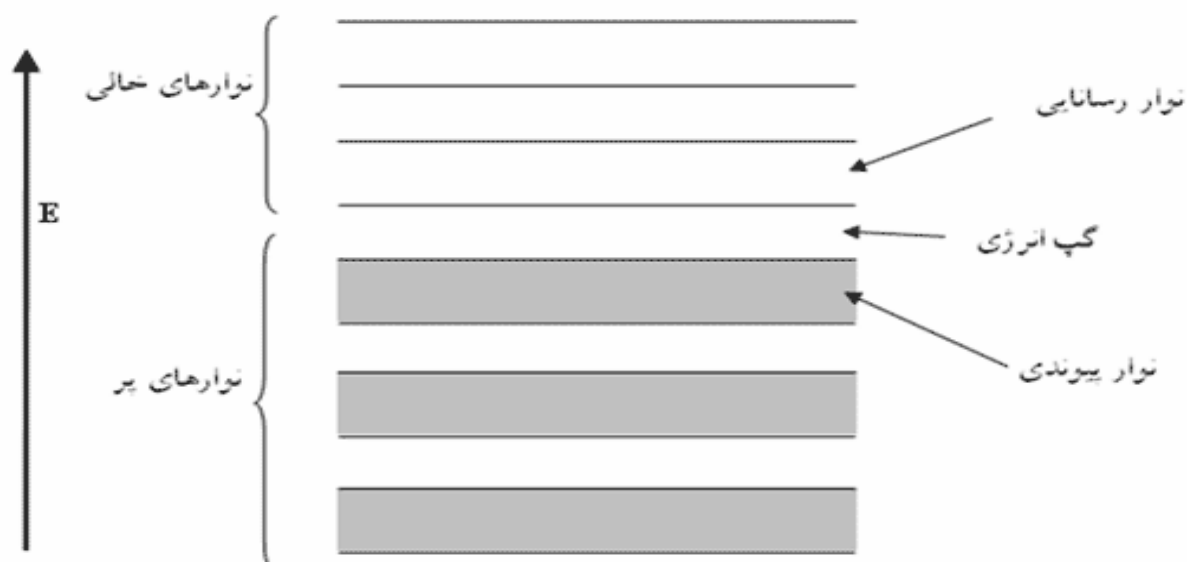


کار آیی نقاط کوانتومی به خاطر قابل تنظیم بودن طول موجی است که بیشترین شدت نور را تابش می کند. وقتی نقاط کوانتومی را با محرک نور ماورای بنفش وادار به تابش کنیم، این طول موج، رنگ نقاط کوانتومی را مشخص می کند (شکل). مقدار این طول موج به جنس و اندازه نقاط کوانتومی بسیار حساس است و روش های جدید در فناوری نانو، به تولید کنندگان آنها توانایی زیادی در کنترل دقیق این طول موج بخشیده است. این خاصیت مهم نقاط کوانتومی، فقط با مکانیک کوانتومی قابل توصیف است که در ادامه به آن اشاره می کنیم.

الکترون ها در مواد نیمه رسانا - در اندازه های بسیار بزرگتر از ۱۰ نانومتر - بازه مشخصی از انرژی را دارند. وقتی یک الکترون انرژی متفاوتی از الکترون دیگر دارد، گفته می شود که در یک تراز انرژی متفاوت قرار دارد. خاصیت ذاتی الکترون ها باعث می شود که بیش از دو الکترون نتوانند در یک تراز انرژی قرار بگیرند. در یک توده بزرگ از ماده نیمه رسانا، تراز های انرژی بسیار نزدیک هم هستند؛ آن قدر نزدیک که به صورت یک بازه پیوسته توصیف می شوند، یعنی تفاوت انرژی دو تراز مجاور در حد صفر است. خاصیت دیگر مواد نیمه رسانا این است که درون بازه پیوسته انرژی هایش یک گپ (شکاف، فاصله) وجود دارد، یعنی الکترون ها مجاز به داشتن انرژی در این گپ نیستند. الکترون هایی که تراز های پایین گپ را اشغال می کنند «الکترون های ظرفیت در باند ظرفیت» و الکترون های تراز های بالای گپ «الکترون های رسانش در باند رسانش» نامیده می شوند.

در مواد نیمه‌رسانا به حالت توده‌ای، درصد بسیار کمی از الکترون‌ها در نوار رسانش قرار می‌گیرند و بیشتر الکترون‌ها در نوار ظرفیت قرار می‌گیرند، به طوری که آنها را تقریباً پر می‌کنند. همین پدیده باعث می‌شود که مواد نیمه‌رسانا در حالت عادی (غیر برانگیخته) نارسانای جریان الکتریکی باشند. اگر الکترون‌های بیشتری بخواهند در باند رسانش قرار گیرند، باید انرژی کافی برای بالا رفتن از گپ انرژی دریافت کنند. تحریک با نور، میدان الکتریکی یا گرما می‌تواند تعدادی از الکترون‌ها را از نوار ظرفیت به نوار رسانش بفرستد. در این حالت، تراز ظرفیتی که خالی می‌شود، «حفره» نام دارد، زیرا در طی این رویداد، یک حفره موقت در نوار ظرفیت به وجود می‌آید.

تحریکی که باعث جهش الکترون از نوار ظرفیت به نوار رسانش و ایجاد حفره می‌شود، باید انرژی‌ای بیش از پهنای گپ داشته باشد. انرژی پهنای گپ در نیمه‌رساناهای توده‌ای، مقدار ثابتی است که تنها به ترکیب آن مواد بستگی دارد. الکترون‌هایی که به نوار رسانش برانگیخته شده‌اند، بعد از مدتی دوباره به نوار ظرفیت برمی‌گردند. در این بازگشت، ابتدا الکترون‌ها جهش‌های بسیار کوچکی می‌کنند و از طریق لرزش‌های گرمایی انرژی‌شان را به باقی توده ماده منتقل می‌نمایند که در نتیجه انرژی به پایین‌ترین تراز سطح در نوار رسانش می‌رسد و سپس با تابش انرژی به صورت نور، به نوار ظرفیت منتقل می‌شوند. از آنجا که گپ انرژی نیمه‌رسانا کاملاً معین است، نور تنها در طول موج معینی تابش می‌شود.



در نقاط کوانتومی امکان تغییر اندازه گپ انرژی وجود دارد. می‌توان با این امکان، طول موج نور تابش‌شده را تنظیم کرد. نقاط کوانتومی هم از مواد نیمه‌رسانا تشکیل شده‌اند. الکترون‌ها در نقاط کوانتومی بازه‌ای از انرژی‌ها را دارند. مفاهیم تراز انرژی، گپ انرژی، نوار رسانش و نوار ظرفیت هم هنوز معتبرند. با این حال، یک تفاوت بارز وجود دارد: وقتی یک الکترون به نوار رسانش برانگیخته می‌شود، باید به طور حقیقی، مقداری هم در ماده جابه‌جا شود. این فاصله کوچک را به احترام نیلز بور، فیزیکدان دانمارکی، «شعاع بور» می‌نامند. در توده ماده این جابه‌جایی بسیار کوچکتر از ابعاد جسم است، به طوری که الکترون به راحتی می‌تواند در ماده به اندازه لازم جابه‌جا شود. اما اگر کریستال نیمه‌رسانا در حله شعاع بور کوچک باشد، دیگر قواعد توده ماده بر آن حاکم نیست. در این حالت، دیگر نمی‌توان انرژی‌های مجاز را پیوسته در نظر گرفت و بین هر دو تراز انرژی فاصله می‌افتد. تحت این شرایط، ماده نیمه‌رسانا دیگر خاصیت‌های حالت توده‌ای خود را از دست می‌دهد. این اختلاف تأثیر زیادی روی شرایط جذب یا تابش نور در نیمه‌رسانا دارد.

از آنجا که ترازهای انرژی در نقاط کوانتومی دیگر پیوسته نیستند، کاستن یا افزودن تعدادی اتم به نقطه کوانتومی، باعث تغییر در حاشیه گپ انرژی می شود. تغییر نحوه چیده شدن اتم ها در سطح نقطه کوانتومی هم باعث تغییر انرژی گپ می شود، که باز هم به دلیل اندازه بسیار کوچک این نقاط است. اندازه گپ انرژی در نقطه کوانتومی همیشه بزرگتر از حالت توده ماده است. یعنی الکترون ها برای جهش از روی گپ، باید انرژی بیشتری آزاد کنند. بنابراین، نور تابش شده هم باید طول موج کوتاه تری داشته باشد، یا به اصطلاح، انتقال به آبی یافته باشد. این خاصیت باعث ایجاد قابلیت تنظیم طول موج تابشی، و در واقع انتخاب رنگ دلخواه برای نقاط کوانتومی می گردد.

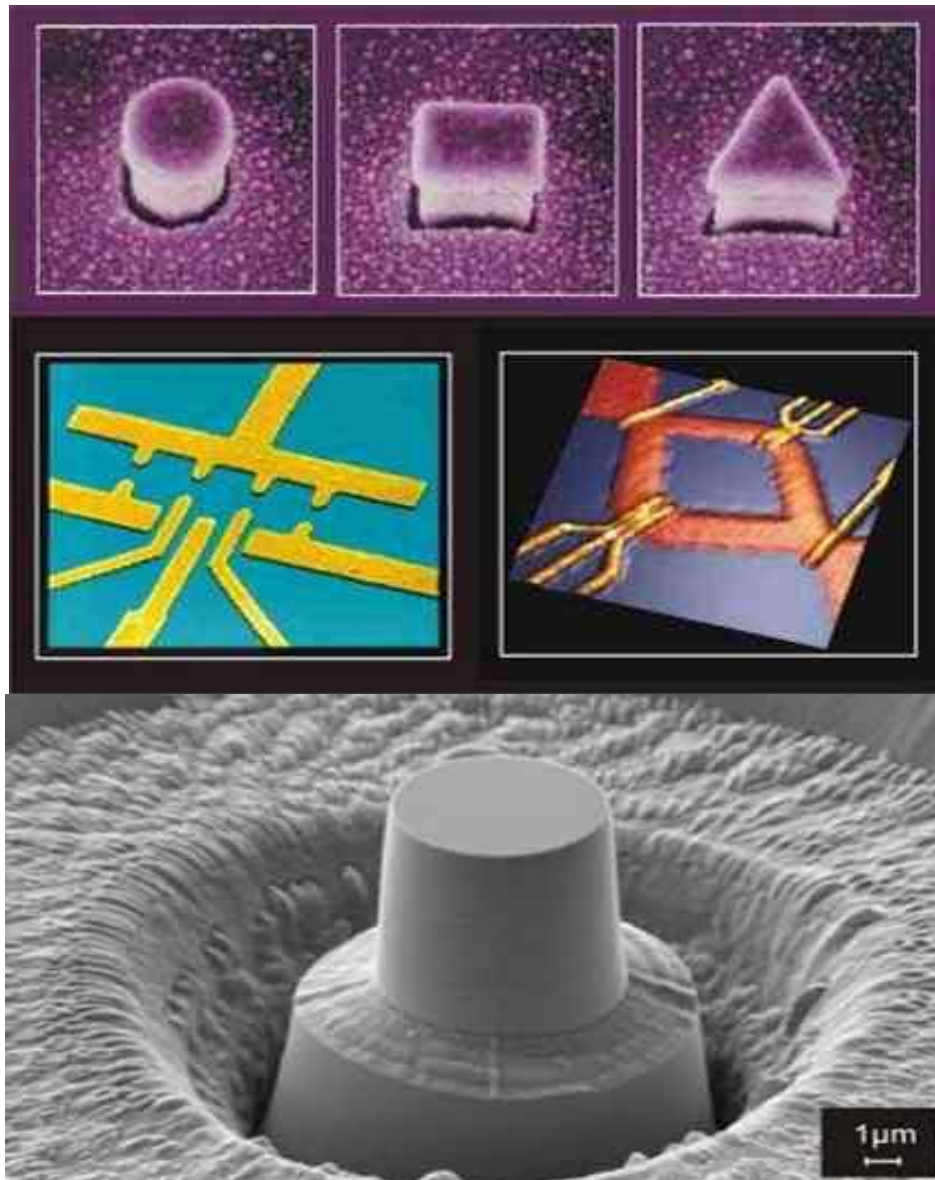
روش ساختن نقاط کوانتومی

برای ساختن نقاط کوانتومی می توان هم از روش های بالا به پایین و هم از روش های پایین به بالا استفاده کرد. روش های پایین به بالا امکان تولید انبوه و ارزان نقاط کوانتومی را ایجاد کرده اند. مزیت استفاده از روش های بالا به پایین، در امکان کنترل بیشتر محل نقاط کوانتومی و جاسازی آنها درون مدارهای الکترونیکی یا ابزارهای آزمایش است. یکی از روش های پایین به بالا، سنتز کولوئیدی است. در این روش، نمک های فلزی به صورت محلول تحت شرایط کنترل شده، به حالت بلوری درمی آیند. مهمترین مرحله در این روش، جلوگیری از بزرگ شدن بیش از حد مطلوب این بلورهای نانومتری است که با تغییر دما یا افزودن مواد خاتمه دهنده واکنش یا تثبیت کننده ها صورت می گیرد. در این حالت، برای جلوگیری از به هم پیوستن ذرات کوانتومی، آنها را با یک لایه از سورفکتانت ها می پوشانند. هر چه مراحل سنتز دقیق تر کنترل شوند ذرات یکنواخت تری به وجود می آیند.

سورفکتانت ها موادی آلی هستند که یک سر قطبی (آب گریز) و یک سر غیرقطبی (آب دوست) دارند. سر قطبی محلول در آب است، اما سر غیر قطبی در آب حل نمی شود و به همین علت این مواد همیشه به سطح آب می آیند و چون سطح آب محدود است، این مولکول ها یک لایه نازک به هم فشرده و منظم را تشکیل می دهند. به این خاصیت «خودساماندهی» می گویند. انواع مواد شوینده از این نوع اند. در مواد شوینده سر غیرقطبی به چربی ها و روغن ها می چسبد و در نتیجه می توانیم آنها را با آب بشویم.

نوع خاصی از نشان دادن لایه های نازک با استفاده از واکنش های الکتروشیمیایی هم از روش های دیگر پایین به بالا برای ساختن نقاط کوانتومی هستند.

در روش های بالا به پایین، نقاط کوانتومی به صورت نقطه به نقطه روی سطوح سیلیکون حک می شوند. این کار با استفاده از لیتوگرافی پرتو الکترونی یا لیتوگرافی قلم آغشته در ابعاد بسیار ریز امکان پذیر است. در این حالت، می توان به دقت محل قرارگیری نقاط کوانتومی را کنترل کرد و با طراحی مدارهای مناسب در اطراف آنها، بین یک یا چند نقطه کوانتومی با دنیای ماکروسکوپی ارتباط برقرار نمود.



با استفاده از لیتوگرافی پرتو الکترونی می‌توان نقاط کوانتومی را در محل مشخصی حک کرد و با طراحی مدارهای مناسب اطراف آنها، بین یک یا چند نقطه کوانتومی با دنیای ماکروسکوپی ارتباط برقرار نمود.

کاربردهایی برای نقاط کوانتومی

1. نشانگرهای بیولوژیکی

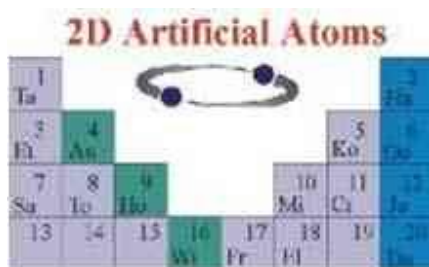
امکان تابش در فرکانس‌های مطلوب، نقاط کوانتومی را ابزاری کارآمد برای نشانه‌گذاری و تصویربرداری از سلول‌های موجودات زنده ساخته است. می‌توان نقاط کوانتومی را به انتهای بیومولکول‌های بزرگ مانند پروتئین‌ها یا رشته‌های DNA متصل کرد و از آنها برای شناسایی و ردیابی بیماری‌های درون بدن موجودات زنده استفاده کرد. تنوع طول موج‌های تابش نقاط کوانتومی این امکان را فراهم آورده است که همزمان چندین نشانگر را در اجزای سلول زنده به کار برد و از نحوه و میزان برهم‌کنش آنها مطلع شد.



پیش از این از مولکول‌های رنگی برای این کار استفاده می‌شد که تنوع کمتری از نقاط کوانتومی از نظر رنگ دارند و بیشتر باعث اختلال در فعالیت سلول‌های زنده می‌شوند و برای به کارگیری در درون بدن موجودات زنده مناسب نیستند.

2. دیودهای نورانی سفید

قابلیت تنظیم اندازه گپ انرژی با نقاط کوانتومی، این قابلیت را در اختیار ما می‌گذارد که آنها را به عنوان دیود نورانی به کار بگیریم. به این ترتیب، می‌توان به بازه بیشتری از رنگ‌ها دست یافت و منابع نور با کارایی بسیار بالا ایجاد کرد. همچنین با ترکیب نقاط کوانتومی با ابعاد مختلف، می‌توان منابع پربازده برای تولید نور سفید ایجاد کرد، زیرا همه آنها را می‌توان از یک طریق برانگیخت. می‌دانیم که نور سفید را می‌توان به نورهایی با رنگ‌های مختلف تجزیه کرد؛ مانند همان چیزی که در رنگین کمان مشاهده می‌کنیم. معکوس این حالت هم امکان‌پذیر است، یعنی می‌توان با ترکیب سه پرتو نوری یا بیشتر، با طول موج‌های مختلف، نوری تولید کرد که سفید به نظر بیاید. با آنکه نقاط کوانتومی در ابعاد مختلف طول موج‌های مختلفی تابش می‌کنند، اما همه آنها را می‌توان با یک پرتو نور دارای طول موجی در محدوده ماورای بنفش تحریک کرد. درست مانند شکل (ارلن‌های رنگی) که همه محلول‌ها تحت تابش یک منبع قرار دارند. حال اگر سه تا از این محلول‌ها، و حتی بیشتر، را مخلوط کنیم، با جذب نور ماورای بنفش، نور سفید رنگی از خود ساطع می‌کنند. چون طیف تابشی نقاط کوانتومی بسیار باریکتر از لامپ‌های ال‌ای است، دیگر اتلاف انرژی به صورت نور مادون قرمز، که در روشنایی لامپ بی‌تأثیر است، وجود ندارد. در نتیجه، منبع نور سفید با بازدهی بسیار بیشتری خواهیم داشت.



3. اتم‌های مصنوعی

باردار کردن نقاط کوانتومی، به علت کوچکی، به سادگی باردار کردن اجسام بزرگ نیست. برای اضافه کردن هر الکترون به یک نقطه کوانتومی، باید بر انرژی الکترواستاتیک بین الکترون‌های روی نقطه کوانتومی غلبه کرد. این کار را با اعمال میدان الکتریکی انجام می‌دهند. الکترون‌هایی که به نقاط کوانتومی اضافه می‌شوند، در

ترازهای گسسته انرژی قرار می‌گیرند. این ترازها شبیه ترازهای مختلف اتم‌های عناصرند. به همین علت، به این نقاط کوانتومی باردار شده «اتم‌های مصنوعی» می‌گویند که خواصی متفاوت از اتم‌های عناصر طبیعی دارند. این اتم‌ها، امروزه موضوع تحقیقات وسیعی هستند و تعدادی از آنها به نام اولین کسی که این آزمایش‌ها را رویشان انجام داده، نامگذاری شده است.

4. عناصر مدارهای نوری

یکی از اصلی‌ترین چالش‌های صنعت ارتباطات، سرعت انتقال داده‌هاست که در حال حاضر به علت محدودیت طبیعی نیمه‌رساناهای توده‌ای در جذب و پاسخ به سیگنال، نمی‌تواند بیشتر از این شود. قابلیت تنظیم انرژی گپ و به تبع آن طیف جذبی و خواص ویژه نقاط کوانتومی، می‌تواند بر این مشکل فائق آید. نقاط کوانتومی همچنین قابلیت ایجاد لیزرهای کارآمدتر با اغتشاش کمتر برای ارتباطات سریع‌تر را فراهم می‌کنند.

5. مولدهای انرژی خورشیدی

در نبود سوخت‌های فسیلی، یکی از منابع مهم تولید انرژی الکتریکی، تابش خورشید است. مشکل اصلی مولدهای کنونی انرژی خورشیدی، هزینه بالا و کارایی کم آنهاست. سلول‌های خورشیدی از مواد نیمه‌رسانا تشکیل شده‌اند که با جذب نور خورشید، الکترون‌ها را به ترازهای باند رسانش هدایت می‌کنند و به نحوی باعث ایجاد نیروی محرکه الکتریکی می‌شوند. بازدهی سلول‌های

خورشیدی توسط طیف جذبی آنها که جزو خواص ذاتی نیمه‌رساناهای توده‌ای است تعیین می‌شود. با طراحی نقاط کوانتومی که بیشتر همپوشانی را در طیف جذبی با طیف نور خورشید داشته باشند، می‌توان بازدهی مولدهای انرژی خورشیدی را تا بیش از ۹۰ درصد افزایش داد

کلوئیدها - نانوذرات قدیمی

یک روش خوب برای درک مفاهیم نانویی، مطالعه‌ی نقاط شروع این فناوری در دنیای علم است. در قرن بیستم، به دنبال کشف قابلیت‌های گسترده‌ی مولکول‌ها در ساختن مواد جدید، دانش‌های مرتبط با ذرات ریز توسعه یافتند. یکی از این یافته‌ها که امروزه توسعه‌ی چشمگیری پیدا کرده، کلوئید و انواع مختلف آن است.

کلوئید چیست؟

اگر در یک لوله‌ی آزمایش تا یک سوم گنجایش آن الکل معمولی بریزیم و به آن نصف قاشق چایخوری گرد گوگرد اضافه کنیم و سپس مخلوط حاصل را به ملایمت داخل یک بشیر آب داغ گرما بدهیم و هم بزنیم، می‌بینیم که گوگرد در الکل حل می‌شود. اما اگر چنین محلولی را در یک ظرف سرد خالی کنیم، می‌بینیم که پدیده‌ی دیگری به وجود می‌آید. در مخلوط جدید، گوگرد به صورت ذرات ریزی درمی‌آید و هر ذره با آن که خیلی ریز است، از صدها و گاه هزاران اتم تشکیل شده است. این ذرات را «کلوئید» می‌نامند.

کلوئید چگونه کشف شد؟

در سال ۱۸۶۱، توماس گراهام، عبور مواد مختلف را از درون غشای ۱ تراوا آزمایش کرد. او دریافت که گروهی از اجسام به آسانی از درون غشا عبور می‌کنند و گروه دیگر به هیچ وجه از آن نمی‌گذرند. این دانشمند، اجسام گروه اول را کریستالوئید (شبه بلور) و گروه دوم را کلوئید (شبه چسب) نامید.

توماس گراهام ۱۸۰۵-۱۸۶۹



کلوئیدها محلول نیستند

کلوئیدها ظاهری محلول‌مانند دارند. یعنی به ظاهر همگن و شفاف‌اند و مانند محلول‌ها از سوراخ‌های کاغذ صافی می‌گذرند. با وجود

این، چهار تفاوت اساسی میان کلوئیدها و محلول‌ها دیده می‌شود:

1. در کلوئیدها، اندازه‌ی ذرات پخش‌شده، از اندازه‌ی ذرات حل‌شده در محلول‌ها، یعنی مولکول‌ها و یون‌ها، بزرگتر و بین ۱۰-۷ و ۱۰-۸ سانتی‌متر است؛ در حالی که اندازه‌ی ذرات حل‌شده در محلول‌ها در حدود ۱۰-۹ متر (نانومتر) است، یعنی ابعاد یونها.
2. اگرچه معمولاً اندازه‌ی ذرات سازنده‌ی کلوئیدها آن اندازه کوچک است که از سوراخ‌های کاغذ می‌گذرند، اما آن اندازه بزرگ هم هست که وقتی در مسیر نور قرار گیرند، بتوانند نور را به اطراف پراکنند. اگر در یک جای تاریک، دو ظرف، یکی شامل محلولی مانند آب نمک و دیگری شامل کلوئیدی مانند FeCl_3 در آب جوش را در کنار یکدیگر قرار دهید و باریکه‌ی نوری به آن بتابانید و از پهلو به آن دو نگاه کنید، می‌بینید که مسیر عبور نور در داخل محلول مشخص نیست، ولی در داخل کلوئید کاملاً مشخص است؛ به ترتیب از چپ به راست: کلوئید پودر طلا، محلول کلرید طلا، سوسپانسیون سولفات آهن و کلرید طلا



3. کلوئیدها برخلاف محلول‌ها حالت پایدار ندارند، بلکه با گذشت زمان تغییر می‌کنند؛
4. ذرات سازنده‌ی کلوئیدها برخلاف ذرات سازنده‌ی محلول‌ها، در شرایط معین، مثلاً بر اثر سرد کردن یا گرم کردن یا در مجاورت با برخی ذرات دیگر، به یکدیگر متصل می‌شوند و ذرات بسیار بزرگتری را تشکیل می‌دهند. در این صورت، کلوئید حالت «نیمه‌جامد» یا «ژل» به خود می‌گیرد، یا اینکه لخته می‌شود.

خواص محلول‌ها، کلوئیدها و سوسپانسیون‌ها

سوسپانسیون‌ها	کلوئیدها	محلول‌ها
با گذشت زمان ته‌نشین می‌شوند.	ته‌نشین نمی‌شوند.	ته‌نشین نمی‌شوند.
به وسیله‌ی کاغذ صافی معمولی جدا می‌شوند.	بدون تغییر از صافی معمولی می‌گذرند.	بدون تغییر از صافی معمولی می‌گذرند.
به وسیله‌ی غشا جدا می‌شوند.	به وسیله‌ی غشا جدا می‌شوند.	بدون تغییر از غشا می‌گذرند.
نور را پراکنده می‌کنند.	نور را پراکنده می‌کنند.	نور را پراکنده نمی‌کنند.

اندازه‌های کلوئیدی

اگر جسمی را که نرم ساییده شده است در آب بریزیم، یکی از سه حالت زیر پیش می‌آید:

1. ممکن است یک «محلّول حقیقی» تشکیل شود که نتیجه‌ی پراکنده شدن اتم‌ها، مولکول‌ها یا یون‌های آن جسم در یک حلال است. اندازه‌ی ذرات در این محلّول از حدود ۱ nm تجاوز نمی‌کند؛
2. این امکان وجود دارد که ذرات بزرگتر از حدود ۱۰۰ nm باقی‌بمانند. این ذرات میکروسکوپی، به تدریج ته‌نشین می‌شوند. از آنجا که این ذرات به طور موقت معلق‌اند و بر اثر ماندن ته‌نشین می‌شوند، به مخلوط حاصل، «مخلوط معلق» یا «سوسپانسیون» می‌گویند؛
3. ذراتی که اندازه‌ی آنها از ۱ nm تا حدود ۱۰۰ nm تغییر می‌کند، معمولاً به صورت پراکنده در همه‌جای محیط باقی می‌مانند. این نوع مخلوط «کلوئید» نامیده می‌شود. به عبارت دیگر، در یک مخلوط کلوییدی با «نانوذرات» سروکار داریم. کلوئیدها در میانه‌ی سوسپانسیون‌ها و محلّول‌ها قرار می‌گیرند، ولی ناهمگن به شمار می‌روند. محیط‌های پیوسته – همچون آب یا الکل – و جسم پراکنده، هر کدام وضعیت جداگانه‌ای به وجود می‌آورند.

مقایسه‌ی اندازه‌ی ذرات محلّول‌ها، سوسپانسیون‌ها و کلوئیدها

دوام	اندازه‌ی ذره	نوع
دائمی	$1\text{ nm} <$ ذره	محلّول
دائمی	$100\text{ nm} > \text{ذره} > 1\text{ nm}$	کلوئید
ته‌نشین می‌شود	$100\text{ nm} <$ ذره	سوسپانسیون

دسته‌بندی کلوئیدها

کلوئیدها را برحسب حالت ذرات پخش‌شده (جامد، مایع و گاز) و حالت محیط پخش‌کننده می‌توان مطابق جدول زیر دسته‌بندی و نام‌گذاری کرد:

نمونه‌ها	نام کلی	حالت محیط پخش‌کننده	حالت ذرات پخش‌شده
—	—	گاز	گاز
بروم‌ه / افشانه‌های حشره‌کش / رنگ‌ها	اُروسُل	گاز	مایع
دود	اُروسُل	گاز	جامد
حباب‌های کوچک گاز در مایع، مانند کف صابون	کف	مایع	گاز
کرم‌های بهداشتی / شیر (چربی معلق در آب)	مولسیون	مایع	مایع
چسب‌ها / رنگ‌ها / آب گل‌آلود	سُل	مایع	جامد
سنگ پا	کف جامد	جامد	گاز
کره (آب در چربی جامد)	ژل	جامد	مایع
چینی / برخی از شیشه‌های رنگی / مروارید	سُل جامد	جامد	جامد

نکاتی درمورد کلوئیدها

الف - حرکت براونی ذرات کلوییدی

اگر یک قطره شیر را با میکروسکوپ نوری به دقت نگاه کنید، ذرات تشکیل دهنده آن را در حال حرکت دائم می بینید. این ذرات پیوسته و به طور نامنظم تغییر جهت می دهند. ذرات کلوییدی هنگامی که به هم می رسند، در برخورد با یکدیگر تغییر مسیر می دهند. به این حرکت دائمی و نامنظم ذرات کلوییدی «حرکت براونی» می گویند.

ب - دستگاه الکتروفورز

دستگاهی است که برای مطالعه حرکت ذرات کلوییدی در میدان الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد.

ج - دیالیز

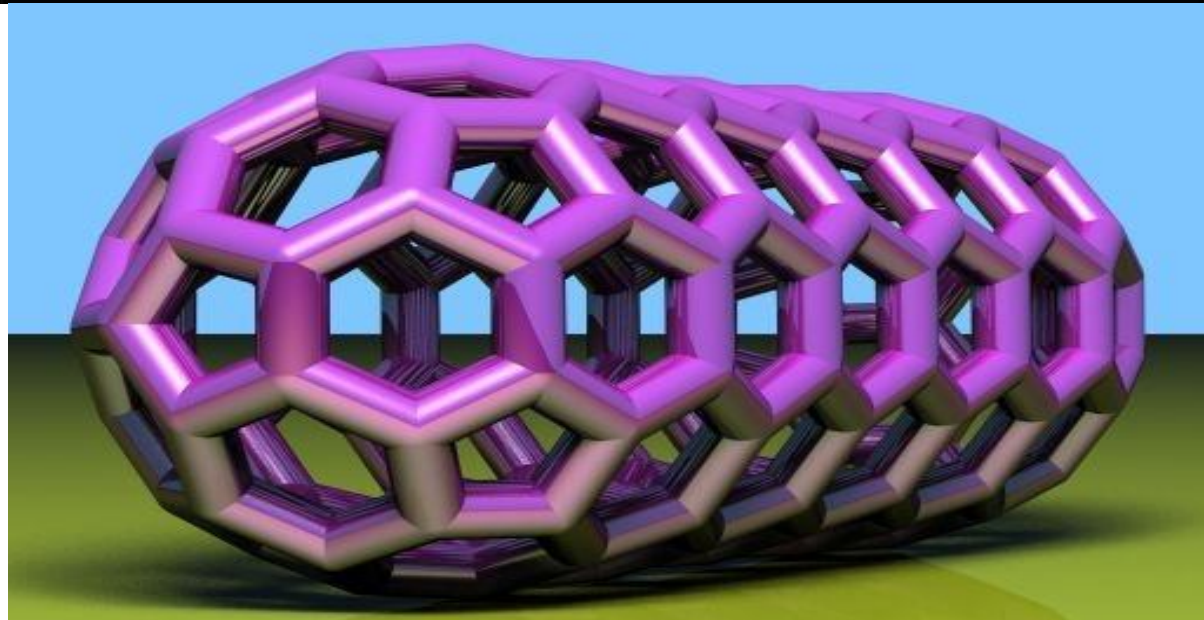
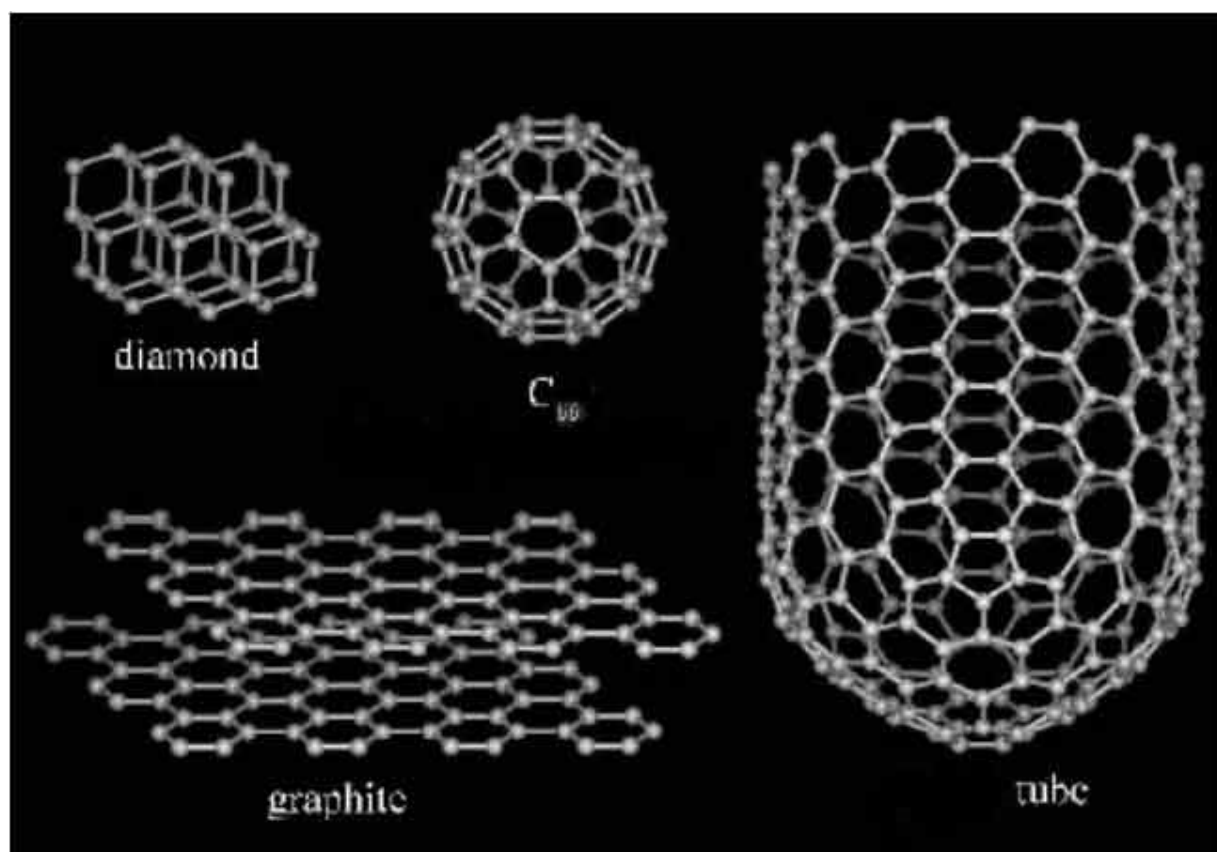
فرایند جدا کردن یون‌ها از ذرات کلوییدی «دیالیز» نامیده می شود. این کار معمولاً به کمک یک غشای مناسب صورت می گیرد. امروزه از دیالیز به طور گسترده برای تصفیه خون استفاده می شود. مطالعه و آزمایش بر روی انواع کلویدهای جامد در مایع آسان و ارزان تر از زمینه های دیگر نانو فناوری به نظر می رسد. شاید شما هم بتوانید نانوذرات مفیدی بسازید! حالا که می دانید سابقه و ریشه نانوذرات همان کلویدها هستند، منابع علمی بیشتری در اختیار دارید؛ مخصوصاً به زبان شیرین پارسی!

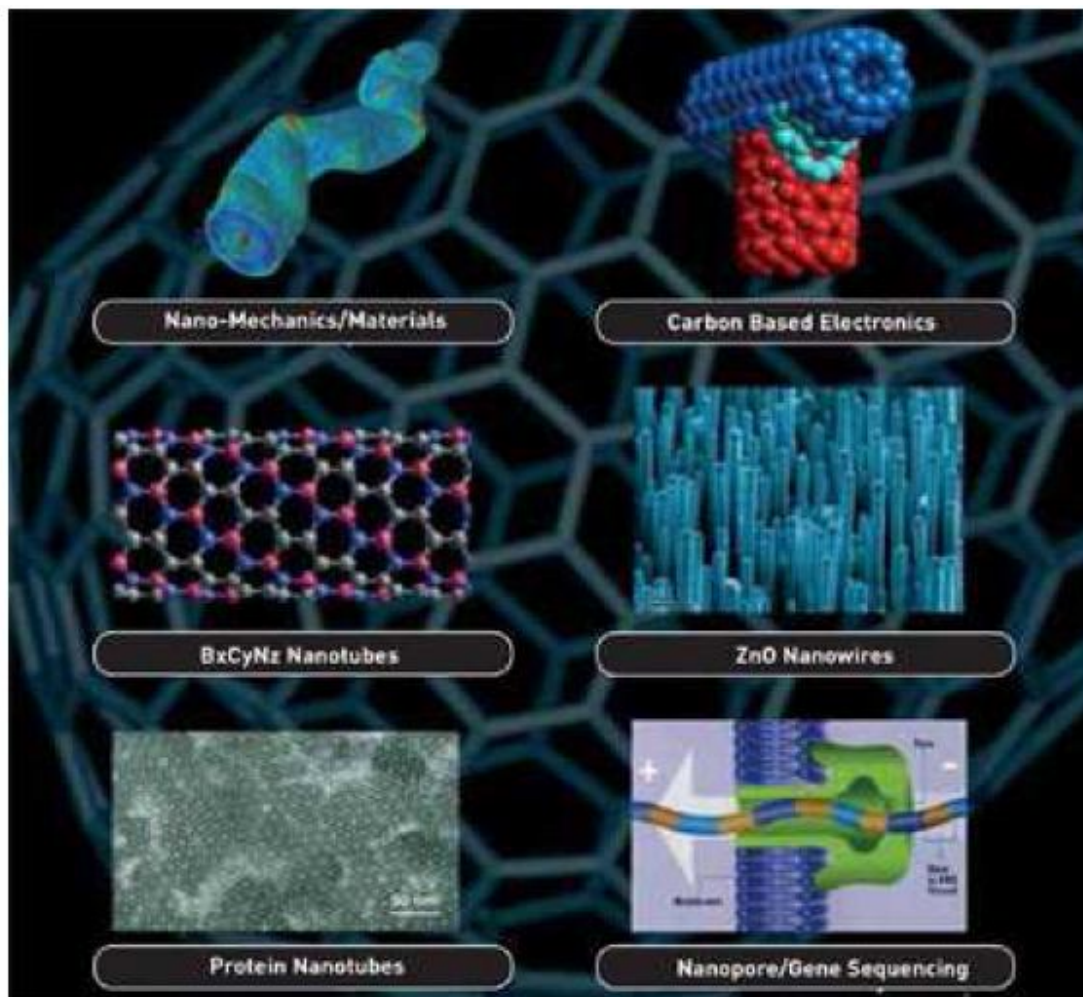
در آینده در مورد روش های مطالعه روی نانوذرات در مخلوط های کلوییدی و کاربرد آنها بیشتر صحبت خواهیم کرد. جداسازی مواد انواع گوناگونی دارد که «صافی» و «غشا» دو نوع از آنها هستند. غشا به دسته ای می گوئیم که اندازه ی منفذها در آن حدود ابعاد سلولی (میکرون) است. اما صافی نام کلی تری است برای ابزاری که برای جداسازی مواد به کار می روند. در صافی های معمولی، اندازه ی منفذها بسیار بزرگتر از ابعاد سلولی است.

