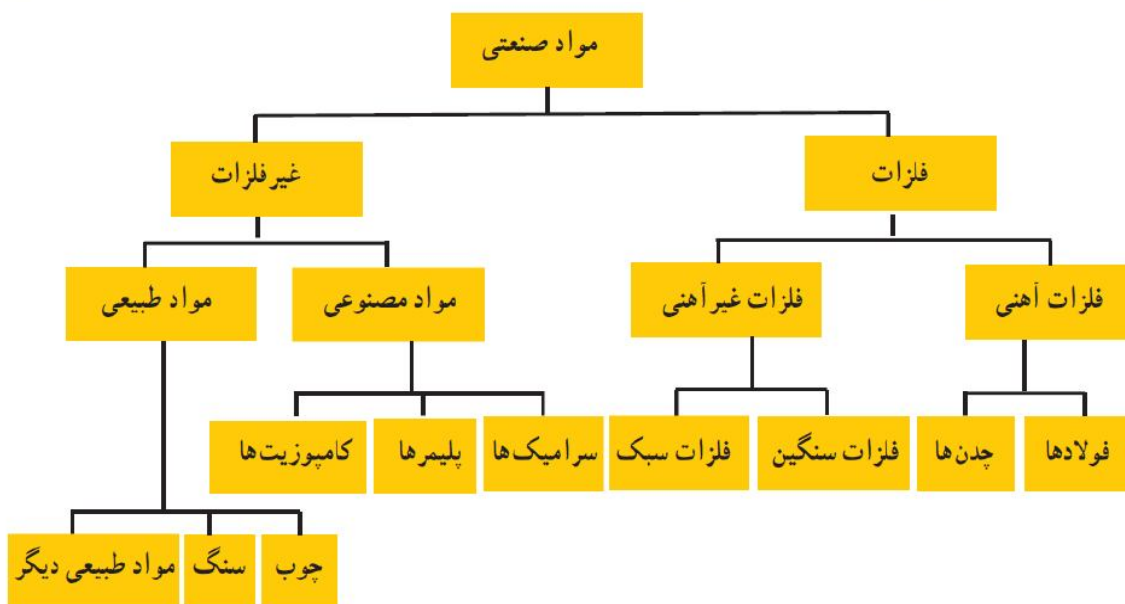


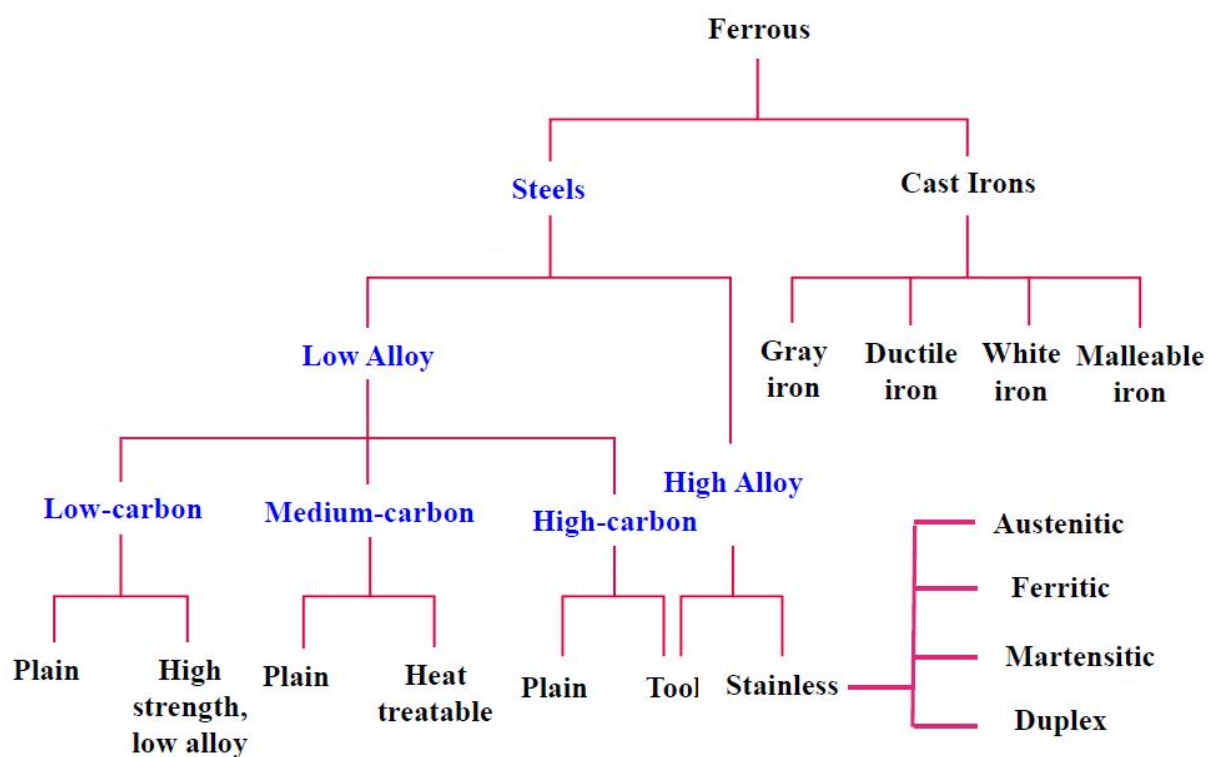
تاریخچه علم مواد

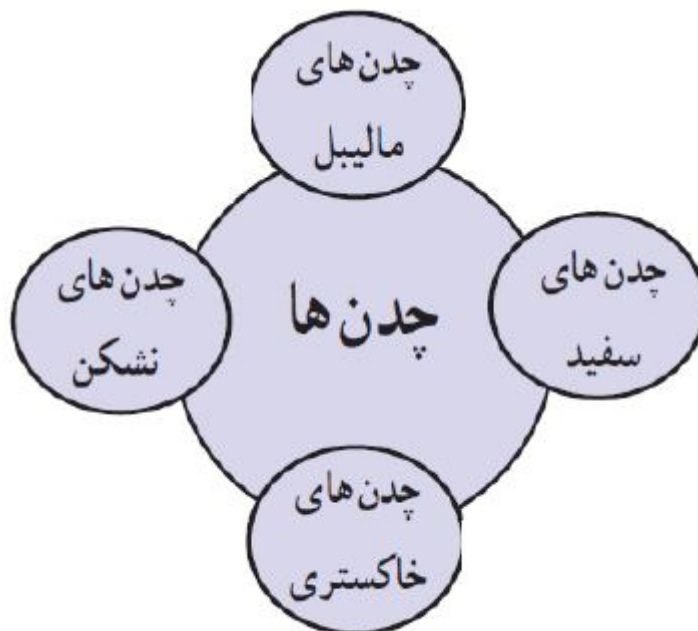
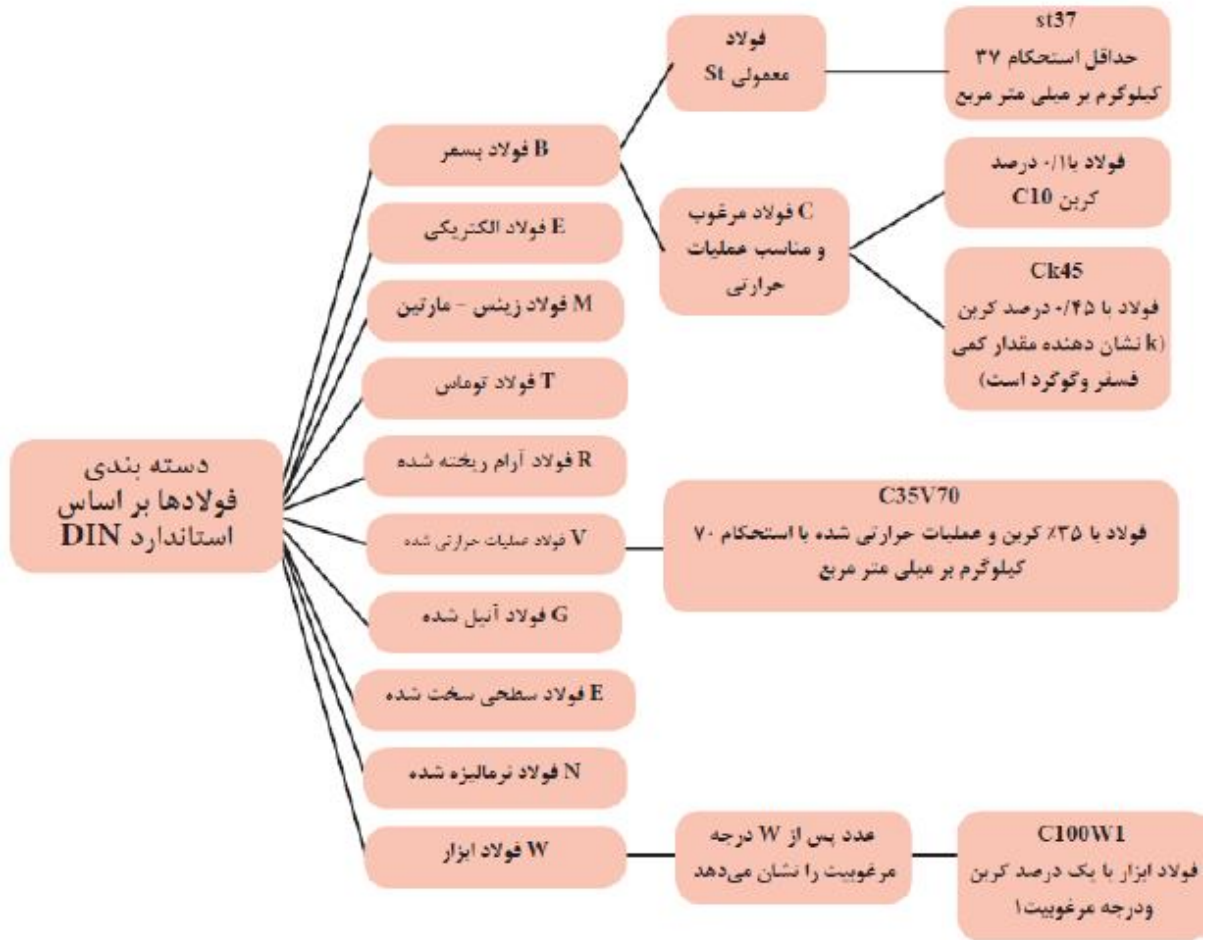
ایمان الیاسیان، دانشجوی دکترای عمران سازه

تاریخچه مواد



مشخصات	محدودیت ها	مزایا	ساختار	پیوند اتمی	
<ul style="list-style-type: none"> چگالی بالا نقطه ذوب نسبتا بالا 	<ul style="list-style-type: none"> شکست خستگی عدم پایداری شیمیایی 	<ul style="list-style-type: none"> استحکام و سفتی زیاد نرم، چقرمه و شکل پذیر هدایت حرارتی و الکتریکی 	کریستالی	فلزی	فلزات
<ul style="list-style-type: none"> چگالی کم نقطه ذوب بسیار پایین 	<ul style="list-style-type: none"> استحکام پایین سفتی کم مقاومت خزشی کم 	<ul style="list-style-type: none"> هزینه پایین وزن کم پایداری شیمیایی خوب 	موکلول های زنجیره ای	کووالانسی و ثانویه	پلیمرها
<ul style="list-style-type: none"> چگالی متوسط نقطه ذوب بسیار بالا 	<ul style="list-style-type: none"> ترد و شکننده 	<ul style="list-style-type: none"> استحکام، سختی و سفتی بالا مقاومت حرارتی بالا مقاومت به خوردگی بالا پایداری شیمیایی خوب 	کریستالی یا آمورف	یونی و کووالانسی	سرامیک ها
	<ul style="list-style-type: none"> هزینه بالا احتمال جدالایی 	<ul style="list-style-type: none"> استحکام و سفتی بالا وزن کم 	زمینه و مقاوم ساز	مختلف	کامپوزیت ها





مزایای چدن ها

- انعطاف پذیری در تولید
- دارا بودن نقطه ذوب و ریخته گری پایین
- سهولت در طراحی
- ارزانی قطعات تولیدی (بازده ریختگی)
- یکنواختی خواص مکانیکی
- سهولت ریختگری قطعات
- خواص گسترده و متنوع مکانیکی قطعات
- مقاومت به سایش
- عدم حساسیت به زبرس سطح
- قابلیت جذب ارتعاش و صدا
- ماشینکاری خوب
- قابلیت جوشکاری
- مقاومت در برابر اکسیداسیون و خوردگی

محدودیت های چدن ها

- خواص مکانیکی
- قابلیت شکل پذیری مکانیکی
- مقاومت به سایش
- قابلیت برشکاری و وشکاری

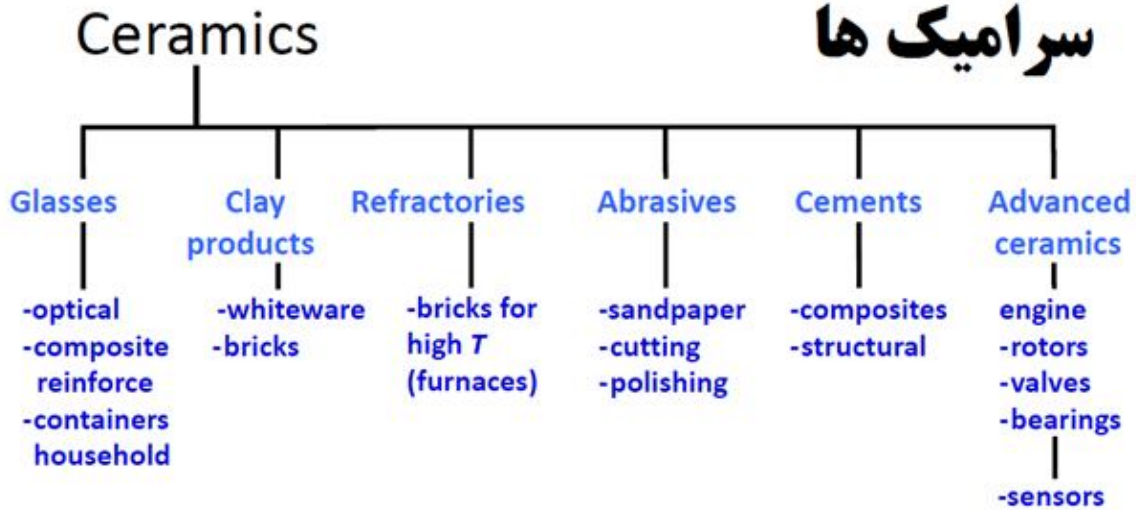
فولادهای زنگ نزن فریتی

فولادهای زنگ نزن دوفازی

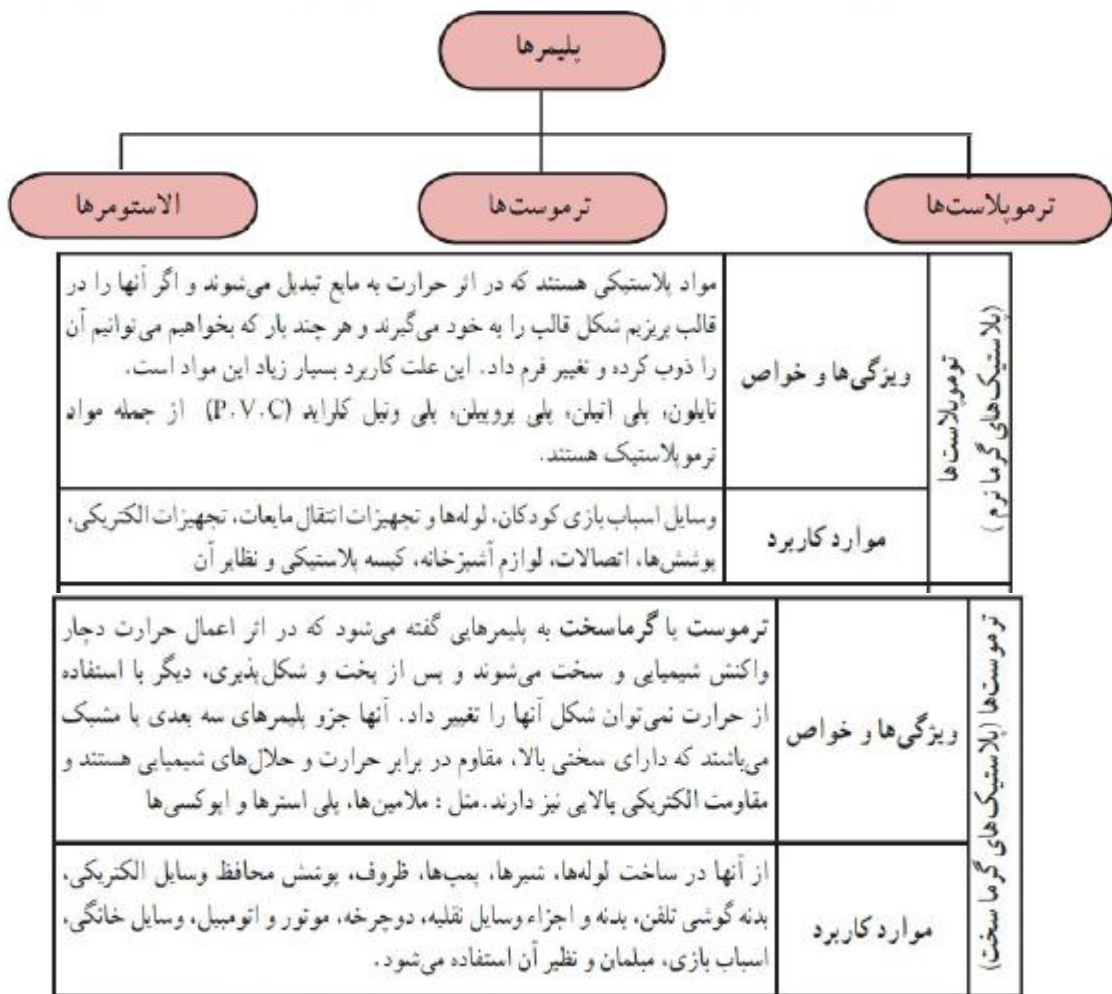
فولادهای زنگ نزن آستنیتی

فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی

سرامیک ها



دسته بندی پلیمرهای صنعتی



<p>پلیمرهایی هستند که قابلیت ارتجاعی زیادی دارند. الاستومرها در اثر نیروی خارجی تغییر شکل پیدا می‌کنند و بعد از حذف نیرو، شکل آنها از بین می‌رود و دوباره به حالت اولیه باز می‌گردند هم‌چنین بدون پاره شدن و گسستن در برابر تغییر شکل مقاومت می‌کنند. این پلیمرها در اثر گرما نرم می‌شوند، ولی برخلاف ترموپلاستیک‌ها به حالت ویسکوز یا مایع در نمی‌آیند. بلکه می‌توان آنها را مثل ترموپلاست‌ها در حلال‌های مرسوم شیمیایی که بسته به نوع و ساختمان پلیمر تعیین می‌شود، حل کرد. الاستومرها از نظر شیمیایی در مقابل اسیدهای معدنی رقیق، قلیاها و نمک‌ها مقاوم هستند.</p>	<p>ویژگی‌ها و خواص</p>	<p>الاستومرها نام الاستومر از دو قسمت «لاستو» برگرفته از «لاستیک» و به معنای ارتجاعی و «مر» برگرفته از «پلیمر» تشکیل شده است</p>
<p>در ساخت محصولات زیادی مانند: لاستیک اتومبیل، مواد آب بندی، برف پاک‌کن، تینینگ‌ها و مواد بوتنش مخازن، تانک‌ها، لوله‌ها و امثال آن کاربرد دارند.</p>	<p>موارد کاربرد</p>	

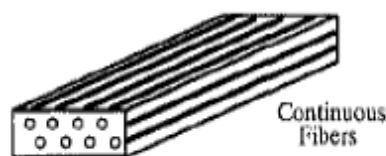
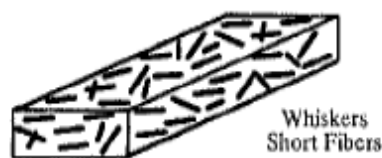
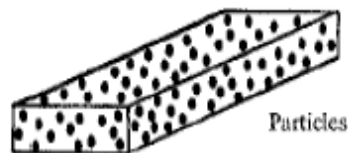
□ ساختار میکروسکوپی کامپوزیت‌ها

- ✓ **زمینه (Matrix):** فاز پیوسته ای که عامل نگهداری فاز دوم و انتقال نیرو خارجی به آن می باشد.
- ✓ **مقاوم ساز (Reinforcement):** فازی که بارهای خارجی به آن منتقل می گردد

انواع کامپوزیت‌ها بر اساس نوع زمینه

- ✓ فلزی (خالص یا آلیاژ) Metal Matrix Composite (MMC_s)
- ✓ سرامیکی (خالص یا مخلوط مواد سرامیکی) Ceramic Matrix Composite (CMCs)
- ✓ پلیمری Polymer Matrix Composite (PMCs)
- ✓ ترکیبات بین فازی Intermetallic Matrix Composite (IMCs)

زمینه / تقویت کننده	فلزی	سرامیکی	پلیمری
فلزی	<ul style="list-style-type: none"> ● نقره - بودر تنگستن ✓ اتصالات الکتریکی مقاوم به سایش ● آلومینیوم - رشته های نازک تنگستن 	<ul style="list-style-type: none"> ● آلومینیوم - بودر یا رشته های آلومینا، کاربید سیلیسیم و کربن ✓ صنایع هوا و فضا، قطعات نظامی، قطعات خودرو مثل: پیستون، نفت و میله های اتصال 	<ul style="list-style-type: none"> ● آلومینیوم - رشته های کربن ● آلیاژ نقره - مس یا رشته های کربن ✓ قطعات موتور هواپیما و فضاپیما
سرامیکی	<ul style="list-style-type: none"> ● بتن - میلگرد فولادی ✓ سازه های ساختمان، سد سازی، پایه پل و ساختمان سازی 	<ul style="list-style-type: none"> ● آلومینا - کاربید سیلیسیم ✓ ابزار برش و ماشین کاری فلزات سخت ● کربن - رشته های کربن ✓ صنایع هوافضا، قطعات هواپیما و توربین 	<ul style="list-style-type: none"> ● کربن - آرامید ✓ زره پوش های نظامی، یونساک ضد گلوله، طناب ماهی گیری، چوب اسکی، راکت تیس و دسته گلف
پلیمری	<ul style="list-style-type: none"> ● پلیمر - رشته های سیم فولادی ✓ تار خودرو ● پلی اتیلن - بودر سرب ✓ جذب اشعه 	<ul style="list-style-type: none"> ● پلیمر - رشته های شیشه ✓ فایبر گلاس ● پلیمر - رشته های کربن ● پلیمر - کاربید سیلیسیم یا آلومینا ✓ قطعات هواپیما، قطعات نظامی و صنایع هوافضا ● فیبر - بتن ✓ آسفالت 	<ul style="list-style-type: none"> ● پلیمر - آرامید ✓ جلیقه نجات، راکت تیس، وسایل ورزشی، کاسه نمد لنت ترمز و کلاج





ذره ای

ویسکرها و الیاف های منقطع

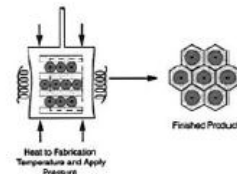
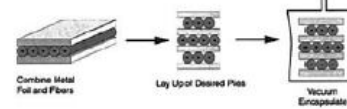
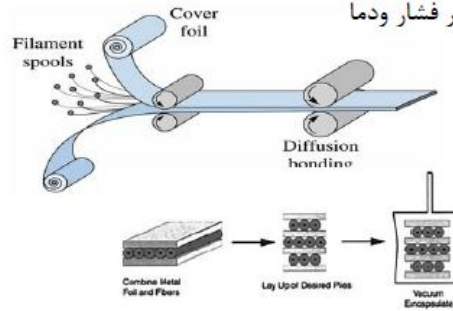
الیاف های پیوسته

لایه ای به صورت صفحاتی در جهت yz

فرآیندهای حالت جامد

اتصال نفوذی

- جزء زمینه به صورت ورق و مقاوم ساز به صورت الیاف
- اتصال دهی طی فرآیند شکل دهی (نورد، اکستروژن، آهنگری، پرس و ...)
- ایجاد اتصال بر اساس تغییر فرم خزشی
- تاثیر فشار و دما

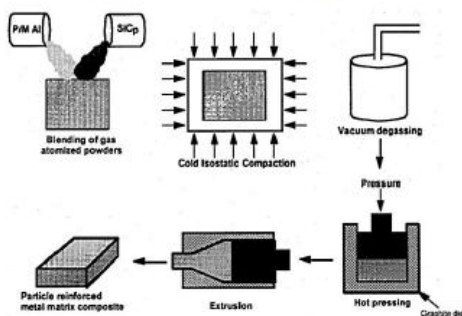


- ✓ دمای پایین (خواص بهتر)
- ✓ پر کاربرد در کامپوزیت های واکنش پذیر
- ✓ عدم امکان تولید اشکال پیچیده
- ✓ هزینه تولید بالا

متالورژی پودر

- ساخت کامپوزیت های مقاوم شده با ذرات و ویسکرها
- پایین بودن درجه حرارت
- مخلوط نمودن پودرهای فلز (الیاف) زمینه و مقاوم ساز

زینتر کردن مخلوط حاصل



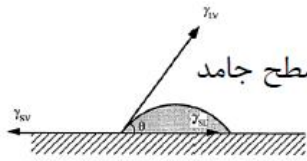
فرآیندهای حالت مایع

□ دسته بندی فرآیندهای حالت جامد

✓ زمینه به طور کامل مذاب

✓ بخشی از زمینه مذاب (حالت خمیری)

□ اصول متالورژیکی فیزیکی



تعریف: توانایی یک مایع برای پخش شدن روی سطح جامد

پارامتر تعیین کننده: زاویه تماس (θ)

✓ قابلیت تر شوندگی

$$\gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos \theta = \gamma_{SV}$$

$$\theta = \cos^{-1}(\gamma_{SV} - \gamma_{SL}) / \gamma_{LV}$$

رسوب و شناوری ذره
آگلومره شدن ذرات

توزیع در مذاب

✓ توزیع مقاوم ساز (ذره و ویسکر)

پس زده شدن ذرات
جذب شدن در جبهه انجماد
گیر افتادن

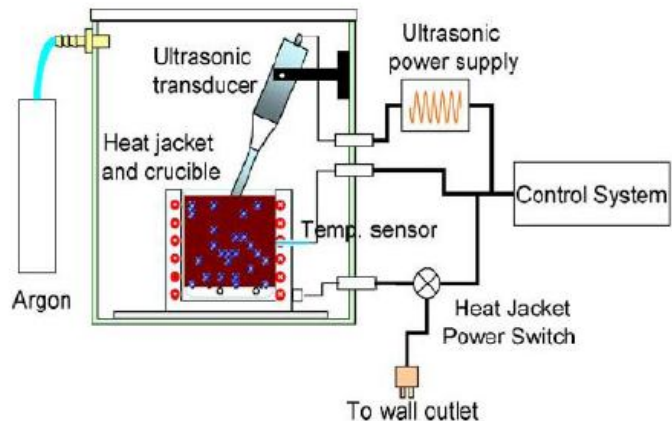
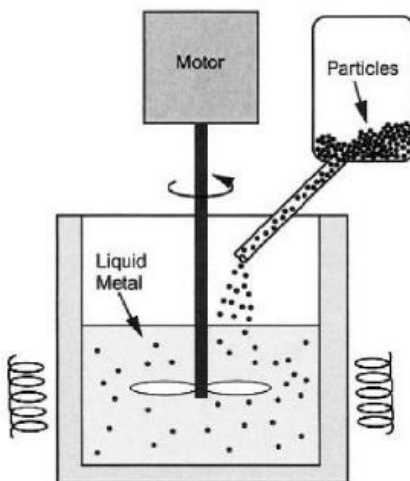
توزیع در هنگام انجماد

✓ واکنش پذیری ذره و مقاوم ساز

روش همزدن (Stir Mixing) فرآیندهای حالت مایع

□ ساخت کامپوزیت‌های مقاوم شده با ذرات سرامیکی

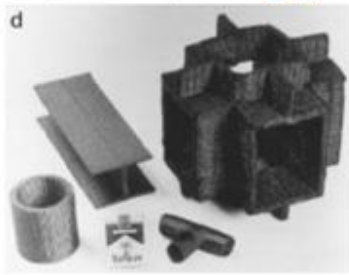
□ عمل همزدن توسط نیروهای مکانیکی (روش گردابی و ...)، الکترومغناطیسی، فراصوتی و ...



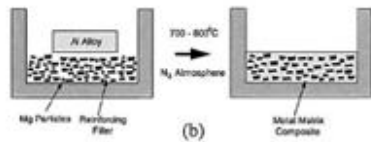
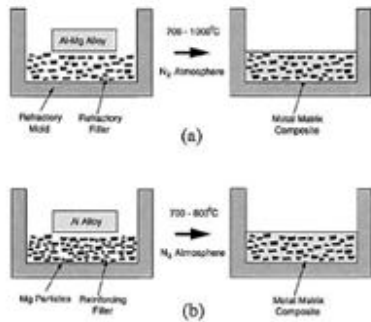
فرآیندهای حالت مایع

روش نفوذ دهی (Infiltration Process)

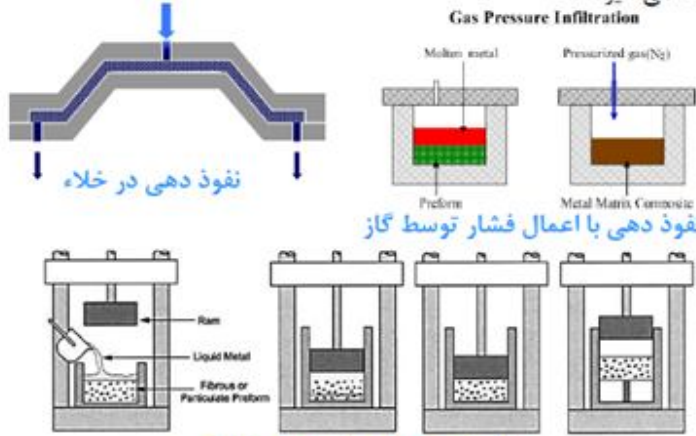
پیش ساخته (Preform)



- اساس روش: نفوذ دهی زمینه فلزی مذاب به داخل بدنه متخلخل تهیه شده از جزء مقاوم ساز
- عموماً از مقاوم سازهای رشته ای استفاده می شود
- قابلیت نفوذ به شدت به ترشوندگی جزء مقاوم ساز بستگی دارد
- به منظور بهبود خاصیت ترشوندگی، عمل نفوذ توسط اعمال نیروهای خارجی صورت می گیرد



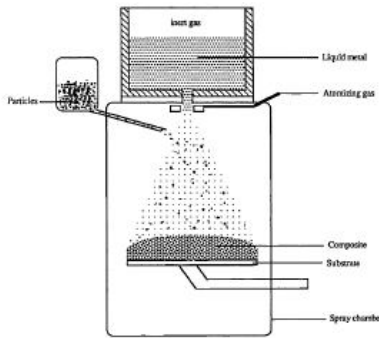
نفوذ دهی بدون اعمال نیروی خارجی



نفوذ دهی با اعمال فشار مکانیکی

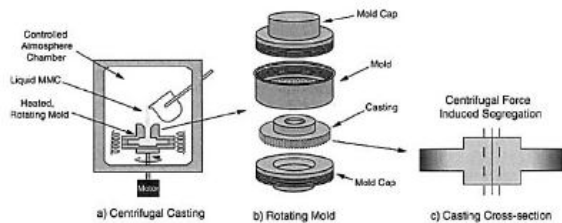
فرآیندهای حالت مایع

روش پاششی (Spray Forming)



- اساس روش: تولید پودر به طریق اتمیزه کردن فلزات
- محصول ورق و شمش بزرگ
- مناسب برای مقاوم سازهای ذره ای
- امکان تولید ورق های با ضخامت کم با استفاده از فایبرها و پیکرها

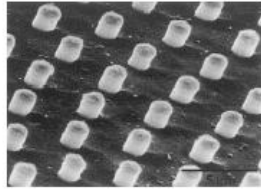
روش گریز از مرکز (Centrifugal Casting)



- نفوذ فلز مذاب به داخل Preform
- ذوب مجدد شمش کامپوزیتی و ریخته گری گریز از مرکز

فرآیندهای حالت مایع

روش درجا (In-Situ)

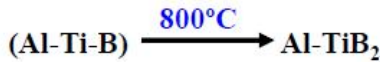


انجماد جهت دار آلیاژهای یوتکتیکی

✓ سیستم Fe-Ti-C ناشی از انجماد

✓ سیستم TiAl-TiB₂ ناشی از انجماد

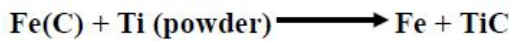
✓ سیستم Ti(Al)-TiC



انجام واکنش شیمیایی بین مذاب - جامد



روش سنتز واکنش مستقیم



واکنش مذاب - گاز

✓ دمش اکسیژن به درون مذاب Al و تولید کامپوزیت Al-Al₂O₃

✓ دمش گاز CH₄ و Ar به درون مذاب Al-Cu-Ti و تولید کامپوزیت Al-Cu-Ti

فرآیندهای ساخت ثانویه

هدف

✓ بهبود اتصال زمینه - مقاوم ساز

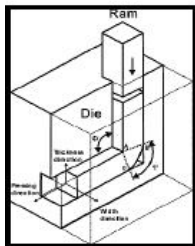
✓ شکستن کلوخه ها

✓ ردیف نمودن الیاف ها

✓ بهبود خواص مکانیکی با تغییرات ریزساختاری

✓ شکل دهی نهایی

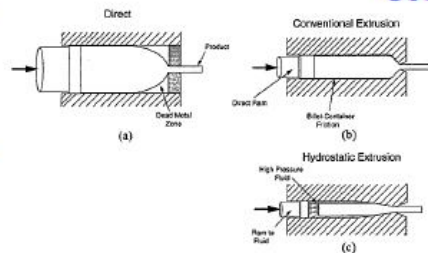
✓ کاهش یا حذف تخلخل



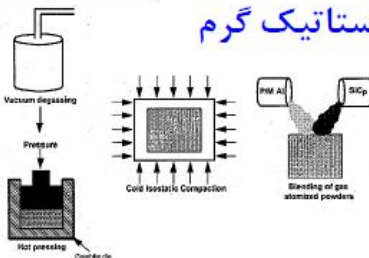
تغییر شکل پلاستیک شدید

اکستروژن

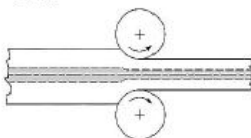
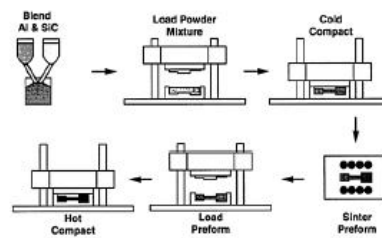
پرس ایزواستاتیک گرم



فورج



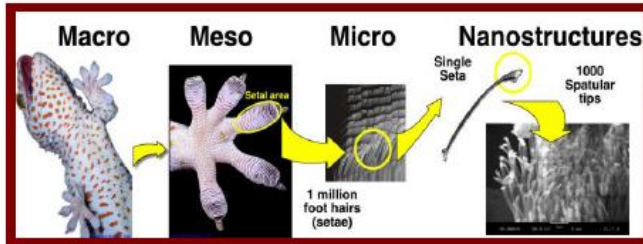
نورد



نانو فناوری: توانایی کارکردن در مقیاس ۱ تا ۱۰۰ نانومتر با هدف دستکاری در چگونگی قرار گرفتن اتم‌ها و مولکول‌ها و ساخت مواد جدید با خواص جدید.

برخی اهداف فناوری نانو:

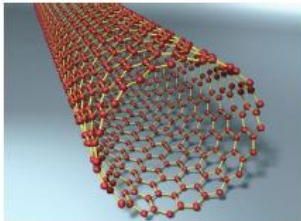
- ۱) توسعه فناوری و تحقیقات در سطوح اتمی، مولکولی و یا ماکرو مولکولی در مقیاس اندازه های ۱ تا ۱۰۰ نانومتر.
- ۲) خلق و استفاده از ساختارها، ابزار و سیستم‌هایی که به خاطر اندازه کوچک آنها، خواص و عملکرد جدیدی دارند.
- ۳) توانایی کنترل یا دستکاری در سطوح اتمی.



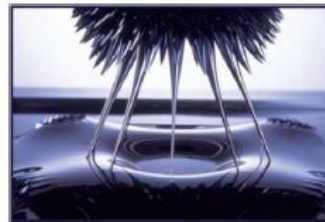
افزایش سطح = افزایش فعالیت

اهمیت مقیاس نانو

تغییر رسانایی الکتریکی



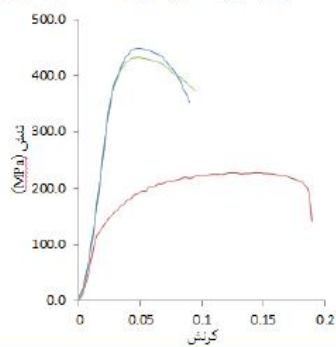
تغییر خواص مغناطیسی



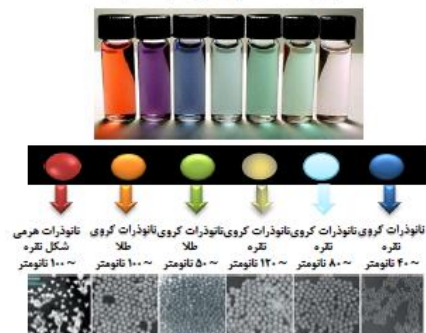
تغییر شفافیت



افزایش خواص مکانیکی



ایجاد خواص جدید



کاربرد نانو مواد

الکترونیک

- ترانزیستور نانولوله کربنی
- نانوسیمها
- DVD با قدرت بالا
- نمایشگرهای شفاف
- LED



کشاورزی و دامپروری

- اصلاح نباتات
- هیدروژالها
- ضد عفونی کردن طیور



پزشکی

- نانوتراشهها
- نانورباتها
- نانوذرات در خمیردندان
- دارو رسانی با نانو ذرات



خودرو



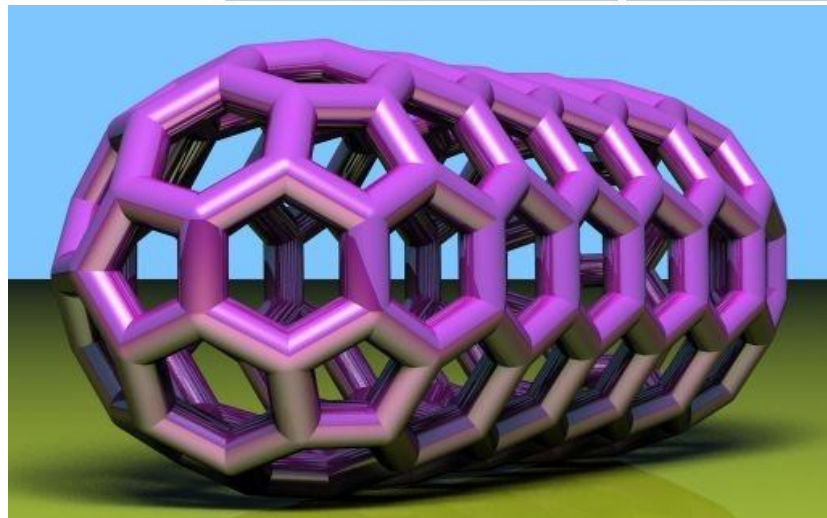
خود تمیز شونده گی

- شیشه و آجر نمای ساختمان
- سرویس بهداشتی
- کاشی و سرامیک
- شیشه خودرو
- عینک



خاصیت آنتی باکتریال

- لایه داخلی کفش
- جوراب
- ملحفه و روبالشتی

کاربرد نانو تکنولوژی در مهندسی

ایمان الیاسیان، پژوهشگر سازه eman.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.

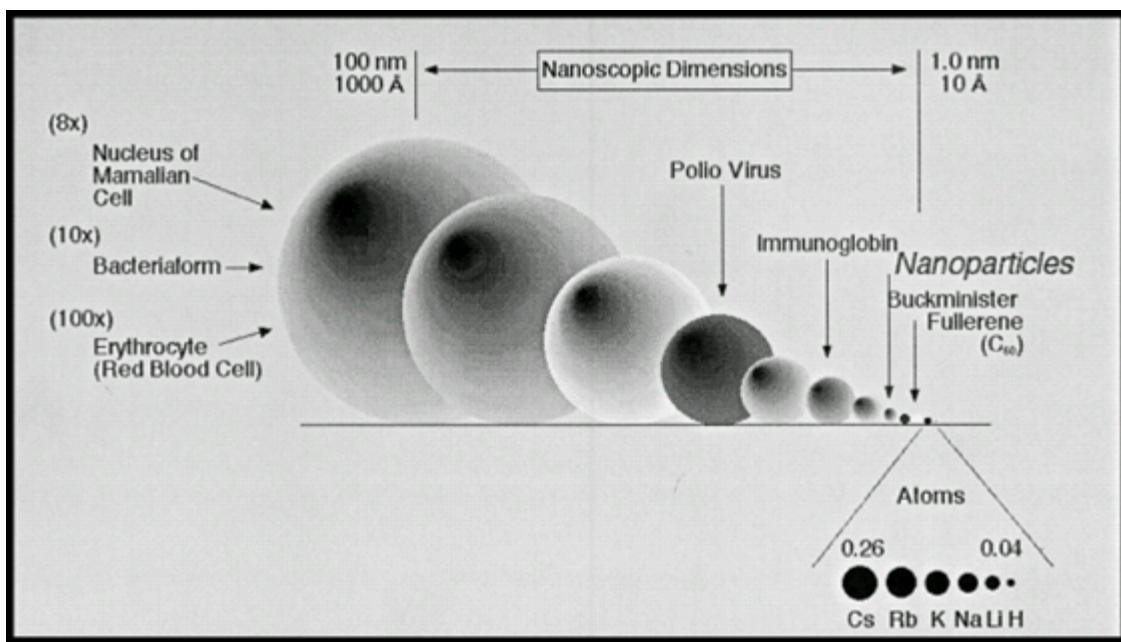
کاربرد نانو مواد در علوم بخصوص هندسی عمران را در زلزله، خوردگی، دوام و مدت زمان بهره برداری (عمر سازه)، محیط زیست، هواشناسی، مهندسی آب و تصفیه آن (نانوفیلتراسیون)، وضعیت بهداشت، افزایش راندمان تأسیسات سرمایش و گرمایشی (تهویه)، بهینه سازی مصرف انرژی، کنترل و حفظ انرژی ساختمان، تکنولوژی بتن (بتن با عملکرد 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

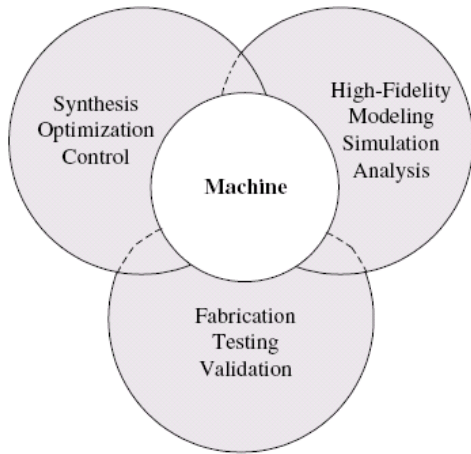
فناوری نانو واژه ای است کلی که به تمام فناوری های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو اطلاق می شود. معمولاً منظور از مقیاس نانوابعادی در حدود 1nm تا 100nm می باشد. (۱ نانومتر یک میلیاردیم متر است).

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» باز آفرینی و تعریف مجدد شد. وی این واژه را به شکل عمیق تری در رساله دکترای خود مورد بررسی قرار داده و بعدها آنرا در کتابی تحت عنوان «نانوسیستمها ماشین های مولکولی چگونگی ساخت و محاسبات آنها» توسعه داد.

یک نانومتر یک هزارم میکرون است و اگر بخواهیم احساس فیزیکی نسبت به آن داشته باشیم می توان گفت که یک نانومتر $1/80000$ قطر موی انسان می باشد اما این تعریف مقیاس نانو، نمی تواند مقایسه درستی باشد چرا که ضخامت موی انسان با توجه خصوصیات فردی هر انسان از چند ده میکرومتر تا چند صد میکرومتر متغیر می باشد. بنابراین نیاز به یک استاندارد برای بیان مفهوم مقیاس نانو وجود دارد. با ایجاد ارتباط میان اندازه اتمها و مقیاس نانو می توان یک نانومتر را راحت تر تصور کرد. یک نانومتر برابر قطر ۱۰ اتم هیدروژن و یا ۵ اتم سیلیسیم می باشد. درک این موضوع برای افراد معمولی نیز راحت تر می باشد. علی رغم اینکه درک اندازه یک اتم برای افراد غیر علمی ساده نمی باشد، با اینحال اندازه دقیق اتم برای فهماندن این مقیاس زیاد اهمیت ندارد. چیزی که با این تشابه مشخص می شود، 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 روبات های میکروسکوپی) به عبارت دیگر فناوری نانو فناوری است که بر پایه دستکاری تک تک اتمها و مولکولها استوار است بدین منظور که بتوان ساختاری پیچیده را با خصوصیات اتمی تولید کرد.

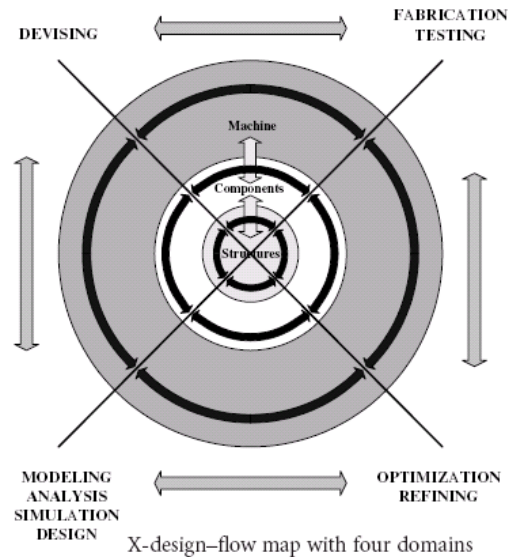


تعریف دیگر از فناوری نانو: توسعه و استفاده از ادوات و قطعاتی که اندازه آنها تنها چند نانومتر است. تحقیق بر روی قطعات و ادوات بسیار کوچک که خواصشان به خواص الکترونیکی این قطعات وابسته است و خواص الکترونیکی آنها احتمالاً متأثر از حرکت تعداد معدودی الکترون در طی عملکرد قطعه می‌باشد. این ادوات، سریع‌تر از ادوات بزرگ‌تر عمل می‌کنند. مسأله قابل توجه این است که می‌توان چنین ساختارهایی 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 تک‌تک 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 تک‌تک اتم‌ها را سازماندهی کنند، استفاده کرد و طبعاً 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 آر یک 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 نانو مولکولی یاد می‌کنند که به معنی فناوری نانو در ابعاد مولکولی می‌باشد.



thesis design and fabrication of nano- and microscale machines

© 2003 by CRC Press LLC



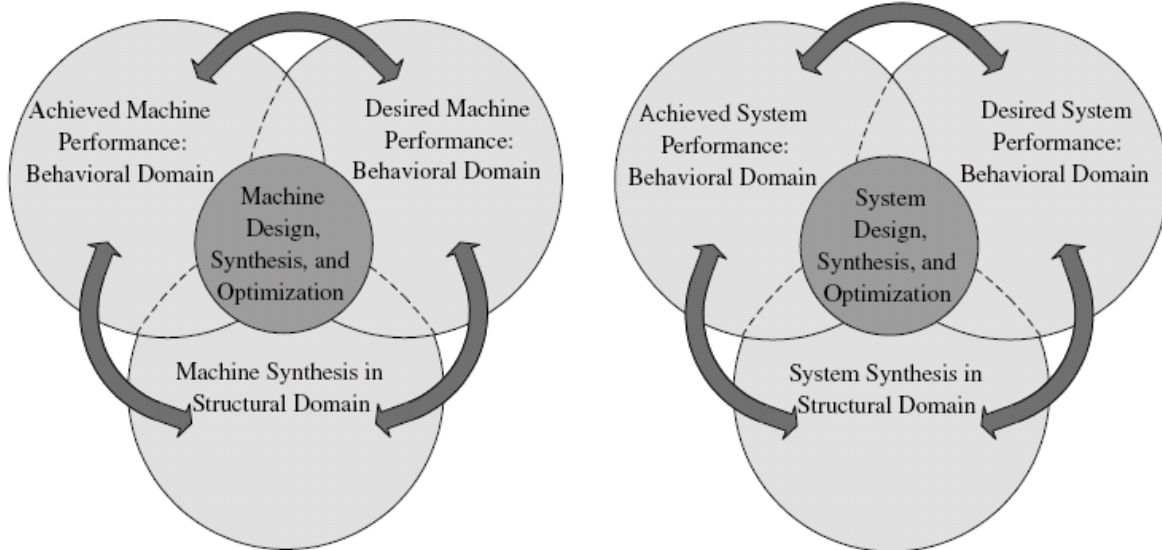
X-design-flow map with four domains

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 ۰/۱ تا ۱۰۰ نانو متر 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.

Nanoarchitectronics



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 می‌دهد 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 نانو در دندان پزشکی به کار گیری آن در خمیر دندان و مسواک می باشد.

مسواک در بخش تمیز کننده (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 رگ‌های خونی گردد

-به خوردن آهنک ضربان قلب

- عملکرد نادرست و بحرانی رگ‌ها

- ناپایداری پلاکت‌های 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- شیشه‌های خود تمیز کننده و جاذب حرارت

این نانو شیشه‌ها می‌توانند به طور اتوماتیک لایه آلوده ته نشین شده و چسبیده به سطح شیشه را تجزیه کنند همچنین می‌توانند گازهای مضر را اکسید و باکتری‌ها و ویروس‌های گوناگون موجود در هوا را استریلیزه نمایند.

این عمل با یک فیلم نانو متری که در دو طرف شیشه کشیده شده است انجام می‌شود.

مطابق برآورد صورت گرفته قیمت این نوع شیشه‌ها ۱،۵ برابر میانگین قیمت شیشه‌های عادی است.

نوع دیگر آنها شیشه‌های جاذب حرارت می‌باشد. این نوع شیشه‌ها با افزودن نانو ذرات به صفحه‌ای متورق و محبوس کردن آنها بین دو شیشه صاف باعث شکل گرفتن شیشه‌ای می‌شود که ضمن اینکه نورخورشید را از خود عبور می‌دهد بخش عمده تشعشع حرارتی آن را گرفته و مانع عبور حرارت می‌شود.

۳- نانو کامپوزیت‌های تقویت شده با نانو رس‌ها

نانو کامپوزیت‌ها نوع جدیدی از مواد پلیمری قدیمی هستند که با پاشندگی ذرات نانو متری در درون آنها تقویت شده‌اند.

یکی از نانو موادی که به عنوان پرکن در داخل نانو کامپوزیت‌ها استفاده می‌شود نانو رس‌ها می‌باشد. این مواد صرفه‌جویی وزنی قابل ملاحظه‌ای را نسبت به مواد موجود موجب می‌شوند.

اثر این پیشرفت در بخش خودرو سازی و بخش هوا-فضا که صرفه‌جویی وزنی در آنها مطرح است بحث شده. علاوه بر این کامپوزیت‌ها به محصولات هم‌چون بسته‌بندی مواد غذایی راه یافته‌اند تا سدی بسیار بزرگتر در برابر نفوذ گازها باشند.

پس به طور کلی با پیدایش نانو کامپوزیت‌ها و خواص آنها از جمله آن مقاومت در برابر خوردگی، حذف پارازیت، کاهش وزن، استحکام قطعات و قابلیت باز یا فافت این انتظار می‌رود که این مواد جایگزین فلزات شوند.

۴- روکش‌ها و رنگ‌ها

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.

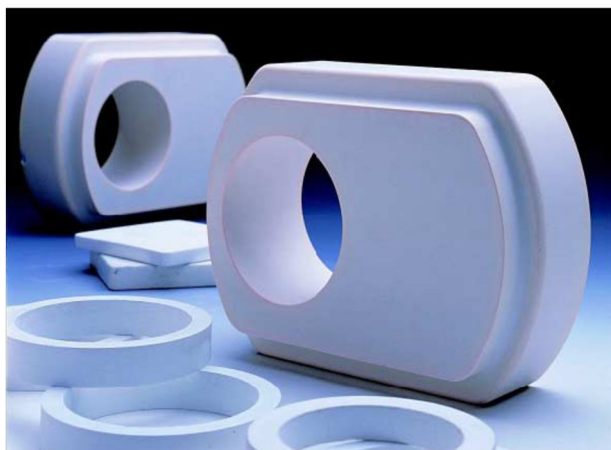
۵- کاتالیست ها

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 کودها ی

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 پلیمرها 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 تارها 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 :

۱-۹ 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 دمایی 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 گاز های آمونیاک و دی اکسید نیتروژن که از جمله گاز های سمی می باشند استفاده می شوند.

۲-۹ تصفیه گاز های خروجی از آگزوز با کاتالیزور های نانو ساختاری

کاربرد دیگر کاتالیزورها استفاده از آنها به عنوان کاتالیزور های زیست محیطی جهت تصفیه گاز های خروجی از آگزوز 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 کاتالیزور های نانو ساختاری به عنوان جایگزین ارزان قیمت به شدت مورد توجه قرار گرفت. این کاتالیزورها دارای سطح مخصوص بسیار زیاد با قابلیت جذب فراوان آلاینده های خروجی از آگزوز اتومبیل می باشند که از جمله آنها می توان به TMC&TMOC اشاره کرد.

۳-۹ 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 نانوفیلتراسیون 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 بر گشتی از این سیستم ها می باشد.

۴-۹ 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.

۵-۹ 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 بزایند.

هیدروژن عنصر کلیدی در گاز های سوختنی است و هنگام ترکیب با اکسیژن الکتریسته تولید می کند.

نانو لوله ها میتوانند موجب تسریع 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 نانو تکنولوژی در زلزله

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

بر اساس 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.

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

نانولوله 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	آلومینیم
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 چراکه در صورت علمی شدن استفاده از این گونه مصالح ساختمانی سازه ها قادر خواهند بود صدمات وارده به خود بخصوص در موارد خسارت های جزئی را بهبود بخشند

۱۲- افزایش مقاومت در برابر خوردگی

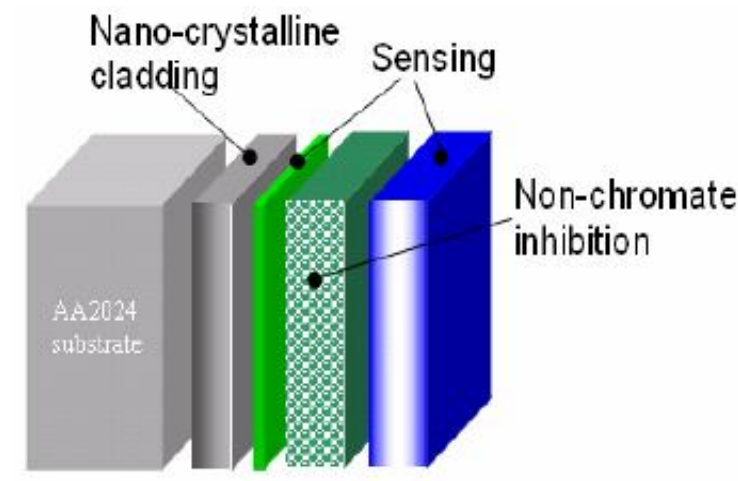
خوردگی یکی از محدود موارد طبیعی است که اثر خود را نه تنها در مراحل ساخت تولید و بهره برداری نمایان می سازد بلکه منابع عظیمی را نیز در مرحله حفاظت و نگهداری به خود اختصاص می دهد. خوردگی از طریق اتلاف ماده و انرژی. زیان های زیست محیطی و ایمنی. خسارت مستقیم و غیرمستقیم از قبیل تعطیل کار و آلودگی و... منجر 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.

۱-۱۲ پوشش های چند لایه ای نانویی

اخیرا پوشش هایی گسترش پیدا کردند که دارای چندین لایه هستند که هر لایه در این پوشش هدف خاصی را دنبال می کنند. نمونه ای از پوشش های 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 آلیاژهای 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 فرآورده 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 استمقاوم 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

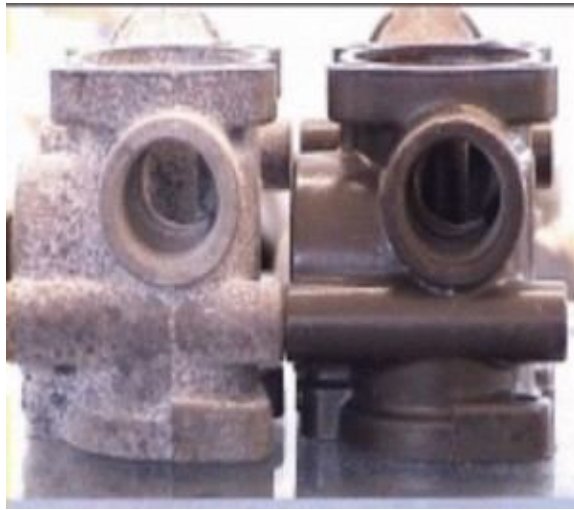
TEC-X

این ماده از محصولات شرکت NANO GmbH- 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) 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:

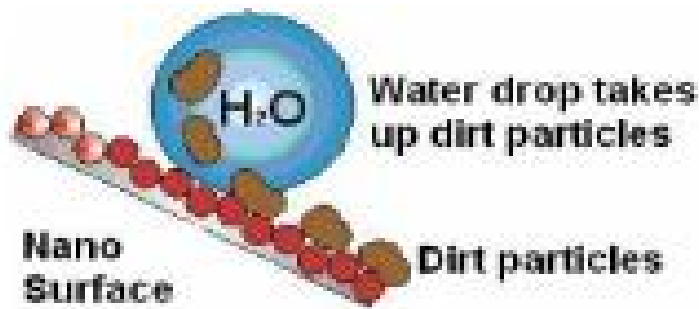
کاربرد آسان (اسپری، رُل، و استفاده از قلمو)

دوام طولانی مدت

Self cleaning

مقاومت در برابر حرارت تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد

- مقاوم در برابر نفوذپذیری 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 می باشند که آنها را از ساختمانها و سایر تأسیسات ساختمانی متمایز می سازد. این سه ویژگی عبارتند از: ۱- گستردگی ۲- پیچیدگی و تنوع مولفه ها 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 لرزه ای ۳- کنترل اثر تحریک در درون سازه به صورت های انفعالی و یا فعال ۴- طراحی مقاوم اجزاء و مولفه های 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

• کمزش موضعی

- کمانش کلی
- Beam Buckling
- تخریب در جوش درزها
- welded slip joints
- لوله های تکه تکه (منقطع)
- بیرون آمدن لوله از اتصال
- out-Axial pull
- شکستن اتصال نر و ماده
- Crushing of Belt – and – Spigot Joints
- 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
- کمانش بدنه مخازن
- خوردگی

۲. ترابری

خرابی پلها	عوامل خرابی ناشی از اینبه 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

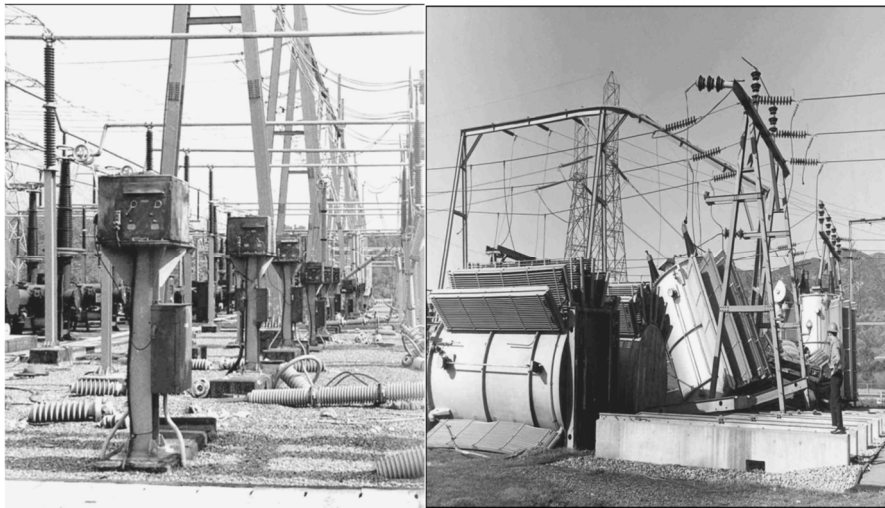


خطرات و خرابی ها:

- 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

- مخابرات
- آنتن
- 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، چینش اتم به اتم، مولکول به مولکول از یک ماده کنار هم بطور دلخواه جهت ایجاد و ساخت مواد جدید نانومتری است.