نانولوله های کربنی

کربن یکی از عناصر شگفت انگیز طبیعت است و کاربردهای متعدد آن در زندگی بشر، به خوبی این نکته را تایید می کند. به عنوان مثال فولاد - که یکی از مهم ترین آلیاژهای مهندسی است - از انحلال حدود دو درصد کربن در آهن به حاصل می شود؛ با تغییر درصد کربن (به میزان تنها چندصدم درصد) می توان انواع فولاد را به دست آورد. «شیمی آلی» نیز علمی است که به بررسی ترکیبات حاوی «کربن» و «هیدروژن» می پردازد و مهندسی پلیمر هم تنها براساس عنصر کربن پایه گذاری شده است. کربن، به چهار صورت مختلف در طبیعت یافت می شود که همه این چهار فرم جامد هستند و در ساختار آنها اتم های کربن به صورت کاملاً منظم در کنار یکدیگر قرار گرفته اند. این ساختارها عبارتند از:

- 1- گرافیت 2- الماس 3- نانولوله ها 4- باکی بال ها (مانند C60 در شکل زیر)





اشکال گوناگون نانولوله ها

گرافیت:

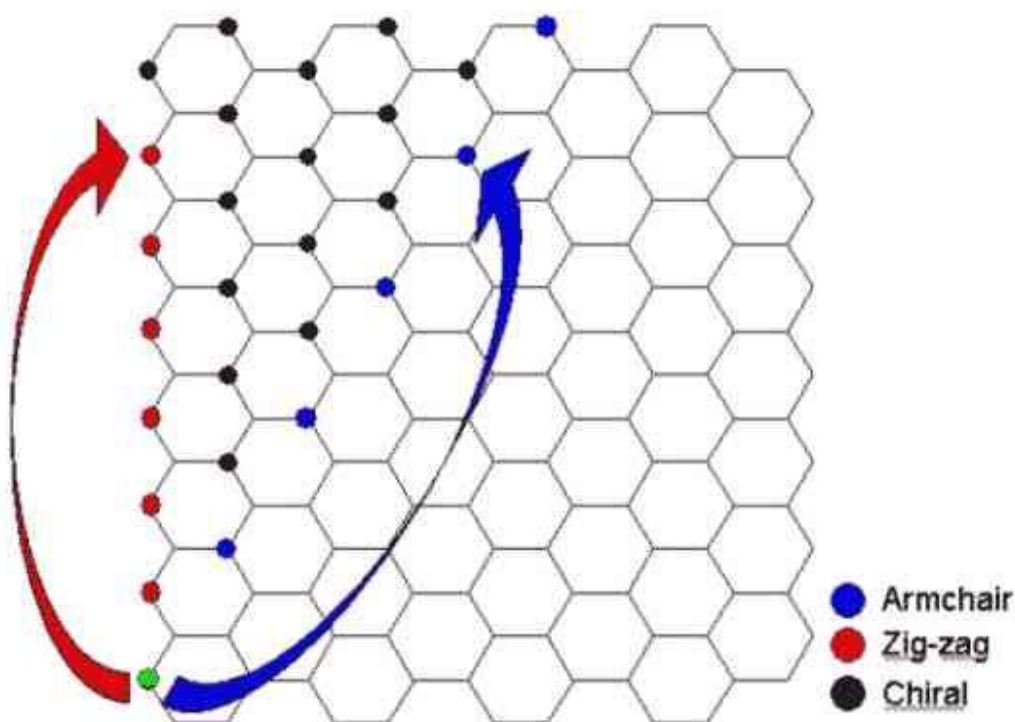
گرافیت یکی از مهم ترین ساختارهای کربن در طبیعت است و از قرار گرفتن شش اتم کربن در کنار یکدیگر به وجود آمده است. این اتم های کربن به گونه ای با یکدیگر ترکیب شده اند که یک شش ضلعی منتظم را پدید می آورند و از مجموع آنها، صفحه ای به دست می آید که به عنوان یک «لایه گرافیت» در نظر گرفته می شود.

اتم های کربن با پیوندهای کووالانسی - که پیوندی قوی و محکم است - به یکدیگر متصل شده اند. لازم به ذکر است که اتم های کربن به کار رفته در یک لایه گرافیت نمی توانند با کربنی خارج از این لایه پیوند کووالانسی بدهند. بنابراین یک لایه گرافیت از طریق پیوندهای واندروالسی - که پیوندهایی ضعیف هستند - به لایه زیرین متصل می شود. این مساله باعث می شود که صفحه های گرافیت به راحتی روی یکدیگر بلغزند. به همین دلیل از این ترکیب در «روغن کاری» و «روان کاری» استفاده می شود. علت نرمی سطوحی که با مداد روی آنها نوشته شده است نیز همین نکته می باشد

نانولوله ها

یک لایه گرافیت را در نظر بگیرید. اتم هایی را که در یک ردیف قرار گرفته اند با (n, m) - که نشان دهنده مختصات یک نقطه در

صفحه است - مکان‌یابی می‌کنیم. به طوری که مختصات n ، مربوط به ستون اتم‌ها و مختصات m مربوط به ردیف اتم‌ها باشد. همان‌طور که می‌دانیم برای تهیه یک لوله از یک صفحه، کافی است یک نقطه از صفحه را روی نقطه‌ی دیگر قرار دهیم. یک نانولوله مانند صفحه‌گرافیتی است که به شکل لوله درآمده باشد. بسته به اینکه چگونه دو سر صفحه گرافیتی به یکدیگر متصل شده باشند، انواع مختلفی از نانولوله‌ها را خواهیم داشت.



1. نوع زیگزاگ

برای ساختن نوع زیگزاگ نانولوله، مطابق شکل اتم‌ها را در راستای افقی (ستون به ستون) شماره $\{ (۱,۰) , (۲,۰) \dots \}$ ، اتم انتهایی $(۵,۰)$ را با خم کردن صفحه، بر روی اتم ابتدایی $(۰,۰)$ انطباق می‌دهیم. برای اطمینان از درستی روش ساخت باید دقت کنیم که در آخر کار، در راستای افقی یک خط شکسته زیگزاگ به دور نانولوله ببینیم.



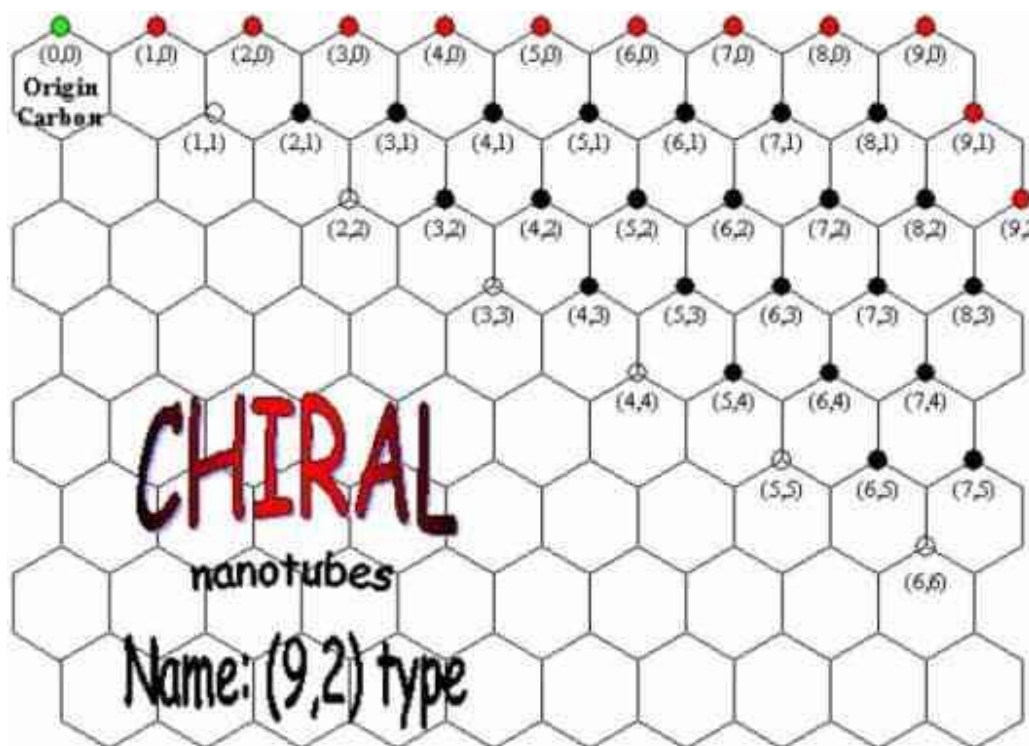
2. نوع صندلی

در صورتی که اتم ابتدایی و اتمی که در وضعیت ۴۵ درجه نسبت به آن قرار دارد، روی هم قرار بگیرند، نانولوله نوع صندلی به دست می آید. در این حالت می توانیم بین این دو اتم یک خط مستقیم رسم کنیم که معادله آن $m = n$ است. یعنی شماره ستون و ردیف هر یک از آنها با یکدیگر برابر است. در این حالت با یک بار گردش به دور نانولوله تعدادی صندلی پشت سر هم خواهیم دید.



3. نوع نامتقارن

در این حالت نیز مشابه روش صندلی عمل می کنیم، با این تفاوت که در مختصات اتم انتهایی، $m \neq n$ خواهد بود. اگر یک بار افقی به دور نانولوله بچرخیم مجموعه ای از صندلی ها را می بینیم که نسبت به افق، به صورت مایل قرار گرفته اند. برای ساختن مدلی از هر کدام از انواع نانولوله ها فقط کافی است مطابق شکل کاغذ را خم کرده و نقطه ی انتهایی را بر نقطه ی ابتدایی منطبق نمایید.



این لوله ها به علت آنکه دارای قطر چند نانومتری می باشند « نانولوله » نام گرفته اند. یعنی ما با اتصال دو نقطه ی یک صفحه گرافیتی به هم، لوله ای را به دست آورده ایم که قطر فضای خالی داخلی آن چند میلیارد یک متر است. (اگر طول یک متر را به یک میلیارد قسمت تقسیم کنیم، ضخامتی معادل یک نانومتر به دست می آید)

خواص نانولوله ها

هریک از سه نوع نانولوله، به خاطر آرایش اتمی خاصی خود، دارای خواصی می باشند که در اینجا به چند ویژگی مشترک بین آنها اشاره می کنیم:

1. خواص مکانیکی

نانولوله ها دارای پیوندهای محکمی در بین اتم هایشان می باشند و به همین علت در برابر نیروهای کششی مقاومت و استحکام زیادی از خود نشان می دهند. به عنوان مثال نیروی لازم برای شکستن یک نانولوله ی کربنی چند برابر نیرویی است که برای شکستن یک قطعه فولاد - با ضخامتی معادل یک نانو لوله - احتیاج داریم.

اما جالب است که بدانیم پیوندهای بین اتمی در نانولوله ها علاوه بر ایجاد استحکام بالا، شکل پذیری آسان و حتی پیچش را در آنها میسر می سازد! در حالی که فولاد تنها در برابر نیروهای کششی مقاومت است و برای پیچش انعطاف پذیری لازم را ندارد.

در بررسی کاربرد نانولوله ها و به کار گیری خواص آنها، می توانیم به استفاده از این ترکیبات به عنوان «رشته» در مواد مرکب، اشاره کنیم؛ به چنین موادی « کامپوزیت » می گویند. ملموس ترین مثال کامپوزیت «کاه گل» است. کاه گل مخلوطی از «کاه» و «گل» است که در آن، کاه به عنوان رشته هایی که استحکام و انعطاف پذیری بهتری نسبت به گل دارد، پراکنده شده است تا مانع از ترک خوردن آن شود. گل را اصطلاحاً «زمینه» می نامیم. نانولوله ها نیز چون استحکام و شکل پذیری خوبی دارند، در مواد مرکب با زمینه های فلزی، پلیمری و سرامیکی استفاده می شوند. اما مهم ترین فاکتوری که باعث برگزیدن نانولوله به عنوان رشته در مواد مرکب (کامپوزیت)

شده است، وزن کم آن است، در حالی که استحکام آن بالاست. از مهم ترین موارد استفاده چنین مواد مرکبی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

بدنه هواپیما و هلیکوپتر، زه راکت های تنیس و ...

2. خواص فیزیکی

مهم ترین خاصیت فیزیکی نانولوله ها، «هدایت الکتریکی» آنهاست. هدایت الکتریکی نانولوله ها بسته به زاویه و نوع پیوندها، از دسته ای به دسته دیگر کاملاً متفاوت است؛ هر اتم در جایگاه خود در حال ارتعاش است، وقتی که یک الکترون (یا بار الکتریکی) وارد مجموعه ای از اتم ها می شود، ارتعاش اتم ها بیشتر شده و در اثر برخورد با یکدیگر بار الکتریکی وارد شده را انتقال می دهند. هرچه نظم اتم ها بیشتر باشد، هدایت الکتریکی آن دسته از نانولوله ها بیشتر خواهد بود. تقسیم بندی ابتدای متن بر اساس نظم اتم های کربن در نانولوله و در نتیجه رسانایی آنها انجام شده است؛ برای مثال نانولوله نوع صندلی 1000 بار از مس رساناتر است، در حالی که نوع زیگراگ و نوع نامتقارن نیمه رسانا هستند. خاصیت نیمه رسانایی نانولوله ها بسته به نوع آنها تغییر می کند.

× خواص فوق العاده نانولوله ها و روش های پیچیده تولید آنها باعث شده است که قیمت هر گرم از این ماده حدود چند صد دلار باشد.

میکروسکوپ نیروی اتمی

AFM

تاریخچه

نانومتر واحد بسیار بسیار کوچکی برای اندازه گیری طول است که در ابعاد اتمی و مولکولی کاربرد دارد. ۱ نانومتر فاصله بسیار کوچکی است و به عنوان مثال مولکول آب با آن سنجیده می شود. برای درک میزان کوچکی این واحد طول خوب است بدانیم که تار موی انسان حدوداً ۸۰ هزار نانومتر قطر دارد، بنابراین برای مشاهده پدیده ها و درک اثراتی که در این اندازه بسیار کوچک وجود دارد نه تنها به چشم غیر مسلح نمی توان تکیه کرد بلکه حتی از میکروسکوپ های معمولی که در آزمایشگاه ها وجود دارند نیز، نمی تواند استفاده کنند چرا که با این میکروسکوپ ها فقط تا ابعاد "میکرومتر" را می توان دید.

به همین دلیل دانشمندان با پیشرفت علم و فنون به فکر ساختن وسایلی افتادند که بتوانند ابعاد اتمی را هم اندازه گیری کنند. وسایل زیادی با روش های مختلف برای این منظور ساخته شده است که خیلی از آنها کامل شده نمونه های قبلی است. اما میکروسکوپ نیروی اتمی جزو جدیدترین دستاوردهای دانشمندان در زمینه اندازه گیری در ابعاد و مقیاس نانو است که در پاییز سال هزار و سیصد و شصت و سه یعنی حدود بیست سال پیش توسط جرد بینینگ، کریستوف جرب و کوایت ساخته شد.

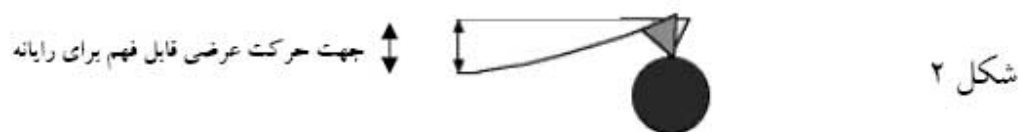
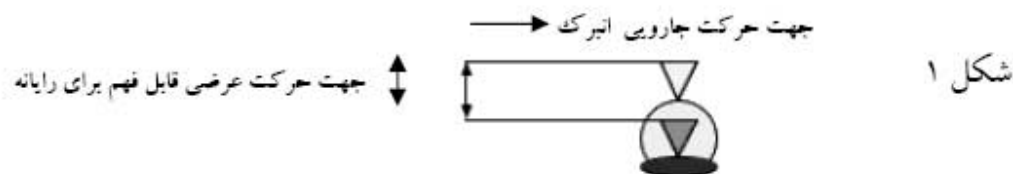
دستگاهی که بینینگ و همکارانش ساخته بودند از نظر عملکرد کاملاً مشابه میکروسکوپ های نیروی اتمی امروزی بود و در طی این بیست سال تنها دقت و روش فهم نهایی اندازه ها پیشرفت کرده است. با این دستگاه می شد طول هایی تا حدود "سیصد آنگستروم" یا "سی نانومتر" را اندازه گرفت. با گذشت زمان این دستگاه کاملتر شد و امروزه می توان با دقتی بیش از پانصد برابر دقت میکروسکوپ بینینگ سطوح مواد را مشاهده نمود.

• روش کار

می دانیم که تمامی اجسام هر اندازه هم که به ظاهر صاف و صیقلی باشند، باز هم در سطح خود دارای پستی و بلندی و ناصافی هایی هستند. به عنوان مثال سطح شیشه بسیار بسیار صاف و صیقلی به نظر می رسد، اما اگر در مقیاس خیلی کوچک به آن نگاه کنیم، خواهیم دید که سطح شیشه پر از ناصافی ها یا به عبارتی "دست انداز" است. کار میکروسکوپ نیروی اتمی نشان دادن این ناصافی ها و اندازه گیری عمق آنهاست. ثبت چگونگی قرار گیری و نشان دادن عمق و ارتفاع پستی و بلندی ها در یک سطح خاص از ماده را

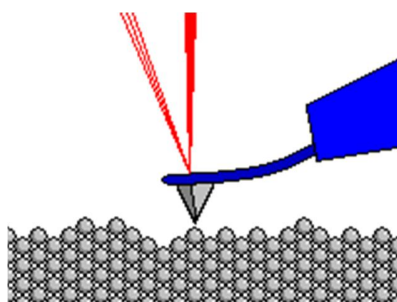
"توپوگرافی" می نامند.

می دانیم که نیروهای بسیار کوچکی بصورت جاذبه و دافعه بین اتمهای باردار وجود دارند، (درست مثل دو سر ناهم نام آهنربا که باعث دفع و جذب می شوند). چنین نیروهایی بین نوک میکروسکوپ و اتمهای سطح ایجاد می گردد. با اندازه گیری نیروی بین اتمها در نقاط مختلف سطح، می توان محل اتمها روی آن را مشخص کرد.



میکروسکوپ نیروی اتمی از اجزاء و قطعات مختلفی تشکیل شده است که مهم ترین بخش آن مجموعه "انبرک و نوک" می باشد و در واقع قسمت اصلی برای شناخت سطوح به شمار می آید. جنس انبرک معمولاً از سیلیسیم و نوک از یک تک اتم (معمولاً اتم الماس) تشکیل شده است. برای اینکه میکروسکوپ نیروی اتمی بتواند برجستگی ها و فرورفتگی ها را در ابعاد نانومتر حس کند لازم است نوک تیز انبرک ظرافت اتمی داشته باشد. همان طور که ما با دستکش کار نمی توانیم زبری یا نرمی یک سطح را حس کنیم. از آنجا که تصاویر مربوط به اندازه های اتمی روی یک سطح با چشم غیر مسلح یا حتی مسلح به قوی ترین عدسی ها قابل مشاهده نیست، به کمک ابزارهای پیشرفته، حرکات عرضی لمس شده توسط انبرک و نوک ویژه میکروسکوپ را به تصاویر ویدئویی تبدیل می کنند تا امکان مشاهده آرایش اتم های سطح، در صفحه رایانه امکان پذیر باشد.

درواقع کل فرآیند "جارو کردن سطح" به وسیله همان انبرک نوک دار صورت می گیرد. انبرک به راحتی در پستی و بلندی ها بالا و پایین می رود و انتهای آن هم به قسمتی متصل است که به جابجایی عرض انبرک بسیار حساس است و این تغییر فاصله ها را ثبت کرده و به علائمی تبدیل می کند که برای رایانه قابل فهم باشد. علائم گفته شده که "سیگنال" نام دارد توسط رایانه پردازش می شود تا نحوه قرار گیری اتم ها در کنار هم، بر روی صفحه نمایشگر، نشان داده شود.



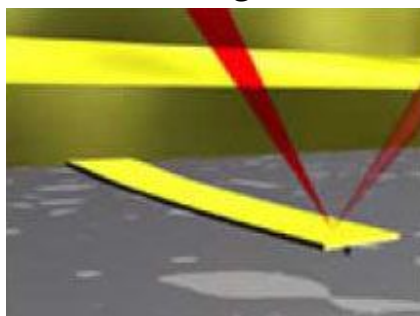
دو روش کلی برای جارو کردن سطح وجود دارد که عبارتند از روش تماسی و روش غیر تماسی.

در روش تماسی که برای بیشتر سطوح کارایی دارد، نوک انبرک در فاصله ای بسیار بسیار کم از سطح قرار می گیرد و به محض رسیدن به پستی یا بلندی به دلیل جابجایی که در انبرک ایجاد می شود، امکان نمایش توپوگرافی برای رایانه فراهم می گردد. درواقع نیرویی که بین سطح و نوک انبرک وجود دارد، با نزدیک شدن این دو به هم زیاد شده و با دور شدنشان از هم، کم می شود، این مسئله باعث مشاهده غیرمستقیم آرایش اتم ها می گردد.

روش غیر تماسی بیشتر برای سطوح کثیف و آلوده مورد استفاده قرار می گیرد، در این شیوه ابتدا انبرک را با نوسانی دقیق به حرکت درمی آوریم و آن را روی سطح هدایت می کنیم. انبرک خاصیت ارتجاعی و فتری دارد و به راحتی در عرض بالا و پایین می شود. در

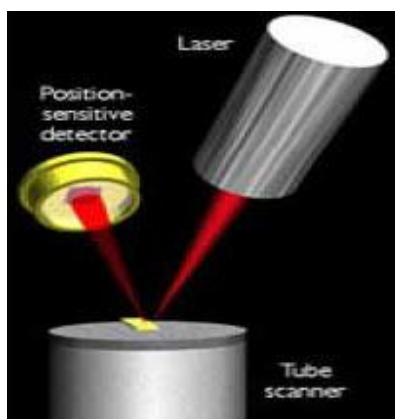
این حالت نیرویی که بین سطح و نوک انبرک وجود دارد، در نوسان انبرک تأثیر می‌گذارد و به این وسیله آرایش اتمی سطح مشخص می‌شود.

البته اندازه‌گیری ساختارهای بسیار ریز که موجب جابجایی بسیار کوچکی در انبرک می‌شود، روی می‌دهد خود بحث مفصلی است که این کار امروزه به وسیله تغییر جهت انعکاس نوری که از یک منبع بالای انبرک روی آن می‌تاباند، مشاهده می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳

به این معنی که سطح انبرک به گونه‌ای صیقل داده می‌شود که توانایی بازتابش نور را به خوبی داشته باشد. منبع نوری اشعه مرئی را به قسمت صیقل داده شده می‌تاباند و گیرنده آن را دریافت می‌کند. به محض جابجایی عرضی انبرک، اشعه کمی منحرف می‌شود که باتوجه به میزان انحراف ثبت شده در دستگاه، دانشمندان نقشه پستی و بلندی (توپوگرافی) را دقیقتر ترسیم می‌کنند (شکل ۴).



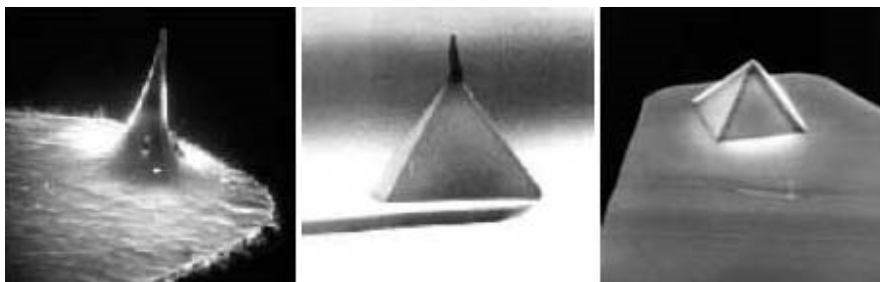
شکل ۴

نکته دیگری که در مورد کارکرد میکروسکوپ نیروی اتمی باید بدانیم آن است که پستی‌ها و بلندی‌ها در هر سه محور طول و عرض و ارتفاع توسط این دستگاه گزارش می‌شود. در نمونه‌های ابتدایی چون امکان نشان دادن بعد ارتفاع در رایانه نبود، این کار با رنگ‌ها انجام می‌شد. به این صورت که رنگ‌های تیره برای عمق‌های کم و رنگ‌های روشن برای عمق‌های زیاد به کار می‌رفتند. اما امروزه با استفاده از نرم‌افزارهای سه‌بعدی دیداری می‌توان توپوگرافی سطح را در هر سه بعد نشان داد.

• نتیجه

پس از معرفی میکروسکوپ نیروی اتمی و روش کار آن، خوب است بدانیم که بشر با اختراع این وسیله پیشرفت‌های بسیاری در علم مواد و شناخت سطوح پیدا کرده است که در بسیاری از صنایع از جمله الکترونیک، ارتباطات، خودرو، فضاوردی و انرژی تأثیرگذار بوده‌اند. درواقع اختراع میکروسکوپ نیروی اتمی فصل جدیدی در پیشرفت فناوری نانو و کاربردهای صنعتی آن می‌باشد.

نمونه هایی از انبرک و نوک میکروسکوپ نیروی اتمی:



در بخش یک اپلت جالب در مورد نانولوله‌ها و نانومخروط‌ها می‌بینید. با استفاده از این اپلت می‌توان انواع مختلف نانولوله‌ها، نانوصفحات و نانومخروط‌ها را با اتم‌های مختلف شبیه‌سازی کرد. محصول نهایی این اپلت یک تصویر از نانولوله، نانوصفحه یا نانومخروط به علاقه‌ی فهرست کامل نوع و مکان اتم‌های سازنده‌ی آن است.

آشنایی با عملکرد میکروسکوپ نیروی اتمی

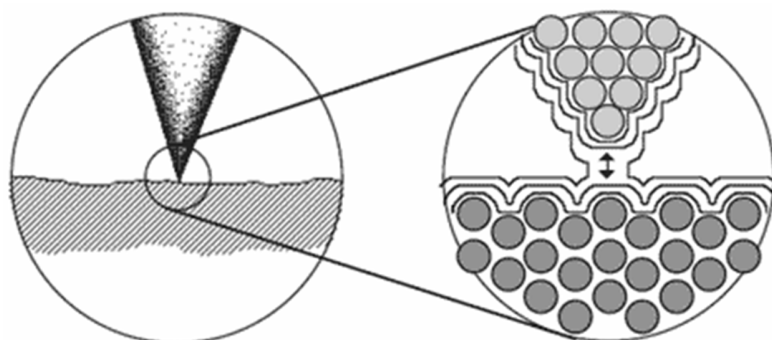
تلاش برای دیدن سطوح بسیار نازک، از مهم‌ترین فعالیت‌های علمی آزمایشگاه‌های جهان است. این کار، بسیار مشکل و معمولاً غیراقتصادی است. کدام کار؟ دیدن مستقیم سطوح بسیار نازک مانند سطح کف دریا یا سطح اتم. روش معمول برای دیدن چنین سطوحی غیرمستقیم است؛ یعنی جمع‌آوری داده‌های دقیق و پردازش آنها توسط رایانه‌ها و تبدیلات به تصاویر دیدنی. در مقاله‌ای که می‌خوانید، شما را با چگونگی کسب اطلاعات از سطوح نادیدنی و تبدیل آنها به مدل‌های دوبعدی و سه‌بعدی آشنا می‌کنیم. این همان کاری است که میکروسکوپ نیروی اتمی انجام می‌دهد.

شبیه‌سازی کف دریا که با استفاده از داده‌ها صورت می‌گیرد، مدت‌هاست که در تحقیقات و مطالعات اقیانوس‌شناسی به کار می‌رود. اقیانوس‌شناسان اولیه به انتهای کابل‌های بلند وزنه‌هایی می‌آویختند و ته دریا می‌فرستادند. این وزنه‌ها کف دریا را می‌پیمودند و ناهمواری‌ها و شیارهای آن را از طریق کابل‌ها روی کاغذهای شطرنجی نقش می‌کردند.

مروژه در فارسی به این قبیل وسایل که می‌توانند اطلاعاتی را از سطوح نادیدنی به ما برسانند، «پیمایشگر» می‌گویند. این عنوان معادل واژه probe در انگلیسی است.

اقیانوس‌شناسان جدید، کابل و وزنه را به کناری نهاده‌اند و فناوری رادار را به خدمت گرفته‌اند. آنها امواج صوتی را از یک کشتی اقیانوس‌پیما به کف دریا گسیل می‌کنند و با ثبت فاصله کف با منبع گسیل‌کننده ناهمواری‌های کف را ترسیم می‌نمایند. ماهواره‌ها هم به همین روش می‌توانند امواجی را به اعماق ناشناخته فضا بفرستند و با محاسبه زمان رفت و برگشت، فواصل را اندازه بگیرند.

در میکروسکوپ نیروی اتمی نیز از این روش دیدن استفاده می‌شود. AFM پیمایشگری را روی سطح ماده حرکت می‌دهد. همزمان با حرکت این پیمایشگر بر سطح ماده، نیروی مکانیکی بین کاوشگر و ماده محاسبه می‌شود. این داده‌ها برای به تصویر کشیدن سطح اتم در رایانه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

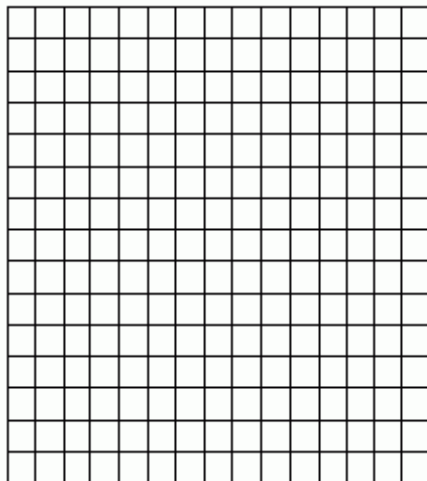


در اینجا آزمایشی را به شما معرفی می‌کنیم که شما را با رفتار یک میکروسکوپ نیروی اتمی آشنا می‌کند. با این آزمایش می‌توانید بدون دیدن مستقیم، داده‌هایی را از درون یک جعبه در بسته استخراج کنید و با استفاده از آنها تصاویری دو و سه‌بعدی از سطح درونی آن ترسیم نمایید.

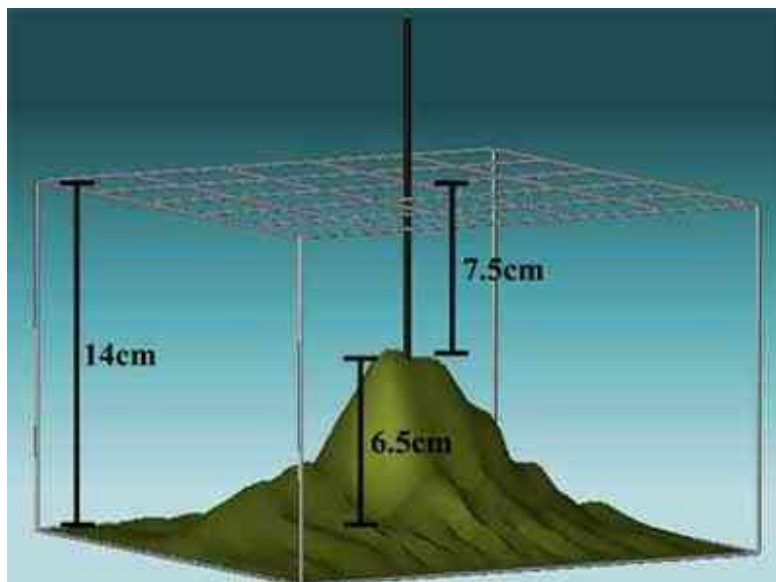


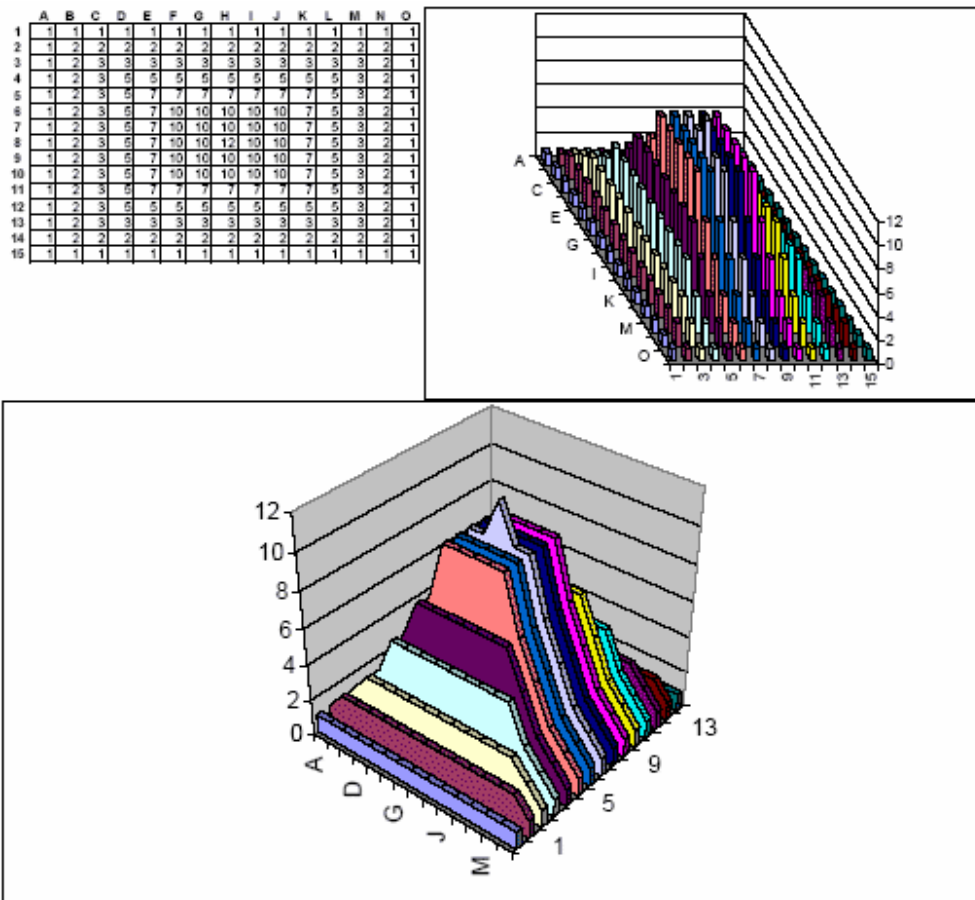
یک جعبه کفش خالی را بردارید و از دوستان بخواهید که یک وسیله مجهول درون جعبه درست وسط آن بچسباند و در آن راه هم محکم ببندد. حالا کاغذی شطرنجی، مانند تصویر زیر، روی آن بچسبانید. (اگر چاپگر دارید، روی تصویر کلیک کنید و نسخه با کیفیت بالاتر را دانلود کنید و از آن پرینت بگیرید.)

باشگاه نانو
www.nanoclub.ir



سپس با یک میل بافتنی صفحه را سوراخ سوراخ کنید و با کمک همان میل بافتنی ارتفاع شیء مجهول از کف جعبه را در نقاط مختلف اندازه بگیرید. حواستان را جمع کنید که فقط ارتفاع میله بافتنی فرو رفته داخل جعبه را اندازه بگیرید، بلکه ارتفاع جعبه را هم محاسبه کنید. مثلاً اگر ارتفاع جعبه ۱۴ سانتی متر است و میل بافتنی در آن نقطه ۷،۵ سانتی متر فرو رفته است. باید ۷،۵ را از ۱۴ کم کنید تا ارتفاع شیء مجهول از کف جعبه به دست آید.





شکل بالا نتیجه انجام آزمایش جعبه در بسته برای یک جسم هرم مانند است.

جدول 15×15 بالای صفحه در واقع همان کاغذ مشبکی است که شما روی جعبه چسبانده‌اید. حالا کافی است که ارتفاع شیء مجهول را در هر نقطه به کمک میل بافتنی اندازه بگیرید و آن را در خانه متناظر آن در فایل Excel ذخیره کنید. همانطور که اعداد وارد برنامه می‌شوند، نقشه سطح شیء مجهول که اصطلاحاً به آن «نقشه توپوگرافی» می‌گویند، کامل تر می‌شود.

کروماتوگرافی، روشی برای شناسایی مواد

کروماتوگرافی راهی است برای تشخیص اجزا در ابعاد نانومتری، با دقتی در حد و اندازه مولکولی و مدت‌ها پیش از شکل‌گیری فناوری نانو، برای شناسایی مواد به کار می‌رفت. اگر چند مولکول با هم داشته باشیم، کروماتوگرافی تشخیص می‌دهد غلظت آنها چقدر است. اساس کار کروماتوگرافی جداسازی اجزای مخلوط با استفاده از سرعت متفاوت حرکت مولکول‌های مختلف در محیط یکسان و با انرژی اولیه مشابه است. دستگاه‌های کروماتوگرافی پیشرفته، میلیون‌ها مولکول مختلف را در یک میلی‌متر مخلوط به راحتی شناسایی می‌کنند و پژوهشگران فناوری نانو می‌توانند به کمک این روش‌ها قسمت عمده‌ای از مشکلات خود را در شناسایی مواد مورد استفاده رفع کنند.

کروماتوگرافی به عنوان یکی از روش‌های آزمایشی کارآمد در نانو فناوری، شامل چند روش است: کروماتوگرافی کاغذی، کروماتوگرافی ژلی و کروماتوگرافی گازی از جمله روش‌هایی هستند که در اینجا با آنها آشنا می‌شویم. دقت کنید که زمان، عامل کنترل ما بر انتخاب ذراتی است که با سرعت‌های مختلف در محیط کروماتوگرافی توزیع مکانی می‌یابند.

ریشه لغوی کروماتوگرافی

در زبان یونانی chroma به معنی رنگ و grophein به معنی نوشتن است.

اطلاعات اولیه

کروماتوگرافی پُرکاربردترین شیوه جداسازی تجزیه‌ای است که در تمام شاخه‌های علوم به کار می‌رود. کروماتوگرافی گروه گوناگون و مهمی از روش‌های جداسازی را شامل می‌شود و امکان می‌دهد تا اجزای سازنده نزدیک به هم مخلوط‌های کمپلکس را جدا، منزوی و شناسایی کند. بسیاری از این جداسازی‌ها به روش‌های دیگر ناممکن است.

سیر تحولی رشد

اولین روش‌های کروماتوگرافی در سال ۱۹۰۳ توسط میخائیل سوئت ابداع و نام‌گذاری شد. او از این روش برای جداسازی مواد رنگی استفاده کرد. ریچارد لارنس و جان آرچر در سال ۱۹۵۲ به پاس اکتشافاتشان در زمینه کروماتوگرافی جایزه نوبل گرفتند.

توصیف کروماتوگرافی

کروماتوگرافی را به علت اینکه دربرگیرنده سیستم‌ها و تکنیک‌های مختلفی است نمی‌توان به طور مشخص تعریف کرد. اغلب جداسازی‌ها بر مبنای کروماتوگرافی و بر روی مخلوط‌هایی از مواد بی‌رنگ از جمله گازها صورت می‌گیرد. کروماتوگرافی متکی بر حرکت نسبی دو فاز است. یکی از این فازها بدون حرکت است و فاز ساکن نامیده می‌شود و دیگری را فاز متحرک می‌نامند. اجزای یک مخلوط به وسیله جریانی از یک فاز متحرک از داخل فاز ساکن عبور داده می‌شوند و جداسازی بر اختلاف در سرعت مهاجرت اجزای مختلف نمونه استوار است.

مثال

اگر به طور ساده بخواهیم عمل کروماتوگرافی را انجام دهیم، یک لیوان حاوی آب را برمی‌داریم و یک قطره جوهر در آن می‌چکانیم. سپس تکه کاغذی را برمی‌داریم و قسمتی از آن را در لیوان آب قرار می‌دهیم. پس از مدتی مشاهده می‌شود که جوهر از کاغذ بالا می‌رود و پخش می‌شود.



روش‌های کروماتوگرافی

روش‌های کروماتوگرافی، بر حسب ماهیت فاز متحرک و سپس بر حسب ماهیت فاز ساکن، ممکن است جامد، مایع و گاز باشند. بدین ترتیب، فرآیند کروماتوگرافی به چهار بخش اصلی تقسیم می‌شود. باید گفت که اگر فاز ساکن، مایع باشد کروماتوگرافی را تقسیمی می‌نامند.

انواع کروماتوگرافی

هر یک از ۴ نوع اصلی کروماتوگرافی انواع مختلفی دارد:

کروماتوگرافی مایع - جامد

- کروماتوگرافی جذب سطحی

- کروماتوگرافی لایه نازک

- کروماتوگرافی تبادل یونی

- کروماتوگرافی ژلی

کروماتوگرافی گاز - جامد

کروماتوگرافی مایع - مایع

- کروماتوگرافی تقسیمی

- کروماتوگرافی کاغذی

کروماتوگرافی گاز - مایع

- کروماتوگرافی گاز - مایع

- کروماتوگرافی ستون موئین

مزیت روش های کروماتوگرافی

روش های کروماتوگرافی می توانند جداسازی هایی را که به روش های دیگر خیلی مشکل اند، به انجام برسانند. زیرا اختلاف جزئی موجود در رفتار جزئی اجسام، در جریان عبور آنها از یک سیستم کروماتوگرافی چند برابر می شود.

هر چه این اختلاف بیشتر شود، قدرت جداسازی بیشتر و برای انجام جداسازی نیاز کمتری به وجود اختلافات دیگر خواهد بود.

- مزیت کروماتوگرافی نسبت به ستون تقطیر این است که به آسانی می توان به آن دست یافت. با وجود اینکه ممکن است

چندین روز طول بکشد تا یک ستون تقطیر به حداکثر بازده خود برسد، ولی یک جداسازی کروماتوگرافی می تواند در عرض چند دقیقه یا چند ساعت انجام گیرد.

- یکی از مزایای برجسته روش های کروماتوگرافی این است که آنها آرام هستند. به این معنی که احتمال تجزیه مواد

جداشونده به وسیله این روش ها در مقایسه با سایر روش ها کمتر است.

- مزیت دیگر روش های کروماتوگرافی این است که تنها مقدار بسیار کمی از مخلوط برای تجزیه لازم است. به این علت،

روش های تجزیه ای مربوط به جداسازی کروماتوگرافی می توانند در مقیاس میکرو و نیمه میکرو انجام گیرند.

- روش های کروماتوگرافی ساده، سریع و وسایل مورد لزوم آنها ارزان هستند. اجزای مخلوط های پیچیده را به کمک این

روش ها می توان از یکدیگر جدا کرد

انواع کروماتوگرافی	مواد
کروماتوگرافی تقسیمی	مواد شیمیایی مشابه
کروماتوگرافی جذب سطحی	مواد شیمیایی غیر مشابه

کروماتوگرافی گازی	گازها و اجسام فرار
کروماتوگرافی تبادل یونی در ستون کروماتوگرافی کاغذی یا لایه نازک	مواد یونی و معدنی
الکتروفورز ناحیه‌ای	مواد یونی و غیر یونی
کروماتوگرافی تبادل یون یا ژلی	مواد زیستی و ترکیباتی با جرم مولکولی نسبی بالا

انتخاب بهترین روش کروماتوگرافی

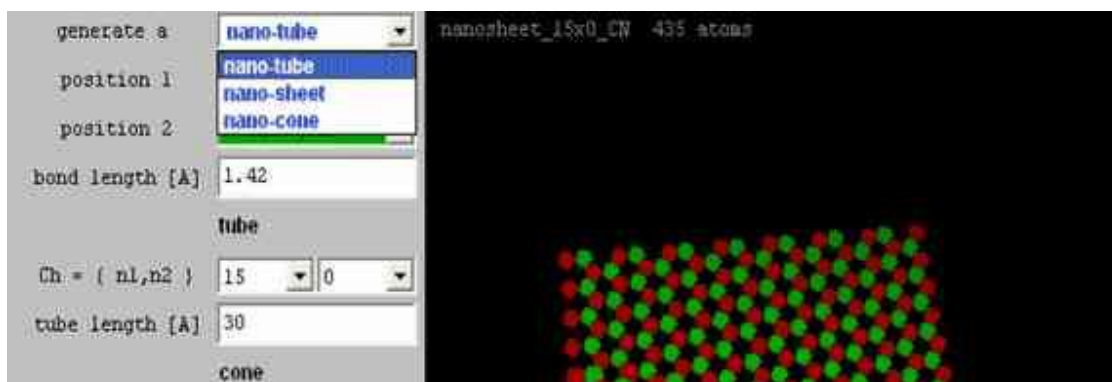
انتخاب نوع روش کروماتوگرافی بجز در موارد واضح (مانند کروماتوگرافی گازی در جداسازی گازها) عموماً تجربی است. زیرا هنوز هیچ راهی برای پیش‌بینی بهترین روش برای جداسازی اجسام، مگر در چند مورد ساده وجود ندارد. در ابتدا روش‌های ساده‌تری مانند کروماتوگرافی کاغذی و لایه نازک امتحان می‌شوند. در صورتی که با این روش‌ها مستقیماً قادر به جداسازی باشند، جداسازی را باید به وسیله آنها صورت داد. در غیر این صورت، از روش‌های پیچیده‌تر استفاده می‌شود. کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)، وقتی که روش‌های ساده فاقد کارایی لازم هستند، می‌تواند جوابگو باشد.

نانولوله‌ها، نانوصفحات و نانومخروط‌ها

با مطالعه نانولوله‌های کربن را خوانده‌اید؛ شاید هم نانولوله‌های کاغذی را ساخته باشید. بنابراین، نیازی نیست که در این فعالیت درباره‌ی نانولوله‌ها بیشتر صحبت شود. نانوصفحات ساختارهایی به شکل صفحه از اتم‌ها هستند. مانند شبکه‌ی شش ضلعی اتم‌های کربن در گرافیت. می‌توان فرض کرد که نانولوله از لوله کردن یک نانوصفحه ساخته می‌شود؛ شبیه به کاری که در فعالیت نانولوله‌های کاغذی انجام دادید. البته نکته‌ی بسیار مهم این است که نانولوله‌ها در عمل هرگز به این روش تولید نمی‌شوند. اما در مورد نانومخروط‌ها: شبیه به نانولوله‌ها که ساختاری از اتم‌ها (معمولاً کربن) به شکل یک لوله به قطر چند نانومتر هستند، نانومخروط‌ها نیز ساختاری از اتم‌ها به شکل یک مخروط با قطر قاعده و ارتفاع چند نانومتر هستند. اما فعلاً برای نانومخروط‌ها کاربردهای بسیار کمتری نسبت به نانولوله‌ها یافت شده است. برای همین نانومخروط‌ها به اندازه‌ی نانولوله‌ها مشهور نیستند. راهنمای اپلتِ نانو ساختارها:

در منوی سمت چپ اپلت، عناوین مختلفی وجود دارند. موضوع و طرز استفاده از هریک از عناوین، به ترتیب از بالا به پایین، به صورت زیر است:

عبارت generate a به معنی «تولید کن یک...» است. می‌خواهید چه چیزی بسازید؟ از جعبه‌ی انتخاب کنار عبارت generate a، یکی از گزینه‌های tube - nano یعنی نانولوله، sheet - nano یعنی نانوصفحه و cone - nano یعنی نانومخروط، را انتخاب کنید. (شکل ۱)



شکل ۱

عبارت position 1 به معنی «موقعیت ۱» است. می‌خواهید از چه اتمی برای ساختن استفاده کنید؟ از جعبه‌ی انتخاب از میان C - Carbon یعنی کربن، N - Nitrogen یعنی نیتروژن و B - Boron یعنی بور، اتم سازنده را انتخاب کنید.

عبارت position 2 به معنی «موقعیت ۲» است. می‌توانید نانو ساختاری بسازید که از دو نوع اتم ساخته شده باشد. نوع دوم اتم‌ها هم می‌تواند کربن، نیتروژن یا بور باشد. در عمل، تنها نانو ساختارهای ساخته شده از این سه نوع اتم، ساختارهای پایدار و قابل استفاده‌ای بوده‌اند.

عبارت bond length [Å] به معنی «طول پیوند بر حسب آنگستروم» است. آنگستروم واحد طول به اندازه‌ی متر است، یعنی ۱،۰ نانومتر. مقدار پیش فرض برای طول پیوند، ۱،۴۲، آنگستروم یعنی طول پیوند یگانه‌ی کربن - کربن است. طول پیوند برای حالت‌های دیگر، مانند نیتروژن - نیتروژن یا بور - کربن و... را می‌توانید در کتاب‌های شیمی پیدا کنید.

بعد از چهار موضوع بالا، به موضوع‌های ویژه‌ی نانولوله و نانومخروط می‌رسیم. ابتدا در مورد لوله‌ها:

• عبارت $Ch = \{n1, n2\}$ به معنی مختصات بردار عدم تقارن، یا بردار «کایرال» است. در مقاله‌ی نانولوله‌های کربنی دیدید که مشخصه‌ی مهم نانولوله‌ها که باعث تشکیل انواع «صندلی»، «زیگزاگ» و «نامتقارن» می‌شود، این است که هنگام لوله شدن فرضی یک نانوصفحه، کدام یک از کربن‌ها، برای مثال کربن شماره‌ی (n1, n2)، روی کربن مبدأ با مختصات (۰، ۰) می‌افتد. به بردار (n1, n2)، بردار عدم تقارن یا بردار «کایرال» نانولوله می‌گوییم. این بردار ساختار نانولوله را به خوبی مشخص می‌کند. باید یادآوری کرد که برخی خواص نانولوله‌ها، خصوصاً خواص الکتریکی آنها، به بردار عدم تقارن وابسته است. مختصات بردار عدم تقارن، به عبارت دیگر، مختصات کربنی که باید روی کربن مبدأ بیفتد را وارد کنید.

عبارت tube length [Å] به معنی «طول نانولوله بر حسب آنگستروم» است. طول نانولوله را در اینجا وارد کنید.

در مورد نانومخروط‌ها:

عبارت disclination به معنی «زاویه‌ی رأس» مخروط است. زاویه‌ی رأس را در اینجا وارد کنید.

عبارت cone height [Å] به معنی «ارتفاع نانومخروط بر حسب آنگستروم» است. ارتفاع نانومخروط را در اینجا وارد کنید.

عبارت ncone, dZ به ترتیب به معنی «تعداد نانومخروط‌ها» و «فاصله‌ی بین رئوس» آنهاست. در حالت پیش فرض تنها یک نانومخروط ساخته می‌شود. اگر مقادیر این بخش را تغییر دهید، می‌توانید چند مخروط را ببینید که داخل هم فرو رفته‌اند.

حالا به دو دکمه می‌رسیم:

با فشار دادن دکمه‌ی creat، نانو ساختار ساخته می‌شود و می‌توانید آن را در صفحه‌ی سمت راست ببینید. می‌توانید تصویر نانو ساختار را با استفاده از ماوس بچرخانید.

با فشار دادن دکمه‌ی list xyz، فهرست اتم‌های موجود در ساختار و مکان آنها در یک فایل جدید

```
5.872 0 0 1
5.743 1.221 2.13 1
5.872 0 1.42 2
5.743 1.221 3.55 2
```

نوشته می‌شود. مثلاً به این شکل:

سه عدد سمت چپ به ترتیب مختصات طول، عرض و ارتفاع اتم‌ها هستند. عدد چهارم، نوع اتم را مشخص می‌کند، به این ترتیب که عدد ۰ به معنی کربن، عدد ۱ به معنی بور و عدد ۲ به معنی نیتروژن است. این فهرست برای شبیه سازی رایانه ای رفتار نانو ساختار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سه موضوع دیگر هم زیر دکمه‌ها دیده می‌شوند:

عبارت‌های xy distortion و z distortion به ترتیب به معنی «له‌شدگی صفحه‌ای» و «له‌شدگی در عمق» هستند. در حالت پیش فرض، مقادیر این دو موضوع ۱ است. اگر این مقادیر را تغییر دهید، یک نانولوله یا نانومخروط می‌بینید که انگار تحت فشار قرار گرفته و قدری له شده است. به عبارت دیگر، سطح مقطع لوله یا مخروط به جای آنکه دایره باشد، بیضی خواهد بود. عبارت screw [A/deg] به معنی «تاب خوردگی بر حسب زاویه در واحد طول آنگستروم» است. در حالت پیش فرض، مقدار این موضوع ۰ است. یعنی نانولوله اصلاً تاب نمی‌خورد. اگر مقدار این موضوع را زیاد کنید، یک نانولوله‌ی تاب خورده و کج و معوج خواهید داشت.

در آخرین سطر، دو انتخاب وجود دارد:

اگر عبارت atom را تیک بزنید، تصویر صفحه‌ی سمت راست به صورت مدل اتمی فضا پُر کن خواهد بود. اگر این موضوع تیک نخورده باشد، تصویر صفحه‌ی سمت راست به صورت مدل سیمی دیده می‌شود.

اگر عبارت stereo تیک نخورده باشد، تنها یک نانو ساختار خواهید دید، اما اگر این موضوع را تیک بزنید، از نانو ساختار ساخته شده دو نمونه دیده می‌شود. اگر عینک مخصوص برای سه‌بعدی دیدن را در اختیار داشته باشید، می‌توانید در این حالت، نانو ساختار را سه‌بعدی ببینید. نگران نشوید، من هم از این عینک‌ها ندارم، ولی می‌توانید از این عینک‌ها بسازید!!!

فناوری نانو محاسباتی

الف - چرا به محاسبه نیازمندیم؟

علاقه مردم به محاسبات طولانی و خسته کننده، از دیرباز وجود داشته است. اما این محاسبات که اغلب با شیوه‌های دستی صورت می‌گرفت، به محض برخورد به اولین پیچیدگی‌ها به بن‌بست می‌خورد و بی‌حاصل می‌ماند. با وجود این، کسانی هم بودند که از همین پیچیدگی‌ها لذت می‌بردند و برای رفع آنها کوشش می‌کردند.

در نیمه دوم قرن بیستم، کامپیوتر (ماشین حسابگر) اختراع شد و محاسبات پیچیده و بسیار مفصل به اموری عادی و روزمره بدل گردیدند.

در این مقاله نمی‌خواهیم تاریخچه محاسبات را بازگو کنیم، بلکه قصد ما تأکید بر این نکته است که دنیای امروز، پیشرفت پرشتاب خود را به دقت، و بویژه دقت در محاسبات پیچیده و مفصل، مدیون است.

هر کدام از ما در طول روز بارها و بارها، آگاه و ناخودآگاه، با خود محاسبه می‌کنیم:
الان ساعت چند است؟ چقدر پول همراهان است و با این پول چقدر می‌شود خرید کرد؟ اگر این کار را بکنیم، چه نتیجه‌ای خواهد داشت...

محاسبات دیگری هم هستند که با تکیه صرف به توان ذهنی نتیجه نمی‌دهند. انجام این قبیل محاسبات نیازمند مقداری سواد و کاغذ و قلم است. محاسبات پیچیده‌تر به ابزاری پیچیده‌تر نیاز دارند. احتمالاً هیچ کس نمی‌تواند فقط با استفاده از کاغذ و قلم صد عدد فیثاغورثی غیر یکسان تولید کند. ۳، ۴، ۵ یک دسته از آنهاست، بقیه را شما بگویید!
موضوع به اینجا ختم نمی‌شود؛ کل زندگی بشر تحت الشعاع محاسبات مختلف قرار گرفته است. کسی که می‌خواهد یک چهارپایه بسازد، باید لااقل جمع و تفریق بلد باشد. کسی هم که می‌خواهد هواپیمای جت بسازد، باید صدها معادله را حساب کند تا به نتیجه مطلوب برسد. خلاصه اینکه هر که طاووس خواهد، جور هندستان کشد!

امروزه دانشمندان با داشتن اطلاعات آزمایشگاهی و تحلیل محاسباتی آنها، در پی حل مسائلی بسیار مهم و در عین حال عادی هستند. مثلاً اینکه چگونه مغز تصاویر ارسالی از عصب بینایی را تحلیل می‌کند؟ چطور این تصاویر ثبت می‌شود به طوری که اگر یک بار دیگر آن را ببینیم یادمان می‌آید که آن را قبلاً دیده‌ایم؟ (جالب است بدانید که «سازمان فضاءنوردی آمریکا» (NASA) احتمال پاسخگویی و به کارگیری این تکنیک را سال‌های ۲۰۳۰ میلادی به بعد اعلام کرده است.:

حل چنین مسائلی در علوم، از طرفی نیازمند استفاده از فنون محاسباتی پیشرفته و از سوی دیگر همکاری تنگاتنگ دانشمندان رشته‌های مختلف است. به همین علت، انقلاب‌های علمی آینده در بستر فعالیت‌ها و کشفیات بین‌رشته‌ای در علوم اتفاق می‌افتند. نانو فناوری از جمله مهمترین و اصلی‌ترین انقلاب‌های علمی و فناورانه آینده است و در این میان نانو فناوری محاسباتی در پیشبرد و اثبات نظریه‌ها و فرضیه‌های مربوط به علوم مقیاس نانو (یعنی حدود میلیونیم متر) نقشی بی‌بدیل بازی می‌کند.
در اینجا سعی می‌کنیم گوشه‌ای از مقدمات دستیابی به محاسبات پیشرفته را بازگو کنیم.

ب - درباره شبیه سازی

ابتدا مقدماتی از محاسبات کامپیوتری اتمی - مولکولی یا مشخصاً **شبیه سازی** دینامیک مولکولیرا که سرآغاز محاسبات پیشرفته‌تر است، ذکر می‌کنیم. مدل سازی دینامیک مولکولی در مقابل روش «مونت کارلو» قرار دارد. در روش دینامیک مولکولی، سعی می‌شود معادله قانون دوم نیوتن برای پیدا کردن مسیر حرکت ذره نسبت به زمان واقعی به دست آید، ولی در روش دوم سیستم مورد بررسی، همواره در حال تعادل فرض می‌شود و زمان واقعی مشخص نیست.

در ذیل تمام مباحث، الگوریتم‌وار آمده است. در هر یک از انواع شبیه سازی، چهار موضوع کلی را باید در نظر بگیریم:

1. باید بعد از انتخاب موضوع، اطلاعاتی از قوانین فیزیکی حاکم بر مسئله داشت؛ بخصوص قوانین بنیادی فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی که سعی می‌شود همراه روش‌های محاسباتی تا جایی که لازم است به آنها پردازیم. از جمله، شناخت انواع نیروهای موجود در طبیعت و به تبع آنها انرژی‌های پتانسیل موجود در طبیعت.

2. باید روش‌های حل عددی معادلات ریاضی حاکم بر پدیده‌های فیزیکی را دانست. امروزه روش‌های جدید روزبه‌روز در حال گسترش‌اند. این روش‌ها انواع و اقسامی دارند که با توجه به مسئله مورد نظر و میزان دقتی که مدنظر است متفاوتند.

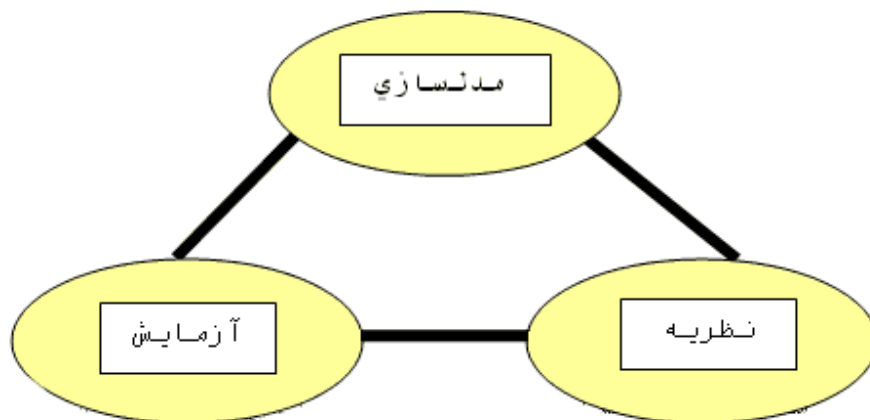
3. باید با یکی از زبان‌های برنامه‌نویسی متناسب با مسئله مورد نظر آشنا بود؛ از QBASIC گرفته تا ++C و غیره. برای کار ما که تنها دنبال یادگیری هستیم حتی QBASIC هم کافی است، ولی ما در محیط VISUALBASIC برنامه‌هایمان را کامپایل می‌کنیم.

نکته قابل توجه: امروزه نمایشی کردن نتایج محاسبات و شبیه‌سازی‌ها که به آن VISUALIZATION می‌گویند، امر مهمی است. در واقع، تهیه انیمیشن از کار بسیار راه‌گشا و مورد اقبال مردم است. به این منظور، ما انیمیشن‌های دوبعدی را در محیط یادشده برای کارهای خود برمی‌گزینیم.

4. آشنایی با تحلیل داده‌ها و خطاهای محاسباتی. این موضوع در سطوح حرفه‌ای شبیه‌سازی اهمیت فراوانی دارد.

ج- آنچه یک متخصص شبیه‌سازی انجام می‌دهد

- 1 یک پدیده فیزیکی در طبیعت اتفاق افتاده است. رفتار اجزا و کل آن پدیده به‌دقت مورد مشاهده قرار می‌گیرد و ثبت و ضبط می‌شود. موادی (منظور مولکول‌هایی بزرگ یا کوچک) با اجزای مختلف، در حضور دیگر هم‌نوعان یا انواع دیگر، چه رفتاری دارند؟
- 2 متخصص، یا برای این پدیده‌ها توجیه منطقی دارد یا ندارد. اگر داشته باشد، حتماً راه رسیدن به آن توجیه منطقی (که مبنای آن یک قانون فیزیکی است)، دارای مقبولیت نسبی است، و گرنه باید راه‌های مختلف را امتحان کرد.
- 3 با ارائه یک مدل ریاضی ساده، می‌توان هر دو امکان فوق را بررسی کرد. یعنی از یک طرف مهر تأیید بر یافته‌های ثبت‌شده زد و از طرف دیگر راه‌های جدید پیشنهاد کرد.
- اینکه چرا مدل باید پایه ریاضی داشته باشد، به آن علت است که ریاضیات منطق مطلق است و هیچ روند صحیح ریاضی به نتیجه غلط منجر نمی‌شود، مگر از ابتدا مدل با سهل‌انگاری طرح شده باشد.
- 4 روش‌های حل عددی که در کامپیوترها مورد استفاده قرار می‌گیرند نیز به کار می‌آیند.
- 5 یکی از روش‌های معمول شبیه‌سازی متناسب با مدل یا مسئله، کدنویسی می‌شود، یعنی نهایتاً فعالیت شبیه‌ساز به یک کد (برنامه) کامپیوتری تبدیل می‌شود.
- 6 و بالاخره شخص سعی خود را در تفسیر، مقایسه، نتیجه‌گیری و احیاناً تعمیم به کار خواهد گرفت. این تفسیر و نتیجه‌گیری بر اساس یک سری اصول مربوط به آمار و محاسبات صورت می‌گیرد.



شکل ۱: مدل‌سازی پلی است میان نظریه و آزمایش

شبیه‌سازی حرکت سقوط آزاد

آنچه از این فصل می‌آموزیم:

1. تقریب عددی مرتبه اول مشتق. 2. آشنایی با گام زمانی. 3. آشنایی با حلقه‌های برنامه‌نویسی و اهمیت آنها.

می‌خواهیم یک حرکت سقوط آزاد را مدل و شبیه سازی کنیم (این مسئله یک مسئله اتمی ملکولی نیست):

1 تمام روابط ریاضی آن موجود است، ولی ما نمی‌خواهیم با دانستن جواب – یعنی فرمول‌های حرکت سقوط آزاد به حل مسئله بپردازیم. (هر چند آن‌هم در جای خود آموزنده است).

2 در شبیه سازی فرض می‌شود که ما فقط قوانین اصلی را داریم (اینجا قانون دوم نیوتن). همین‌طور اثر دنیای خارج از یک سیستم (گلوله در حال سقوط) را بر آن به صورت نیروهای معروف (اینجا نیروی جاذبه زمین) می‌شناسیم. بعد به حل عددی معادله نیوتن در کامپیوتر می‌پردازیم (بعداً بیشتر در این باره صحبت خواهیم کرد).

شاید سؤال شود اگر ما جواب را داریم پس دنبال چه چیزی هستیم؟ باید گفت که ما با طرح مسائلی که از قبل حل شده‌اند، توان عملی خود را در پیش‌گویی‌های از قبل مشخص محکم می‌زنیم تا در آینده به حل مسائل حل نشده بپردازیم.

3 با شروع از یک سری اعداد و ارقام اولیه – که به شرایط اولیه مسئله وابسته‌اند – آینده سیستم را به کمک حل‌های عددی معادله نیوتن پیش‌بینی کنیم و اگر موضوع یک ذره مادی است مسیر آن را ردگیری نماییم و تمام خصوصیات مورد نیاز را محاسبه کنیم.

4 در مرحله بعدی به کمک قانون دوم که مناسب حرکت‌های معمولی است، به ردیابی ذره به کمک کدهای کامپیوتری بپردازیم. این روش ردگیری را «دینامیک مولکولی» می‌گویند.

همچنین روش عملیاتی یا پیاده کردن این مدل‌ها را به صورت ریاضی، «آنالیز عددی» یا «حل عددی کامپیوتری» می‌گویند.

برای آنکه با نمونه‌ای از «حل عددی» آشنا شوید، به حل عددی معادلات (یا مشتقات) ساده $v_x(t) = \frac{dx}{dt}$ و $a_x(t) = \frac{dv}{dt}$ در تقریب اول به کمک تعریف مشتق تابع (مشتق یک تابع در واقع شیب یک تابع در نقطه دلخواه است) می‌پردازیم. مثلاً اگر تابع $Y(t)$ را در

دستگاه $y - t$ رسم کنیم، شیب خط مماس در نقطه t برابر $\left. \frac{dy}{dt} \right|_t$ است. توجه کنید:

$$v_x(t) = \frac{dx}{dt} \rightarrow v_x(t) \approx \frac{x(t+\delta t) - x(t)}{\delta t} \rightarrow x(t+\delta t) = x(t) + v_x(t) \times \delta t \quad (1)$$

در یک شبیه‌سازی از $t=0$ در رابطه ۱ شروع می‌کنیم. بعد با در نظر گرفتن مقداری برای «گام زمانی» نامیده می‌شود (انتخاب مقدار گام زمانی بسیار کلیدی است) به مقدار X در زمان‌های بعدی می‌رسیم. سرعت ذره در گام بعدی را هم با کمک رابطه‌ای مشابه با حل عددی معادله دوم به دست می‌آوریم:

$$a_x(t) = \frac{dv_x}{dt} \rightarrow a_x(t) \approx \frac{v_x(t+\delta t) - v_x(t)}{\delta t} \rightarrow v_x(t+\delta t) = v_x(t) + a_x(t) \times \delta t \quad (2)$$

برای یک حرکت شتابدار ثابت مقدار a در رابطه اخیر مشخص است.

رابطه‌های ۱ و ۲ حل عددی معادلات مذکور هستند (که به روش اویلر معروف است). بعداً به تفصیل به روش‌های بادقت بیشتر باز خواهیم گشت.

در مثال سقوط آزاد، به جای a عدد $-9/8$ (شتاب گرانش) را می‌گذاریم و چون حرکت در راستای قائم است از Y به جای X استفاده می‌کنیم:

بهرتر است این معادلات را برای راحتی کار به صورت زیر بازنویسی کنیم:

$$\begin{cases} y_{i+1} = y_i + v_i \times \Delta t \\ v_{i+1} = v_i - 9.8 \times \Delta t \end{cases} \quad (4)$$

اندیس i نشان دهنده تعداد گام‌هاست. رابطه ۴ ساده‌ترین نوع از الگوریتم‌های حل قانون دوم نیوتن است.

شرایط اولیه سقوط – سرعت و محل اولیه – را می‌نویسیم:

$$i = 0 \rightarrow \begin{cases} y_0 = y(0) = 10 \text{ m} \\ v_0 = v_y(0) = -2 \text{ m/s} \end{cases} \quad (5)$$

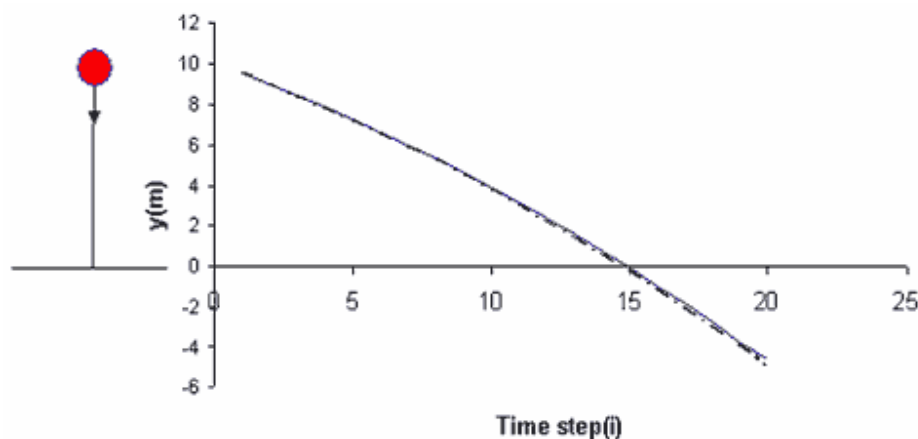
در جدول زیر (که تنها چند مقدار اول از نتایج محاسبات آمده است) با توجه به رابطه ۴ برای محل ذرات و انتخاب گام‌های زمانی ۰/۰۱ و ۰/۰۵، تعدادی از y ها تولید شده‌اند. به عبارت دیگر تابع $Y(t)$ به صورت گسسته – یعنی یکسری عدد – پیدا می‌شود.

i شماره گام زمانی ($t = i * \Delta t$)	y مقدار واقعی با گام زمانی 0/01	y مقدار محاسبه شده با گام زمانی 0/01	y مقدار واقعی با گام زمانی 0/05	y مقدار محاسبه شده با گام زمانی 0/05
0	10	10	10	10
1	9.89951	9.9	9.48775	9.5
2	9.79804	9.79902	8.951	8.9755
3	9.69559	9.69706	8.38975	8.4265
4	9.59216	9.59412	7.804	7.853
5	9.48775	9.4902	7.19375	7.255
6	9.38236	9.3853	6.559	6.6325
7	9.27599	9.27942	5.89975	5.9855
8	9.16864	9.17256	5.216	5.314
9	9.06031	9.06472	4.50775	4.618
10	8.951	8.9559	3.775	3.8975
11	8.84071	8.8461	3.01775	3.1525
12	8.72944	8.73532	2.236	2.383
13	8.61719	8.62356	1.42975	1.589

این اعداد محل ذره را در لحظات مختلف نشان می‌دهند.

اکنون می‌توان تابع گسسته محاسبه شده با گام ۰/۰۰۵ را با جواب واقعی که یک سهمی است و به صورت خط چین نشان داده شده است. – مقایسه کرد.

$$\begin{cases} y(t) = -\frac{9.8}{2} \times t^2 - 2t + 10 \\ v_y(t) = -9.8t - 2 \end{cases} \quad (6)$$



شکل ۲: مقایسه جواب به دست آمده از حل عددی و جواب واقعی برای مساله سقوط آزاد

دکمه‌ای روی فرم استاندارد ویژوال بیسیک طراحی کنید و سپس داخل آن برنامه زیر را بنویسید:

```
Private Sub Command1_Click()
    Initial value
    y = 10
    v = -10
    Time step
    dt = 0.01
    Acceleration
    a = -9.8
    Two path for saving the results
    Path1 = "مسیر\y.dat"
    Path2 = "مسیر\v.dat"

    Open Path1 For Append As #1
    Open Path2 For Append As #2

    Loop
    For i = 1 To 100
        y = y + v * dt
        v = v + a * dt
        Print to file
        Write #1, y
        Write #2, v
    Next
    Close
    close
End Sub
```

مقدارهای اولیه ←

مقدار گام زمانی ←

مسیری برای ذخیره نتایج ←

حلقه‌ای برای محاسبات پی‌درپی

بستن پرونده‌ها در انتهای کار

در زبانهای برنامه نویسی برای انجام عملیات تکراری از ساختار حلقه استفاده می شود

پس از اجرای برنامه، دو فایل یکی حاوی مکان ذرات (dat.y) و دیگری سرعت آنها (dat.v) در مسیر مد نظر ساخته می شود. اگر این برنامه را برای گام ۰/۰۱ نیز اجرا کنیم، جوابهای y را نسبت به شماره گام زمانی مطابق جدول بالا تعیین میشوند. کم کردن گام زمانی از ۰/۰۵ به ۰/۰۱ نتیجه را هر چند بهبود بخشیده است (اعداد ستونهای مربوط به یک گام زمانی را باهم مقایسه کنید)، ولی تحول سیستم آرام آرام صورت می گیرد و پیشروی الگوریتم بسیار کند میشود، یعنی گلوله برای رسیدن به زمین تعداد گامهای بیشتری نیاز دارد. اینجاست که اهمیت گام زمانی از دو نظر سرعت و دقت در شبیه سازیها مشخص می شود. همینطور دقت کنیم که زمان حل مساله توسط کامپیوتر وابسته به تعداد گامهای زمانی است بنابراین الگوریتمی مفید است که تعداد گامهای زمانیش در عین دقیق بودن نتایج مناسب باشد و سر به فلک نکشد!

تمرین

1. نرم افزار ویزوال بیسیک را نصب و کمی با آن کار کنید. (با یک ساعت مطالعه، به هدف این فصل خواهید رسید).
2. نتایج مندرج در جدول و نمودار بالا را به دست آورید.
3. با توجه به معادلات ۱ و ۲ علت اهمیت مقدار گام زمانی را توضیح دهید.
4. نموداری برای گام زمانی ۰/۰۰۵ ترسیم و با جواب واقعی مقایسه کنید.
5. نموداری برای سرعت محاسبه شده ترسیم و با نمودار جواب واقعی که یک خط است در یک صفحه ترسیم کنید. در مورد سرعت خواهیم دید که خطا صفر است و با انتخاب هر گام زمانی جوابمان دقیق خواهد بود. چرا؟
6. آیا می توان گفت گام زمانی ۰/۰۰۵ به جواب واقعی نزدیکتر است؟ چرا؟
7. الگوریتم های دیگری نیز برای حل معادلات $v_x(t) = \frac{dx}{dt}$ و $a_x(t) = \frac{dv}{dt}$ مثل اویلر - ریچاردسون، ورله و رانگ - کوتا وجود دارند که دقت محاسبات را به علت استفاده از مراتب بالاتر افزایش می دهند. درباره الگوریتم های دیگر تحقیق کنید. برنامه ای ساده برای بررسی عددی این مساله در اختیار شما قرار گرفته است: برنامه سقوط آزاد --- کد برنامه سقوط آزاد در کنار فایل اجرایی کدهای برنامه به زبان ویزوال بیسیک نیز برای بچه هایی که با برنامه نویسی میانه خوبی دارند، گذاشته شده است. در ادامه به برخی از مواد نانو ساختار در صنعت ساختمان اشاره می کنیم.
- ۱- فیلم های نانو لایه ۲- نانو پوشش های حفاظتی ۳- مواد نانو کمپوزیت ۴- بتن با عملکرد بالا ۵- نانو سیلیس آمورف ۶- نانو لوله ها

به طور کلی نانو سیلیسها دارای خواص زیر هستند

- ۱- خاصیت ضد سایش ۲- ضد لغزش ۳- ضد حریق ۴- ضد انعکاش سطوح

بتن با عملکرد بالا High Performance Concrete

یکی از چالش های تکنولوژی بتن تولید بتن با عملکرد بالا، مقاومت زیاد و دوام در برابر شرایط نامساعد جوی می باشد و استفاده از پوزولان، میکرو سیلیس، خاکستر بادی و الیاف و سایر پلیمرها به عنوان افزودنی خراط بتن را بهبود می دهد و باعث افزایش مقاومت، دوام و مقاومت در برابر خوردگی می گردد که توجه به عملکرد و خواص بتن با نگرش نانو ساختار به بتن و سیمان حائز اهمیت است. با استفاده نانو ذرات بتن می توان خواص الکترو مغناطیسی و مقابله با تشعشعات و پرتو دهی اتمی در سازه های هسته ای و حفظ انرژی ساختمان و ... را کنترل نمود و نیاز به بتن با عملکرد بالا در باند فرودگاه ها، پلها و ساختمانهای بلند و پارکینگها ضروری است که نقش نانو ذرات بتن اجتناب ناپذیر است به طور کلی فناوری نانو در بتن به ۲ صورت بکار می رود ۱- استفاده از نانو سیمان ۲- استفاده از نانو افزودنیها (نانو تیوب کربنی، نانو تیتانیوم، نانو الیاف و نانو سیلیس و ...)

Mix proportions of concretes (kg/m ³)								
Binder combination	Binder			Water	Aggregate		W/B ^a	Superplasticizer ^b dosage
	PC	FA	Nano-SiO ₂		Fine	Coarse		
PCC	500	–	–	140	659	1162	0.28	1.7
HFAC	250	250	–	140	644	1135	0.28	1.5
SHFAC	230	250	20	140	647	1140	0.28	2.0

^a Water/binder (i.e., PC plus additional materials) ratio.
^b Dosages given as percent of total binder content by mass.

نانولوله کربنی CNT

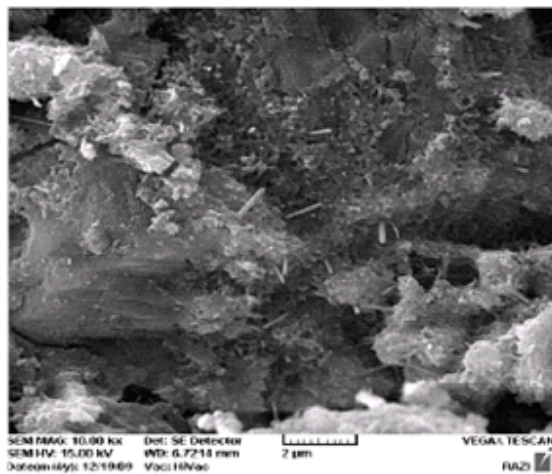
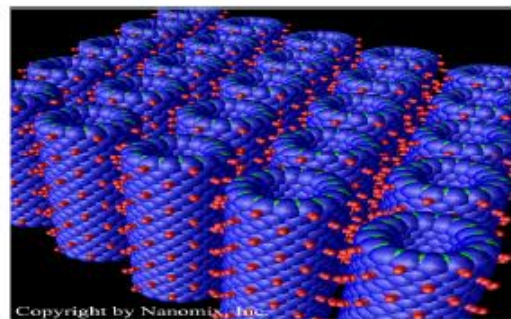
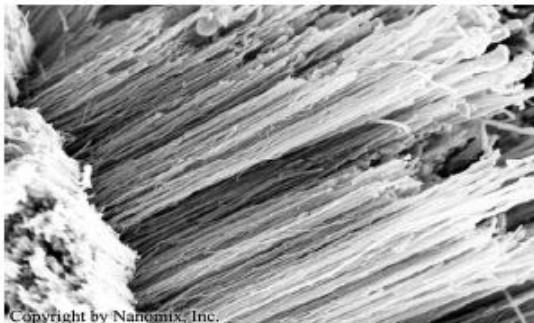
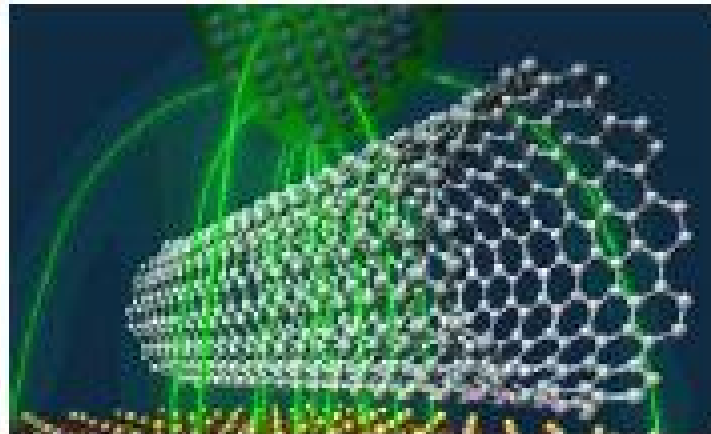
نانو تیوبهای تک جداره SWNT ناتیوبهای چند جداره MWNT

الیاف برای مسلح کردن و اصلاح عملکرد مکانیکی بتن بکار می رود امروزه الیاف فلزی ، شیشه ای ، پلی پروپیلن ، کربن و ... در بتن برای مسلح کردن و تقویت ماتریس آن بکار می رود و نانولوله ها کربنی که در ساخت بتن بکار می رود خواص ویژه قابل ملاحظه حرارتی و الکتریکی از خود نشان می دهند به طوری که هادی بودن حرارت آنها ۲ برابر الماس و هادی الکتریکی بودن آنها ۱۰۰۰ برابر مس است. نانو لوله های کربن انقلابی جدید در زمینه مصالح ساختمانی و مواد با عملکرد بالا ایجاد کرده اند. نانولوله کربنی می تواند به صورت یک لایه گرافیت که به صورت لوله در آمده باشد و بایستی توجه کرد هرم الماس چهار همسایه کربن دارد ولی گرافیت ۳ همسایه کربن دارد. خواص نانو لوله های تا حد زیادی به نظم اتمی چگونگی در هم پیچیدن این لایه گرافیتی، قطر، طول لوله و مورفولوژی آن بستگی دارد نانو لوله ها می توانند به صورت تک دیوار، چند دیواره باشند که چند دیواره های تشکیل یافته از نانو لوله های کربنی هم مرکز می باشند نانولوله ها یکی از سخت ترین مواد به شمار می رود و در عین استحکام بالا بسیار انعطاف پذیر هستند نسبت مقاومت به وزن آنها حدود ۵۰۰ برابر نسبت مقاومت به وزن آلومینیم می باشد و ساختار توخالی نانو لولهها منجر به سبک وزن شدن آنها گشته ، نانولوله ها مقاومت خوبی در برابر مواد شیمیایی دارند و از پایداری گرمایی بالا برخوردار هستند رسانایی گرمایی آنها در جهت محوری نیز بالا است از لحاظ کاتالیزوری فعال هستند و خاصیت موینگی بالا دارند و می توانند گازها و مایعات را از خود جدا نمایند.