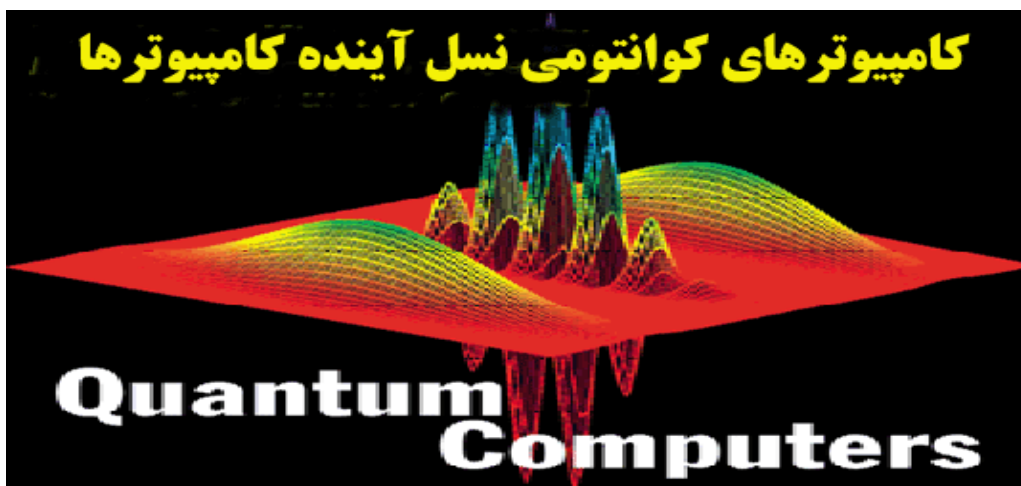
در این روش که خود شامل شیوه های مختلف تولید است، مواد جدید با چینش اتمی خاص و منحصر بفرد می توانند ساخته شوند.

ب: روش بالا به پایین:

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

دانشمندان برای ساخت انبوه محصولات نانویی به دنبال یافتن روش هایی 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 اتم ها 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:

مجموعه ای از قوانین، روابط ریاضی و مفاهیم فلسفی است که توصیف کننده رفتار ذرات بنیادین تشکیل دهنده 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 می‌نامیم و اساس تکنولوژی دیجیتال در تمام سطوح است.

وی پیشنهاد استفاده از سیستم دودویی برای محاسبات به جای سیستم عدد نویسی دهدهی 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، شبهات و پرسش‌هایی در محافل علمی مطرح شد زیرا کوچک کردن ترازیستورها و مجتمع کردن آنها در فضای کمتر نمی‌تواند تا ابد ادامه داشته باشد.

از کامپیوترهای کلاسیک تا کامپیوترهای کوانتومی :

وقتی اندازه ترازیستورها به ابعاد اتمی نزدیک می‌شود، دیگر قوانین حاکم بر فیزیک کلاسیک بر رفتار اتم‌ها حاکم نیست.

به طور مثال کسی نمی‌داند یک الکترون در زمان مشخصی دقیقاً در کجا قرار دارد یا کسی نمی‌تواند به درستی تشخیص دهد که الکترون در یک سیم به کجا می‌رود. یعنی وقتی به ابعاد اتمی نزدیک می‌شویم، فیزیک کوانتومی رفتار اتم‌ها را توضیح می‌دهد و دیگر قوانین کلاسیک کاربرد ندارد.

از کامپیوترهای کلاسیک تا کامپیوترهای کوانتومی :

پایه اطلاعاتی در محاسبات کلاسیک بیت نامیده می‌شود و می‌تواند تنها یکی از دو رقم مجاز صفر و یک را در خود نگه دارد.

در محاسبات کوانتومی هم چنین پایه ای معرفی می‌شود که آنرا کیوبیت (qubit) یا بیت کوانتومی می‌نامند.

بر اساس الگوریتم کوانتومی می‌توان با استفاده از کامپیوترهای کوانتومی، یک عدد را با سرعت فوق العاده‌یی به مقسوم علیه‌های 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 می‌یابد.

در کامپیوترهای کوانتومی صفر و یک‌ها جای خود را از میدان مغناطیسی به یک خصوصیت کوانتومی ماده به نام «اسپین» می‌دهند.

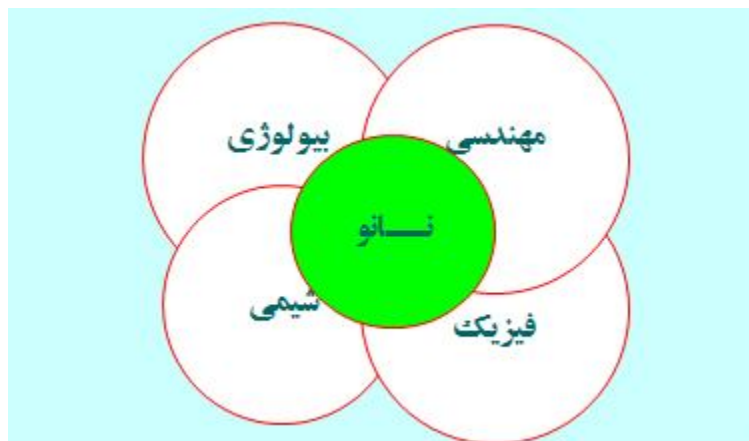
اسپین را می‌توان به جهت چرخش یک ذره تشبیه کرد.

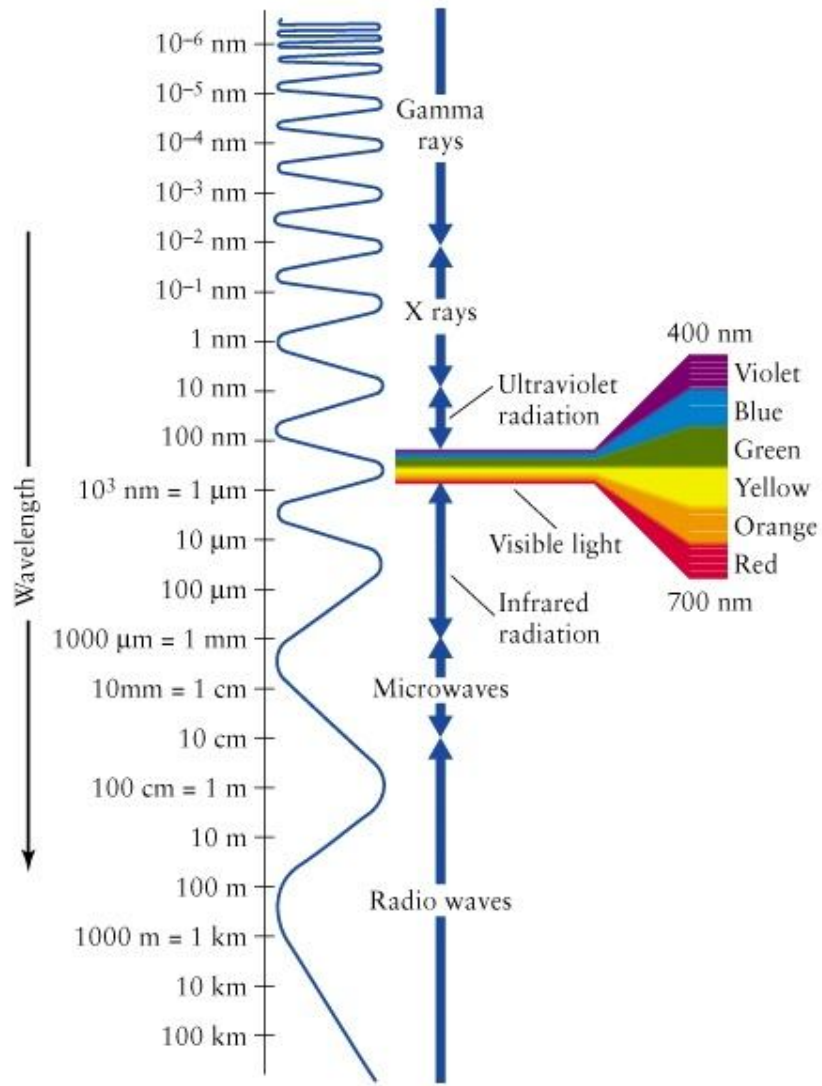
مثلاً بنابر قوانین کوانتومی از دو الکترون اتم هلیوم، اگر یکی اسپین مثبت باشد، دیگری حتماً اسپین منفی است. در نتیجه می‌تواند ابزار بسیار مناسبی برای ذخیره سازی صفر و یک باشد.

چهار نسل فناوری نانو دیدگاه رشد نسل به نسل



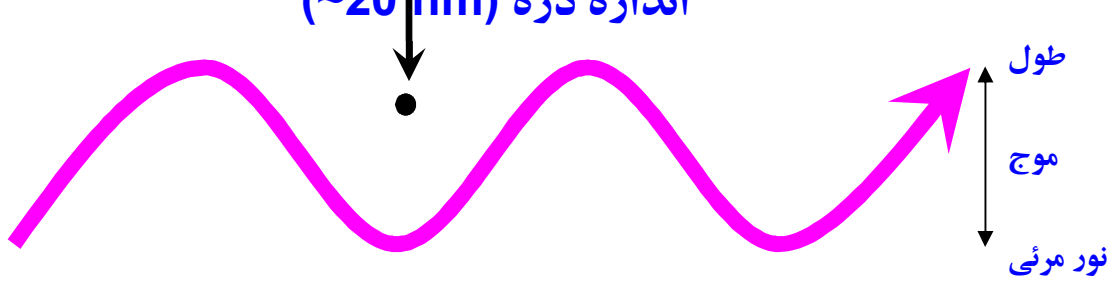
جایگاه نسبت به علوم دیگر فناوری نانو داتش بین رشته ای است

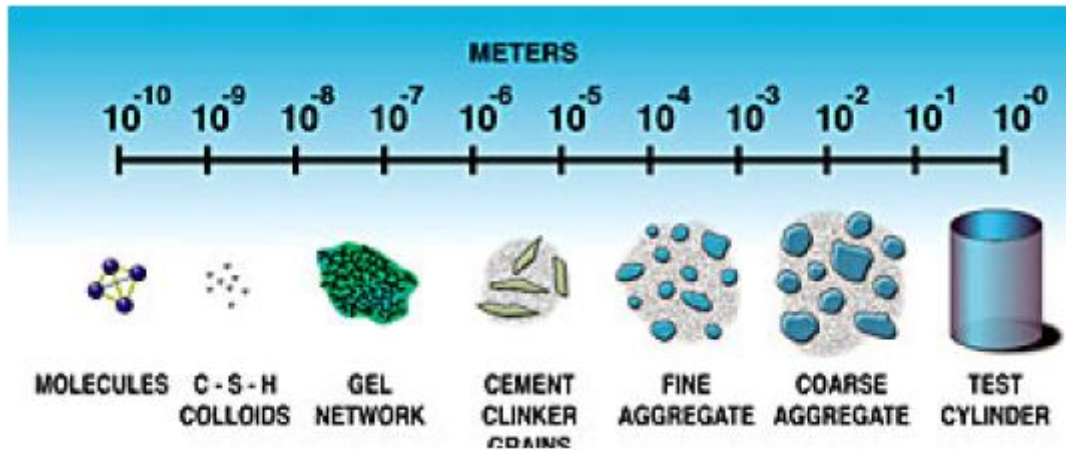




درک ابعاد

اندازه ذره (~ 20 nm)





اثرات مقیاس نانو

• افزایش سطح

25 nm
 نانو ذراتی با جرم مساوی، پوششی کامل ایجاد می کنند.
 (۱/۰۰۰۰/۰۰۰ بار بهتر)

10 μm
 ذرات کروی بزرگ، سطوح زیادی را پوشش نمی دهند

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

۲- تغییر خواص فیزیکی

ما برای هر ماده، یک سری خواص فیزیکی خاص می شناسیم. 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										IIB										IIIA										IVA										VA										VIA										VIIA										VIII																																																																																																																									
1	H	2	He	3	Li	4	Be	5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne	11	Na	12	Mg	13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar	19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr	37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe	55	Cs	56	Ba	57	La	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu	72	Hf	73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn	87	Fr	88	Ra	89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	Lr

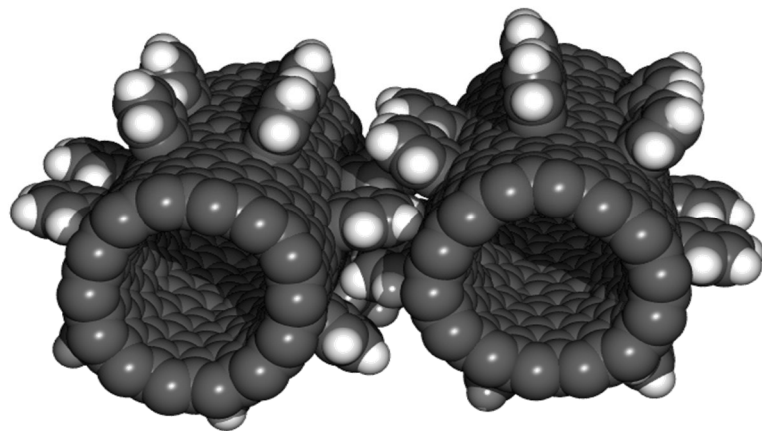
فناوری های متعارف (میکروتکنولوژی) - ساخت بالا به پایین

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

ساخت بالا به پایین



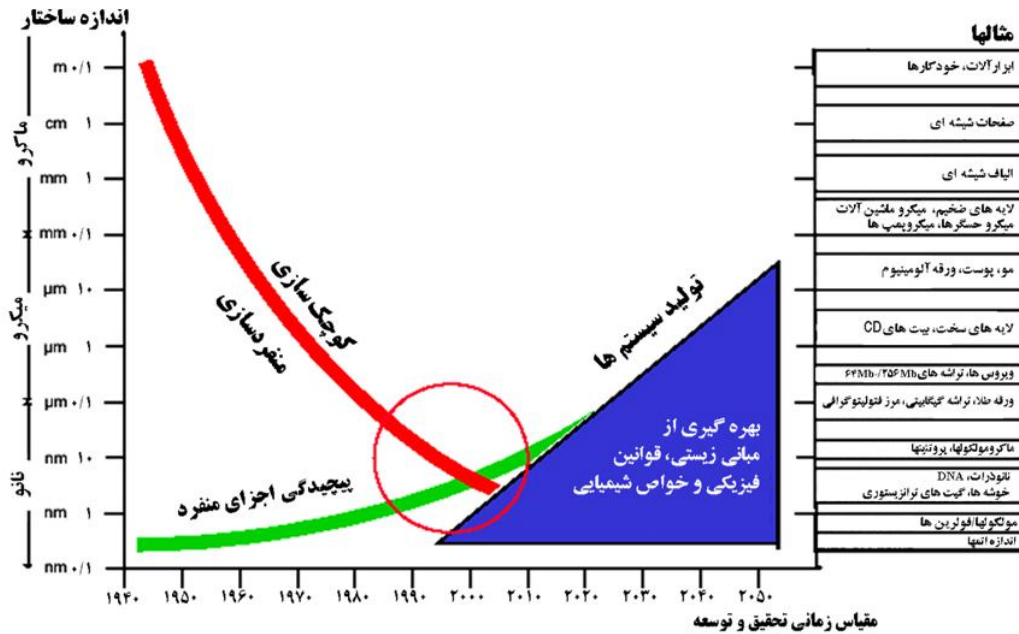
ساخت پایین به بالا



فناوری نانو - ساخت پایین به بالا

- افزایش کنترل

خواص جدید
کاهش مصرف انرژی



تلاقی در رویکردها

مزایای توسعه فناوری نانو

- تسریع 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 آلایندگی محیط زیست)

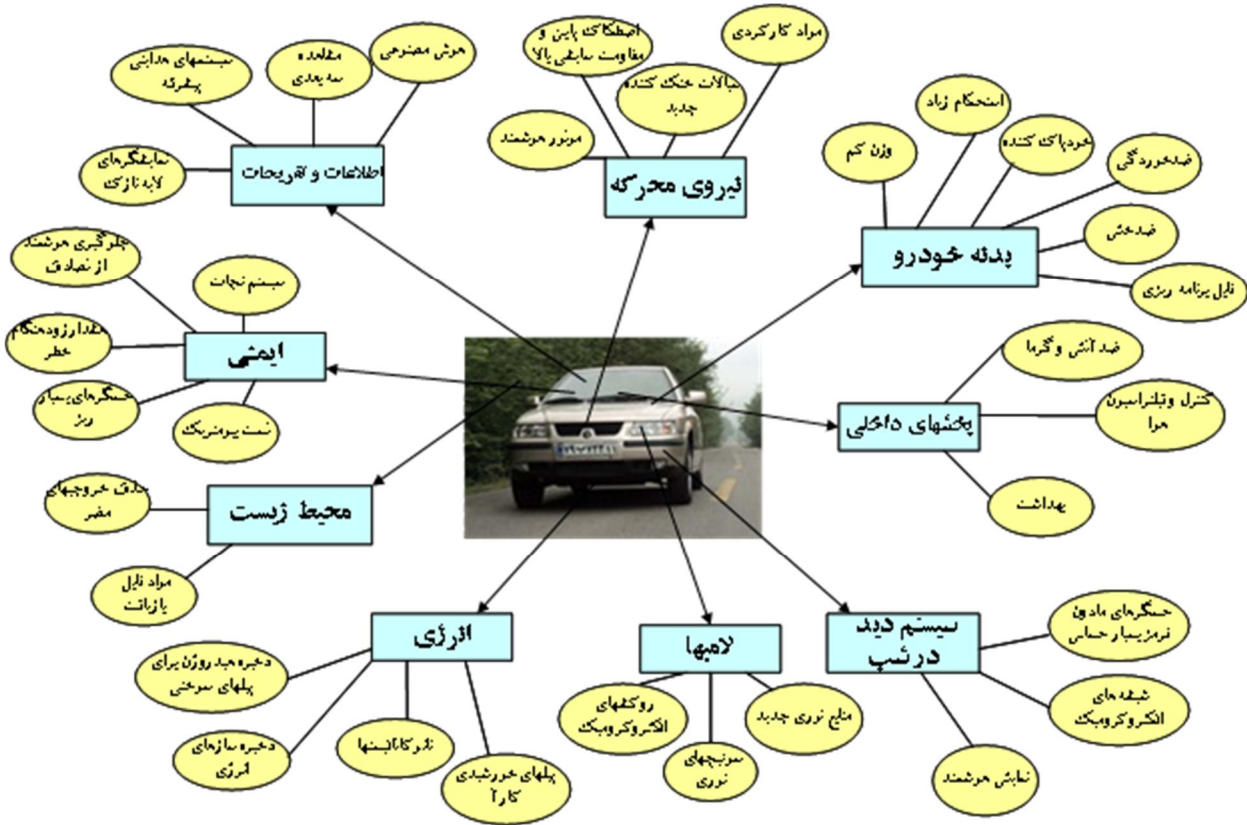
کاهش مصرف مواد

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



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 نانو ذرات 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.
- نانو ذرات نقره از رشد باکتریها و قارچها 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 بیک (۱) است یا صفر (۰) اما هر بیت کوانتومی در آن واحد می تواند هم یک باشد هم صفر

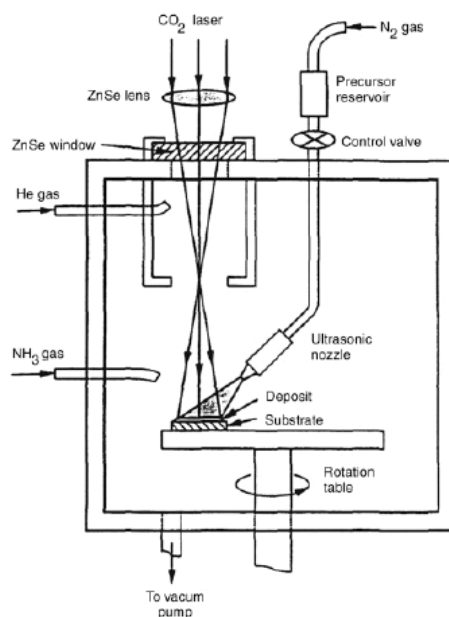
افزایش ظرفیت ذخیره اطلاعات

- 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 ابروزل**
- **کاتالیست، افزایش راندمان واکنشها با استفاده از نانوکاتالیستها**
- **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 دوی 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 پیش ساخته 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 پیچدگی 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 فنونی 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 فونونی مانند لیتوگرافی و آسیاب کردن ذرات) و هم از روش ساختن از پایین به بالا (به کمک فونونی مانند خودآرایی یا رسوب‌دهی بخار). منتظر مقاله‌های بعدی باشگاه نانو در این موضوع باشید.

لیتوگرافی، هنر ساختن در ابعاد کوچک

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

فوتولیتوگرافی، فناوری ای است که هم اکنون 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.

روش های ساخت سیستم های نانومتری دو دسته اند: بالا به پایین که با کندن مولکول ها از سطح ماده صورت می گیرد و پایین به بالا که با نشان دادن اتم ها و مولکول ها در کنار هم ساختار نانویی به وجود می آورد.

لیتوگرافی نرم و لیتوگرافی قلمی دو مثال از روش های مربوط به بالا به پایین هستند. محققان با استفاده از روش های پایین به بالا در حال ساخت نقاطی کوانتومی هستند که می توانند به عنوان رنگ های بیولوژیک به کار روند.

یادتان هست آخرین بار کی رایانه تان را ارتقا داده اید یا به جای رایانه کُندِ قدیمی، رایانه جدیدی گرفته اید؟ اگر سرعت پردازنده ها را بر اساس سالی که اولین بار به بازار عرضه شدند یادداشت کنید، شما هم می توانید با رسم یک نمودار در کاغذ نیم لگاریتمی، به کشف دوباره «قانون مور» نائل آید! قانون مور نشان می دهد که از سال ۱۹۷۰ تا کنون، سرعت پردازنده ها هر ۱۸ ماه دو برابر شده است. سرعت یک پردازنده ارتباط مستقیمی با تعداد ترانزیستورهای به کاررفته در مدار مجتمع آن دارد. فکر می کنید اندازه پردازنده سریع امروز شما از پردازنده کُند سه سال پیش بزرگتر است؟ مسلم است که نه! علت این رشد سرسام آور، پیشرفت فناوری و قابلیت دسترسی بشر به توان طراحی و گنجاندن تعداد بیشتری ترانزیستور در واحد سطح است. این رقم برای پردازنده های امروزی به بیشتر از ۱۰ میلیارد ترانزیستور در یک سانتیمتر مربع می رسد. می توانید طول یک ترانزیستور را تخمین بزنید؟ اگر به عدد ۱۰۰ نانومتر رسیده اید، محاسبه شما درست است. اما ۱۰۰ نانومتر طول رشته ای است که فقط از ۱۵۰۰ اتم سیلیکون تشکیل شده باشد. با این اطلاعات فکر می کنید 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 شرکت ها بسیار جذاب کرده است.

روش معمول تولید

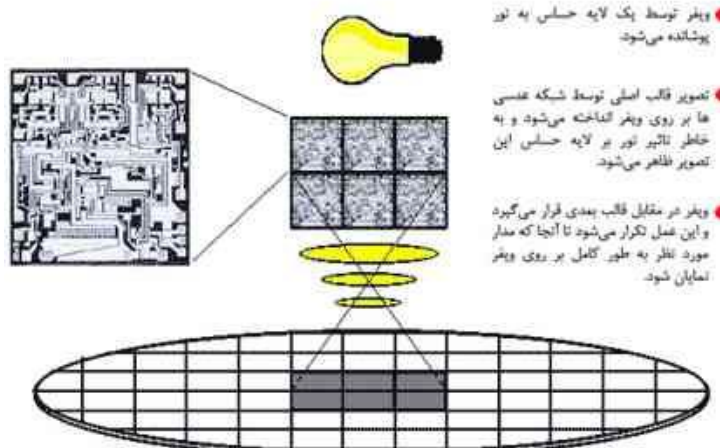
در سال های اخیر دانشمندان روش های مختلفی برای ایجاد نانو ساختارها پیدا کرده اند، اما این روشها در حال حاضر در مرحله آزمون کارآیی و توانمندی اند. «فوتولیتوگرافی»، فناوری ای که امروزه برای ساخت پردازنده های رایانه و می توان گفت تمام انواع مدارهای مجتمع به کار گرفته می شود، قابلیت ارتقا برای تولید ساختارهایی 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 فوتولیتوگرافی 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. فوتولیتوگرافی در اصل تعمیم یافته عکاسی است. ابتدا چیزی شبیه نگاتیو عکاسی از شمای 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 کُند و هزینه بر باشد)، و دوم استفاده از ماسک برای تهیه نسخه های بعدی (که باید سریع و ارزان

باشد)

برای تولید ماسک یک قطعه رایانه‌ای، ابتدا شمای مدار در مقیاس به نسبت بزرگ طراحی می‌شود. سپس این طرح به صورت لایه نازکی از فلز (اغلب کروم) روی صفحه شفاف (اغلب شیشه یا سیلیکون) درمی‌آید که در مجموع به آن «ویفر» گفته می‌شود.

فرایند فتولیتوگرافی

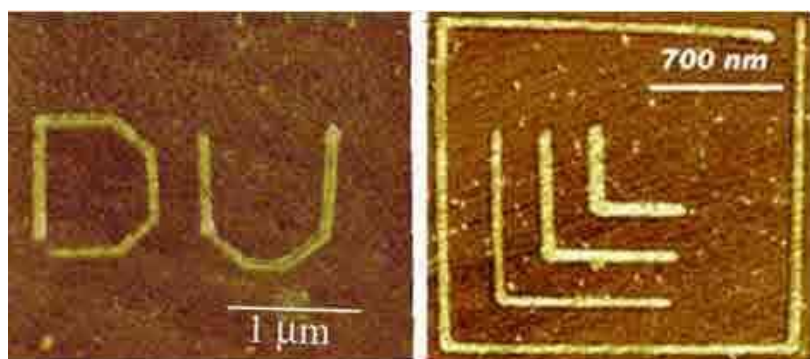


سپس فتولیتوگرافی، در فرآیندی شبیه آنچه در تاریکخانه عکاسی اتفاق می‌افتد، ابعاد طرح را کوچک می‌کند. برای این کار یک دسته پرتو نور (اغلب نور فرابنفش یک لامپ جیوه) از ماسک عبور می‌کند و با استفاده از یک عدسی، تصویری روی سطح سیلیکون تشکیل می‌دهد. روی سیلیکون با لایه‌ای از جنس پلیمرهای آلی حساس به نور (فتورزیست) پوشانده شده است. قسمت‌هایی که نور دیده‌اند در فرآیند تثبیت حذف می‌شوند و طرحی معادل طرح اولیه روی سطح سیلیکون پدیدار می‌شود. سؤال این است: چرا از فتولیتوگرافی برای تولید نانو ساختارها استفاده نکنیم؟ دو محدودیت در مقابل این فناوری وجود دارد. اول اینکه کوچک‌ترین طول موج فرابنفشی که در فرآیند تولید استفاده می‌شود ۲۵۰ نانومتر است. سعی در تهیه ساختارهای با ابعاد کمتر از این طول موج، مانند سعی در خواندن نوشته‌های بسیار ریز است. پدیده «پراش» باعث محو شدن نوشته‌ها می‌شود.

اگر تا کنون پدیده پراش را ندیده‌اید کافی است از شکاف لابه‌لای انگشتان دستتان به یک لامپ مهتابی نگاه کنید. نوارهای تیره و روشنی که می‌بینید خاصیت موجی نور و پراشیده شدن آن را نشان می‌دهد. اپلت ذیل پدیده پراش را نشان می‌دهد 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 تولیدکنندگان 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.



نمونه هایی 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 فوتولیتوگرافی 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 نسخه برداری 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 فرابنفش با طول موج بین ۱۰ تا ۷۰ نانومتر است. کوچک‌تر بودن طول موج این نورها از طول موج نور فرابنفش که اینک در فوتولیتوگرافی 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 تشکیل دهنده 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 فوتولیتوگرافی پیشرفته فرا-فرابنفش برای ساخت مدار مجتمع - ممکن است به روش‌های پررونق 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.

نیروها و پتانسیل های اتمی و بین ملکولی

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

آنچه از این فصل می آموزیم:

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.

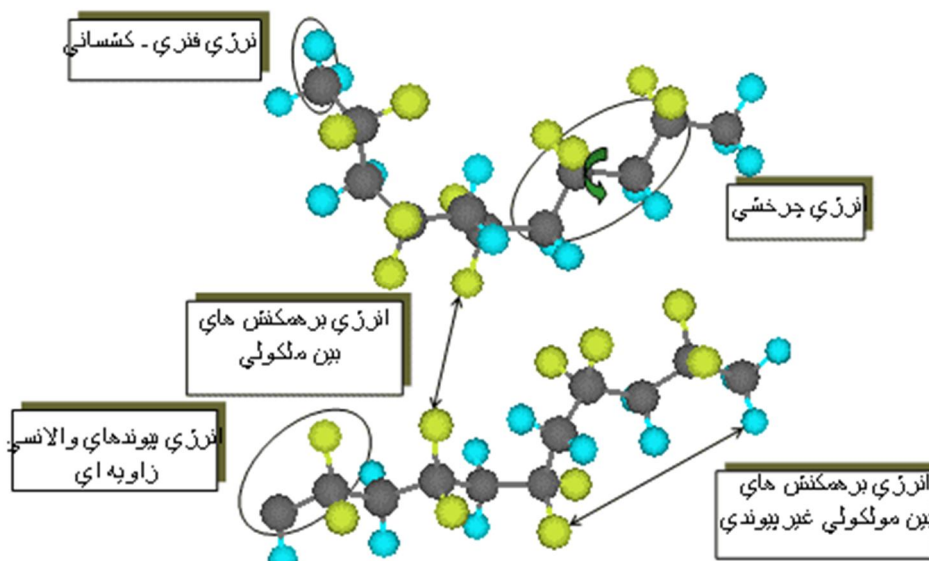
در دنیای پیرامون آنچه دارای حیات است، یا موجودیت دارد، به نوعی از ذراتی (مولکولهای ریز و درشت) به هم مقید، چه به صورت موضعی و چه بصورت جامع، ساخته شده اند. این سخن ریچارد فینمن (پدر فناوری نانو) بسیار جالب و بدیهی به نظر می رسد: (به لحاظ نظری، هر ساختار اتمی مولکولی که قوانین بنیادین حاکم بر فیزیک و 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 پرکاربرد 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 می گذارد. در فیزیک و شیمی تا کنون چند نیروی مهم شناخته شده اند که باعث گرد هم آمدن مولکولها و اتمها و تشکیل ساختارهای نانومتری و بزرگتر می شوند. شما با برخی از این نیروها آشنا هستید.

انرژی پتانسیل: همان طور که فنر فشرده شده دارای انرژی نهفته پتانسیل کشسانی است و به محض رها شدن انرژی آزاد می کند، مجموعه ای از اتمها یا مولکولها هم در کنار یکدیگر دارای انرژی می شوند 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 می کنید.



(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 بین اتمی که «پتانسیل‌های تجربی» نامیده می‌شوند قابل حل‌اند. همچنین این طور نیست که پتانسیل یا نیروی بین اتمی، 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 بین اتمی 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 به دست آمده از قانون کولن جذب می‌کنند. نیروی کولنی یک نیروی بلندبرد 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 شرکت کننده 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 مور تیمر مراجعه کنید.)

۴. 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.

۵. 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 فتر (رابطه ۱) و برهمکنش‌های دیگری (مثل برهمکنش کولنی در رابطه ۲) آشنا شده‌اید:

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

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

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:

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

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 فتری، انرژی کل برای تمام پیوندها به صورت نیروهای فتری، 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)

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

علامت \sum برای جمع اول به کلیهٔ پیوندهای فتری مولکول و دو جمع بعدی روی تمام جفت‌نیروهای بین اتم‌های i به 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. نکتهٔ 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 سامانهٔ واقعی فعلاً (و شاید هرگز!) امکان‌پذیر نیست. جدول زیر تمام پارامترهای بالا را معرفی می‌کند:

K	ضریب سفتی فتر فرضی بین دو اتم
R_{ij}	پارامتری در پتانسیل لنارد - جونز که برای اتم‌های مختلف متفاوت است و بُعد طول دارد.
q_i	بار یون‌آم
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 یک‌بعدی به صورت زیر نوشته می‌شود:

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

در حالت سه‌بعدی 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) یک‌بعدی را به دست آوریم. برای این کار از انرژی پتانسیل فنری بر حسب 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 – به ویژه نانو سیستم‌ها (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 نانو سیستم‌ها 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 اویلر داشتیم:

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

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 4 بیابید.
3. با مشتق‌گیری مستقیم از انرژی پتانسیل معرفی شده در رابطه 2، به نیروی کولنی برسید (در فضای سه‌بعدی). (از رابطه 5 کمک

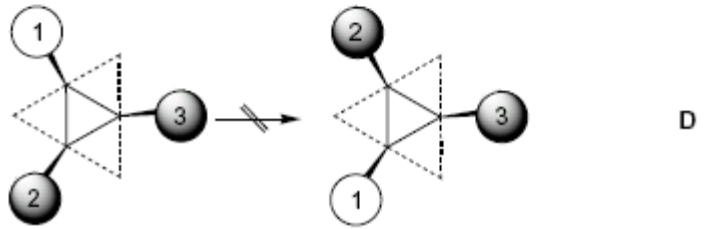
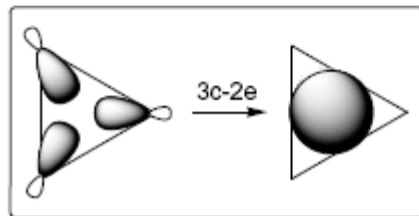
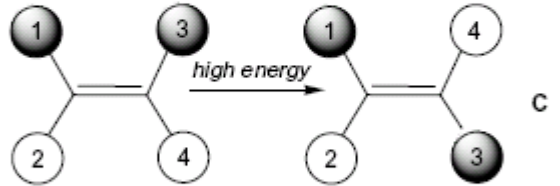
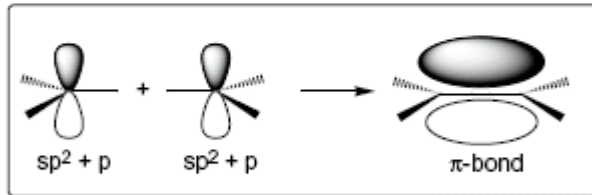
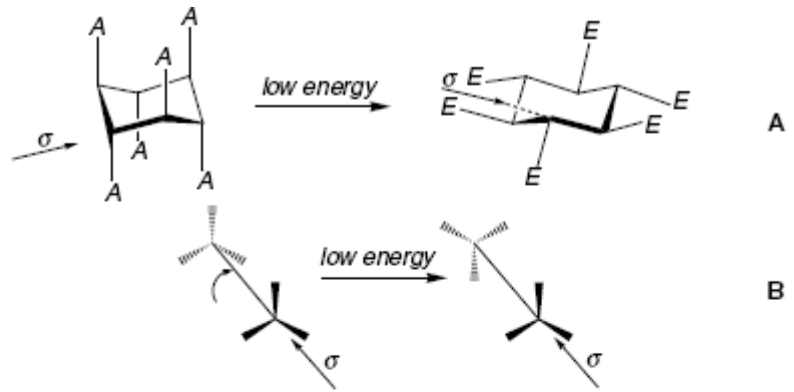
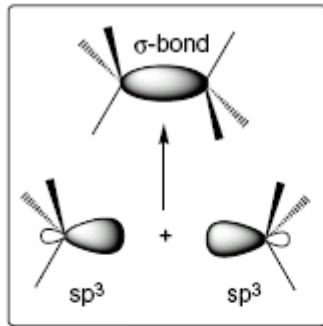
بگیرید و توجه کنید که

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

4. مسئله سقوط آزاد را به کمک حالت سه‌بعدی الگوریتم اویلر 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؟

5. چرا نیروی جاذبه گرانشی نیوتن $(F_G = \frac{GM_j}{r^2})$ 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.

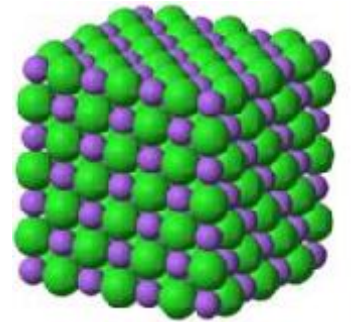
می دانید که عدد اتمی یک عنصر، برابر با تعداد پروتوهای آن اتم است. بنابراین عدد اتمی ماده جدیدی که از افزودن یک نوترون به هیدروژن بدست آوردیم، همانند هیدروژن برابر با یک است. اما از آنجایی که جرم نوترون تقریباً هم اندازه با پروتون است، عدد جرمی این اتم برابر با دو است. یعنی یک اتم هیدروژن با جرمی تقریباً دو برابر. به این اتم، دوتریوم می گوئیم و آن را به عنوان یکی از ایزوتوپهای هیدروژن می شناسیم. در صورتی که این اتم با اکسیژن ترکیب شود، آب سنگین به دست می آید. بنابراین علاوه بر تعداد پروتونها و عدد اتمی، تعداد نوترونهای اتمها و عدد جرمی آنها نیز در تعیین خواص آنها شرکت دارند.

یزوتوپ‌ها 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 تأثیر 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.

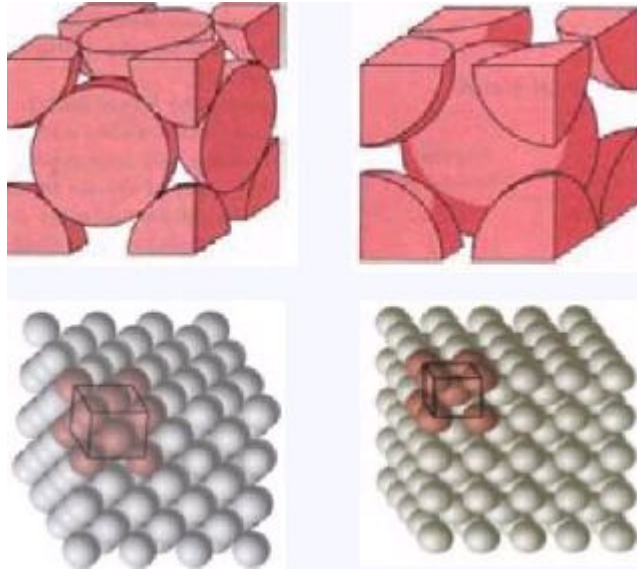
دو دسته یون وجود دارد. کاتیون‌ها اتم‌هایی هستند که الکترون آنها جدا شده و در نتیجه دارای بار مثبت هستند. آنیون‌ها نیز اتم‌هایی هستند که با گرفتن تعدادی الکترون، دارای بار منفی شده‌اند

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 یک 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 سانتی‌گراد (آهن آلفا یا فریت) ساختار متفاوتی با آهن در گستره‌ی دمایی بین ۹۱۲ تا ۱۳۹۴ درجه سانتی‌گراد (آهن گاما یا آستنیت) دارد. این تفاوت در شکل ۲ نشان داده شده است.



الف ب

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

آهن های آلفا و گاما خواص متفاوتی از یکدیگر دارند. بنابراین می توان گفت که یکی دیگر از عوامل موثر بر خواص ماده، ساختار بلوری آن است. برای کسب اطلاعات بیشتر می توانید مقاله های 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 پدایش خواص جدید در دنیای نانو دارند، خواهیم پرداخت. اما پیش از آن در پایان این بحث دو سوال مطرح می کنیم. پاسخ این سوالها به موضوعاتی که با هم بررسی کردیم، مرتبط است و فکر کردن شما به آنها می تواند 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 همان گونه که می دانید، 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 درجه سانتی گراد خاصیت آهنربایی دارد. اما در دماهای بالاتر این خاصیت خود را از دست می دهد. دمای یاد شده به دمای کوری (Curie) معروف است و به آهن در دماهای بین ۷۷۰ تا ۹۱۲ درجه سانتی گراد، آهن بتا نیز می گویند. بنابراین علاوه بر ساختار بلوری، شرایط محیطی نیز می تواند 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 می شود؟

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 می پردازیم.

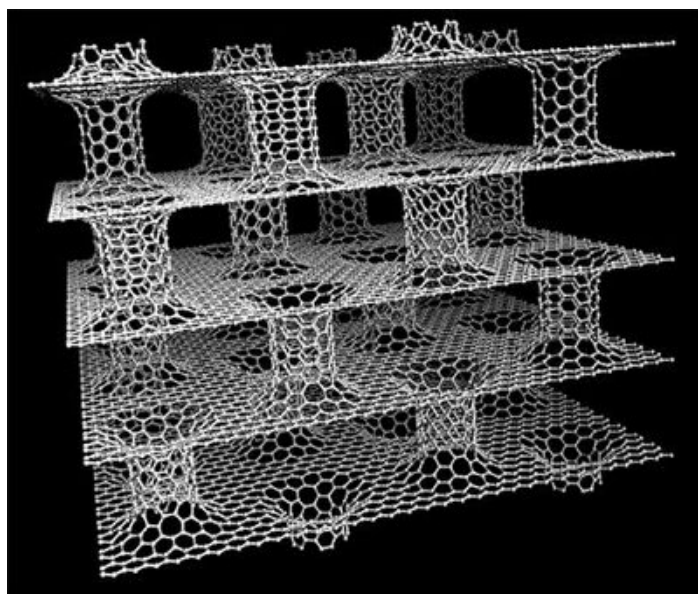
سطح در فناوری نانو اهمیت بسیار بالایی دارد و همه جا از اثر سطح یا نسبت سطح به حجم صحبت می شود. در این بخش، ابتدا در قالب مثالهایی اهمیت سطح را بیان می کنیم و تا حدودی تأثیر مقدار سطح را بر خواص ماده نشان می دهیم. همان طور که می دانید، واکنش های شیمیایی در محلی اتفاق می افتند که ماده با محیط اطراف در تماس است. این محل همان سطح ماده است. واکنش از این منظر شروع شده و سپس تحت شرایطی به عمق نفوذ می کند. برای بررسی بیشتر، اکسید شدن آلومینیوم را در نظر بگیرید. یک قطعه آلومینیومی سطحی کدر دارد که در صورت سمباده زدن آن، لایه های زیرین که بسیار شفاف هستند، پدیدار می شوند. این لایه های 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 ماده‌ی 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. ژئولیت‌ها 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 و 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.



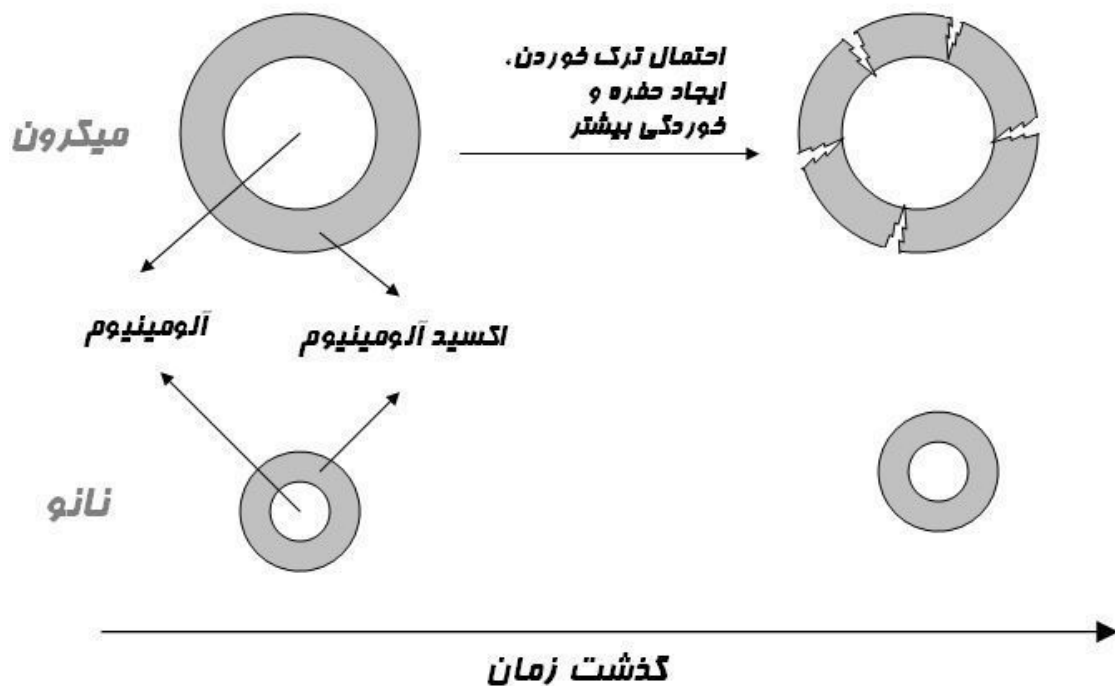
شکل ۱. طرحی از مواد متخلخل

پرسش: آیا می‌توانید کاربردهای واکنش‌های شیمیایی مواد را نام ببرید؟ چه مواقعی نیاز داریم تا از واکنش‌های شیمیایی مواد جلوگیری کنیم؟ یک راه دیگر، کوچک کردن اندازه مواد واکنش دهنده 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 می گیرند. یکی از اینکاربردها، استفاده به عنوان سوخت موشک است. همان گونه که قبلاً نیز گفته شد، آلومینیوم واکنش پذیری بالایی دارد و به سرعت اکسید می شود. پودرهای ریز آلومینیوم اثر واکنش با اکسیژن، به شدت آتش می گیرند و گرمای زیادی آزاد می کنند.

سوخت های جامد یا Solid Fuel به انواع مواد جامد یگفته می شود که به عنوان سوخت استفاده می شوند، و در اثر اشتعال، گرما و انرژی آزاد می کنند. مانند: زغال چوب و زغال سنگ. یکی از کاربردهای این نوع سوخت، استفاده از آن به عنوان سوخت موشک می باشد.

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 کرده ایم 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 می گیرد. با توجه به آنچه در مورد اکسید آلومینیوم گفته شد، این لایه تشکیل شده، از ادامه ی واکنش اکسایش جلوگیری می کند و مقدار زیادی از قسمت های داخلی این ذره پیودری، از واکنش در امان می ماند. اما در صورتی که اندازه ی این ذره کمتر باشد، مقدار بسیار کمتری از آن دست نخورده باقی می ماند. بنابراین، مقدار بیشتری از سوخت جامد مصرف شده و بازده بیشتر می شود.



شکل ۲. مقایسه ی بین اکسید شدن ذرات آلومینیوم با اندازه های مختلف علاوه بر این مثال، اندازه ذرات مورد استفاده در صنایع شیمیایی (اندازه ی ذرات کاتالیست)، ریخته گری (اندازه افزودنی ها به مذاب) و صنایع کامپوزیت (اندازه ی ذرات تقویت کننده) 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 اندازه ی ذرات آن را کوچک تر کنیم. در هر دو روی کرد، درواقع، مقدار بیشتری از ماده روی سطح قرار می گیرد، و یا می توان گفت که نسبت سطح بهحجم افزایش یافته است. اهمیت سطح تنها در واکنش های شیمیایی مطرح نیست، بلکهبرهم کنش های فیزیکی و مکانیکی ماده با محیط نیز از طریق سطح انجام می گیرد. از اینموارد می توان به پدیده های اصطکاک و انتقال حرارت اشاره نمود. بنابراین، تغییرمقدار سطح ماده می تواند بر این

پدیده‌ها تاثیر بگذارد.

پرسش: آیا همیشه با کوچکتر شدن اندازه ماده، 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 متریکم‌ترین 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 ۵.۱ نانومتر می‌باشد. در حالت سه پوسته‌ای، و با قطر خوشه برابر با ۳.۵ نانومتر، معادل ۶۳٪ از اتم‌ها در سطح قرار گرفته‌اند. یعنی با افزایش اندازه‌ی ذرات

از ۱ نانومتر به ۳.۵ نانومتر، 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 ۵.۵ نانومتر) به حالت هفت پوسته‌ای (قطر خوشه برابر با ۷.۵ نانومتر) 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 می‌تواند نقشی تعیین کننده در خواص مواد داشته باشند. به نظر می‌رسد عاملی که بسیاری از خواص نانومواد را کنترل می‌کند، رفتار اتم‌های سطحی و مقدار آنهاست. در اینجا سوالی را مطرح می‌کنیم و در ادامه، به توضیح آن می‌پردازیم.

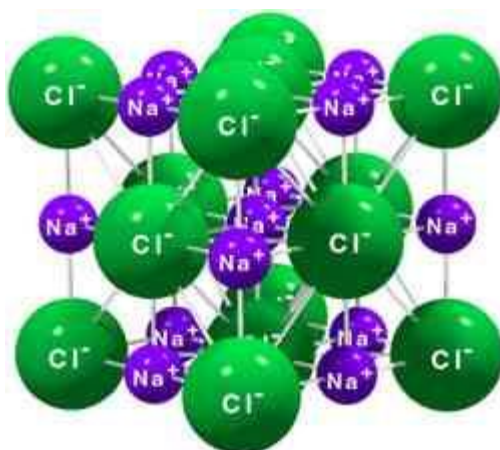
پرسش: در مواد بزرگ‌تر از نانومتر، تعداد اتم‌های سطحی ماده ناچیز بوده و نقش آنها در تعیین خواص مواد نادیده گرفته می‌شود. اما با کاهش اندازه ذرات و افزایش نسبت اتم‌های سطحی، نقش آنها پررنگ‌تر شده و خواص مواد دچار دگرگونی می‌شود. سوالی که پیش می‌آید این است که: اتم‌های سطحی چه ویژگی‌های متفاوتی از اتم‌های 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 ماده 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 پیشینان 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 به‌تدریج 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 پر قدرت 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 بدن‌تان را بپوشانید.

این‌طوری 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 نشاندن پوشش روی ماده پایه، انواع پوشش‌های مورد نیاز برای کاربردهای خاص را به وجود می‌آوریم.

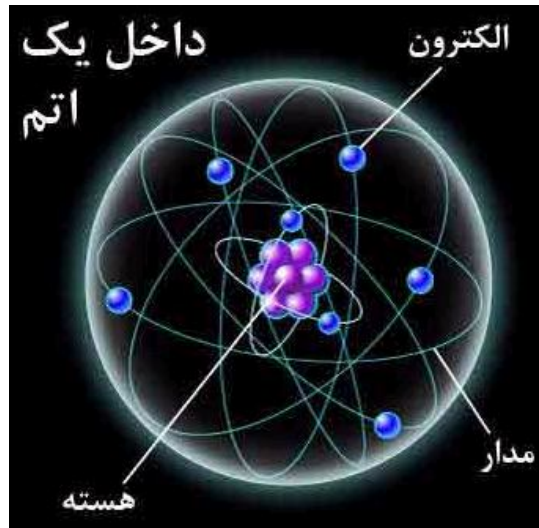
چگونه یک لایه پوشش روی یک سطح نشانده می‌شود؟

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 بچسبانند. این یک روش تولید پوشش بود.

روش دوم:

یک راه دیگر برای پوشش‌دهی این است که به جای ذره کردن پوشش، آن را اتم‌به‌اتم 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 همانم 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.

و اما 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 می‌کنند. لابد می‌پرسید 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 داده‌ایم.

چرا باید ماده‌ای را با ماده دیگر پیوشانیم؟

انسان به مرور زمان یاد گرفته است که از خواص مواد برای برطرف کردن نیازهای خود استفاده کند. با استفاده از خواص مواد مختلف، می‌توان قابلیت‌های جدیدی به محصول افزود و از آن به‌خوبی استفاده کرد. در صنعت پوشش‌دهی، توجه به خواص از اهمیت زیادی برخوردار است. همه با آلومینیوم آشنا هستیم. آلومینیوم فلزی است سبک و نرم. به خاطر همین سبکی در صنعت کاربردهای زیادی دارد (مثلاً در هواپیماسازی)، ولی حتی با ناخن هم می‌توان روی آن خط ایجاد کرد؛ آلومینیوم سختی کمی دارد.

ماده سخت و سختی ماده:

به ماده‌ای که در برابر یک شیء نوک تیز فرورونده خارجی مقاومت کند، ماده سخت می‌گویند و به مقاومت در برابر عامل فرورونده خارجی سختی.

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

چرا مواد را می‌پوشانیم؟

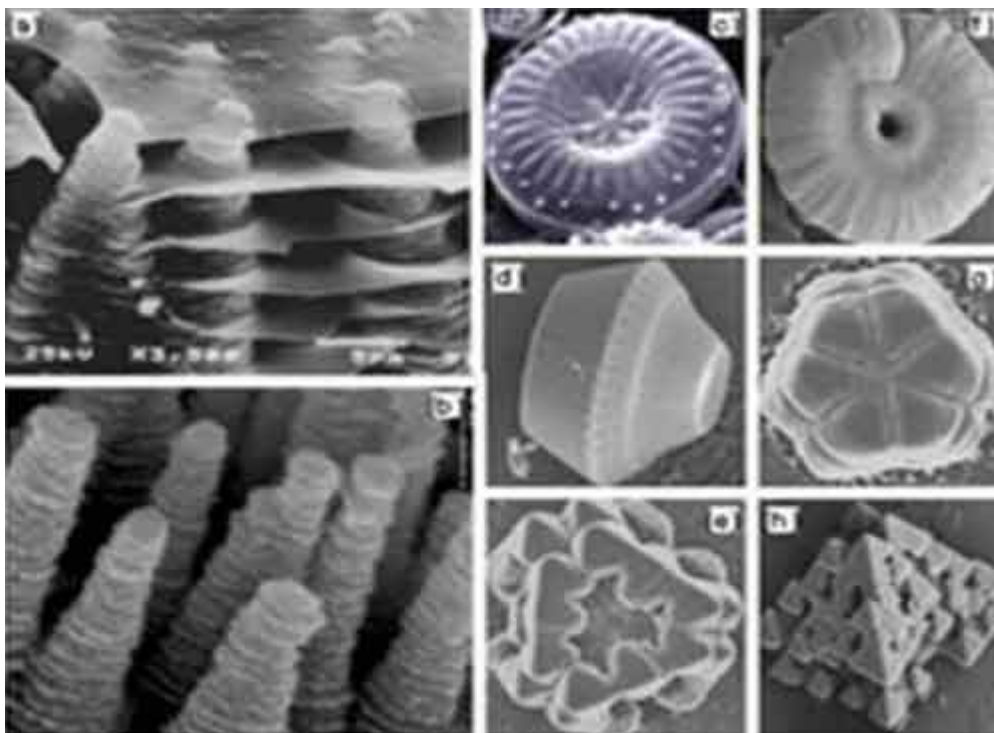
همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد، برای بهبود خواص و حفظ ویژگی‌ها و خواص ماده اگر مواد خورنده مثل اسیدها به ماده پایه نفوذ کنند، با ماده پایه واکنش می‌دهند و در خواص آن تغییر به وجود می‌آورند. این فرآیند در صنعت بسیار خطرناک است. بدنه کشتی‌ای که از آهن باشد، در اثر خوردگی با گذشت زمان با چه فاجعه‌ای در دل یا قعر دریا مواجه خواهد شد! حدستان درست است: آهن زنگ می‌زند (خورده می‌شود)، بدنه ترک برمی‌دارد و در نهایت کشتی غرق می‌شود و مسافران بیچاره می‌میرند. به همین سادگی! ولی اگر از یک پوشش ضد زنگ استفاده کنیم، هم امنیت جانی مسافران را تأمین کرده‌ایم و هم، این هم مهمتر است، بر عمر کشتی افزوده‌ایم. به علاوه، افزایش هزینه انجام این کار خیلی کمتر از هزینه‌ای 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

نانوپوش 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 ضخامت 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 نانو مواد (نانو کریستال‌ها)

انواع نانو پوشش‌ها

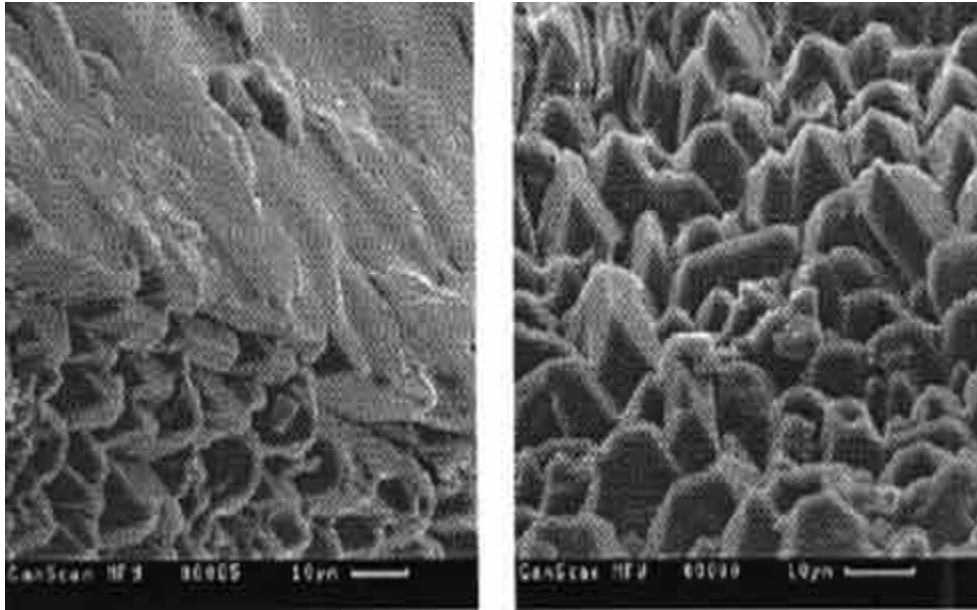
با توجه به تعریف بالا، می‌توان نانو پوشش‌ها را به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

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 چنانچه پودرها 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.

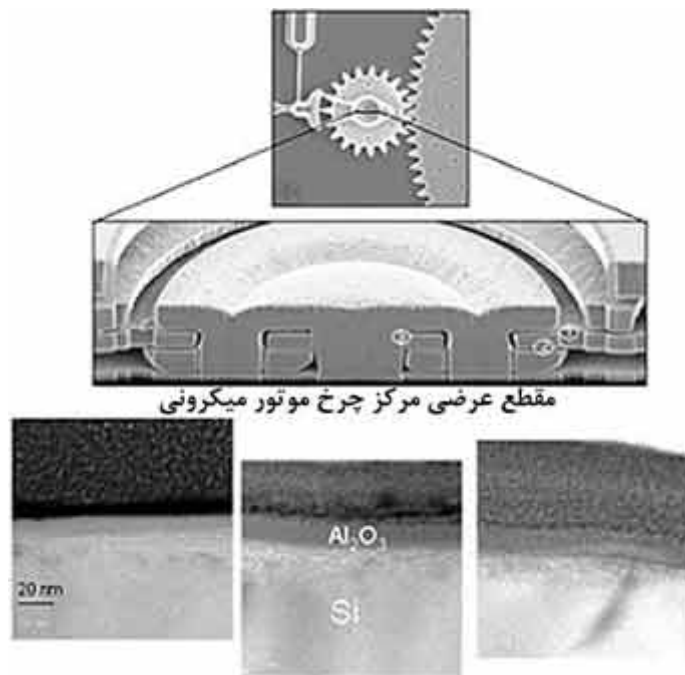
2 چیدمان اتم‌های مواد درون سلول‌هایی به نام دانه در مواد بلوری (که اتم‌هایشان به صورت منظم کنار هم چیده شده‌اند)، راه دیگری برای تولید نانو پوشش‌هاست. مواد بلوری موادی هستند که اتم‌های تشکیل‌دهنده آنها به صورت منظم در جهت‌هایی خاص درون حوزه‌هایی مثل سلول‌های روی پوست دست قرار گرفته‌اند. برای تولید نانو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



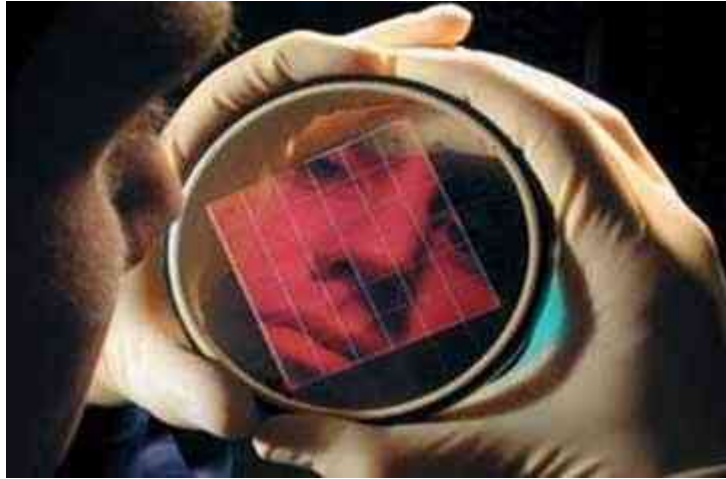
شکل ۵- شمایی از یک پوشش نانو ساختار

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)



مقطع عرضی مرکز چرخ موتور میکرونی

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 زیر لایه 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.)