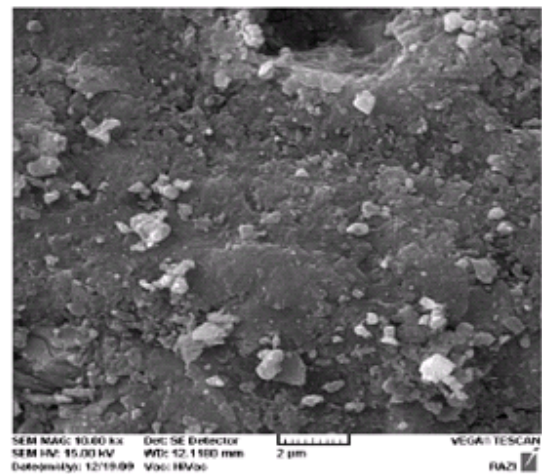
انواع نانو سیمانها

۱-سیمان حاوی نانولوله های کربنی

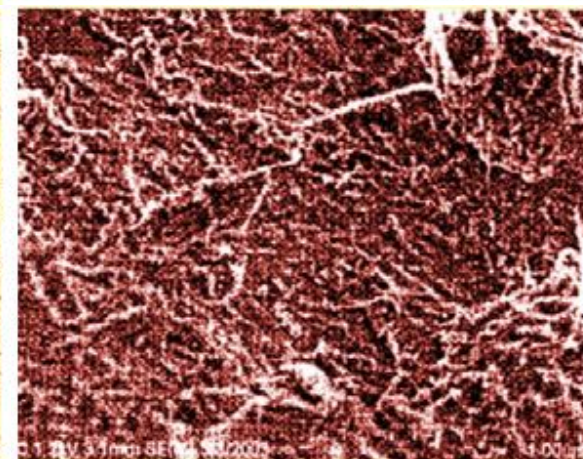
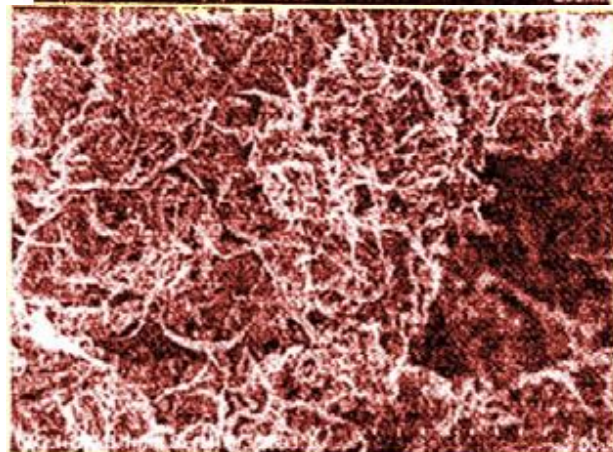
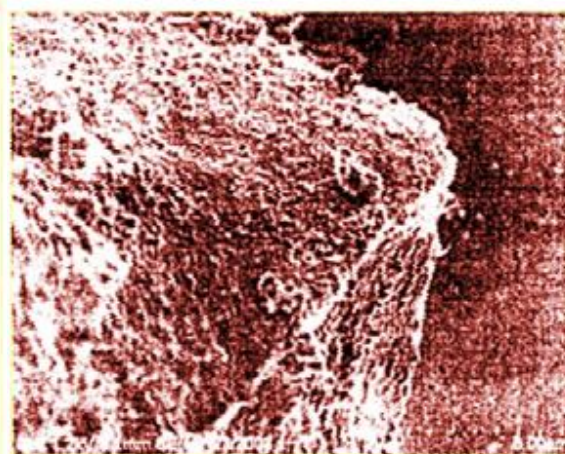
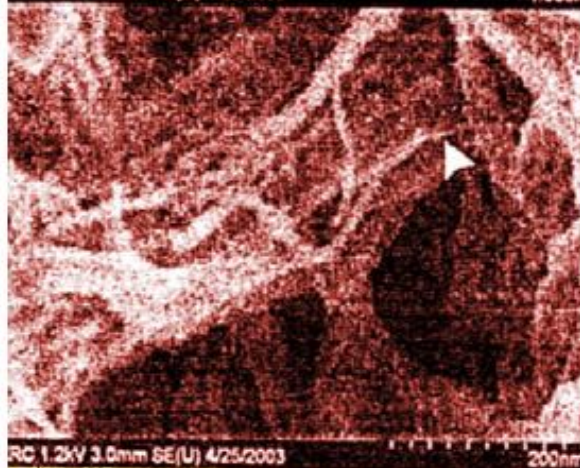
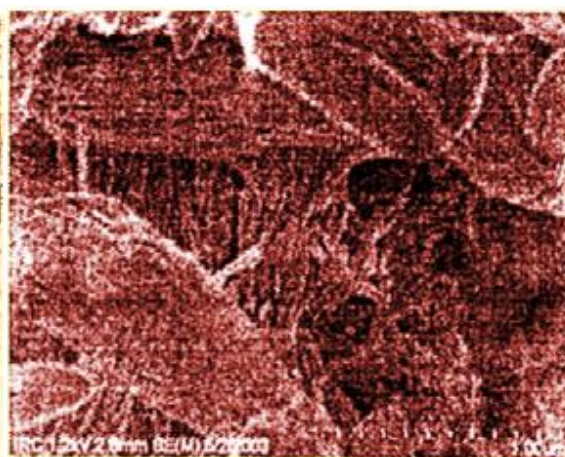
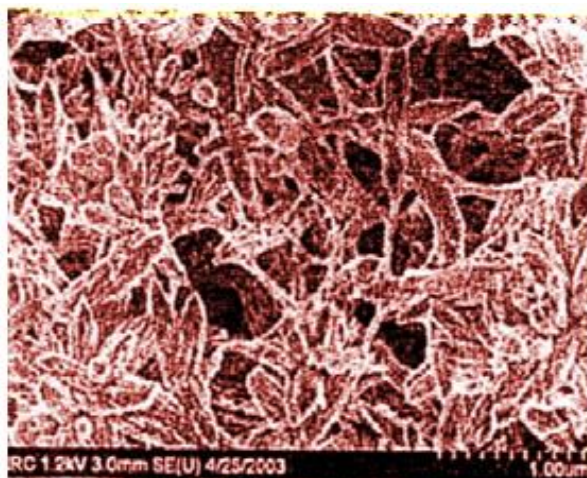
- نانو سیمان حاوی Al₂O₃
- نانو سیمان حاوی ناو سیلیس
- نانو سیمان حاوی Fe₂O₃
- نانو سیمان حاوی مونتموریلونیت
- نانو سیمان حاوی اکسید روی

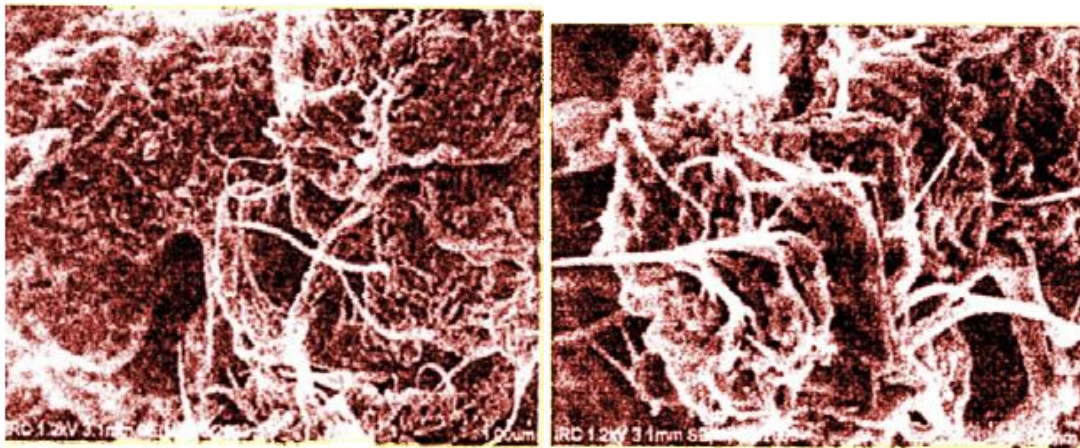


تصویر ریز ساختار نمونه شاهد



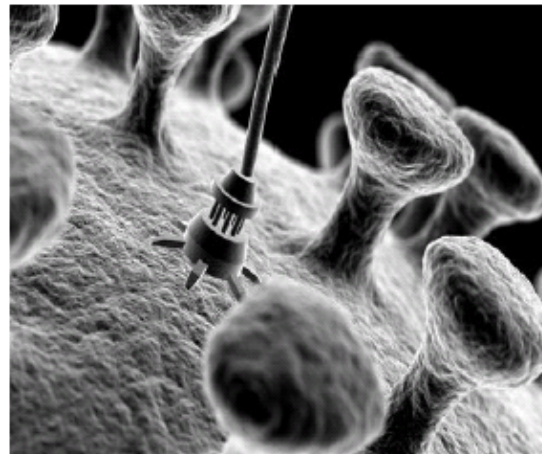
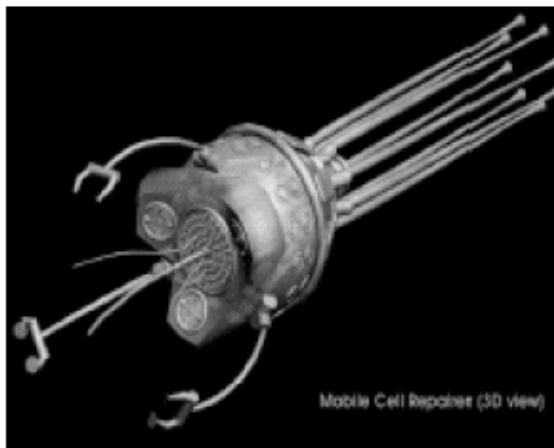
تصویر ریز ساختار نمونه



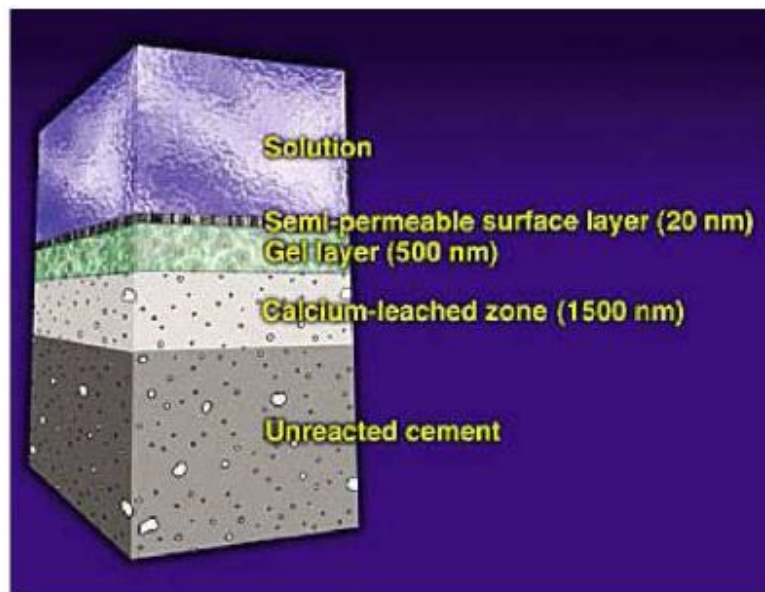


اتصال سیمان به نانو تیوبها

بتن هوشمند



نمونه هایی شماتیک از این نانو سنسورها ونحوه ترکیشان در مقیاس نانو



جزئیات هیدراته کردن ذرات سیمان در ابعاد نانو



پوشش خود پاک شونده ساخته شده از ذرات نانو



بتن نیمه شفاف

بتن لایتکران

نانو سنگدانه بتن (نانوسنگ)

از سطوح سنگی در برابر آلودگی و تخریب حفاظت می نماید پوششهای نانو سنگی کاملاً نامرئی بوده و تغییری در شکل ظاهری ، رنگ و خواص فیزیکی سطح سنگ بر اثر پوشانن با عشا مایع نانو سنگ ایجاد نمی شود

مزایا نانو سنگ:

دفع آبهای سطحی ، جلوگیری از کثیف شدن سطح ، جلوگیری از رشد خزه ها ، نامرئی بودن ، جلوگیری از اکسید شدن سطح ، جلوگیری از ایجاد رسوب نمک، سهولت تمیز کردن سطح سنگ ، ممانعت از ترک خوردن بتن، غیر سمی بودن

نانو فوم سیلیکا Fumed Silica

برای تولید شیشه مصنوعی از آن استفاده می شود و به عنوان یک ماده افزودنی بسیار مهم که باعث افزایش مقاومت و دوام ساختار بتنی که در معرض خوردندگی نمک قرار گرفته ، شناخته شده است و واکنش آن در مقیاس نانو است ولی اگر مقدار آن در طرح اختلاط بتن زیاد شود منجر می گردد

سیمان فعال نانو ساختار

از آنلیز شیمیایی رزنانس هسته (NRAA-Nuclear Resonance Reaction Analysis) برای مطالعه هیدراتاسون سیمان در مقیاس نانو استفاده می شود. واکنش سیمان و آب در مقیاس نانو و کوچک انجام می شود در این روش یک پرتو از اتمهای نیتروژن به سیمانی که به آن اضافه شده است، تابانیده می شود و نتایج به صورت یک گراف کشیده می شود که به آن برش عمودی هیدروژن در عمق می گویند و سرعت نفوذ آب و آرایش لایه های مختلف را که در طول واکنش حاصل می شود رانشان می دهد.. با مشاهده

تصاویر واکنش سیمان و آب لایه سطحی به ضخامت ۲۰ نانومتر مانند یک سزد نیمه تراوا وارد عمل می شود و با یونهای کلسیم و اکشن می دهد. یونهای سیلیکا که بزرگتر هستند در پشت این لایه باقی می مانند. با ادامه یافتن واکنش ژل سیلیکات در زیر لایه سطحی تشکیل می شود که عامل تورم سیمان است و با تورم سطح ناگهان لایه سطحی می شکافد. این شمسیت سیلیکانهایی را که محبوس بوده اند را آزاد می کند و با یونهای کلسیم واکنش می دهد و تولید ژل هیدراته سیلیکات- کلسیم می کند و باعث سفت شدن بتن می گردد. تکامل تدریجی برش عمودی هیدروژن زمان شکستن لایه های سطحی رانشان می دهد. این اطلاعات می تواند برای مطالعه فرایند سفت شدن بتن به ضوخت تابعی از دما، حرارت، شیمی و... مورد مطالعه قرار گیرد.

واکنش ژل آلکالی سیمان (ASR) - Silica Reaction - Alkali

بین قلیایی های (آلکالی) سیمان و فرم فعال سیلیکا در هنگام اختلاط مصالح واکنش صورت می گیرد، که به برهم کنش آلکالی-سیلیکا معروف است. این برهم کنش تولید ژل آلکالی-سیمان می کند. اگر رطوبت کافی داشته باشد ژل منبسط می شود و باعث ترک خوردن بتن می گردد و ASR بتن را تضعیف می کند و در بعضی نقاط نسبت به بارهای خارجی آسیب پذیر می کند. انبساط ژل ASR شامل تبدیل و تغییر شکل ژل آمورف در مقیاس نانو است که با استفاده از پراش نوترونی تغییراتی که در مقیاس نانو در ژل اتفاق می افتد به عنوان تابعی از شیمی ژل، دما و رسوبت نسبی مورد مطالعه قرار می گیرد



خاکستر بادی یا Fly Ash

برهم کنش خاکستر بادی (نوعی پوزولان) و ژل نانو ساختار سیمان پرتلند، بر قدرت و دوام بتن اثر می گذارد، با استفاده از پراش نوترونی، کیفیت و چگونگی تغییرات را می توان به صورت تابعی از زمان و ترکیب Fly Ash می توان مطالعه کرد.

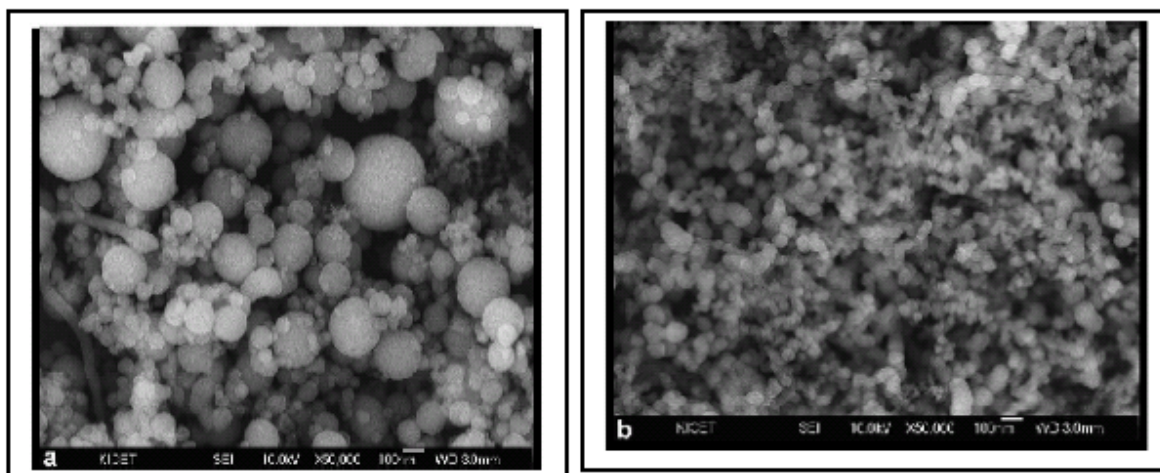


سرعت هیدراتاسیون سیمان

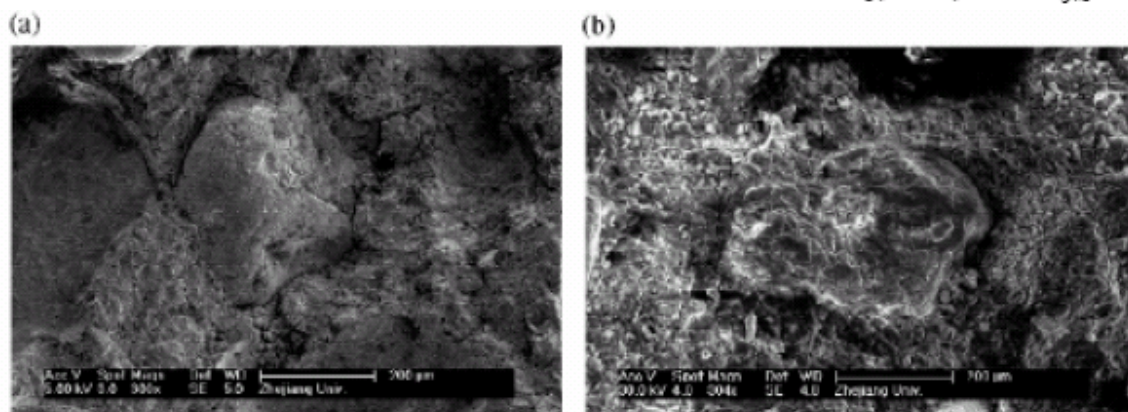
یک مدل درست از واکنش سیمان با آب به عنوان تابعی از دما، نسبت آب به سیمان و اندازه ذرات سیمان از طریق روشهای آنالیز

مرسوم با توجه به واکنش در منافذ نانو ژل سیمان به عنوان مثال روش پراش نوترونی برای اندازه گیری جنبش و حرکت و واکنشهای آب در این اندازه بسیار مناسب است، بررسی سرعت پیشرفت ترکها روش دیگر برای بررسی است.

تصویر حاصل از SEM* نانو سیلیس b و میکرو سیلیس a



تصویر SEM هیدراتاسیون ۲۸ روز ۵٪ nano-Al₂O₃ b- ۰٪ nano-Al₂O₃ a-



تأثیر فناوری نانو بر آسفالت

در سال ۱۸۷۰ یک شیمیدان بلژیکی با نام دسمت (Desmedt) اولین سنگفرش آسفالت واقعی را، که مخلوطی از ماسه بود، در برابر تالار شهر در نیویورک ایجاد نمود. طراحی دسمت در بزرگراهی در فرانسه در سال ۱۸۵۲ مورد الگوبرداری قرار گرفت. سپس دسمت خیابان پنسیلوانیا در واشینگتن را آسفالت کرد که سطح این پروژه ۴۵۱۴۹ متر مربع بود. یکی از نمایندگان محلی کنگره به دسمت گفت: "این کار هرگز عمومیت نخواهد یافت." با این حال، بر اساس تقاضای رو به رشد بازار، پیش‌بینی می‌شود پس از ۱۳۷ سال (در سال ۲۰۰۷) بازار آسفالت - قیر معدنی به ۱۰۷ میلیون تن برسد. در این میان آسفالت معلق بیشترین رشد را دارد. همچنین به عنوان نشانه‌ای از رشد این محصولات در آینده، چندی است که کار بر روی آسفالتی که در موقع خرابی خودش را تعمیر کند، آغاز شده است. به کارگیری فناوری نانو در ساخت زیربنای مربوط به حمل و نقل، تقریباً معادل با تلاش بشر برای فرستادن انسان به ماه در سال ۱۹۶۰ است. در سال ۲۰۰۵ ایده ساخت آسفالتی برای بزرگراه‌ها که بتوانند خودشان را تعمیر کنند برای بسیاری دور از ذهن به نظر

می‌رسید. بنابراین صنعت آسفالت-قیر به یک تحول نیاز دارد تا مردم بتوانند امکانات فناوری نانو را دیده و مزایای آن را درک نمایند.

۶



دکتر لیوینگستون، فیزیکدان برنامه تحقیقات زیربنایی پیشرفته در اداره کل بزرگراه‌های فدرال (FHWA)، می‌گوید: “آسفالت و سیمان هر دو جزء نانومواد می‌باشند. تاکنون ما نتوانسته‌ایم بفهمیم که در این سطح چه اتفاقی می‌افتد، اما این اثرات بر عملکرد مواد تاثیر می‌گذارند.”

بنا بر گفته لیوینگستون، یک ماده پلیمری ساختاری که می‌تواند به طور خود به خودی ترک‌ها را اصلاح نماید، قبلاً تولید شده است. این پیشرفت قابل ملاحظه با استفاده از یک عامل اصلاح کننده کپسوله شده و یک آغاز کننده شیمیایی کاتالستی درون یک بستر اپوکسی ایجاد شده است.

یک ترک در حال ایجاد موجب گسستن میکروکپسول‌های موجود شده، در نتیجه عامل اصلاح کننده با استفاده از خاصیت موینگی درون ترک رها می‌شود. با تماس عامل اصلاح کننده با کاتالیزور موجود، این عامل شروع به پلیمریزه شدن نموده، دو طرف ترک را به هم می‌چسباند.

این روش می‌تواند منجر به تولید آسفالتی شود که ترک‌های خود را اصلاح می‌کند. لیوینگستون می‌گوید: “هیچ کس نمی‌تواند برای رشد این فناوری زمانی را پیش‌بینی کند، اما پیشرفت واقعی در حال انجام است و قابلیت‌های موجود بسیار هیجان‌آور می‌باشند.” با این حال، برای استفاده کنندگان فعلی آسفالت، تصور نبود دست‌انداز، یا نبود تأخیر به خاطر تعمیرات آسفالت، بسیار دور از دسترس بوده و نگرانی‌های جدی آنها را برطرف نمی‌سازد.

محیط زیست عامل اصلی تأثیرگذار در فرایند تصمیم‌گیری برای پروژه‌های بزرگراه در بسیاری از کشورها است. مزایای یک آسفالت متفاوت برای جاده‌ها از دیدگاه زیست‌محیطی و مصرف انرژی، تنها یک بخش

مهم از فرآیند تصمیم‌گیری است. دیدگاه‌های زیست‌محیطی موجب تسریع پیشرفت‌های فنی و اجتماعی می‌شوند. نیازهای چندگانه حفاظت از محیط زیست شامل: محدود نمودن انتشار گازهای گلخانه‌ای، مصرف کمتر انرژی، کاهش سر و صدای ترافیک و اطمینان

از سلامتی و راحتی در رانندگی، اهدافی هستند که به دلیل ایجاد مسئولیت مشترک، مهم‌تر از تمام پیشرفت‌های علمی می‌باشند. یکی از این اهداف بستن چرخه مواد یا استفاده صد در صدی از مواد قابل بازیافت در ساخت جاده است. صنعت در این زمینه تجربه زیادی در مورد استفاده از محصولات فرعی در آسفالت به دست آورده است.



مثال‌هایی از مواد زایدی که در مخلوط آسفالت مورد استفاده قرار گرفته‌اند، عبارتند از: تفاله کوره شیشه‌دمی، خاکستر حاصل از سوزاندن زباله‌های شهری، خاکستر موجود در مراکز تولید برق به وسیله زغال، آجرهای خرد شده، پلاستیک حاصل از سیم‌های برق قدیمی و لاستیک حاصل از تایرهای کهنه.

با این حال، استفاده موفقیت‌آمیز از این محصولات وابسته به تحقیقات کامل در زمینه منابع و ویژگی‌های آنها بوده و معمولاً در سطح پایینی قابل انجام است. در این حالت امکان بررسی پیوسته عملکرد آسفالت نیز وجود دارد که خود موضوعی مورد بحث است. با این حال، مطابق گفته‌های مارک بلشه، مدیر آسفالت لاستیک در پروژه آسفالت‌سازی آرام آریزونا، حمایت عمومی - نه تحقیقات علمی - کلید توسعه صنعت تولید آسفالت با استفاده از محصولات فرعی است.

پروژه آریزونا ارزشی معادل ۳۴ میلیون دلار داشته و در همین سال به پایان خواهد رسید. این پروژه تقریباً ۷۰ درصد (۱۸۵ کیلومتر) آزادراه ناحیه فونیکس را دربر گرفته و آسفالت آن قادر خواهد بود تا مدت طولانی صدای ناشی از اصطکاک را در جاده کاهش دهد.

آسفالت دارای لاستیک تنها درصد بسیار کم و تقریباً بی‌اهمیتی از درآمد صنعت ساختمانی را به خود اختصاص می‌دهد، اما بلشه می‌گوید که با افزایش رغبت عمومی این درصد افزایش خواهد یافت.

به عنوان مثال در ژاپن، گروه تحقیقات آسفالت لاستیک (JARRG)، که شامل مجموعه‌ای از تولیدکنندگان تایر و شرکت‌های آسفالت‌سازی می‌باشد، یک اتصال‌دهنده آسفالت بسیار ویسکوز را توسعه داده‌اند که از انبساط و پخش تایرهای کهنه‌ای که به صورت بسیار ریز ساییده شده‌اند، تولید می‌شود. این اتصال‌دهنده در مخلوط آسفالت پخش شده و سپس پخته می‌شود. این ماده می‌تواند به عنوان یک ماده الاستیک مابین مواد متراکم دیگر عمل نموده و از این طریق، ارتعاش و صدا را کاهش دهد. بنا بر اعلام JARRG اقبال عمومی به این محصول بسیار خوب است. بلشه می‌گوید: "افرادی که در صنعت آسفالت لاستیک درگیر بوده‌اند، همواره سعی کرده‌اند که آن را به دلیل ویژگی‌های مهندسی بسیار عالی‌اش به فروش برسانند. اما بیش از هر چیز این محصول به عنوان کاهش‌دهنده صدا شناخته شده است و در پشت این قضیه، استقبال عمومی قرار دارد."

وزارت حمل و نقل آریزونا (ADOT) سه سال پیش یک نوع آسفالت را در بزرگراه سوپر استیشن در ناحیه آریزونا به کار برد. بلشه می‌گوید که به محض اتمام آسفالت این بزرگراه، ADOT و مسئولین محلی سیل عظیمی از تلفن‌ها و ایمیل‌ها را دریافت نمودند که از اشتیاق مردم نسبت به این جاده کم‌صداتر حکایت داشت.

البته همه چیز آسفالت لاستیک کامل نیست. این مخلوط باعث ایجاد بخار و بو در فرآیند آسفالت کردن شده، هنوز در مورد قابل بازیافت بودن آن بحث وجود دارد. این آسفالت نسبت به آسفالت‌های معمول بسیار گران‌تر بوده و آسفالت‌کارانی که تا به حال با این ماده چسبناک کار نکرده‌اند، ممکن است در کار کردن با آن، که باید در یک بازه دمایی معین انجام شود، دچار مشکل باشند. ممکن است نظر بلشه در مورد نظر عمومی درست باشد، اما روی دیگر سکه این است که خواست استفاده‌کنندگان از جاده کم‌صداتر و در عین حال دارای اثرات زیست‌محیطی کمتر، افزایش یافته است. این امر باعث تمرکز بیشتر تحقیقات بر روی مسائل مربوط به حمل و نقل، از جمله مواد مورد استفاده در جاده شده است.

افزایش عمومی در میزان حمل و نقل، بار بیشتر بر روی محور، و فشار بیشتر تایر بر روی جاده، تقاضا برای آسفالت‌های قوی‌تر و بادوام‌تر را افزایش می‌دهد. حمل و نقل بیشتر به این مفهوم نیز می‌باشد که ایجاد مشکل در حمل و نقل برای تعمیرات جاده‌ای مطلوب نیست و این امر موجب ایجاد تقاضای بیشتر برای تحقیق و توسعه مؤثر می‌گردد.

کاربردهای دیگر نانو

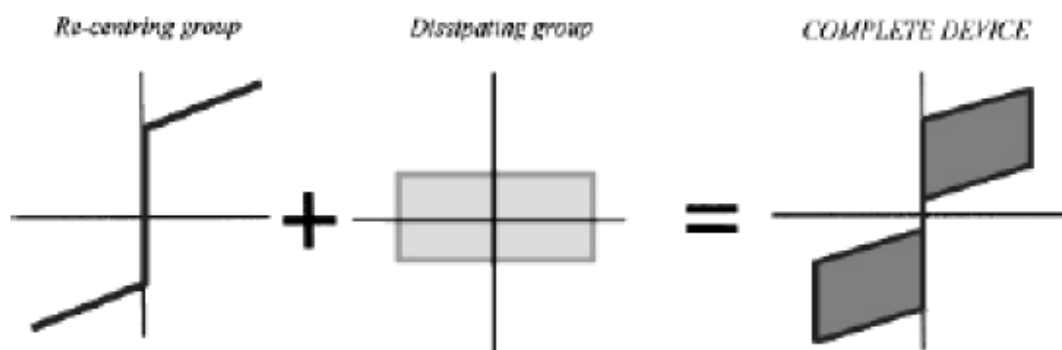
- تولید الکترودهای جوشکاری دما پایین
- تأمین سوخت
- جاذب‌های ارتعاشی
- جاذب‌های صوتی
- رنگهای مقاوم دریایی
- جاذب‌های انرژی موج دریا، باد و نور آفتاب
- نانو فیلترها
- فناوری پیل سوختی با نانو
- تولید باتری‌های با ذخیره انرژی بسیار بالا با استفاده از فناوری نانو
- تولید گرافیت و سرامیک با کیفیت با نانوتکنولوژی

کاربرد فناوری نانو در تولید آلیاژهای حافظه دار شکلی قابل کاربرد در مقاوم سازی

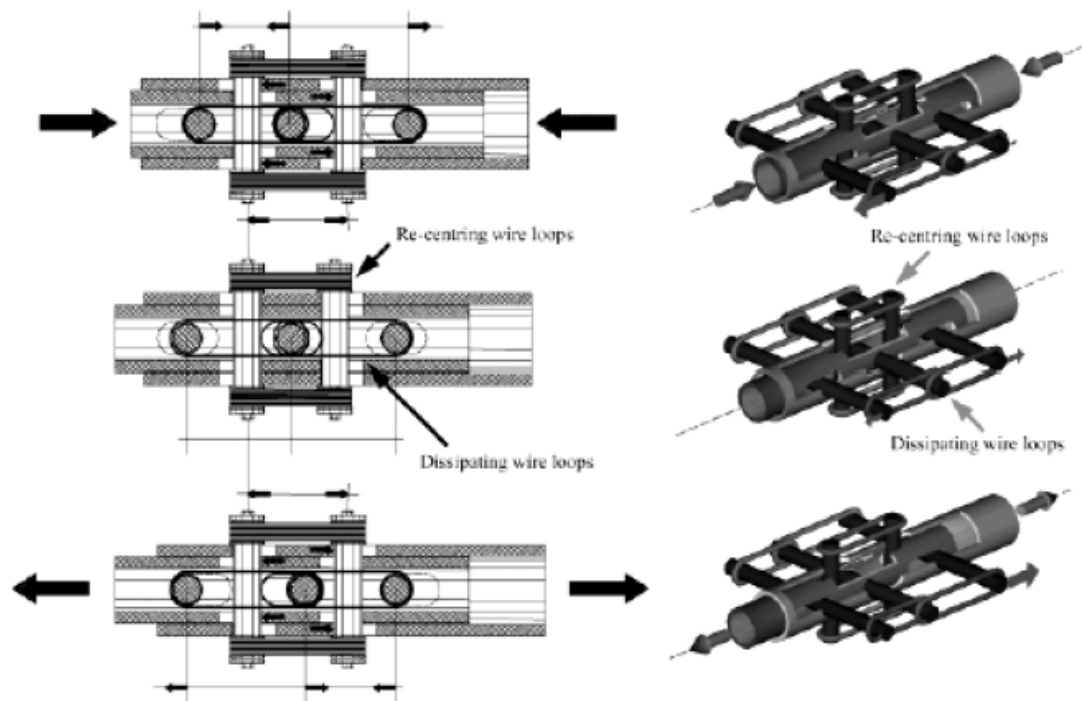
- ۱-آلیاژ آلومینیم (AAs)Aluminum alloys
 ۲- آلیاژ حافظه دار شکلی (SMAs) Shape memory alloys
 ۳- فولاد زنگ نزن (SSs)Stainless steels مزایای آلیاژهای حافظه دار

شکلی

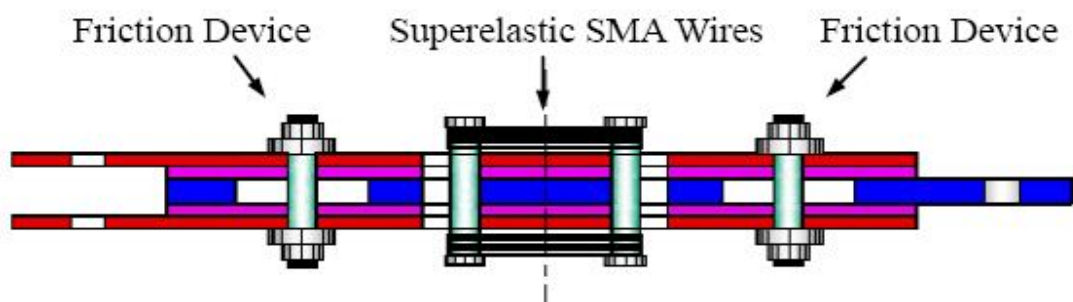
- ۱-خواص مکانیکی Mechanical Properties
 ۲- مقاوم در برابر محیط شدیداً خورنده Corrosion resistance in harsh environments
 ۳-مقاوم حرارتی heat resistance
 ۴-جوش پذیری weldability
 ۵-سازگاری شیمیایی-فیزیکی مواد Chemical -physical compatibility with other materials
 ۶- هزینه سیکل نگهداری life cycle cost
 ۷- تجدید پذیری recyclability



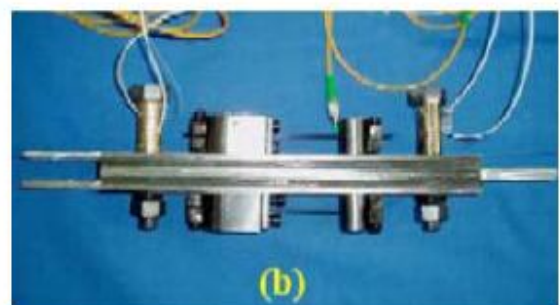
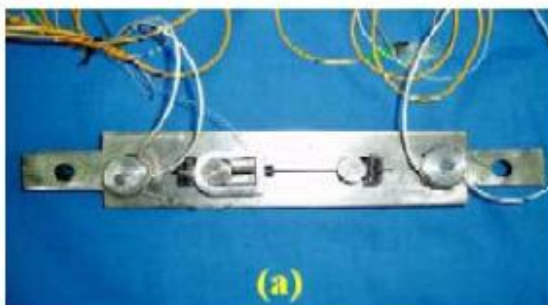
Idealized behavior of SMA device.



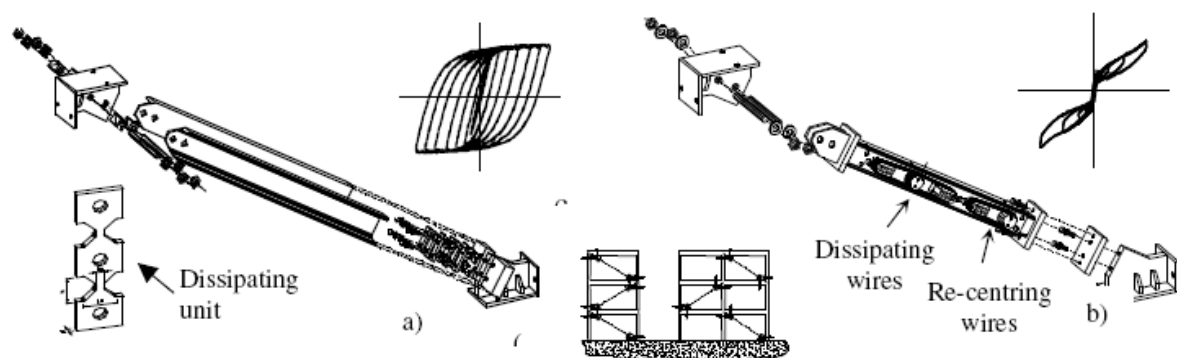
SMA damper (working mechanism) (after Dolce *et al.*, 2000)



Scheme diagram of a HSMAFD



Photos of HSMAFD



Braces arrangement; a) dissipative Steel based device; b) re-centering SMA based device

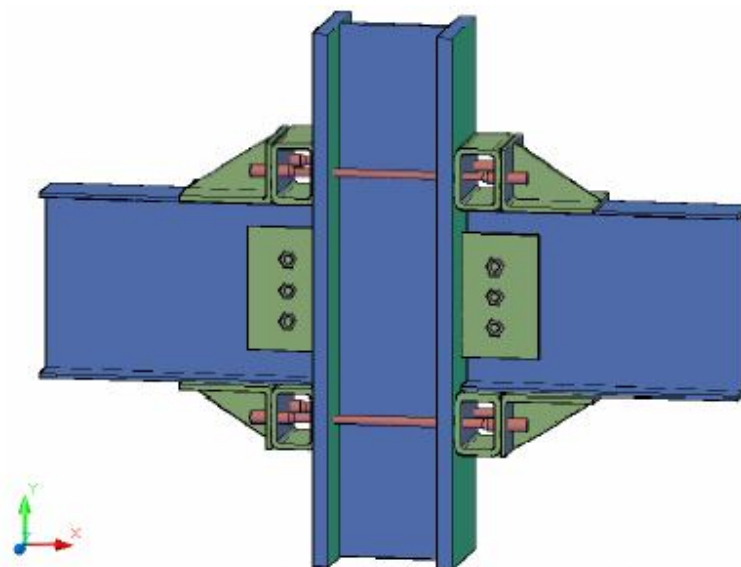
تقویت آرایش بادبنده بر اساس ۱- وسیله مستهلک کننده فولادی ۲- آلیاژ حافظه دار شکلی



a) Steel-PTFE slider; b) steel based device; c) rubber based device; d) SMA based device

برخی از خصوصیات آلیاژ حافظه دار

- ۱- میرایی هیستریزیسی ۲- استهلاك انرژی قابل اعتماد زیاد بر اساس فاز تغییر شکل برگشت پذیر ۳- توانایی خود تمرکزی ۴- خواص سیکل خستگی عالی ۵- مقاومت در برابر خوردگی عالی ۶- عدم کاهش رتبه بخاطر طول عمر



Schematic of SMA connection

وسایل اندازه گیری در فناوری نانو

پیشرفتهای سریع اخیر در فناوری نانو مربوط به توانایی های کسب شده برای اندازه گیری و کنترل ساختارهای منفرد در مقیاس نانو می باشد. آشنایی با ابزارها و تجهیزات مورد استفاده در این زمینه می تواند در درک این فناوری مفید واقع شود.