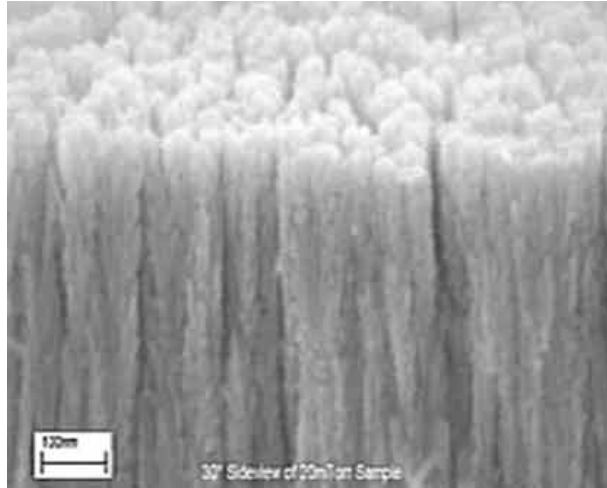
پس دیدیم که نانو پوشش ها به سه دسته اصلی تقسیم می شوند:

- 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 اندازه های بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر داشته باشند و برای کنترل رشد و اندازه دانه این پوشش ها 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

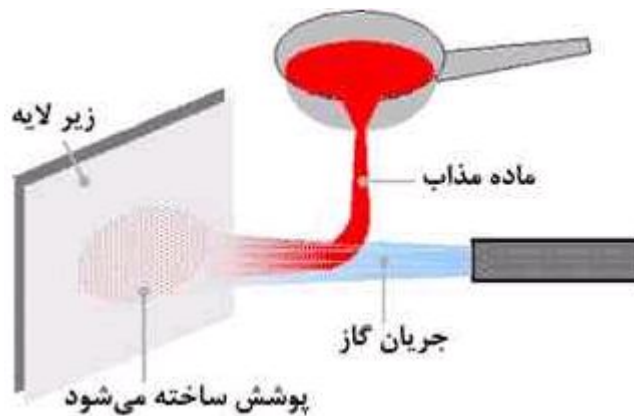
نانوپوشش‌ها به چه کار می‌آیند؟

نانوپوشش‌ها چگونه تولید می‌شوند؟

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 خاطر نشان 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)



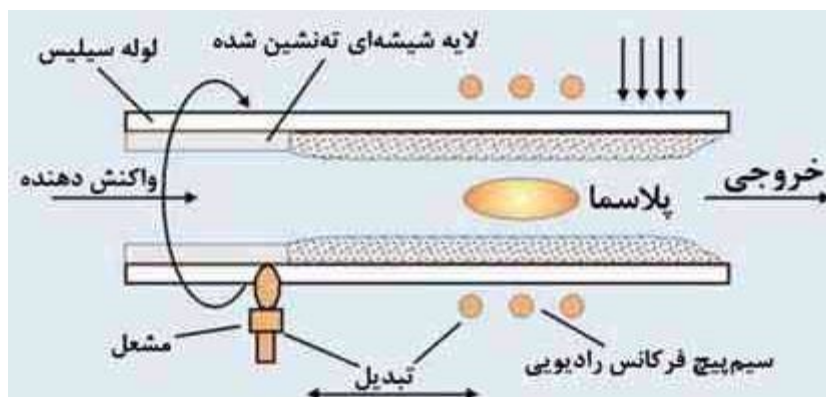
شکل ۱۰- شماتیکی از روش پاشش حرارتی

برای تولید پوشش هم می‌توانیم همین عمل را با کمی تغییر انجام دهیم. در این حالت از پودر برای تولید پوشش استفاده می‌شود. به این صورت که پودر را با قدرت به سمت قطعه مورد نظر می‌پاشیم و در مسیر پاشش، پرتولیزر را قرار می‌دهیم. پرتولیزر با سرعت و قدرت زیاد محیط را گرم می‌کند و باعث می‌شود پودر در مسیر به صورت مذاب درآید. وقتی پودر با سطح تماس پیدا می‌کند، به علت

اختلاف دما، پس از برخورد سریعاً سرد می‌شود و پوشش نانو ساختار را شکل می‌دهد. پس دیدیم که در تولید پوشش از این طریق از سازوکارهای دوم و سوم استفاده شد.

روش رسوب‌دهی شیمیایی بخار (CVD)

فرآیند CVD در فاز گازی انجام می‌شود. یعنی مواد واکنش‌زا گاز هستند و فرایندهای شیمیایی بین گازها صورت می‌گیرد. در شکل زیر گازها از یک دریچه وارد می‌شوند و بعد از رسوب بر روی یک زیرلایه، به صورت شیمیایی واکنش می‌دهند (شکل ۱۱)



شکل ۱۱ - شماتیکی از روش CVD

این روش لایه‌نشانی ممکن است از طریق چند نوع واکنش شیمیایی انجام شود: (۱) پیرولیز که در آن از دمای زیاد برای تجزیه ماده استفاده می‌شود؛ (۲) فوتولیز که در آن از نور فرابنفش یا فرورسرخ برای تجزیه ترکیب‌های گازی استفاده می‌شود. به خاطر دمای بالای فرآیند، لایه به سطح ماده نفوذ می‌کند و تشکیل یک لایه نازک آلیاژی می‌دهد. به عنوان مثال، مبنای این روش را می‌توان به صورت ذیل شرح داد: ماده مورد نظر با یک گاز یا بخار مخلوط می‌شود تا ترکیب فرآری ایجاد شود. این ماده فرار به سطح زیرلایه منتقل و به خاطر گرمای زیاد روی زیرلایه نشاندن می‌شود و پس از سرد شدن تشکیل یک لایه جامد نازک را می‌دهد. این روش نیز مثل پاشش حرارتی از هر دو سازوکار شماره‌های ۲ و ۳ برای پوشاندن سطوح استفاده می‌کند.

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 سیترات آلومینیوم 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 چهارم 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 می کند. فولادهایی که با نیتروژن پوشش می شوند، عموماً کربن کمتری دارند، چون کربن کم باعث نرمی می شود. در واقع، هر چه سختی کمتر شود، نرمی بیشتر می شود. در عین حال، اگر کربن فولاد زیاد باشد، نیتروژن با کربن ترکیب می شود و این ترکیب برای افزایش سختی مناسب نیست. پس دیدیم که در این روش نیز به صورت غیرمستقیم از سازوکار سوم برای نفوذ اتم ها و ایجاد پوشش استفاده شد.

روش رسوبدهی فیزیکی بخار

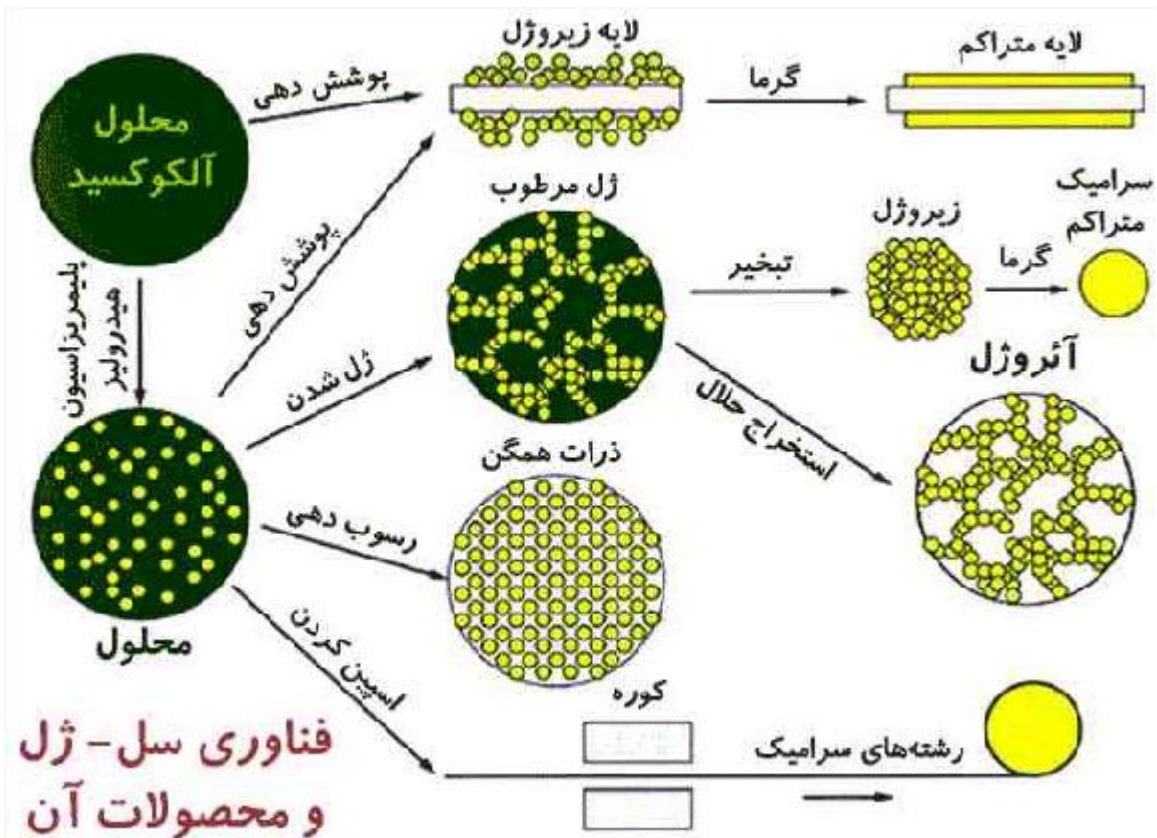
واضح است که در اثر گرم کردن ماده (جامد یا مایع) اتم ها یا مولکول ها از روی سطح آزاد می شوند. برای آنکه مولکولی بتواند سطح خود را ترک کند، باید مؤلفه عمودی نیرو که نتیجه حرارت است بزرگتر از نیروی جاذبه بین مولکولی باشد. پس با افزایش دما تعداد ذره هایی که از سطح کنده می شوند افزایش می یابد. وقتی اتم های کنده شده از سطح به مقدار معینی رسیدند، واکنش های شیمیایی در حالت بخار صورت می گیرند. بعد از آن بخار سرد می شود و یک لایه نازک روی سطح ایجاد می گردد. در روش های رسوب نشانی، به علت وجود انواع روش های تبخیر، روش های مختلفی برای پوشش دهی داریم. اما برای اغلب مواد فقط یک روش تبخیر بهینه وجود دارد. تبخیر بهینه به روش تبخیر، دمای تبخیر و سرعت تبخیر مربوط می شود و درجه خلوص لایه نیز وابسته به سیستم تبخیر است.

روش های مختلف تبخیر عبارت اند از: گرم کردن مقاومتی مستقیم، گرم کردن به وسیله باریکه الکترونی، روش جرقه ای و ...

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

روش سل - ژل

در این روش در واقع از اصل محلول سازی و رسوبدهی جامدات در مایعات با استفاده از تغییر پارامترهایی مثل دما استفاده می کنیم و محصولاتی مثل پوشش و پودر را به دست می آوریم. برای این کار، ابتدا از ماده ای که می خواهیم پوشش دهیم یک محلول تهیه می کنیم و بعد با حرارت دادن این محلول آن را تبدیل به یک ماده ژلاتینی می نماییم. با ادامه حرارت دادن، مواد معلق در محلول را روی ماده پذیرنده پوشش رسوب می دهیم. حال این رسوب می تواند به صورت یک لایه پیوسته باشد که در آن صورت یک لایه نانومتری تشکیل می شود. یا اگر ضخامت این لایه از ۱۰۰ نانومتر بیشتر باشد، به علت اینکه از ذرات نانومتری تشکیل شده است، یک لایه نانو ساختار است. اما باید دقت کرد که دما و سرعت حرارت دهی ... ممکن است باعث شود که به جای یک لایه پیوسته، مجموعه ای از ذرات تشکیل دهنده لایه به صورت پودر تشکیل شوند. البته باید یاد آور شد که پوشش هایی که از این روش تولید می شوند دارای تخلخل هایی هستند که خواص آنها را ضعیف می کند. 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 می کنید.



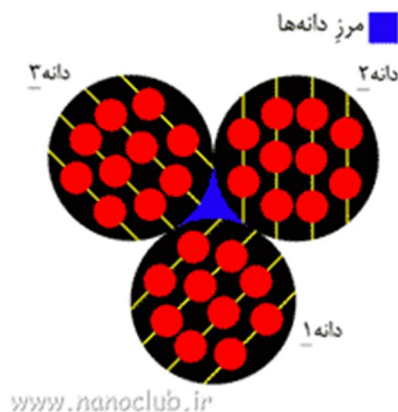
شکل ۱۲- محصولات قابل تولید با فرایند سل ژل

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 سازندهٔ آن است. خواص پوشش، به دانه^۱ و ذرات تشکیل‌دهندهٔ 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 اندازهٔ دانهٔ 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. (مقالهٔ «چه چیزی خواص مواد را مشخص می‌کند؟» را ببینید.) اگر سه دانه با هم برخورد کنند، به آن نقطه، «نقطهٔ سه‌گانه» 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 پراکنده‌گی 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 انعطاف‌پذیر 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 پوشش‌دهی 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 هلیوم‌اند 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 پوشش‌دهی، بهبود خواص فیزیکی مثل هدایت الکتریکی است. همان‌طور 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 منظم‌تر باشد این هدایت راحت‌تر 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 می‌شود و هر چقدر تعداد این نواقص بیشتر باشد، خواص فیزیکی بیشتر افت می‌کنند. از این رو، در برخی از کاربردها مثل حسگرها (که در آنها یک انرژی به نوعی دیگر تبدیل می‌شود تا بتوان آن را آشکار سازی کرد) با نشان دادن لایه‌های نازک، خواص الکتریکی - مثل هدایت - بهبود می‌یابند.

نانوحسگرها و انواع آنها

حسگر چیست؟

حسگر یک وسیله الکتریکی است که تغییرات فیزیکی یا شیمیایی را اندازه گیری می‌کند و آنها را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌نماید. حسگرها در واقع ابزار ارتباط ربات با دنیای خارج و کسب اطلاعات محیطی و نیز داخلی می‌باشند. و یا به طور کلی ابزارهایی هستند که تحت شرایط خاص از خود واکنشهای پیش بینی شده و مورد انتظار نشان می‌دهند. 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 تکرارپذیری 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 ...

نانوحسگرها:

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 طوری که 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:

نانوحسگرها 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؛ در حالی که ذراتی به بزرگی ۵/۵ نانومتر از همان ماده نور قرمز منتشر می کنند. 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، دیوهای 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) نانو لوله های کربنی به عنوان حسگرهای شیمیایی:

این حسگرها می توانند دردمای اتاق غلظتهای بسیار کوچکی از مولکولهای گازی با حساسیت بسیار بالا را آشکارسازی کنند. حسگرهای شیمیایی شامل مجموعه ای از نانو لوله های تک دیواره هستند و میتوانند مواد شیمیایی مانند دی اکسید نیتروژن (NO_2) و آمونیاک (NH_3) را آشکار کنند. هدایت الکتریکی یک نانو لوله نیمه هادی تک دیواره که در مجاورت $200ppm$ از NO_2 قرار داده می شود، می تواند در مدت چند ثانیه تا سه برابر افزایش یابد و به ازای اضافه کردن فقط 2% NH_3 هدایت دو برابر خواهد شد. حسگرهای تهیه شده از نانو لوله های تک دیواره دارای حساسیت بالایی بوده و دردمای اتاق هم زمان واکنش سریعی دارند. این خصوصیات نتایج مهمی در کاربردهای تشخیصی دارند

ب) نانو لوله های کربنی به عنوان حسگرهای مکانیکی:

هنگامی که یک نانو لوله 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 نانو لوله کاملاً متناسب است. این اندازه گیری به وضوح امکان استفاده از نانو لوله ها را به عنوان حسگرهای مکانیکی نشان می دهد. یا می توان با استفاده از مواد واسط مانند پلیمرها در فاصله ی میان نانو لوله های کربنی و سیستم، نانو لوله های کربنی را برای ساخت بیوسنسورها توسعه داد. شبیه سازی های دینامیکی نشان می دهد که برخی پلیمرها مانند پلی اتیلن می توانند به صورت شیمیایی با نانو لوله کربنی پیوند یابند. همچنین مولکول بنزن نیز می تواند به وسیله ی پیوندهای واندروالس روی نانو لوله ی کربنی جذب شود. این تحقیقات کاربردهای بسیار متنوع و وسیع نانو لوله 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 دنیاست.

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 ماند. 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 نانو لوله 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 مهلک موجود در محیط هستند. محققان معتقدند این نانو حسگرها برای شناسایی گازهای بیوشیمیایی جنگی و آلاینده های هوا کاربرد خواهند داشت

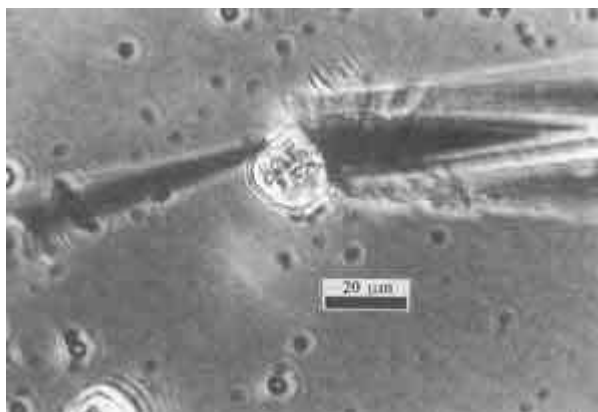
نانو حسگرهای زیستی

در پزشکی و علوم بالینی برای تشخیص بیماری‌ها و پیگیری درمان آنها ضروری است از وضعیت گونه‌های مختلف مورد نظر در داخل بدن اطلاعات کمی و کیفی داشته باشیم. روش تشخیص موجود که در آزمایشگاه‌های کلینیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد، نمونه‌برداری (از خون، ادرار و...) است. این روش نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل، لحظه‌ای محسوب می‌شود 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.

نمونه‌برداری لحظه‌ای 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 گونه‌های بیوشیمیایی، راهکار دیگری برای کنترل کیفیت درمان بیماران فراهم شد. این حسگرها که به طور الکتروشیمیایی کار می‌کنند و هنوز هم کاربردهای بسیاری دارند، به لحاظ ابعاد نسبتاً بزرگی که دارند عموماً در سنجش‌های خارج از بدن مورد استفاده قرار می‌گیرند و در اندازه‌گیری میزان چربی و رطوبت پوست، میزان تعریق بدن و... به کار می‌روند. با پیشرفت علوم و فناوری، بشر موفق به ساخت میکرو حسگرهای زیستی شد. از این ابزار در واکنش‌های بیوشیمیایی انجام‌شده در سطح الکتروود و ثبت میزان جریان یا دنبال کردن تغییرات پتانسیل بهره‌گیری می‌شود و این عوامل به غلظت گونه مورد نظر ارتباط داده می‌شوند. به عنوان نمونه‌ای از کارهای انجام‌شده در این سطح، می‌توان 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 اپی نفرین ترشح می‌شود. این هورمون که «آدرنالین» نیز نامیده می‌شود، قند را از سلول‌های ماهیچه‌ای آزاد می‌کند. همچنین اپی نفرین فشار خون را بالا می‌برد و بر ضربان قلب می‌افزاید که فاکتورهای مهمی از نظر کلینیکی محسوب می‌شوند. بنابراین، اندازه‌گیری میزان آزادسازی اپی نفرین 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 رشته کربنی که در مجاورت سلول آدرنال قرار گرفته‌اند

(هورمون اپی نفرین آزاد شده از این سلول به روش الکتروشیمیایی مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد)

نانو حسگرهای زیستی

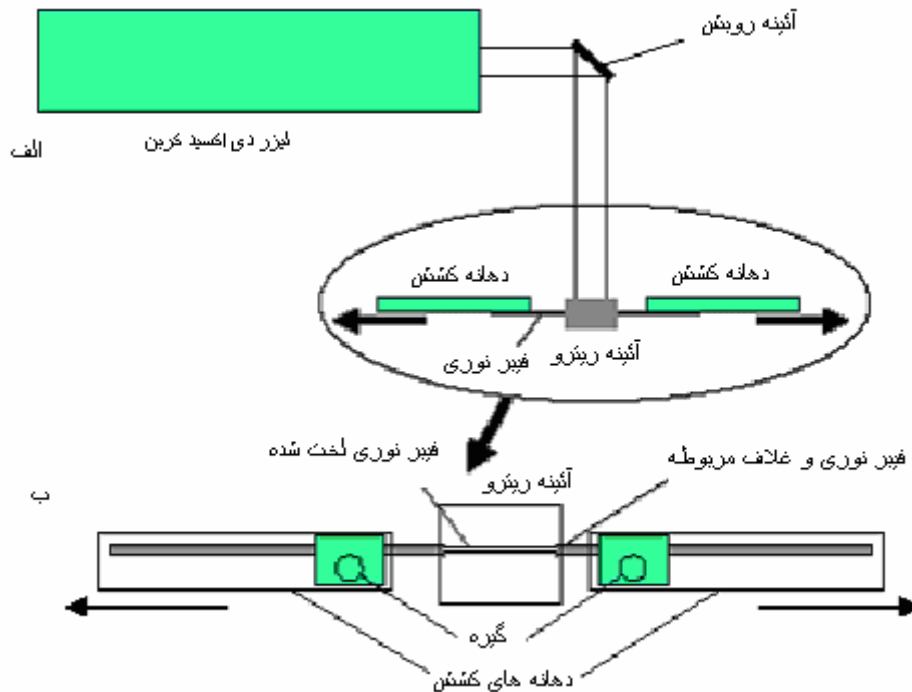
با ورود علوم و فناوری نانو و فراهم شدن امکان ساخت الکترودهایی در مقیاس بسیار کوچک، ساخت حسگرهای نانومتری نیز میسر شد. این حسگرها به لحاظ دارا بودن سائز نانومتری و کاربردشان در محیط‌های زیستی، نانویوسنسور (نانو حسگر زیستی) نامگذاری شدند. نانو حسگرهای زیستی الکترودهای بسیار کوچکی در اندازه نانومتری و ابعاد 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 روزه‌روز 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 2)



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 دی‌اکسید کربن برای گرم کردن فیبر و از وسیله‌ای برای کشش فیبر در جهت محور اصلی آن استفاده می‌شود. محققان موفق شده‌اند با تغییر دما و میزان نیروی کششی اعمال شده به فیبر، نوک‌هایی 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 ساده‌ای دارد.



شکل ۳- تصویر یک نانوفیبر تولیدشده 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 روش های الکتروشیمیایی است که در آن حداقل یکی از گونه های اولیه یا محصولات واکنش در سطح میکروالکتروود اکسیده، یا کاهش می شود.



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، می تواند عملکرد نوری آن را به میزان بسیاری بهبود بخشد. همچنین به منظور ایجاد سایت های فعال بر روی نوک حسگر برای اتصال پادتن از فرایند سیلان دار کردن سطح فیبر استفاده می شود و به دنبال آن پادتن مورد نظر را از طریق پیوندهای کوالانسی به سطح فیبر متصل می کنند.

سیلان و فرایند سیلان دار کردن

سیلیس (Si) یکی از عناصری است که در طبیعت به وفور یافت می شود و بخش عمده ای از پوسته زمین را تشکیل می دهد. این عنصر در گروه چهارم جدول تناوبی واقع شده است و از این رو می تواند با ایجاد چهار پیوند کوالانسی، ترکیبی به صورت SiH_4 به نام سیلان را ایجاد نماید. از این ملکول ترکیبات مختلفی به دست می آید که از آن جمله می توان به تری «متیل کلرو سیلان» اشاره کرد. این ملکول می تواند 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 نانوحسگر می توانیم نانوحسگر را نسبت به جذب ترکیبات غیرقطبی فعال کنیم.

لازم به ذکر است در فرایند سیلان دار کردن، از ترکیبات مختلف سیلیس استفاده می شود و به کمک آنها سطح مورد نظر را با یک گروه عاملی شیمیایی مناسب پیوند می زنند. حسن کار در این است که امکان پیوند پادتن با گروه عاملی نشانده شده در سطح میسر می شود.

ابزارهای ساخته شده به این روش، دارای قدرت انتخابگری بالایی هستند و «کاوشرهای 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 دو 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 می‌آورند.

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 می‌شوند.
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 آگزوز 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 نمی باشند که برای آنها ایجاد خطراتی 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 1000nm 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 اخلاص 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 ریزسازی و کاهش ابعاد در شکل دهی، اطلاعات بیشتری به دست آوریم.

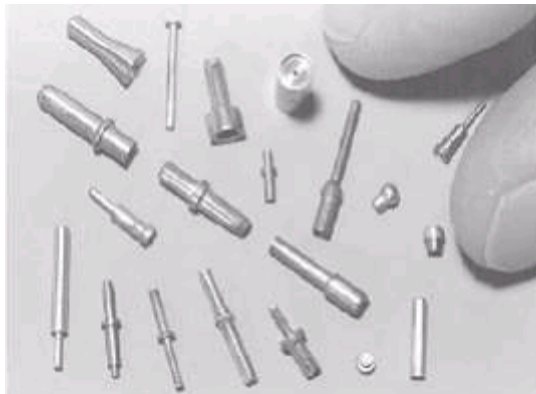
میکرو متر برابر است با یک هزارم میلی متر، یعنی هزار برابر بزرگتر از ابعاد نانو. این ابعاد مورد توجه صنایع مدرنی است که می خواهند تا جایی که می شود، به کوچک سازی بپردازند. منظور از کوچک سازی، یا ریزسازی، کاهش ابعاد به مقیاس هایی کمتر از میلی متر است. این هدف در علوم مختلف، مانند شیمی، فیزیک، کانیک، متالورژی،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

وقتی می‌خواهیم نظریه‌ای ارائه کنیم، ابتدا باید در حوزه‌های مشابه اطلاعاتی به دست آوریم و با دسته‌بندی آنها حدس‌هایی بزنیم و سپس با انجام آزمایش صحت آنها را بیازماییم. بنابراین، برای اینکه با جهانی در مقیاس یک میلیونیم میلی‌متر (نانو) آشنا شویم، ابتدا از مقیاسی که دانش بیشتری در زمینه شکل‌دهی در آن داریم، یعنی مقیاس میکرو، آغاز می‌کنیم.

میکرو شکل‌دهی به دنبال ایجاد فرایندهای امکان‌پذیر برای صنعت و تولید انبوه هستیم. آیا تا به حال به این موضوع فکر کرده‌اید که برای صنعتی شدن یک فرایند و تولید انبوه آن چه مراحل باید طی شود؟

اگر همین امروز اراده کنید که پزشک جراح شوید، نمی‌توانید 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 هشت‌ساله پزشکی عمومی و سپس طی دوره تخصص و اخذ مجوز لازم از مراکز معتبر، به فکر پوشیدن لباس جراحی بیفتید. چنین وضعی در دنیای مهندسی هم وجود دارد: ممکن است دانش یا مهارتی در خصوص شکل‌دهی داشته باشید. اما تنها پس از طی مراحل مانند محاسبات، آزمایش، مدل‌سازی و... می‌توان ساختار مشخصی برای ماده تعریف کرد. مجموع این ساختار مشخص را فناوری می‌گوییم که نحوه استفاده از آن را به ما می‌آموزد. برای صنعتی شدن هم باید برای فناوری مورد نظر دستگاه‌های مختلف، وسایل اندازه‌گیری و... تهیه کرد. مهندسان به این قسمت‌ها سامانه (یا سیستم) می‌گویند. پس اولین گام برای صنعتی کردن فناوری، تعریف سیستم و اجزای آن است. درباره میکرو شکل‌دهی نیز ابتدا به سیستم آن می‌پردازیم تا با عناصر تشکیل‌دهنده آن بیشتر آشنا شوید.

میکرو شکل‌دهی از نظر علمی «ساخت و تولید ساختارهای دوبعدی در مقیاس میلی‌متری» است. محصولات میکرو شکل‌دهی، در اجزای الکترونیکی ریزسیستم‌ها و سیستم‌های میکروالکترومکانیکی مثل میکروروبات‌ها کاربرد دارند. این محصولات باعث شده‌اند که عملیات ریزسازی به سرعت جلو برود.



اجزای ساخته شده بوسیله میکرو شکل‌دهی

مروری بر تاریخ میکرو شکل‌دهی

رشد فناوری‌ها و به‌خصوص فناوری شکل‌دهی میکرو در دهه 1990، این سؤال را به وجود آورد که چرا به جای استفاده از تراشکاری در ساخت قطعات

از شکل‌دهی فلزات استفاده نشود؟

مهندسان و صنعتگران دریافتند که باید قطعه را با روش‌های شکل‌دهی و بدون براده‌برداری تغییر شکل دهند. این کار برای تأمین دو هدف اساسی صنعتی و اقتصادی صورت می‌گیرد: 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 می‌شود. در این کار آنها با چند مشکل اساسی مواجه بودند که در دو سطح عمده زیر خلاصه می‌شدند:

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

ب - نبود کاربرد مشخص و نمونه اولیه؛ زیرا آنها نمی‌دانستند باید به دنبال ساخت چه محصولی باشند. مثلاً اگر شما به دنبال ساخت هلی کوپتر باشید، با دیدن

نمونه‌های قبلی و طرز کار آن می‌توانید به ایده‌هایی برای ساخت نوع جدید آن برسید.

ولین 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.

لاوه بر آن، مشکلات دیگری نیز در مقابل این فناوری جدید قرار دارند، نظیر ابزارآلات و ماشین‌ابزار لازم. از این رو کاوش‌ها، پژوهش‌ها و تحرکات گسترده علمی

و صنعتی برای حل معضلات و یافتن راه‌حل‌های مناسب آغاز شدند که تاکنون نیز ادامه دارند.

سیستم میکروشکل‌دهی

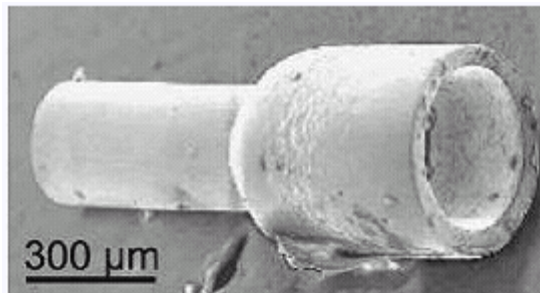
سیستم شکل‌دهی میکرو را می‌توان مانند سیستم شکل‌دهی ماکرو به چهار بخش اساسی تقسیم کرد:

الف - مواد (material)

ب - ابزار (tools)

ج - فرایند (process)

د - ماشین‌آلات و تجهیزات (machines & equipment)



یک نمونه از قطعات شکل‌یافته در ابعاد مایکرو

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 با پرتوهای الکترونی، ابزاری با ابعاد ۲۰۰ نانومتر را می‌سازند.

در خصوص ماشین‌آلات و تجهیزات نیز جابه‌جایی مواد و اجزای دشوار است، زیرا سطح گیره نگه‌دارنده قطعه بسیار کوچک است و نیروهای چسبندگی و کشش

سطحی بسیار قوی‌تر از نیروی وزن عمل می‌کنند. توضیح بیشتر اینکه وزن قطعه در مقیاس مایکرو 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.

رکنار سیستم میکروشکل‌دهی، ساختارها و فناوری‌های پشتیبان دیگری نیز مورد نیازند. از جمله، فناوری‌های مناسب اندازه‌گیری قطعات و ابزار کوچک و همچنین

تاق 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

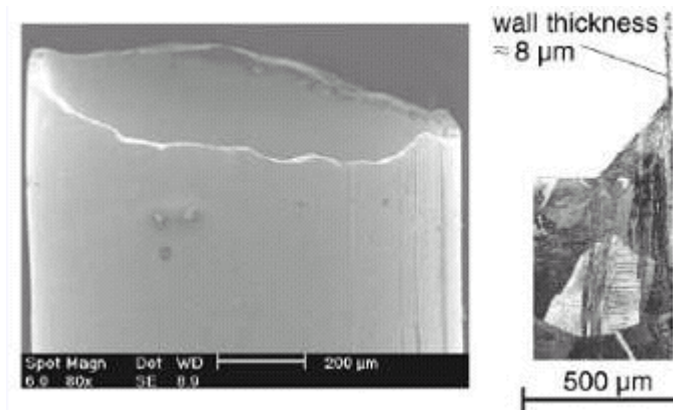
تولید محصول و آزمایش‌ها می‌شوند.



نمونه ای از عملیات آزمایشگاهی در ابعاد میکرو

فرایندهای میکرو شکل دهی

مقیاسه 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 میکرویی 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 چندگانه همراه با دقت، سرعت و دقت در مکان یابی اجزای کوچک؛

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

نتایج اولیه آزمایش ها و پروژه های تحقیقاتی مختلف منجر به ساخت نمونه اولیه سیستم انتقال شده است. این سیستم گیره های مکنده ای دارد که می تواند در هر ثانیه

۳ قطعه را در فاصله ۲۵ میلی متری و با دقت مکان یابی در حدود ۵ میکرومتر جابه جا کند.



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 رومیچی 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 پیش‌رو در آینده برسد.

لمی‌رغم 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 بگویم 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 شکل‌دهی فلزات، گنبد بوده

است، اما پژوهش‌های گسترده‌ای در سراسر جهان در این مورد در حال انجام هستند. شاید در نگاه اول، پرداختن به شکل‌دهی 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 وسایلی به ابعاد ۲۰۰ نانومتر برای برجسته کاری ساخته شده‌اند. بر اساس تعاریف ارائه شده برای فناوری نانو، محدوده این فناوری از نظر مقیاس ۱،۰ تا ۱۰۰ نانومتر در نظر گرفته شده است. بنابراین، گام‌های بیشتری باید برداشت تا به محصولاتی در ابعاد مورد نظر رسید.

شاید اساسی‌ترین 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، می‌توان مولکول‌ها 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 نتوانسته‌اند 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 می‌دهیم 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 می‌دهیم. این چارچوب شامل سطح بندی ایده‌ها، خواسته‌ها 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 افق‌های 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 گسترده‌ای در حوزه علوم و فناوری‌های نانو صورت بگیرد. این شفاف سازی در اثر مطالعات، پژوهش‌ها و آزمایش‌های گوناگون حاصل می‌شود و احتیاج به تأمین اهداف مشخص و روشنی دارد، مثل ترغیب مدیران، صنعتگران و سرمایه‌گذاران در حمایت از فناوری نانو، ایجاد قوانینی برای پیشبرد فناوری نانو و برنامه ریزی طولانی مدت. اگرچه در این سطح اغلب اهداف و اولویت‌ها به فناوری نانو وابسته‌اند، اما همین سازوکارها در مورد شکل دهی فلزات نیز باید اعمال شوند و از بسترهای ایجاد شده در مورد فناوری نانو در جهت نانو شکل دهی نیز بهره‌گیری شود.

2 سطح دوم: مطالعات در زمینه نانو شکل دهی

در سطح دوم باید ابتدا گروه‌هایی شکل بگیرند. این گروه‌ها شامل استادان دانشگاه، صنعت‌گران و دانشجویانی هستند که با کمک یکدیگر روی موضوع نانو شکل دهی متمرکز می‌شوند. رشته‌های مختلف مهندسی، نظیر مهندسی مکانیک، متالورژی، صنایع و شیمی باید در این گروه‌ها حضور داشته باشند تا نانو شکل دهی از ابعاد مختلف آن بررسی شود. رشته‌هایی مانند کامپیوتر و فیزیک نیز لازم است این گروه را همراهی کنند.

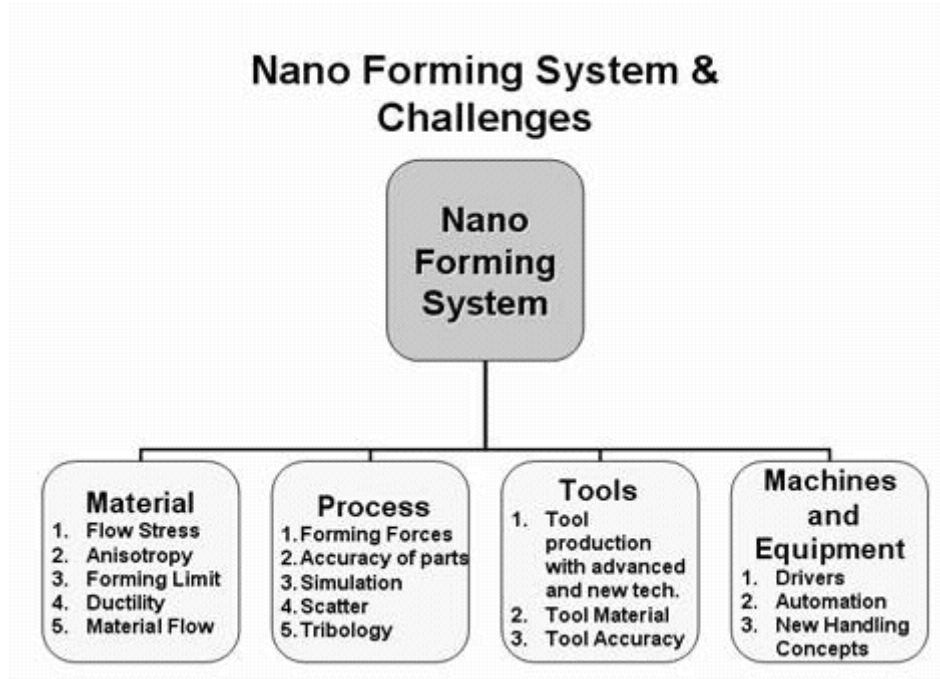
صنایعی هم هستند که می‌توانند از این دستاوردها بهره‌های فراوانی ببرند، نظیر صنایع هواپیماسازی، خودروسازی، پزشکی، مخابرات، دفاعی و صنایع مشابه. آنها نیز باید در این گروه‌ها، اولویت‌های مورد نظرشان را ارائه کنند و به دانشجویان و استادان در جهت‌دهی مناسب، ارائه اهداف صنعتی و فضای آزمایشگاهی یاری رسانند.

از سوی دیگر، در حوزه شکل دهی در مقیاس نانو، لازم است تعاریف نوینی در مورد فرایندها، ابزارآلات، ماشین‌آلات و مواد صورت بگیرد. به بیان دیگر، مفاهیم و تعاریف رایج در شکل دهی 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، نانو شکل دهی را نیز نمی‌توان با تعاریف شکل دهی سنتی به نحو قابل توجهی پیش برد و توسعه داد.

برای اینکه مطالعات نظری در مورد نانو شکل دهی به شکل روش مند و منظم پی‌گیری شوند، باید سیستم شکل دهی 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

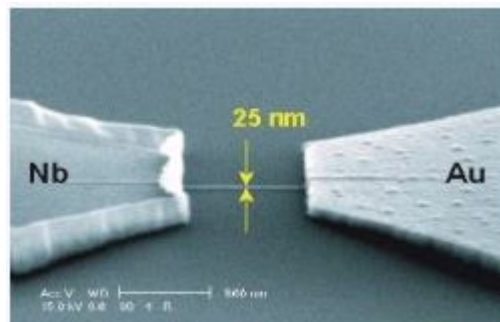


سیستم نانو شکل‌دهی و چالش‌های موجود در اجزای آن

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 نانو شکل‌دهی، 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.



نمونه‌ای از دقت مورد نیاز در وسایل اندازه‌گیری و دستگاه‌ها

4 سطح چهارم: جمع‌بندی نتایج نظری و داده‌های حاصل از مطالعات آزمایشگاهی

در این بخش برای جمع‌بندی نتایج نظری و تجربی، لازم است پژوهش‌های مختلفی بر روی داده‌های تجربی و پیش‌بینی‌های

تئوریك صورت بگیرند. در این پژوهش ها نقایص پیش بینی های نظری مشخص می شوند و نتایج حاصل از آن، دقت گروه را در زمینه نانو شکل دهی افزایش می دهد و مسائلی را که فراموشی شده اند، آشکار می کند.

5 سطح پنجم: رویکرد صنعتی کردن مطالعات

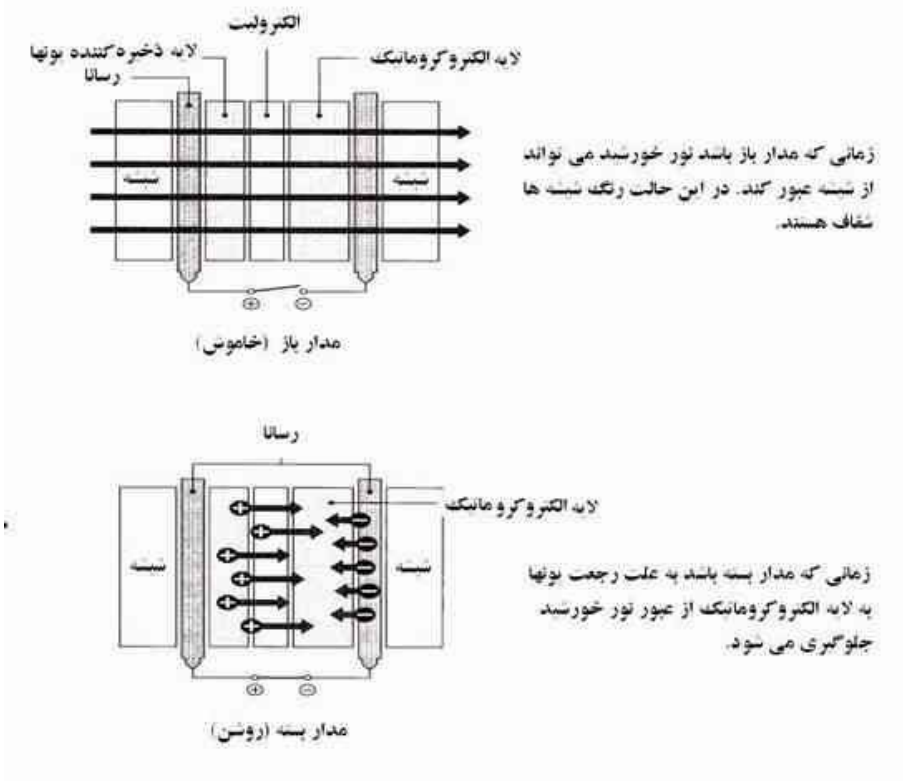
در این سطح، عوامل مختلفی وجود دارند که در فرایند صنعتی کردن یک فناوری ضروری اند، مثل سیستم های انتقال، ساخت ماشین آلات جدید، نحوه چیدمان ماشین آلات، نرخ تولید مناسب، کیفیت محصولات، سیستم های بسته بندی، استاندارد سازی محصولات، نرم افزارهای صنعتی، نیروی انسانی ماهر و نیز توجه به شاخص های زیست محیطی، انرژی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



NTERA 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 عظیمی در دنیای تلویزیون و نمایشگرها ایجاد می کند.



نانو کامپوزیت های دیرسوز

توجه به این که امروزه حجم وسیعی از کالاها مصرفی هر جامعه ای را پلیمرهایی تشکیل می دهند که به راحتی می سوزند یا گاهی درمقابل شعله فاجعه می آفرینند، لزوم تحقیق در خصوص مواد دیرسوز احساس می شود. بر همین اساس، در کشورهای صنعتی، تلاش گسترده ای 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 می رسد استانداردهای ساخت مربوط به پلیمرهای مورد استفاده در خودروسازی، صنایع الکترونیک، صنایع نظامیو تجهیزات حفاظتی و حتی لوازم خانگی، در حال تغییر به سوی مواد دیرسوز است. از طرف دیگر مدتی است که نانو کامپوزیت های پلیمر - خاک رس به عنوان موادی با خواص مناسب مثل تأخیر در شعله وری، توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. بنابراین به نظر می رسد که نانو کامپوزیت های پلیمر - خاک رس می توانند جایگزین مناسبی برای مواد پلیمری معمولی باشند؛

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

از افزودنی هایی استفاده شود که قیمت تمام شده 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.

زباله های این مواد نباید مشکلات زیست محیطی ایجاد کند.

با توجه به این موارد، خاک رس از جمله بهترین مواد افزودنی به پلیمرها محسوب می شود که می تواند آتش گیری 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 می کند.

ویژگی های نانو کامپوزیت های پلیمر - خاک رس

خواص مکانیکی نانو کامپوزیت های پلیمر-نایلون ۶ که از نظر حجمی فقط حاوی پنج درصد سیلیکات است، بهبود فوق العاده ای را نسبت به نایلون خالص از خود نشان می دهد. 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 سانتی گراد به ۱۵۲ درجه سانتی گراد 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 می دهد و این در حالی است که اغلب خواص کاربردی پلیمر نیز تقویت می شود. 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 می یافته است. در واقع کاهش در آتشگیریهنوزمان 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 می یابد.

برخی نانو کامپوزیت های پلیمر - خاک رس پایداری حرارتی بیشتری از خود نشان می دهند که اهمیت ویژه ای برای بهبود مقاومت در برابر آتش گیری دارد. این مواد همچنین نفوذپذیری کمتری در برابر گاز و مقاومت بیشتری در برابر حلال ها از خود نشان می دهند.

استانداردسازی؛ ابزار قدرت در دستکشورهای پیشروی صنعتی

تطابق با استانداردهای جدید موضوعی است که همواره کشورها پیشرو بر کشورهای پیرو دیکته کرده اند. 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 می شوند و دیگر کشورها ناچار خواهند بود در مراودات تجاری خود با آنها این استانداردها را رعایت کنند و به این ترتیب، مجبور می شوند 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 کامیون های فاقد استاندارد زیست محیطی 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، خانه های باهوش، بافتهای حافظه دار شکلی، میکرو ماشینها، سازه های خود آرا و رنگهای نانویی متغیر کلماتی هستند که از سال ۱۹۹۲ و با تجاری شدن اولین مواد هوشمند وارد لغتنامه های مواد شده اند و از آنها انتظار می رود که بسیاری از نیازهای تکنولوژیک قرن ۲۱ را برآورده سازند.



شکل ۱: تصور ناسا از یک هواپیمای هوشمند که می تواند

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 می توان به اسباب بازیها، ابزارهای روزمره و ... نام برد. شاید برایتان جالب باشد که بدانید سابقه مواد هوشمند به ۳۰۰ سال قبل از میلاد، و دوران کیمیاگری باز می گردد. 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 می توان از مواد هوشمند دانست.

تعریف مواد هوشمند

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

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

محركهای مشخص می توانند به آن موقعیت باز گردند."

تعریف دایره المعارف تکنولوژیهای شیمیایی کمی جامع تر به نظر می آید:

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

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

هرچند که به نظر می آید این دو تعریف به یک رفتار اشاره می کنند اما می توان 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 می کند. 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:

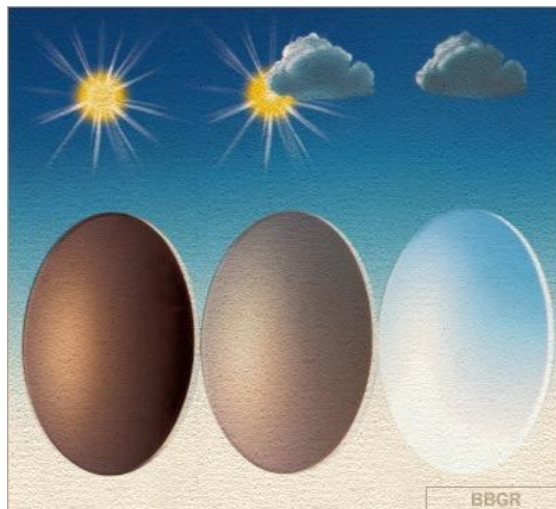
- فوریت: به این معنا که پاسخ آنها به صورت بلا درنگ (همزمان با تاثیر محرک) است.
- سازگاری: به این معنا که توانایی پاسخ به بیش از یک شرایط محیطی را دارا هستند.
- خود انگیزی: به این معنا که این هوشمندی در درون این مواد است نه در بیرون آنها.
- گزینش پذیری: به این معنا که پاسخ آنها مجزا و قابل پیش‌بینی است.
- 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 هر یک 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 فتو کرومیک 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 فتو کرومیک نسبت به میزان نور دریافتی

- ترمو کرومیک: موادی که تحت تاثیر گرما در ساختارشان تغییراتی ایجاد می‌شود و به علت تغییر در بازتاب‌های آن رنگ متفاوتی از آن دیده می‌شود.
- 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 می‌دهند و با بازگشت دما به مقدار اولیه شکل اصلی خود را می‌یابند.

نوع دوم

این دسته از مواد هوشمند شامل آنهایی است که انرژی را از نوعی به نوع دیگر تبدیل می‌کنند. نمونه‌ای 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

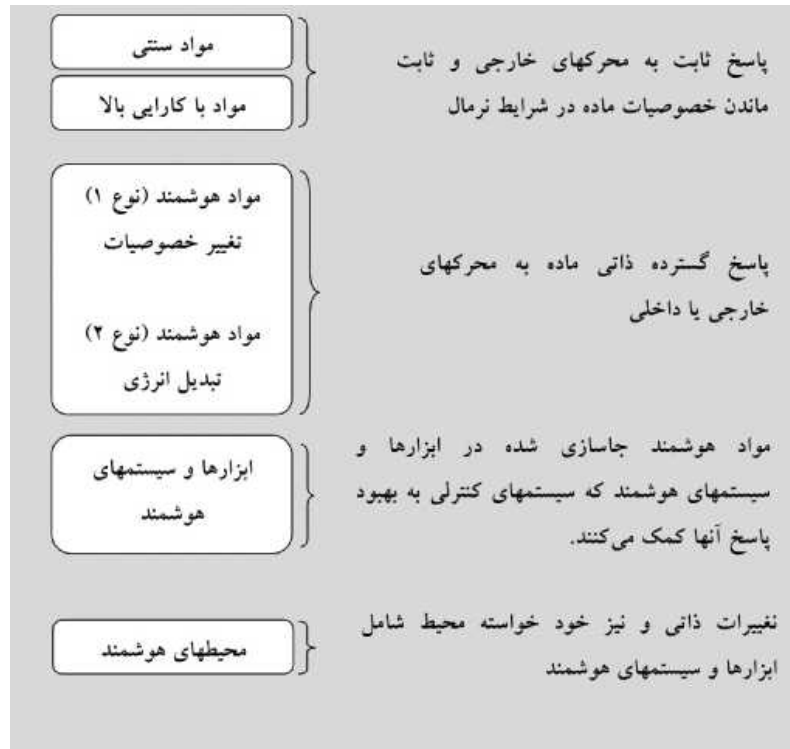
تولید می‌کنند. دو نوع از این مواد نیز در اینجا معرفی شده‌اند:

• مواد فتو ولتائیک (قدرت‌زای نوری): این مواد در پاسخ به محرک نور مرئی جریان الکتریکی ایجاد می‌کنند.

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

دسته‌بندی مواد

در اینجا قصد نداریم که به تقسیم‌بندی کلی مواد پردازیم. بلکه می‌خواهیم 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 پردازیم، 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

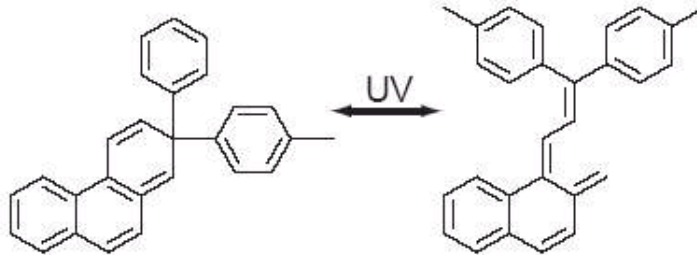
کموکرومیک	شرایط شیمیایی خاص
لکتروکرومیک	تغییر ولتاژ

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 چشممان 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 فتوکرومیک این مواد در برابر جذب انرژی تابشی تغییر در ساختار شیمیایی‌شان 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 فتوکرومیک در شکل ۱ نشان داده شده است. کاربرد اصلی مواد فتوکرومیک در عینکها و همچنین پنجره برخی از ساختمانهاست.

Naphthopyrans



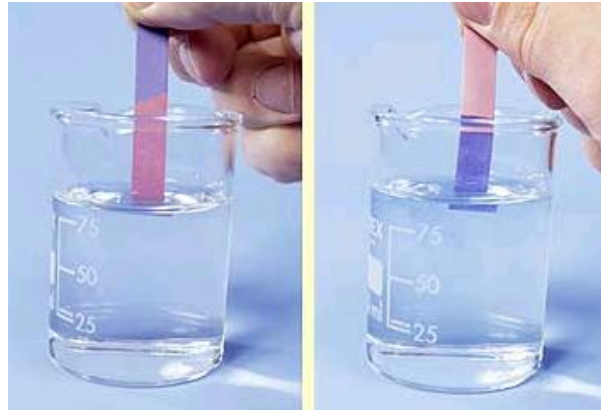
شکل ۱: تغییر ساختار یک ماده فتوکرومیک در برابر اشعه ماوراء بنفش

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



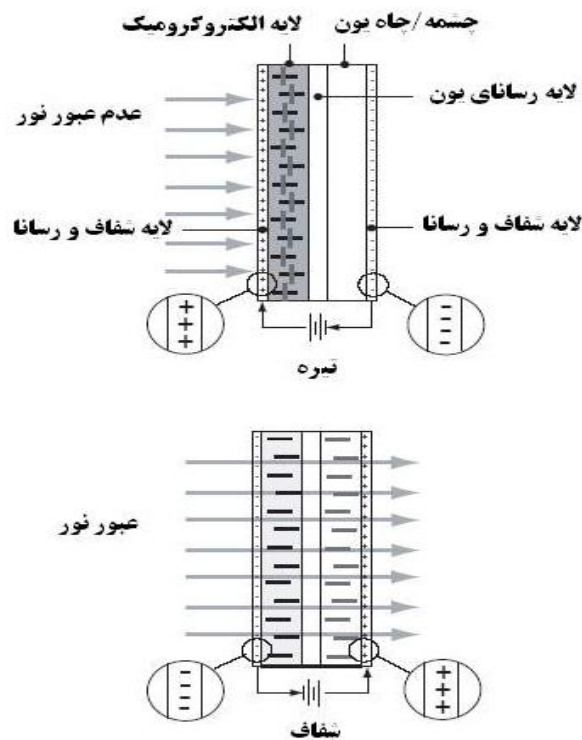
شکل ۲: صندلیهای گرمایی از رنگهای ترموکرومیک استفاده می‌کنند که با دمای بدن تغییر رنگ می‌دهند و پس از مدتی به حالت ابتدایی بر می‌گردند.

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 می‌دهند و محصولاتی از آنها تولید شده است که تحت فشار و یا کشش خاص متنی که در آنها مخفی شده نشان داده می‌شود. در مورد مواد کموکرومیک هم حتما با نام کاغذهای تورنسل آشنا هستید که در محیطهای بازی و اسیدی رنگهای متفاوتی از خود نشان می‌دهند (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.

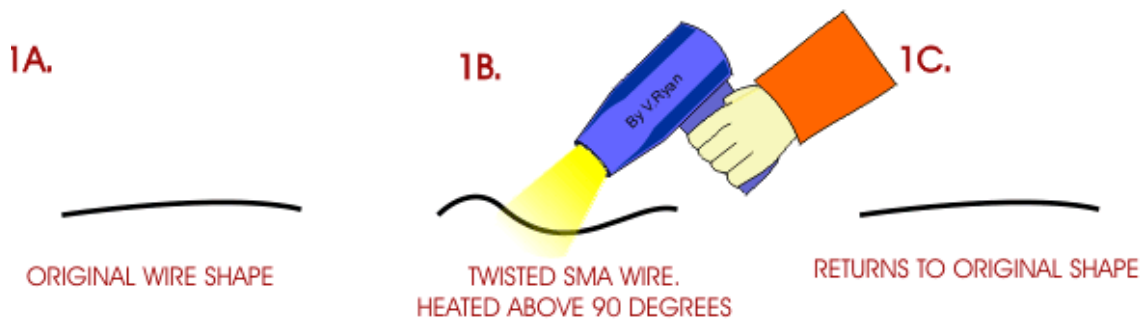


شکل ۴: نحوه عملکرد یک شیشه الکتروکرومیک

مواد حافظه دار

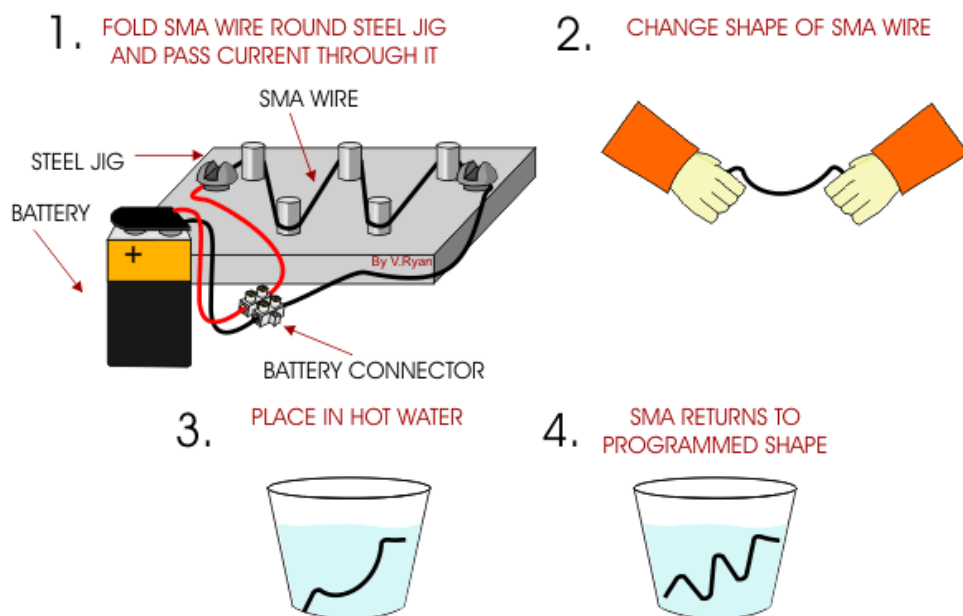
یکی از معروفترین آلیاژهای حافظه دار ماده‌ای به نام نیتینول است که از آن به صورت سیمی استفاده می‌شود. در نگاه اول این سیمها همانند سیمهای معمولی به نظر می‌آیند که به راحتی تغییر شکل می‌دهند و رسانای الکتریسیته نیز هستند؛ اما در مقایسه با سیمهای معمولی فولادی و مسی بسیار گرانتز هستند. دو مشخصه در این سیمها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

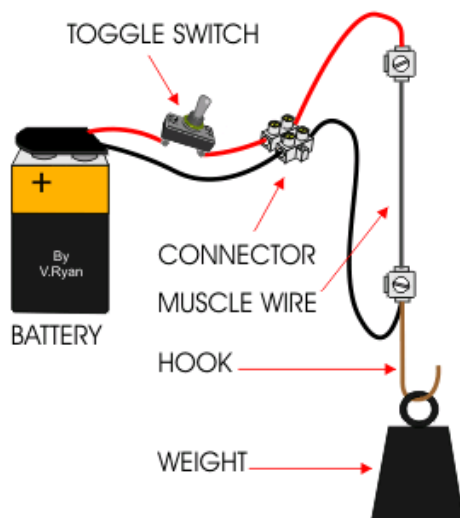
۲- این نکته که شاید جالب‌تر هم باشد این است که می‌توان این سیمها را برنامه‌ریزی کرد تا شکل خاصی را به خاطر بسپارند! این کار به این صورت انجام می‌شود که شکل دلخواه‌مان را به سیم می‌دهیم و سپس سیم را به مدت تقریبی ۵ دقیقه با دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد گرما می‌دهیم یا جریان الکتریسیته را از آن عبور می‌دهیم. حالا می‌توانیم سیم را به هر شکل دیگری درآوریم و برای برگشت آن به شکل اولیه کافی است آن را در آب داغ بیندازیم (شکل ۶)



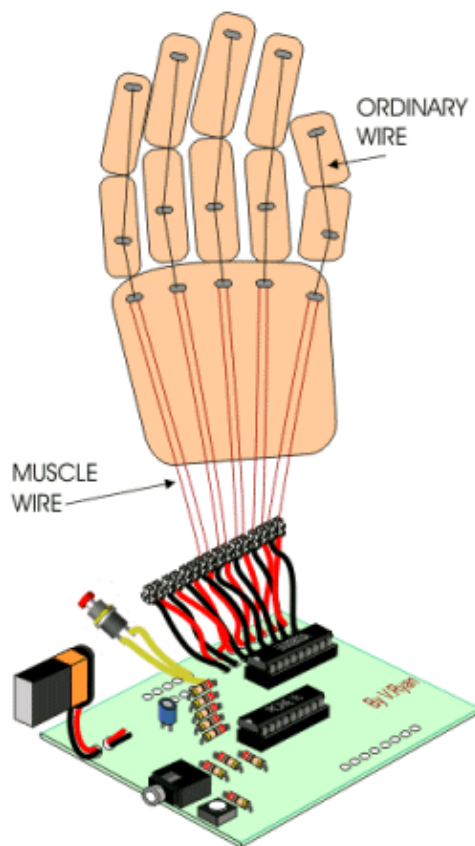
شکل ۶: برنامه‌ریزی سیمهای حافظه دار

دسته دیگری از مواد حافظه دار سیمهای ماهیچه‌ای هستند که از آلیاژهای نیکل و تیتانیوم ساخته شده‌اند و در دمای اتاق به راحتی می‌توان آنها را تغییر شکل داد. نکته‌ای که این مواد را جذاب می‌کند این است که با عبور جریان الکتریسیته با نیروی خوبی (که می‌توان از آن

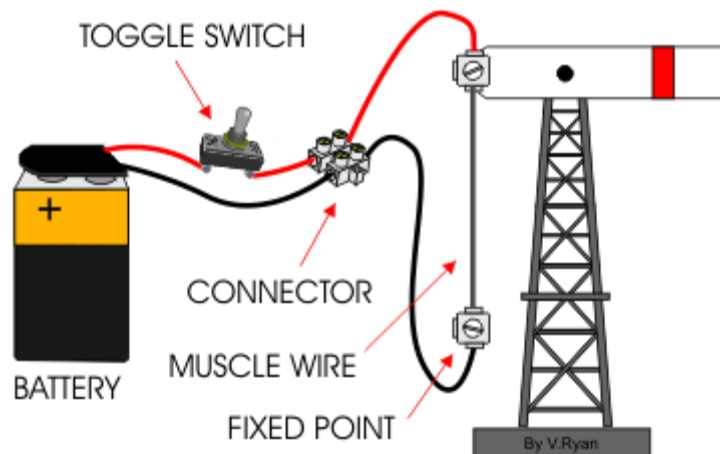
استفاده کرد) به شکل اولیه خود برمی گردند. اگر بخواهید دقیقتر بدانید باید بگوییم که این سیمها اگر تا ۸ درصد اندازه اولیه شان کشیده شوند باز هم می توانند به حالت اولیه باز گردند اما استفاده هایی که از آنها می شود تغییر طولهای در حدود ۳ تا ۵ درصد طول اولیه است. در شکلهای زیر کاربردهایی از این مواد را می بینید.