Microscopy Electron Transmission	میکروسکوپ الکترونی عبوری
Microscopy Electron Scanning	میکروسکوپ الکترونی روبشی
Spectroscopy Electron Auger	اسپکتروسکوپی الکترون اوژه
Microscope Electron Scanning Environmental	میکروسکوپ الکترونی روبشی محیطی
Spectroscopy Mass Ion Secondary	طیف سنجی جرمی یون ثانویه
Diffraction Ray-X	پراش اشعه X
Chromatography Liquid Performance High	کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا
Spectroscopy Mass	طیف سنجی جرمی
Spectroscopy Raman	طیف سنجی رامان
Chromatography Gas	کروماتوگرافی گازی

<u>S</u> pectroscopy <u>I</u> R	طیف سنج زیر قرمز
<u>R</u> esonance <u>M</u> agneto <u>N</u> uclear	رزونانس مغناطیس هسته
<u>M</u> icroscope <u>F</u> orce <u>A</u> tomíc	میکروسکوپ نیروی اتمی
<u>B</u> eam <u>I</u> on <u>F</u> ocused	باریکه یونی متمرکز
<u>M</u> icroscopy <u>T</u> unneling <u>S</u> canning	میکروسکوپ روبشی تونلی
<u>S</u> pectroscopy <u>I</u> nferred <u>T</u> ransform <u>F</u> ourier	طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز
<u>A</u> nalysis <u>C</u> hemical <u>S</u> pectroscopy for <u>E</u> lectron	طیف نگاری الکترونی برای آنالیز شیمیایی
<u>S</u> pectrometry <u>B</u> ackscattering <u>R</u> utherford	پراکندگی بازگشتی رادرفورد
<u>M</u> icroscopy <u>O</u> ptical field- <u>N</u> ear <u>S</u> canning	میکروسکوپی نوری میدان نزدیک روبشی

میکروسکوپ الکترونی عبوری

در پژوهش های مربوط به خواص مواد نانوساختاری، میکروسکوپ الکترونی یکی از مهم ترین و پر کاربرد ترین دستگاه هایی است که مورد استفاده قرار می گیرد. در اغلب مطالعات انجام شده روی خواص مواد نانوساختاری برای تعیین اندازه و شکل آنها از میکروسکوپ الکترونی عبوری استفاده می شود. این روش اندازه و شکل ذرات را با دقت حدود چند ده نانومتر به دست می دهد که به نوع ماده و دستگاه مورد استفاده بستگی دارد. امروزه، در بررسی خواص مواد نانوساختاری از میکروسکوپ الکترونی عبوری با وضوح بالا (Resolution-High) استفاده می شود. علاوه بر تعیین شکل و اندازه ذرات به وسیله میکروسکوپ الکترونی عبوری با استفاده از پراش الکترون و سایر سازوکارهای موجود در برخورد الکترون با ماده، برخی ویژگی های دیگر مواد نانوساختاری مانند ساختار بلوری و ترکیب شیمیایی را می توان بدست آورد



میکروسکوپ الکترونی روبشی

در میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) هم مانند میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، یک پرتو الکترونی به نمونه می‌تابد. در نتیجه بعضی قسمت‌ها نظیر تفنگ الکترونی، عدسی‌های متمرکزکننده و سیستم خلأ، در هر دو دستگاه مشابه است. اما روش تشکیل تصویر و نحوه بزرگنمایی کاملاً متفاوت است. علاوه بر این، TEM اصولاً برای مطالعه ساختار نمونه‌های حجیم در سطح یا نزدیکی سطح، استفاده می‌شود. درک این نوع تصویر بسیار آسان‌تر از تصویر الکترونی عبوری است.



اسپکتروسکوپی الکترون اوژه

اسپکتروسکوپی الکترون اوژه، یک روش آنالیز استاندارد در فیزیک سطح و فصل مشترک‌هاست. در ساده‌ترین استفاده از آن تمیز بودن سطح نمونه مورد مطالعه در "شرایط خلأ" فوق بالا قابل بررسی است. خلأ فوق بالا از این جهت ضرورت دارد که الکترون‌ها در محیط آزمایش با ذرات کمتری برخورد داشته باشند و علاوه بر این آلودگی‌های محیط کمتر جذب سطح مورد مطالعه شوند. سایر زمینه‌های مهم استفاده از این روش دربرگیرنده مطالعه روند رشد لایه و ترکیب شیمیایی سطح و همچنین آنالیز در راستای عمق نمونه هستند. در مورد آخر لازم است هر مرحله اسپکتروسکوپی الکترون اوژه با اسپاترینگ (sputtering) متوالی نمونه همراه شود. اطلاعات اوژه از الکترون‌هایی بدست می‌آیند که گزاره‌های هسته‌ای اوژه را پشت سر گذاشته‌اند و با انرژی کاملاً معمولی خارج می‌شوند. از روی تحلیل انرژی این الکترون‌ها طیف مشابه شکل بدست می‌آید که مکان قله‌ها و ارتفاع آنها اطلاعات لازم را بدست می‌دهند.



میکروسکوپ الکترونی روبشی محیطی

محدودیت‌های روش مطالعه با میکروسکوپ‌های الکترونی (SEM) به خوبی شناخته شده‌اند به عنوان مثال حتی در نمونه‌هایی که دارای پوشش با هدایت الکتریکی بالا هستند بر روی سطوح شکست یا در مواد متخلخل و فوم‌ها تجمع بار مشاهده می‌شود. علاوه بر این، پسماندهای آلی انواع چسب‌ها و بایندرهای مثل روغن، مواد روانساز و دیگر مواد افزودنی ممکن است در خلأ بالا تبخیر شده و تصویرسازی نمونه را با مشکل مواجه نماید. در این موارد می‌توان از "میکروسکوپ الکترونی محیطی روبشی" استفاده نمود. این میکروسکوپ می‌تواند نمونه را در فشارهای نزدیک فشار اتمسفر تصویر برداری کند و بنابراین برای مشاهده ساختارهای زیستی بسیار مناسب است.



طیف سنجی جرمی یون ثانویه

تکنیک‌های آنالیزی بر مبنای یون، به دلیل حساسیت و قابلیت آنها برای آشکار کردن تغییرات ترکیب شیمیایی در عمق نمونه (پروفیل عمق) به کار می‌روند. در روش (SIMS) پرتوای از یون‌های اولیه شامل Cs+ یا O+ که می‌تواند تا قطر حدود ۲۰ nm متمرکز شود، نمونه را اسپارترینگ می‌کند و برای بیرون انداختن یون‌های ثانویه از نمونه به کار می‌رود. یونهای ثانویه ایجاد شده توسط یک سیستم تحلیل گر جرمی آشکار سازی می‌شود و بر اساس تغییرات سیگنال هر عضو (M+) در عمق نمونه، می‌توان نحوه توزیع آن ماده در لایه را مشخص نمود



پراش اشعه X- X

ناحیه پرتو X در طیف الکترومغناطیس در محدوده بین پرتو گاما و ناحیه طول موج فرابنفش قرار دارد. با استفاده از این ناحیه طیفی می‌توان اطلاعاتی در خصوص ساختار، جنس ماده و نیز تعیین مقادیر عناصر بدست آورد. جامدات در مواجهه با پرتو X- مانند یک توری سه بعدی عمل می‌کنند و الگوی پراش خاصی دارند که طبق قانون براگ در زوایای خاصی از تابش و انعکاس تداخل سازنده بوجود می‌آید و منجر به ایجاد یک قله در طیف می‌شود. از روی پهنای پیک در طیف می‌توان ابعاد دانه های کریستالی را تخمین زد.



کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا

واژه کروماتوگرافی امروزه به دسته‌ای از روش‌ها اطلاق می‌شود که در آنها جداسازی اجزاء موجود در یک نمونه مخلوط، بر اساس تمایل نسبی هر جزء به فاز ساکن هنگام عبور فاز متحرک از روی و یا درون فاز ساکن است. گونه‌ای که تمایل بیشتری به فاز متحرک دارد با سرعت بیشتری حرکت می‌کند و بالعکس گونه‌ای که به فاز ساکن تمایل بیشتری دارد، با سرعت کمتری در طول ستون حرکت می‌کند



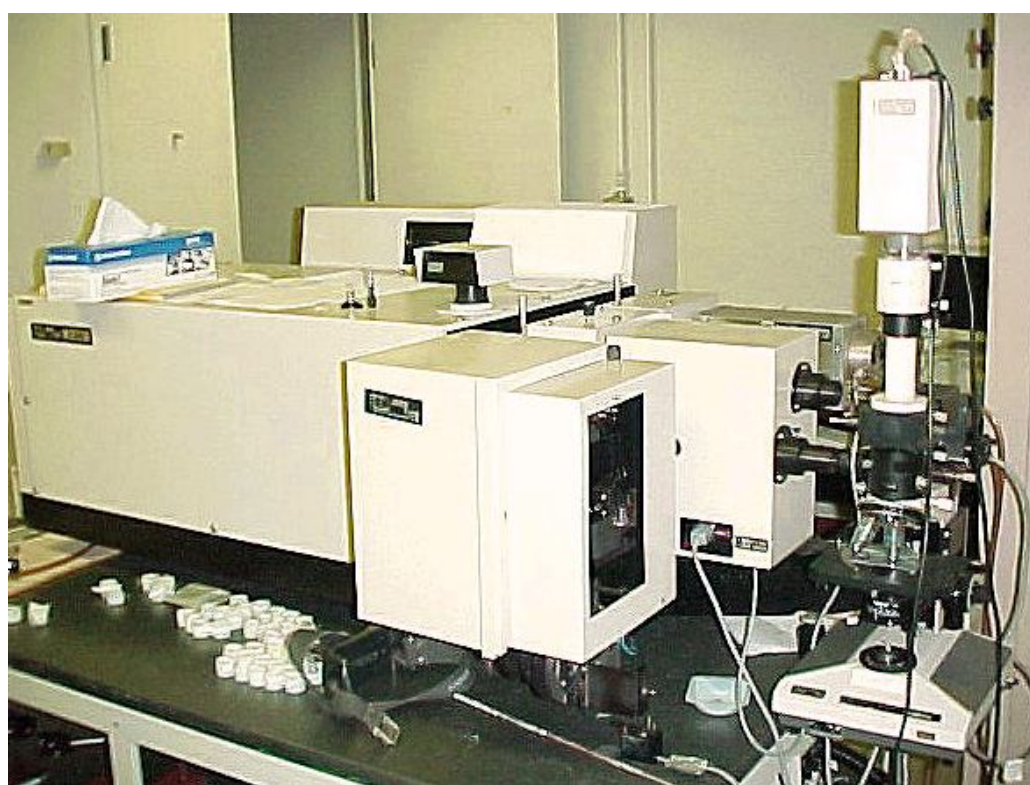
طیف‌سنجی جرمی

طیف‌سنجی جرمی دستگاهی است که مولکول‌های گازی باردار را بر اساس جرم آنها دسته‌بندی می‌کند. این روش ارتباط واقعی با طیف‌سنجی نوری ندارد ولی نام‌های طیف‌سنجی جرمی برای این روش‌ها انتخاب شده است، زیرا دستگاه‌های اولیه تولید عکس می‌کردند که شبیه به طیف خطی بود



طیف سنجی رامان

برهم کنش نور با ماده در ناحیه زیر قرمز می تواند به دو صورت جذب و پراکندگی انجام گیرد. این دو پدیده اساس شناسایی و اندازه گیری ترکیبات به دو روش طیف نورسنجی جذبی زیرقرمز و پراکندگی رامان را تشکیل می دهند. اتمها و مولکولها در ماده مانند جرم و فتر عمل می کنند و یک فرکانس نوسانی ویژه دارند. این فتر می تواند نور تابیده شده را جذب کند و یا یک فوتون جدید ساطع کند که هر دو از لحاظ فرکانس و نور تابیده شده اول، فاصله دارند. از روی مقدار شیفت و اندازه پیک ها می توان اطلاعات لازم را بدست آورد



طیف سنج زیر قرمز

طیف نورسنجی زیرقرمز بر اساس جذب تابش ماده و بررسی جهش های ارتعاشی مولکولها و یون های چند اتمی صورت می گیرد. این روش به عنوان روشی پر قدرت و توسعه یافته برای تعیین ساختار و اندازه گیری گونه های شیمیایی قابل دسترسی می باشد. همچنین این

روش عمدتاً برای شناسایی ترکیبات آلی به کار می‌رود، زیرا طیف‌های این ترکیبات معمولاً پیچیده هستند و تعداد زیادی ماکسیمم و مینیمم دارند که می‌توانند برای اهداف مقایسه‌ایی به کار گرفته شوند

درخت صنعت نانو

۱- مواد شیمیایی

- کاتالیزورها
- فیلتراسیون و غشاها
- کامپوزیتها و مواد ساختمانی

کانالیزورها (نانوخوشه ها، نانوروکشها مواد نانو حفره ای)

- افزایش انعطاف پذیری و راندمان راکتورهای کوچکتر و فرآیند ارازاثر
- عدم استفاده از فلزات گرانبها

فیلتراسیون و غشاها (مواد نانو حفره ای، نانو الیاف)

- پاکسازی شیمیایی و زیستی هوا
- تصفیه و شیرین سازی ارزان آب
- جداسازی کم هزینه گازها (اکسیژن از هوا)

کامپوزیتها و مواد ساختمانی

مواد نانو بلوری-کامپوزیتی نانو ذره ای و نانو لوله ای

- مواد مستحکم و سبک
- مواد مقاوم به مواد شیمیایی و حرارتی
- بازیافت ساده تر کامپوزیتها: نانو ذرات
- کامپوزیتهای رسانا: کامپوزیتهای نانو ذره ای
- بسته بندیهای نفوذ پذیری در برابر گازها: نانوذرات مواد معدنی

۲- مواد پیشرفته

روکشها و رنگها

ساینده ها (صقل کاری در حد نانو مقیاس)

روان کننده ها

روکشها و رنگها (نانوروکشها، نانوذرات)

- روکشها ضد خش (کاشی)

- رنگهای ضد کتیفی (بدنه کشتیها و خودروها)

- رنگ های رسانا و ضد الکتریسیته ساکن (بسته بندی سبک وسایل الکترونیکی)

- روکشهای شفاف ، ضدخش و مستحکم (عینک)
 - روکشهای ضدمه، ضد بازتاب
 - عایقهای حرارتی و موادشی می ایی (روکش ضد خوردگی)
 - روکشهای مستحکم و سخت (وسایل برش)
 - افزایش ظرفیت ذخیره نوارهای مغناطیسی
 - بسته بندی مقاوم در برابر نفوذ گازها (مواد غذایی)
 - روکشهای طیف گزین (شیشه های بازتابنده حرارت)
- سایر نده ها: پرداختهای با کیفیتی بالا روی دیسکهای مغناطیسی، هدهای ضبط کننده و فیبرهای نوری: متشکل از نانو ذرات

روان کننده ها

- واکس پیشرفته اسکی از نانو ذرات
- روغن موتورهای بسیار کارا تر از نانو ذرات و نانوپایاها
- روان کننده های جامد از فولرین ها
- روان کننده ها و نشت گیرهای هوشمند از نانوذرات مغناطیسی

۳-خودروسازی و حمل ونقل

مواد ساختمانی و روکشاها

حسگرها

صفحات نمای شگر مسطح

مبدلهای کاتالیزورها و فیلترها

نیرو محرکه (باتریها و پیلهای سوختی)

روان کننده ها

مواد ساختمانی و روکشاها

- شیشه های با روکشهای فتوکرومیک و فتوالکترود کرومیک از نانوذرات و نانوروکشاها
- بدنه های مستحکم تر و سبکتر جهت مصرف کمتر سوختها از نانو کامپوزیت های سیلیکاتی
- لاستیکهای مقاوم در برابر سایش و با خاصیت ارتجاعی بهینه از نانو ذرات سیلیکاتی (رسی)، فولرین ها و کربن سبک
- بهبود خواص مکانیکی و مقاومت حرارتی موتور و محورها از نانو ذرات سرامیکی و مواد نانوبلوری
- روکشهای ضد اصطکاک یا تاقانها از نانوروکشاها و نانوپایاها
- روکشهای مقاوم فرسایش و حرارت (تسمه ها) از نانو ذرات سیلیکاتی، نانو لوله های کربنی
- رنگهای رسانا از کامپوزیتهای نانو لوله های کربنی و لیفچه های کربنی
- بدنه های ضد خوردگی و ضد کثیفی از نانو کامپوزیتهای پلیمری و نانوروکشاها
- روکشهای خود پاک کن شیشه و بدنه از نانو ذرات تیتانیوم
- روکشهای ضد خش شیشه و بدنه از نانوروکشاها
- حسگرهای بی سیم باد لاستیک از MEMS
- ماشه های کوچک و ارزان کیسه هوا از MEMS

صفحات نمای شگر مسطح

۱-نمای شگرهای شفاف از نانوذرات

۲- نشانگرهای زی‌باتر و تعاملی تر از آرایه های نانولوله کربنی

مبدل‌های کاتالیزوری و فیلترها از نانو روکشها و نانوخوشه ها

احتراق عاری از آلایندگی با کاتالی‌زورهای احتراق

حذف آلودگی با کاتالی‌زورهای چند منظوره ارزان

نیروی محرکه (باتریها و پیل‌های سوختی)

افزایش ظرفیت باتری‌ها از نانو لوله های کربنی

افزایش سرعت شارژ تخلیه باتری‌ها از نانو ذرات

افزایش ظرفیت ذخیره‌ی هیدروژن برای پیل‌های سوختی از نانوشاخ کربنی و نانولوله کربنی

روان کننده ها

روغن موتورهای بسیاری کارا تر از فولرین ها و نانو پی‌ازها

روان کننده های جامد از نانوذرات و نانوپای‌ازها

۴- نساجی

لباسهای بازار پسند

لباسهای محافظ

تاریخچه فناوری نانو

از زمان یونان باستان: تقسیم مواد به اجزاء کوچک خرد نشدنی

دموکریتیوس فیلسوف یونانی، پدر فناوری و علوم نانو: کاربرد واژه اتم

اولین نانو تکنولوژیست ها: شیشه گران قون وسطایی، افزودن نانو ذرات طلا به شیشه

♦ سال ۱۹۵۹ ریچارد فاینمن: چاپ مقاله ای درباره قابلیت‌های فناوری نانو در آینده

♦ اواخر دهه ۱۹۷۰ اریک درکسلر: اختراع تولید مولکولی

♦ سال ۱۹۸۶ کاربرد لغت فناوری نانو

♦ سال ۱۹۹۲ نانوسیستم ها: تولید ماشین با کاربرد عالی از مولکول های کربن

♦ از آنروز تا کنون پیشرفت روز افزون فناوری نانو

انواع مواد نانو

نانو ذرات: ذراتی با قطر بین ۱-۱۰۰ نانومتر

♦ ذرات بسیار ریز: ذرات نانو با تولید تصادفی

♦ نانو ذرات مهندسی شده: تولید با هدف خاص

♦ نانو آئروسل ها

♦ توده های متراکم

◆ انباشته ها

نانو لوله ها و نانو کامپوزیت ها

◆ نانو لوله های کربنی: اولین نسل محصولات نانو کشف در سال ۱۹۹۱

◆ قوی ترین نوع فیبر

◆ قدرت ۱۰۰-۱ برابر فولاد ضد زنگ

◆ کاربردهای صنعتی: جایگزینی فلزات در ساخت دستگاههایی همچون هواپیما و دستگاه های پزشکی و سیستم های انتقال نیرو

◆ کاربردهای بیولوژیکی: بيو سنسورهای از بین برنده سلولهای سرطانی

◆ نانو کامپوزیتها: مواد بسته بندی جدید

◆ افزایش ماندگاری مواد غذایی فساد پذیر

◆ کاربرد وسیع در صنعت تولید و انتقال نیرو

نانوفیلترها

◆ فیلترهای با اندازه منافذ در حد نانو: فیلتراسیون با فشار پایین تر از اسمز معکوس

◆ بازیابی نمک و کلسیم آب، ویروس ها و باکتری ها: رفع آلودگی آب

◆ فیلتراسیون خون از مواد سمی

◆ آینده بسیار درخشان در بخش تصفیه آب



نانو سنسورها

کاربرد مهم در پزشکی، کشاورزی و صنایع غذایی
آشکار سازی عوامل و کمیت‌های شیمیایی و بیولوژیکی

توالی سنجی DNA

تشخیص بیماریها

تولید دارو

آزمایشات سریع بر روی داروهای جدید

سیستم های کنترلی قابل حمل برای حفظ سلامت محصولات کشاورزی

بیو سنسورهای دقیق در شناسایی پروتئین ها

کاربردهای نانو فناوری در HSE

◆ پایش زیست محیطی آلاینده ها

◆ افزایش راندمان تولید و انتقال نیرو

◆ کنترل عوامل بیماریزا

◆ حفظ سلامت مواد غذایی

◆ تشخیص و درمان بیماریها

◆ مبارزه تخصص با سلولهای سرطانی

◆ فیلتراسیون ذرات بسیار ریز

◆ افزایش دوام محصولات مصرفی

◆ پاکسازی محیط زیست

◆ کنترل آلودگی زباله های اتمی

◆ افزایش دوام و ماندگاری ساختارها

نانوذره های مهندسی شده

◆ اشکال منظم و طراحی شده (کروی، فیبری، لوله ای و حلقوی)

◆ ذرات کوچکتر: اشغال حجم کمتر در واحد جرم، سطح بیشتر

◆ انجام مطالعات بر روی سیستم های پستانداران

◆ انجام مطالعات بر روی اکوسیستم

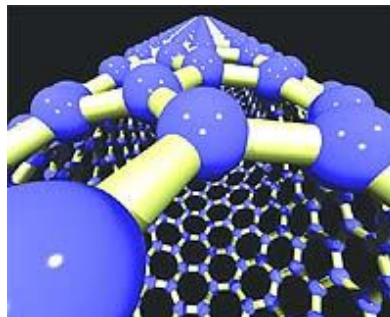
یکی از پر کاربرد ترین ساختارهای مورد بحث نانو بخصوص در علوم زیستی نانولوله های کربنی است، نانولوله های کربنی در حسگرهای پروتئینی و ناقله های پروتئینی ، داربست بافتی سلول استخوانی و عصبی ، کانالهای مولکولی و فرستنده سیگنال به سلولهای عصبی استفاده کنند

روشهای تولید نانو لوله

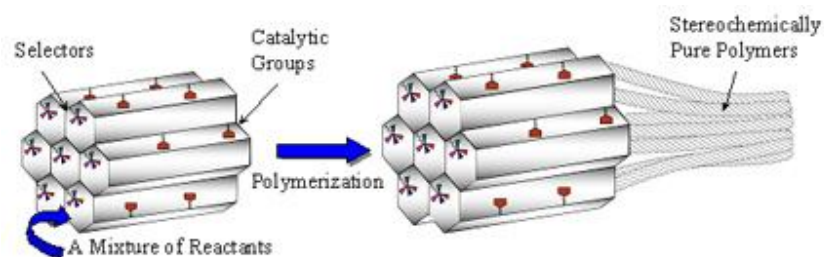
- تبخیر یا سایش لیزری
- رسوب دهی شیمیایی بخار به کمک حرارت
- رشد فاز بخار
- الکترولیز
- سنتز شعله

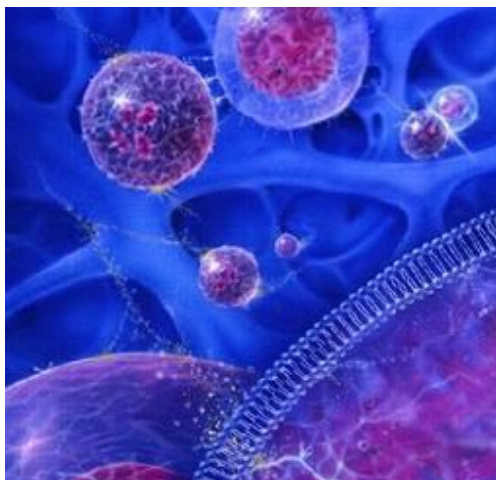
خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

- علی رغم قطر کم دارای استحکام کششی بالا هستند
- به دلیل پیوند واندروالسی بین اتمهاو چسبندگی بسیار پایین خاصیت الکتریکی منحصر به فرد دارند
- رسانایی تنها در جهت طولی
- رسانایی حرارتی و خاصیت نشر میدانی
- ثبات بالای حرارتی و شیمیایی و هدایت بالای الکتریکی و گرمایی



Sub – Atomic





کامپوزیت‌های زمینه آلومینیومی که با ذرات **AIN** تقویت شده‌اند، دارای انبساط حرارتی کم، هدایت حرارتی بالا، خواص ضد سایشی مناسب، استحکام کششی و انعطاف‌پذیری بالایی هستند و این خواص نسبت به کامپوزیت‌های رایج تقویت‌شده با کاربید سیلیسیوم و آلومینا بهتر است.

نانو سرامیک و کاربرد آنها در زیست

- به طور عموم سرامیک‌ها از عناصری تشکیل می‌شوند که آن عناصر به صورت طبیعی در محیط بدن وجود دارند که از آن جمله می‌توان به کلسیم و فسفر اشاره کرد.
- پیوندهای تشکیل دهنده ترکیب‌های سرامیکی از نوع کووالانسی و یونی هستند و به جز موارد بسیار اندکی مثل گرافیت، در این ترکیب‌ها الکترون آزادی وجود ندارد، بنابراین اغلب این مواد ضعف خوردگی الکتروشیمیایی ندارند.
- هنگامی که سرامیک‌ها در معرض تخریب‌های زیست‌شناختی از جانب بدن قرار می‌گیرند، می‌توانند از لحاظ شیمیایی تا مدت‌های زیادی دوام بیاورند که این زمان می‌تواند در حد مدت عمر یک انسان باشد.
- اگر بدن بتواند بنا به دلایلی زیست سرامیک را تخریب کند، خطر محصول‌های ناشی از تخریب سرامیک‌ها به مراتب کمتر از خطر فلزها و پلیمرها در بدن است

سرامیک‌ها و زیست سرامیک‌ها، شیشه‌ها و شیشه‌سرامیک‌ها در ساخت اندام‌های مصنوعی نیز کاربرد دارند که مقاومت سایشی و پایداری، غیرسمی بودن و زیست سازگاری اندام‌های مصنوعی ساخته شده از این مواد در محیط طبیعی باید مورد بررسی قرار بگیرد.

هیچ‌یک از موادی که به بدن زنده پیوند زده می‌شوند بی اثر نیستند، زیرا باعث ایجاد واکنش در بافت زنده می‌شوند. انواع پاسخ‌هایی که یک بافت به مواد مصنوعی می‌دهد عبارتند از :

• اگر ماده سمی باشد، بافت مجاور می‌میرد.

• اگر ماده غیرسمی و از لحاظ زیستی بی اثر باشد، بافتی رشته‌ای با ضخامت متغیر پیرامون آن شکل می‌گیرد.

• اگر ماده غیرسمی و زیست‌فعال باشد، پیوند بینابینی تشکیل می‌شود.

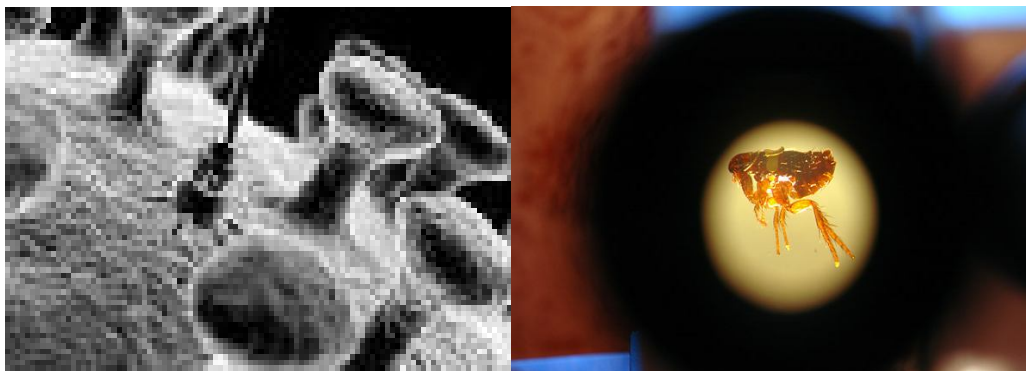
• اگر ماده غیرسمی باشد و حل شود، بافت مجاور جایگزین آن می‌شود.



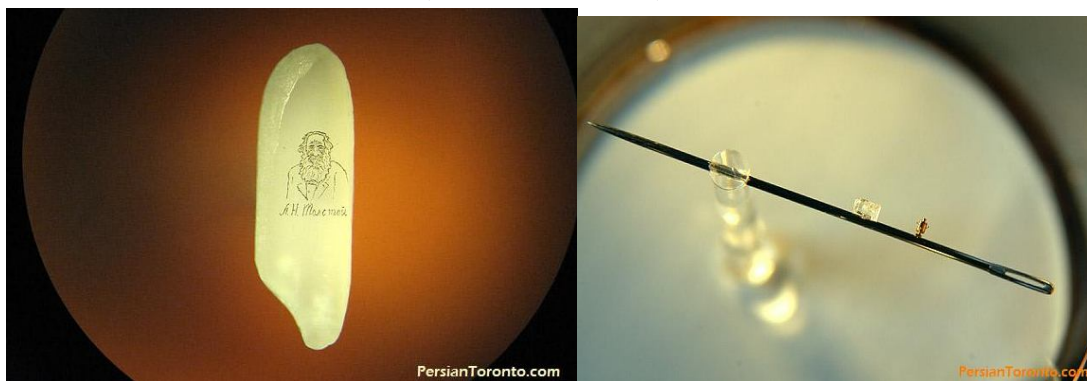
مهندسان در مؤسسه ملی استنفورد، روشی برای دو برابر کردن طول عمر بتن توسعه داده‌اند. طبق گفته‌ی این محققان نکته‌ی کلیدی در این روش یک افزودنی نانومقیاس است که نفوذ یون‌های سولفات و کلرید را از نمک جاده، آب دریا و جامدات به داخل بتن کاهش می‌دهد. کاهش انتقال یون به داخل بتن، به معنی کاهش هزینه‌های نگهداری و خرابی‌های فاجعه‌آمیز ساختارهای بتنی است



یکی از مشکلات آن این است که نفوذ یون‌های سولفات و کلرید به تدریج سبب ایجاد صدمات ساختاری شده، در نهایت به ایجاد ترک و کم‌دوام شدن بتن می‌شود. تلاش‌های گذشته برای بهبود طول عمر بتن روی ساخت بتن‌هایی متمرکز شده بود که فشرده‌تر بوده، تخلخل کمتر دارند؛ اما متأسفانه این فرمولاسیون‌ها تمایل زیادی به ترک برداشتن دارند. افزایش‌دهنده‌های ویسکوزیته، نفوذ در بتن را کاهش می‌دهند. به عقیده‌ی آنها برای کاهش سرعت نفوذ یون‌های سولفات و کلرید به داخل بتن، به جای تغییر اندازه و چگالی خلل و فرج در بتن، بهتر است ویسکوزیته‌ی محلول در بتن را در میکرومقیاس تغییر داد



نانوکامپوزیت های خاک رس / پلیمر



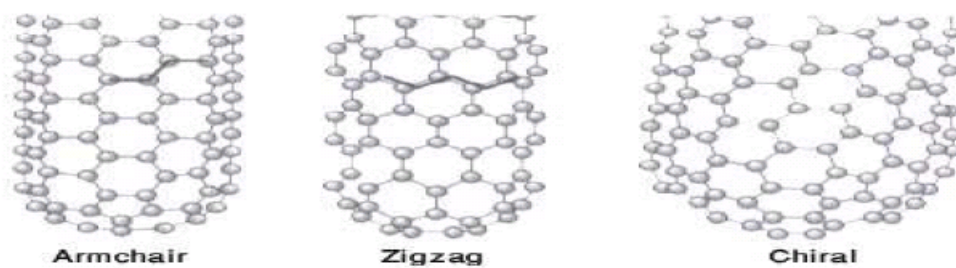
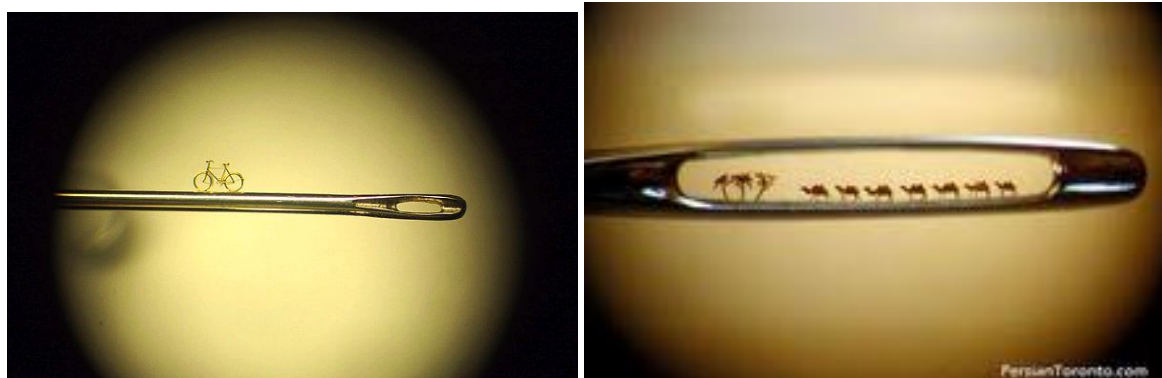
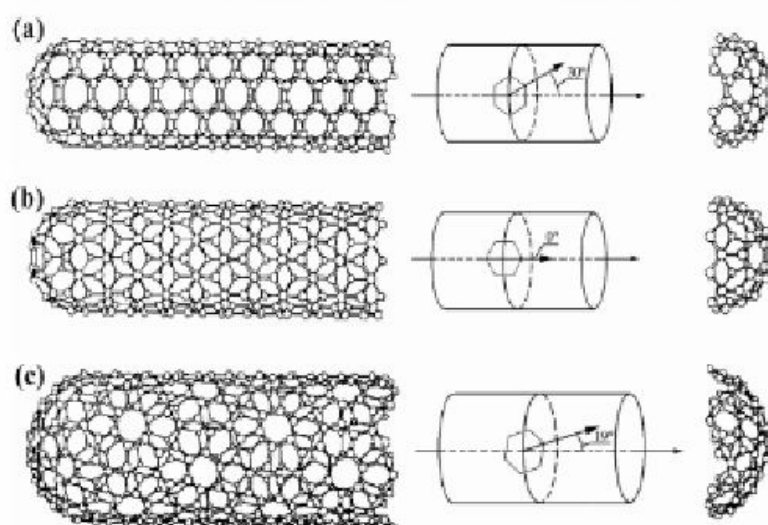
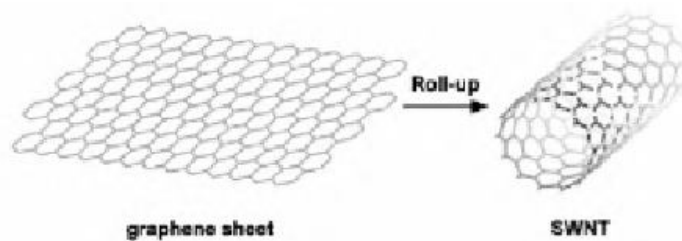


FIG.2: Types of Nanotubes



کاربرد نانو تکنولوژی در پزشکی

- ۱- کاربرد نانو در تشخیص بیماریها: در تستهای ژنتیکی: فناوری تشخیص و برچسب گذاری با حساسیت بالا آرایه های با کارایی بالا و آنالیزهای فراوان- عکسبرداری: برچسب گذاری بوسیله نانوذرات (پروپهای ساخته شده از نانو ذرات)، وسایل عکسبرداری
 - ۲- کاربرد نانوتکنولوژی در درمان سرطان و تشخیص آن
 - ۳- کاربرد نانودر داروسازی (دارورسانی و کپسوله کردن داروها، حاملهای دارویی دارای فعالیت)
 - ۴- کاربرد نانو در صنایع آرایشی و بهداشتی
 - ۵- کاربرد نانو در صنایع خودرو
 - ۶- کاربرد نانو در مواد و وسایل کاشتنی در بدون چون پروتوزها (مواد کاشتنی در بدن برای ۱-مرمت بافتی و جایگزین کردن بافت ها : روکش وسایل کاشتنی، داربستهای لازم جهت بافت سازی ۲- مواد اساسی جهت ساخت کاشتنی ها: مرمت استخوانها، مواد قابل جذب در بدن، مواد کاربرد خاص - وسایل کاشتنی در بدن جهت اندازه گیری و درمان: حسگرهای قابل کاشت، وسایل پزشکی قابل کاشت- حسگرهای کاربردی: حسگرهای شبکه چشم، حسگرهای مناطق حلزونی گوش)
 - ۷- کاربرد نانو در جراحی : در وسایل خاص جراحی و رباتهای جراحی
 - ۸- کاربرد نانو در سلولهای بنیادی و درک فعالیتهای پایه ای زندگی :
- شبکه آزمایشگاه اقماری مرکز ملی ساخت نانومتری**
- ۱- دانشگاه Hosseo (توسعه ابزار)
 - ۲- موسسه تحقیقات انرژی اتمی کره KAERI (دینامیک نانو مقیاس، اشعه نوترونی)
 - ۳- موسسه تحقیقات انرژی KIER
 - ۴- موسسه علوم زمین شناسی و منابع معدنی KIGAM (نانومواد)
 - ۵- موسسه تحقیقات هوا فضا KARI (علوم و فناوری نانو)
 - ۶- موسسه علوم پایه KBSI
 - ۷- موسسه مواد و ماشین آلات KIMM (نانومکانیک)
 - ۸- موسسه تحقیقاتی بیوتکنولوژی KRIBB (نانوبیو)
 - ۹- موسسه تحقیقاتی فناوری مواد شیمیایی KRICT (نانوشیمی)
 - ۱۰- موسسه تحقیقاتی علوم و استانداردها KIRSS (نانواستندارد)
 - ۱۱- فناوری هوشمند در مقیاس نانو ETRI
- دقت زیر آنگسترومی و تصویربرداری میکروسکوپی
- میکروسکوپ فوق سریع
- سازماندهی سه بعدی نانو ذرات نیمه هادی و مغناطیسی
- منبع الکترون جدید برای میکروسکوپهای الکترونی
- ارتباط بین اندازه و روشنایی منبع

سنسور دستگاهی است که یک کمیت فیزیکی را اندازه گیری می کند و آن را به یک سیگنال که می تواند به وسیله یک مشاهده گر یا یک اسباب خوانده شود تبدیل می کند. برای مثال دماسنج - با جیوه در شیشه اش، دمای اندازه گیری شده را به شکل انقباض و انبساط یک مایع روی یک تیوب شیشه ای مدرج نشان می دهد. یا یک ترموکوپل دما را به یک ولتاژ خروجی که می تواند به وسیله ولت متر خوانده شود تبدیل می کند.

در واقع سنسور اسبابی است که یک سیگنال یا محرک را می گیرد و به آن پاسخ می دهد. در این جا اصطلاح محرک به معنی خاصیت یا کمیتی است که نیاز است تا به فرم الکتریکی تبدیل شود. از این رو سنسور را می توان به عنوان اسبابی که یک سیگنال را می گیرد و آن را به فرم الکتریکی تبدیل می کند - بنابراین بیشتر در دستگاه های الکترونیکی مورد استفاده قرار می گیرد- تعریف کرد. البته سنسور با ترانسفورماتور متفاوت است. چراکه یک ترانسفورماتور شکلی از انرژی را به شکل دیگری تبدیل می کند. در حالی که یک سنسور، سیگنال دریافت شده را تنها به فرم الکتریکی تبدیل می کند.