شکل ۷: ترکیب یک سیم ماهیچه ای، یک وزنه، یک باتری و کلیدی که جریان را قطع و وصل می کند



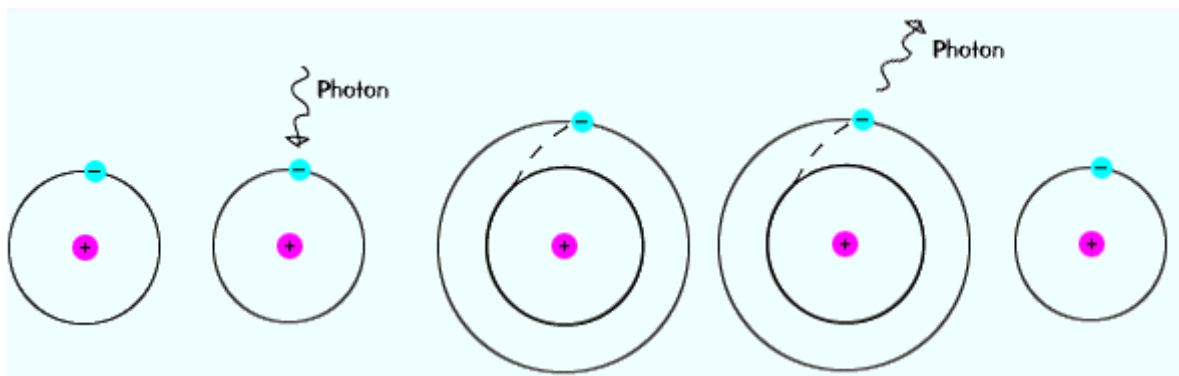
شکل ۸: سیمهای هوشمند به کمک یک برد الکترونیکی می توانند باز و بسته شدن یک دست را نشان دهند.



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

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 الکتریسته و به کمک مواد نیمه رسانا انجام می‌شود.



شکل ۱: چگونگی تغییر سطوح انرژی در اثر تابش نور

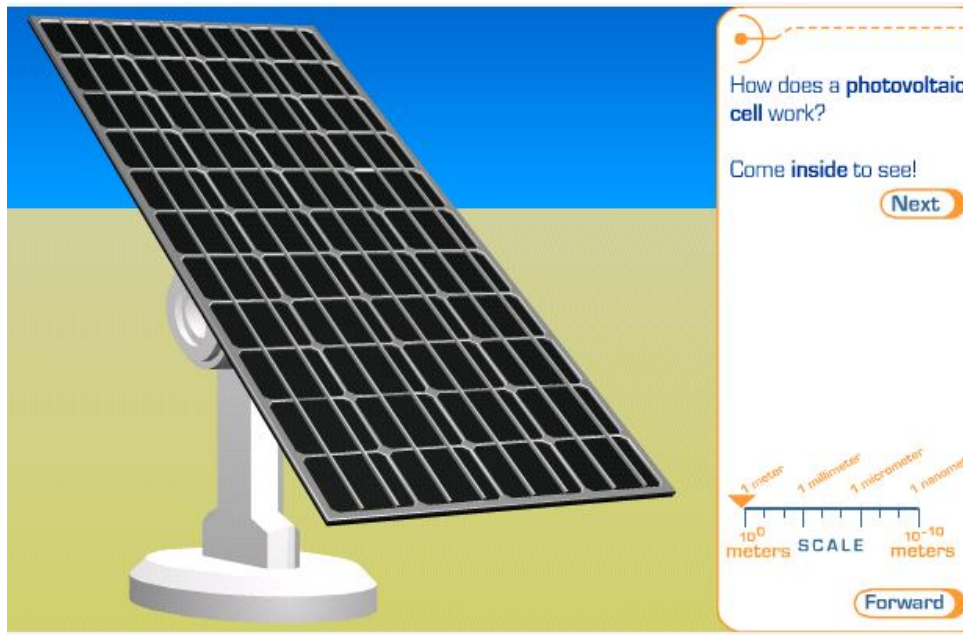
به این نکته دقت کنید که در تمامی مواد (هوشمند و غیر هوشمند) مقدار انرژی باید ثابت بماند و اینکه با اضافه کردن انرژی به مواد سطح انرژی آنها بالا می‌رود. در اکثر مواد این انرژی افزوده شده به صورت افزایش انرژی درونی جسم خود را آشکار می‌کند که معمولاً هم به صورت گرما است؛ اما مواد هوشمند این قابلیت خود که می‌توانند انرژی را به حالتی 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، بر خلاف 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 اتمها 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 دیوهای نوری (دیوهای 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.

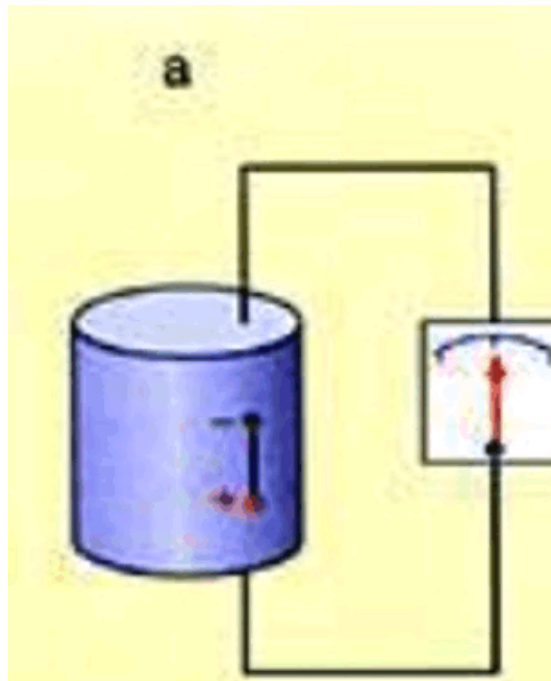
یکی دیگر از مواد نورتاب موادی هستند که در اثر اعمال فشار از خود نور ساطع می‌کنند. این دسته از مواد بسیار رایج شده‌اند و به راحتی و در اشکال مختلف قابل دسترسی هستند. در شکل ۳ یک نمونه آن دیده می‌شود.



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 پیکومتر 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

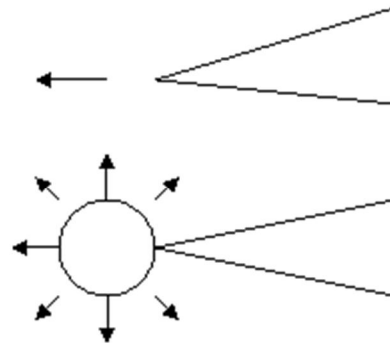
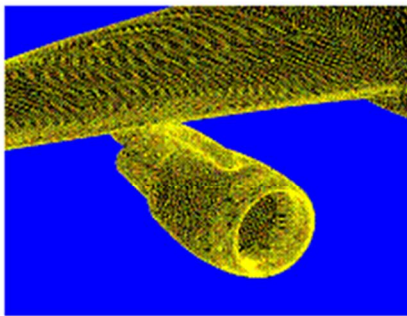
تنوع مواد هوشمند و نحوه عملکرد آنها را نمی‌توان به راحتی در قالب یکی دو جلسه پوشش داد اما تلاش کردیم که در حد یک آشنایی اولیه با برخی از آنها مطالبی را بیان کنیم. در جلسه آینده مبحث کاربردهای این مواد را آغاز می‌کنیم. با توجه به اینکه مواد پیزوالکتریک

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 ترکی 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.

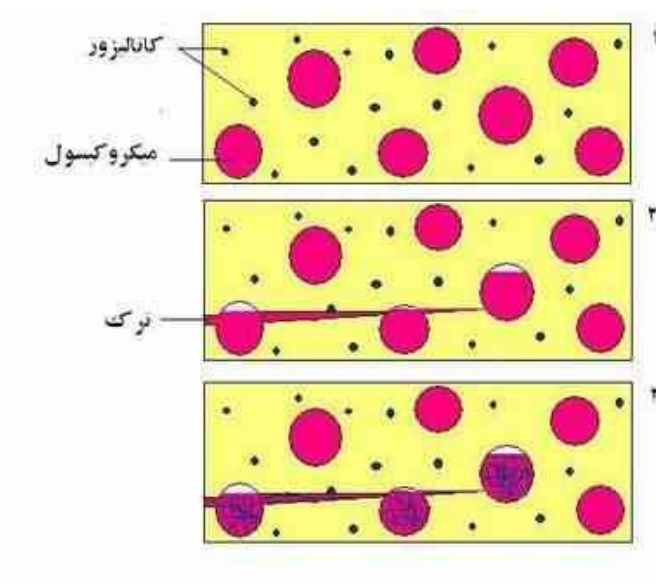


کف‌ها نیز به همین روش عمل می‌کنند و برای مکان‌هایی که تحت تاثیر نیرو هستند مانند مکان عبور بند کفشاز سوراخ‌های دایره‌ای مانند استفاده می‌کنند تا نیروهای حاصل از بستن بند کفش چرما پاره نکند.



امروزه فناوری نانو سبب شده تا راه‌های جدید برای گسترش ترک ارائه شود. محققان دانشگاه الینویز موفق به ساخت کامپوزیتی شده‌اند که قابلیت خودترمیمی دارد. در این نوع از کامپوزیت میکروکپسولهایی تعبیه شده است که محتوای مواد پلیمری است به گونه‌ای که هر گاه این

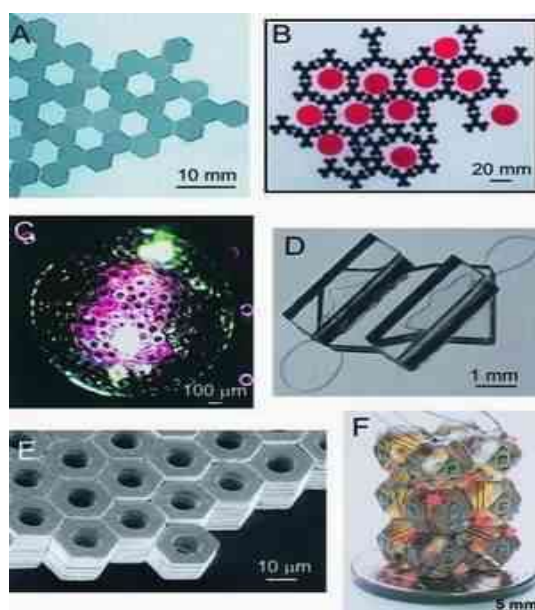
میکروکپسولها به علت ایجاد ترک‌آسیب بینند پاره شده محتوای آن با کاتالیزور (عامل تسریع کننده واکنش) موجود در زمینه تماس پیدا کرده سخت می شود. این فرایند سبب ترمیم و جلوگیری از گسترش ترک میشود.



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

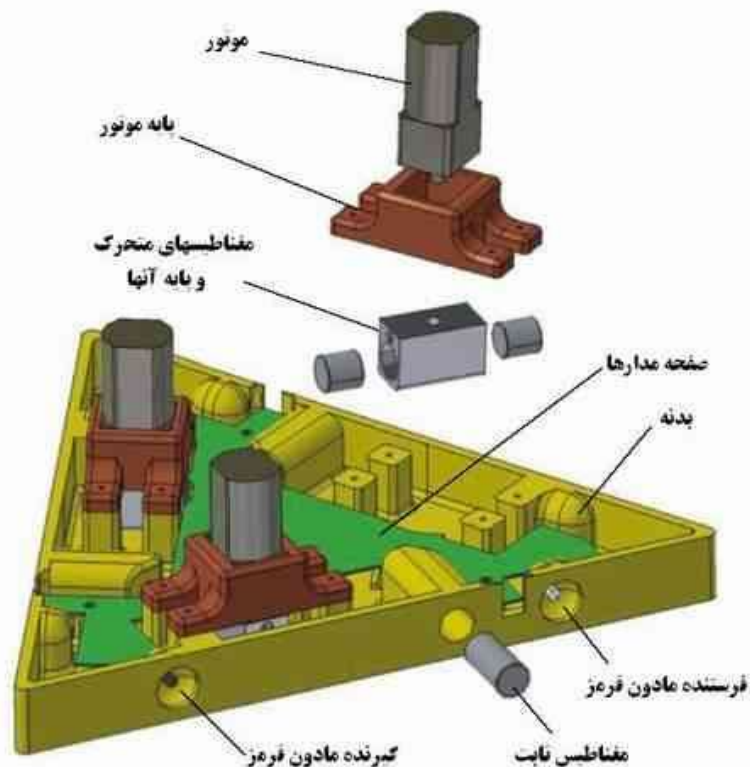
از خودآرایی کمی بیشتر بدانیم

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 تک‌به‌تک 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 برنامه‌ریزی که در شکل ۲ یکی از اجزاء آن که به عنوان شبیه‌سازی یک ساختار مثلی 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 حیرت‌آوری 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

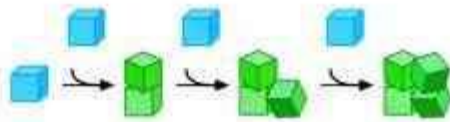
همانطور که گفتیم تاریخچه خودآرایی مربوط به مطالعات بر روی مولکولها می شود. موفقیت آمیز بودن خودآرایی در یک سیستم مولکولی به پنج مشخصه سیستم مربوط است:

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.

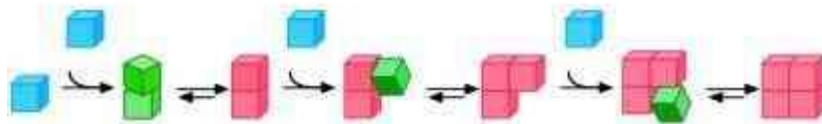
۲- تعامل بین آنها: خودآرایی هنگامی رخ می دهد که مولکولها به تعادلی در بین نیروهای جاذبه و دافعه مولکولی می رسند که این نیروها ضعیف و از نوع غیر کووالانسی (مانند نیروهای آبگریزی) هستند.

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

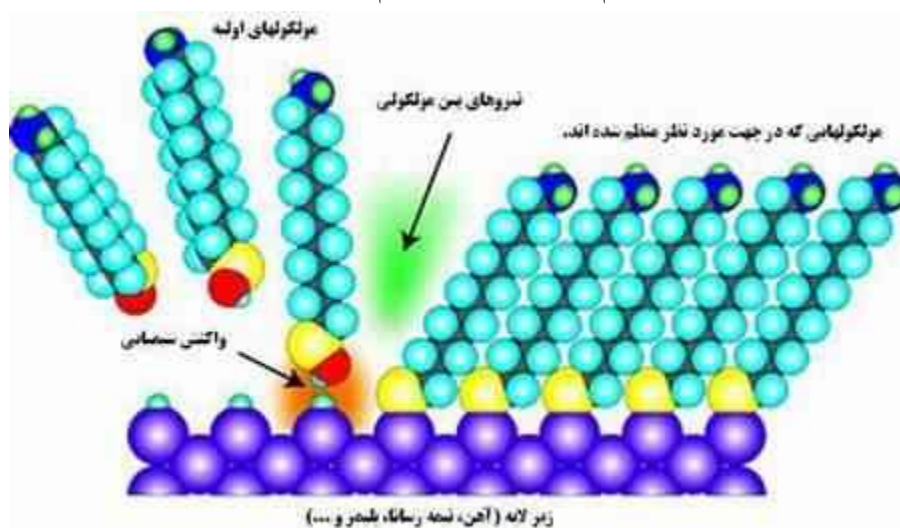
۴- محیط: خودآرایی مولکولی معمولاً در یک محلول و یا رابطی که امکان حرکت را به اجزا می دهد اتفاق می افتد و تعامل اجزا با محیط بر روی سرعت فرایند تاثیر زیادی دارد.

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 آنی 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 خودآرا را بیان می کنیم در هر مورد نام روش استفاده شده و خلاصه ای از نحوه

عمل آنها را بگوئیم. 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:

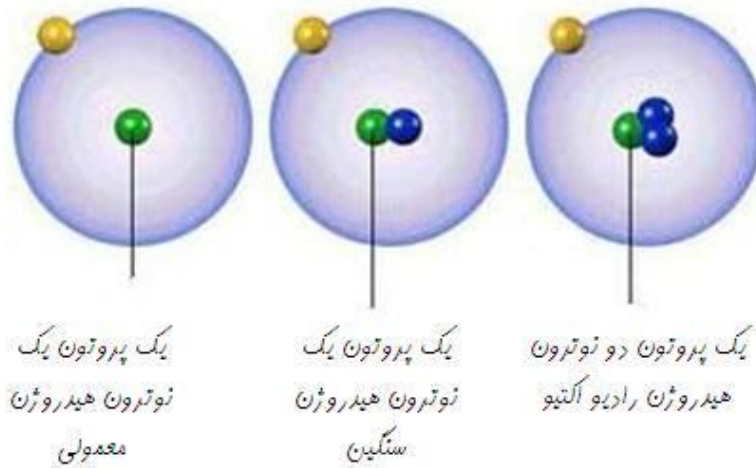
غربال ملکولی فرآیندی است که طی آن به خاطر تفاوت اندازه (حجم) و خواص شیمیایی ملکولها، میتوان آنها را از یکدیگر جدا کرد. برای این کار از موادی استفاده می شود که دارای روزنه های بسیار ریز یا به اصطلاح میکرو روزنه (Micro porose) می باشند. از لحاظ کلاسیک نمیتوان با استفاده از غربال های ملکولی ایزوتوپهای یک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

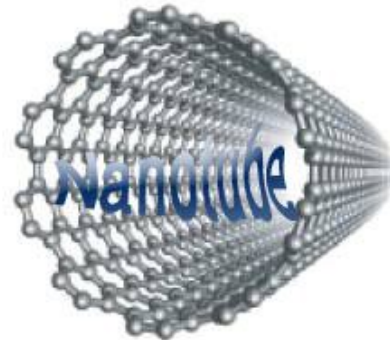
غربال کوانتومی:

پژوهشگران دانشگاهPittsburg راه جدیدی برای جداسازی ایزوتوپهای سنگین و سبک یک عنصر پیشنهاد دادند. شیشه سازی کامپیوتری آنها نشان داد که نانو لوله هایی با قطر کم میتوانند به عنوان غربال کوانتومی برای جدا سازی مخلوط هیدروژن و ایزوتوپهای آن (تریتمیوم 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:

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

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

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 uncertainty 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.

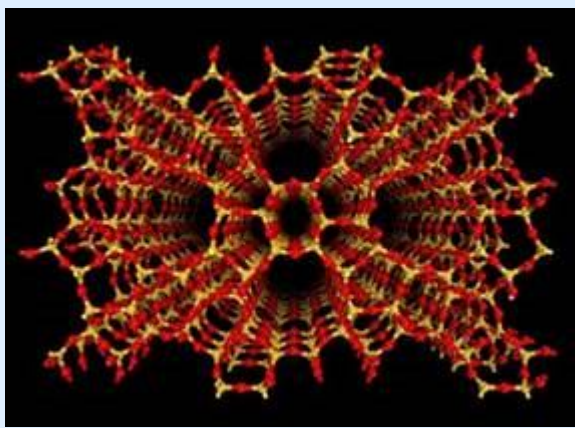
هر قدر که جرم ذره بیشتر باشد، جنبش آن نیز بیشتر است. پس زمانی که ایزوتوپها در نانولوله محدود می شوند، به حرکت درمی آیند و چون جرم هیدروژن از ایزوتوپ ها کمتر است، کمتر تکان می خورد و به راحتی از نانولوله رد می شود، ولی ایزوتوپهای دیگر به دلیل جرم بیشتر درون نانولوله گیر می کنند و جذب کربنها می شوند. این عمل جدا سازی با نانولوله هایی با قطر حدود ۶ آنگستروم و در دمای ۲۰ کلوین انجام می شود و تریتیوم 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 زئولیت 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.

زئولیت ها Zeolite :

زئولیت 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. زئولیت ها هم به روش طبیعی و هم به روش مصنوعی تشکیل می گردند. یکی از موارد مصرف زئولیت ها فیلتر ملکولی می باشد. چنانچه زئولیت 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 زئولیت بدون آب تبدیل می شود. قطر فضاهای کانال مانند، مشخص و تابع ترکیب شیمیایی زئولیت است. قطر این فضا در زئولیت پتاسیم دار ۱۳ آنگستروم، سدیم دار ۴ آنگستروم و برای کلسیم دار ۵ آنگستروم است. موادی که ابعاد ملکول آنها کمتر از قطر فضای زئولیت باشد جذب شده و آنهایی که بزرگ تر هستند جذب نخواهند شد.



جداسازی مولکولها از یکدیگر

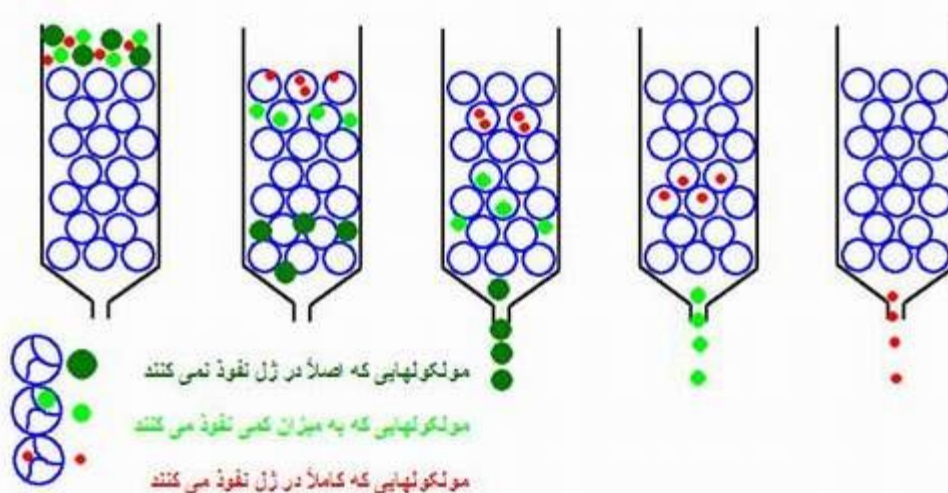
جداسازی مبتنی بر الک کردن مولکولی را می‌توان بر روی اجسام بی‌بار در جریان مهاجرت الکترونی از داخل ژل‌ها انجام داد. این کار اساس جداسازی‌هایی که مبتنی بر اندازه‌های مولکول‌ها نسبت به هم است، را تشکیل می‌دهد و از اصطلاح صاف کردن به وسیله ژل استفاده می‌شود.

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 در همان 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 کوچک تر 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 تصمیم گیری 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.

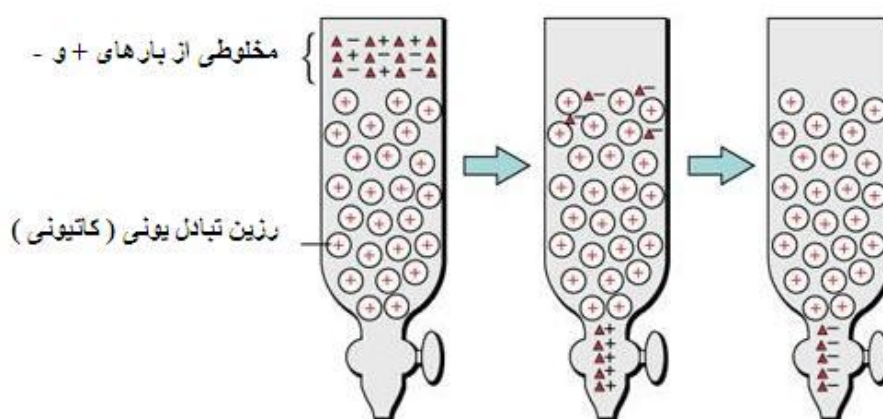
کروماتوگرافی ژلی ابتدا برای جداسازی مولکول‌های بزرگی که منشا زیستی دارند مانند پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، اسید نوکلئیک، آنزیم‌ها بکار رفت و هنوز هم بیشترین کاربرد این روش در همین زمینه‌هاست. کم‌کم زدایی از محلول‌ها برای مثال از پروتئین‌ها، یکی از کاربردهای مهم محیط‌های ژلی است.

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.

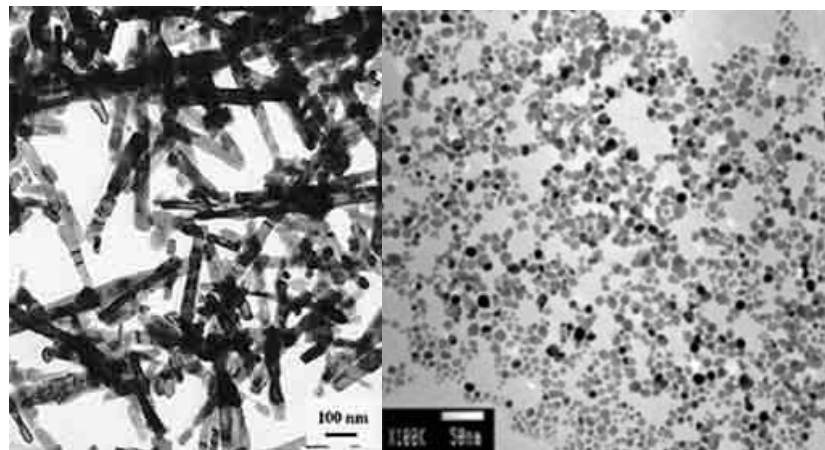
رزین‌های متداول تبادل یونی

رزین‌های متداول تبادل یونی که به طور مصنوعی ساخته می‌شوند، بر پایه قالب غیر محلولی از یک بسیار بزرگ مانند پلی استیرن، استوار هستند. با بسیار 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.

نانوکامپوزیت‌ها

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

- 1 زمينه: 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 نانوکامپوزیت 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، نانوکامپوزیت 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 نانوکامپوزیت تولید کنیم. اگر تقویت کننده ما لایه‌ای باشد، با نازک کردن لایه‌ها در حد نانومتر (ضخامت ورقه‌ها در حد ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد) می‌توانیم نانوکامپوزیت بسازیم.



تقویت کننده ذره یا تقویت کننده رشته‌ای



تقویت کننده 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.

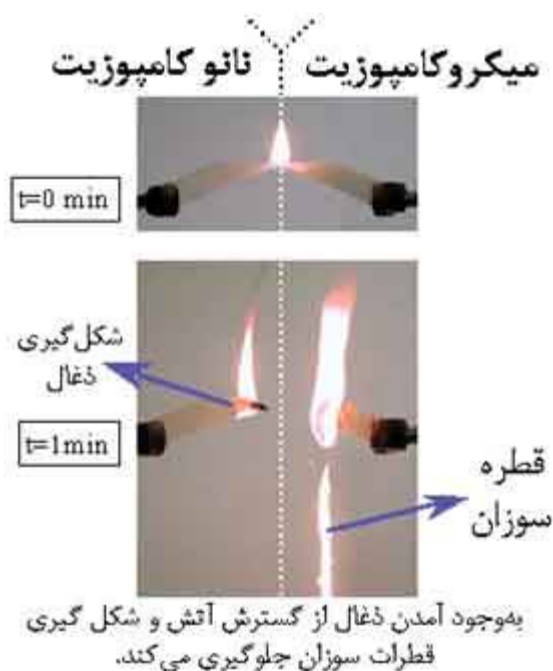
خواص مهندسی مواد

ما از مواد خاصی برای ساخت قطعات، دستگاه‌ها، ساختمان‌ها و... استفاده می‌کنیم، چون همه 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 شکل‌گیری ذغال به ماده اضافه شده است. با این کار از گسترش آتش جلوگیری می‌شود.

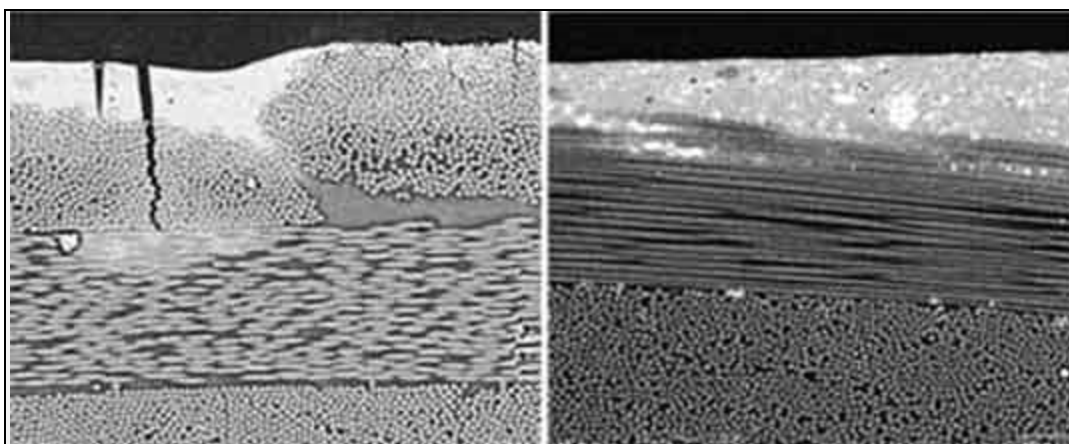


بهبود خواص مکانیکی با ترکیب مواد و تولید نانو کامپوزیت

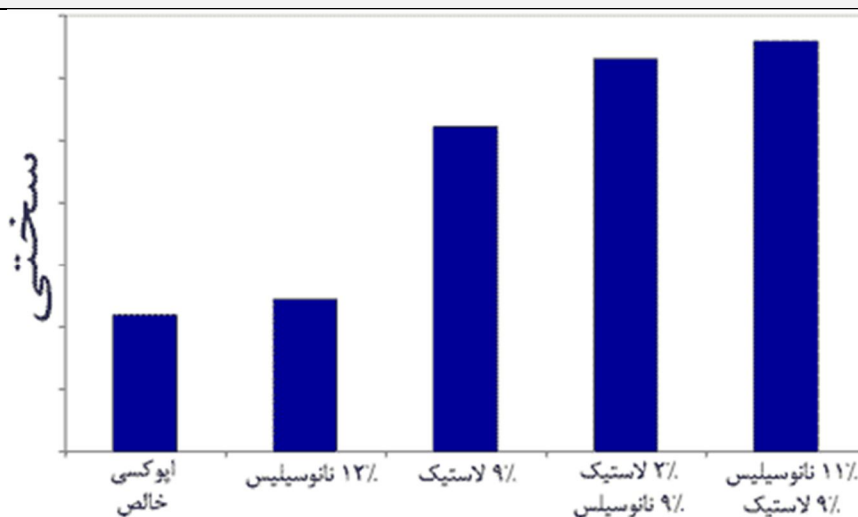
خواص مکانیکی یعنی خواص ماده در برابر اعمال انواع نیروها. نیروها به چند دسته تقسیم می‌شوند: کشیدن، فشردن، خم کردن، پیچاندن و... وقتی یک لایه یا صفحه با ضخامت ۱ میلی‌متر را وارد زمینه‌ای نرم می‌کنیم، اگر تقویت‌کننده محکم‌تر از زمینه باشد، مثلاً مقداری ورق فلزی را وارد یک زمینه پلاستیکی (پلیمری) کنیم، ماده 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، می تواند در تمام سطح زمینه پلیمری به صورت یکنواخت توزیع شود. بنابراین، وقتی به زمینه پلیمری نیروی مکانیکی وارد می شود، این نیرو را بهتر تحمل می کند.



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.



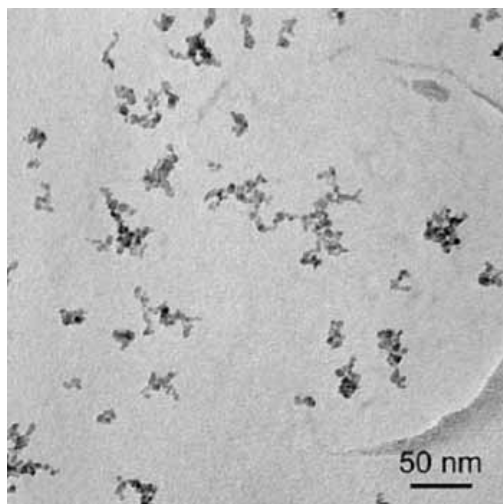
بهبود سختی کامپوزیت اپوکسی، سیلیس با تغییر درصد نانوذرات سیلیسو لاستیک به عنوان تقویت کننده

بهبود 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 الکتریسیته 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 الکتریسیته 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 با ریز 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.

تاتو 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 پر 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 گلبه تنهایی 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 ... 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 می‌گیرند، به صورت مکانیکی با هم ترکیب شده‌اند و واضح است با برداشتن این نیرو، این ترکیب از بین می‌رود.

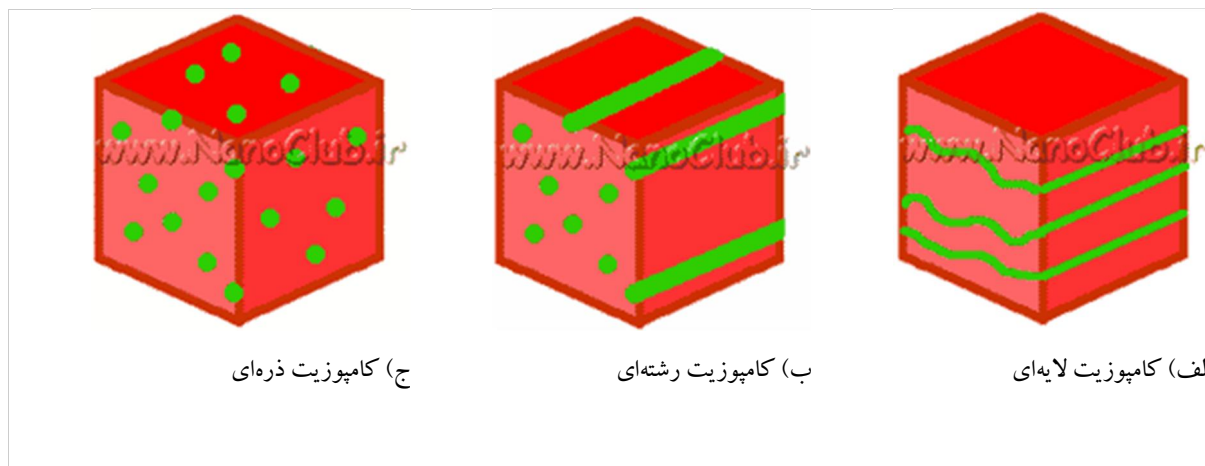
اما ترکیب در کامپوزیت‌ها جزء هیچ کدام از این دو حالت نیست، بلکه ترکیبی از نوع فیزیکی است. مثال مناسب برای این نوع ترکیب،

ساندویچ است. وقتی یک یا چند ماده با ماده دیگری محاصره شود، به طوری که نتواند از محاصره آن فرار کند، یکترکیب فیزیکی به وجود می‌آید. 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، کامپوزیت‌ها از دو قسمت تشکیل شده‌اند: قسمت زمینه (ماده اول که در یک سری از خواص نقص دارد) و قسمت تقویت کننده (ماده دومی که به ماده اول اضافه می‌شود تا دسته‌ای از خواص آن را بهبود بخشد). (شکل ۱)

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



زمینه چیست؟

زمینه یک ماده مرکب، ماده‌ای است پیوسته که ماده دوم را در بر گرفته است. این ماده در کاه گل، گل 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 ماده‌ای که به عنوان زمینه استفاده می‌شود بیشتر از قسمت تقویت کننده‌هاست.

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 می‌کنند، وقتی نیرو به ماده مرکب (کامپوزیت) وارد می‌شود، توسط زمینه به ماده تقویت کننده انتقال داده شود تا ماده تقویت کننده نیرو را تحمل کند.

تقویت کننده چیست؟

تقویت کننده‌ها موادی هستند که به صورت تکه تکه، در یک زمینه پیوسته وارد می‌شوند تا خواص ماده زمینه را بهتر کنند.

تقویت کننده‌ها چه شکلی هستند؟

تقویت کننده‌ها می‌توانند به صورت یکصفحه، یک رشته (نخ)، یا یک ذره (پودر) وارد حجم زمینه شوند و خواص آن را بهبود بخشند. (شکل



ج) تقویت کننده ذره‌ای

ب) تقویت کننده رشته‌ای

الف) تقویت کننده صفحه‌ای

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 راکتتیس، بدنه هواپیما، کلاه گلی، توپ‌های ورزشی و...



فناوری نانو و فیلتراسیون

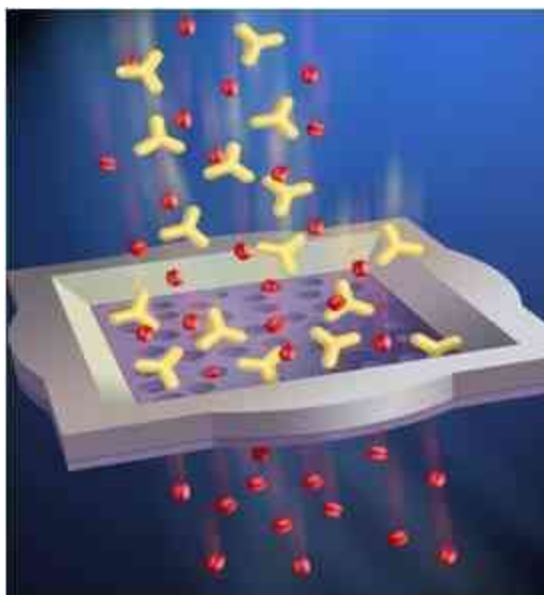
قبل از بررسی نقش فناوری نانو در فیلترها، اجازه دهید ابتدا با بعضی مفاهیم در این زمینه آشنا شویم.

1 فیلتر چیست؟

فیلترها موادی متخلخلی 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. فیلترها می‌توانند 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 فیلتراسیون ذراتی 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

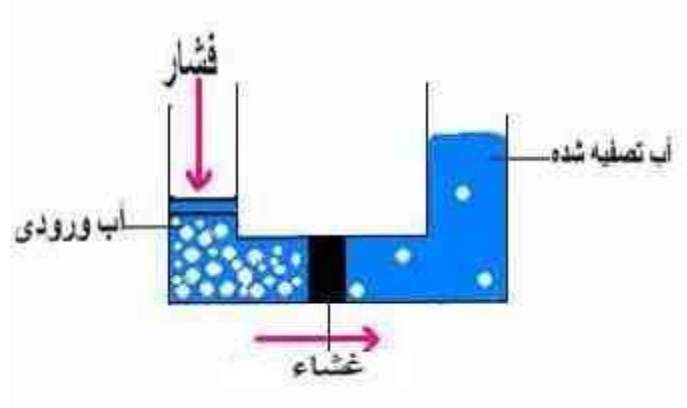
میکرو فیلتراسیون فرایندی است که برای جداسازی ذرات، جامدات معلق کوچک و موادی دیگر مثل باکتری ها و کیست ها و مولکول ها و ذرات بزرگتر از 0.2 میکرون استفاده می شود.

2- آلترافیلتراسیون

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

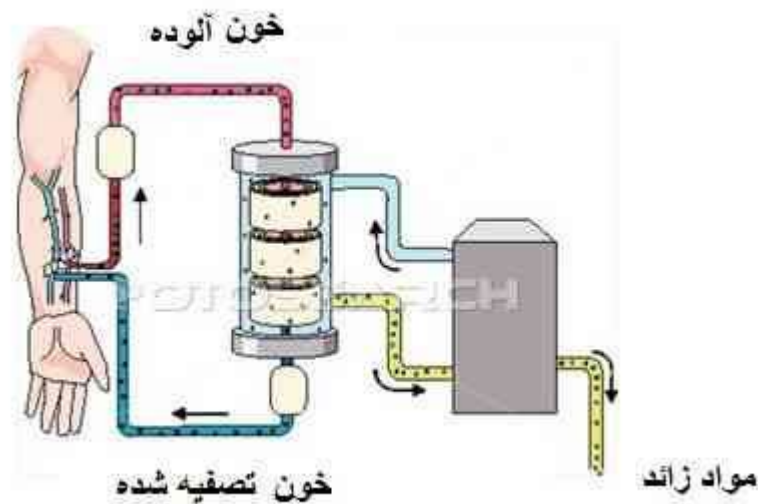
3- اسمز معکوس

اسمز معکوس فرایندی است که آب در اثر اختلاف فشار از یکغشای نازک عبور می کند تا محتویات و مواد معدنی شامل نمک، و یروس 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.

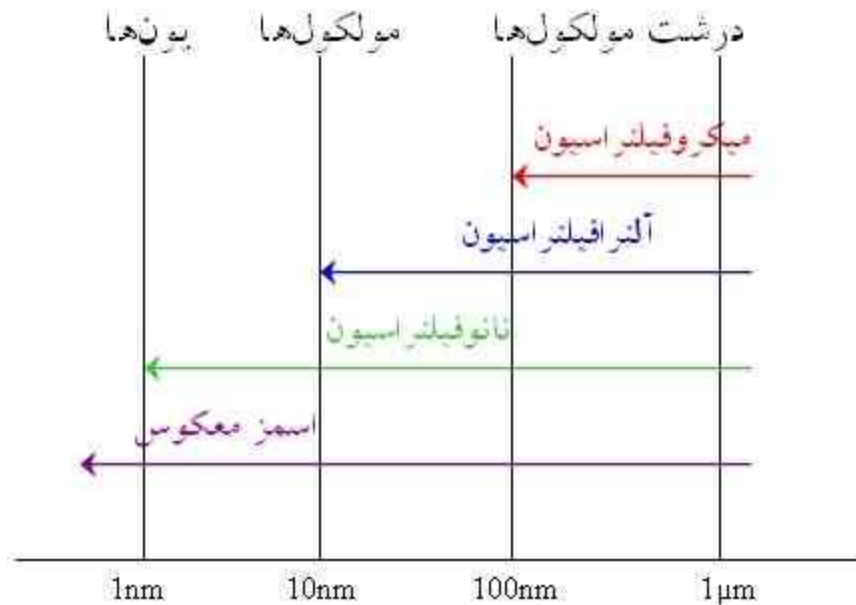
اسمز معکوس تکنیکی است که در دیالیز طبی هم از آن استفاده می‌شود. دیالیز مورد استفاده‌ی افرادی است که مشکل کلیوی دارند. کلیه‌ها باعث تصفیه خون شده، مواد زائد مثل اوره و آب را از خون جدا، و به شکل ادرار از بدن خارج می‌کنند. یک دستگاه دیالیز به تقلید از عملکرد کلیه‌ها، کار می‌کند. خون از بدن عبور کرده، وارد 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٪ 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، آب میوه و صنایع دیگری که در حوزه‌ی 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.

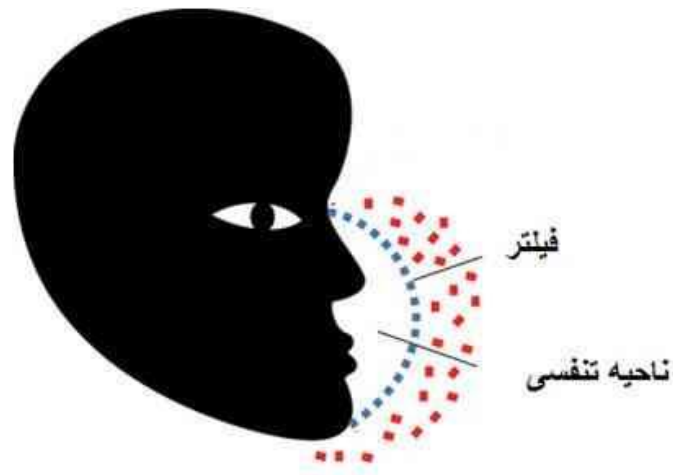
3- صنایع داروسازی

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 بیش تر 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



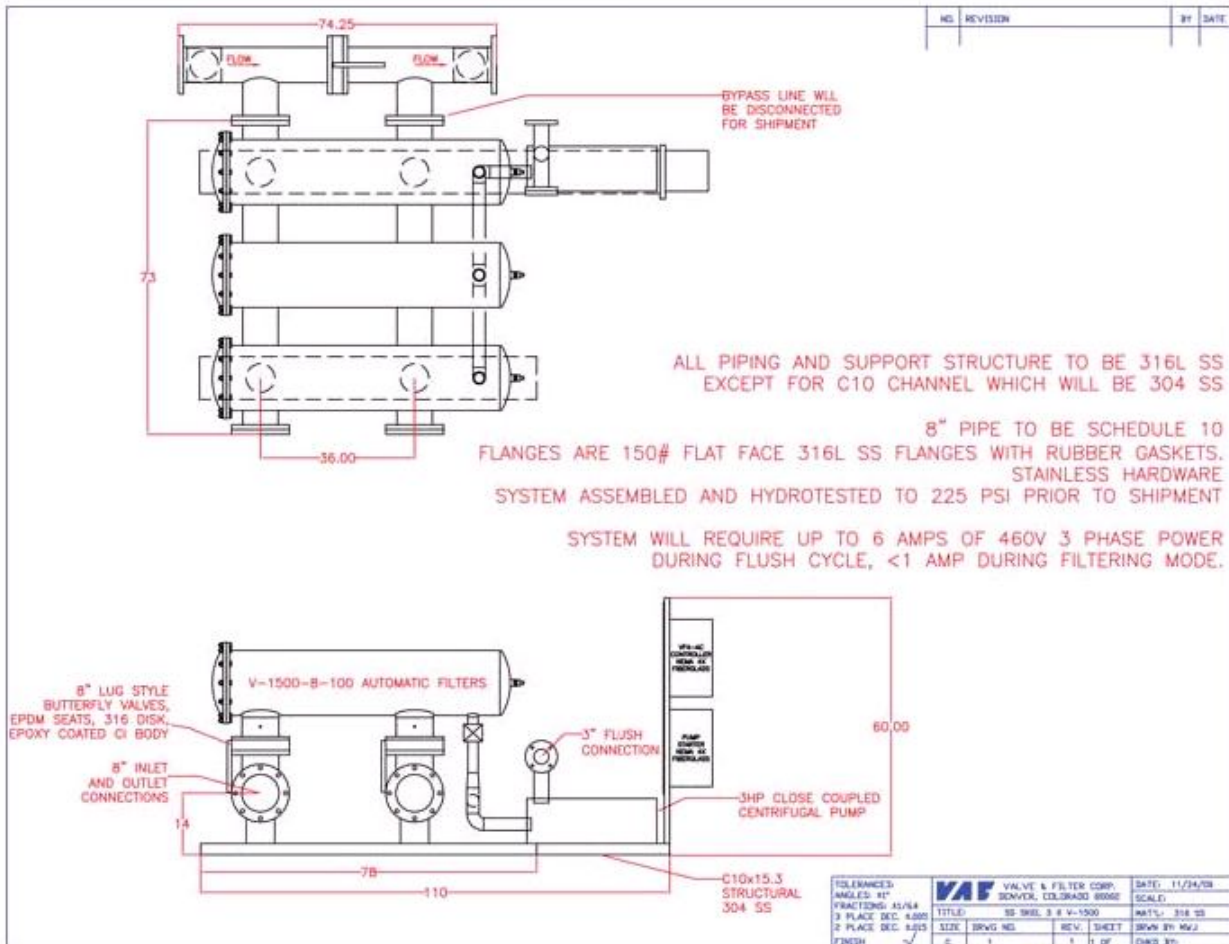
Centrifugal Sand Separators–Cooling Tower Filtration



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 «ابل 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:

- 1- ابزار انجام آن ساده است؛
- 2 - سرمایه‌گذاری اولیه آن کم و در عین حال کیفیت محصول بالاست؛
- 3 - خلوص محصول به دست آمده بالاست؛
- 4 - امکان طراحی ترکیب شیمیایی و به دست آوردن ترکیب همگن وجود دارد؛
- 5 - 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 سیلیسیت 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 می‌پیوندند و ذرات بزرگتر را تشکیل می‌دهند.

برای سنتز نانوذرات سیلیس، از کاتالیزور آمونیاک استفاده می‌شود. از مزایای آمونیاک این است که نقطه جوش پایین دارد و به سرعت از سیستم بیرون می‌رود. ولی از اسیدهایی چون اسید کلریدریک، نیتریک و استیک نیز می‌توان 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 لیگاند‌هایی با محصولات می‌شوند که دیگر نمی‌توان محصول را با همان پیوندهای شیمیایی مورد نظر تهیه کرد.

لیگاند چیست؟

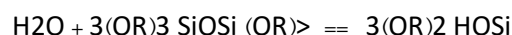
لیگاند: در یون کمپلکس، یون‌هایی وجود دارند که یون مرکزی را احاطه کرده‌اند، مثلاً (CN)
(منظور از یون کمپلکس یونی است که از چند یون تشکیل شده است)

روش آزمایش

مقداری آب را با الکل و آمونیاک و بقیه الکل را با الکوکسی سیلان مخلوط می‌کنیم. این دو محلول جداگانه را به هم می‌افزاییم و با هم زدن، سیستم را کاملاً همگن می‌کنیم. 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 می‌شود. در این فرآیند گروه هیدروکسیل جایگزین گروه کربوکسیل می‌شود. این واکنش همان‌طور که گفته شد در محیط آبی طبق معادله زیر انجام می‌شود.



بعد از هیدرولیز محصولات، چگالش طبق معادله زیر آغاز می‌شود.



(R جزء گروه الکیل است.)

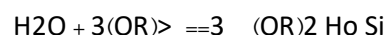
در مرحله پلیمریزاسیون گروه سیلانول $OH - Si$ با آزاد کردن آب یا الکل به صورت سیلوکسان $Si - O - Si$ در می آید. سازوکار هیدرولیز به این صورت است که اکسیژن آب به اتم های سیلیکون حمله می کنند. آب ابتدا به شکل یون های H^+ و OH^- در می آید و گروه الکوکسی نیز به صورت $-(OR)$ و $Si(OR)_3 +$ تفکیک می شود. سپس $-(OH)$ ناشی از هیدرولیز آب جایگزین $OR-$ 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.

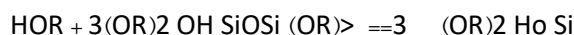
بعد از فرآیند هیدرولیز، مونومرها و دی مرهای تشکیل می شوند و به هم می پیوندند. در این هنگام است که پلیمریزاسیون آغاز می شود.

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، مولکول های منفرد به یکدیگر می پیوندند و تشکیل سل می دهند. سپس دانه های تشکیل شده به یکدیگر می پیوندند و تشکیل یک شبکه سه بعدی 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 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 گسترده تر از این گونه کاربردهای جزئی و مقطعی است.



انسان های سودجو همواره به فکر سوء استفاده از محیط زیست بوده اند

یکی از مهم ترین اهداف متولیان و طرفداران محیط زیست، حذف مواد سمی و خطرناک از چرخه ی طبیعت است. مواد سمی معمولاً از اتم هایی تشکیل شده اند که خود به خود مضر نیستند، بلکه نحوه ی اتصال این اتم ها به یکدیگر مواد سمی را به وجود می آورد. اگر بتوان وسیله ای ساخت که مشابه ریزجاندارانی مانند ویروس ها در مقیاس اتمی قادر به تغییر اتصالات اتم ها در مولکول باشد، می توان به سهولت 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 می شوند. با بهره گیری از دانش و فناوری نانو در فرآیند استخراج، می توان 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 مهم‌ترین کاربردهای عملی شناخته‌شده‌ی فناوری نانو در زمینه‌ی محیط زیست عبارتند از: (۱) نانوحسگرها، (۲) نانوفیلترها، و (۳) کاتالیزورهای زیست‌محیطی.

1. نانوحسگرها

یک نانوحسگر وسیله‌ای است بسیار ریز که قادر به شناسایی و ارائه‌ی پاسخ به محرک‌های فیزیکی در مقیاس یک نانومتر باشد.

1.1. انواع نانوحسگرها (نانوحسگرها دو دسته‌اند)

الف - مواد نانوساختاری: مانند سیلیکون متخلخل، نانوحسگرهای ساخته‌شده از این مواد به منظور شناسایی واکنش‌های

شیمیایی و زیستی به کار گرفته می‌شوند.

ب - نانوذرات: مانند مواد کروی نانومقیاس که به عنوان گیرنده‌های نوری - زیستی، نوری - شیمیایی و حسگرهای تصویری

فضایی کاربرد دارند.

ذرات نانوسیلیکون که به عنوان حسگرهای زیستی استفاده می‌شوند



نانودرختی که از نانوسیم‌های کریید 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 نانوحسگر 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 اندازه‌گیری گاز CO₂ را نشان می‌دهد

نمونه‌ی آزمایشی این حسگرها قادر به شناسایی آنی مولکول‌های آمونیاک و دی‌اکسید نیتروژن در غلظت 20 ppm (یعنی ۲۰ قسمت در یک میلیون قسمت) شده است. محققان مدعی‌اند که این حسگرها برای شناسایی به‌هنگام گازهای بیوشیمیایی جنگی، آلاینده‌های هوا و حتی مولکول‌های 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 جداره‌ی روزنه‌های غشاهای نانو معمولاً بین ۱ تا ۱۰ نانومتر است.



شکل ساده‌ای از نانوفیلترها که برای تصفیه‌ی آب به کار می‌رود

غشاهای مورد استفاده در فرآیند نانوفیلتراسیون معمولاً مولکول‌های بزرگ را دفع می‌کنند و در مقایسه با فرآیند اسمز معکوس، قادرند با صرف انرژی کمتر آب چاه‌ها یا آب‌های سطحی را نیز به‌خوبی تصفیه کنند.

اسمز عبارت است از گرایش آب از سطح رقیق‌تر به غلیظ‌تر. به عنوان مثال، وقتی شما برگه‌ی زردآلو را خیس می‌کنید، آب از سطح رقیق‌تر که همان لایه‌ی بیرونی پوسته است، به طرف داخل زردآلو حرکت می‌کند. حال اگر زردآلوی خیس شده را فشار دهید، آب از غشای آن به بیرون هدایت می‌شود. در واقع، این عمل همان «اسمز معکوس» است؛ یعنی فرایندی که در آن آب را تحت فشار در یک ظرف که جداره‌ی آن یک غشای نیمه‌تراواست قرار می‌دهیم تا مولکول‌های آب شیرین که کوچکتر از املاح معلق در آب هستند از غشای نیمه‌تراوا بگذرند و آب شیرین از آب شور جدا شود.



این نوع آبها معمولاً سرشار از نمک‌های دوظرفیتی‌اند و می‌توان نمک موجود در آنها را با استفاده از فرایند نانوفیلتراسیون تا ۹۰ درصد جدا کرد. از آنجا که فرآیند نانوفیلتراسیون نمی‌تواند نمک طعام را به‌طور مؤثر از آب جدا کند، بنابراین در تمام موارد

برتر از اسمز معکوس نخواهد بود. این فرآیند مانند اسمز معکوس قادر است انواع باکتری‌ها، ویروس‌ها، آفت‌کش‌ها، آلاینده‌های با منشأ آلی و املاح کلسیم و منیزیم را از آب جدا کند. نظر به اینکه در فرآیند نانوفیلتراسیون از هیچ ماده‌ی شیمیایی‌ای برای سختی‌گیری آب استفاده نمی‌شود. بنابراین، اثرات منفی زیست‌محیطی آن به مراتب کمتر از روش‌های شیمیایی معمول است.

سختی آب به مقدار یون‌های کلسیم و منیزیم محلول در آن بستگی دارد. سختی آب معمولاً به صورت محلی تغییر می‌کند. شایان ذکر است که افزایش سختی می‌تواند اثرات مخربی بر روی ماشین‌آلات صنعتی، آبریان و افرادی که از این آب استفاده می‌کنند داشته باشد.

برخی از کاربردهای فرآیند نانوفیلتراسیون در به‌سازی محیط زیست می‌توان اشاره کرد:

تصفیه‌ی پساب رختشوی‌خانه‌ها

تصفیه‌ی پساب‌های اسیدی واحدهای صنعتی

رنگ‌زدایی از آب آشامیدنی

تصفیه‌ی پساب واحد تولید روغن زیتون

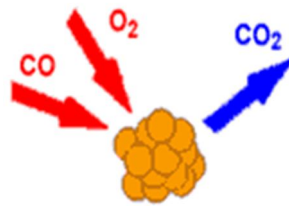
تصفیه‌ی آب پنیر

جداسازی روغن از آب

خالص‌سازی الکل‌های سبک

3. کاتالیست‌های زیست‌محیطی

از زمینه‌های دیگر کاربردهای مواد نانو ساختاری، استفاده از آنها به عنوان کاتالیزورهای زیست‌محیطی برای تصفیه‌ی خروجی آگروز اتومبیل‌ها و پالایش آب و هواست. استانداردهای مربوط به گازهای خروجی از آگروز اتومبیل‌ها روزه‌روز سخت‌گیرانه‌تر و دقیق‌تر می‌شود.