میزان حساسیت سنسور به این ترتیب تشخیص داده می شود که خروجی آن موقعی که کمیت اندازه گیری شده تغییر می کند، تغییر کند. برای مثال هنگامی که تغییرات دما یک درجه سانتی گراد تغییر می کند و جیوه در دماسنج یک سانتی متر حرکت می کند، حساسیت یک سانتی متر درجه سانتی گراد است. سنسورهایی که تغییرات خیلی کوچک را اندازه گیری می کنند، لازم است حساسیت های خیلی بالا داشته باشند. همچنین سنسورها، روی چیزی که اندازه گیری می کنند فشاری وارد می کنند. برای مثال وقتی دماسنج دمای اتاق را، داخل یک فنجان مایع داغ می گذاریم، مایع خنک می شود. در حالی که مایع، دماسنج را گرم می کند.

بنابراین لازم است سنسورهایی طراحی شوند تا اثر کوچکی روی آن چه که اندازه گیری می کنند داشته باشند. ساختن سنسور کوچک تر اغلب این کار را تسهیل می کند و ممکن است فواید دیگری هم داشته باشد. پیشرفت تکنولوژیکی اجازه می دهد که سنسورهای بیشتر و بیشتری در مقیاس میکروسکوپی ساخته شود.

ویژگی های یک سنسور خوب

یک سنسور خوب از قوانین زیر تبعیت می کند:
به خاصیت فیزیکی اندازه گیری شده حساس است.
به هیچ خاصیت دیگری حساس نیست.
روی خاصیت اندازه گیری شده تأثیر نمی گذارد.
سنسورهای ایده آل طراحی شده اند تا خطی باشند. سیگنال خروجی چنین سنسوری با خصوصیت اندازه گیری شده متناسب است.

سنسورهای بیولوژیکی

همه موجودات زنده حاوی سنسورهای بیولوژیکی هستند که با کارکردهایی شبیه به اسباب مکانیکی توصیف می شوند. بیشتر سلول های تخصصی شده به اینها حساسند:

- ۱- نور، حرکت، دما، حوزه مغناطیسی، رطوبت، ارتعاش، فشار، حوزه های الکتریکی، صدا و دیگر صور فیزیکی محیط خارجی.
- ۲- صور فیزیکی محیط داخلی مثل اتساع، حرکت موجود زنده.
- ۳- مولکول های محیطی شامل توکسین ها، مواد مغذی و فرومول ها.
- ۴- کنش و واکنش بیومولکول ها و برخی پارامترهای جنبشی.
- ۵- محیط متابولیک داخلی، مثل سطح گلوکز، سطح اکسیژن یا اسمولالیتی.
- ۶- مولکول های سیگنالی داخلی، مثل هورمون ها، سیتوسکین ها.
- ۷- تفاوت ها بین پروتئین های خود موجود زنده با محیط و موجودات بیگانه.

سنسورهای مصنوعی که با استفاده از یک مؤلفه حساس بیولوژیکی از سنسورهای بیولوژیکی تقلید می کنند، بیوسنسور نامیده می شوند.



در طول دو دهه گذشته، رشد بی سابقه ای در شمار محصولات و خدماتی رخ داده که اطلاعات به دست آمده از راه مونیتورینگ (دیده بانی) و اندازه گیری را با استفاده از انواع مختلف سنسورها مورد استفاده قرار می دهند. فناوری سنسوری در دامنه وسیعی از حوزه ها از آب و هوا گرفته تا پزشکی، بازرگانی و صنایع کاربرد دارد. بسیاری از حکومت ها و سیاستگذاران جهان به خاطر منافع بالقوه فناوری سنسوری به تشویق و توسعه آن اهمیت زیادی می دهند. به این خاطر که از طرفی تشویق رشد فناوری های سنسوری به صورت گرایش های تکنولوژیکی جدید و به دنبال آن محصولات جدید در صنایع بومی نتیجه می دهد و به صورت کیفیت بهتر محصولات و بازدهی بهتر آنها (از راه گسترش سطح کنترل بر فرایندهایشان) خود را نشان می دهد.

از طرفی هم توسعه تکنولوژی های سنسوری به اجرای قوانین حکومتی در زمینه ایمنی و آب و هوا کمک می کند. فواید تشویق فناوری های سنسوری در برنامه های برخی از کشورها، (به عنوان مثال در برنامه ملی پیش بینی تکنولوژی بریتانیا درباره فرصت های بالقوه ای که فناوری های سنسوری در ایجاد ثروت و کیفیت فراهم می کنند) مورد تأکید قرار گرفته. ۱۵ تکنولوژی مستقل که دامنه وسیعی از بخش های مختلف صنایع را پوشش می دهند، نیاز جهانی به فناوری های سنسوری را انکارناپذیر کرده اند. در ۱۳ تا از این ۱۵ تکنولوژی، تکنولوژی سنسوری به صورت یک عنصر کامل در توسعه محصولات و خدمات شناخته می شود. در حقیقت فناوری سنسوری به صورت یک فناوری کلیدی با کاربردهایی با تنوع گسترده صنعتی و تحقیقاتی ظاهر شده.

موارد استفاده سنسورها

سنسورها در اشیایی با کاربردهای روزمره مثل کف آسانسورهای لمسی-حسی (سنسور لامسه ای) و لامپ هایی که با لمس پایه شان روشن و خاموش می شوند به صورت آشکار دیده می شوند. همچنین کاربردهای بی شماری برای سنسورها وجود دارد که بیشتر مردم هرگز از آنها آگاه نمی شوند. به عنوان مثال سنسورها در خودروها، ماشین آلات، وسایل ماورای جو، تجهیزات پزشکی و ربات ها کاربرد دارند.

سنسور یا حسگر چیست؟

حسگر یا سنسور المان حس کننده ای است که کمیت های فیزیکی مانند فشار، حرارت، رطوبت، دما، و ... را به کمیت های الکتریکی پیوسته (آنالوگ) یا غیرپیوسته (دیجیتال) تبدیل می کند. در واقع آن یک وسیله الکتریکی است که تغییرات فیزیکی یا شیمیایی را اندازه گیری می کند و آن را به سیگنال الکتریکی تبدیل می نماید.

سنسورها در انواع دستگاه های اندازه گیری، سیستم های کنترل آنالوگ و دیجیتال مانند PLC مورد استفاده قرار می گیرند. عملکرد سنسورها و قابلیت اتصال آنها به دستگاه های مختلف از جمله PLC باعث شده است که سنسور بخشی از اجزای جدا نشدنی دستگاه کنترل اتوماتیک و رباتیک باشد. (برای مطالعه بیشتر در مورد PLC ها به سایر مقالات سایت میکرو رایانه در تالار گفتگو مراجعه نمایید)

سنسورها اطلاعات مختلف از وضعیت اجزای متحرک سیستم را به واحد کنترل ارسال نموده و باعث تغییر وضعیت عملکرد دستگاهها می شوند.



سنسورهای بدون تماس

سنسورهای بدون تماس سنسورهایی هستند که با نزدیک شدن یک قطعه وجود آن را حس کرده و فعال می شوند. این عمل به نحوی است که می تواند باعث جذب یک رله، کنتاکتور و یا ارسال سیگنال الکتریکی به طبقه ورودی یک سیستم گردد.

مثال هایی از کاربرد سنسورها

- ۱- شمارش تولید: سنسورهای القایی، خازنی و نوری
- ۲- کنترل حرکت پارچه و ...: سنسور نوری و خازنی
- ۳- کنترل سطح مخازن: سنسور نوری و خازنی و خازنی کنترل سطح
- ۴- تشخیص پارگی ورق: سنسور نوری
- ۵- کنترل انحراف پارچه: سنسور نوری و خازنی
- ۶- کنترل تردد: سنسور نوری
- ۷- اندازه گیری سرعت: سنسور القایی و خازنی
- ۸- اندازه گیری فاصله قطعه: سنسور القایی آنالوگ

مزایای سنسورهای بدون تماس یا همجواری

سرعت سوئیچینگ زیاد:

سنسورها در مقایسه با کلیدهای مکانیکی از سرعت سوئیچینگ بالایی برخوردارند، به طوریکه برخی از آنها (سنسور القایی سرعت) با سرعت سوئیچینگ تا ۲۵ KHz کار می کنند.

طول عمر زیاد:

بدلیل نداشتن کنتاکت مکانیکی و عدم نفوذ آب، روغن، گرد و غبار و ... دارای طول عمر زیادی هستند.

عدم نیاز به نیرو و فشار:

با توجه به عملکرد سنسور هنگام نزدیک شدن قطعه، به نیرو و فشار نیازی نیست.

قابل استفاده در محیطهای مختلف با شرایط سخت کاری:

سنسورها در محیطهای با فشار زیاد، دمای بالا، اسیدی، روغنی، آب و ... قابل استفاده می باشند.

عدم ایجاد نویز در هنگام سوئیچینگ:

به دلیل استفاده از نیمه هادی ها در طبقه خروجی، نویزهای مزاحم (Bouncing Noise) ایجاد نمی شود.

سنسورهای القائی

سنسورهای القائی سنسورهای بدون تماس هستند که تنها در مقابل فلزات عکس العمل نشان می دهند و می توانند فرمان

مستقیم به رله ها، شیرهای برقی، سیستمهای اندازه گیری و مدارات کنترل الکتریکی (مانند PLC) ارسال نمایند.

اساس کار و ساختمان سنسورهای القائی

ساختمان این سنسورها از چهار طبقه تشکیل می شود: اسیلاتور، دمدولاتور، اشمیت تریگر، تقویت خروجی.

اسیلاتور:

قسمت اساسی این سنسورها از یک اسیلاتور با فرکانس بالا تشکیل یافته که می تواند توسط قطعات فلزی تحت تاثیر قرار گیرد. (توضیحات بیشتر در سایر مقالات سایت میکرو رایانه) این اسیلاتور باعث بوجود آمدن میدان الکترومغناطیسی در قسمت حساس سنسور می شود. نزدیک شدن یک قطعه فلزی باعث بوجود آمدن جریانهای گردابی در قطعه گردیده و این عمل سبب جذب انرژی میدان می شود و در نتیجه دامنه اسیلاتور کاهش می یابد. از آنجا که طبقه دمدلاتور، آشکارساز دامنه اسیلاتور است در نتیجه کاهش دامنه اسیلاتور توسط این قسمت به طبقه اشمیت تریگر منتقل می شود. کاهش دامنه اسیلاتور باعث فعال شدن خروجی اشمیت تریگر گردیده و این قسمت نیز به نوبه خود باعث تحریک طبقه خروجی می شود.

قطعه استاندارد:

یک قطعه مربعی شکل از فولاد ST37 است که از آن به منظور تست فاصله سوئیچینگ استفاده می شود. (استاندارد IEC947-2-5). ضخامت قطعه 1mm و طول ضلع این مربع در اندازه های زیر می تواند انتخاب شود.

۱- به اندازه قطر سنسور

۲- سه برابر فاصله سوئیچینگ نامی سنسور $Sn \times 3$

ضرایب تصحیح:

فاصله سوئیچینگ با کوچکتر شدن ابعاد قطعه استاندارد و یا با بکارگیری فلز دیگری غیر از فولاد ST37 تغییر خواهد کرد. در زیر ضرایب تصحیح برای فلزات مختلف نشان داده شده است:

ضریب تصحیح (KM) برای فولاد ST37 برابر ۱,۰

ضریب تصحیح (KM) برای نیکل برابر ۰,۹

ضریب تصحیح (KM) برای برنج برابر ۰,۵

ضریب تصحیح (KM) برای مس برابر ۰,۴۵

ضریب تصحیح (KM) برای آلومینیوم برابر ۰,۴

به عنوان مثال هرگاه یک سنسور در مقابل فولاد از فاصله 10mm عمل سوئیچینگ را انجام دهد، همان سنسور در مقابل مس از فاصله 4,5mm عمل خواهد کرد.

فرکانس سوئیچینگ:

حداکثر تعداد قطع و وصل یک سنسور در یک ثانیه می باشد. (بر حسب Hz). این پارامتر طبق استاندارد DIN EN 50010 با شرایط زیر اندازه گرفته می شود:

فاصله سوئیچینگ S (Switching Distance):

فاصله بین قطعه استاندارد و سطح حساس سنسور به هنگام عمل سوئیچینگ می باشد. (استاندارد EN 50010)

فاصله سوئیچینگ نامی S_n (Nominal Switching Distance):

فاصله ای است که در حالت متعارف و بدون در نظر گرفتن پارامترهای متغیر از قبیل حرارت، ولتاژ تغذیه و غیره تعریف شده است.

فاصله سوئیچینگ موثر S_r (Effective Switching Distance):

فاصله سوئیچینگ تحت شرایط ولتاژ نامی و حرارت ۲۰ درجه سلسیوس می باشد. در این حالت تolerانسها و پارامترهای متغیر نیز در

نظر گرفته شده اند. $S_n > S_r > S_{n1}$

فاصله سوئیچینگ مفید S_u (Useful Switching Distance):

فاصله ای است که در محدوده حرارت و ولتاژ مجاز، عمل سوئیچینگ انجام می شود. $S_u > S_{n1}$

فاصله سوئیچینگ عملیاتی S_a (Operating Switching Distance):

فاصله ای است که تحت شرایط مجاز، عملکرد سنسور تضمین شده است. $S_a > S_{n1}$

هیستریزیس H:

فاصله بین نقطه وصل شدن (هنگام نزدیک شدن قطعه به سنسور) و نقطه قطع شدن (هنگام دور شدن قطعه از سنسور) می باشد.

حداکثر این مقدار ۱۰٪ مقدار نامی می باشد. (استاندارد EN 60947-5-2)

قابلیت تکرار R (Repeatability):

قابلیت تکرار فاصله سوئیچینگ مفید تحت ولتاژ تغذیه V و در شرایط زیر اندازه گیری می شود: حرارت محیط: ۲۳ درجه

سلسیوس؛ رطوبت محیط: ۵۰ الی ۷۰ درصد؛ زمان تست: ۸ ساعت. (مقدار تolerانس برای این پارامتر طبق استاندارد EN 60947-5-2

حداکثر S_{r1} می باشد.)

پایداری حرارتی (Temperature Drift):

تغییرات فاصله موثر سوئیچینگ در اثر تغییرات دما طبق استاندارد EN 60947-5-2 و در محدوده دمای ۲۰ درجه سلسیوس

زیر صفر تا ۶۰ درجه سلسیوس بالای صفر حداکثر ۱۰٪ است.

حرارت محیط (Ambient Temperature) Ta:

محدوده حرارتی است که در آن محدوده، عملکرد سنسور تضمین شده است.

کلاس حفاظتی: IP67 (DIN 40050)

نحوه نصب سنسورهای القایی

هرگاه دو یا چند سنسور القایی در مجاورت هم و یا در مقابل هم نصب شوند، شرایط زیر باید رعایت شود:

الف) نحوه نصب سنسورهای القایی Flush:

سنسورهای Flush (Shielded) سنسورهایی هستند که قسمت حساس سنسور توسط پوسته فلزی محصور شده است. هرگاه

دو یا چند عدد از این سنسورها همسطح روی بدنه فلزی دستگاه نصب شوند رعایت فواصل نصب الزامی می باشد.

ب) نحوه نصب سنسورهای القایی Non-Flush:

در سنسورهای Non-Flush (UnShielded) قسمت حساس سنسور خارج از پوسته فلزی آن می باشد. فاصله سوئیچینگ

این نوع سنسورها بیشتر از سنسورهای Flush می باشد. اما فرکانس سوئیچینگ آن در مقایسه کمتر است.

ج) نحوه نصب سنسورهای القایی در مقابل هم:

هرگاه دو سنسور القایی در مقابل هم نصب شوند رعایت فاصله حداقل S_{n6} الزامی می باشد

حسگرها در رباتیک

سنسورها در واقع ابزار ارتباط ربات با دنیای خارج و کسب اطلاعات محیطی و نیز داخلی می باشند. انتخاب درست حسگرها تأثیر بسیار زیادی در میزان کارایی ربات دارد. (در این مورد به صورت مفصل در بخش رباتیک تالار گفتگو بحث شده است. همچنین برای مطالعه بیشتر به سایر مقالات سایت میکرو رایانه مراجعه نمایید.) بسته به نوع اطلاعاتی که ربات نیاز دارد از حسگرهای مختلفی می توان استفاده نمود:

– فاصله

– رنگ

– نور

– صدا

– حرکت و لرزش

– دما

– دود

– و...

حس گرهای مورد استفاده در رباتیک:

انواع سنسورها در رباتها مورد استفاده قرار می گیرند:

الف) حس گرهای تماسی (Contact)

مهمترین کاربردهای این حسگرها به این شرح می باشد:

۱ – آشکارسازی تماس دو جسم

۲ – اندازه گیری نیروها و گشتاورهایی که حین حرکت ربات بین اجزای مختلف آن ایجاد می شود .

در شکل یک میکرو سوئیچ یا حسگر تماسی نشان داده شده است. در صورت برخورد تیغه فلزی به مانع و فشردن شدن کلید زیر تیغه همانند قطع و وصل شدن یک کلید، ولتاژ خروجی سوئیچ تغییر می کند.



ب) حس گرهای هم جوار (Proximity)

آشکارسازی اشیا نزدیک به روبات مهمترین کاربرد این سنسورها می باشد. انواع مختلفی از سنسورهای هم جوار نظیر: القایی، اثرهال، خازنی ، اولتراسونیک ، نوری ممکن است در رباتها مورد استفاده قرار گیرند.



سنسور اثر هال

ج) حسگرهای دوربرد (Far away)

کاربرد اصلی این حسگرها به شرح زیر می باشد:

۱- فاصله سنج (لیزو و اولتراسونیک)

۲- بینایی (دوربین CCD)

در شکل یک زوج گیرنده و فرستنده اولتراسونیک (ماوراء صوت) نشان داده شده است. اساس کار این حسگرها بر مبنای پدیده داپلر می باشد.



سنسورهای اولتراسونیک

د) حسگر نوری (گیرنده - فرستنده)

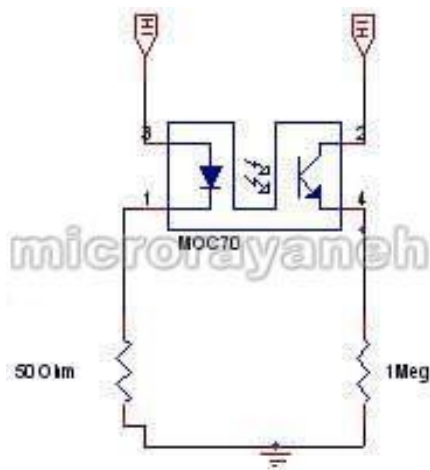
یکی از پرکاربردترین حسگرهای مورد استفاده در ساخت رباتها حسگرهای نوری هستند. حسگر نوری گیرنده- فرستنده از یک دیود نورانی (فرستنده) و یک ترانزیستور نوری (گیرنده) تشکیل شده است.

خروجی این حسگر در صورتیکه مقابل سطح سفید قرار بگیرد ۵ ولت و در صورتی که در مقابل یک سطح تیره قرار گیرد صفر ولت می باشد. البته این وضعیت می تواند در مدل‌های مختلف حسگر برعکس باشد. در هر حال این حسگر در مواجهه با دو سطح نوری مختلف ولتاژ متفاوتی تولید می کند.



سنسور زوج نوری

در زیر یک نمونه مدار راه انداز زوج حسگر نوری گیرنده فرستنده نشان داده شده است. مقادیر مقاوت‌های نشان داده شده در مدلهای متفاوت متغیر است و با مطالعه دیتا شیت آنها می توان مقدار بهینه مقاومت را بدست آورد.

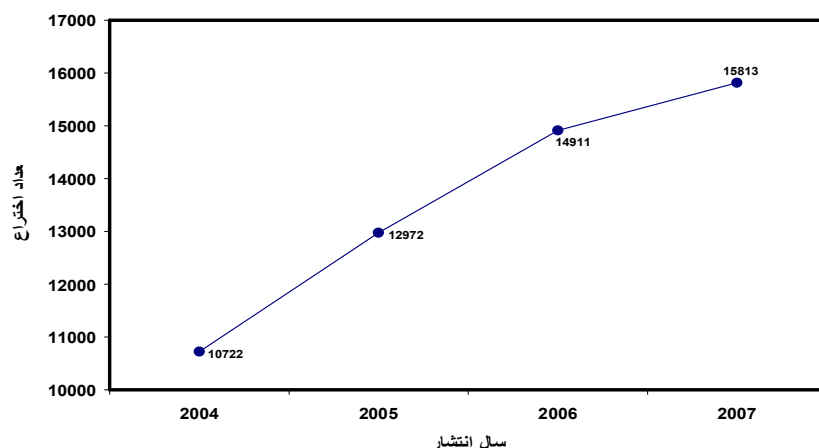


مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته در حیطه علم‌سنجی حاکی از رشد سریع و روزافزون فناوری نانو است و پیشرفت‌های اخیر در این زمینه وقوع تغییرات اساسی را در محدوده وسیعی از صنایع نوید می‌دهد که می‌تواند به کاربردهای جدید منجر شود. این امر ضرورت و اهمیت آگاهی از تولیدات علم و فناوری در صنایع و کشورهای مختلف را نشان می‌دهد. در چشم انداز ۱۰ ساله توسعه فناوری نانو کشور، قرار گرفتن در میان ۱۵ کشور برتر فناوری نانو هدف‌گیری شده است. برای تحقق این چشم‌انداز، کشور باید در تمام شاخص‌های نوآوری جایگاه مناسبی را کسب نماید و در پایان افق چشم‌انداز در تولید علم، فناوری و صنعت (تولید ثروت) در میان ۱۵ کشور برتر فناوری نانو قرار گیرد. پایش دستیابی به این جایگاه از اهمیت بالایی برخوردار است و نیاز به تعریف شاخص‌هایی دارد که در جدول ذیل به برخی از شاخص‌های مربوط به هر حوزه اشاره شده است.

جدول ۱: حوزه‌های مختلف تحقق چشم‌انداز و شاخص‌های مربوط به هر حوزه

شاخص	حوزه‌های مختلف تحقق چشم‌انداز
- تعداد مقالات علمی بین‌المللی - تعداد ارجاع به مقالات علمی منتشر شده	تولید علم
تعداد اختراعات ثبت شده در دفاتر ثبت بین‌المللی	تولید فناوری
- تعداد شرکتهای فناوری نانو - میزان سرمایه‌گذاری بخش خصوصی - میزان تولیدات فناوری نانو - ارزش افزوده محصولات فناوری نانو - میزان صادرات فناوری نانو	صنعت (تولید ثروت)

اختراع در صورتی که مراحل دآوری و ثبت را پشت سر گذاشته باشد می‌تواند به عنوان شاخص تولید فناوری و معیاری برای توصیف و ارزیابی وضعیت نوآوری صنعتی یک کشور به حساب آید. از این‌رو، مطالعات زیادی بر روی ارزیابی خروجی‌های تحقیق و توسعه با استفاده از آمار اختراعات ثبت شده انجام شده است. از طرف دیگر، ثبت اختراع در یک کشور یا دفتر ثبتی، صرف نظر از اینکه آن کشور مالک آن اختراع باشد یا خیر، علاوه بر آنکه نشان دهنده بازار آن کشور برای محصول اختراع است، بیانگر توان تجاری‌سازی نتایج تحقیقات و ابداعات یا به عبارت بهتر، بهره‌برداری تجاری از نوآوری ارائه شده است. بنابراین، ارزیابی و تحلیل آماری اختراعات ثبت شده در یک فناوری می‌تواند به تصمیم‌گیری بهتر در سیاست‌گذاری و سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه فناوری مورد نظر کمک فراوانی نماید. ثبت اختراع توسط دفاتر مخصوص در کشورهای مختلف انجام می‌گیرد. بطور عمومی مخترعان می‌توانند اختراعات خود را در یک یا چند کشور به ثبت برسانند ولی مطالعات نشان داده‌اند که بیشتر آنها تمایل دارند اختراع خود را در کشور خود ثبت کنند تا در کشورهای دیگر. از طرف دیگر، دفاتر ثبت پتنت قوانین و خط مشی متفاوتی دارند بنابراین، ترجیحات مخترعان و قوانین دفاتر ثبتی بر محتوی و تعداد پتنت‌ها اثر می‌گذارد و برای رسیدن به تحلیل جامع در توسعه فناوری نانو لازم است که پتنت‌های ثبتی دفاتر ثبتی مختلف بررسی شوند. آمریکا، ژاپن و اتحادیه اروپا نقش مهمی در تحقیقات و نوآوری در فناوری نانو ایفا می‌کنند و به عنوان بازار مناسبی برای تجاری‌سازی نتایج تحقیقات، حجم زیادی از اختراعات در دفاتر ثبتی آنها به ثبت می‌رسد همچنین سازمان مالکیت جهانی از طریق معاهده ثبت اختراع (PCT) مسیر خوبی را جهت حمایت از اختراعات ثبت شده در سطح بین‌المللی ایجاد کرده است و با تشکیل پرونده برای تقاضای ثبت بین‌المللی، یک اختراع طبق این معاهده به طور همزمان در بسیاری از کشورهای عضو PCT از حمایت برخوردار خواهد بود. لذا در این مقاله آمار اختراعات مرتبط با فناوری نانو برای دفاتر USPTO، EPO و اختراعاتی که از طریق PCT و با کد (WO) ثبت شده‌اند، در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ بطور مجموع و سه سال اخیر ۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ به تفکیک جستجو و استخراج شدند. لازم به ذکر است که کلیه آمار، مربوط به تعداد انتشار اختراعات (Publication) و زمان جستجو نیز در واقع زمان انتشار است. در این بررسی نه تنها تعداد اختراعات کشورهای مختلف در دفاتر ثبتی فوق جستجو شدند بلکه تعداد اختراعات ثبت شده در هر یک از کشورهای مورد بررسی، همچنین تعداد اختراعاتی که مخترعان هر کشور در کشور خود ثبت کرده‌اند نیز جستجو و تحلیل آماری آنها در ذیل ارائه شده است.

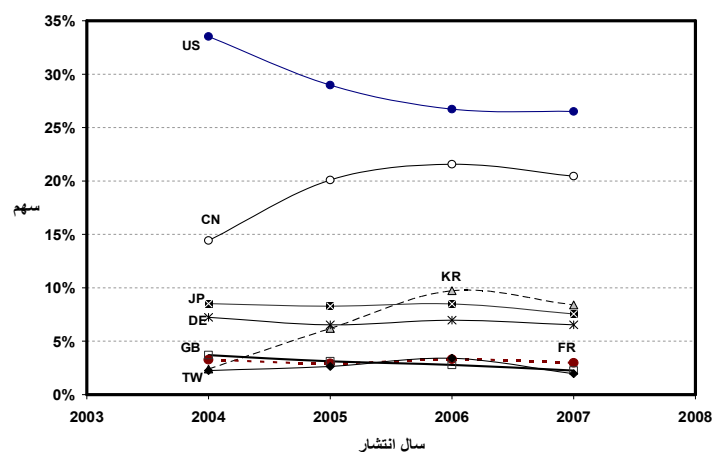


شکل ۱: تعداد کل اختراعات ثبت شده در فناوری نانو در سالهای مختلف

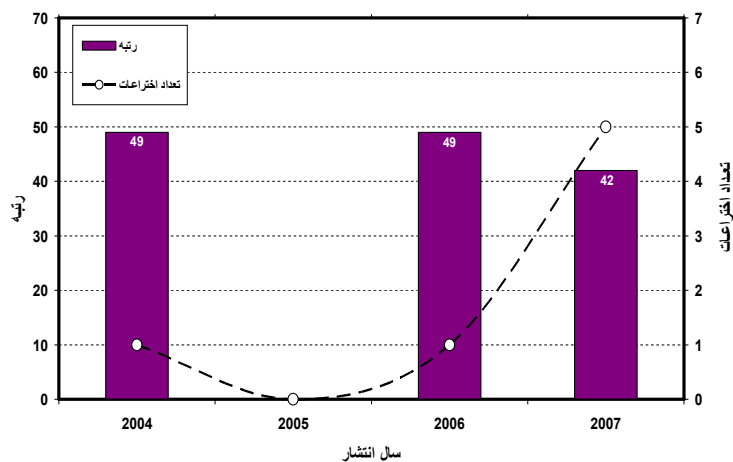
جدول ۲: تعداد اختراعات فناوری نانو کشورهای مختلف که در سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ در دفاتر ثبتی مختلف ثبت شده‌اند

سال ۲۰۰۶ - ۲۰۰۷			سال ۲۰۰۷			سال ۲۰۰۶		
رتبه	کشور	تعداد پتنت	رتبه	کشور	تعداد پتنت	رتبه	کشور	تعداد پتنت
۱	آمریکا	۱۴۱۲۵	۱	آمریکا	۴۱۹۲	۱	آمریکا	۳۹۸۳
۲	چین	۱۳۴۲۷	۲	چین	۳۲۳۶	۲	چین	۲۹۳۶
۳	کره جنوبی	۴۳۱۷	۳	کره جنوبی	۱۳۳۰	۳	کره جنوبی	۱۳۲۶
۴	ژاپن	۳۸۴۰	۴	ژاپن	۱۱۹۵	۴	ژاپن	۱۱۵۷
۵	آلمان	۳۱۷۵	۵	آلمان	۱۰۳۴	۵	آلمان	۹۴۸
۶	تایوان	۱۴۲۲	۶	فرانسه	۴۷۲	۶	تایوان	۴۶۵
۷	فرانسه	۱۲۹۰	۷	انگلستان	۳۵۵	۷	فرانسه	۴۵۱
۸	انگلستان	۹۶۲	۸	تایوان	۳۱۱	۸	انگلستان	۳۸۰
۹	هلند	۶۷۰	۹	هلند	۲۹۶	۹	هلند	۲۵۸
۱۰	کانادا	۶۱۲	۱۰	سوئیس	۲۳۲	۱۰	سوئیس	۲۰۹
۱۱	سوئیس	۵۵۸	۱۱	کانادا	۲۰۰	۱۱	کانادا	۱۸۲
۱۲	روسیه	۴۰۳	۱۲	روسیه	۱۷۵	۱۲	روسیه	۱۳۷
۱۳	ایتالیا	۳۴۷	۱۳	ایتالیا	۱۳۶	۱۳	ایتالیا	۱۱۸
۱۴	سوئد	۳۰۷	۱۴	اسرائیل	۱۲۴	۱۴	اسرائیل	۱۰۳
۱۵	اسرائیل	۲۹۳	۱۵	سوئد	۱۲۱	۱۵	سوئد	۱۰۰
۱۶	بلژیک	۲۹۰	۱۶	بلژیک	۱۱۸	۱۶	بلژیک	۹۹
۱۷	استرالیا	۲۲۹	۱۷	ایرلند	۹۴	۱۷	استرالیا	۹۶
۱۸	ایرلند	۲۰۰	۱۸	هندوستان	۹۲	۱۸	ایرلند	۷۷
۱۹	اسپانیا	۱۹۶	۱۹	اوکراین	۹۰	۱۹	سنگاپور	۶۹
۲۰	هندوستان	۱۹۲	۲۰	استرالیا	۸۸	۲۰	هندوستان	۶۶
۲۱	اوکراین	۱۸۵	۲۱	اسپانیا	۸۰	۲۱	اسپانیا	۶۶
۲۲	سنگاپور	۱۶۰	۲۲	سنگاپور	۷۷	۲۲	فنلاند	۶۳
۲۳	فنلاند	۱۴۷	۲۳	فنلاند	۶۰	۲۳	اتریش	۴۸
۲۴	برزیل	۱۳۹	۲۴	اتریش	۵۹	۲۴	اوکراین	۴۰
۲۵	اتریش	۱۳۰	۲۵	برزیل	۵۰	۲۵	دانمارک	۳۶
۲۶	دانمارک	۱۱۲	۲۶	دانمارک	۴۷	۲۶	برزیل	۳۲
۲۷	نروژ	۶۰	۲۷	نروژ	۳۱	۲۷	نروژ	۲۶
۲۸	مکزیک	۴۸	۲۸	چک	۲۳	۲۸	نیوزلند	۱۷

۲۹	لهستان	۱۶	۲۹	ترکیه	۱۴	۲۹	لهستان
۳۰	مکزیک	۱۴	۳۰	آفریقای جنوبی	۱۴	۳۰	مکزیک
۳۱	یونان	۱۲	۳۱	مجارستان	۱۳	۳۱	یونان
۳۲	چک	۱۱	۳۲	قبرس	۱۳	۳۲	مجارستان
۳۳	ترکیه	۱۱	۳۳	نیوزلند	۱۰	۳۳	آفریقای جنوبی
۳۴	مجارستان	۹	۳۴	مکزیک	۹	۳۴	ترکیه
۳۵	لوکزامبورگ	۸	۳۵	یونان	۸	۳۵	یونان
۳۶	قبرس	۵	۳۶	لوکزامبورگ	۸	۳۶	لوکزامبورگ
۳۷	مالزی	۵	۳۷	آرژانتین	۸	۳۷	روسیه سفید
۳۸	آفریقای جنوبی	۴	۳۸	لهستان	۷	۳۸	رومانی
۳۹	اسلواکی	۴	۳۹	پرتغال	۷	۳۹	پرتغال
۴۰	روسیه سفید	۳	۴۰	مالزی	۶	۴۰	اسلواکی
۴۱	رومانی	۳	۴۱	اسلواکی	۶	۴۱	بلغارستان
۴۲	تایلند	۳	۴۲	ایران	۵	۴۲	آرژانتین
۴۳	عربستان	۳	۴۳	روسیه سفید	۴	۴۳	مالزی
۴۴	آرژانتین	۲	۴۴	رومانی	۴	۴۴	ایران
۴۵	پرتغال	۲	۴۵	تایلند	۴	۴۵	تایلند



شکل ۲: تغییرات سهم اختراعات کشورهای برتر در فناوری نانو در سال‌های مختلف



شکل ۳: تعداد اختراعات ایران در فناوری نانو به همراه رتبه جهانی در سال‌های مختلف

جدول ۳: تعداد اختراعات فناوری نانو کشورهای مختلف در سال ۲۰۰۷ در دفاتر ثبتی مختلف

US			EP			WO		
رتبه	کشور	تعداد پتنت	رتبه	کشور	تعداد پتنت	رتبه	کشور	تعداد پتنت
۱	آمریکا	۲۴۱۴	۱	آمریکا	۴۳۲	۱	آمریکا	۱۹۵۸
۲	آلمان	۵۵۱	۲	ژاپن	۲۵۱	۲	ژاپن	۳۷۰
۳	ژاپن	۳۵۴	۳	آلمان	۱۸۹	۳	تایوان	۲۳۶
۴	فرانسه	۲۵۱	۴	کره جنوبی	۱۲۴	۴	کره جنوبی	۲۰۱
۵	انگلستان	۲۳۲	۵	فرانسه	۱۰۷	۵	آلمان	۱۳۴
۶	کره جنوبی	۲۰۷	۶	سوئیس	۵۹	۶	فرانسه	۷۸
۷	هلند	۱۷۴	۷	هلند	۴۹	۷	چین	۵۷
۸	سوئیس	۱۴۵	۸	ایتالیا	۴۴	۸	هلند	۴۳
۹	کانادا	۱۰۶	۹	اسپانیا	۲۶	۹	سوئیس	۳۱
۱۰	اسرائیل	۹۶	۱۰	انگلستان	۲۳	۱۰	انگلستان	۳۱
۱۱	ایتالیا	۹۰	۱۱	بلژیک	۲۱	۱۱	کانادا	۲۳
۱۲	بلژیک	۷۱	۱۲	تایوان	۱۹	۱۲	ایتالیا	۲۲
۱۳	سوئد	۶۷	۱۳	سوئد	۱۸	۱۳	اسرائیل	۱۶
۱۴	اتریش	۶۱	۱۴	ایرلند	۱۸	۱۴	فنلاند	۱۵
۱۵	استرالیا	۵۷	۱۵	سنگاپور	۱۵	۱۵	سنگاپور	۱۲
۱۶	چین	۵۲	۱۶	اسرائیل	۱۴	۱۶	استرالیا	۹
۱۷	اسپانیا	۵۱	۱۷	اتریش	۱۱	۱۷	هندوستان	۹
۱۸	هندوستان	۵۱	۱۸	کانادا	۱۰	۱۸	دانمارک	۷
۱۹	ایرلند	۴۱	۱۹	چین	۹	۱۹	بلژیک	۶
۲۰	سنگاپور	۳۹	۲۰	هندوستان	۸	۲۰	سوئد	۶
۲۱	فنلاند	۳۷	۲۱	دانمارک	۶	۲۱	اتریش	۴
۲۲	روسیه	۳۶	۲۲	ایران	۴	۲۲	ایرلند	۴
۲۳	دانمارک	۳۶	۲۳	برزیل	۴	۲۳	اسپانیا	۳
۲۴	نروژ	۱۶	۲۴	فنلاند	۴	۲۴	نروژ	۲
۲۵	آفریقای جنوبی	۱۶	۲۵	نروژ	۴	۲۵	چک	۱

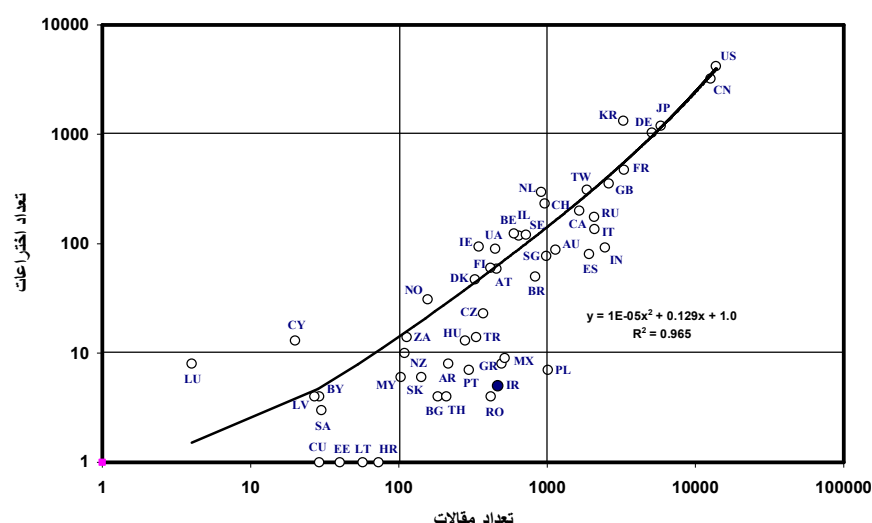
آمریکا و ژاپن بیشترین پتنت را در EPO دارند. بیشتر کشورهای اروپایی هم رتبه‌های بالایی را در میزان ثبت اختراع در EPO به خود اختصاص داده‌اند. تایوان از لحاظ تعداد اختراعات ثبت شده در EPO در رتبه شانزدهم قرار گرفته و در WO جزء ۲۵ کشور اول نیست. با توجه به رتبه تایوان در US می‌توان گفت که هدف اول ثبت اختراعات فناوری نانو در تایوان نیز آمریکا است. چین نیز رتبه بالایی در EPO و WO ندارد و این‌طور به نظر می‌رسد که نگاه محققان و نوآوران چینی بیشتر معطوف بازار داخلی است و توجه زیادی به بازارهای خارجی ندارند، زیرا با وجود توان بالای نوآوری این کشور در فناوری نانو (رتبه دوم جهان) سهم اندکی از اختراعات آنها در کشورها و ادارات ثبتی دیگر ثبت شده است. تعداد پتنت‌های ایران در EPO در سال ۲۰۰۷، ۴ عدد است و بطور مشترک با فنلاند، برزیل و نروژ در رتبه بیست و دوم قرار دارد.

۲- بررسی کشورهای مختلف بر اساس رابطه تولید علم و تولید فناوری

به منظور بررسی رابطه تولید علم و تولید فناوری، وضعیت کشورهای مختلف از نظر تعداد مقالات فناوری نانو به عنوان شاخص تولید علم و تعداد اختراعات مرتبط با فناوری نانو به عنوان شاخص تولید فناوری در شکل ۴ نشان داده شده است. مطابق

نمودار شکل مذکور، رابطه تقریباً مستقیمی بین توانمندی علمی و تولید فناوری وجود دارد و با افزایش تعداد مقالات فناوری نانو تعداد اختراعات نیز طبق معادله‌ای که نزدیک به معادله خطی است افزایش می‌یابد. بر اساس رابطه بین علم و فناوری می‌توان کشورهای موجود را به دو دسته تقسیم کرد: گروه اول کشورهایی را شامل می‌شود که رابطه علم و فناوری بالایی دارند یا به عبارت دیگر در دو شاخص علم و فناوری متوازن هستند. کشورهایی نظیر آمریکا، فرانسه، کانادا، تایوان و ... که با انحراف کمی در اطراف منحنی توزیع شده‌اند از این جمله‌اند. در این گروه کشورهایی مانند کره جنوبی، هلند، بلژیک، اکراین و نروژ هم که در تولید فناوری وضعیت بهتری نسبت به تولید علم دارند قرار می‌گیرند.

مشخصه مشترک کشورهای این دسته این است که توانمندی و توسعه علمی آنها در فناوری نانو با تولید فناوری متناسب است و گرچه توانایی و پتانسیل آنها در این زمینه یکسان نیست (بر اساس تعداد مقالات و اختراعات در یکی از رده‌های قوی، متوسط یا ضعیف قرار می‌گیرند) سمت و سوی تحقیقات علمی و پژوهشی در آنها در جهت ایجاد نوآوری و تولید ثروت از این طریق است.



شکل ۴: موقعیت کشورهای مختلف براساس تعداد مقالات و اختراعات مرتبط با فناوری نانو در سال ۲۰۰۷

گروه دوم کشورهایی را دربرمی‌گیرد که رابطه بین علم و فناوری در آنها ضعیف است. گستره وسیعی از کشورها با توانایی علمی- فنی مختلف از قبیل روسیه، ایتالیا، هندوستان، اسپانیا، لهستان، پرتغال، ایران، ترکیه و ... در این دسته جای می‌گیرند. این کشورها اگرچه در تولید علوم نانو توفیقاتی داشته‌اند، در تولید فناوری و نوآوری تا آن حدی که باید موفق نبوده‌اند. لذا توانایی تولید علم نمی‌تواند به تنهایی به تولید فناوری بینجامد و به نظر می‌رسد که سیاستهای ملی هم در شکوفایی اختراعات موثر هستند. به عنوان مثال اکراین (UA) که در تعداد مقالات نانو با ایران برابری می‌کند حدود ۱۸ برابر ایران پتنت مرتبط با فناوری نانو دارد.

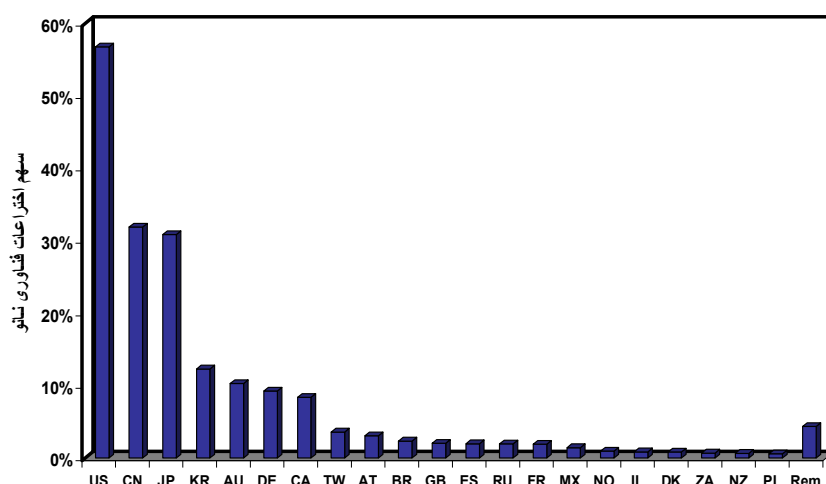
تعداد مقالات بین‌المللی ایران در فناوری نانو در سال ۲۰۰۷، ۴۶۵ مقاله است، درحالی‌که کل اختراعات ایران در فناوری نانو در این سال ۵ مورد است. علت تعداد اندک اختراعات ایران در فناوری نانو را می‌توان به عوامل مختلفی از جمله فاصله چند ساله بین تحقیقات بنیادی و تولید فناوری، مشکلات مربوط به نظام ثبت اختراع در ایران و عدم وجود ساختارهای مناسب مالکیت فکری نسبت داد. باید توجه داشت که اداره ثبت اختراعات ایران جزء دفاتر ثبتی موجود در QPAT نیست. همچنین نظام فعلی ثبت اختراع در ایران اعلامی مطلق بوده و بررسی‌های لازم در هنگام ثبت انجام نمی‌شود. لذا تمایل محققان داخلی و خارجی برای ثبت اختراع در ایران به شدت کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، فقدان زیرساخت‌های مناسب مالکیت فکری، ثبت اختراعات و نوآوری

محققان ایرانی را در خارج از کشور عملاً با مشکلاتی مواجه کرده است. در نتیجه با توجه به پیشرفت‌های اخیر ایران در علوم نانو و سیاست‌های دولت در حمایت از نوآوری در فناوری نانو و تشکیل دفاتر و شرکت‌های خدمات تخصصی مالکیت فکری، در آینده شاهد رشد بیشتر اختراعات ایران در این فناوری خواهیم بود که البته در صورت اصلاح قانون ثبت اختراع در کشور، بطوریکه اختراع قبل از ثبت داوری شده و از حقوق مخترع و مالک آن حفاظت مناسب به عمل آید، همچنین نمایه شدن آمار اختراعات ثبت شده در ایران در پایگاه‌های اطلاعات معتبر نظیر QPAT و Derwent این روند شتاب بیشتری می‌گیرد.

۳- بررسی کشورهای مختلف بر اساس بازار مناسب برای اختراعات فناوری نانو

از آنجا که موفقیت در تولید انبوه و مستمر یک محصول نیازمند بازار مناسب برای عرضه آن محصول یا فناوری است می‌توان گفت که ثبت اختراع در یک کشور نشانه توانایی آن کشور در تصاحب حداقل بخشی از بازار جهانی و داخلی آن محصول است. طبیعی است که هر چه قدرت فناوری یک کشور و مراکز و موسسات صنعتی، پژوهشی و شرکت‌های تجاری خصوصی و دولتی در آن بیشتر و فعال‌تر باشند، پتانسیل آن کشور برای جلب نظر صاحبان سرمایه و فناوری جهت سرمایه‌گذاری و تولید در آن افزایش می‌یابد. علاوه بر این، همانطور که ذکر شد قوانین حاکم بر نظام ثبت اختراع در کشورهای مختلف در میزان تمایل محققان برای ثبت اختراعات خود تاثیر بسزایی دارد. لذا در این بخش به بررسی آماری اختراعات فناوری نانو در دفاتر ثبت پتنت کشورهای مختلف می‌پردازیم. لازم به ذکر است که در این بررسی از دفاتر ثبت فرا ملیتی نظیر EPO و WO صرف نظر شده است.

شکل ۵ سهم اختراعات ثبت شده در کشورهای مختلف را در مجموع سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ نشان می‌دهد. از آنجا که یک اختراع می‌تواند در چند کشور به ثبت برسد، طبیعی است که مجموع سهم تک‌تک کشورها از ۱۰۰٪ بیشتر شود. این مقدار مازاد در واقع همان اختراعاتی هستند که در چند دفتر ثبتی ثبت شده‌اند.

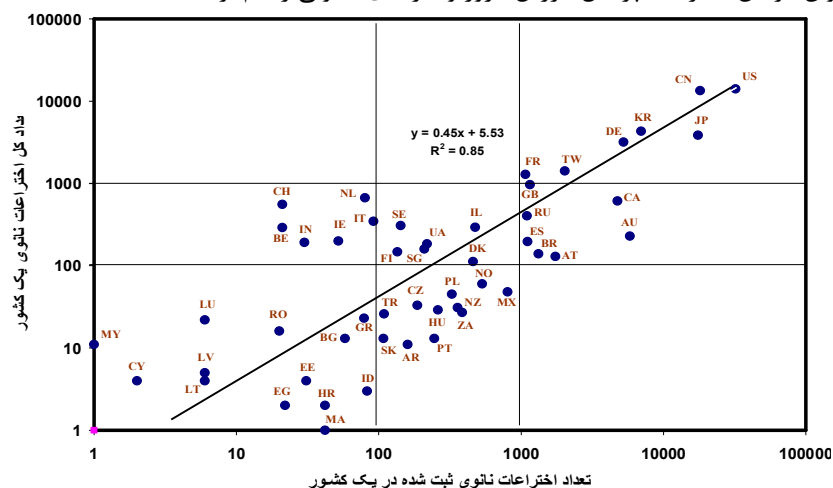


شکل ۵: تعداد اختراعات فناوری نانو که در دفاتر ثبتی کشورهای مختلف ثبت شده‌اند

بیش از نیمی از کل اختراعات فناوری نانو در آمریکا ثبت شده‌اند که با توجه به قدرت توسعه فناوری، توان تجاری‌سازی و زیرساخت‌های صنعتی این کشور دور از انتظار نیست. چین و ژاپن به ترتیب با حدود ۳۲ و ۳۱ درصد در رده‌های بعدی قرار دارند. سه دفتر ثبتی US، CN و JP با تقریب خوبی اکثریت اختراعات ثبت شده در فناوری نانو را دربر گرفته‌اند. همچنین بر اساس نمودار مذکور اکثر کشورهایی که از توان نوآوری خوبی در فناوری نانو برخوردارند، بازار مناسبی برای این فناوری نیز به حساب می‌آیند. از آنجا که دفتر ثبت پتنت ایران جزء دفاتر ثبت پتنت موجود در سایت QPAT نیست نامی از ایران در این بررسی دیده نمی‌شود.

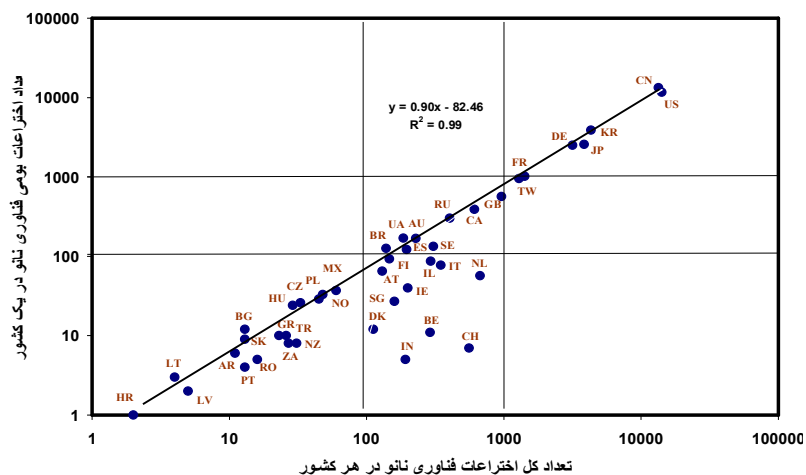
شکل‌های ۶ و ۷ موقعیت کشورهای مختلف را هم از نظر تعداد اختراعاتی که در فناوری نانو ثبت کرده‌اند و هم از نظر تعداد اختراعاتی که در آنها ثبت شده‌اند نشان می‌دهد. در شکل ۶ محور عمودی نشان‌دهنده تعداد اختراعات کشورها در فناوری نانو در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ و محور افقی نشان‌دهنده تعداد اختراعات فناوری نانو است که در هر یک از کشورها ثبت شده‌اند.

با توجه به شکل می‌توان کشورهای مورد بررسی را به سه گروه تقسیم کرد: دسته اول آنهایی هستند که در هر دو زمینه وضعیت مشابهی دارند و انحراف آنها از رابطه مفروض بین دو شاخص توانمندی نوآوری و جذابیت بازار فناوری اندک است. آمریکا، چین، ژاپن، کره جنوبی و آلمان از پیشتازان این گروه هستند. گروه دوم شامل کشورهایی می‌شود که تعداد اختراعات ثبت شده در آنها یا به عبارت دیگر جذابیت بازار و توان تجاری‌سازی در آنها بیش از میزان نوآوری آنها در فناوری نانو است. به عنوان مثال تعداد اختراعات فناوری نانو که در دفاتر ثبتی کانادا و استرالیا ثبت شده‌اند، زیاد و با آلمان و کره جنوبی قابل مقایسه است؛ درحالی‌که تعداد اختراعات آنها در فناوری نانو کمتر و در حد متوسط است. از کشورهای دیگر این دسته که با انحراف زیادی در زیر خط نمودار قرار دارد می‌توان اتریش، مکزیک، پرتغال، برزیل، نروژ و آفریقای جنوبی را نام برد.



شکل ۶: موقعیت کشورهای مختلف براساس شاخص‌های توانمندی نوآوری (محور عمودی) و جذابیت بازار فناوری نانو (محور افقی) در مجموع سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷

دسته آخر شامل کشورهایی هستند که توان نوآوری در آنها بیشتر از تعداد اختراعات ثبت شده در آنها است. این کشورها سیاست و نخبگان خوبی برای تولید فناوری دارند اما به همان نسبت مصرف‌کنندگان خوبی برای اختراعات دیگران نیستند. سوئیس، هلند، ایتالیا، بلژیک، سوئد و هند که با اختلاف زیادی بالای خط نمودار قرار دارند از این جمله‌اند.



شکل ۷: موقعیت کشورهای مختلف بر حسب سهمی از اختراعات فناوری نانو یک کشور در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ که در همان کشور ثبت شده است

این موضوع در شکل ۷ بهتر نشان داده شده است. محور عمودی این نمودار تعداد اختراعاتی را که محققان یک کشور در حیطه فناوری نانو در همان کشور به ثبت رسانده‌اند نشان می‌دهد و محور افقی نشان‌دهنده تعداد کل اختراعات نانوفناوری یک کشور است. به عبارت دیگر این نمودار نشان می‌دهد که محققان یک کشور چه سهمی از اختراعات خود را در کشور خود ثبت کرده و چقدر به توان تجاری‌سازی فناوری نانو در کشور خود ایمان دارند. یک رابطه خطی بین این دو کمیت مشاهده می‌شود و نشان می‌دهد که در بیشتر کشورها، محققان و نوآوران در مرحله اول اختراع خود را در کشور مطبوع خود ثبت می‌کنند. با وجود این، سهم اندکی از اختراعات پژوهشگران هلند، سوئیس، ایرلند، ایتالیا، سنگاپور و ... در فناوری نانو در این کشورها ثبت می‌شوند. از مقایسه جایگاه این کشورها در شکل ۶ و شکل ۷ می‌توان چنین نتیجه گرفت که این کشورها به نسبت، بازار مناسبی برای فناوری نانو به حساب نمی‌آیند ولی در تولید فناوری در این زمینه فعالیت خوبی دارند. در این میان، سنگاپور و دانمارک از نظر جذابیت بازار فناوری نانو جزء کشورهای متوسط ارزیابی می‌شوند (شکل ۶)؛ با وجود این، محققان آنها تمایل زیادی به ثبت اختراعات خود در زمینه فناوری نانو در کشور خود ندارند (شکل ۷). لذا آمار و نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که هدف از محل ثبت اختراع در درجه اول بازار مناسب و توان بهره‌برداری از آن است و صاحبان نوآوری فقط با دید تولید ثروت به مقوله ثبت پتنت و مالکیت فکری می‌نگرند. در اینجا به مبحث مالکیت فکری در فناوری نانو از دو منظر توان ایجاد نوآوری و جذابیت بازار یعنی تعداد ثبت اختراعات مرتبط با فناوری نانو در کشورهای مختلف نگریسته شده است. بر اساس آمار بدست آمده آمریکا، چین، کره جنوبی و ژاپن بیشترین نوآوری را داشته‌اند که روند صعودی اختراعات چین و کره در فناوری نانو در سالهای اخیر از شتاب بیشتری برخوردار بوده است. تعداد اختراعات ایران در فناوری نانو در سال ۲۰۰۷، ۵ عدد است که ۴ عدد در اداره ثبت پتنت اروپا و یک مورد دیگر در WO ثبت شده‌اند. از این حیث در رتبه چهارم و دوم دنیا قرار دارد. در کشورهای صنعتی و در حال توسعه رشد تولید علم کاملاً با ثبت اختراع و تولید فناوری متناسب است. به عبارت بهتر تحقیق و توسعه در فناوری نانو در این کشورها با هدف ایجاد نوآوری و خلق ثروت انجام می‌شود نه صرفاً انتشار مقالات. تعداد اختراعات ایران در فناوری نانو در مقایسه با تعداد مقالات آن بسیار اندک است. این امر را می‌توان به عوامل مختلفی از جمله فقدان زیرساخت‌های مناسب مالکیت فکری، اعلامی بودن نظام ثبت اختراع در ایران و عدم بررسی و داوری تقاضاهای ثبت اختراع نسبت داد که بر میزان ثبت اختراعات خارجی در کشور نیز تاثیرگذار بوده است. اکثر کشورهایی که قدرت نوآوری و تولید فناوری خوبی دارند از جذابیت بازار بیشتری نیز برخوردارند. اگرچه بخش زیادی از اختراعات ثبت شده در این کشورها متعلق به محققان و صنایع داخلی است که در مرحله اول در کشور خود به ثبت رسیده‌اند، بازار مناسب و توان تجاری‌سازی بالا در کنار وجود زیرساخت‌های مناسب در مالکیت فکری در این کشورها در جلب نظر نوآوران سایر کشورها نیز تاثیر داشته است. چین تنها کشوری است که تمام توجه خود را در این زمینه به بازار بزرگ و مناسب داخلی معطوف کرده است. به همین دلیل تعداد پتنت‌های فناوری نانو چین در دفاتر ثبتی دیگر در مقایسه با کل اختراعات آنها در فناوری نانو بسیار اندک است. در مقابل، کشورهایی که از جذابیت بازار خوبی برخوردار نیستند تلاش خود را بیشتر به افزایش تولید نوآوری و ثبت اختراع در این فناوری سوق داده‌اند.

مواد نانو کامپوزیت:

مواد نانوکامپوزیت بر پایه پلیمر (ماتریس پلیمری) اولین بار در سالهای ۷۰ معرفی شده‌اند که از تکنولوژی سول-ژل جهت انتشار دادن ذرات نانو کانی درون ماتریس پلیمر استفاده شده است.

هر چند تحقیقات انجام شده در دو دهه گذشته برای توسعه تجاری این مواد توسط شرکت تویوتا در ژاپن در اواخر سالهای ۸۰ صورت گرفته است. ولی رشته نانو کامپوزیت پلیمر هنوز در مرحله جنینی و در آغاز راه می‌باشد.

در این شرایط نانو آلومینا، بهترین ساختار نانویی است که افق جدیدی را در صنعت سرمایه‌گذاری نوید می‌دهد. زیرا کاربرد این مواد پدیده‌ای است که از نظر مکانیکی، الکتریکی و خواص حرارتی به طور مناسب دارای تعادل بوده و در رشته‌های مختلف کاربرد دارد.

از جمله می توان به چند نمونه اشاره کرد: تکنولوژی نانوفلر آرتوناید که اخیراً به طور تجاری، الیاف نانویی آلومینا، انقلابی در رشته سرامیک بوجود آورده است. ذرات نانویی غیرفلز مانند: نانو سیلیکا، نانو زیرکا و مواد دیگر اصلاح کننده سرامیک ها می باشند.

۳. بتن با عملکرد بالا (HPC)

یکی از چالشهایی که در رشته مصالح ساختمانی بوجود آمده است. بتن با عملکرد بالا می باشد. این نوع بتن مقاوم از نوع مصالح کامپوزیت بوده و از نظر دوام جزو مصالح کامپوزیت و چند فازی مرکب و پیچیده می باشد. خواص و رفتار و عملکرد بتن بستگی به نانو ساختار ماده زمینه بتن و سیمانی دارد که چسبندگی، پیوستگی و یکپارچگی را بوجود می آورد.

بنابراین، مطالعات بتن و خمیر سیمان در مقیاس نانو برای توسعه مصالح ساختمانی جدید و کاربرد آنها حایز اهمیت می باشد. روش معمولی برای توسعه بتن با عملکرد بالا اغلب شامل پارامترهای مختلف از جمله طرح اختلاط بتن معمولی و بتن مسلح با انواع مختلف الیاف می باشد در مورد بتن به طور خاص. علاوه بر عملکرد با دوام و خواص مکانیکی بهتر، بتن با عملکرد بالای چند منظوره (MHPC) خواص اضافه دیگری را دارا می باشد. از جمله می توان به خاصیت الکترومغناطیسی و قابلیت به کارگیری در سازه های اتمی (محافظت از تشعشعات) و افزایش موثر بودن آن در حفظ انرژی ساختمانها و... نام برد.

نانو سیلیس آمورف:

در صنعت بتن، سیلیس یکی از معروف ترین موادی است که نقش مهمی در چسبندگی و پرکنندگی بتن با عملکرد بالا (HPC) ایفا می کند.

محصول معمولی همان سیلیکافیوم یا میکروسیلیکا می باشد که دارای قطری در حدود ۰/۱ تا ۱ میلی متر می باشد و دارای اکسید سیلیس حدود ۹۰٪ می باشد.

می توان گفت که میکروسیلیکا محصولی است که در محدوده بالای اشل اندازه نانومتر جهت افزایش عملکرد کامپوزیت مواد سیمانی به کار برده می شود.

محصولات نانو سیلیس متشکل از ذراتی هستند که دارای شکل گلوله ای بوده و با قطر کمتر از ۱۰۰ نانومتر یا به صورت ذرات خشک پودر یا به صورت معلق در مایع محلول قابل انتشار می باشند که مایع آن معمول ترین نوع سیلیس می باشد.

این نوع محلول در آزمایشات مشخص در بتن خود تراکم به کار گرفته شده است. نانو سیلیس معلق کاربردهای چند منظوره از خود نشان می دهد مانند:

. خاصیت ضد سایش

. ضد لغزش

. ضد حریق

. ضد انعکاس سطوح

آزمایشات نشان داده اند که واکنش مواد نانو سیلیس با هیدرواکسید کلسیم در مقایسه با میکروسیلیکا بسیار سریع تر انجام گرفته و مقدار بسیار کم این مواد همان تأثیر پوزولانی مقدار بسیار بالای میکرو سیلیکا را در سنین اولیه دارا می باشد.

تمام کارهای انجام یافته بر روی کاربرد مواد نانو سیلیس کلوییدی در بخش اصلاح خواص ریولوژی، کارپذیری و خمیر سیمان بوده است

نانو لوله ها:

همان گونه که در مقدمه مقاله مطرح شد، معمولاً الیاف برای مسلح کردن و اصلاح عملکرد مکانیکی بتن بکار برده می شوند. امروزه از الیاف فلزی، شیشه ای، پلی پرولین، کربن و... در بتن برای مسلح کردن استفاده می شود و لیکن تحقیقات روی بتن مسلح شده توسط نانولوله کربنی انتشار نیافته است تا بتوان از نتایج آن برای مسلح کردن بوسیله نانو لوله ها استفاده کرد. نانو لوله کربنی توسط LDJMA در سال ۱۹۹۱ کشف شده است و کارهای بسیاری بر روی ساختار نانودر بخش فیزیک کوانتوم انجام یافته است بطوری که تحقیقات نوین بر روی تکنولوژی و مهندسی نانو در سطح جهانی نقش اساسی و اصلی بازی می کند. کربن ۶۰ و نانو لوله های نوین دارای ساختاری هستند که آنها را از فولاد قوی تر و بسیار سبک میکند بطوریکه می توانند کشش را بدون شکستن تحمل نمایند و در آینده جایگزین الیاف کربن خواهد شد که در کامپوزیت ها به کار برده خواهد شد.

نانو لوله ها با توجه به تحقیقات انجام شده در مرکز تحقیقات بتن دارای مقاومت کششی بیش از هر نوع الیاف بتنی شناخته شده می باشند و نیز نانو لوله ها خواص قابل ملاحظه حرارتی و الکتریکی از خود نشان می دهند.

بطوریکه هادی بودن حرارت آن ها بیش از دو برابر الماس و هادی بودن الکتریکی آن ها در حدود ۱۰۰۰ برابر فلز مس می باشد.

نانو لوله ها طبقه جدیدی از محصولات می باشند که انقلاب جدید در زمینه مصالح و مواد پیشرفته بوجود آورده اند.

یک نسل جدید از نانو کامپوزیت های چند منظوره می توانند به عنوان نانولوله های کربنی در نقش الیاف مسلح کننده مناسب آن مواد مورد استفاده قرار گیرند. بنابر این نانو لوله های کربنی از اجزای کلیدی بدست آوردن هدف اصلی ذکر شده در فوق به نقش مصالح ساختمانی با عملکرد بالای چند منظوره، بازی می کنند.

نانوکامپوزیت های خاک رس / پلیمر

نانوکامپوزیت های خاک رس / پلیمر بهبود فوق العاده ای در بسیاری از خواص فیزیکی و مهندسی پلیمرهایی که در آنها از مقدار کمی پرکننده استفاده می شود، ایجاد می کند. این تکنولوژی که امروزه می تواند کاربرد تجاری نیز پیدا کند، توجه زیادی را طی سالهای اخیر به خود جلب کرده است.



نانوکامپوزیت های خاک رس / پلیمر بهبود فوق العاده ای در بسیاری از خواص فیزیکی و مهندسی پلیمرهایی که در آنها از مقدار کمی پرکننده استفاده می شود، ایجاد می کند. این تکنولوژی که امروزه می تواند کاربرد تجاری نیز پیدا کند، توجه زیادی را طی سالهای اخیر به خود جلب کرده است.

عمده پیشرفت هایی که در این زمینه بوقوع پیوسته، طی پانزده سال اخیر بوده و در این مقاله به این پیشرفتهای و همچنین مزیتها، محدودیتها و برخی مسایل و مشکلات آن خواهیم پرداخت. هر چند اخیراً پیشرفتهای عمده ای در توسعه روشهای سنتزی و کاربرد آنها در پلیمرهای مهندسی صورت گرفته و تحقیقاتی نیز در مورد خیلی از خواص مهندسی آنها صورت گرفته، ولی با اینحال، برای فهمیدن مکانیزم هایی که باعث افزایش کارایی در نانوکامپوزیت های مرسوم به الیاف تقویت می شوند، مزیتها و امتیازاتی دارد، ولی هنوز نتوانسته تاثیر در بازار کامپوزیت هایی که در آنها جزء الیافی درصد بالایی دارد، ایجاد کند.

موضوع فناوری نانو طی سالهای اخیر بطور فزاینده ای مطرح شده است. عرصه نانو، محدوده ای بین ابعاد میکرو و ابعاد مولکولی است و این محدوده ای است که دانشمندان مواد و شیمیدان ها در آن به مطالعاتی پرداخته اند و اتفاقاً مورد توجه آنها نیز قرار گرفته است، مانند مطالعه در ساختار بلورها. ولی تکنولوژی که توسط علوم مواد و شیمی توسعه یافته و به نانومقیاس معروف است، نباید به عنوان نانوتکنولوژی تلقی شود. هدف اصلی در

نانوتکنولوژی ایجاد کاربردهای انقلابی و خواص فوق‌العاده مواد، با سازماندهی و جنبش آنها و همچنین طراحی ابزار در مقیاس نانو می‌باشد.

تعریف

نانوکامپوزیت‌های خاک‌رس / پلیمر یک مثال موردی از نانوتکنولوژی هستند. در این نوع مواد، از خاک‌رس‌های نوع اسمکتیت (Smectite-type) از قبیل هکتوریت، مونت موریلونیت و میکای سنتزی، به عنوان پرکننده برای بهبود خواص پلیمرها استفاده می‌شود. خاک‌رس‌های نوع اسمکتیت، ساختاری لایه‌ای دارند و هر لایه، از اتمهای سیلیسیم کوئرتانیه شده بصورت چهار وجهی که به یک صفحه هشت وجهی با لبه‌های مشترک از $Al(OH)_3$ یا $Mg(OH)_2$ متصل شده، تشکیل شده است. با توجه به طبیعت پیوند بین این اتمها، انتظار می‌رود این مواد خواص مکانیکی فوق‌العاده‌ای را در جهت موازی این لایه‌ها نشان دهند ولی خواص مکانیکی دقیق این لایه‌ها هنوز شناخته نشده‌اند. اخیراً با استفاده از روشهای مدل‌سازی تخمین زده شده که ضریب یانگ در راستای لایه‌ها، پنجاه تا چهارصد برابر بیشتر از یک پلیمر عادی است. لایه‌ها نسبت صفحه‌ای (aspect ratio) بالایی دارند و هر لایه تقریباً یک نانومتر ضخامت دارد، در حالیکه شعاع آن از سی نانومتر تا چند میکرون، متفاوت می‌باشد. صدها یا هزاران عدد از این لایه‌ها بوسیله یک نیروی واندروالسی ضعیف، روی هم انباشته می‌شوند تا یک جزء رسی را تشکیل دهند. با یک پیکربندی مناسب این امکان وجود دارد که رس‌ها را به اشکال و ساختارهای گوناگونی، درون یک پلیمر، به شکل سازمان‌یافته قرار دهیم. در گذشته، عمدتاً به این شکل از دانه‌های رسی برای افزایش کارایی پلیمر استفاده می‌شود که آنها را در حد میکرونی خرد می‌کردند تا از آنها در تولید پلیمرهای تقویت شده بوسیله پرکننده‌های در اندازه میکرون، استفاده کنند. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده.

می‌توان تصور کرد که خواص مکانیکی فوق‌العاده لایه‌های منفرد در اجزای خاک‌رس نتوانند در یک سیستم به طرز موثری عمل کنند و پیوندهای ضعیف بین دو لایه منشاء ایراد در این کار می‌باشد. معمول است که از میزان بالایی از خاک‌رس استفاده شود تا به بهبود کافی هر ضرایب دست یابیم، در حالیکه این کار باعث کاهش استحکام و سختی پلیمر می‌شود.

اصلی که در نانوکامپوزیت‌های خاک‌رس / پلیمر رعایت می‌شود، این است که نه تنها دانه‌های رسی را از هم جدا می‌کنند، بلکه لایه‌های هر دانه را نیز از هم جدا می‌کنند (همانطور که در شکل ۱ بصورت شماتیک نشان داده شده است) با انجام این عمل، خواص مکانیکی فوق‌العاده هر لایه نیز بطور موثر بکار می‌آید و این در حالی است که در اجزای تقویت‌شده نیز بطور چشمگیری افزایش پیدا می‌کند، زیرا هر جزء رسی خود از صدها تا هزارات لایه تشکیل شده است.

ویژگیها نانوکامپوزیت‌های خاک رس / پلیمر

یکی از دستاوردهای تحقیقات این است که مشخص شده که بسیاری از خواص مهندسی هنگامیکه از میزان کمی معمولاً چیزی کمتر از ۵٪ وزنی، پرکننده استفاده شود، بهبود قابل توجهی می‌یابد. در پلیمرهایی چون نایلون (nylon-6) هرگاه از چنین میزان کمی پرکننده استفاده شود، یک افزایش ۱۰۳ درصدی در ضریب یانگ، ۴۹ درصدی در قدرت کشسانی و ۱۴۶ درصدی در مقاومت در برابر تغییر شکل بر اثر گرما، از خود نشان می‌دهد. سایر خواص فیزیکی بهبود یافته عبارتند از: مقاومت در برابر آتش، مقاومت باریر (barrier resistance) و هدایت یونی.

امتیاز دیگر نانوکامپوزیت‌های خاک رس / پلیمر این است که تاثیر قابل توجهی بر خواص اپتیکی پلیمر ندارند.

ضخامت یک لایه رس منفرد، بسیار کمتر از طول موج نور مرئی است، بنابراین نانوکامپوزیت‌های خاک رس / پلیمر که خوب ورقه شده باشد، از نظر اپتیکی شفاف می‌باشد. میکرو نانوکامپوزیت‌هایی که تصویرشان در شکل ۱ نشان داده شده، از ترکیب خاک رس و پلی‌پروپیلن و با استفاده از روش سرد کردن سریع جهت به حداقل رساندن اثر کریستالیزاسیون، ساخته شده‌اند. میکروکامپوزیت‌های مرسوم، قهوه‌ای و مات به نظر می‌رسند، در حالیکه نانوکامپوزیت‌ها تقریباً شفاف و بیرنگند. با این دلایل، نتیجه می‌گیریم که نانوکامپوزیت‌های خاک رس / پلیمر نمایش خوبی از نانوتکنولوژی می‌باشد. با سازماندهی و چینش ساختار کلی در پلیمرها در مقیاس نانومتر، مواد جدید با خواص نو یافت شده‌اند. نکته دیگر در توسعه نانوکامپوزیت‌های خاک رس / پلیمر این است که این تکنولوژی، فوراً می‌تواند کاربرد تجاری پیدا کند، در حالیکه بیشتر نانوتکنولوژی‌های دیگر، هنوز در مرحله مفاهیم و اثبات هستند.

کاربردهای نانوکامپوزیت‌های خاک رس / پلیمر

اولین کاربرد تجاری این مواد با استفاده از نانوکامپوزیت خاک رس / نایلون ۶ بعنوان روکش نوار زمان سنج برای ماشینهای تویوتا در همکاری با ube در سال ۱۹۹۱ بود. به فاصله کمی بعد از آن Unikita نانوکامپوزیت نایلون ۶ را بعنوان محافظ روی موتورهای GDI شرکت میتسوبیشی معرفی کرد. در آگوست ۲۰۰۱، ژنرال موتورز و باسل، کاربرد نانوکامپوزیت‌های خاک رس / پلیمر را بعنوان جزء مکمل COMC ساخاری و شورتل اکستروژن‌ها به همگان اعلام کرد. این امر با کاربرد این نانوکامپوزیت‌ها در درب‌های شورتل ایمپالاز (Impalas) صورت گرفت.

اخیراً شرکت نوبل پلیمرز (Noble/Polymers) نانوکامپوزیت‌های خاک رس / پلی‌پروپیلن را برای استفاده در صندلی‌های هند آکورد ساخته است و این در حالی است که Ube دارد نانوکامپوزیت‌های خاک رس / نایلون ۱۲ (clay/nylon-12) را برای استفاده در اجزای سیستم سوخت‌رسانی، تولید می‌کند. علاوه بر کاربرد در صنعت خودرو، نانوکامپوزیت‌های خاک رس / پلیمر، به صنایع نوشیدنی‌ها نیز راه یافته‌اند. Alcos CSZ نانوکامپوزیت‌های خاک رس / پلیمر چندلایه را در کاربردهای جدید خود (بعنوان مواد خطی - سد) (barrier liner materials) بکار می‌برد. شرکت Honey well محصولات نانوکامپوزیت خاک رس / پلیمری Aegis TM NC resin را در بسته‌بندی نوشیدنی‌ها بکار می‌برد و اخیراً شرکت‌های Mitsubishi Gas Chemical و Nano car ، نانوکامپوزیت‌های Nylon-MXD6 را برای ساخت بطری‌های چند لایه (PET polyethylene terephtalate) ساخته است.

تاریخچه نانوکامپوزیت‌های خاک رس / پلیمر

اگرچه تحقیقات در مورد ترکیب خاک رس / پلیمر به قبل از ۱۹۸۰ برمی‌گردد، ولی کارهایی که در آن زمان صورت گرفت را نباید در تاریخچه نانوکامپوزیت‌های خاک رس / پلیمر به حساب آورد، چرا که هیچگاه به نتیجه چشمگیری برای بهبود خواص فیزیکی و مهندسی آنها ختم نشد. در حقیقت می‌توان منشأ نانوتکنولوژی خاک رس / پلیمر را کارهای شرکت تویوتا که تلاش برای لایه‌لایه کردن دانه‌های رسی در نایلون ۶ شروع شد، دانست. آنها فاش ساختند که توانسته‌اند بهبود قابل توجهی در خواص پلیمرها، با تقویتشان بوسیله خاک رس در مقیاس نانومتر، ایجاد کنند. از آن موقع به بعد تحقیقات وسیعی در این زمینه در سطح جهان انجام شده است. در حال حاضر این بهبودها به سایر پلیمرهای مهندسی از جمله پلی‌پروپیلن (PP) ، پلی‌اتیلن، پلی‌استایرن، پلی-وینیل کلرید، آکریلونیتریل، پلیمرهای بوتای ان اسنایرن (ABS) ، پلی‌متیل متاکریلات، PET ، کاپلیمرهای اتیلن سونییل استات، پلی‌اکریلونیتریل، پلی‌کربنات، پلی‌اتیلن اکسید (PEO) ، اپوکسی رزین، پلی‌امید، پلی-

لاکتید، پلی کاپرولاکتون، فنولیک رزین، پلی بی فیلین وینیلن، پلی پیرول، لاستیک، استارک (آهار)، پلی اوراتان، پلی وینیل پیریدین، سرایت کرده.

تکنولوژی ساخت نانوکامپوزیت های خاک رس / پلیمر

مرحله نهایی در ساخت نانوکامپوزیت های خاک رس / پلیمر، جدا جدا کردن لایه های رسی و پخش آن در پلیمر می باشد. استراتژی کار بستگی دارد به سازگاری و همگون بودن رس و پلیمری که استفاده می شود. این تعیین می کند که آیا نیاز به عملیات مقدماتی روی خاک رس یا پلیمر قبل از مخلوط کردن هست یا نه. اگر سطح لایه های سیلیکاتی با پلیمر، سازگار و همگون باشد، اختلاط مستقیم بین این دو می تواند اتفاق بیفتد، بدون اینکه نیاز به عملیات مقدماتی باشد. چنین مواردی بیشتر وقتی اتفاق می افتد که پلیمر قابل حل در آب، مانند PEO یا PVP استفاده کنیم، چرا که این پلیمرها و سطح لایه های سیلیکات، هر دو آبدوست هستند و نیروهای دو قطبی یا وان دروالسی بین لایه های سیلیکات، باعث سهولت جذب مولکولهای آبدوست و ایجاد فشارهای عمودی روی لایه می شود که در نتیجه باعث جدا کردن تک تک لایه های رسی در این پلیمرها می گردد. اما به هر حال، بیشتر پلیمرها آب گریز و در نتیجه با دانه های رسی آبدوست، ناسازگار هستند. در این موارد نیاز به یکسری عملیات مقدماتی روی خاک رس یا پلیمر داریم. پرکاربردترین روش های برای اصلاح دانه های رسی، استفاده از آمینواسیدها، نمکهای آمونیم آلی و یا فسفونیم تترا ارگانیک هاست تا سطح آبدوست رس ها را به آب گریز تبدیل کنیم. دانه های رسی که به این روش اصلاح می شوند، ارگانو کلی نامیده می شوند.

در مورد پلیمرهایی که فاقد هرگونه گروه عاملی می باشند، مانند پلی پروپیلن (PP)، معمولاً از تکنیک های افزودن گروه عاملی قطبی روی زنجیره پلیمری استفاده می شود و یا اینکه در طی فرآیند ساخت، پلیمرهای پیوند خورده را بصورت مستقیم وارد می کنند. مثلاً در نانوکامپوزیت های رسی / پلی پروپیلن (clay PP) از مالئیک اسید پیوند خورده به پلی پروپیلن، بصورت مستقیم استفاده شده است. در طی پیشرفتهای اخیر، از مخلوطی که پلی پروپیلن، پروپیلن پیوند خورده با مالئیک ایندرید و ارگانو کلی استفاده شده است. روشهای زیادی در تولید نانوکامپوزیتها استفاده شده، ولی سه روشی که از ابتدای کار توسعه بیشتری یافته اند عبارتند از: **پلیمریزاسیون in situ**، **ترکیب محلول القاشدن و فرآیند ذوبی**.

روش اینسیتو عبارت است از وارد نمودن یک پیش ماده پلیمری بین لایه های رسی و آنگاه پهن کردن و سپس پاشیدن لایه های رسی درون ماده زمینه (matrix) با پلیمریزاسیون. ابتکار این روش بوسیله گروه تحقیقاتی شرکت تویوتا بود و زمانی رخ داد که می خواستند نانوکامپوزیت های خاک رس / پلیمر ۶ را بسازند. این روش قابلیت و توانایی تولید نانوکامپوزیت هایی با لایه لایه شدگی خوب را دارد و در محدوده وسیعی از سیستم های پلیمری، کاربرد دارد. این روش برای کارخانه های پلیمر خام مناسب است تا در فرآیندهای سنتزی پلیمر، نانوکامپوزیت های رسی / پلیمر بسازند و مخصوصاً برای پلیمرهای ترموستینگ (پلیمرهایی که در برابر گرما مستحکم تر می شوند) بسیار مفید است.