شکل فوق سازوکار یک نانو کاتالیست را نشان می‌دهد که در اثر برخورد گاز بسیار سمی مُنواکسید کربن (CO) و اکسیژن (O₂)

با نانوذرات طلا، تولید گاز غیرسمی دی‌اکسید کربن (CO₂) می‌کند

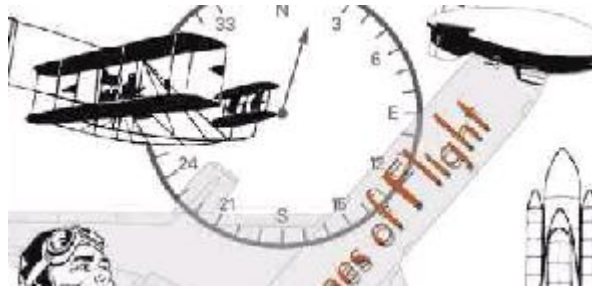
از این رو، نیاز به کاتالیزورهای پیشرفته‌تر از پیش احساس می‌شود. کاتالیزورهای رایج که اغلب پایه‌ی پلاتین دارند، اگرچه

راندمان‌شان کافی است، اما بسیار گران‌قیمت‌اند. به همین جهت، کاتالیزورهای نانو ساختاری به عنوان جایگزین ارزان‌قیمت

کاتالیزورهای یادشده مورد توجه قرار گرفته‌اند.

با توجه به اینکه کاربردهای فناوری نانو در محیط زیست زیاد است و در یک مقاله نمی‌گنجد، آن را در سه بخش مجزا تنظیم کرده‌ایم که بخش آخر آن به زودی در وب‌گاه قرار خواهد گرفت.

آنچه از توانمندی‌های آتی فناوری نانو در این بخش ارائه می‌شود، به معنی آن نیست که در آینده بسیار نزدیک یا طی یک برنامه‌زمان‌بندی‌شده 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 انسان‌ها در آسمان هم تا دو سده قبل کاملاً دست‌نیافتنی به نظر می‌رسید و بعدها افراد و مللی در زمینه پرواز پیشتاز شدند که ایده‌های مذکور را جدی تر تلقی کردند.



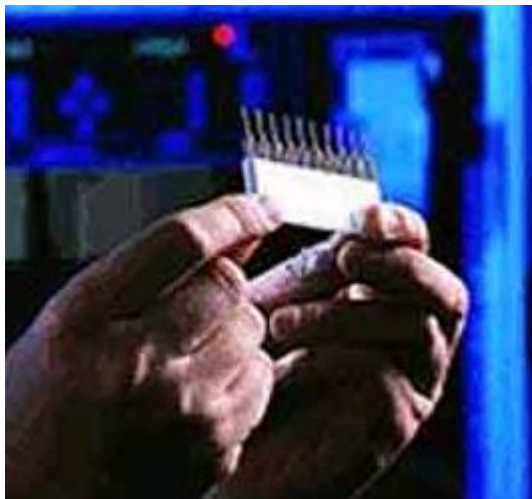
انسان‌ها از گذشته‌های دور در آرزوی پرواز در آسمان بودند. این رؤیا را برادران رایت محقق کردند.

۴. کاربردهای مواد نانو ساختار در حفظ محیط زیست

از نانو ساختارهایی مثل پلیمرهای زیستی می‌توان برای تولید تراشه‌های الکترونیکی استفاده کرد.

پلیمر یا مولکول درشت، از اتصال چند ملکول کوچک به وجود می‌آید. این مولکول‌های 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 کیلوگرم آب نیاز است. با استفاده از فرآیندهای نانو می‌توان شیوه مرسوم در تولید تراشه‌های نیمه‌هادی را تا حد بسیار زیادی بهبود بخشید. علاوه بر این، استفاده از فناوری نانو منجر به تولید مواد بی‌خطر به جای مواد سمی موجود می‌شود.



نمونه ریز تراشه‌ای که با استفاده از فرایندهای نانوفناوری به دست آمده است

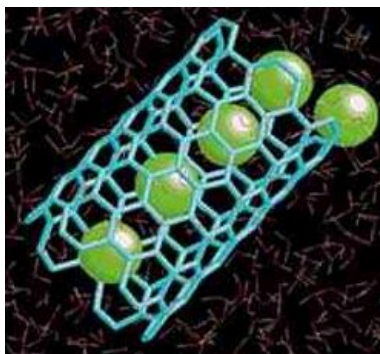
برای مثال، مانتیورهای ساخته‌شده از مواد نانو ساختار بسیار کم‌خطرتر از انواع مشابه ساخته‌شده از لوله‌های اشعه کاتدی (که حاوی مواد سمی‌اند) است و راندمان بالاتری هم دارد. نمایشگرهای ساخته‌شده از بلور مایع ضمن کوچک بودن، حاوی سرب نیستند و مصرف انرژی آنها بسیار کمتر از انواع مشابه کاتدی است. علاوه بر این، استفاده از نانولوله‌های کربنی در

نمایشگرهای کامپیوتری به کاهش مصرف فلزات سنگین در آنها کمک می‌کند و از این طریق از آسیب به محیط زیست می‌کاهد.



نمایشگرهای ساخته شده از بلور مایع. این نمایشگرها به حفظ محیط زیست کمک می‌کنند

گزارش‌های زیادی درباره استفاده از نانوذرات برای تصفیه آلاینده‌های زیست‌محیطی ارائه شده است. در صورت استفاده از روش‌های متداول برای تصفیه حلال‌های آلی حاوی ترکیبات کلردار مانند تری کلرو اتیلن، همواره مقداری دی کلرو اتیلن و وینیل کلراید در اثر واکنش‌های جانبی ایجاد می‌شوند که بسیار مضرند. با استفاده از ذرات دوفلزی نانو ساختار (دوفلز با ابعاد نانو) تولید این گونه محصولات جانبی نامطلوب عملاً به صفر می‌رسد.



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

علاوه بر موارد فوق، نانوذراتی مانند دی‌اکسید تیتانیم و اکسید روی که به وسیله نور فعال می‌شوند، استفاده‌های گوناگونی در حذف آلودگی‌های آلی از محیط‌های مختلف یافته‌اند. این گونه مواد بسیار فراوان و ارزانند و سمیت آنها ناچیز است. بسیاری از محققان علاقه‌مندند 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 می‌دهد) حساسیت نشان می‌دهند. این امر باعث افزایش حساسیت فتوکاتالیست‌ها و در نتیجه بهبود حذف آلاینده‌ها و خواص پاک‌کنندگی سطح می‌شود. علاوه بر این، ذرات نانو ساختار انعطاف‌پذیری زیادی در تصفیه آلاینده‌ها دارند. به عنوان مثال، از ذرات نانو ساختار برای تصفیه فوری خاک، رسوبات، ضایعات جامد، تصفیه آب و پسماندهای مایع استفاده می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهند که ذرات دوفلزی نانو ساختار مانند آهن - پالادیم، آهن - نقره و روی - پالادیم کاربردهای زیادی در تصفیه و پالایش آلوده‌کننده‌های محیط زیست، مانند آفت کش‌های کلرینه با منشأ آلی و حلال‌های آلی هالوژنه، یافته‌اند. تجربه نشان داده است که استفاده از ذرات نانو ساختار دوفلزی موجب می‌شود تا کلیه هیدروکربن‌های حاوی ترکیبات کلردار

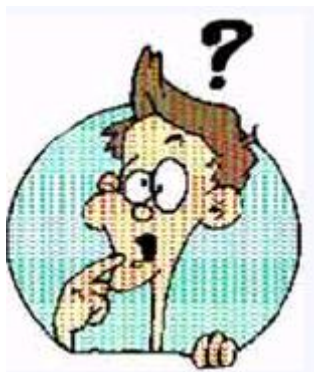
که بسیار سمی‌اند، به هیدروکربن‌های بی‌خطر برای محیط زیست تبدیل شوند. به‌علاوه، شواهد بسیاری مبین این واقعیت است که ذرات نانو ساختار با پایه آهنی، قادر به تجزیه آلودگی‌های بسیار پایدار همچون ترکیبات پرکلرات‌ها، نیترات‌ها، فلزات سنگین (نیکل و جیوه) و مواد رادیواکتیو مانند دی‌اکسید اورانیوم هستند.



آلودگی‌های ناشی از ترکیبات رادیواکتیو را می‌توان با استفاده از فناوری نانو برطرف کرد

۵. رنگ‌زدایی از آب آشامیدنی

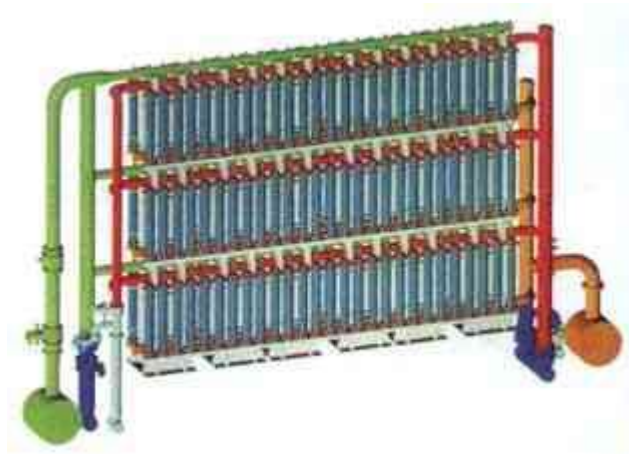
رنگ موجود در آب آشامیدنی نه تنها به خاطر ظاهر آن باید از آب زدوده شود، بلکه چون این رنگ‌ها می‌توانند منشأ تولید تری هالو متان (مانند CHCl_3) نیز باشند، خطرناک محسوب می‌شوند. این ماده هنگام ترکیب با کلر موجب تشکیل کلروفرم و دیگر ترکیبات هالوژنه مضر و سرطان‌زا می‌شود. رنگ موجود در آب طبیعی معمولاً ناشی از وجود اسیدهای معدنی با جرم مولکولی ۸۰۰ تا 50000 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 خالص سازی الکل های سبک با استفاده از نانوفیلترها

الکل هایی مانند اتانول و متانول به عنوان حلال یا ماده پاک کننده به وفور در صنایع مورد استفاده قرار می گیرند. این مواد در حین مصرف مقادیر زیادی از ناخالصی های مختلف را به خود جذب می کنند. با توجه به اینکه دور ریختن آنها پس از مصرف، اثرات زیان باری بر محیط زیست دارد، باید برای استفاده مجدد تصفیه شوند. روش های متداول از قبیل تقطیر، ضمن آلوده کردن محیط زیست، انرژی زیادی را تلف می کنند. استفاده از نانوفیلترها گام مؤثری در حفاظت از محیط زیست و صرفه جویی در مصرف انرژی است.

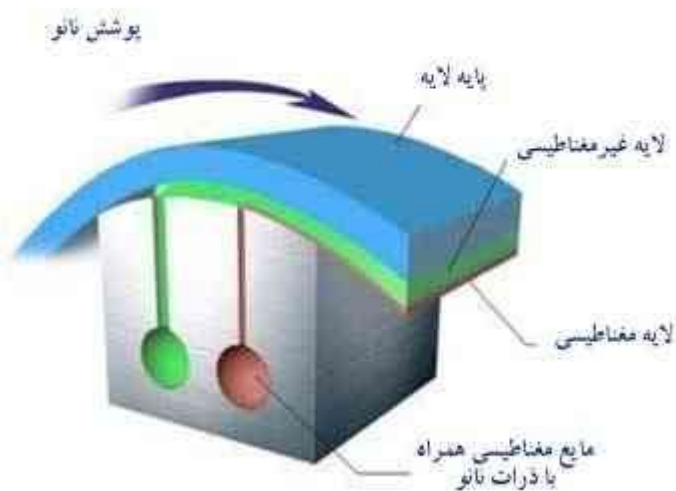


دستگاه خالص سازی الکل ها با استفاده از نانوفیلتراسیون

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 یاد شده، 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.

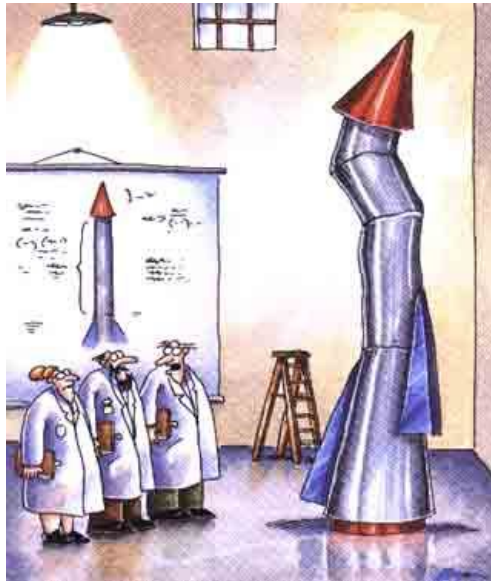


هزینه تمیز کردن شیشه های این ساختمان چه قدر است؟ شیشه های نانویی، نیاز به تمیز کردن ندارند.

بدین ترتیب کشش سطحی این سطح نسبت به محلول های آبدار به شدت کاهش می یابد. در نتیجه، مایع مذکور سطح پوشش داده شده را خیس نمی کند و به صورت قطراتی بر روی آن باقی می ماند و به سرعت زودوده می شود. این عمل فرآیند خشک شدن را سرعت می دهد. بدیهی است که مصرف مواد شوینده به شدت کاهش می یابد و از آلودگی محیط زیست جلوگیری به عمل می آید.

۸ نانوپودرها

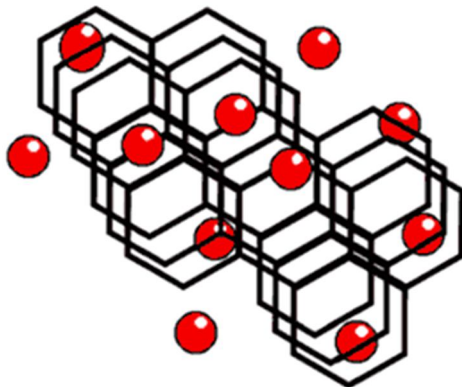
نانوپودرها موادی به شدت فعال اند که در دمای پایین ذوب یا آلیاژ می شوند. این پودرها در فرآیندهای قالب گیری تزریقی و پوشش دادن سطوح مختلف مورد استفاده قرار می گیرند. نوعی از پودرهای نانو ساختاری یا شده که حاوی ذرات ریز آلومینیوم است، در صورت افزوده شدن به سوخت های جامد موشک ها شدت سوختن آنها را تا دو برابر افزایش می دهد. اضافه کردن این پودر به نفت سفید باعث تسریع در احتراق آن و در نتیجه کاهش تولید آلاینده های مختلف می شود.



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 دی‌اکسید کربن و دیگر آلاینده‌های موجود در گاز خروجی از دودکش‌های کوره‌های ذغال‌سوز به شمار می‌روند. مواد سمی از نوع دی‌اکسید کربن 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 دی‌اکسید کربن‌ها 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 دی‌اکسید کربن‌اند، ولی در حال قیمت بسیار زیادی دارند. تحقیقات دامنه‌داری برای تولید ارزان نانولوله‌ها در جریان است.



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

۱۰ پلیمرهای نانومتخلخل

هنگامی که آلاینده‌های آلی آب‌گریز از طریق آب وارد خاک می‌شوند، به راحتی توسط ذرات جامد غیرمحلول 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 آب گریز 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.



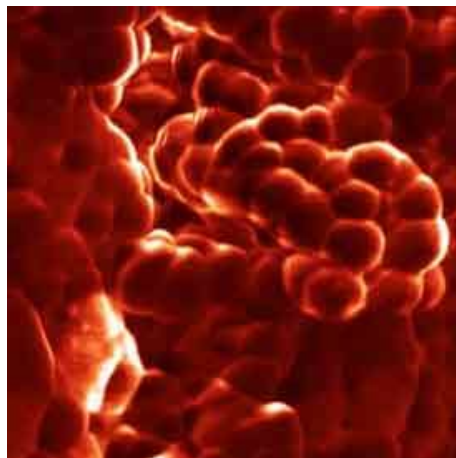
امروزه برخی از قطعات رایانه‌ها را از نانوپلیمرهای متخلخل می‌سازند، مانند صفحه کلید، موس پد و غیره.

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 ۰،۷ تا ۱،۲ 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

1. اغلب آلاینده‌های آلی را از آب آشامیدنی جدا می‌کند.
2. با استفاده از نانوپلیمرهای متخلخل می‌توان پساب‌های مصرفی واحدهای صنعتی مانند نیروگاه‌های هسته‌ای را تصفیه کرد و مورد استفاده مجدد قرار داد.
3. در صورت آلوده شدن منابع آبی به آلاینده‌های آلی مانند نشت نفت از تانکرها به اقیانوس، این پلیمرها قادر به پاکسازی منابع مذکور هستند.
4. 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،

نمی توانستند به اقدامات عملی در این زمینه دست بزنند. در دهه ۱۹۹۰، محققانی که ذرات میکرومتری را تهیه می کردند، در گزارش توزیع اندازه ذرات آزمایش شده، به وجود ذرات نانومتری نیز اشاره نموده اند.

سؤال جالب این است که دانشمندان یاد شده، در چه شرایطی و با چه ابزاری ذرات نانومتری را سنتز کرده اند. شما در کتاب های شیمی خود با مفاهیم «هیدرولیز» (هیدرولیز واکنشی است که در محیط آبی منجر به یونیزاسیون ماده می شود) و «پلیمراسیون» آشنا شده اید. این دو فرآیند وقتی با هم صورت می گیرند، فرآیند ترکیبی جدیدی را ایجاد می کنند که «روش سل-ژل» نامیده می شود. این روش مدت های طولانی برای تولید سرامیک های غیر آلی و شیشه های مورد استفاده قرار می گرفت و تا اواسط دهه ۹۰ همچنان روشی مقرون به صرفه به نظر می رسید. از آن به بعد دانشمندان مختلف توانستند این نانوذرات را از روش های گوناگون تهیه کنند. بنابراین، دیگر این روش اقتصادی به نظر نمی رسید. 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 گران قیمت نبود.

کاربرد نانوذرات سیلیس

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

ذرات سیلیس در صنایعی چون الکترونیک، کاتالیزورها، پوشش ها و رنگدانه ها کاربرد وسیعی دارند. اما استفاده بسیار از این ماده خطرناک است و برای کسانی که در معرض آن قرار می گیرند مشکلات تنفسی به وجود می آورد.



ذرات سیلیس

روش های شیمیایی سنتز نانوذرات سیلیس پرهزینه اند، زیرا مواد مورد نیاز در این روش ها گران قیمت اند. بنابراین، دانشمندان تلاش می کنند تا روش ها 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 روش های بسیار ارزان قیمت به شمار می رود.

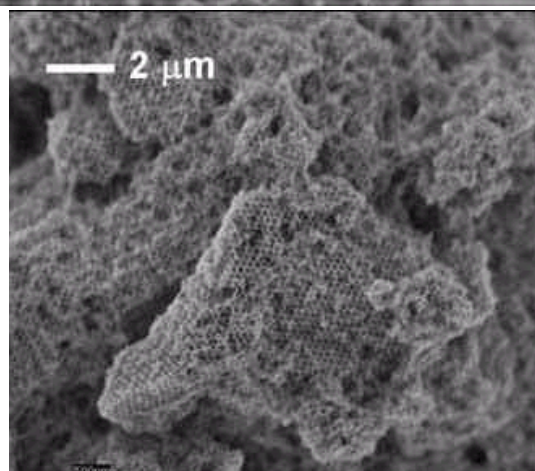
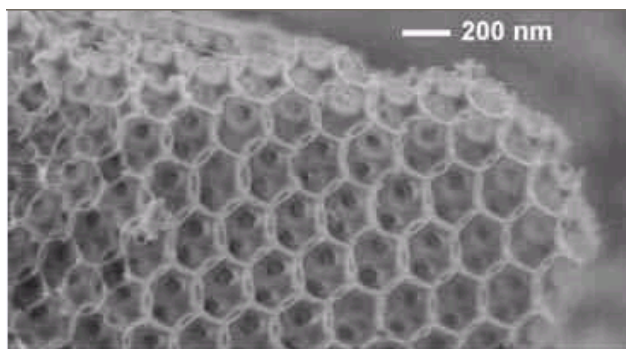
همان طور که گفته شد، در ایران معادن متعددی وجود دارند که کلوخه های سیلیس را می توان از آنها استخراج کرد. برای تبدیل این کلوخه ها به ذرات ریز چه می توان کرد؟ شاید تصور کنید که با آسیاب های پر قدرت می شود این کلوخه ها را آن قدر ریز کرد تا به اندازه نانومتری برسند. گرچه این روش به نظر معقول و مقبول می آید، 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

تلوزیون، مایتور و لیزر به کار می‌رود. ذرات سیلیس بسیار سخت و محکم‌اند و کمتر تغییر شکل می‌دهند. برای پولیش و زدودن لایه‌ی رویی برخی از مواد هم که سطحشان فعال است و واکنش نشان می‌دهند، از این پولیشر استفاده می‌شود. تا به حال از اسید برای زدودن این لایه استفاده می‌کردند که روش چندان مناسبی به شمار نمی‌رفت.

نانو ذرات نقره

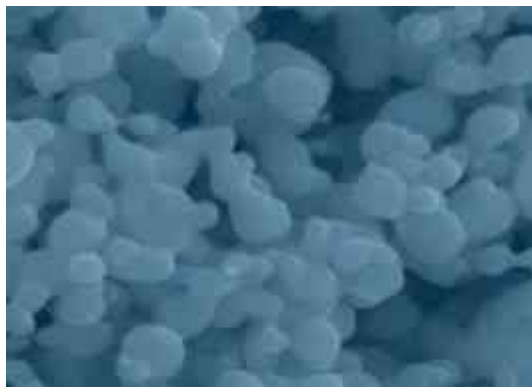
امروزه به کمک علم پزشکی، هر روز به تعداد بیماریهایی که قابل درمان می‌باشند، افزوده می‌شود. این کار به وسیله داروهایی انجام می‌شود که عوامل بیماری را از بین برده و سلامت را به انسان باز می‌گردانند. در راستای تحولات اخیر زندگی انسان، علم نانو تکنولوژی توسعه یافته و تقریباً در همه رشته های علمی، نشانه هایی از آن یافت می‌شود. محققان نانو تکنولوژی با فناوری جدیدی در رابطه با نانو ذرات آشنا شده اند 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. سوسپانسیون ها در حالت عادی ناپایدار هستند و با گذشت زمان ذرات آنها ته نشین شده و در اثر این پدیده فاز مایع از جامد جدا می‌شود. آب گل آلود نمونه ای 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 و 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.

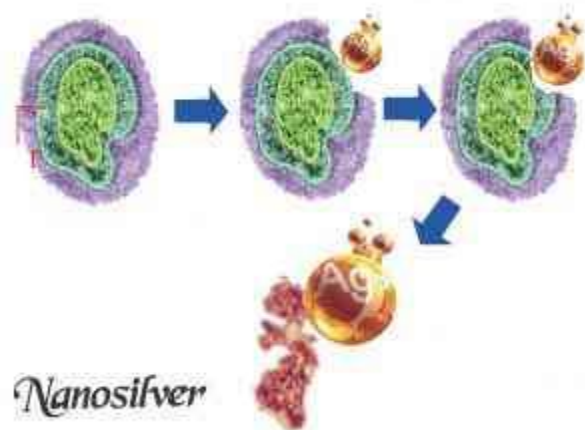


نانو ذرات نقره

این محلول را میتوان به عنوان داروی خوراکی استفاده کرد که در آن صورت ، محلول باید از ۰.۸٪ نقره عادی (فلز) و ۰.۲٪ یون نقره تشکیل شود، زیرا یونها در معده با اسید هیدروکلریک واکنش داده و نقره کلرید درست می‌شود که خاصیت خود را از دست می‌دهد. 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 میکروب 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 های 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 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 میکروارگانیسم 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 میکروارگانیسم به باندهای $-Sag$ تبدیل می کنند، که نتیجه ای واکنش تلف شدن میکروارگانیسم 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 میکروارگانیسم

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

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 1، 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.

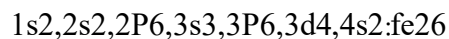
نانو سیلور یک دستاورد شگرف علمی از نانو تکنولوژی است که در عرصه های مختلف پزشکی، صنایع مختلف مثل کشاورزی و دامپروری و بسته بندی، لوازم خانگی، آرایشی، بهداشتی، و نظامی کاربرد دارد. این فناوری از طریق کنترل فعالیت عوامل بیماری زا در خدمت بشر می باشد. از این رو، به لحاظ بازدهی بالا، عملی بودن، و افزایش 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 الکترونهاست. برای درک بهتر انواع حرکت های الکترون، بهتر است قدری راجع به ساختمان اتم صحبت کنیم.

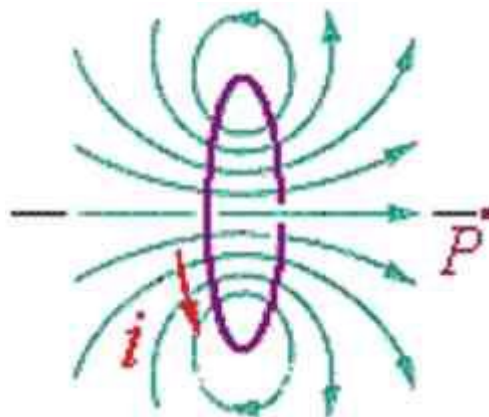
ساختمان اتم

همانطور 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 برداری 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

می‌آورد. یعنی وقتی یک جسم در فاصله‌ای نزدیک چنین قطعه‌ای قرار بگیرد، این مجموعه از نیروها بر آن وارد می‌شوند و به اصطلاح آن را یا به طرف خود جسم می‌کشند (جاذبه) و یا هل می‌دهند (دافعه).



قانون دست راست

اما حتماً توجه دارید که دو نیرو در یک راستا، ولی در خلاف جهت هم، همدیگر را خنثی می‌کنند. بنابراین، اگر در یک لایه مانند s- که در آن دو الکترون در خلاف جهت هم دور هسته می‌چرخند - هر دو الکترون وجود داشته باشند، دوبردار نیرو در خلاف جهت تولید می‌شوند که همدیگر را خنثی می‌کنند. از این رو، اگر جسمی در نزدیکی آنها قرار بگیرد، یک نیرو آن را می‌کشد و یک نیرو آن را هل می‌دهد و در کل هیچ نیرویی بر آن وارد نمی‌شود. پس ماده مورد نظر ما، با یک اربیتال پُر (دارای تعداد الکترون‌های 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 الکترون‌ها به جز حرکت اربیتالی (چرخش به دور هسته که در بالا توضیح داده شد) می‌توانند مثل کره زمین به دور خود نیز بچرخند. در این حالت نیز همان بردار گشتاور ایجاد می‌شود و اگر تعداد الکترون‌ها در لایه آخر زوج باشد دوباره نیروهای به وجود آمده همدیگر را خنثی می‌کنند.

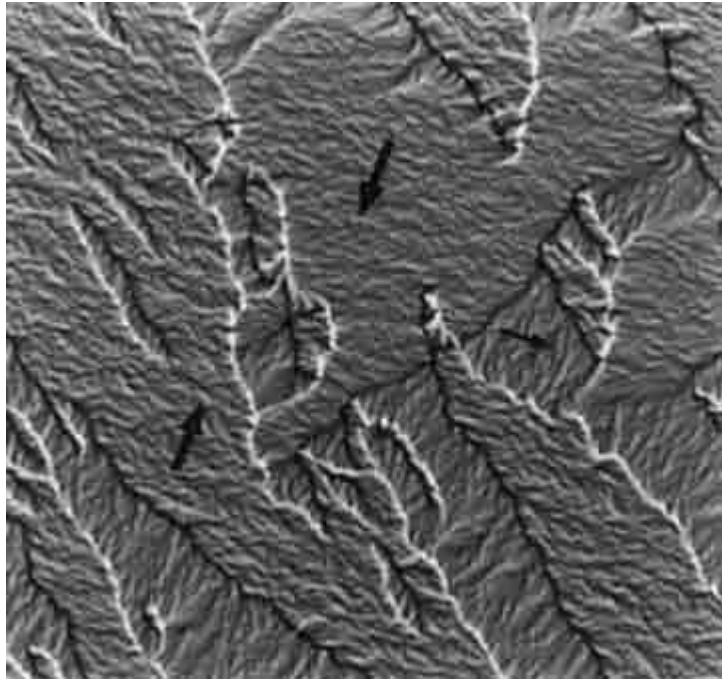
جامداتی که در آنها لایه d در حال پر شدن است، دارای خاصیت مغناطیسی خواهند بود، اما این خاصیت مغناطیسی فقط ناشی



از چرخش الکترون‌های لایه آخر (Fe26 : $\uparrow\downarrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$) است. زیرا لایه d به هسته نزدیک است و جاذبه هسته به الکترون‌های این لایه اجازه نمی‌دهد که به دور خود بچرخند. اما در جامداتی که لایه f در حال پر شدن است، چون فاصله لایه از هسته زیاد است، الکترون‌ها هم می‌توانند به دور خودشان و هم به دور هسته بچرخند. پس دو بردار نیرو ناشی از دو نوع حرکت به وجود می‌آید 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 اربیتالی) و چرخش به دور خود (حرکت وضعی) برای یک الکترون در خلاف هم هستند.

حوزه‌های مغناطیسی

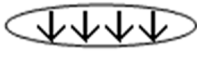
یک ماده مغناطیسی مجموعه‌ای از حوزه‌های مغناطیسی است. حوزه مغناطیسی، ناحیه‌ای است که درون آن همه الکترون‌های لایه‌های منفرد در یک جهت به دور هسته و به دور خود می‌چرخند. یعنی یک ماده چندحوزه‌ای مجموعه‌ای از حوزه‌هاست که در هر حوزه الکترون‌ها در جهتی خاص به دور هسته می‌چرخند و مشخص است که هر چرخش الکترون، بردار نیرو در راستای خاص خود را به وجود می‌آورد و مجموعه بردارهای نیروی تولیدشده، در جهات مختلف، به نوعی همدیگر را خنثی می‌کنند. یعنی میدان نیروی ما، مجموعه‌ای از نیروهای پراکنده است. پس قدرت آن ضعیف‌تر خواهد شد.



حوزه‌های مغناطیسی

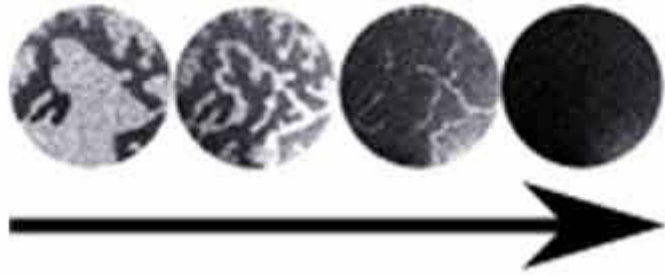
برای درک این موضوع به مثال زیر توجه کنید.

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 آهن‌ریا مالش دهیم، یا آن را در جهت میدان مغناطیسی زمین گذاشته 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 محدودهٔ 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 نانوپوردها 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 مادهٔ مغناطیس شده تا دمای کوری، حوزه‌ها به جهت‌های اولیه خود برمی‌گردند و خاصیت خود را از دست می‌دهند.

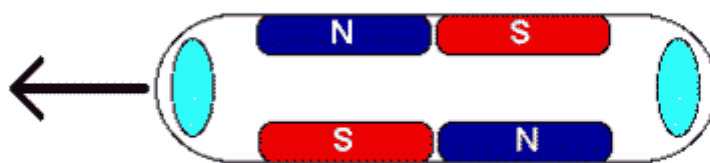
دمای کوری دمایی است که در آن ماده کاملاً خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهد.

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 دافعهٔ 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.



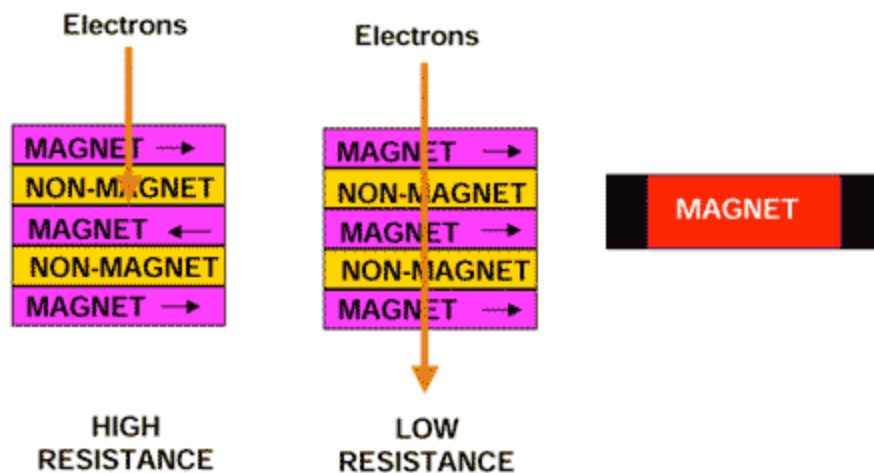


2. قطعات آهنربایی کامپوزیت شده با پلیمرها

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 تولیدشده 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 محیطهای ذخیره اطلاعات

یکی از مهمترین کاربردهای پودر مغناطیسی، ذخیره اطلاعات در کارت های اعتباری است. در این محیطها، 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 محیطهایی 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

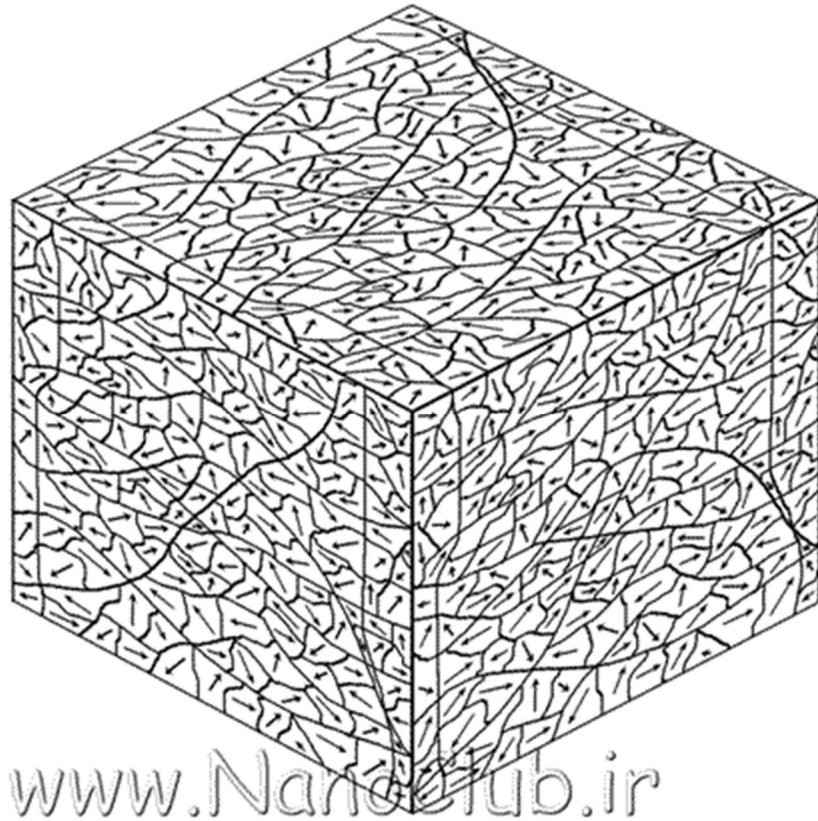
2. چهار نوع ماده آهنی مناسب برای درست کردن آهنربا (به شرحی که خواهد آمد)

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 بُردارهای مغناطیسی در آنها با هم فرق دارد، به این شرح انتخاب می‌کنیم:

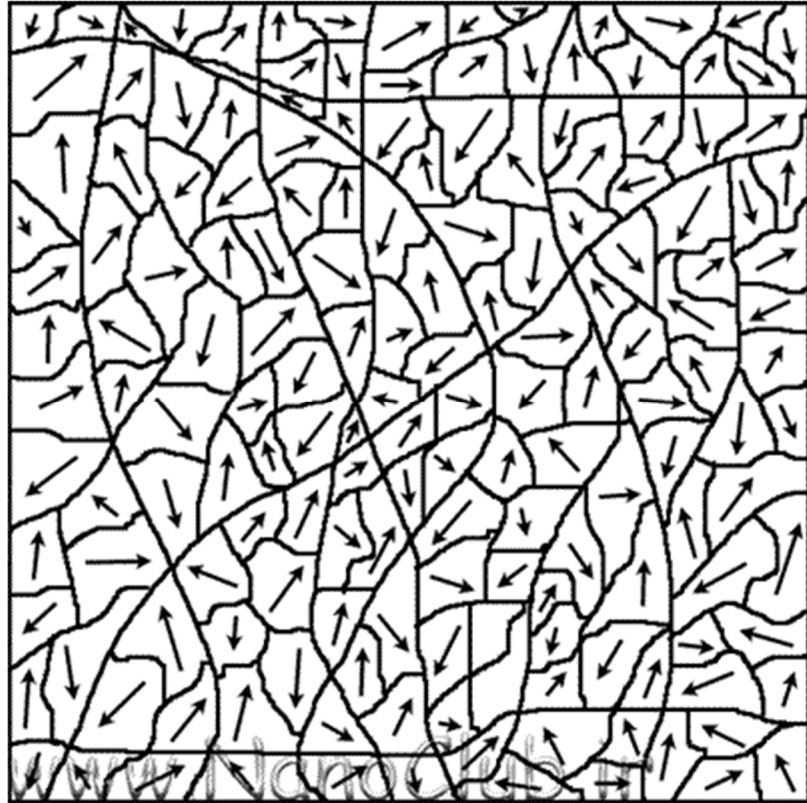
1. یک تکه آهن. تکه آهن، یک قطعه سه‌بعدی است، یعنی در هر سه بُعد از فضا حوزه‌های مغناطیسی دارد.



www.NanoClub.ir

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

۲. 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

۳. یک تکه سیم از جنس آهن. این سیم مثل یک خط است و چون طول و عرضِ سطحِ 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

۴. 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 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:

۱. مالش دادن قطعه با آهنربا؛
۲. گداختن و قرار دادن قطعه در راستای میدان مغناطیسی زمین؛
۳. 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 می‌کنند. 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 می‌ماند، 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 بعد کمتری دارند، براده بیشتری نسبت به سطحشان جذب می‌کنند.

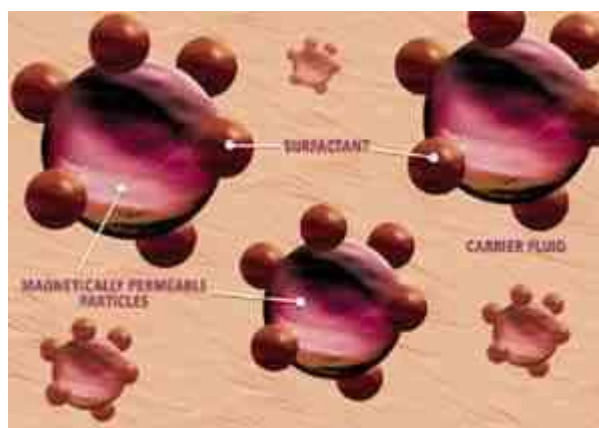
برای مقایسه ماندگاری خاصیت آهنربایی، قطعات آهنربا را به درجات مختلف حرارت می‌دهیم و سپس آزمایش‌های گفته شده را تکرار می‌کنیم. پیش‌بینی ما این است که پودرها زودتر مغناطیس می‌شوند و خاصیت آهنربایی بیشتری پیدا می‌کنند و از آن طرف، دیرتر خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهند. آزمایش‌ها را انجام دهید تا ببینید 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 شده است، 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 تشکیل دهنده‌ی پودر، در حد نانومتر باشد.

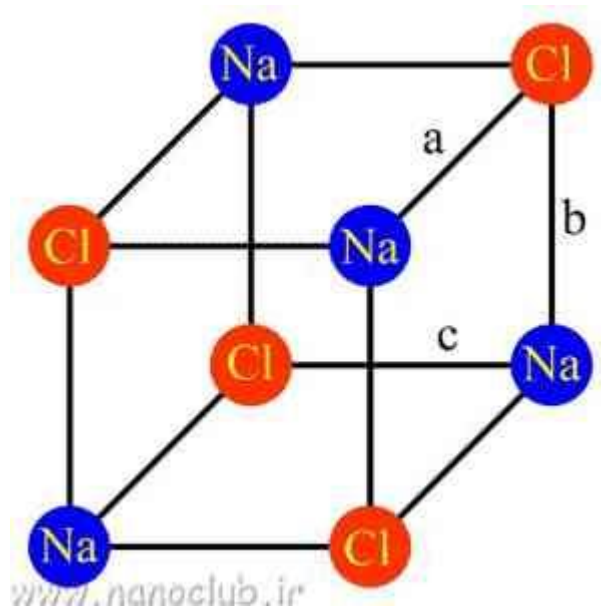
یعنی اگر ساختار ذرات تشکیل دهنده‌ی یک پودر را به صورت یکی از اشکال منظم هندسی در نظر بگیریم، میانگین اندازه‌ی اضلاع آن بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد. مهم‌ترین اشکال هندسی، کُره و مکعب‌اند. اگر ساختار ذرات تشکیل دهنده‌ی پودر را کُره فرض کنیم، باید قطر کُره کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد و چنانچه ساختار آنها مکعب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

$$\frac{a+b+c}{3}$$

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)

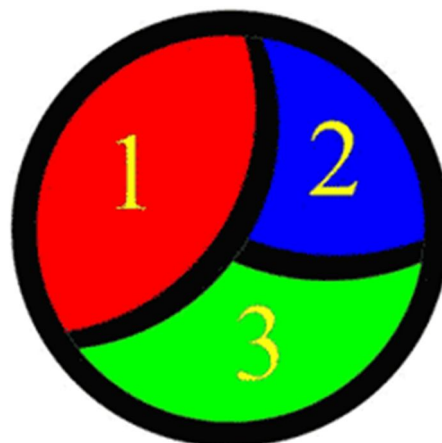
یادآوری: اگر بیشتر ذرات تشکیل دهنده‌ی پودر، ابعادی میان ۱ تا ۱۰۰ نانومتر داشته باشند، آن پودر، نانوپودر محسوب می‌شود.



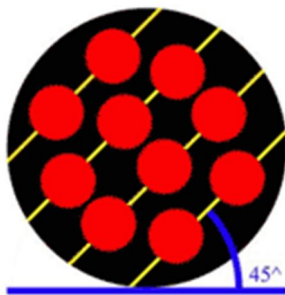
شکل ۱: ساختار بلور نمک طعام، مکعبی است.

حالت دوم: دانه‌های تشکیل دهنده پودر، ابعاد نانومتری داشته باشند.

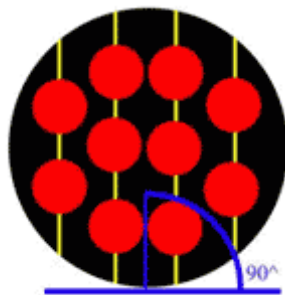
در حالتی که اندازه‌ی ذرات تشکیل دهنده‌ی پودر از صد نانومتر بیشتر باشد، کافی است دانه‌های آن ابعاد نانومتری داشته باشند تا نانو پودر به شمار آیند. یک مثال برای فهم این موضوع، اتم‌هایی هستند که به صورت منظم و درون سلول‌هایی که آنها را "دانه" می‌نامیم، کنار هم قرار گرفته‌اند. مواد بلوری جامد نیز از سلول‌های 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.



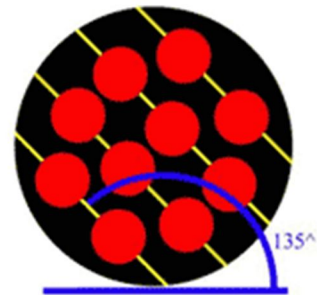
شکل ۲: این ذره، حاوی سه دانه است.



www.nanoclub.ir



www.nanoclub.ir



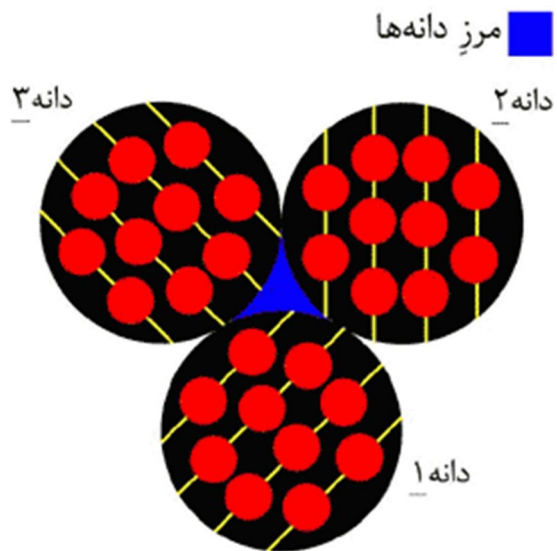
www.nanoclub.ir

شکل ۵: اتم‌ها با زاویه 120° درجه نسبت به شکل ۴: اتم‌ها با زاویه 90° درجه نسبت به شکل ۳: اتم‌ها با زاویه 45° درجه نسبت به افق چیده شده‌اند.

در دانه‌ی ۱ (شکل ۳)، اتم‌ها در ردیف‌های موازی و با زاویه‌ی 45° درجه نسبت به افق چیده شده‌اند. در دانه‌ی ۲ (شکل ۴) اتم‌ها با زاویه‌ی 90° درجه و در دانه‌ی ۳ (شکل ۵) اتم‌ها با زاویه‌ی 120° 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 تشکیل دهنده‌ی آن بیشتر خواهد بود (واضح است که هر چه آجرهای تشکیل دهنده‌ی 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.



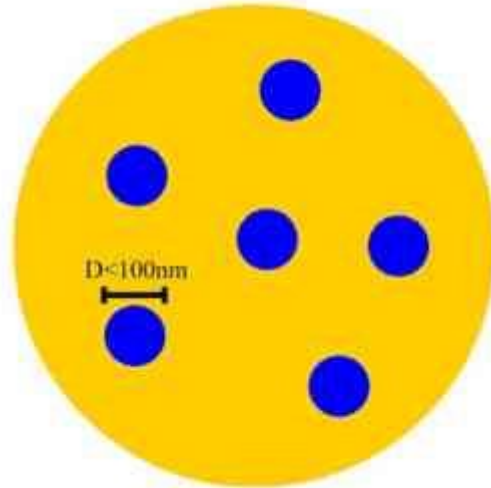
www.nanoclub.ir

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

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

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

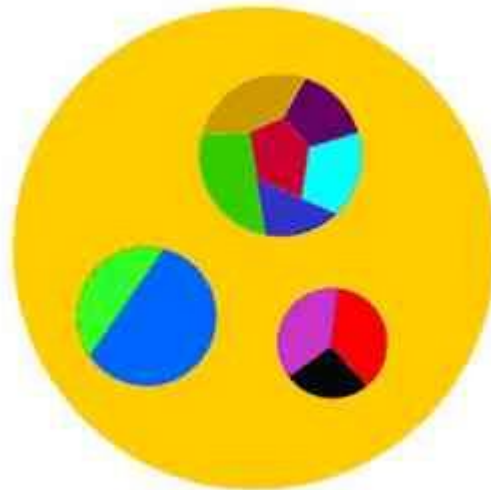
در این حالت، پودر را «نانوپودر کامپوزیتی» می‌نامند. کامپوزیت که از کلمه‌ی انگلیسی composition گرفته شده، به معنی ترکیب دو یا چند چیز است. ملموس‌ترین مثال برای کامپوزیت، کاه گل است. در کاه گل رشته‌های کاه در زمینه‌ی گل پراکنده شده‌اند. در نانوپودرهای کامپوزیتی نیز ذرات نانومتری در زمینه‌ی ذرات بزرگتر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

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

برای اینکه مکعب را به ۹ مکعب کوچکتر تقسیم کنیم، باید هر یک از اضلاع را به ۳ قسمت تقسیم کنیم. در این حالت:

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

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

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 می‌توان به دو روش پایین به بالا یا بالا به پایین تولید کرد. در روش بالا به پایین قطعه را از اندازه‌های بزرگ انتخاب و آن را آنقدر خرد می‌کنیم تا به اندازه‌های نانومتری برسد. در روش پایین به بالا، اتم‌ها را دانه به دانه کنار هم می‌چینیم تا یک ساختار نانومتری به وجود آید. در زیر، دو روش فوق توضیح داده می‌شوند.

1. خرد کردن قطعات بزرگ

یک استوانه‌ی توخالی را فرض کنید که گوی‌های فلزی یک‌سوم حجم آن را پر کرده‌اند. یک قطعه‌ی بزرگ نیز یک‌سوم حجم داخل استوانه را در بر گرفته است. در نتیجه، یک‌سوم حجم داخل استوانه خالی خواهد بود. اگر این استوانه را بچرخانیم، گوی‌های فلزی به قطعه برخورد و آن را خرد می‌کنند.

در صورتی که اندازه‌ی اضلاع قطعه‌ی اولیه ۱ میکرومتر باشد (اگر یک میلی‌متر را هزار قسمت کنیم، طولی معادل یک میکرومتر به وجود می‌آید)، با اولین برخورد، قطعه دو قسمت و اندازه‌ی اضلاع آن 500 nm می‌شود. در مرحله‌ی دوم، با دو قسمت شدن قطعه، اضلاع آن 250 نانومتر می‌شود و در مرحله‌ی سوم 125 nm. تا اینکه در مرحله‌ی چهارم، ذره‌ی نانومتری به اندازه‌ی 5 nm / 62 به دست می‌آید.



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

چطور یک آسیاب مکانیکی بسازیم؟

2. رسوبدهی از محلول‌ها

در این روش ابتدا باید محلول مورد نظر را ساخت. این محلول می‌تواند 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، می‌توان ذرات جامد معلق در آن را با حرارت دادن، افزودن موادی خاص برای ته‌نشین کردن، یا با افزایش غلظت جامد و سیر شدن محلول در آن، رسوب داد. حین رسوب کردن، اتم‌ها دانه‌به‌دانه کنار هم جمع می‌شوند تا یک پودر نانومتری را تولید کنند.

ب - ذرات گازی

روش دیگر این است که ما به قدری سریع محلول‌های 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.

نانوپودرها به چه کار می آیند؟

1. پوشش دهی

یکی از مهمترین کاربردهای نانوپودرها «پوشش دهی» است. وقتی مقداری پودر روی یک سطح ریخته می شود، می تواند تمام سطح را بپوشاند. مثلاً اگر سطح زمین پودر گچ بپاشیم، تمام سطح پوشیده می شود و یک سطح یکدست سفید به وجود می آید. اما در این حالت هنوز فضاهای خیلی ریزی بین پودرها وجود دارد، یعنی پوشش یکپارچه نیست. اکنون مقداری آب به گچ اضافه می کنیم و صبر می کنیم تا آب توسط حرارت خشک شود. می بینیم که ذرات پودر به هم چسبیده اند 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 می پاشند و بعد توسط یک عامل اضافه شونده - عمدتاً گازهای اکسیژن یا آرگون که همان نقش آب را در مثال گچ بازی می کنند - و حرارت، این ذرات را به هم می چسبانند تا یک پوشش یکپارچه بر روی سطح ایجاد شود. پوشش روی داشبوردها ماشین دقیقاً به این روش تولید می شود.

2. ساخت قطعات

همان طور که دیدیم، ذرات پودر میل زیادی دارند که مانند براده های آهن با هم بچسبند. از طرفی این میل با اعمال فشار به پودر و درجهی حرارت به شدت افزایش می یابد، و بنابراین، با اعمال فشار و افزایش درجهی حرارت می توان پودرها را آن قدر به هم فشرد تا به هم بچسبند و یک قطعه را تولید کنند. این روش عمدتاً برای تولید قطعات با شکل های پیچیده به کار می رود. (این پدیده به طور طبیعی در نمک طعام اتفاق می افتد. اگر مقداری نمک طعام در داخل یک نمکدان باقی بماند، بعد از مدتی ذرات نمک به هم می چسبند و نمکدان دیگر نمک نمی پاشد. بنابراین، باید به نمکدان چند ضربه وارد کنیم تا ذرات از همدیگر جدا شوند.)

3. استفاده در کرم ها

همان طور که می دانیم، نانوپودرها ذراتی با قطر یک تا ۱۰۰ نانومتر هستند. وقتی از این ذرات در ساخت کرم استفاده می شود، چون قطر آنها کوچک است، اشعه های مضر نور خورشید را که طول موج های بزرگتر از صد نانومتر دارند از خود عبور نمی دهند. این در حالی است که اشعه های نور مرئی را که موجب دیده شدن قطعات اند از خود عبور می دهند. بنابراین، به صورت شفاف دیده می شوند. در این حالت ما کرمی داریم که شفاف است و اشعه های مضر را از خود عبور نمی دهد.

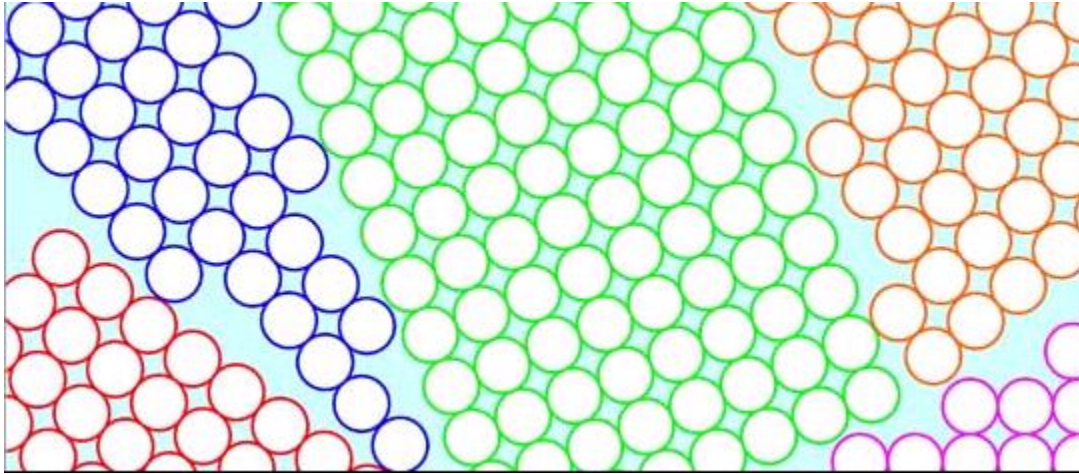
4. شناسایی آلودگی ها

ذراتی که نانوپودرها را تشکیل می دهند، با استفاده از خواص سطحی خود، وقتی به یک محلول حاوی آلودگی (مثل باکتری، سلول سرطان و...) اضافه می شوند، روی آلودگی ها می چسبند و در اثر واکنش با آنها تغییر رنگ می دهند و باعث شناسایی آنها می شوند. البته هر ذره کوچکتر از آن است که تغییر رنگ حاصل از آن دیده شود، اما تغییر رنگ مجموعه ای این ذرات، آلودگی ها را قابل تشخیص و شناسایی می کند.

در فیلم زیر که به عنوان مثالی از کاربرد نانوپودرها آورده شده است، ذرات نانو ساختار سیلیکون در محلول، قطرات روغن را شناسایی می کنند و با نفوذ مقداری از مایع به داخل حفره های آنها، تغییر رنگ می دهند و هدف را قابل تشخیص می نمایند.

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- نظمی 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؟

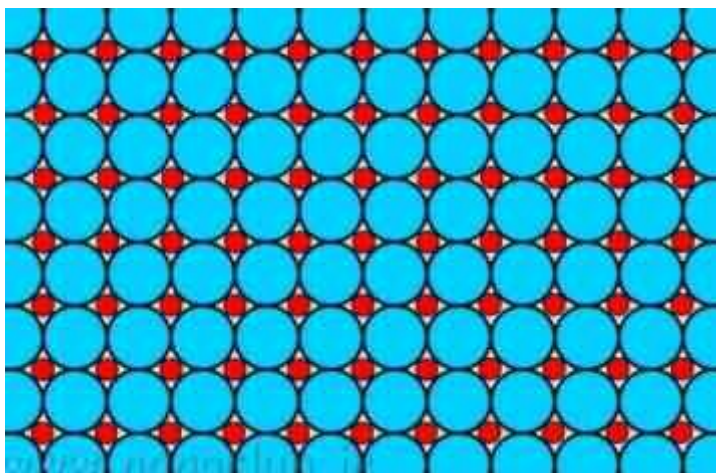
در پاسخ به پرسش فوق این نکته را باید دانست که نظم موجود در یک دانه نظمی کلی است که تمامی وسعت آن را در بر می گیرد، در حالی که بی نظمی های حاصل از نقص های بلوری، جزئی است و در یک محدوده کوچک نظم را از بین می برد. بنابراین در یک دانه یک نظم کلی وجود دارد که به موجب عیوب و نقص های بلوری، بی نظمی هایی در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

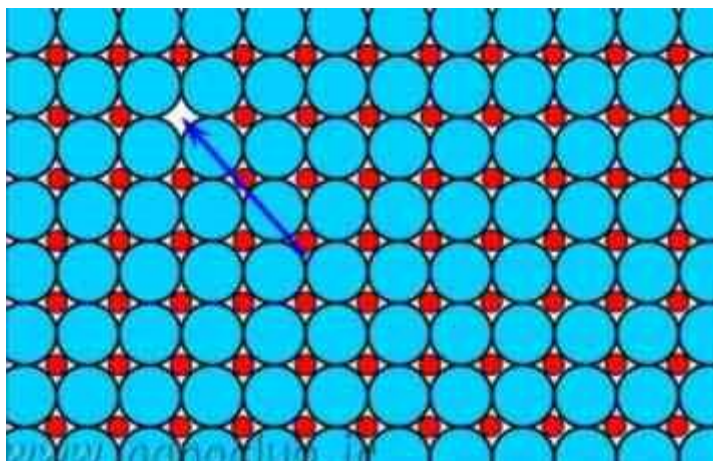
اگر کره های قرمز رنگ را به عنوان یون های مثبت (کاتیون) و کره های آبی رنگ را به عنوان یون های منفی (آنیون) فرض کنیم یک

شبکه بلوری بدون عیب و کامل به صورت شکل ۲ خواهیم داشت:



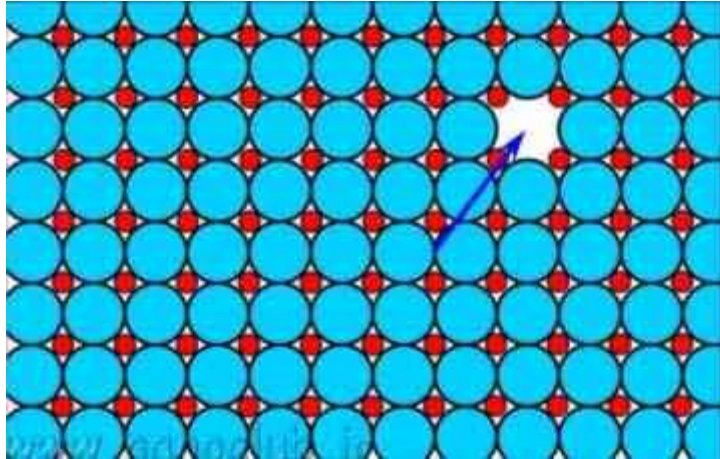
شکل ۲- طرحی ساده از یک شبکه بلوری کامل و بدون نقص

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 مشاء 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 با 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 پایینتر 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

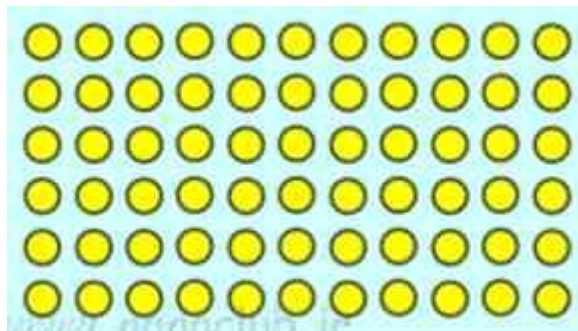
صورت ارتعاش در محل خود و گاهی به شکل جابجایی های محدود است که با آزادی حرکت اتم ها و یون ها در حالت مایع قابل مقایسه نیست.) اما این حرکت برای کنده شدن یک اتم یا یون کافی نیست؛ پس می توان گفت برای این کار کافی است که انرژی لازم برای حرکت ذره مورد نظر را فراهم کنیم. با فراهم شدن انرژی لازم، اتم ها و یون 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

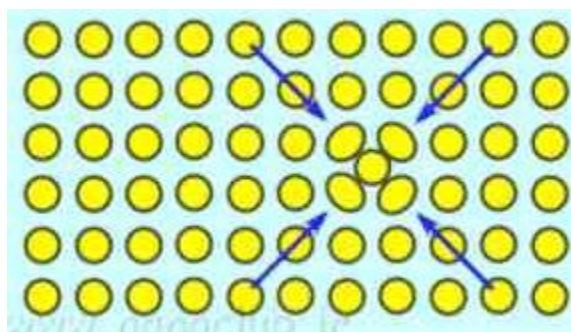
الکترومغناطیس (نور، اشعه ماوراء بنفش، پرتوهای ایکس، اشعه گاما و ...) و پرتوهای پر انرژی (الکترونی، نوترونی و ...) تامین گردد.