روش ترکیب محلول القا شده (solution induced interceletion) از یک حلال برای بارگیری و پخش رس ها در محلول پلیمری استفاده می شود. این روش هنوز مشکلات و موانع زیادی را در راه تولید تجاری نانوکامپوزیت ها پیش رو دارد. قیمت بالای حلالهای مورد نیاز و همچنین مشکل جداسازی فاز حلال از فاز محلول تولید شده، از جمله این موانع هستند. همینطور در این روش، نگرانیهایی از نظر امنیت و سلامتی وجود دارد. با این وجود این روش در مورد پلیمرهای محلول در آب قابل اجرا و مقرون به صرفه است. بخاطر قیمت پایین آب که بعنوان حلال استفاده می شود و همچنین امنیت بیشتر و خطر کمتر آن برای

سلامتی.

در روش فرآیند ذوبی، ترکیب خاکرس و پلیمر در حین ذوب شدن انجام می‌شود. بازده و کارایی این روش به اندازه روش اینسیتو نیست و کامپوزیت‌های تولید شده، ورقه‌ورقه شدگی کمی دارند. به هر حال این روش می‌تواند در صنایع تولید پلیمر قدیمی که در آنها از روش‌های قدیمی مانند قالبگیری و تزریق (Extrusion and injection molding) استفاده می‌شود، بکار رود و اتفاقاً نقش مهمی در افزایش سرعت پیشرفت تولید تجاری نانوکامپوزیت‌های رس / پلیمر ایفا کرده است. علاوه بر این سه روش با روش‌های دیگر نیز در حال توسعه هستند که عبارتند از: ترکیب جامد، کوولکانیزاسیون و روش سل-ژل. این روش‌ها بعضاً در مراحل ابتدایی توسعه هستند و هنوز کاربرد وسیع پیدا نکرده‌اند.

رقابت نانوکامپوزیت‌های خاکرس / پلیمر با کامپوزیت‌های الیافی

با پیدا شدن سروکله تکنولوژی نانوکامپوزیت، جهشی در زمینه تقویت پلیمرها بوجود آمده، و معقول به نظر می‌رسد که فکر کنیم نانوکامپوزیت‌های خاکرس / پلیمر، بتوانند جای کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف مرسوم را بگیرند.

از نظر تئوری، تقویت پلیمرها در مقیاس نانویی، امتیازات برتری نسبت به کامپوزیت‌های تقویت‌شده با الیاف دارند. ضعف کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف، در واقع یک شکست در راه استفاده مفید از خواص ذاتی و طبیعی مواد است. مثلاً سعی می‌کنیم که با بکارگیری پیوندهای قوی کووالانسی و استفاده از صفحه‌های آروماتیک ساختار گرافیتی، مواد کربنی را مستحکم‌تر کنیم. در حالیکه الیاف کربنی که امروزه استفاده می‌شود، تنها ۳ تا ۴ درصد استحکام نظری صفحات آروماتیک را به دست می‌دهند. عدم اتصال داخلی بین صفحات آروماتیک در ساختار الیاف کربنی، مانع دستیابی به استحکام مطلوب مواد می‌شود، در حالیکه این مشکل در مورد نانوکامپوزیت‌های تقویت‌شده با پرکننده‌های لایه‌ای وجود ندارد. هنگامیکه از پرکننده‌های لایه‌ای و ورقه‌ای در زمینه پلیمری استفاده می‌شود، اتصالات و پیوندهای داخلی بوجود آید و بنابراین حداکثر استفاده از خواص ذاتی و طبیعی لایه‌های منفرد می‌شود.

در حقیقت خواص مکانیکی بدست آمده، در بهترین نانوکامپوزیت‌های خاکرس / پلیمر بسیار کمتر از کامپوزیت‌هایی است که از درصد بالایی الیاف، برای تقویت استفاده می‌کنند. در حال حاضر بیشترین پیشرفت‌ها و بهبودها در خواص مکانیکی نانوکامپوزیت‌های خاکرس / نایلون ۶ بدست آمده که در آنها ۴ درصد وزنی از خاک-رس بارگذاری شده است. شکل ۲ ضریب و قدرت کشسانی این نانوکامپوزیت را با نایلون ۶۰ و نایلون ۶۰ تقویت شده با ۴۸ درصد وزنی، الیاف خرده شیشه‌ای نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که بهترین نانوکامپوزیت خاکرس / پلیمری، هنگامیکه حجم بالایی از جز را تقویت‌کننده الیافی مطرح باشد، نمی‌تواند با کامپوزیت‌های الیافی همسانی و رقابت کند. به منظور دستیابی به خواص مکانیکی بهتر عناصر تقویت‌کننده بیشتری در نانوکامپوزیت‌های خاک-رس / پلیمر مورد نیاز است، در حالیکه چنین کاری غیرممکن است. زیرا هنگامیکه عمل لایه لایه شدن اتفاق می‌افتد، سطح تماس لایه‌های رسی صدها و بلکه هزاران برابر می‌شود و این باعث می‌شود که مولکول‌های پلیمر کانی، برای خیس کردن تمام سطح تقویت‌کننده‌های رسی نداشته باشیم.

در هر حال، هنگامیکه بحث استفاده از درصد پایین پرکننده مطرح باشد، در این حالت نانوکامپوزیت‌های خاک-رس / پلیمر را با کامپوزیت‌های تقویت شده بوسیله الیاف، مقایسه کنیم، می‌بینیم که نانوکامپوزیت‌ها تقویت بهتری را نسبت به کامپوزیت‌های الیافی مرسوم، نشان می‌دهند. اطلاعات بدست آمده بوسیله تحقیقات Fornes و

Panl در مورد ضریب یانگ نانوکامپوزیتهای خاکرس / نایلون ۶ و کامپوزیتهای نایلون ۶ تقویت شده با الیاف شیشه‌ای در محدوده استفاده از ۱۰ درصد وزنی پرکننده، در شکل ۳ رسم شده است. می‌توان مشاهده نمود که نانوکامپوزیتهای کارآیی بیشتری را در بهبود ضریب یانگ نسبت به کامپوزیتهای الیافی نشان می‌دهند. از مقایسه بالا مشهود می‌گردد نانوکامپوزیتهای خاکرس / پلیمر در محدوده بارگذاری درصد پایین از الیاف، امتیازاتی نسبت به کامپوزیتهای تقویت شده با الیاف دارند و مطمئناً بازار کامپوزیتهای الیافی مرسوم با حجم پایین از جزء الیافی، با پیشرفت نانوکامپوزیتهای خاکرس / پلیمری تحت تاثیر قرار خواهد گرفت، ولی فعلاً تابحال، پیشرفت در نانوکامپوزیتهای تاثیر کمی روی بازار کامپوزیتهای تقویت شده با الیاف گذاشته است.

مشکلات توسعه نانوکامپوزیتهای خاکرس / پلیمر

علاوه بر پرکننده‌ها، عمده مشکلات پیش‌روی پیشرفت نانوتکنولوژی خاکرس / پلیمر عبارتند از: عدم شناخت مکانیزمهای موثر در افزایش کارایی، به کاربردی پلیمرهای ترموستینگ و عدم پایداری ارگانوکی‌ها در برابر حرارت.

اگرچه مدل‌سازی‌های زیادی در جهت پیشبرد درک از مکانیزم افزایش کارایی عمده خواص فیزیکی و مهندسی در استفاده از نانوکامپوزیتهای خاکرس / پلیمر انجام شده، ولی هنوز مسافت زیادی را پیش‌رو داریم. به‌عنوان مثال، هنوز خواص فیزیکی مهندسی لایه‌های منفرد سیلیکات، دقیقاً شناخته نشده‌اند. از این رو مشکل است که یک مکانیزم تقویت‌کننده ایجاد کنیم، و از طرفی، ساختار ذغال باقیمانده ناشی از احتراق نانوکامپوزیت خاکرس / پلیمر هنوز روشن نیست. بدون آن ممکن نیست مکانیزمی برای ایجاد مقاومت در برابر آتش، برای آن طراحی کنیم. مدل‌سازیها و تحقیقات تجربی اساسی، باید در جهتی هدایت شود که در آینده این موانع برطرف شوند. به کاربردن پلیمرهای ترموستینگ، مشکل عمده دیگری در توسعه نانوکامپوزیتهای خاکرس / پلیمر می‌باشد. ترکیب خاکرس با یک پیش ماده پلیمر ترموستینگ می‌تواند عاملیت یک پلیمر را تغییر دهد. تغییر در عاملیت بر میزان اتصالات عرضی تاثیر می‌گذارد و بخوبی مشخص است که عمده خواص مهندسی پلیمرهای ترموستینگ، تابعی از میزان تعداد اتصالات عرضی است. با این وجود گزارش‌هایی هم وجود داشته مبنی بر بهبود خواص مکانیکی سیستمهای پلیمری ترموستینگ که میزان اتصالات عرضی آن پایین بوده است، از جمله اپوکسی رزین با Tg پایین و پلی اوراتان‌ها.

آخرین مسئله مستقیماً بر می‌گردد به نگرانی در مورد تجاری‌سازی نانوتکنولوژی خاکرس / پلیمر، کمبود ارگانوکی‌های پایدار در برابر گرما و نیز از نظر تجاری در دسترس، از موانع ثبت شده در این مسیر هستند. بیشتر ارگانوکی‌های در دسترس، از جایگزینی کاتیون فلزی درون ساختار رس، با نمکهای آمونیاک آلی تهیه می‌شوند. این نمکهای آمونیم در مقابل گرما ناپایدارند و حتی در دماهای کمتر از ۱۷۰ درجه سانتیگراد از بین می‌روند. مسلماً چنین مواد فعال سطحی (سورفکتنت) برای بیشتر پلاستیکهای مهندسی هنگامیکه از تکنولوژی فرآیند ذوب شدن برای ساختن نانوکامپوزیت‌ها استفاده شود، صاحب نیستند و ساخت نانوکامپوزیتهایی که در آن از ارگانوکی‌های اصلاح شده بوسیله نمکهای آمونیم بکار رفته، با استفاده از تکنیک‌های دیگر، به یک معضل تبدیل شده است. اگرچه تعداد زیادی سورفکتنت پایدار در برابر گرما، مثل فسفونیم شناخته شده‌اند، ولی این سورفکتنت‌ها برای کاربرد تجاری، مقرون به صرفه نیستند. نوآوری‌هایی در جهت اصلاح رس‌های آبدوست با استفاده از پلیمرها و الیکومرهای چند عاملی انجام شده تا ارگانوکی‌های پایدار در برابر گرما برای تولید نانوکامپوزیتهای رس / پلیمر بسازند.

خلاصه و نتیجه‌گیری:

پیشرفت‌های عمده در توسعه نانوکامپوزیت‌های خاک‌رس / پلیمر به پانزده ساله اخیر بر می‌گردد و مزیتها و محدودیت‌های این تکنولوژی روشن شده است. با این حال، تا شناخت مکانیزم‌های افزایش کارایی و بهبود خواص مهندسی آنها و اینکه بتوانیم ریزساختارهای آنها را سازماندهی و چینش کنیم تا به خواص مهندسی ویژه دست پیدای کنیم، راه طولانی در پیش رو داریم. در مواقعی که از درصد پایین پرکننده استفاده شود، نانوکامپوزیت‌های خاک‌رس / پلیمر این پتانسیل را دارند تا جایگزین کامپوزیت‌های مرسوم تقویت شده با الیاف شوند.

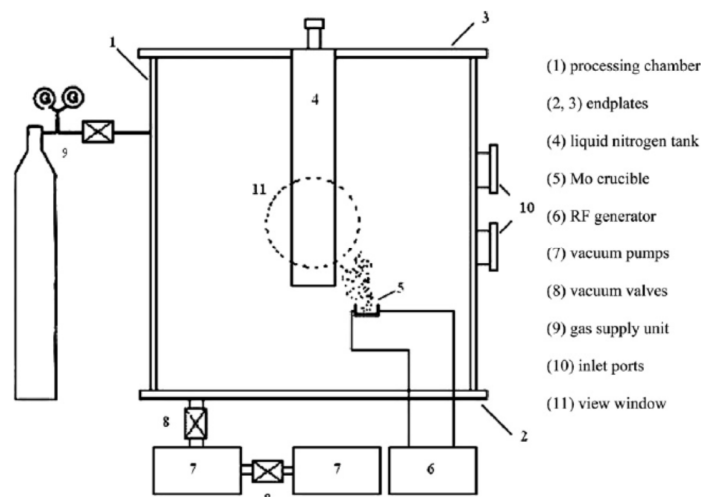
دو برابر کردن طول عمر بتن با کمک نانومواد

مهندسان در مؤسسه ملی استنفورد، روشی برای دو برابر کردن طول عمر بتن توسعه داده‌اند. طبق گفته‌ی این محققان نکته‌ی کلیدی در این روش یک افزودنی نانومقیاس است که نفوذ یون‌های سولفات و کلرید را از نمک جاده، آب دریا و جامدات به داخل بتن کاهش می‌دهد. کاهش انتقال یون به داخل بتن، به معنی کاهش هزینه‌های نگهداری و خرابی‌های فاجعه‌آمیز ساختارهای بتنی است.



این فناوری جدید می‌تواند باعث میلیاردها دلار صرفه‌جویی و نجات جان افراد زیادی شود. بتن یکی از مواد ضروری در صنایع مختلف و زیرساخت‌های یک کشور به شمار می‌رود؛ اما یکی از مشکلات آن این است که نفوذ یون‌های سولفات و کلرید به تدریج سبب ایجاد صدمات ساختاری شده، در نهایت به ایجاد ترک و کم‌دوام شدن بتن می‌شود. تلاش‌های گذشته برای بهبود طول عمر بتن روی ساخت بتن‌هایی متمرکز شده بود که فشرده‌تر بوده، تخلخل کمتر دارند؛ اما متأسفانه این فرمولاسیون‌ها تمایل زیادی به ترک برداشتن دارند. محققان **NIST** برای دو برابر کردن طول عمر این مواد از روش متفاوتی استفاده کردند. آنها بر این باور بودند که افزایش‌دهنده‌های ویسکوزیته، نفوذ در بتن را کاهش می‌دهند. به عقیده‌ی آنها برای کاهش سرعت نفوذ یون‌های سولفات و کلرید به داخل بتن، به جای تغییر اندازه و چگالی خلل و فرج در بتن، بهتر است ویسکوزیته‌ی محلول در بتن را در میکرومقیاس تغییر داد. وال بنتر، یکی از این محققان، می‌گوید: «شنا کردن در استخری از عسل سخت‌تر و طولانی‌تر از شنا کردن در استخری از آب است.» این محققان با الهام از افزودنی‌هایی که در صنایع غذایی برای غلیظ کردن غذا استفاده می‌شود، حتی یک افزودنی رایج به نام زانتوم (**Xanthum**) که سس‌ها و چاشنی‌های سالاد را غلیظ می‌کند، تست کردند. این محققان با مطالعه‌ی افزودنی‌های مختلف به این نتیجه رسیدند که اندازه‌ی مولکول افزودنی برای استفاده به‌عنوان مانعی برای نفوذ، بسیار مهم است. مولکول‌های بزرگ‌تر از قبیل اتر سلولز و صمغ زانتوم باعث افزایش ویسکوزیته می‌شوند؛ اما سرعت نفوذ یون‌ها را کاهش نمی‌دهند، در مقابل مولکول‌های کوچک‌تر (کمتر از صد نانومتر) منجر به کاهش سرعت نفوذ یون‌ها خواهند شد.

به گفته‌ی بنتر موقعی که اندازه‌ی افزودنی بزرگ و غلظت آن کم است، حرکت و نفوذ یون‌های کلرید به داخل آنها آسان خواهد بود؛ اما با بالاتر رفتن غلظت افزودنی‌های کوچک‌تر، به‌منظور افزایش ویسکوزیته، جلوگیری از حرکت و نفوذ یون‌ها بهتر انجام می‌شود بر اساس توضیح این محققان می‌توان این نانوافزودنی‌ها را به همراه ترکیبات شیمیایی رایج با بتن مخلوط کرد؛ اما وقتی این نانوافزودنی‌ها از طریق اشباع کردن جاذب (ماسه سبک) با بتن مخلوط شوند، عملکرد بهتری را خواهند داشت. آنها برای کاهش هزینه و غلظت مورد نیاز از این نانوافزودنی‌ها برای دو برابر کردن طول عمر بتن، در حال بررسی دیگر مواد و روش‌های مخلوط کردن هستند.



شماتیک دستگاه چگالش گاز خنثی

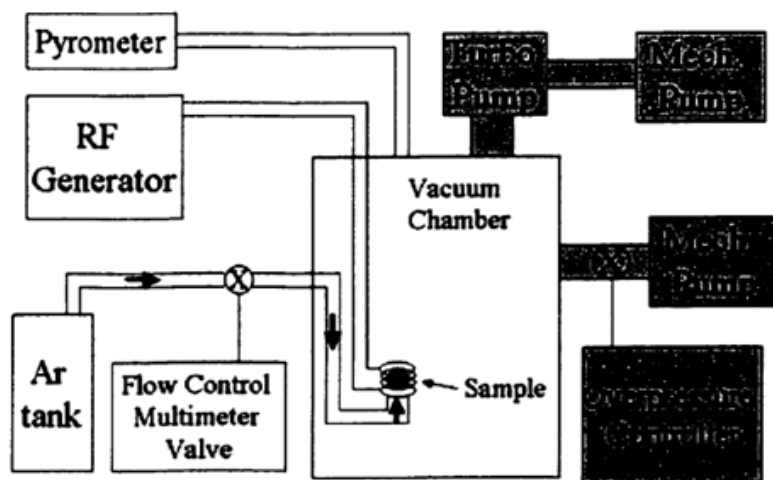
روش تماسی چگالش گازی برای تولید نانو ذرات

روش های تعلیق غیر تماسی برای سنتز نانو ذرات

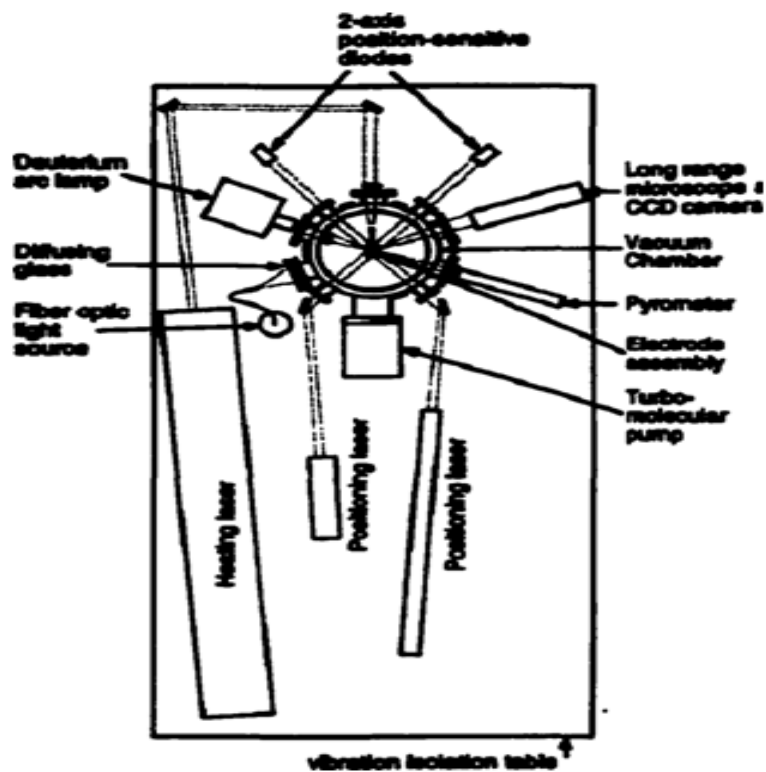
روش ترکیبی چگالش گازی و تعلیق الکترومغناطیسی برای تولید نانو پودرها

روش های تغییر شکل پلاستیکی برای تولید نانو ساختارها

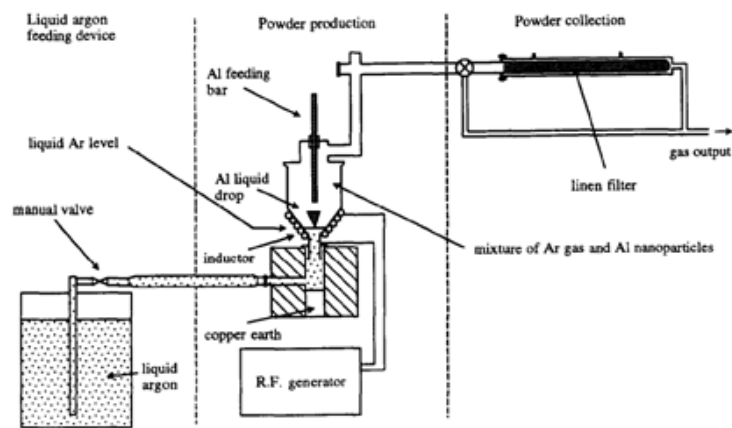
Electromagnetic Levitator



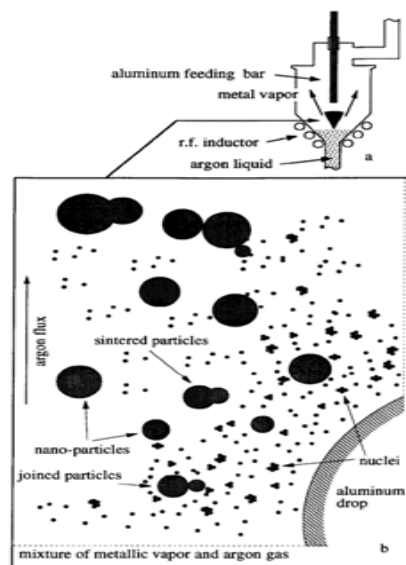
شماتیک دستگاه الکترومغناطیسی



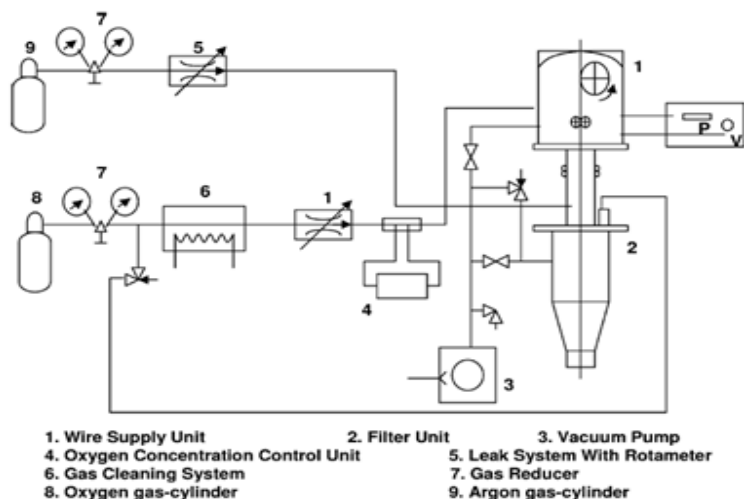
شماتیک تجهیزات آزمایشگاهی تعلیق الکترواستاتیکی



شماتیک تجهیزات بکار رفته برای سنتز پودرهای آلومینیوم



محفظه تبخیر-چگالش فرایند سنتز نانو پودرهای آلومینیوم



شماتیکی از تجهیزات چگالش گازی معلق

- فیلمهای نانو لایه (Nano Layer Thin Films)
- نانو پوششهای حفاظتی (Nano Coating)
- نانو ذرات به عنوان پیش سازنده (Precursor) یا اصلاح ساز (Modifier)
- نانو لوله ها (Nanotubes)

نانو لوله کربنی CNT توسط LIJIMA در سال ۱۹۹۱ کشف شده است و کارهای بسیاری بر روی ساختار نانو در بخش فیزیک کوانتوم انجام یافته است. کربن ۶۰ و نانو لوله های نوین دارای ساختاری هستند که آنها را از فولاد قوی تر و بسیار سبک می کند بطوریکه می توانند خمیدگی و کشش را بدون شکستن تحمل نمایند و در آینده جایگزین الیاف کربن خواهند شد که در کامپوزیت ها به کار برده می شوند. دارای مقاومت کششی بیش از هر نوع الیاف بتنی شناخته شده می باشند و نیز نانو لوله ها خواص ویژه قابل ملاحظه حرارتی و الکتریکی از خود نشان می دهند ، بطوریکه هادی بودن آنها بیش از دو برابر الماس و

هادی بودن الکتریکی آنها در حدود ۱۰۰۰ برابر فلز مس می باشد .

نانو کامپوزیت

مواد نانو کامپوزیت بر پایه پلیمر (ماتریس پلیمری) اولین بار در سالهای ۷۰ معرفی شده اند که از تکنولوژی سول - ژل (Sol-Gel)

جهت انتشار (Disperse) دادن ذرات نانو کانی درون ماتریس پلیمر استفاده شده است.

نانو آلومینا ، بهترین ساختار نانویی است که افق جدیدی را در صنعت سرامیک نوید می دهد . زیرا کاربرد این مواد پدیده ای است

که از نظر مکانیکی ، الکتریکی و خواص حرارتی به طور مناسب دارای تعادل بوده و در رشته های مختلف کاربرد دارد

ذرات نانویی غیر فلز مانند: نانو سیلیکا ، نانو زیرکونیا و مواد دیگر اصلاح کننده سرامیک ها می باشد .

مواد نانو سیلیس آمورف (Colloidal Silica)

- خاصیت ضد سایش

- ضد لغزش

- ضد حریق

- ضد انعکاس سطوح

افزودن نانولوله کربنی به سیمان جهت بهبود استحکام بتن:

افزودن مقداری نانو لوله کربنی در سیمان موجب افزایش استحکام کششی و فشاری بتن می شود همچنین افزودن نانولوله کربنی

مقاومت در برابر حملات شیمیایی می شود که این خود دوام و پایداری بتن را به دنبال خواهد داشت. افزودن مقداری نانو لوله های

موجب بالا بردن مقاومت بتن در برابر ترک می شود که مکانیسم آن مشابه کاهگل است. پیوند محکم بتن و نانولوله کربنی علت اصلی

اتصال نانولوله ها سبب مقاومت به ترک بتن می شود.

بتن با عملکرد بالا (High Performance Concrete): - کنترل خلل و فرج های نانویی بتن

افزایش مقاومت بتن در برابر ایجاد ترک - کاهش انرژی مصرفی و محافظت از محیط زیست

تولید سیمانهای تصفیه کننده هوا - ساخت سازه های ضد انفجار با استفاده از فناوری نانو

استفاده از نانو حسگرهای برای تشخیص وضعیت سازه

تهیه الیاف از نانو لوله های کربنی

پژوهشگران موسسه نانو تک (Nano Tech) در دانشگاه تگزاس در زمینه تهیه الیاف از نانو لوله های کربنی به پیشرفت های

چشمگیری دست یافته اند. این الیاف محکم و فوق العاده انعطاف پذیر بوده و از نظر حرارتی و الکتریکی رساناست. این پیشرفت

علمی که با کوچک کردن ابعاد فن آوری قدیمی مورد استفاده در ریسندگی پشم و کتان امکان پذیر شده و نتیجه همکاری غیر

معمولی بین کارشناسان فن آوری نانو UTD و متخصصان ریسندگی پشم سازمان تحقیقات علمی و صنعتی کشورهای مشترک

المنافع (CSIRO) در استرالیا است. نتایج پژوهشهای این گروه در مجلات علمی منتشر شده است. فرصت های تجاری ناشی از این

کشف، به واسطه کاهش هزینه ای نانو لوله های چند لایه ای تاییده شده در مقایسه با نانو لوله های تک لایه ای (که بیشتر مطالعه

شده اند) افزایش خواهد یافت. نانو لوله تک لایه یک استوانه منفرد گرافیتی است در حالی که نانو لوله چند لایه، شامل ردیف های

متحدالمرکز از همان استوانه هاست که سطح مقطع آن شبیه به حلقه های تنه درخت است. UTD و CSIRO قصد دارند در این

رابطه حق امتیاز اختراعی با بیش از ۲۰۰ ادعا ثبت کنند تا فن آوری ریسندگی نانو لوله های کربنی را حفظ نمایند و آن را به نانو

تسمه ها و نانو الیاف ابر رسانا، نیمه رسانا و فلزی گسترش دهند. این ثبت اختراع زمینه به کارگیری این نوآوری در کاربردهایی

همانند ماهیچه های مصنوعی، ابرخازن ها، جلیقه های ضد گلوله، لوله های حرارتی و بسیاری کاربردهای بالقوه دیگر است. ری

باومن (Ray Baughman) متخصص ریسندگی پشم در CSIRO می گوید: " ما معتقدیم که الیاف نانو لوله های ما در کم

تر از ۵ سال می تواند در کاربردهای مهمی جنبه تجاری پیدا کند و بسیاری از شرکت های کوچک و بزرگ برای کمک به تحقق

این موضوع همکاری می کنند". با همکاری های CSIRO آزمایشگاههای دولتی آمریکا و شرکت ها تلاش برای گسترش این فرآیند و بهینه سازی ویژگی های این مواد برای کاربردهای مورد نظر اولیه ادامه خواهد یافت. مبانی فیزیکی و شیمیایی جالب این فرآیند همانند چگالش ناشی از کشش و تغییرات ویژگی های انتقال حرارت و الکتریسیته مرتبط با آن، کاربردهای شگفت انگیز این الیاف را تکمیل می کنند. پژوهشگران بعضی از کاربردهای متنوع این الیاف جدید را مشخص کرده اند از جمله کامپوزیت های سازه ای محکم و چقرمه با قابلیت کاهش ارتعاشات مکانیکی، لباس های ضد گلوله ، تجهیزات جذب فرکانس های رادیویی و مایکروویو و لوله های حرارتی که هم استحکام سازه ای و هم پخش حرارت را تامین می کنند.

منابع و مراجع :

- Engel, "Microforming—Effects of Minaturization," Metal Forming 2000, ., and U.Tiesler, N – 1
355–360, 2000 .Balkema, Rotterdam, pp
- Experimental Investigation of the Extrusion Process for :Cao, Jian et al, "Microforming –2
Micropinsand its Numerical Simulation Using RKEM" Transactions of the ASME, Journal of
126, NOVEMBER 2004 .652, Vol-Manufacturing Science and Engineering, p642
- Basic :Smith, Nanotechnology .Wilson, and G .Raguse, M .Simmons, B ., M.Kannangaro, K –3
Science and Emerging Technologies, 2002
- McLaughlin, James, Metallurgy and Materials, pp,2000 – 4
- , .Engel, "Microforming," CIRP Ann .Tiesler, and U .Eckstein, N .Kleiner, R ., M.Geiger, M – 5
445–462, 2001 ., pp(2)50
- ,Caddell, Metal Forming, Second Edition , Prentice .and Robert, M .Hosford, William F –6
Hall,1993
- 7 – شکل دهی در مقیاس مادون ریز (نانوفرمینگ)، مقاله، دکتر کارن ابری نیا، مهندس فاضل انصاری، دانشکده مهندسی مکانیک،
پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران، سومین کنفرانس شکلهی مواد و فلزات ایران، سال ۱۳۸۵
- 8 –شکل دهی فلزات در مقیاس نانو (با نگاهی بر فناوری نانو)، پایان نامه کارشناسی، دانشکده فنی - دانشگاه تهران، فاضل انصاری،
تهران - سال ۱۳۸۴
- 1 /3/2/2/news/articles/org.nanotechweb.www//:http-9
- htm .nanofiltration/com.lenntech.www//: http- 10
- htm .standards-water-drinking-WHO's/com.lenntech.www//:http- 11
- html.Porous_silicon/~weiss/edu.rochester.ece.www//:http- 12
- 03 =otherC=?view/net.nanocomposite.eng//:http-13
- htm .optical/NANO/COURSES/materials/dept/edu.rpi.www//:http- 14
- html .salt/crystals-3D/dif/fr.ill.www//:http- ۱۵
- htm .photox_Photocatalysis/Photox/uk.co.vcb.www//:http-16
- /zinc-chandigarh/com.indiamart.www//:http- 17
- html .Pinking-Glazing-TI/uk.co.tangram.www//:http- 18

- gif.dich/images/beha/dph/gov.mass.www//:http -19
- 4=?section/02.TU.03/chemistry/learning_modules/uk.org.makingthemodernworld.www//:20http
- htm.ChemFont/flanzafame/wusers/edu.monroecc.www//:http -21
- jpg.chcl3/moleculas/stereo/molecularium/pt.uc.fis.nautilus//:http --22
- htm.Young/1999 Research/research/Research/edu.mtech.www//:http -23
- 4004=productsC=?view/net.nanocomposite.eng//:http -24
- html.3189/sefmessages/board/bin-cgi/uk.co.gordonengland.www//:http -25
- htm.distillation/verrierie_mater/chi_exp/sitedechimie/fr.paris-ac.scola.chimie//:http-26
- htm.technic/fr.free.phys//:http -27
- html.h_distill/history/com.pafko.www//:http -28
- html.corrosion/chemical/hbase/edu.gsu.tr-phy.hyperphysics//:http -29
- htm.corrosion/com.counteractrust.www//:http -30
- html.Teil1.Dioxine/derik/WiLa/de.free.www//:http -31
- Klabunde "NANOSCALE MATERIALS IN CHEMISTRY". Kenneth J-32
- .Copyright # 2001 John Wiley & Sons, Inc
- ۳۳- دومین همایش ملی نانو مواد و نانو تکنولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد ۱۵ و ۱۶ اردیبهشت ۱۳۸۹
- org.irannano.www-34
- ir.nano.www-35
- ir.nanoclub.www-36
- ir.nanoidea.www-37
- ir.itca.www-38
- <http://www.binternet.com/~chemistry/polymer/diagrams.htm>-39
- <http://www.erkoc.physics.tr.edu.tr.kitap.html>-40
- :introduction to AFM method and apparatus, online available at-41
- ca.uoguelph.chembio.www
- , K., Hansma, P., Elings, V., Schneir, J., Marti, O., Hellemans, L.Alexander, S-42
- force microscope -resolution atomic-An atomic (1989)., and Gurley, J.Longmiro, M
- 167 -, 164(1)65.Phys Appl J.implemented using an optical lever
- com.nanoscience.www-43
- sample interaction in atomic force microscopy and its -The tip"How AFM works from -44
- thesis by David Baselt, California Institute .D., Ph"implications for biological applications
- of Technology, Copyright © 1993 by David Baselt

۴۵- انجمن علمی دانشجویی نانوتکنولوژی دانشکده فنی دانشگاه تهران، "نانوتکنولوژی آینده تکنولوژی آفرینش"، تهران ۱۳۸۰

46- Brian, M. Trends in Biotechnology. vol(2000). 18.

47- Montelius, L. Microelectronic Engineering 53. pp(2000). 524-521.

48- Malaquin, L. Microelectronic Engineering 73. pp(2004). 892-887.

49- Shipway, E. Phys. Chem. Chap. 1. p(2000). 18.

50- Xia, Y. Mater. Annu. Rev. Sci. 28. pp(1998). 184-153.

51- Strom, A. Lett. Phys. Appl. J. 79. p(2001). 3881.

52- J. Park, S. Science 295. p(2002). 503.

53- Porath, D. Nature 403. p(2000). 635.

54- J. Haes, A. Soc. Chem. Am. J. 124. p(2002). 10596.

55- Marie, R. Microelectronic Engineering 67. p(2003). 893.

56- <http://www.nasa.gov/ipc>

۵۷- کاربرد مواد نانو ساختار در صنعت ساختمان ۱۳۸۷

<http://www.blogfa.sakhteman-mohandesi.com/8410.aspx>

58- Grzegorz Rozenberg "Nanotechnology Junghuei Chen · Nataša Jonoska Science and

Verlag Berlin Heidelberg 2006 Printed in Germany-Springer Computation"

۵۹- طاهره رحیمی، سیمای تهران

۶۰- نانو تکنولوژی، آینده تکنولوژی آفرینش، دفتر همکاریهای فن آوری ریاست جمهوری کمیته مطالعات

سیاست نانوتکنولوژی

61- Eric Drexler. Engines of creation. USA. Anchor book seditions.

62- Dai, H. "Nanotube Growth and cterization", in carbon Nanotubes.

63- WWW. Smalltimes. com.

64- WWW. Nano tech news. com.

۶۵- سید محسن کلوندی، "ساخت سیمان و بتن بوسیله فناوری نانو"

۶۶- مارک رتنر، فناوری نانو

۶۷- جواد خلجی "بررسی عملکردسیمان در واکنشهای محیطی و شیمیایی و استفاده از فناوری نانوتکنولوژی و ایجاد تغییرات بهینه در

سیمان"

۶۸- فناوری نانو در جهان و کامپیوتر، ارائه شده در دانشگاه شهید بهشتی

www.itseminar.ir

۶۹- آجیان، شادلر، براون "علوم و فناوری نانو کاکپوزیت" ترجمه بابک کفاشی، فاطمه پورشنگ، سید عباس وزیری انتشارات

دانشگاه تهران، ۱۳۸۹

- ۷۰- چارلز پی پول جی آر، فرانک جی آونس "مقدمه ای بر نانو" ترجمه سید مهدی گلابی، انتشارات دانشگاه تبریز ۱۳۸۸
- ۷۱- کارل ث کخ "مواد نانو ساختار" ترجمه مجید طاووسی، اکبر حیدرپور، عباس طوقیان چهارسوقی، انتشارات جهاد دانشگاه صنعتی اصفهان ۱۳۸۶
- ۷۲- هنریک بروس "مقدمه ای بر فناوری نانو" ترجمه سید محتسبی، نبی ا. . . فتحی انتشارات دانشگاه تهران ۱۳۸۸
- ۷۳- علی بهاری "مقدمه ای بر نانو فیزیک" انتشارات دانشگاه مازندران ۱۳۸۷
- ۷۴- ریچارد بوکر، اول بویسن "کتاب جامع نانو تکنولوژی" ترجمه امیر احسان رضایی، انتشارات نشر گستر
- ۷۵- مجید منجمی "دنیای فناوری نانو الماسواره ها، انتشارات اندیشه سرا ۱۳۸۸
- ۷۶- حمید منتظر القائم، احسان عامری "تولید مواد نانو ساختار و نانو درات" انتشارات سازمان عمران ۱۳۸۸
- 77- [com.sciencedirect.www](http://www.sciencedirect.com)
- ۷۸- ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
- ۷۹- عباس بایرامیان "کاربردهای نانو در صنایع حمل و نقل" ماهنامه مهندسی خودرو و صنایع وابسته سال اول | شماره | 10 شهریور 13
- 80- [au.nanovic.com.www](http://www.au.nanovic.com)
- 81- [rossha,ir.daneshnameh.www](http://www.rossha.ir.daneshnameh)
- 82- [com.hupaa.www](http://www.com.hupaa)
- 83- [com.sadragroup.www](http://www.com.sadragroup)
- 84- [com.nonomag.www](http://www.com.nonomag)
- 85- [/com.questek.www//:http](http://www.com.questek)
- 86- [/au.com.nanotec//:http](http://www.au.com.nanotec)
- 87- [/de.nanox.www//:http](http://www.de.nanox)
- 88- [PDF.\(202005/JSAE\)20/20presentation:/TPE/teimg/asp/kr.re.katech.WWW//:http](http://www.kr.re.katech.WWW)
- 89- [kr.re.katech.www//:http](http://www.kr.re.katech)
- 90- [pdf.Chapter07/Directions.Research.IWGN/Nano/loyala/org.wtee.WWW//:http](http://www.pdf.Chapter07/Directions.Research.IWGN/Nano/loyala/org.wtee.WWW)
- 91- [ircpubs,ca.gc.cnr-cnr-cnr.irc//:http](http://www.ircpubs.ca.gc.cnr-cnr-cnr.irc)
- ۹۲- مهدی احسانی، علیرضا میردامادی، کاربردهای فناوری نانو در بهسازی لرزه‌های شریان‌های حیاتی، اولین همایش مقاوم سازی دانشگاه صنعتی امیر کبیر ۱۳۸۵
- 93- [com.Hamkelasy.www](http://www.com.Hamkelasy)
- ۹۳- سید هدی راستگوی حقی، نسترن مظهر سرمدی "فناوری ناو و کاربرد ن در بهبود خواص بتن و فازات" همایش مقاوم سازی ملی دانشگاه یزد، ۱۳۸۷
- ۹۴- سید محسن کالوندی "کاربرد ذرات نانو در بهسازی و ترمیم سازه ها" اولین کنفرانس بین المللی مقاوم سازی تبریز-ایران ۲۹ مهر الی ۱ آبان ۱۳۸۷
- ۹۵- ایمان الیاسیان، حسین میسمی، بهزاد حری "تکنیکهای بهسازی و مقاوم سازی سازه ها" انجمن مقاوم سازی ایران، ۱۳۸۹