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 پردازیم، 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

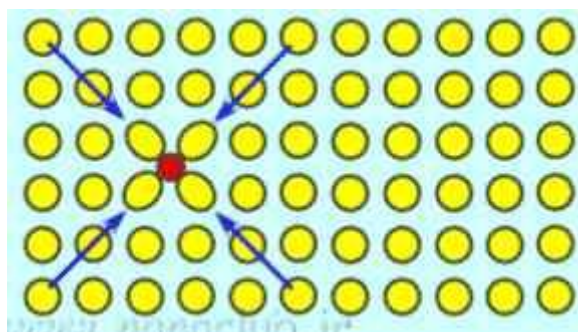
با فرض اینکه شکل ۵ نمایانگر یک شبکه بلوری بدون نقص است انواع نواقص بین نشینی را نشان خواهیم داد:



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.

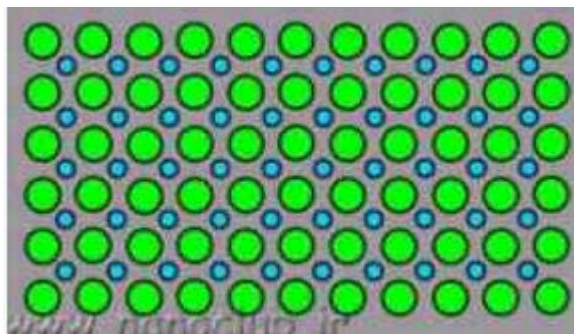


شکل ۷- طرحی ساده از بین نشینی یون های غریبه

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

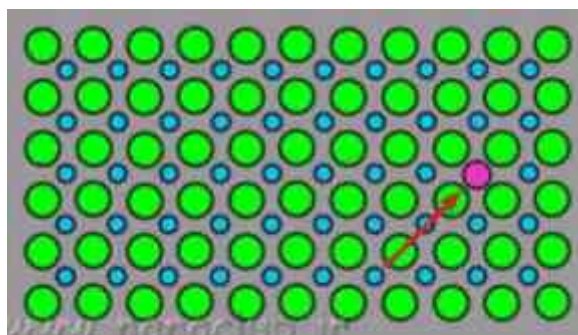
تصاویر ۶ و ۷ نیز دیده می شود، شبکه بلوری امکان تغییر شکل جزئی برای پذیرفتن یون بین نشین را دارد که میزان آن به اندازه یون بین نشین بستگی دارد، این تغییر شکل جزئی ساختار شبکه بلوری که **اعوجاج شبکه** خوانده می شود می تواند به صورت کشیدگی در برابر یون های بزرگتر از فضای خالی موجود- (شکل ۶) و یا جمع شدگی - 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.

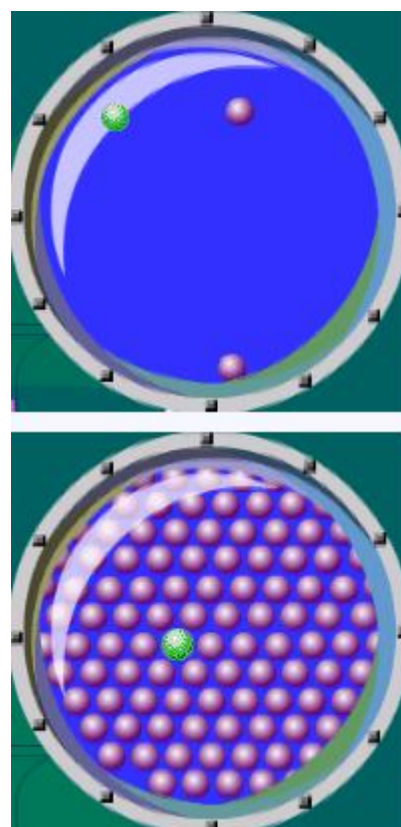
نواقص جانشینی نیز مانند نواقص بین نشینی، موجب اعوجاج در شبکه بلوری خواهند شد، بدیهی است که در اینجا هم میزان اعوجاج متناسب با اختلاف اندازه یون خارجی وارد شده در شبکه و یون اصلی شبکه می باشد. بنابراین این نوع نقص نیز می تواند سبب کشیدگی و یا جمع شدگی شبکه بلوری در اطراف محل دچار نقص شود.

حال که با انواع بیشتری از کاستی های شبکه بلوری آشنا شدیم لازم است که به یک پرسش جدی بیاوریم:
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 بی نظمی محلی ایجاد می کنند) همیشه موجب تخریب خواص مطلوب ماده می شود؟ 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 نمی توان متناسب با خصوصیت ایجادشده جدید، کاربردهای جدیدی را برای ماده متصور شد؟

برای پاسخ به پرسش های بالا لازم است به بررسی دقیق تر مواد پردازیم و عوامل شکل دهنده خواص را مرور کنیم. می دانیم که مواد سه حالت اصلی دارند: گاز، مایع و جامد. همچنین می دانیم که خصوصیات کلی و ویژگی های عمومی مواد مربوط به حالتی است که ماده در آن قرار دارد. در حالت گازی، فاصله مولکول ها زیاد و تأثیر مولکول ها بر یکدیگر ناچیز و در نتیجه حرکت مولکول ها آزادانه و بدون قید است. در حالت مایع، فاصله مولکول ها کمتر، تأثیر آنها بر یکدیگر بیشتر و در نتیجه ماده به داشتن حجم ثابت مقید می شود، اما امکان تغییر شکل را از دست نمی دهد. در حالت جامد، امکان حرکت مولکول ها آن قدر محدود می شود که توده ماده نمی تواند حتی شکل کلی خود را تغییر دهد. شکل ۱ مدلی مقایسه ای از حالت های سه گانه بالا را نشان می دهد.



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

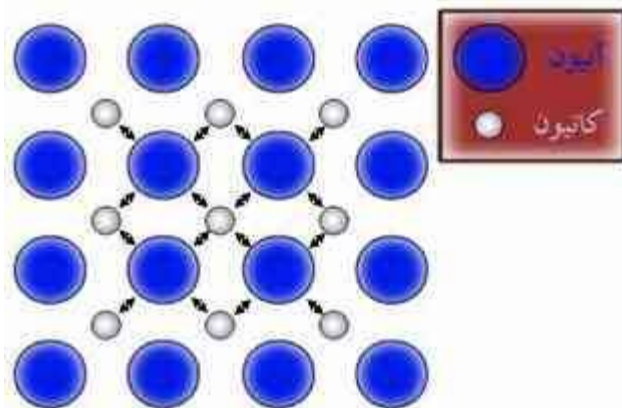
این تفاوت‌ها ناشی از حالتی است که ماده در آن قرار دارد و می‌تواند بسیاری از خواص آن را تحت تأثیر خود قرار دهد. مثلاً اگر ماده در حالت گازی قرار داشته باشد، مولکول‌ها به علت فاصله زیادی که از هم دارند، می‌توانند بدون تأثیر پذیرفتن از مولکول‌های مجاور، به صورت مستقل حضور داشته باشند. بنابراین، در این وضعیت 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. این گونه 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 دسته‌بندی آن است که اثر ترکیب شیمیایی مواد مورد توجه قرار نگرفته‌اند، گویی حالت ماده به تنهایی بسیاری از خصوصیات کلی آن را مشخص می‌کند 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 می‌شود که در انواع مواد چه چیزی موجب شباهت خواص کلی یک حالت از ماده می‌شود 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.

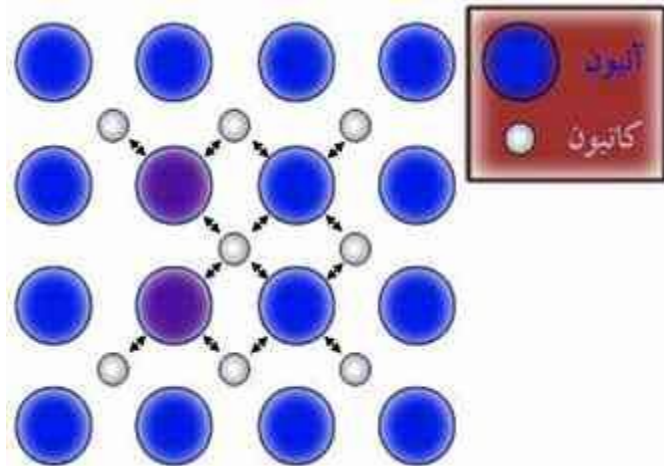
در مقدمه برای توصیف خصوصیات حالت گازی و تفاوتی که این حالت با حالت مایع و جامد دارد به یک نکته خیلی مهم اشاره کردیم. گفتیم که عامل اصلی تعیین کننده خواص کلی مواد، میزان تحرک اجزای آن است. یعنی میزان تحرک مولکول ها و یون ها در تعیین خواص مواد نقش عمده ای بازی می کند و می تواند به تنهایی وضعیت بسیاری از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



شکل ۲- تصویری ساده از یک شبکه بلوری

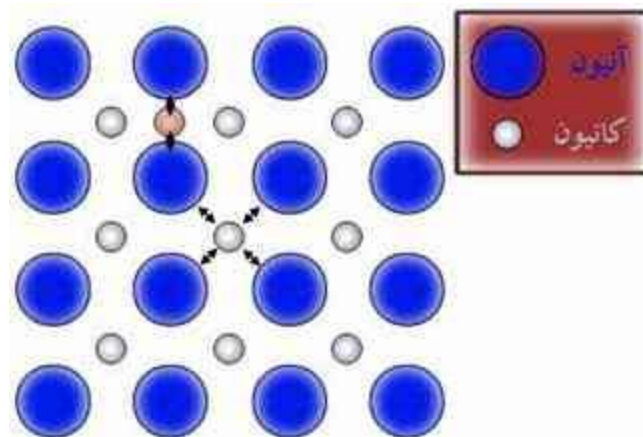
همان طور که در شکل ۲ دیده می شود، یک شبکه بلوری منظم و بی عیب با قرار گرفتن منظم یون ها (آنیون ها و کاتیون ها) در کنار یکدیگر تشکیل می شود. با توجه به توضیحات پیشین می خواهیم به عنوان یک عامل تأثیرگذار در خواص ماده، وضعیت تحرک یون ها را در ساختار بلوری کامل (بدون حضور عیوب بلوری) بررسی کنیم. می دانیم که بلورها (غالباً) دارای حالت

جامد هستند و در این حالت از ماده تحرک ذرات به صورت حرکت های محدود مانند لرزش و جابه جایی های 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 می شود که ذرات در پیوندهای موجود اسیر گردند و امکان حرکت آزادانه نداشته باشند. بدیهی است که هر چه این پیوندها بیشتر و قوی تر باشد، میزان محدودیت ذرات بیشتر و تحرک آنها کمتر خواهد شد. بنابراین، تعداد و چگونگی پیوند ها در میزان تحرک ذرات نقش اصلی را بازی می کند. با این توضیحات این سؤال مطرح می شود که در یک ساختار منظم و کامل بلوری میزان تحرک ذرات (آنیون ها و کاتیون ها) 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 می گیرد و از طریق پیوندهای مشخص با یون های اطرافش در موضع خود مستقر می شود، می توان نتیجه گرفت که تحرک یون ها در این حالت به کمترین حد خود خواهد رسید، زیرا تمام پیوندهای ممکن در یک شبکه کامل تشکیل می شود و هیچ ظرفیتی برای برقراری پیوند خالی نمی ماند. 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.



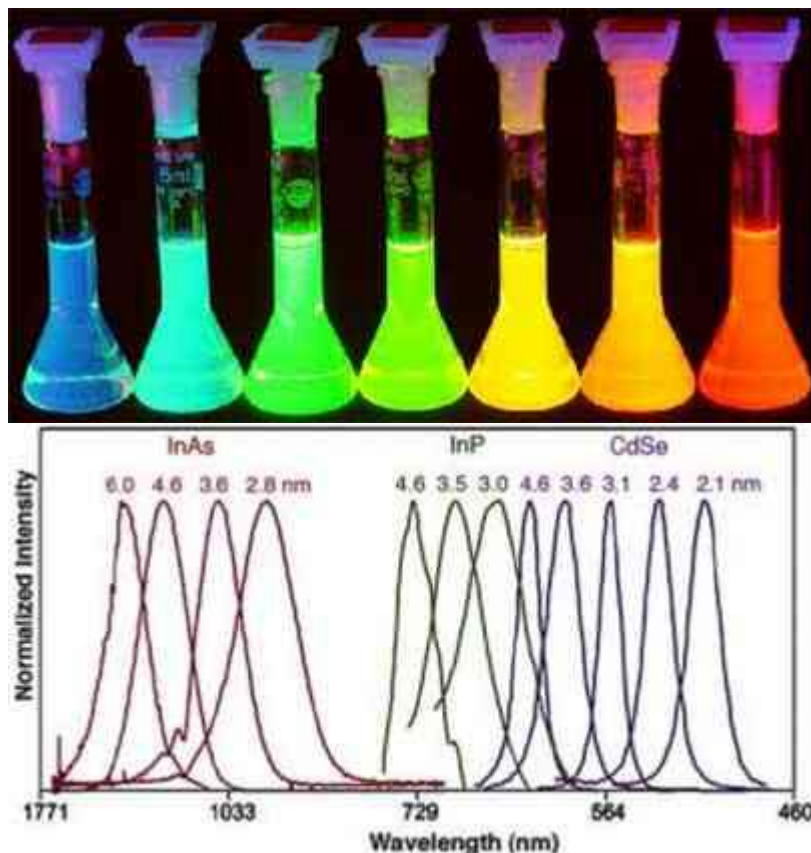
شکل ۴- طرحی ساده از یک شبکه بلوری ناقص (دارای عیب بین نشینی)

با مقایسه پیوند های موجود در شبکه بلوری کامل (شکل 2) و شبکه های بلوری دارای نقص (شکل های 3 و 4) 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. همانطور 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 نارسانا 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 قابلیت‌های بی‌سابقه‌ای در کاربردهای علمی و فنی به نقاط کوانتومی می‌بخشد.



کار آیی نقاط کوانتومی به خاطر قابل تنظیم بودن طول موجی است که بیشترین شدت نور را تابش می‌کند. وقتی نقاط کوانتومی را با محرک نور ماورای بنفش وادار به تابش کنیم، این طول موج، رنگ نقاط کوانتومی را مشخص می‌کند (شکل). مقدار این طول موج به جنس و اندازه نقاط کوانتومی بسیار حساس است و روش‌های 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 می‌کنیم.

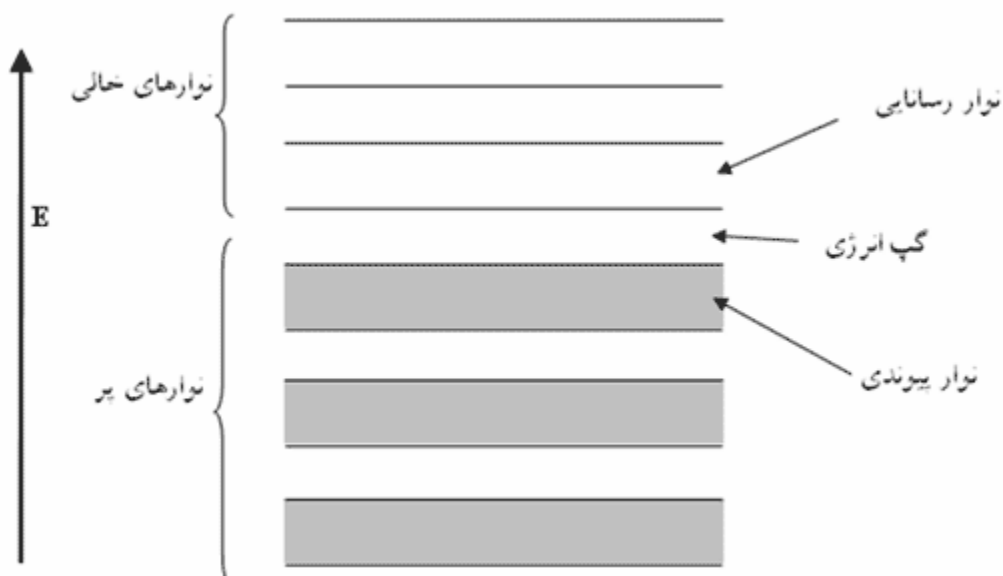
الکترون‌ها در مواد نیمه‌رسانا - در اندازه‌های بسیار بزرگتر از ۱۰ نانومتر - بازه مشخصی از انرژی را دارند. وقتی یک الکترون انرژی متفاوتی از الکترون دیگر دارد، گفته می‌شود که در یک تراز انرژی متفاوت قرار دارد. خاصیت ذاتی الکترون‌ها باعث می‌شود که بیش از دو الکترون نتوانند در یک تراز انرژی قرار بگیرند. در یک توده بزرگ از ماده نیمه‌رسانا، ترازهای انرژی بسیار نزدیک هم هستند؛ آن‌قدر نزدیک که به صورت یک بازه پیوسته توصیف می‌شوند، یعنی تفاوت انرژی دو تراز مجاور در حد صفر است.

خاصیت دیگر مواد نیمه‌رسانا این است که درون بازه پیوسته انرژی‌های یک گپ (شکاف، فاصله) وجود دارد، یعنی الکترون‌ها مجاز به داشتن انرژی در این گپ نیستند. الکترون‌هایی که ترازهای پایین گپ را اشغال می‌کنند «الکترون‌های ظرفیت در باند ظرفیت» و الکترون‌های ترازهای بالای گپ «الکترون‌های رسانش در باند رسانش» نامیده می‌شوند.

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 بالارفتن 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 تابش شده 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 حد 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 می‌شود. تغییر نحوه چیده شدن اتم‌ها در سطح نقطه کوانتومی هم باعث تغییر انرژی گپ می‌شود، 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 الکترون‌ها برای جهش از روی گپ، باید انرژی بیشتری آزاد کنند. بنابراین، نور تابش شده هم باید طول موج کوتاه‌تری 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 می‌گردد.

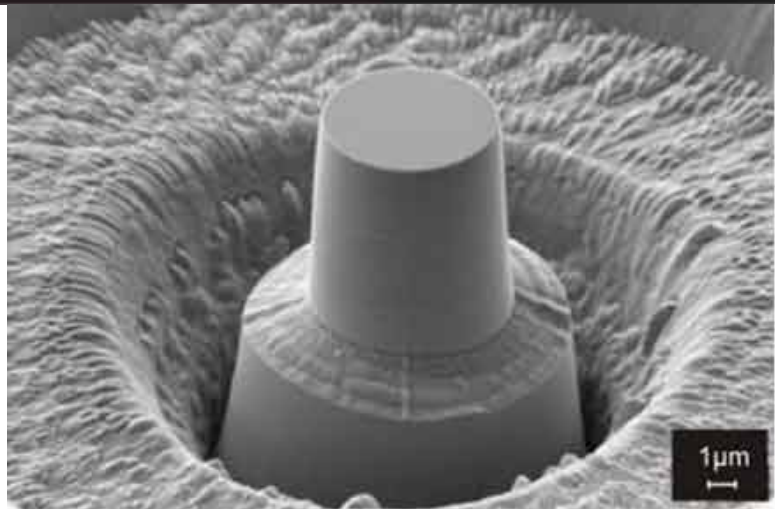
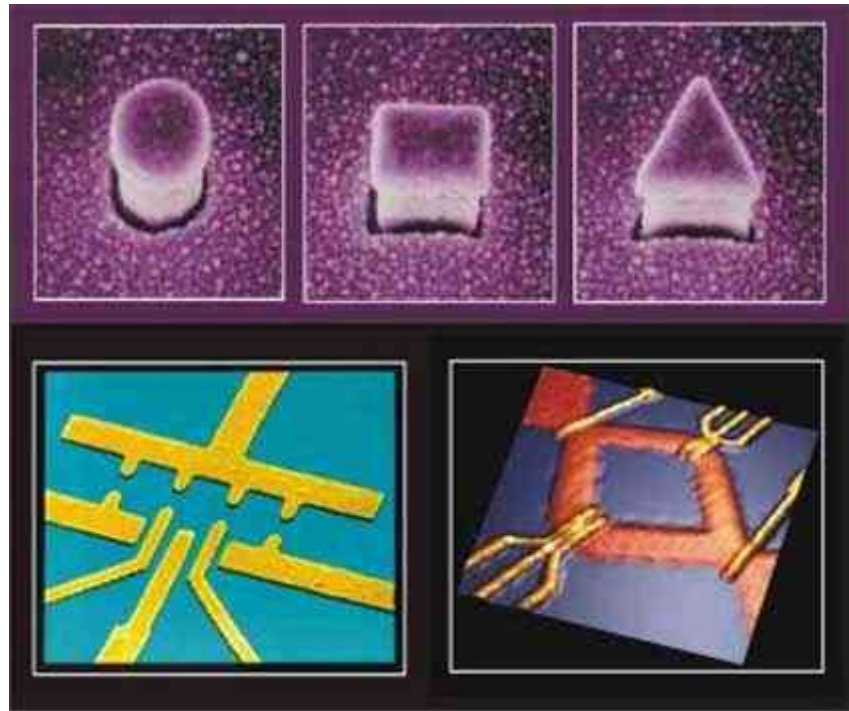
روش ساختن نقاط کوانتومی

برای ساختن نقاط کوانتومی می‌توان هم از روش‌های بالا به پایین و هم از روش‌های پایین به بالا استفاده کرد. روش‌های پایین به بالا امکان تولید انبوه و ارزان نقاط کوانتومی را ایجاد کرده‌اند. مزیت استفاده از روش‌های بالا به پایین، در امکان کنترل بیشتر محل نقاط کوانتومی و جاسازی آنها درون مدارهای الکترونیکی یا ابزارهای آزمایش است. یکی از روش‌های پایین به بالا، سنتز کولوئیدی است. در این روش، نمک‌های فلزی به صورت محلول تحت شرایط کنترل‌شده، به حالت بلوری درمی‌آیند. مهمترین مرحله در این روش، جلوگیری از بزرگ شدن بیش از حد مطلوب این بلورهای نانومتری است که با تغییر دما یا افزودن مواد خاتمه‌دهنده واکنش یا تثبیت‌کننده‌ها صورت می‌گیرد. در این حالت، برای جلوگیری از بهم‌پیوستن ذرات کوانتومی، آنها را با یک لایه از سورفکتانت‌ها می‌پوشانند. هر چه مراحل سنتز دقیق‌تر کنترل شوند ذرات یکنواخت‌تری به وجود می‌آیند.

سورفکتانت‌ها موادی آلی هستند که یک سر قطبی (آب‌گریز) و یک سر غیرقطبی (آب‌دوست) دارند. سر قطبی محلول در آب است، اما سر غیر قطبی در آب حل نمی‌شود و به همین علت این مواد همیشه به سطح آب می‌آیند و چون سطح آب محدود است، این مولکول‌ها یک لایه نازک به هم فشرده و منظم را تشکیل می‌دهند. به این خاصیت «خودساماندهی» می‌گویند. انواع مواد شوینده از این نوع‌اند. در مواد شوینده سر غیرقطبی به چربی‌ها و روغن‌ها می‌چسبند و در نتیجه می‌توانیم آنها را با آب بشویم.

نوع خاصی از نشاندن لایه‌های نازک با استفاده از واکنش‌های الکتروشیمیایی هم از روش‌های دیگر پایین به بالا برای ساختن نقاط کوانتومی هستند.

در روش‌های بالا به پایین، نقاط کوانتومی به صورت نقطه به نقطه روی سطوح سیلیکون حک می‌شوند. این کار با استفاده از لیتوگرافی پرتو الکترونی یا لیتوگرافی قلم آغشته در ابعاد بسیار ریز امکان‌پذیر است. در این حالت، می‌توان 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



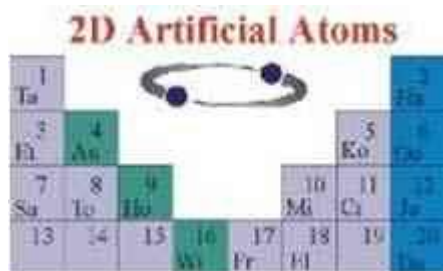
به کارگیری در درون بدن موجودات زنده مناسب نیستند.

2. دیوهای 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 سفیدرنگی از خود ساطع می‌کنند. چون طیف تابشی نقاط کوانتومی بسیار باریکتر از لامپ‌های ال‌تھایی 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

کلویدها - 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، کلویید و انواع مختلف آن است.

کلویید 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 بشر 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 «کلویید» می‌نامند.

کلویید چگونه کشف شد؟

در سال ۱۸۶۱، توماس گراهام، عبور مواد مختلف را از درون غشای 1 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 دانشمندان، اجسام گروه اول را کریستالوئید (شبه بلور) و گروه دوم را کلویید (شبه چسب) نامید.

توماس گراهام 1869-1805



کلوییدها محلول نیستند

کلوییدها ظاهری محلول‌مانند دارند. یعنی به ظاهر همگن و شفاف‌اند و مانند محلول‌ها از سوراخ‌های کاغذ صافی می‌گذرند. با وجود این، چهار تفاوت اساسی میان کلوییدها و محلول‌ها دیده می‌شود:

1. در کلوییدها، اندازه‌ی ذرات پخش شده، از اندازه‌ی ذرات حل شده در محلول‌ها، یعنی مولکول‌ها و یون‌ها، بزرگتر و بین ۱۰-۷ و ۱۰-۸ سانتی‌متر است؛ در حالی که اندازه‌ی ذرات حل شده در محلول‌ها در حدود ۱۰-۹ متر (نانومتر) است، یعنی ابعاد یونها.
2. اگرچه معمولاً اندازه‌ی ذرات سازنده‌ی کلوییدها 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 کلوییدی 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 کلویید کاملاً مشخص است؛

به ترتیب از چپ به راست: کلویید پودر طلا، محلول کلرید طلا، سوسپانسیون سولفات آهن و کلرید طلا



3. کلوییدها برخلاف محلول‌ها حالت پایدار ندارند، بلکه با گذشت زمان تغییر می‌کنند؛

4. ذرات سازنده‌ی کلوییدها بر خلاف 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، کلویید حالت «نیمه‌جامد» یا «ژله» به خود می‌گیرد، یا اینکه لخته می‌شود.

خواص محلول‌ها، کلوییدها و سوسپانسیون‌ها

سوسپانسیون‌ها	کلوییدها	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 کلوییدی

اگر جسمی را که نرم ساییده شده است در آب بریزیم، یکی از سه حالت زیر پیش می‌آید:

1. ممکن است یک «محلول حقیقی» تشکیل شود که نتیجه‌ی پراکنده شدن اتم‌ها، مولکول‌ها یا یون‌های آن جسم در یک حلال است. اندازه‌ی ذرات در این محلول از حدود 1 nm تجاوز نمی‌کند؛
2. این امکان وجود دارد که ذرات بزرگتر از حدود 100 nm باقی بمانند. 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 1 nm تا حدود 100 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. کلوییدها در میانه‌ی سوسپانسیون‌ها و محلول‌ها 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 محلول‌ها، سوسپانسیون‌ها و کلوییدها

دوام	اندازه‌ی ذره	نوع
دائمی	$1\text{nm} < \text{ذره}$	محلول
دائمی	$100\text{nm} > \text{ذره} > 1\text{nm}$	کلوئید
نه نشین می‌شود	$100\text{nm} < \text{ذره}$	سوسپانسیون

دسته‌بندی کلوییدها

کلوییدها را برحسب حالت ذرات پخش شده (جامد، مایع و گاز) و حالت محیط پخش کننده می‌توان مطابق جدول زیر دسته‌بندی و نام‌گذاری کرد:

نمونه‌ها	نام کلی	حالت محیط پخش کننده	حالت ذرات پخش شده
—	—	گاز	گاز
ابرومه / افشانه‌های حشره کش / 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)	امولسیون	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 در مورد کلوییدها

الف - حرکت براونی ذرات کلوییدی

اگر یک قطره شیر را با میکروسکوپ نوری به دقت نگاه کنید، ذرات تشکیل دهنده‌ی آن را در حال حرکت دائم می‌بینید. این ذرات پیوسته و به طور نامنظم تغییر جهت می‌دهند. ذرات کلوییدی هنگامی که به هم می‌رسند، در برخورد با یکدیگر تغییر مسیر می‌دهند. به این حرکت دائمی و نامنظم ذرات کلوییدی «حرکت براونی» می‌گویند.

ب - دستگاه الکتروفورز

دستگاهی است که برای مطالعه‌ی حرکت ذرات کلوییدی در میدان الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ج - دیالیز

فرایند جدا کردن یون‌ها از ذرات کلوییدی «دیالیز» نامیده می‌شود. این کار معمولاً به کمک یک غشای مناسب صورت

می‌گیرد. امروزه از دیالیز به طور گسترده برای تصفیه‌ی خون استفاده می‌شود. مطالعه و آزمایش بر روی انواع کلوئیدهای جامد در مایع آسان و ارزان‌تر از زمینه‌های دیگر نانو فناوری به نظر می‌رسد. شاید شما هم بتوانید نانوذرات مفیدی بسازید! حالا که می‌دانید سابقه و ریشه‌ی نانوذرات همان کلوئیدها هستند، منابع علمی بیشتری در اختیار دارید؛ مخصوصاً به زبان شیرین پارسی!

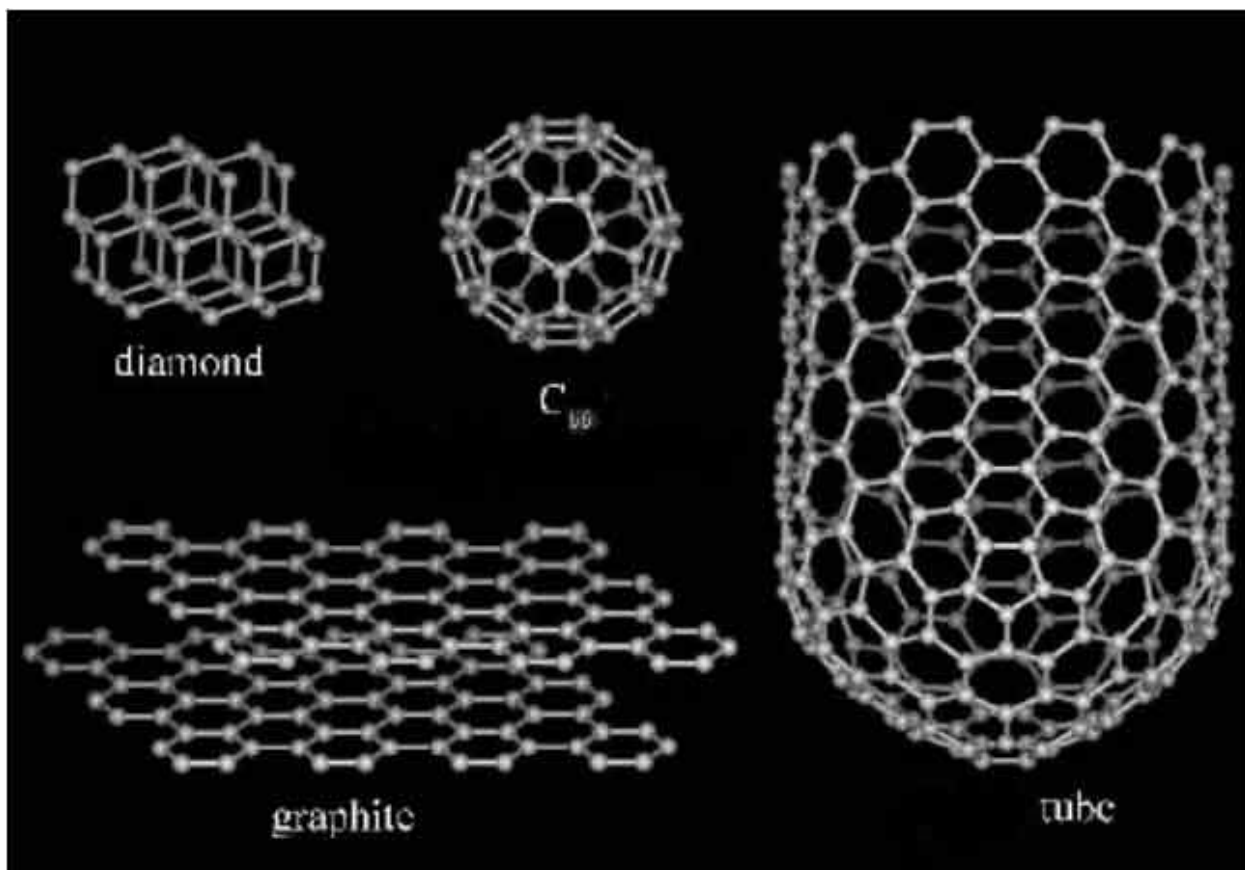
در آینده در مورد روش‌های مطالعه روی نانوذرات در مخلوط‌های کلوئیدی و کاربرد آنها بیشتر صحبت خواهیم کرد. جداسازی مواد انواع گوناگونی دارد که «صافی» و «غشا» دو نوع از آنها هستند. غشا به دسته‌ای می‌گوییم که اندازه‌ی منفذها در آن حدود ابعاد سلولی (میکرون) است. اما صافی نام کلی‌تری است برای ابزاری که برای جداسازی مواد به کار می‌روند. در صافی‌های معمولی، اندازه‌ی منفذها بسیار بزرگتر از ابعاد سلولی است.

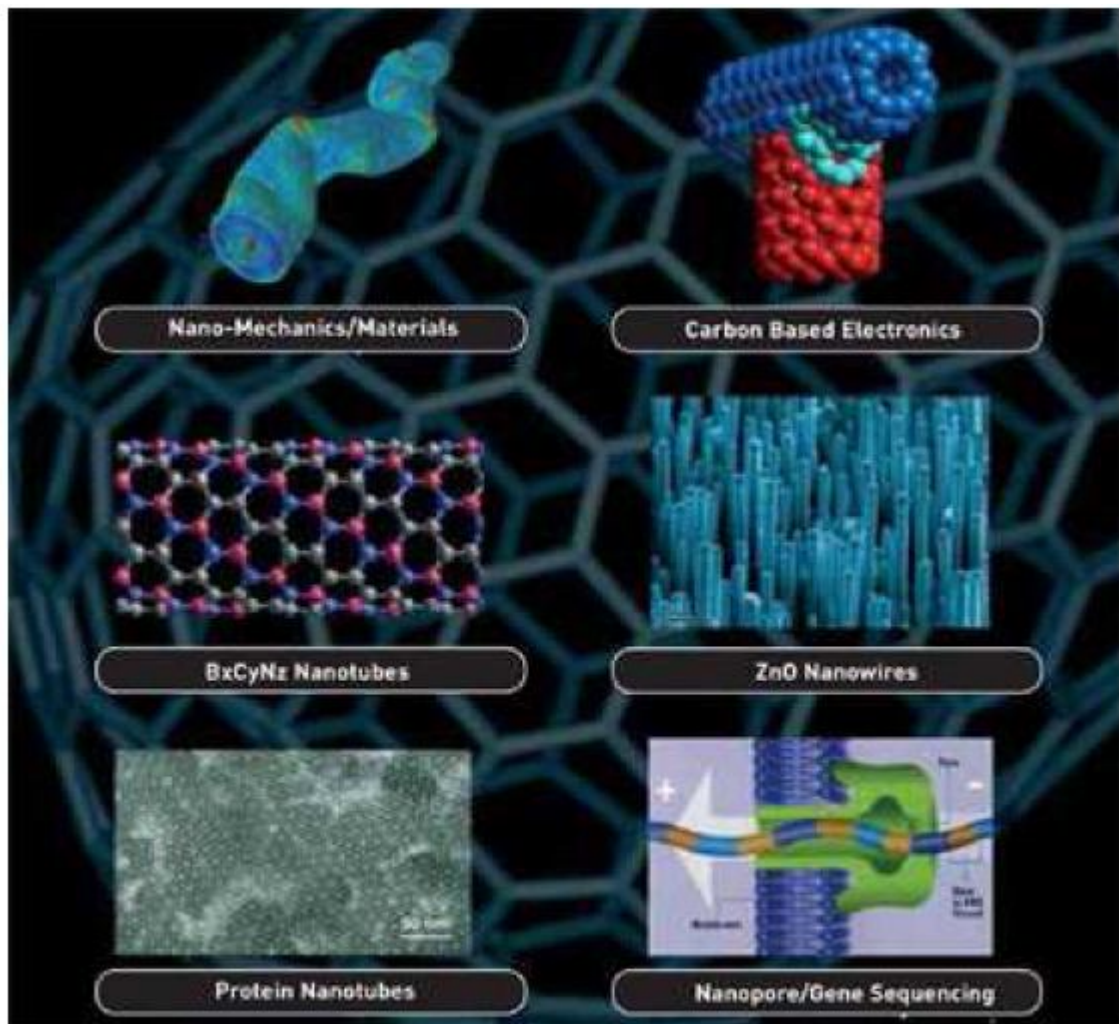
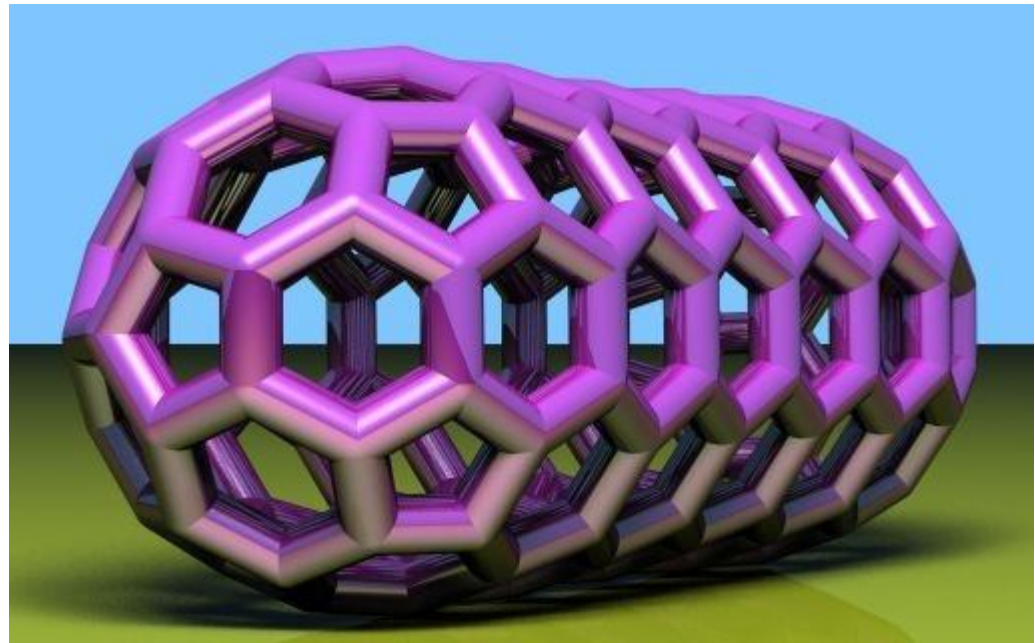
نانولوله‌های کربنی

کربن یکی از عناصر شگفت‌انگیز طبیعت است و کاربردهای متعدد آن در زندگی بشر، به خوبی این نکته را تایید می‌کند. به عنوان مثال فولاد - که یکی از مهم‌ترین آلیاژهای مهندسی است - از انحلال حدود دو درصد کربن در آهن به حاصل می‌شود؛ با تغییر درصد کربن (به میزان تنها چند صدم درصد) می‌توان انواع فولاد را به دست آورد. «شیمی آلی» نیز علمی است که به بررسی ترکیبات حاوی «کربن» و «هیدروژن» می‌پردازد و مهندسی پلیمر هم تنها براساس عنصر کربن پایه‌گذاری شده است.

کربن، به چهار صورت مختلف در طبیعت یافت می‌شود که همه این چهار فرم جامد هستند و در ساختار آنها اتم‌های کربن به صورت کاملاً منظم در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. این ساختارها عبارتند از:

1- گرافیت 2- الماس 3- نانولوله‌ها 4- باکی‌بال‌ها (مانند C60 در شکل زیر)





اشکال گوناگون نانولوله ها

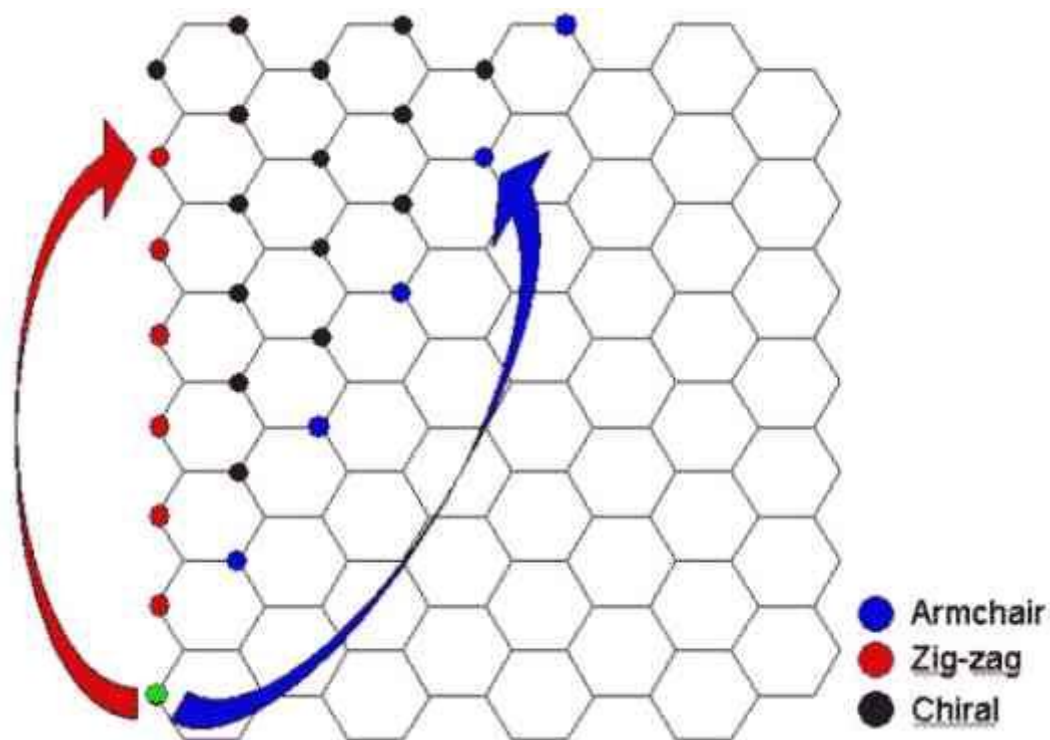
گرافیت:

گرافیت یکی از مهم‌ترین ساختارهای کربن در طبیعت است و از قرار گرفتن شش اتم کربن در کنار یکدیگر به وجود آمده است. این اتم‌های کربن به گونه‌ای با یکدیگر ترکیب شده‌اند که یک شش ضلعی منتظم را پدید می‌آورند و از مجموع آنها، صفحه‌ای به دست می‌آید که به عنوان یک «لایه گرافیت» در نظر گرفته می‌شود.

اتم‌های کربن با پیوندهای کووالانسی - که پیوندی قوی و محکم است - به یکدیگر متصل شده‌اند. لازم به ذکر است که اتم‌های کربن به کار رفته در یک لایه گرافیت نمی‌توانند با کربنی خارج از این لایه پیوند کووالانسی بدهند. بنابراین یک لایه گرافیت از طریق پیوندهای واندروالس - که پیوندهایی ضعیف هستند - به لایه زیرین متصل می‌شود. این مساله باعث می‌شود که صفحه‌های گرافیت به راحتی روی یکدیگر بلغزند. به همین دلیل از این ترکیب در «روغن کاری» و «روان کاری» استفاده می‌شود. علت نرمی سطوحی که با مداد روی آنها نوشته شده است نیز همین نکته می‌باشد

نانولوله‌ها

یک لایه گرافیت را در نظر بگیرید. اتم‌هایی را که در یک ردیف قرار گرفته‌اند با (n, m) - که نشان‌دهنده 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 صفحه گرافیتی 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.



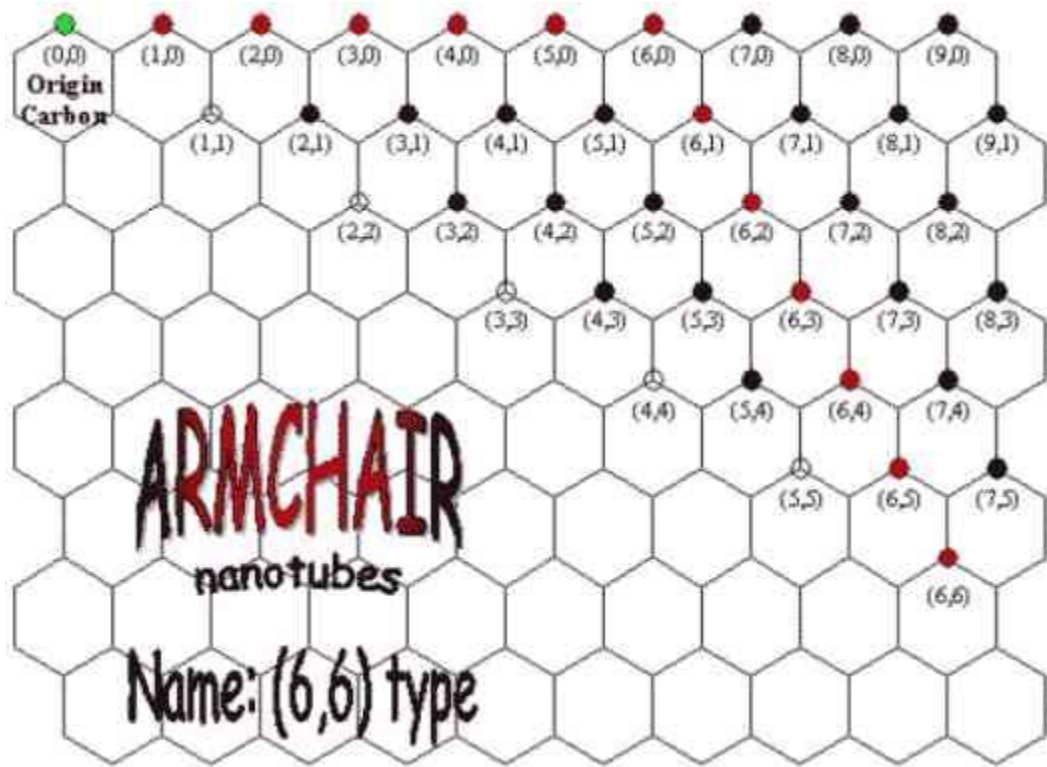
1. نوع زیگزاگ

برای ساختن نوع زیگزاگ نانولوله، مطابق شکل اتم‌ها را در راستای افقی (ستون به ستون) شماره‌ده { (۱۰) ، (۲۰) و ... }، اتم انتهایی (۵۰) را با خم کردن صفحه، بر روی اتم ابتدایی (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.



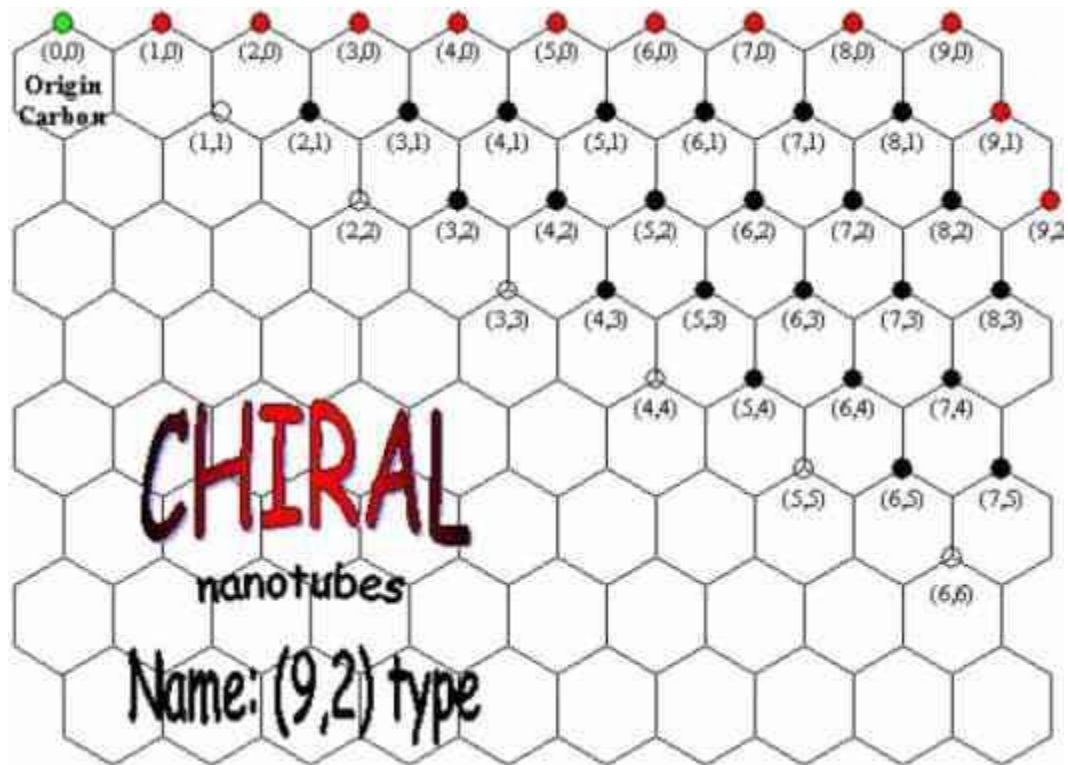
2. نوع صندلی

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 می‌آید. در این حالت می‌توانیم 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 می‌کنیم، با این تفاوت که در مختصات اتم انتهایی، $m \neq n$ خواهد بود. اگر یک بار افقی به دور نانولوله بچرخیم مجموعه‌ای از صندلی‌ها را می‌بینیم که نسبت به افق، به صورت مایل قرار گرفته‌اند. برای ساختن مدلی از هر کدام از انواع نانولوله‌ها فقط کافی است مطابق شکل کاغذ را خم کرده و نقطه‌ی انتهایی را بر نقطه‌ی ابتدایی منطبق نماییم.



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 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 نانولوله - 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 دارای 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 راکت‌های تنیس و ...

2. خواص فیزیکی

مهم‌ترین خاصیت فیزیکی نانولوله‌ها، «هدایت الکتریکی» آنهاست. هدایت الکتریکی نانولوله‌ها بسته به زاویه و نوع پیوندها، از دسته‌ای 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 اتم‌ها می‌شود، ارتعاش اتم‌ها بیشتر شده و در اثر برخورد با یکدیگر بار الکتریکی وارد شده را انتقال می‌دهند. هر چه نظم اتم‌ها بیشتر باشد، هدایت الکتریکی آن دسته از نانولوله‌ها بیشتر خواهد بود. تقسیم بندی ابتدای متن بر اساس نظم اتمهای 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 زیگزاگ و نوع نامتقارن نیمه رسانا هستند. خاصیت نیمه رسانایی نانولوله‌ها بسته به نوع آنها تغییر می‌کند.

× خواص فوق‌العاده نانولوله‌ها و روشهای پیچیده تولید آنها باعث شده است که قیمت هر گرم از این ماده حدود چندصد دلار باشد.

میکروسکوپ نیروی اتمی

AFM

تاریخچه

نانومتر واحد بسیار بسیار کوچکی برای اندازه‌گیری 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 می‌شود. برای درک میزان کوچکی این واحد طول خوب است بدانیم که تار موی انسان حدوداً ۸۰ هزار نانومتر قطر دارد، بنابراین برای مشاهده پدیده‌ها و درک اثراتی که در این اندازه بسیار کوچک وجود دارد نه تنها به چشم غیر مسلح نمی‌توان تکیه کرد بلکه حتی از میکروسکوپ‌های معمولی که در آزمایشگاه‌ها وجود دارند نیز، نمی‌توانند استفاده کنند چراکه با این میکروسکوپ‌ها فقط تا ابعاد "میکرومتر" را می‌توان دید.

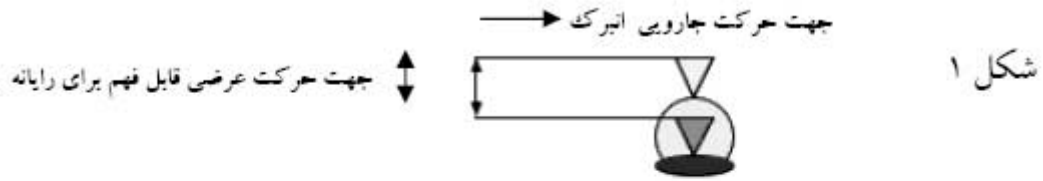
به همین دلیل دانشمندان با پیشرفت علم و فنون به فکر ساختن وسایلی افتادند که بتوانند ابعاد اتمی را هم اندازه‌گیری کنند. وسایل زیادی با روش‌های مختلف برای این منظور ساخته شده است که خیلی از آنها کامل شده نمونه‌های قبلی است. اما میکروسکوپ نیروی اتمی جزو جدیدترین دستاوردهای دانشمندان در زمینه اندازه‌گیری 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 جربر و کوایت ساخته شد.

دستگاهی که بینینگ و همکارانش ساخته بودند از نظر عملکرد کاملاً مشابه میکروسکوپ‌های نیروی اتمی امروزی بود و در طی این بیست سال تنها دقت و روش فهم نهایی اندازه‌ها پیشرفت کرده است. با این دستگاه می‌شد طولهایی تا حدود "سیصد آنگستروم" یا "سی نانومتر" را اندازه گرفت. با گذشت زمان این دستگاه کاملتر شد و امروزه می‌توان با دقتی بیش از پانصد برابر دقت میکروسکوپ بینینگ سطوح مواد را مشاهده نمود.

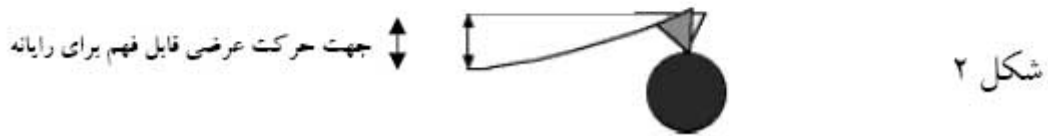
• روش کار

می‌دانیم که تمامی اجسام هر اندازه هم که به ظاهر صاف و صیقلی باشند، باز هم در سطح خود دارای پستی و بلندی و ناصافی‌هایی هستند. به عنوان مثال سطح شیشه بسیار بسیار صاف و صیقلی به نظر می‌رسد، اما اگر در مقیاس خیلی کوچک به آن نگاه کنیم، خواهیم دید که سطح شیشه پر از ناصافی‌ها یا به عبارتی "دست انداز" است. کار میکروسکوپ نیروی اتمی نشان‌دادن این ناصافی‌ها و اندازه‌گیری عمق آنهاست. ثبت چگونگی قرارگیری و نشان دادن عمق و ارتفاع پستی و بلندی‌ها در یک سطح خاص از ماده را "توپوگرافی" می‌نامند. می‌دانیم که نیروهای بسیار کوچکی بصورت جاذبه و دافعه بین اتمهای باردار وجود دارند، (درست مثل دو سر

ناهمنام آهنربا که باعث دفع و جذب می‌شوند). چنین نیروهایی بین نوک میکروسکوپ و اتمهای سطح ایجاد می‌گردد. با اندازه‌گیری نیروی بین اتمها در نقاط مختلف سطح، می‌توان محل اتمها روی آن را مشخص کرد.



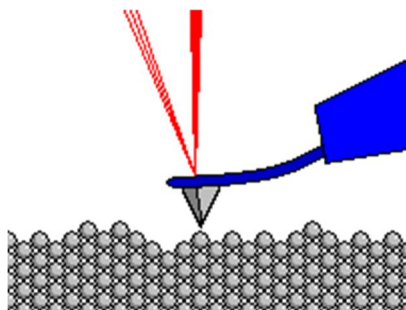
شکل ۱



شکل ۲

میکروسکوپ نیروی اتمی از اجزاء و قطعات مختلفی تشکیل شده است که مهم‌ترین بخش آن مجموعه "انبرک و نوک" می‌باشد و در واقع قسمت اصلی برای شناخت سطوح به شمار می‌آید. جنس انبرک معمولاً از سیلیسیم و نوک از یک تک اتم (معمولاً اتم الماس) تشکیل شده است. برای اینکه میکروسکوپ نیروی اتمی بتواند برجستگی‌ها و فرورفتگی‌ها را در ابعاد نانومتر حس کند لازم است نوک تیز انبرک ظرافت اتمی داشته باشد. همان‌طور که ما با دستکش کار نمی‌توانیم زبری یا نرمی یک سطح را حس کنیم. از آنجا که تصاویر مربوط به اندازه‌های اتمی روی یک سطح با چشم غیرمسلح یا حتی مسلح به قوی‌ترین عدسی‌ها قابل مشاهده نیست، به کمک ابزارهای پیشرفته، حرکات عرضی لمس شده توسط انبرک و نوک ویژه میکروسکوپ را به تصاویر ویدئویی تبدیل می‌کنند تا امکان مشاهده آرایش اتم‌های سطح، در صفحه رایانه امکانپذیر باشد.

درواقع کل فرآیند "جاروکردن سطح" به وسیله همان انبرک نوک‌دار صورت می‌گیرد. انبرک به راحتی در پستی و بلندی‌ها بالا و پایین می‌رود و انتهای آن هم به قسمتی متصل است که به جابجایی عرض انبرک بسیار حساس است و این تغییر فاصله‌ها را ثبت کرده و به علائمی تبدیل می‌کند که برای رایانه قابل فهم باشد. علائم گفته شده که "سیگنال" نام دارد توسط رایانه پردازش می‌شود تا نحوه قرارگیری اتم‌ها در کنارهم، بر روی صفحه نمایشگر، نشان داده شود.



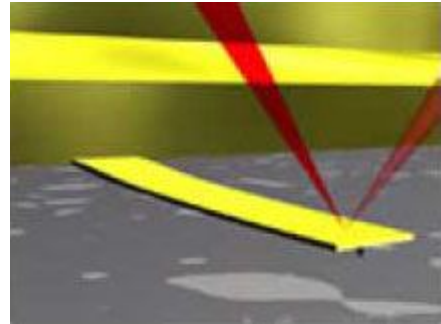
دو روش کلی برای جاروکردن سطح وجود دارد که عبارتند از روش تماسی و روش غیرتماسی.

در روش تماسی که برای بیشتر سطوح کارایی دارد، نوک انبرک در فاصله‌ای بسیار کم از سطح قرار می‌گیرد و به محض رسیدن به پستی یا بلندی به دلیل جابجایی که در انبرک ایجاد می‌شود، امکان نمایش توپوگرافی برای رایانه فراهم می‌گردد.

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 می‌شود، این مسئله باعث مشاهده غیرمستقیم آرایش اتم‌ها می‌گردد.

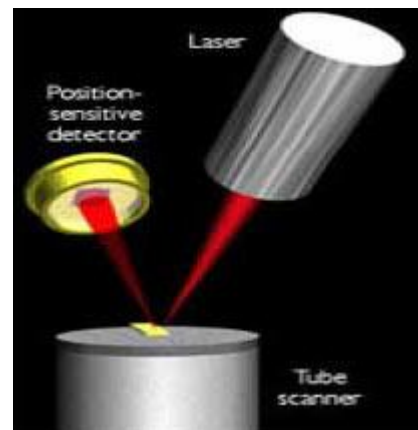
روش غیرتماسی بیشتر برای سطوح کثیف و آلوده مورد استفاده قرار می‌گیرد، در این شیوه ابتدا انبرک را با نوسانی دقیق به تحرک درمی‌آوریم و آن را روی سطح هدایت می‌کنیم. انبرک خاصیت ارتجاعی و فنری دارد و به راحتی در عرض بالا و پایین می‌شود. در این حالت نیرویی که بین سطح و نوک انبرک وجود دارد، در نوسان انبرک تأثیر 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 با توجه به میزان انحراف ثبت شده در دستگاه، دانشمندان نقشه پستی و بلندی (توپوگرافی) را دقیقتر ترسیم می‌کنند (شکل ۴).



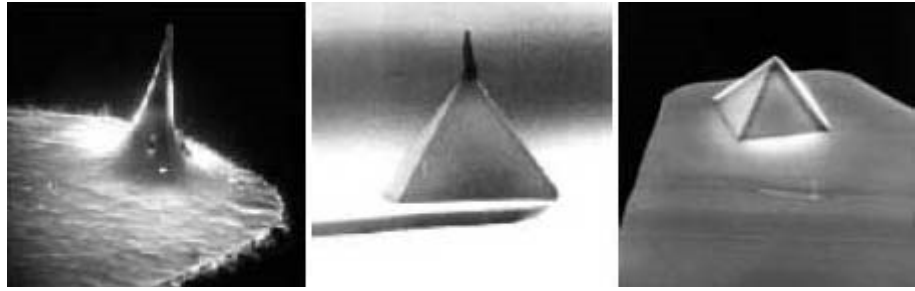
شکل ۴

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، فضانوردی و انرژی تأثیرگذار بوده‌اند. در واقع اختراع میکروسکوپ نیروی اتمی فصل جدیدی در پیشرفت فناوری نانو و کاربردهای صنعتی آن می‌باشد.

نمونه‌هایی 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 علاوه فهرست کامل نوع و مکان اتم‌های سازنده آن است.

آشنایی با عملکرد میکروسکوپ نیروی اتمی

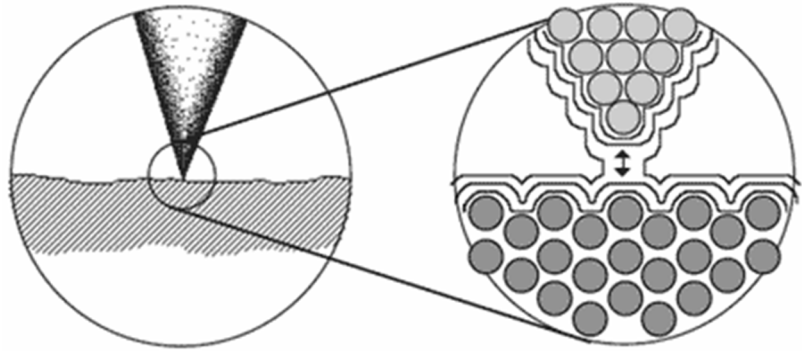
تلاش برای دیدن سطوح بسیار نازک، از مهم‌ترین فعالیت‌های علمی آزمایشگاه‌های جهان است. این کار، بسیار مشکل و معمولاً غیراقتصادی است. کدام کار؟ دیدن مستقیم سطوح بسیار نازک مانند سطح کف دریا یا سطح اتم. روش معمول برای دیدن چنین سطوحی غیرمستقیم است؛ یعنی جمع‌آوری داده‌های دقیق و پردازش آنها توسط رایانه‌ها و تبدیلیشان 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.

مروزه 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 اقیانوس‌پیمای 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.

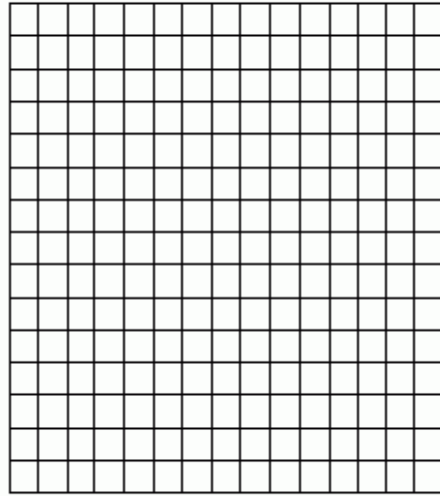
در میکروسکوپ نیروی اتمی نیز از این روش دیدن استفاده می‌شود. AFM پیمایشگری را روی سطح ماده حرکت می‌دهد. همزمان با حرکت این پیمایشگر بر سطح ماده، نیروی مکانیکی بین کاوشگر و ماده محاسبه می‌شود. این داده‌ها برای به تصویر کشیدن سطح اتم در رایانه مورد استفاده قرار می‌گیرند.



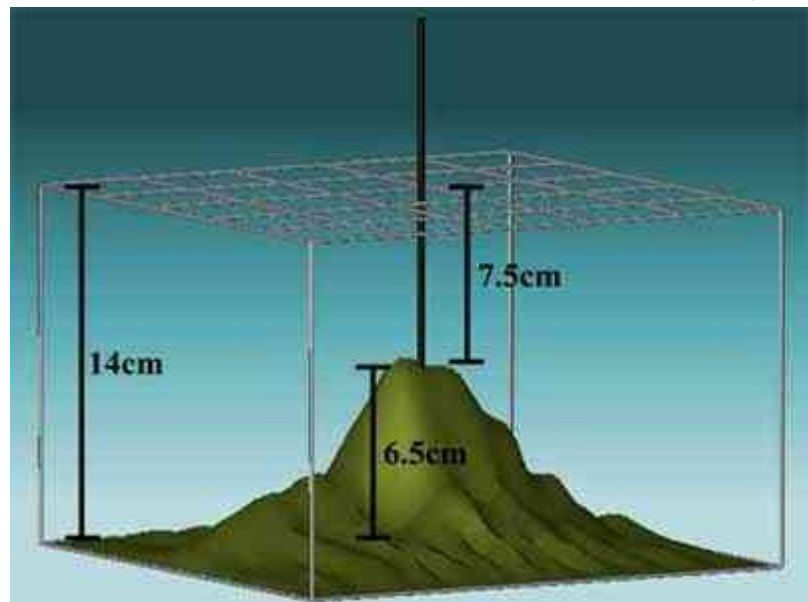
در اینجا آزمایشی را به شما معرفی می‌کنیم که شما را با رفتار یک میکروسکوپ نیروی اتمی آشنا می‌کند. با این آزمایش می‌توانید بدون دیدن مستقیم، داده‌هایی را از درون یک جعبه در بسته استخراج کنید و با استفاده از آنها تصاویری دو و سه‌بعدی از سطح درونی آن ترسیم نمایید.

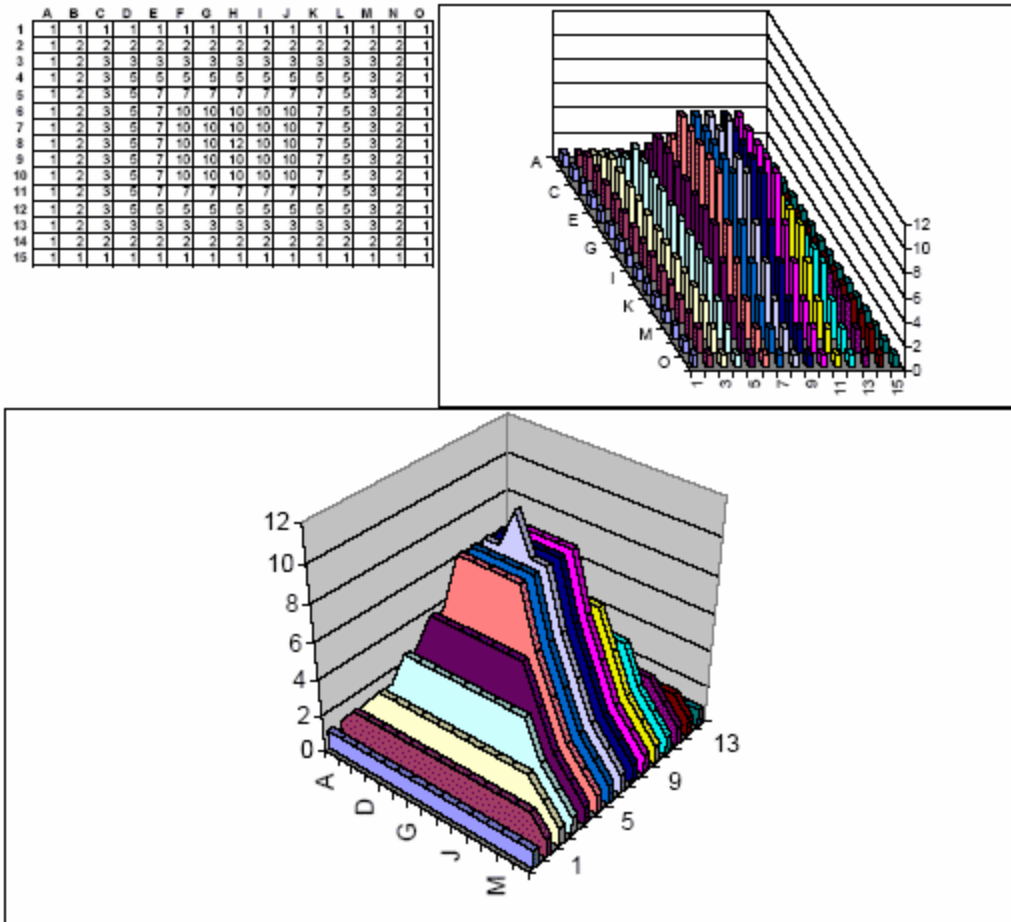


یک جعبه کفش خالی را بردارید و از دوستان بخواهید که یک وسیله مجهول درون جعبه درست وسط آن بچسباند و در آن را هم محکم ببندد. حالا کاغذی شطرنجی، مانند تصویر زیر، روی آن بچسبانید. (اگر چاپگر دارید، روی تصویر کلیک کنید و نسخه با کیفیت بالاتر را دانلود کنید و از آن پرینت بگیرید.)



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 فرورفته 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 سانتیمتر 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 به‌راحتی 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 پرکاربردترین 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 روش‌های کروماتوگرافی

روش‌های کروماتوگرافی می‌توانند جداسازی‌هایی را که به روش‌های دیگر خیلی مشکل‌اند، به انجام برسانند. زیرا اختلاف جزئی موجود در رفتار جزئی اجسام، در جریان عبور آنها از یک سیستم کروماتوگرافی چند برابر می‌شود. 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 می‌توان 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 می‌تواند در عرض چند دقیقه یا چند ساعت انجام گیرد.
- یکی از مزایای برجسته روش‌های کروماتوگرافی این است که آنها آرام هستند. به این معنی که احتمال تجزیه مواد جداشونده به وسیله این روش‌ها در مقایسه با سایر روش‌ها کمتر است.
- مزیت دیگر روش‌های کروماتوگرافی این است که تنها مقدار بسیار کمی از مخلوط برای تجزیه لازم است. به این علت، روش‌های تجزیه‌ای مربوط به جداسازی کروماتوگرافی می‌توانند در مقیاس میکرو و نیمه میکرو انجام گیرند.
- روش‌های کروماتوگرافی ساده، سریع و وسایل مورد لزوم آنها ارزان هستند. اجزای مخلوط‌های پیچیده را به کمک این روش‌ها می‌توان از یکدیگر جدا کرد

مواد	انواع کروماتوگرافی
مواد شیمیایی مشابه	کروماتوگرافی تقسیمی
مواد شیمیایی غیر مشابه	کروماتوگرافی جذب سطحی
گازها و اجسام فرار	کروماتوگرافی گازی
مواد یونی و معدنی	کروماتوگرافی تبادل یونی در ستون کروماتوگرافی کاغذی یا لایه نازک
مواد یونی و غیر یونی	الکتروفوز ناحیه‌ای

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 (HELIC)، وقتی که روش‌های ساده فاقد کارایی لازم هستند، می‌تواند جوابگو باشد.

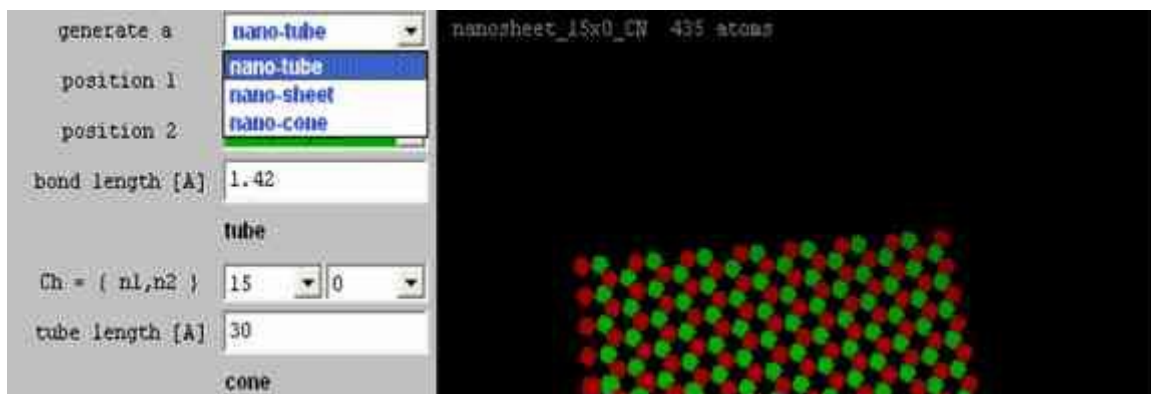
نانولوله‌ها، نانوصفحات و نانومخروط‌ها

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 شش‌ضلعی 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 هر یک 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 [A]bond length به معنی «طول پیوند بر حسب آنگستروم» است. آنگستروم واحد طول به اندازه‌ی متر است، یعنی ۰،۱ 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 $\{n1, n2\} = Ch$ 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 [A]tube length 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 [A]cone height 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 نوشته می‌شود. مثلاً به این شکل:

```
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
```

سه عدد سمت چپ به ترتیب مختصات طول، عرض و ارتفاع اتم‌ها هستند. عدد چهارم، نوع اتم را ۱ یا 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 A/\deg screw به معنی «تاب خوردگی برحسب زاویه در واحد طول آنگستروم» است. در حالت پیش فرض، مقدار این موضوع ۰ است. یعنی نانولوله اصلاً تاب نمی خورد. 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 فضاپرکن خواهد بود. اگر این موضوع تیک نخورده باشد، تصویر صفحه‌ی سمت راست به صورت مدل سیمی دیده می شود.

اگر عبارت stereo تیک نخورده باشد، تنها یک نانوساختار خواهید دید، اما اگر این موضوع را تیک بزنید، از نانوساختار ساخته شده دو نمونه دیده می شود. اگر عینک مخصوص برای سه‌بعدی دیدن را در اختیار داشته باشید، می توانید در این حالت، نانوساختار را سه‌بعدی ببینید. نگران نشوید، من هم از این عینک ها ندارم، ولی می توانید از این عینک ها 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 می گرفت، به محض برخورد به اولین پیچیدگی‌ها به بن بست می خورد و بی حاصل می ماند. با وجود این، کسانی هم بودند که از همین پیچیدگی‌ها لذت می بردند و برای رفع آنها کوشش می کردند. 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 نمی خواهیم 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 می کنیم: الان ساعت چند است؟ چقدر پول همراهان است و با این پول چقدر می شود خرید کرد؟ اگر این کار را بکنیم، چه نتیجه‌ای خواهد داشت...

محاسبات دیگری هم هستند که با تکیه صرف به توان ذهنی نتیجه نمی دهند. انجام این قبیل محاسبات نیازمند مقداری سواد و کاغذ و قلم است. محاسبات پیچیده تر به ابزاری پیچیده تر نیاز دارند. احتمالاً هیچ کس نمی تواند 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 نمی شود؛ کل زندگی بشر تحت الشعاع محاسبات مختلف قرار گرفته است. کسی که می خواهد یک چهارپایه بسازد، باید لااقل جمع و تفریق بلد باشد. کسی هم که می خواهد 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 می کند؟ چطور این تصاویر ثبت می شود به طوری که اگر یک بار دیگر آن را ببینیم یادمان می آید که آن را قبلاً دیده‌ایم؟ (جالب است بدانید که «سازمان فضانوردی آمریکا» (NASA) احتمال پاسخگویی و به کارگیری این تکنیک را سال‌های ۲۰۳۰ میلادی به بعد اعلام کرده است.:

حلّ 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. نانوفناوری از جمله مهمترین و اصلی‌ترین انقلاب‌های علمی و فناورانه آینده است و در این میان نانوفناوری 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. مدل‌سازی 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 حلّ 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 شبیه سازی اهمیت فراوانی دارد.

ج - آنچه یک متخصص شبیه‌سازی انجام می‌دهد

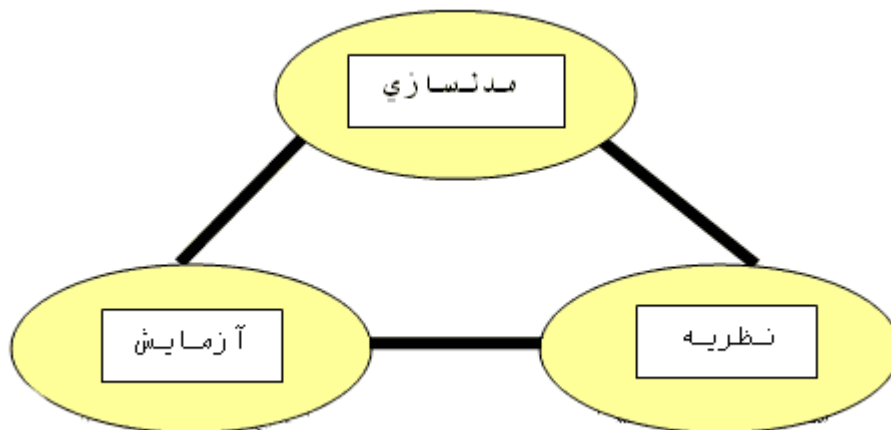
1. یک پدیده فیزیکی در طبیعت اتفاق افتاده است. رفتار اجزا و کل آن پدیده به‌دقت مورد مشاهده قرار می‌گیرد و ثبت و ضبط می‌شود. موادی (منظور مولکول‌هایی بزرگ یا کوچک) با اجزای مختلف، در حضور دیگر هم‌نوعان یا انواع دیگر، چه رفتاری دارند؟
2. متخصص، یا برای این پدیده‌ها توجیه منطقی دارد یا ندارد. اگر داشته باشد، 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 ثبت شده 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 حلّ 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 شبیه‌سازی 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 پردازیم. (هر چند آن‌هم در جای خود آموزنده است).
- 2 در شبیه‌سازی 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 (بعدها 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 پردازیم.
- 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 پردازیم. 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 «حلّ عددی» آشنا شوید، به حلّ 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

$$Y(t) \text{ را در دستگاه } y-t \text{ رسم کنیم، شیب خط مماس در نقطه } t \text{ برابر } \left. \frac{dy}{dt} \right|_t \text{ است. توجه کنید:}$$

$$v_x(t) = \frac{dx}{dt} \rightarrow v_x(t) \approx \frac{x(t+\delta t) - x(t)}{\delta t} \rightarrow x(t+\delta t) = x(t) + v_x(t) \times \delta t \quad (1)$$

در یک شبیه‌سازی از $t=0$ در رابطه ۱ شروع می‌کنیم. بعد با در نظر گرفتن مقداری برای که «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 حلّ 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 حلّ عددی معادلات مذکور هستند (که به روش اویلر معروف است). بعداً به تفصیل به روش‌های بادقت‌تر 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:

بہتر 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:

$$i = 0 \rightarrow \begin{cases} y_0 = y(0) = 10 \text{ m} \\ v_0 = v_y(0) = -2 \text{ m/s} \end{cases} \quad (5)$$

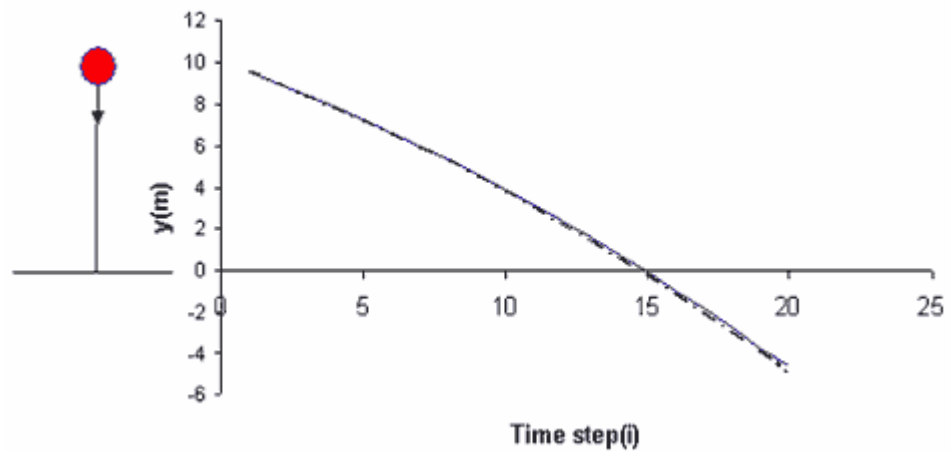
در جدول زیر (که تنها چند مقدار اول از نتایج محاسبات آمده است) با توجه به رابطه ۴ برای محل ذرات و انتخاب گام‌های زمانی 0.01 و 0.05 ، تعدادی از y ها تولید شده‌اند. به عبارت دیگر تابع $Y(t)$ به صورت گسسته - یعنی یکسری عدد- پیدا می‌شود.

i	مقدار واقعی باگام زمانی 0/01	مقدار محاسبه شده باگام زمانی 0/01	مقدار واقعی باگام زمانی 0/05	مقدار محاسبه شده باگام 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 محلّ ذره را در لحظات مختلف نشان می دهند.

اکنون می توان 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

} حلقه‌های 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 0.01 نیز اجرا کنیم، جوابهای y را نسبت به شماره گام زمانی مطابق جدول بالا تعیین میشوند. کم کردن گام زمانی از 0.05 به 0.01 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 1 و 2 علت اهمیت مقدار گام زمانی را توضیح دهید.
4. نموداری برای گام زمانی 0.005 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 0.0005 به جواب واقعی نزدیکتر است؟ چرا؟

$$a_x(t) = \frac{dv}{dt} \quad \text{و} \quad v_x(t) = \frac{dx}{dt}$$

7. الگوریتمهای دیگری نیز برای حل معادلات مثل اویلر - ریچاردسون، ورله و رانگ - کوتا وجود دارند که دقت محاسبات را به علت استفاده از مراتب بالاتر افزایش می دهند. درباره الگوریتمهای 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 بجه‌هایی که با برنامه نویسی میانه خوبی دارند، گذاشته شده است.

در ادامه به برخی از مواد نانو ساختار در صنعت ساختمان اشاره می‌کنیم.

۱- فیلمهای نانو لایه ۲- نانو پوششهای 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 چالشهای 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 والیاف و سایر پلیمرها به عنوان افزودنی خراط بتن را بهبود می دهد و باعث افزایش مقاومت ، دوام ومقاومت 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 فرودگاهها ، 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 ...)

Binder combination	Binder			Water	Aggregate		WB ^a	Superplasticizer ^b dosage	
	PC	FA	Nano-SiO ₂		Total	Fine			Coarse
C	500	-	-	500	140	659	1162	0.28	1.7
AC	250	250	-	500	140	644	1135	0.28	1.5
FAC	230	250	20	500	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 نانو تیوبهای چند جداره MWNT

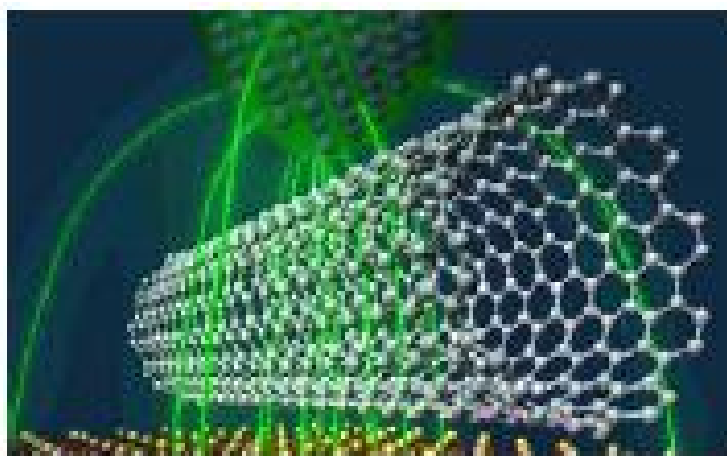
الیاف برای مسلح کردن و اصلاح عملکرد مکانیکی بتن بکار می رود امروزه الیاف فلزی ، شیشه ای ، پلی پروپیلن ، کربن و ... در بتن برای مسلح کردن و تقویت ماتریس آن بکار می رود و نانولوله ها کربنی که در ساخت بتن بکار می رود خواص ویژه قابل ملاحظه حرارتی و الکتریکی از خود نشان می دهند به طوری که هادی بودن حرارت 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 دیواره، 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 نانولولهها 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.

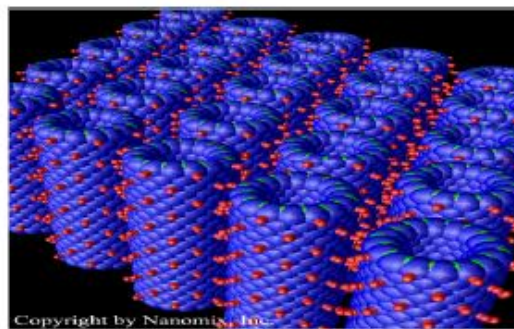
انواع نانو سیمانها

۱-سیمان حاوی نانولوله های کربنی

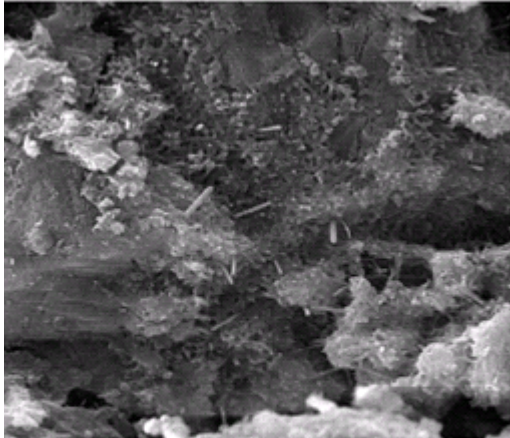
- نانو سیمان حاوی Al_2O_3
- نانو سیمان حاوی نانو سیلیس
- نانوسیمان حاوی Fe_2O_3
- نانوسیمان حاوی مونتموریلونیت
- نانوسیمان حاوی اکسید روی



Copyright by Nanomix, Inc.



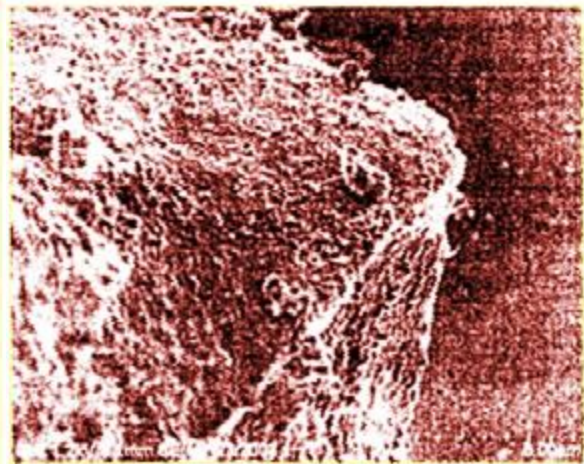
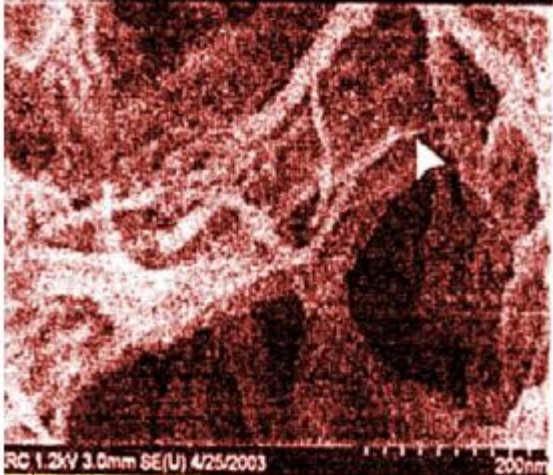
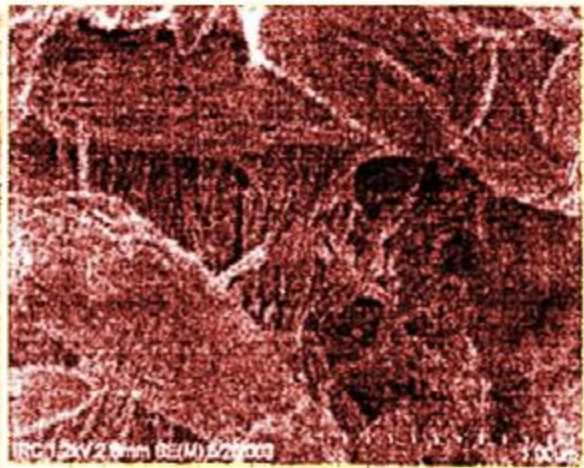
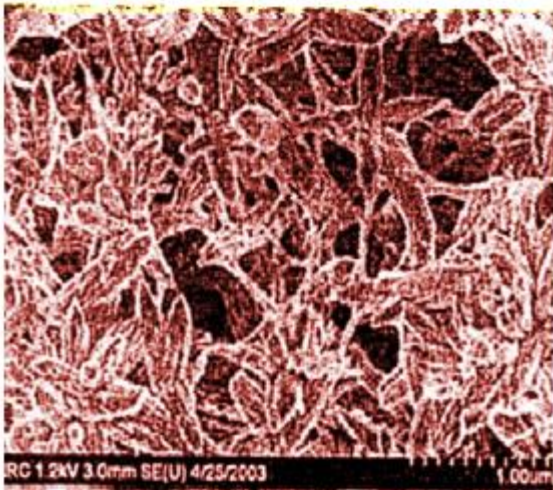
Copyright by Nanomix, Inc.

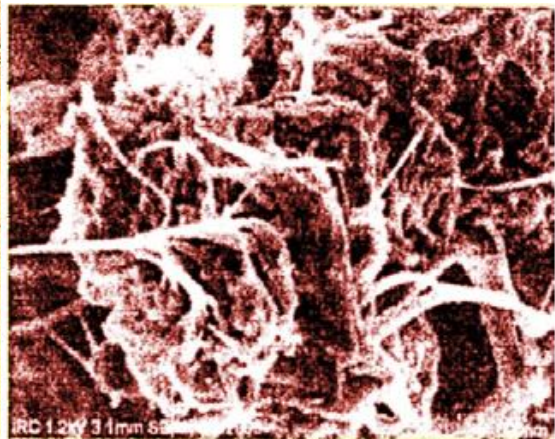
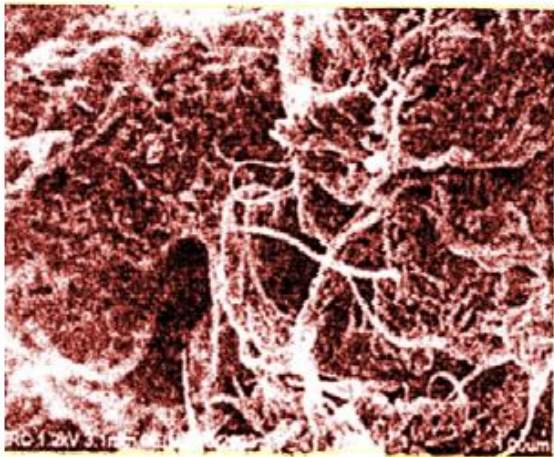
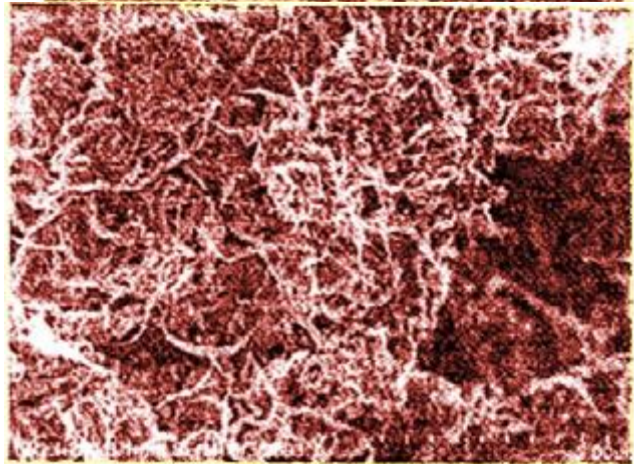
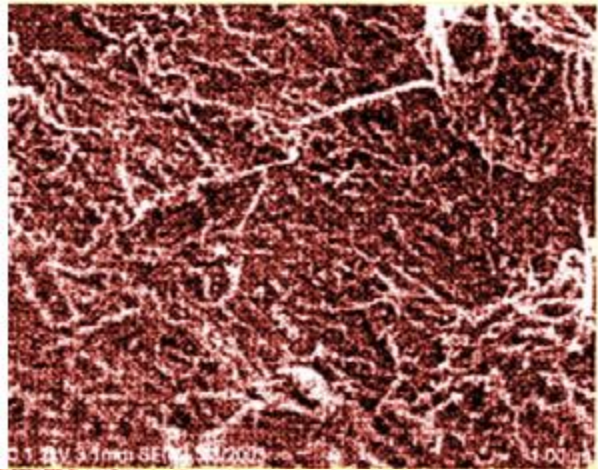


تصویر ریز ساختار نمونه شاهد

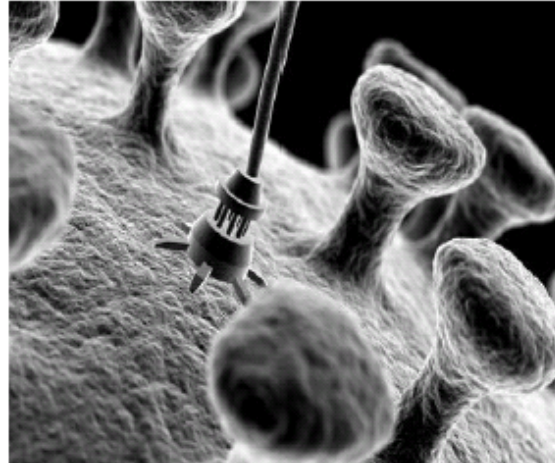
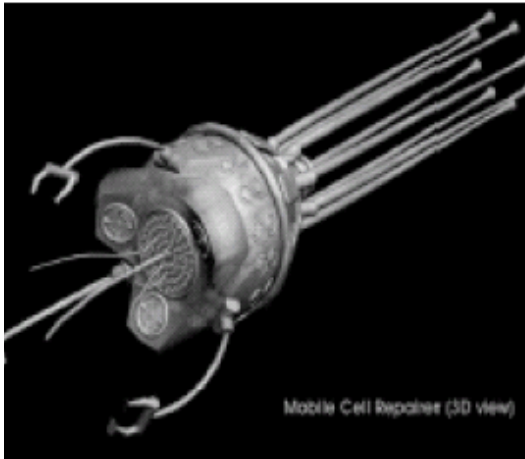


تصویر ریز ساختار نمونه

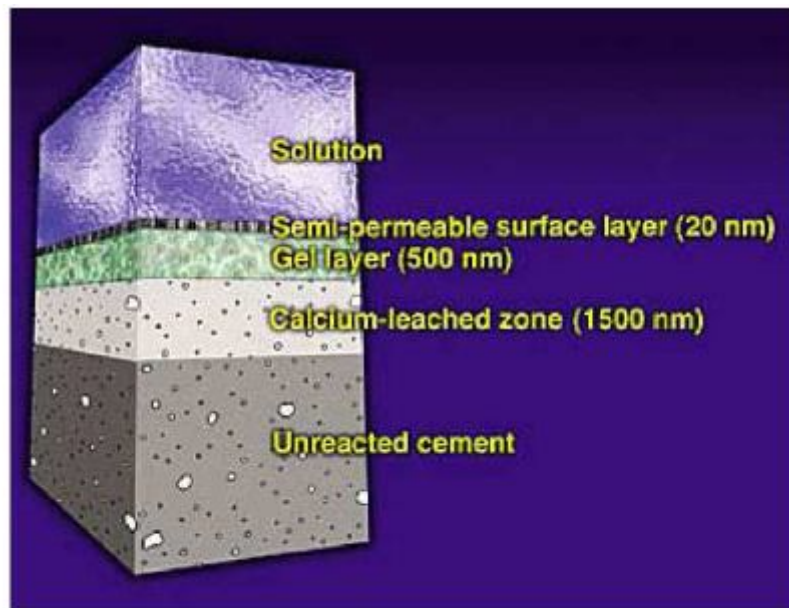




اتصال سیمان به نانو تیوبها
بتن هوشمند



نمونه هایی شماتیک از این نانو سنسورها ونحوه تركيشان در مقياس نانو



جزئيات هيدراته كردن ذرات سيمان 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 نانوسنگ:

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

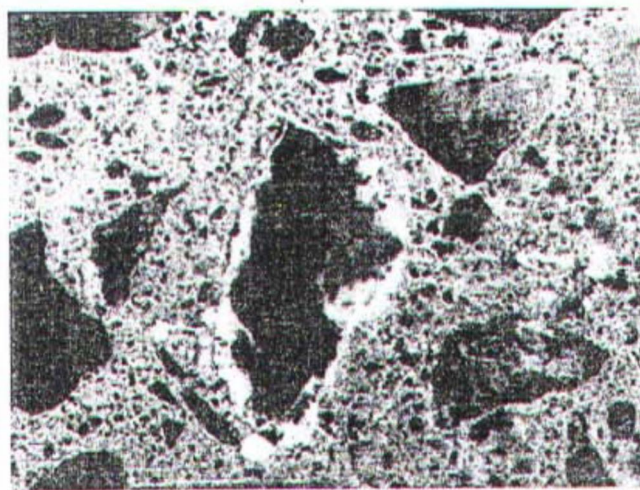
برای تولید شیشه مصنوعی از آن استفاده می شود و به عنوان یک ماده افزودنی بسیار مهم که باعث افزایش مقاومت و دوام ساختار بتنی که در معرض خوردگی نمک قرار گرفته، شناخته شده است و واکنش آن در مقیاس نانو است ولی اگر مقدار آن در طرح اختلاط بتن زیاد شود منجر می گردد

سیمان فعال نانو ساختار

از آنالیز شیمیایی رزناس 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 نشان می دهد. با مشاهده تصاویر واکنش سیمان و آب لایه سطحی به ضخامت ۲۰ نانومتر مانند یک سد نیمه تراوا وارد عمل می شود و با یونهای کلسیم و اکنش 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 سیلیکاتهایی 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 ضوئت تابعی از دما، حرارت، شیمی و... مورد مطالعه قرار گیرد.

واکنش ژل آلکالی سیمان (ASR) - Alkali Silica Reaction

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

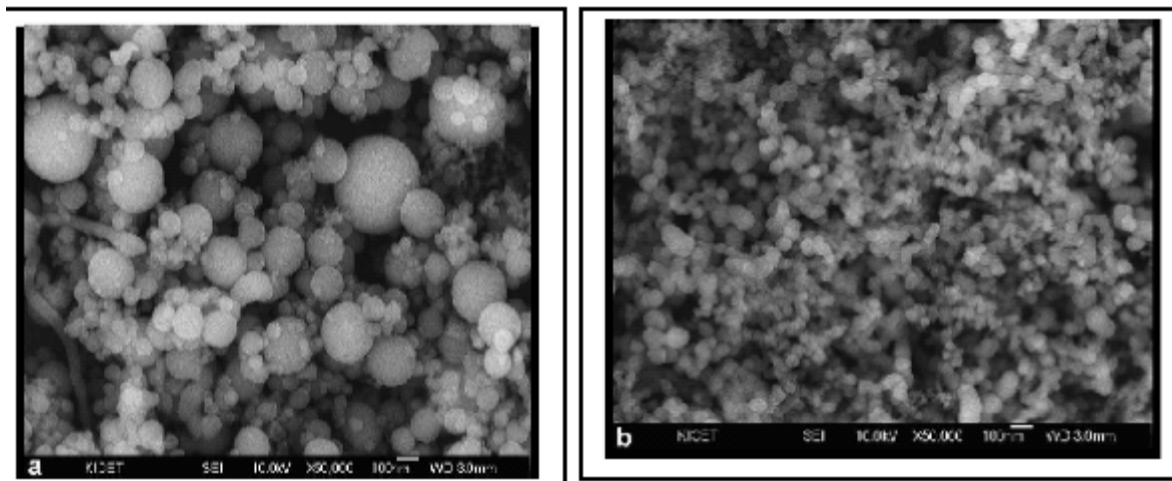
برهم کنش خاکستر بادی (نوعی پوزولان) و ژل نانو ساختارسیمان پرتلند، بر قدرت و دوام بتن اثر می گذارد، با استفاده از پراش نوترونی، کیفیت و چگونگی تغییرات را می توان به صورت تابعی از زمان و ترکیب Fly Ash می توان مطالعه کرد.



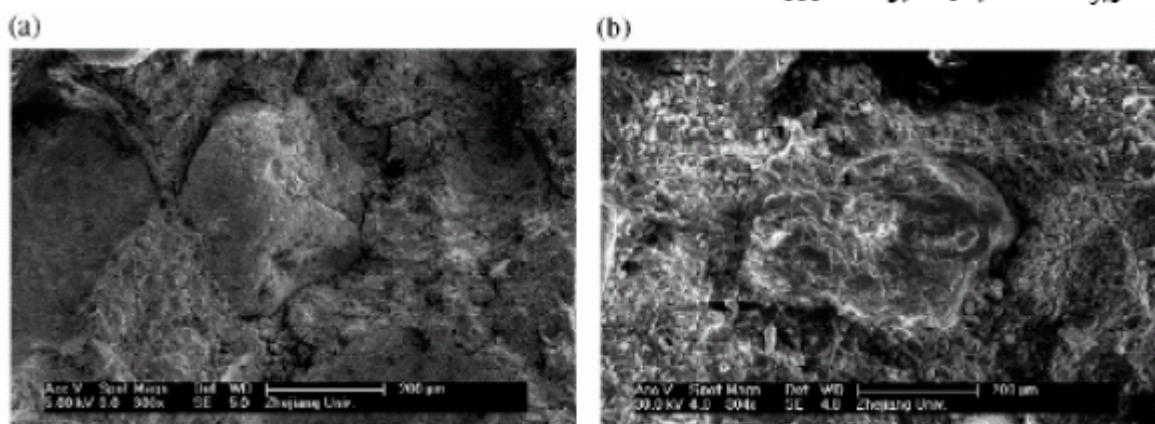
سرعت هیدراتاسیون سیمان

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 ۰-۵٪ nano-Al₂O₃ a- b



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 زیربناهای 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.



دکتر لیوینگستون، فیزیکدان برنامه تحقیقات زیربنایی پیشرفته در اداره کل بزرگراه‌های فدرال (FHWA)، می‌گوید: "آسفالت و سیمان هر دو جزء نانو مواد 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 کاتالیستی درون یک بستر اپوکسی ایجاد شده است.

یک ترک در حال ایجاد موجب گسستن میکرو کپسول‌های 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 هیجان آور 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 قابل‌بازیافت 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 باتری های با ذخیره انرژی بسیار بالا با استفاده از فناوری نانو
- تولید گرافیت و سرامیک با کیفیت با نانو تکنولوژی

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

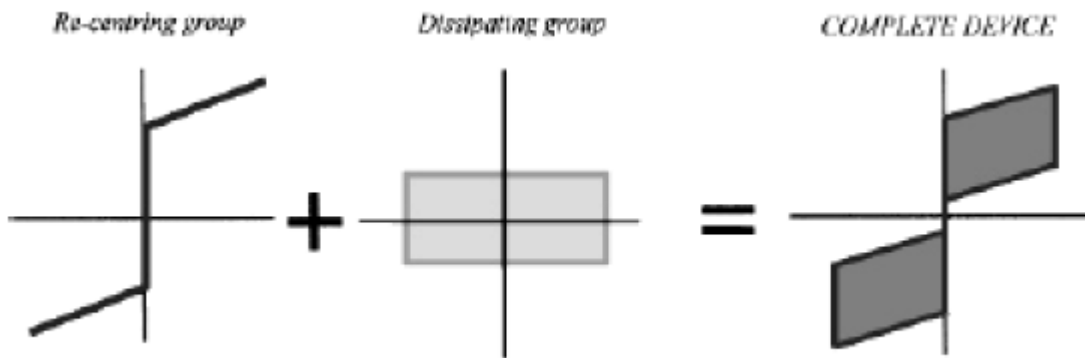
۳- مقاوم حرارتی heat resistance

۴- جوش پذیری weldability

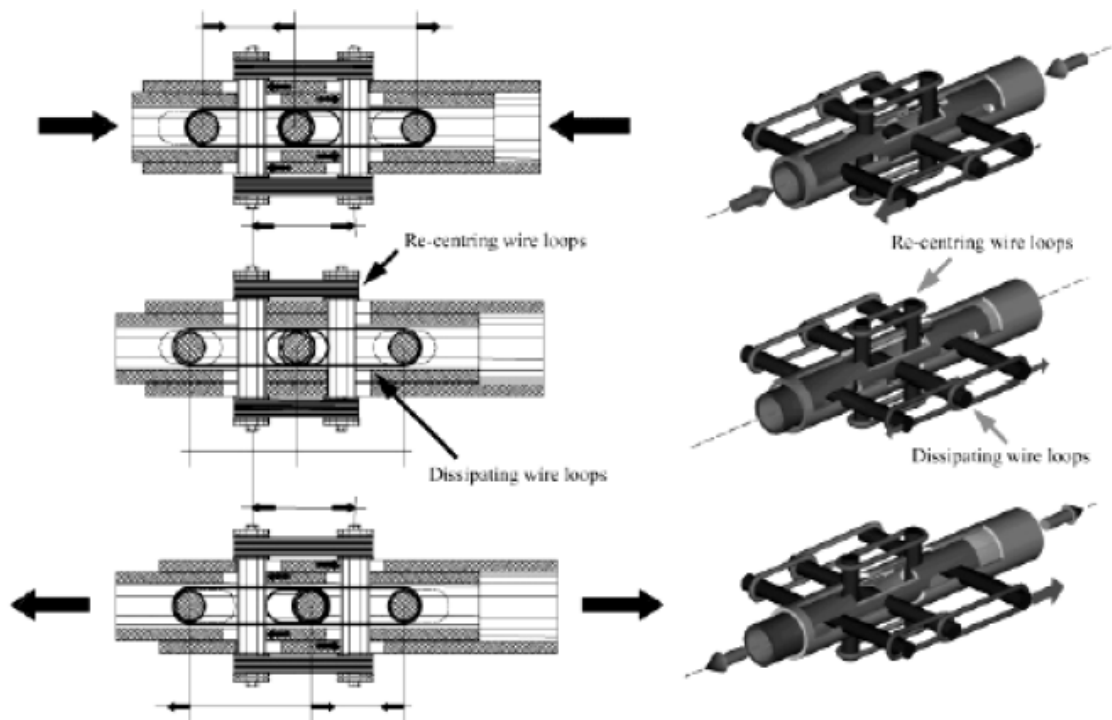
۵- سازگاری شیمیایی-فیزیکی مواد -Chemical physical compatibility with other materials

۶- هزینه سیکل نگهداری life cycle cost

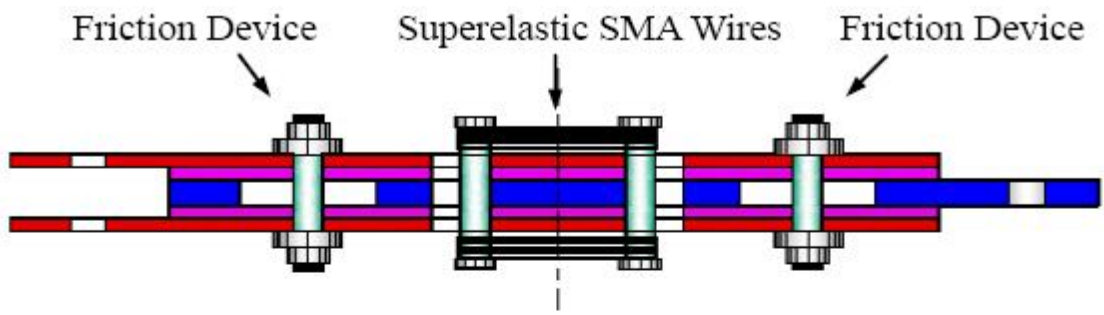
۷- تجدید پذیری recyclability



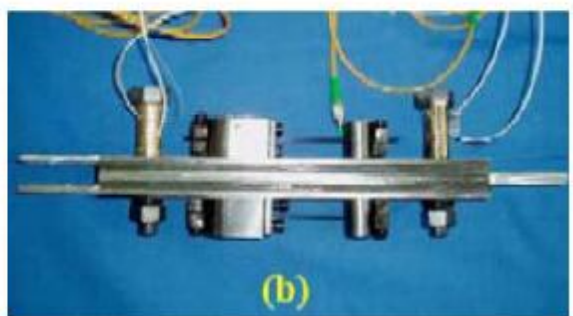
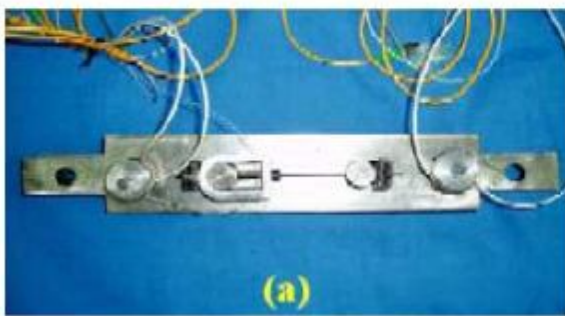
Idealized behavior of SMA device.



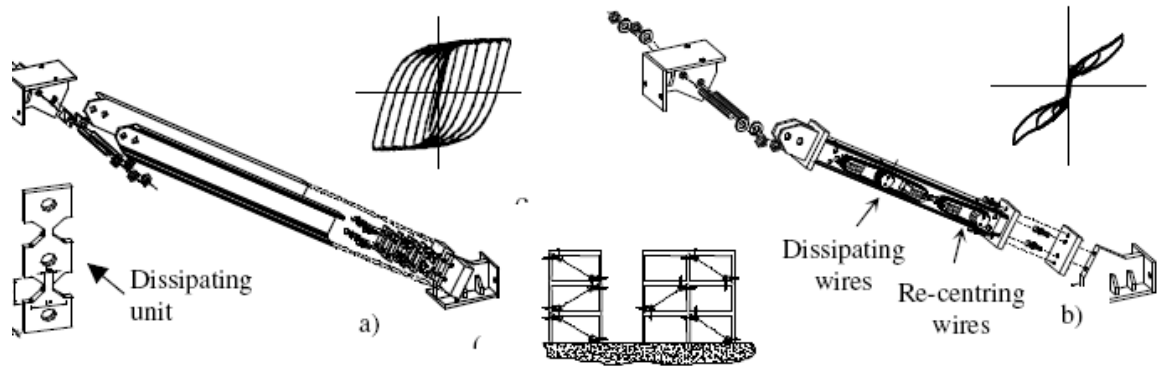
SMA damper (working mechanism) (after Dolce *et al.*, 2000)



Scheme diagram of a HSMAFD



Photos of HSMAFD



Braces arrangement; a) dissipative Steel based device; b) re-centering SMA based device

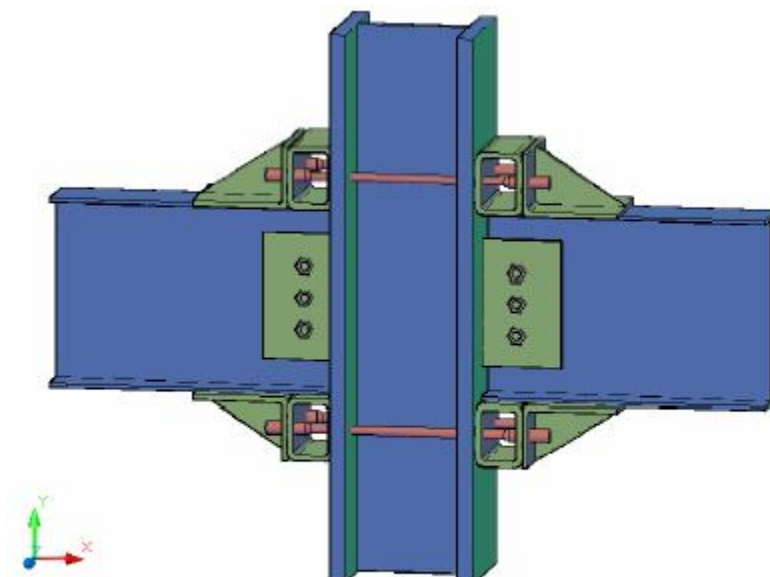
تقویت آرایش بادبنده بر اساس ۱- وسیله مستهلک کننده فولادی ۲- آلیاژ حافظه دار شکلی



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- استهلاک 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

Spectroscopy IR	طیف‌سنج زیر قرمز
Resonance Magneto Nuclear	رزونانس مغناطیس هسته
Microscope Force Atomic	میکروسکوپ نیروی اتمی
Beam Ion Focused	باریکه یونی متمرکز
Microscopy Tunneling Scanning	میکروسکوپ روبشی تونلی
Spectroscopy Inferred Transform Fourier	طیف‌سنجی تبدیل فوری مادون قرمز
Analysis Chemical Spectroscopy for Electron	طیف‌نگاری الکترونی برای آنالیز شیمیایی
Spectrometry Backscattering Rutherford	پراکندگی بازگشتی رادرفورد
Microscopy Optical field-Near Scanning	میکروسکوپی نوری میدان نزدیک روبشی

[میکروسکوپ الکترونی عبوری](#)

در پژوهش‌های مربوط به خواص مواد نانو ساختاری، میکروسکوپ الکترونی یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین دستگاه‌هایی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اغلب مطالعات انجام‌شده روی خواص مواد نانو ساختاری برای تعیین اندازه و شکل آنها از میکروسکوپ الکترونی عبوری استفاده می‌شود. این روش اندازه و شکل ذرات را با دقت حدود چند دهم نانومتر به دست می‌دهد که به نوع ماده و دستگاه مورد استفاده بستگی دارد. امروزه، در بررسی خواص مواد نانو ساختاری از میکروسکوپ الکترونی عبوری با وضوح بالا (High-Resolution) استفاده می‌شود. 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 ویژگی‌های دیگر مواد نانو ساختاری مانند ساختار بلوری و ترکیب شیمیایی را می‌توان 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 اوزه

اسپکتروسکوپی الکترون اوژه، یک روش آنالیز استاندارد در فیزیک سطح و فصل مشترک هاست. در ساده ترین استفاده از آن تمیز بودن سطح نمونه مورد مطالعه در شرایط خلاء "فوق بالا قابل بررسی است. خلاء 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 زمینه های 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 می آیند که گزاره های هسته ای اوژه را پشت سر گذاشته اند و با انرژی کاملاً معمولی خارج می شوند. از روی تحلیل انرژی این الکترونها طیف مشابه شکل بدست می آید که مکان قله ها و ارتفاع آنها اطلاعات لازم را بدست می دهند.



میکروسکوپ الکترونی روبشی محیطی

محدودیت های روش مطالعه با میکروسکوپ های الکترونی (SEM) به خوبی شناخته شده اند به عنوان مثال حتی در نمونه هایی که دارای پوشش با هدایت الکتریکی بالا هستند بر روی سطوح شکست یا در مواد متخلخل و فومها تجمع بار مشاهده می شود. علاوه بر این، پسماندهای آلی انواع چسبها و بایندها 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 می توان از "میکروسکوپ الکترونی محیطی روبشی" استفاده نمود. این میکروسکوپ می تواند 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 نانومتر 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

ناحیه پرتو X در طیف الکترومغناطیس در محدوده بین پرتو گاما و ناحیه طول موج فرابنفش قرار دارد. با استفاده از این ناحیه طیفی می توان 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 می کنند و الگوی پراش خاصی دارند که طبق قانون براگ در زوایای خاصی از تابش و انعکاس تداخل سازنده بوجود می آید و منجر به ایجاد یک قله در طیف می شود. از روی پهنای پیک در طیف می توان ابعاد دانه های کریستالی را تخمین زد.



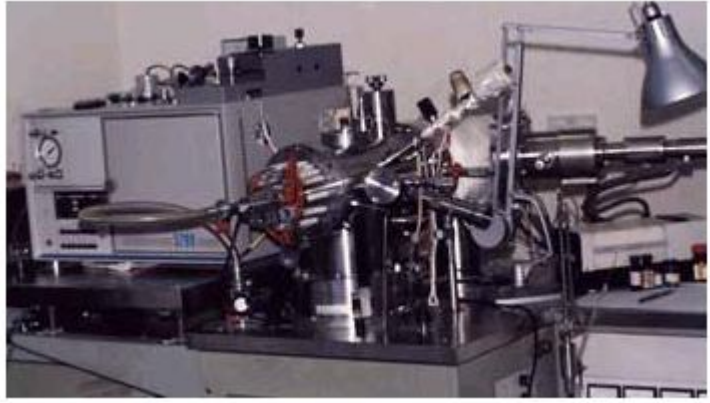
کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا

واژه کروماتوگرافی امروزه به دسته ای از روش ها اطلاق می شود 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. گونه ای که تمایل بیشتری به فاز متحرک دارد با سرعت بیشتری حرکت می کند و بالعکس گونه ای که به فاز ساکن تمایل بیشتری دارد، با سرعت کمتری در طول ستون حرکت می کند.



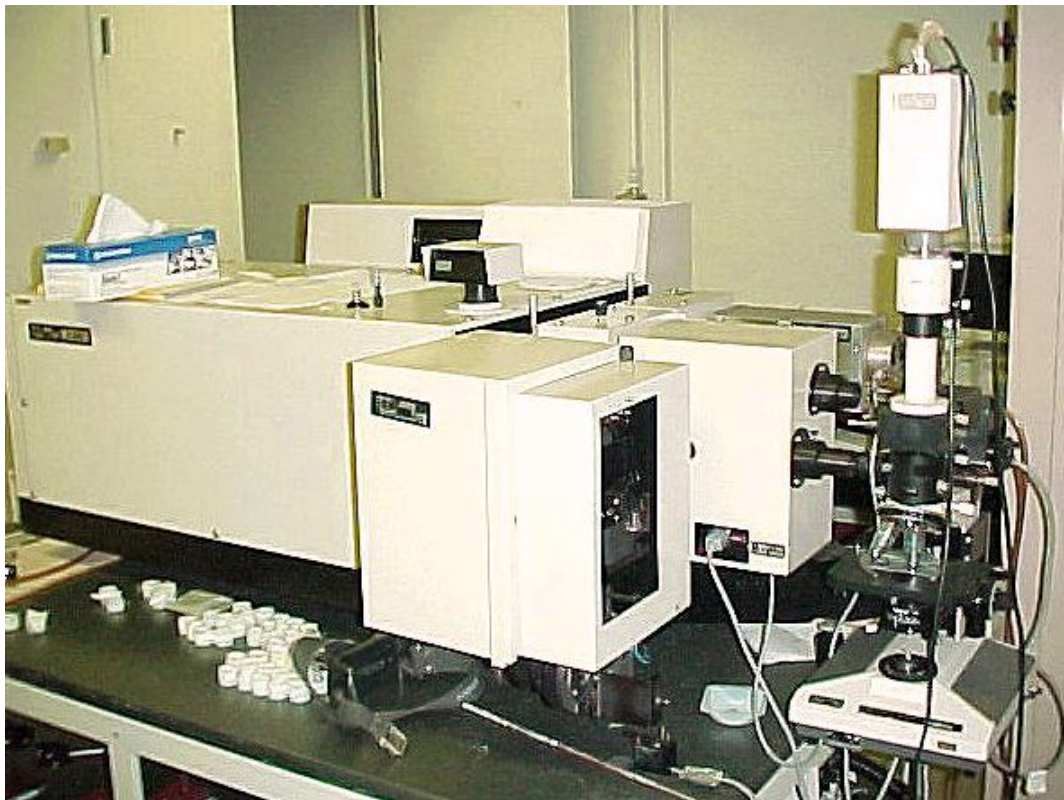
طیف سنجی جرمی

طیف سنجی جرمی دستگاهی است که مولکول های گازی باردار را بر اساس جرم آنها دسته بندی می کند. این روش ارتباط واقعی با طیف سنجی نوری ندارد ولی نام های طیف سنجی جرمی برای این روش ها انتخاب شده است، زیرا دستگاه های اولیه تولید عکس می کردند 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. آنها 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 سنجی 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 شیمیائی قابل دسترسی می باشد. همچنین این روش عمدتاً برای شناسایی ترکیبات آلی به کار می رود، زیرا طیف های این ترکیبات معمولاً پیچیده هستند و تعداد زیادی ماکسیمم و مینیمم دارند که می توانند برای اهداف مقایسه ایی به کار گرفته شوند

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 Science :Smith, Nanotechnology .Wilson, and G .Raguse, M .Simmons, B ., M.Kannangaro, K –3
and Emerging Technologies, 2002
McLaughlin, James, Metallurgy and Materials, pp,2000 – 4
., pp(2), 50.Engel, "Microforming," CIRP Ann .Tiesler, and U .Eckstein, N .Kleiner, R ., M.Geiger, M – 5
445–462, 2001
,Caddell, Metal Forming, Second Edition , Prentice Hall,1993 .and Robert, M .Hosford, William F –6
7 – شکل دهی در مقیاس مادون ریز (نانو فرمینگ)، مقاله، دکتر کارن ابری نیا، مهندس فاضل انصاری، دانشکده مهندسی مکانیک، پردیس
دانشکده های فنی دانشگاه تهران، سومین کنفرانس شکلدهی 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
۱۵html .salt/crystals–3D/dif/fr.ill.www//:http –
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 21 =?section/02.TU.03/chemistry/learning_modules/uk.org.makingthemodernworld.www//: 20http
htm .ChemFont/flanzafame/wusers/edu.monroecc.www//:http
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.btinternet.com/~chemistry/polymer/diagrams.htm>-39

<http://erkoc.physics.metu.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 -The tip"How AFM works from - 44

thesis by David Baselt, .D., Ph"and its implications for biological applications

California Institute of Technology, Copyright © 1993 by David Baselt

۴۵- انجمن علمی دانشجویی نانو تکنولوژی دانشکده فنی دانشگاه تهران، "نانو تکنولوژی آینه تکنولوژی آفرینش"، تهران ۱۳۸۰

.18 ., vol(2000) .Trends in Biotechnology .Brian, M - 46

.524-521 ., pp(2000) .Microelectronic Engineering 53 .Montelius, L - 47

.892-887 ., pp(2004) .74-Microelectronic Engineering 73 .Malaquin, L - 48

.18 ., p(2000) .1.Chap .Phys .Chem .Shipway, E - 49

.184-153 ., pp(1998) . 28.Sci .Mater Annu Rev .Xia, Y - 50

.3881 ., p(2001) .79 .Lett .Phys Appl J.Strom, A - 51

.503 ., p(2002) .Science 295 J.Park, S - 52

53 - Porath, D (2000). Nature 403 .p.635 .
54 - Haes, A J J. Soc. Chem Am J .124 .p(2002) .10596 .
55 - Marie, R .68-Microelectronic Engineering 67 .p(2003) .893 .
56- <http://www.nasa.gov/arc.ipt>

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 ، آئینه تکنولوژی آفرینش ، دفتر همکاریهای فن آوری ریاست جمهوری کمیته مطالعات
سیاست نانو تکنولوژی

61- Eric Drexler X /f creation .Engines .USA An chor 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 عملکرد سیمان در واکنشهای محیطی و شیمیایی و استفاده از فناوری نانو تکنولوژی 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 " غلوم و فناوری نانو کاکپوزیت " ترجمه بابک کفاشی ، فاطمه پورشنگ ، سید عباس وزیري انتشارات دانشگاه

تهران، ۱۳۸۹

۷۰- چارلز پی پول جی آر، فرانک جی آونس " مقدمه ای بر نانو " ترجمه سید مهدی گلایی ، انتشارات دانشگاه تبریز ۱۳۸۸

۷۱- کارل ث کخ " مواد نانو ساختار " ترجمه مجید طاووسی ، اکبر حیدرپور، عباس طوقیان چهارسوقی ، انتشارات جهاد دانشگاه صنعتی

اصقهان ۱۳۸۶

۷۲- هنریک بروس " مقدمه ای بر فناوری نانو " ترجمه سید محتسبی ، نبی ا. . . فتحي 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- www.sciencedirect.com

78- ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

79- عباس بایرامیان " کاربردهای نانو در صنایع حمل و نقل " ماهنامه مهندسی خودرو و صنایع وابسته سال اول | شماره | 10 شهریور 13

80- www.nanovic.com.au

81- www.daneshnameh.ir/rosha

82- www.hupaa.com

83- www.sadragroup.com

84- www.nonomag.com

85- <http://www.questek.com/>

86- <http://www.nanotec.com.au/>

87- <http://www.nanox.de/>

88- www.katech.kr/re.teimg/asp/2005/20presentation/JSAE

89- <http://www.katech.kr/>

90- www.wtee.org/loyala/org.IWGN/Nano/Chapter07/Directions.Research.pdf

91- <http://www.nrc.ca/ircpubs/>

92- مهدی احسانی ، علیرضا میردامادی، کاربردهای فناوری نانو در بهسازی لرزه‌های شریان های حیاتی، اولین همایش مقاوم سازی دانشگاه

صنعتی امیر کبیر ۱۳۸۵

93- www.Hamkelasy.com

93- 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

94- 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

95- ایمان الیاسیان، حسین میسمی، بهزاد حری " تکنیکهای بهسازی و مقاوم سازی سازه ها " انجمن مقاوم سازی ایران، ۱۳۸۹

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 ارزانتر
- 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 پذیر در برابر گازها : نانوذرات مواد معدنی

۲-مواد پیشرفته

- روکشها و رنگها
- ساینده ها (صیقل کاری در حد نانو مقیاس)
- روان کننده ها

روکشها و رنگها (نانوروکشها، نانوذرات)

- روکشها ضد خش (کاشی)
 - رنگهای ضد کثیفی (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 موادشیمیایی (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)
- ساینده ها: پرداختهای با کیفیت بالاروی 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 نانوپایزها
- روان کننده های جامد از فولرین ها
- روان کننده ها و نشست گیرهای هوشمند از نانوذرات مغناطیسی

۳- خودروسازی و حمل و نقل

- مواد ساختمانی و روکشها
- حسگرها
- صفحات نمایشگر مسطح
- مبدل‌های کاتالیزورها و فیلترها
- نیرو محرکه (باتریها و پیل‌های سوختی)
- روان کننده ها

مواد ساختمانی و روکشها

- شیشه ها یا روکشهای فتوکرومیک و فتوالکترو کرومیک از نانوذرات و نانوروکشها
- 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 نانوروکشها و نانوبیازها
- 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 نانوروکشها
- روکشهای خود پاک کن شیشه و بدنه از نانو ذرات تیتانیوم
- روکشهای ضد خش شیشه و بدنه از نانوروکشها
- حسگرهای بی سیم باد لاستیک از MEMS
- ماشه های کوچک و ارزان کیسه هوا از MEMS
- صفحات نمایشگر مسطح

۱- نمایشگرهای 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 آلاینده 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 ذخیره هیدروژن برای پیل‌های سوختی از نانوشاخ کربنی و نانو لوله کربنی

روان کننده ها

- روغن موتورهای بسیار کارا تر از فولرین ها و نانو پیازها
- روان کننده های جامد از نانوذرات و نانوپیازها

۴- نساجی

- لباسهای بازار پسند
- لباسهای محافظ
- تاریخچه فناوری نانو
- از زمان یونان باستان: تقسیم مواد به اجزاء کوچک خرد نشدنی
- دموکرتیوس فیلسوف یونانی، پدر فناوری و علوم نانو: کاربرد واژه اتم
- اولین نانوتکنولوژیست ها: شیشه گران قون وسطایی، افزودن نانو ذرات طلا به شیشه
- ◆ سال ۱۹۵۹ ریچارد فاینمن: چاپ مقاله ای درباره قابلیت های 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

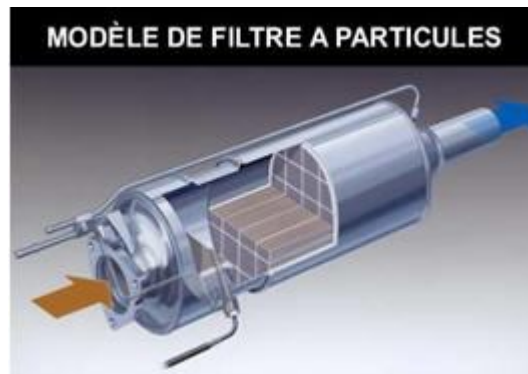
انواع مواد نانو

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 آئروسول 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 ۱-۱۰۰ برابر فولاد ضد زنگ
- ◆ کاربردهای صنعتی: جایگزینی فلزات در ساخت دستگاہهایی همچون هواپیما و دستگاہ های پزشکی و سیستم های انتقال نیرو
- ◆ کاربردهای بیولوژیکی: بيو سنسورهاي از بين برنده سلولهاي سرطاني
- ◆ نانوکامپوزیتها: 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

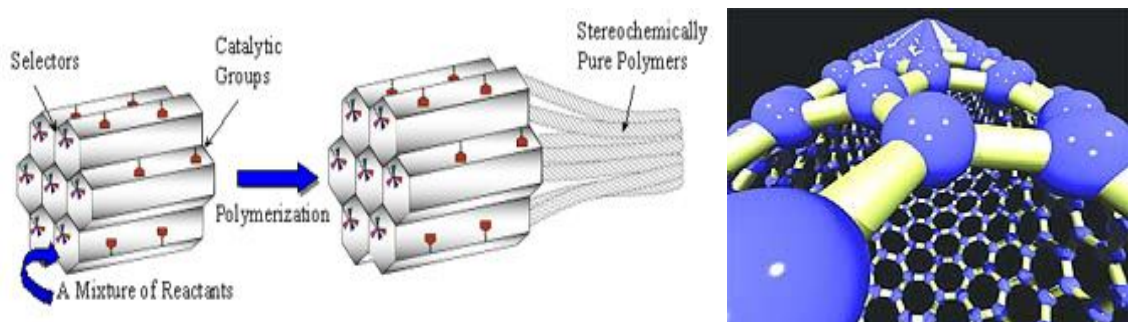
یکی از پر کاربرد ترین ساختارهای مورد بحث نانو بخصوص در علوم زیستی نانولوله های کربنی است، نانولوله های کربنی در حسگرهای پروتئینی و ناقله های پروتئینی، داربست بافتی سلول استخوانی و عصبی، کانالهای مولکولی و فرستنده سیگنال به سلولهای عصبی استفاده کنند

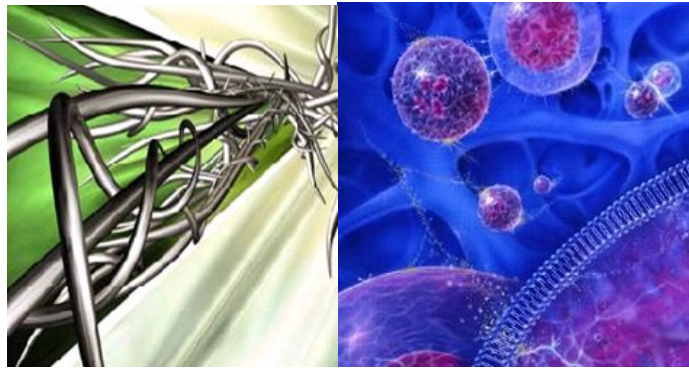
روشهای تولید نانو لوله

- 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 اتمها و 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





کامپوزیت‌های زمینه آلومینیومی که با ذرات AlN تقویت شده‌اند، دارای انبساط حرارتی کم، هدایت حرارتی بالا، خواص ضد سایشی مناسب، استحکام کششی و انعطاف‌پذیری بالایی هستند و این خواص نسبت به کامپوزیت های رایج تقویت‌شده با کاربید سیلیسیوم و آلومینا بهتر است.

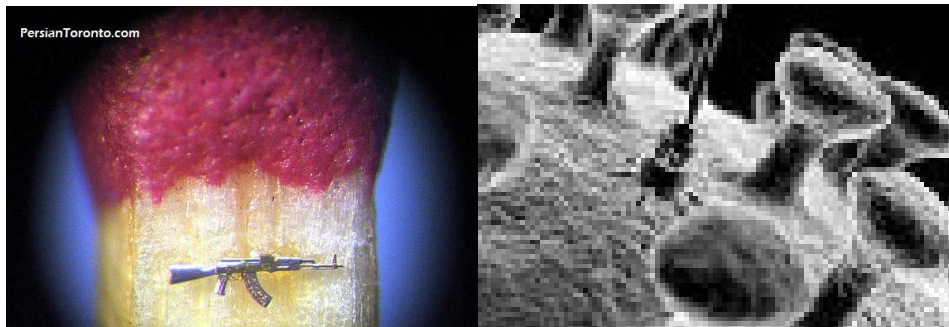
نانو سرامیک و کاربرد آنها در زیست

- 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 ترکیب های سرامیکی از نوع کوالانسی 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 مدت های 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.

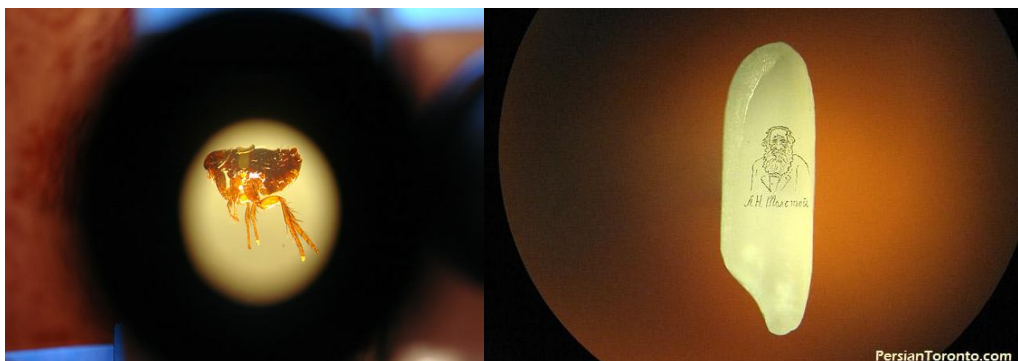
مهندسان در مؤسسه ملی استنفورد، روشی برای دو برابر کردن طول عمر بتن توسعه داده‌اند. طبق گفته‌ی این محققان نکته‌ی کلیدی در این روش یک افزودنی نانومقیاس است که نفوذ یون‌های سولفات و کلرید را از نمک جاده، آب دریا و جامدات به داخل بتن کاهش می‌دهد. کاهش انتقال یون به داخل بتن، به معنی کاهش هزینه‌های نگهداری و خرابی‌های فاجعه‌آمیز ساختارهای بتنی است

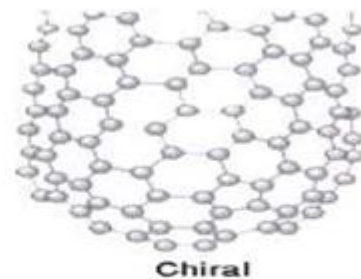
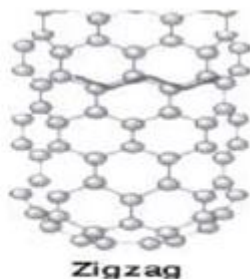
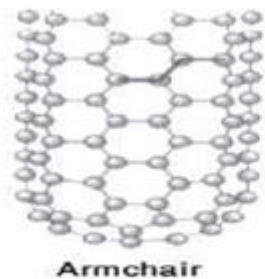
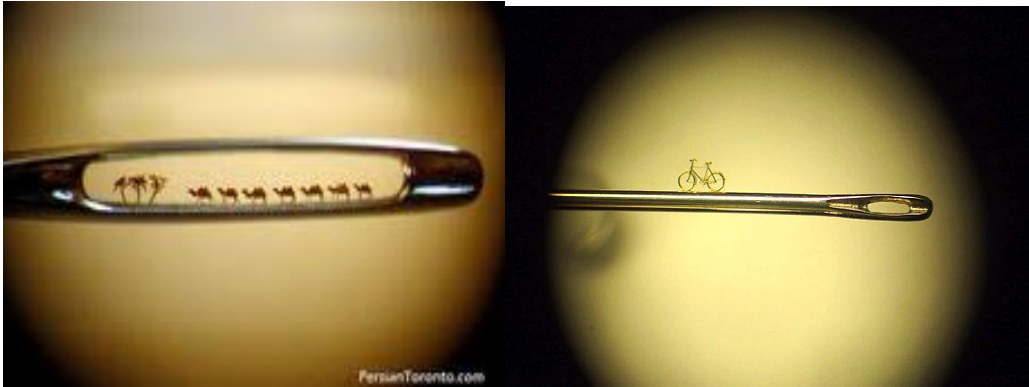
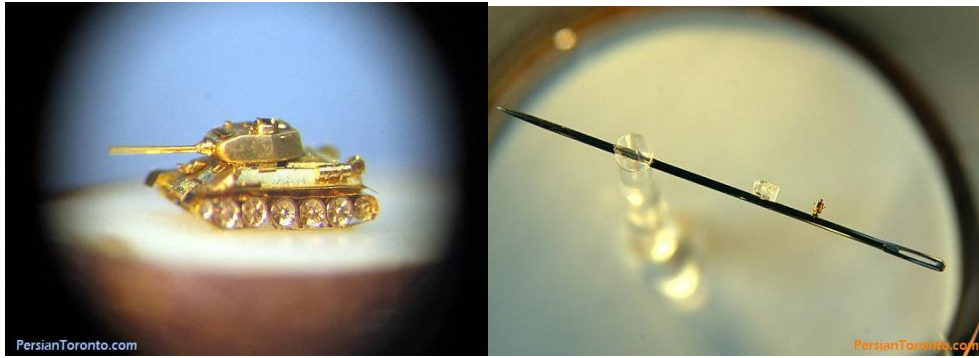


یکی از مشکلات آن این است که نفوذ یون‌های سولفات و کلرید به تدریج سبب ایجاد صدمات ساختاری شده، در نهایت به ایجاد ترک و کم‌دوام شدن بتن می‌شود. تلاش‌های گذشته برای بهبود طول عمر بتن روی ساخت بتن‌هایی متمرکز شده بود که فشرده‌تر بوده، تخلخل کمتر دارند؛ اما متأسفانه این فرمولاسیون‌ها تمایل زیادی به ترک برداشتن 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





Types of Nanotubes

کاربرد نانو تکنولوژی در پزشکی

- ۱- کاربرد نانو در تشخیص بیماریها: در تستهای ژنتیکی: فناوری تشخیص و برجسب گذاری با حساسیت بالا آرایه های با کارایی بالا و آنالیزهای فراوان- عکسبرداری: برجسب گذاری بوسیله نانوذرات (پروبه های ساخته شده از نانو ذرات)، وسایل عکسبرداری
- ۲- کاربرد نانو تکنولوژی در درمان سرطان و تشخیص آن
- ۳- کاربرد نانو در 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 بدن چون پروتزها (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 هوافضا 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 میکروسکوپیهای الکترونی

ارتباط بین اندازه و روشنایی منلع

طبقه بندی‌های مختلف نانو مواد

ذرات، نقاط کوانتومی و...	۱۰۰ nm < ۳ بعدی	ابعاد
لوله‌ها، رشته‌ها، سیم‌ها و...	۱۰۰ nm < ۲ بعدی	
فیلم‌ها، پوشش‌ها، چند لایه‌ها و...	۱۰۰ nm < ۱ بعدی	
ذرات کریستالی، آمورف، لایه‌ها و...	جامد تک‌فازی	ترکیب فازی
کامپوزیت‌ها، ذرات پوشش داده شده	جامد چند فازی	
کلوئیدها، آئروسول‌ها، فروفلوئیدها و...	سیستم‌های چندفازی	
سنتز شعله‌ای، CVD، و...	واکنش فاز گازی	فرآیندهای تولید
سل‌ژل رسوب‌گیری، هیدروترمال و...	واکنش فاز مایع	
آسیاب مکانیکی، تغییر شکل پلاستیکی و...	پروسه مکانیکی	

روش‌های تولید نانومواد

روش‌های رایج تولید نانو مواد را می‌توان به صورت زیر دسته بندی کرد:

❑ روش‌های سنتز نانو ذرات

✓ سنتز از فاز بخار

✓ سنتز از فاز مایع

✓ سنتز از فاز جامد (آلیاژسازی مکانیکی)

❑ انجماد سریع

❑ تغییر فرم پلاستیک شدید

روش‌های تولید نانو مواد را به دو صورت زیر نیز می‌توان تقسیم بندی کرد:

❑ **از پایین به بالا:** چینش اتم‌ها و مولکول‌ها با ابعادی کوچکتر از نانومتر در

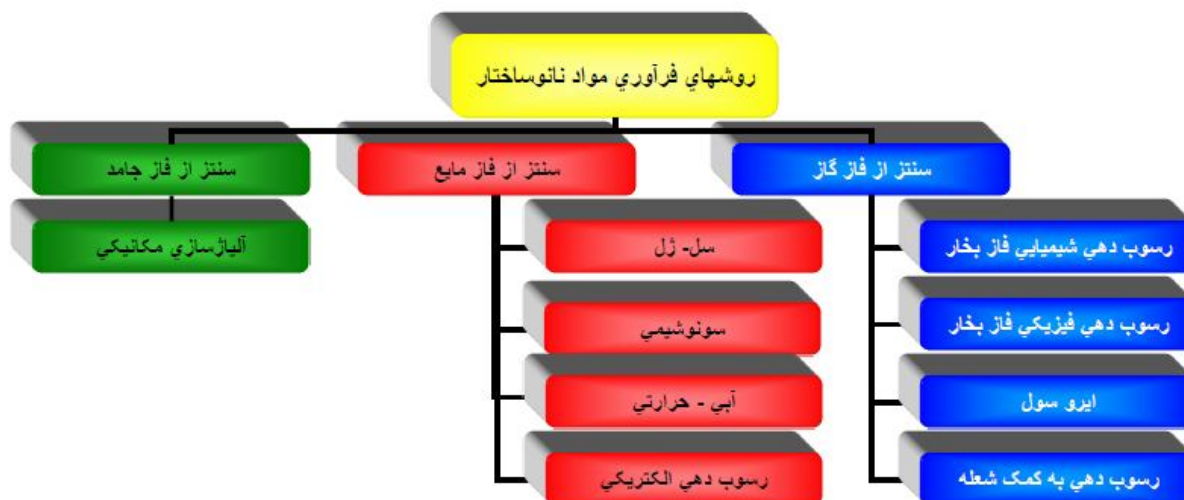
کنار یکدیگر و ساخت یک محصول نانومتری

❑ **از بالا به پایین:** کاهش ابعاد یک ماده بزرگ و شکل دهی آن تا یک

محصول نانومقیاس

روش‌های تولید نانومواد

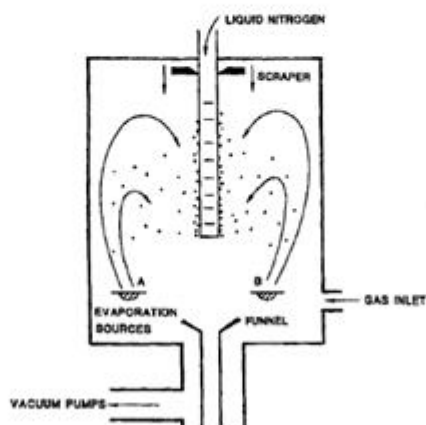
برخی از مهمترین روش‌های تولید نانوذرات از فاز جامد، گاز، مایع از طریق سنتز



سنتز از فاز گاز

➤ رسوب فیزیکی از فاز بخار: اتم‌های مورد نظر از منبع به وسیله انرژی برداشته شده و بر روی نقطه مورد نظر رسوب می‌کنند.

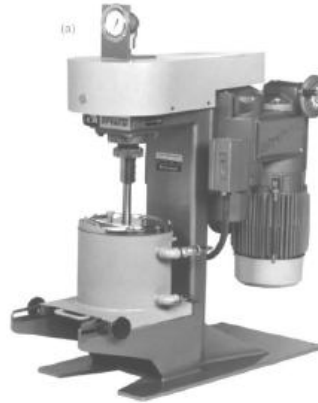
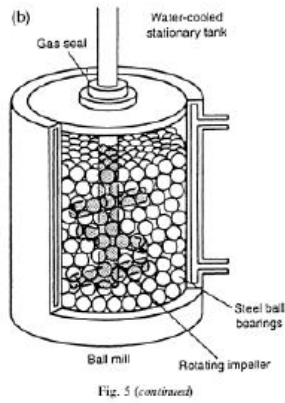
➤ رسوب شیمیایی از فاز بخار: گازهای واکنش کننده در سطح مورد نظر بایکدیگر واکنش می‌کنند تا ماده مورد نظر شکل گیرد.



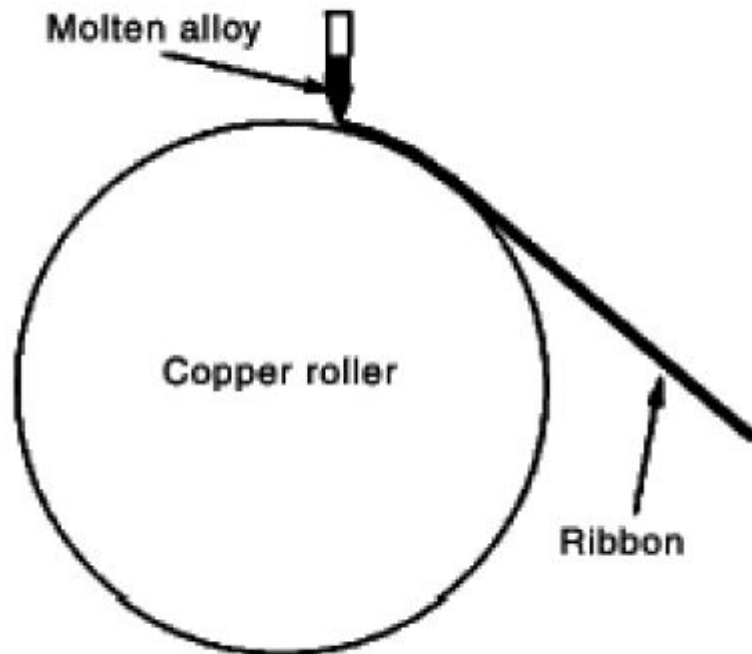
دستگاه تولید نانوپودر از طریق فاز بخار

سنتز از فاز جامد

روش آلیاژسازی مکانیکی: در این روش پودر مورد نظر به وسیله نیروی مکانیکی خرد شده و ابعاد آن ریزتر می‌شود. به طور کلی عبارت آسیاب کردن، اشاره به خرد کردن و شکستن مواد نسبتاً درشت و تبدیل آن‌ها به ذرات بسیار ریز دارد.



روش انجماد سریع

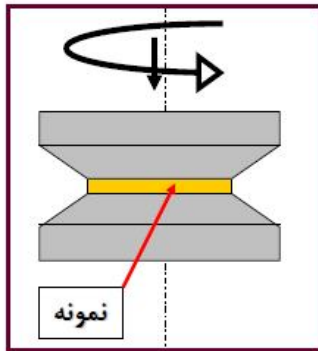


شمایی از تکنیک melt-spinning

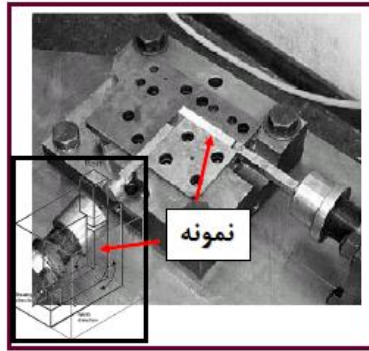
تغییر شکل پلاستیک شدید

روشهای رایج تغییر فرم پلاستیک شدید مواد

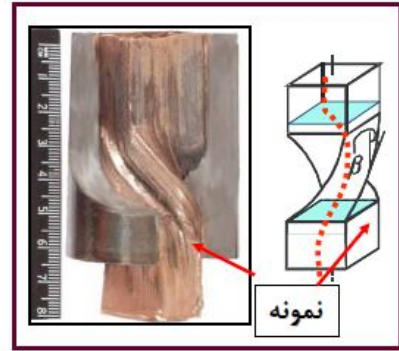
- پیچش تحت فشار بالا (High Pressure Torsion)
- فشار زاویه ای در کانالهای مساوی (Equal Channel Angular Pressing)
- اکستروژن پیچشی (Twist Extrusion)



HPT



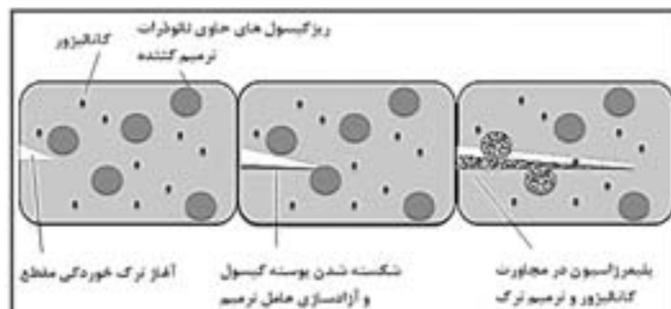
ECAP

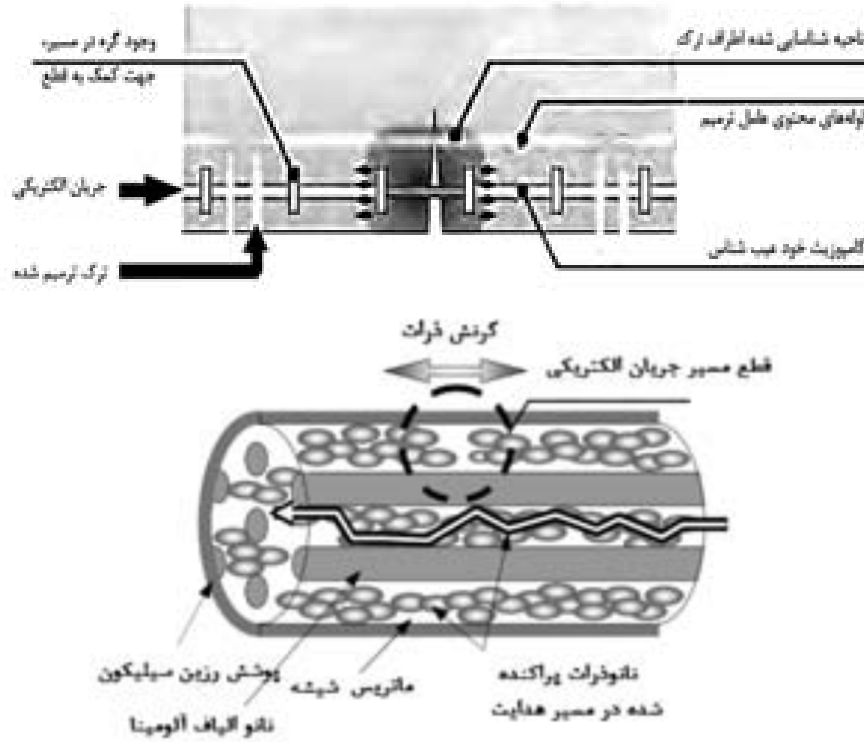


Twist Extrusion

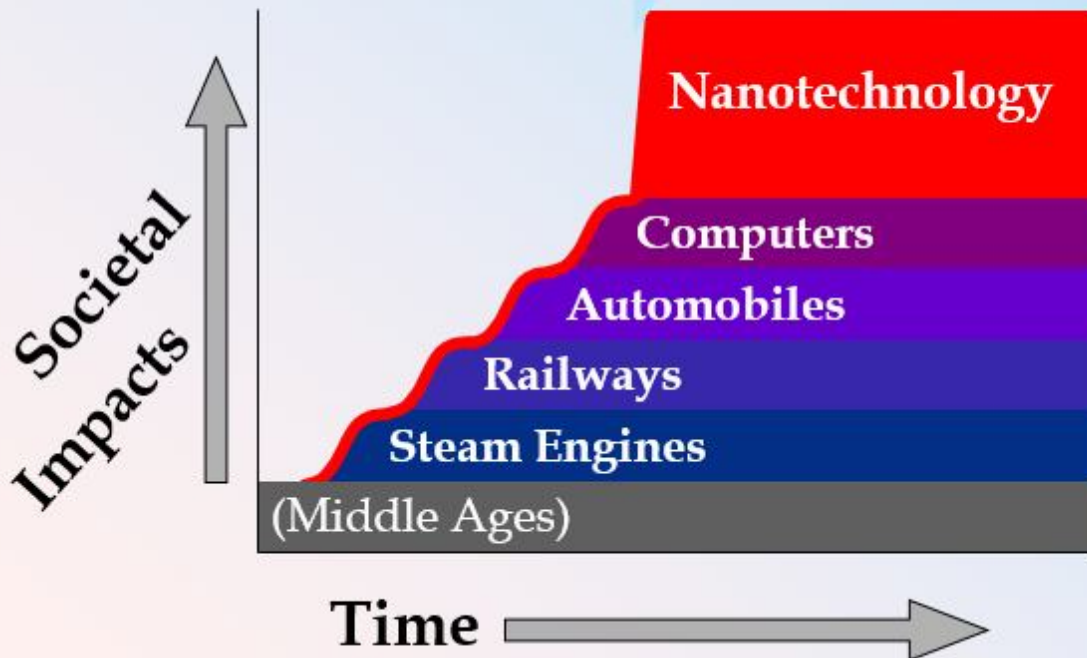
اثرات کاهش اندازه دانه

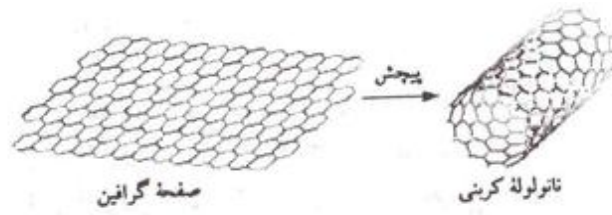
- افزایش استحکام مواد بسیار دانه ریز با توجه به رابطه Hall-Petch
- چقرمگی شکست مناسب تر نسبت به سایر فرآیندهای استحکام بخشی
- بهبود خاصیت سوپر پلاستیسیته با مکانیزم نفوذ مرزدانه ای



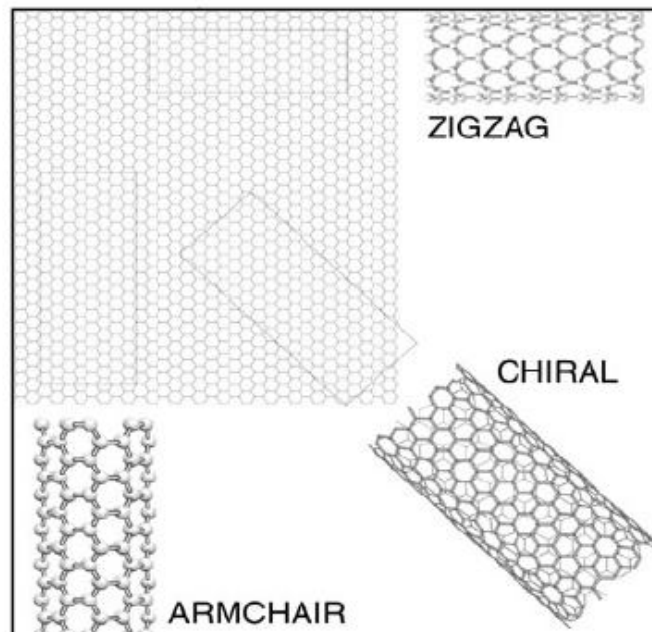
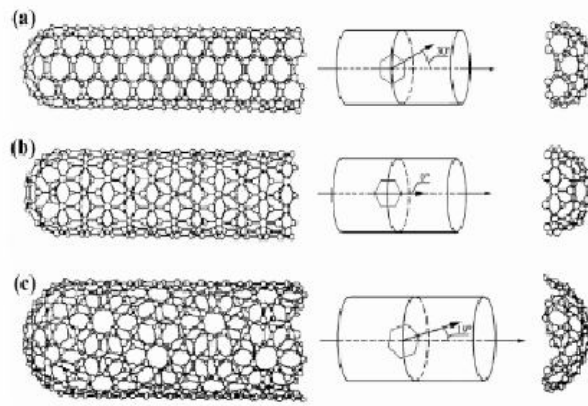
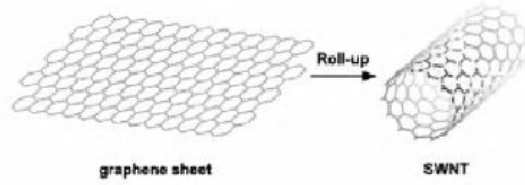


The Next **Big** Step

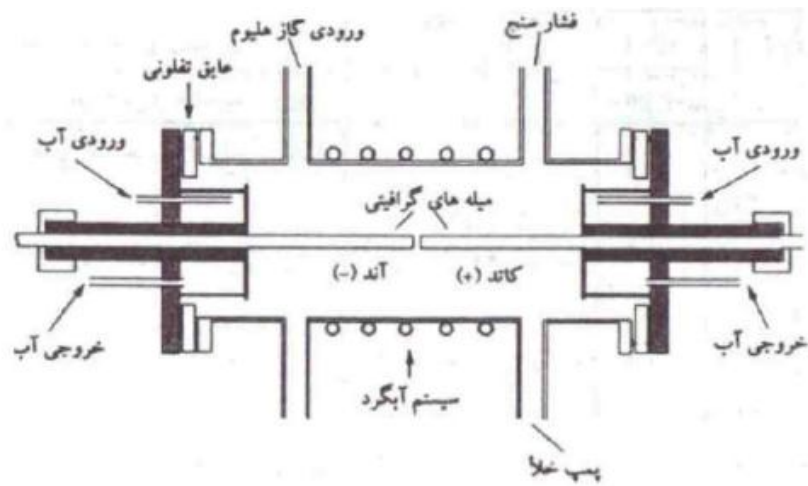




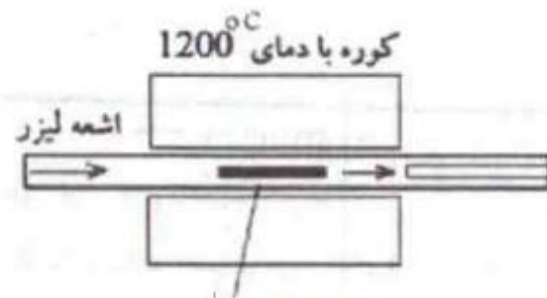
شکل گیری نانولوله ها از صفحات گرافین



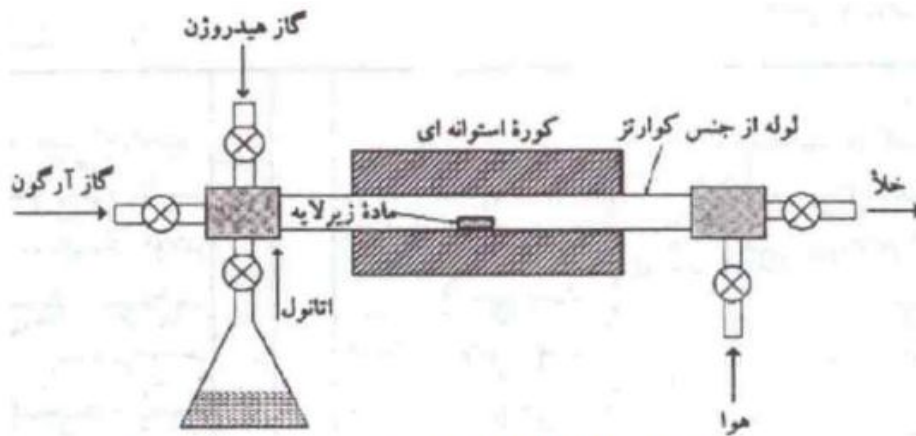
انواع نانو لوله ها بر اساس نحوه پیچیده شدن صفحات گرافین



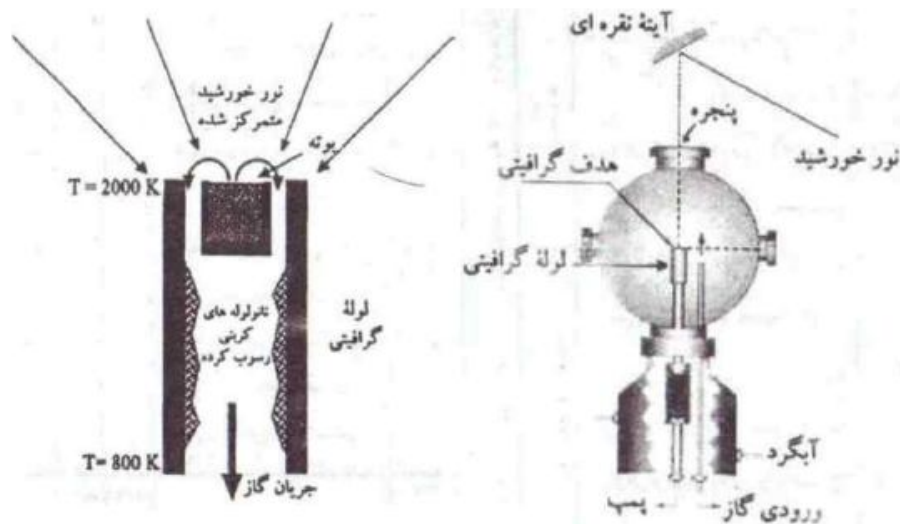
دستگاه تخلیه قوس الکتریکی برای تولید نانولوله های کربنی



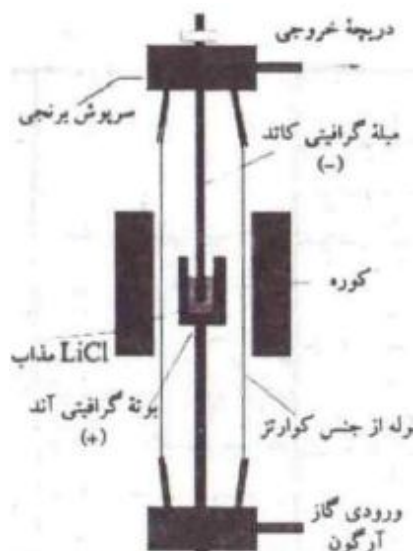
تولید نانولوله به روش سایش لیزری



دستگاه تولید نانولوله های کربنی به روش رسوب شیمیایی بخار



دستگاه تولید نانولوله های کربنی با انرژی خورشید ب. درون لوله گرافیتی دستگاه



دستگاه تولید نانولوله ها
به روش الکترولیز

- عمدهترین کاوشها در کنترل رشد نانولوله‌ها را میتوان به صورت زیر خلاصه کرد:
- سنتز خوشه‌های کاتالیزوری مولکولی با شکل و ابعاد مشخص با دقت اتمی؛
 - رشد آرام؛
 - سنتز کاتالیزوری در دمای پایین؛
 - توسعه رشد برنامه‌ریزی شده با امکان کنترل زیاد اندازه و جهت نانولوله‌ها،

ترانزیستورها-حسگرها-نمایشگرهای گسیل میدانی-حافظه‌های نانولوله‌ای-استحکام دهی کامپوزیت‌ها-ذخیره سازی گازها

خواص نانولوله های کربنی

خواص مکانیکی

هدایت الکتریکی

انتقال بالستیک

ابر رسانایی

خاصیت مغناطیسی، ممان مغناطیسی بسیار بزرگ

تولید ولتاژ

گسیل و جذب نور

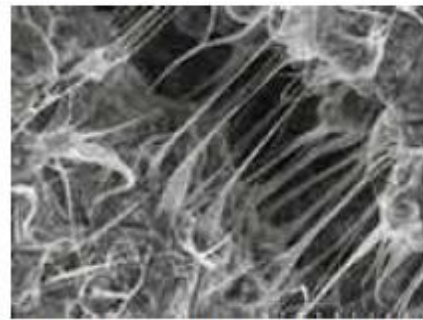
سطح جداره صاف یا قدرت تفکیک بالا

چگالی سطحی بسیار بالا

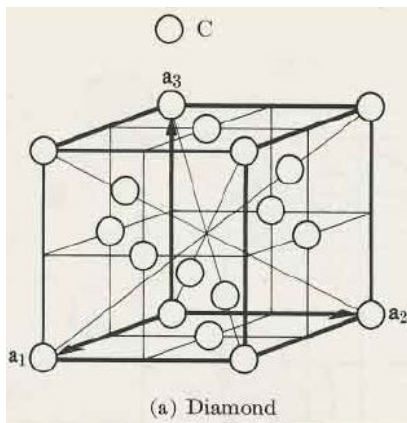
هدایت حرارتی بالا



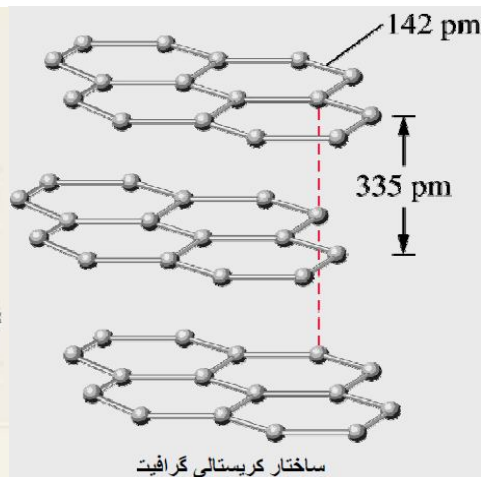
شما تیک رشد نانولوله های تک دیواره به روش چرخشی



استحکام دهی کامپوزیتها به وسیله نانو لوله



شبکه کریستالی الماس



ساختار کریستالی گرافیت

The Scale of Things – Nanometers and More



Things Natural

Dust mite
 $\approx 200 \mu\text{m}$

Human hair
 $\approx 60\text{-}120 \mu\text{m}$ wide

Red blood cells
 without cells
 $\approx 2\text{-}5 \mu\text{m}$

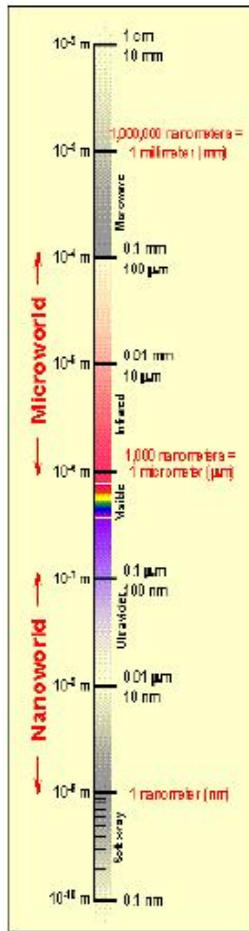
Ant
 $\approx 5 \text{mm}$

Fly ash
 $\approx 10\text{-}20 \mu\text{m}$

$\approx 10 \text{nm}$ diameter
 AT Polynitro

DNA
 $\approx 2\text{-}10 \text{nm}$ diameter

Atoms of silicon
 spacing \approx tenths of nm



Things Manmade

Head of a pin
 $1\text{-}2 \text{mm}$

Micro Electro Mechanical
 (MEMS) devices
 $10\text{-}100 \mu\text{m}$ wide

Pollen grain
 Reed blood cells

Zone plate x-ray "lens"
 Outer ring spacing $\approx 35 \text{nm}$

Self-assembled,
 Nature-inspired structure
 Many 10s of nm

Nanotube electrodes

Quantum dots of 48 iron atoms on copper surface
 positioned one at a time with an STM tip
 Conical diameter 14nm

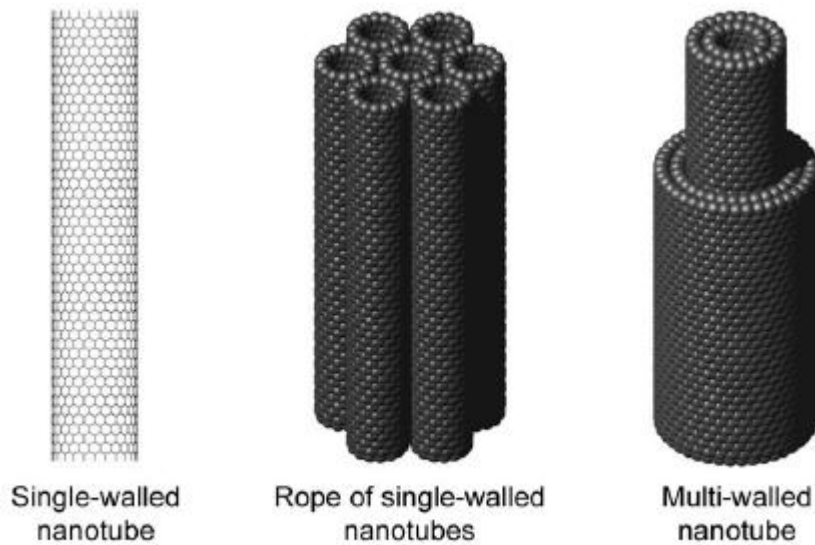
Carbon buckyball
 $\approx 1 \text{nm}$ diameter

Carbon nanotube
 $\approx 1.3 \text{nm}$ diameter

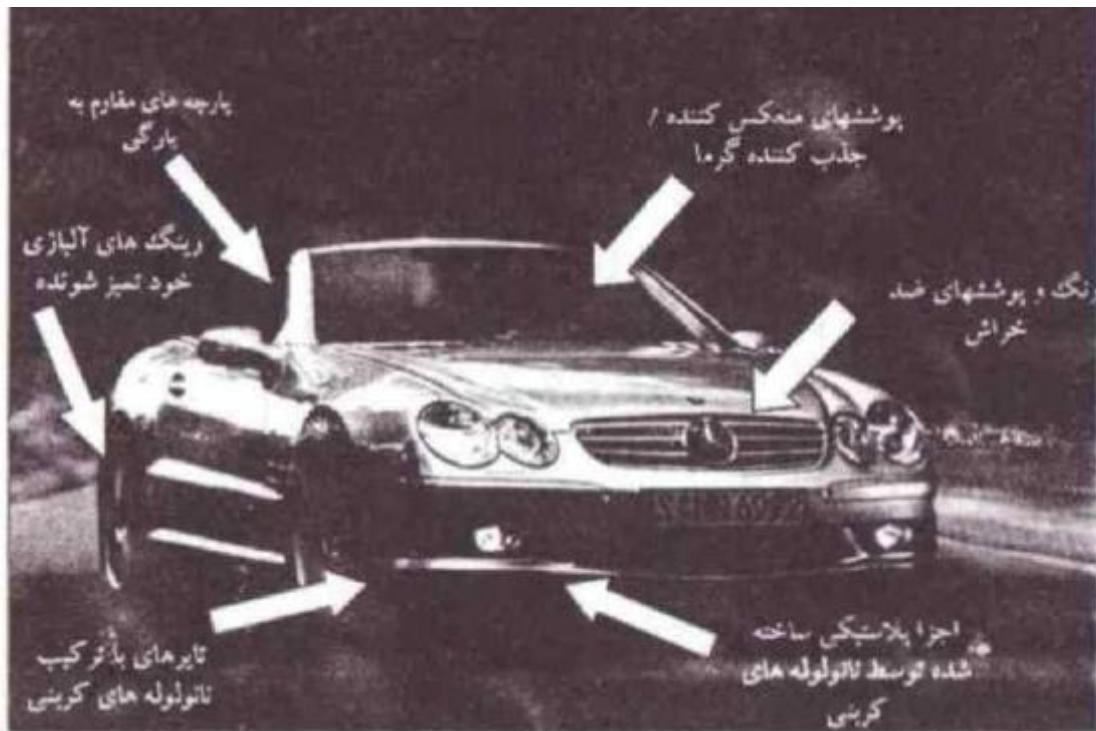
The Challenge

Fabricate and combine
 as a molecule building
 blocks to make useful
 devices, e.g., a
 photosynthetic reaction
 center with a novel
 semiconductor core, p.e.

بررسی اندازه های مختلف در نانو تکنولوژی با مثالهای عملی



انواع نانولوله های کربنی



نمونه ای از کاربردهای نانوتکنولوژی در صنعت خودروسازی

۱- فناوری نانو و بتن

- تحقیقات نانو برسیلیس (SiO_2) - جزیی از بتن
- نانو ذرات اکسید آهن یا هماتیت (Fe_2O_3)
- نانو ذرات دی اکسید تیتانیم (TiO_2)
- نانو لوله های کربنی (CNT)
- برخی از انواع نانو ذرات در چسب ها (ملاتهای Binder)
- نانو ذرات رس (nano-clay)
- وجود حسگرهای مبتنی بر فناوری نانو

فناوری نانو و بتن

- نانو ذرات اکسید آهن یا هماتیت (Fe_2O_3) - افزودن به بتن
 - افزایش مقاومت بتن
 - پایش سطوح تنش (خستگی) بتن را از طریق اندازه گیری مقاومت الکتریکی برشی (مقطعی) امکان پذیر می سازد.
- نانو ذرات دی اکسید تیتانیم (TiO_2) - یک رنگدانه سفید - افزودن به بتن
 - در جهت بهبود ویژگی های بتن - خواص گندزدایی، بوزدایی و ضد میکروبی
 - به عنوان یک روکش بازتاب کننده مطلوب
 - جلوگیری از نفوذ نور فرابنفش
 - ترکیبات آلی فرار (VOC) و غشاهای باکتریایی برای ضدعفونی کنندگی
 - بتن رنگ سفید و درخشندگی خاص خود را حفظ می کند

نانو لوله های کربنی (CNT) - افزودن به بتن

- باعث بهبود خواص مکانیکی
- افزایش در مقاومت فشاری و مقاومت خمشی
- ایجاد اتصال بهتر میان نانو ساختارها و ملات

دو مشکل عمده در نانو لوله ها وجود دارد

- ایجاد اتصال میان نانو لوله ها با یکدیگر (بصورت طناب گیر کرده)
- فقدان چسبندگی میان نانولوله و شبکه ماده توده
- استفاده از صمغ عربی - باعث پراکندگی نانو لوله ها و افزایش قابل ملاحظه ویژگی مکانیکی بتن بطور

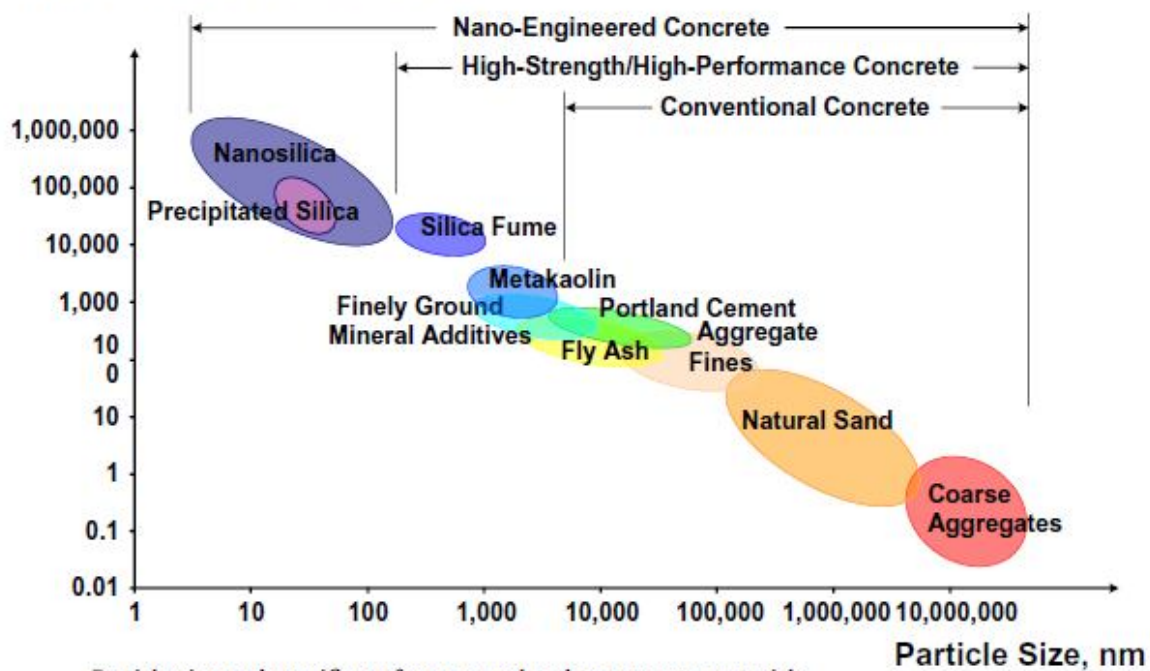
▪ برخی از انواع نانو ذرات در چسب ها (ملاتهای Binder)

- روکش های حفاظتی سطحی از بتن
- متاثر بر ویژگی های کلیدی مرتبط با فرسایش بتن (ممانعت از انتقال یون های کلر، مقاومت در برابر دی اکسید کربن، پخش بخار آب، جذب آب)
- ایجاد اتصال بهتر میان نانو ساختارها و ملات
- نوعی حلال متشکل از رزین اپوکسی با وزن مولکولی پائین با نانو ذرات رس نتایج امیدوارکننده ای را نشان داده است

▪ حسگرهای مبتنی بر فناوری نانو

- به منظور کنترل کیفیت و پایش دوام بتن
- اهدافی چون : اندازه گیری چگالی بتن، نظارت بر فرایند عمل آوری بتن، اندازه گیری میزان افت (انقباض) بتن، اندازه گیری پارامترهای کلیدی معین و اثرگذار بر دوام بتن مانند دما، رطوبت، غلظت کلر، PH، دی اکسید کربن، میزان خستگی (تنش)، خوردگی میلگردها و ارتعاش (ویبراسیون)
- انجام کنترل ها، از راه دور و به صورت بی سیمی

Specific Surface Area, m²/kg



Particle size and specific surface area related to concrete materials.

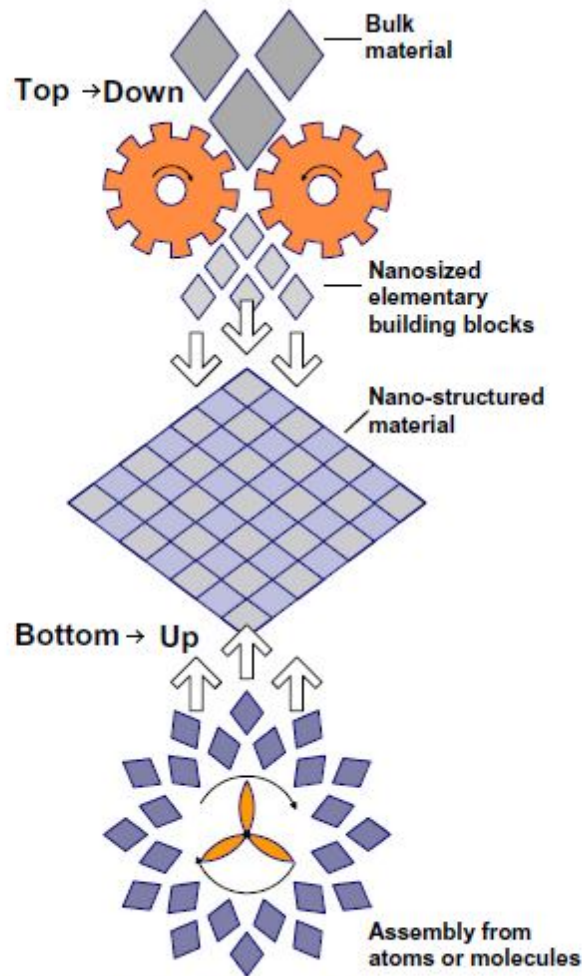


Illustration of the "top-down" and "bottom-up" approaches in nanotechnology.

Physicsweb.org

Nanotechweb.org

Nature.com

سنسور

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.

سنسور یا حسگر چیست؟

حسگر یا سنسور همان 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 PLCها 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.

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 فرمول 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.



حسگر حرکت



حسگرهای رطوبت



سنسورهای بدون تماس

سنسورهای بدون تماس سنسورهائی 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 القائی، 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 القائی و خازنی
- ۸- اندازه گیری فاصله قطعه: سنسور القائی آنالوگ

مزایای سنسورهای بدون تماس یا همجواری

سرعت سوئیچینگ زیاد:

سنسورها در مقایسه با کلیدهای مکانیکی از سرعت سوئیچینگ بالائی برخوردارند، به طوریکه برخی از آنها (سنسور القائی 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.

نحوه نصب سنسورهای القائی

هرگاه دو یا چند سنسور القائی در مجاورت هم و یا در مقابل هم نصب شوند، شرایط زیر باید رعایت شود:

الف) نحوه نصب سنسورهای القائی Flush:

سنسورهای Flush (Shielded) سنسورهائی 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 القائی 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 القائی در مقابل هم:
هر گاه دو سنسور القائی در مقابل هم نصب شوند رعایت فاصله حداقل $Sn6$ 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 روباتیک 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
- ...

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 فشرده شدن کلید زیر تیغه همانند قطع و وصل شدن یک کلید، ولتاژ خروجی سوئیچ تغییر می کند.



ب) حس گرهای هم جواری (Proximity)

آشکارسازی اشیا نزدیک به روبات مهمترین کاربرد این سنسورها می باشد. انواع مختلفی از سنسورهای هم جواری 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)

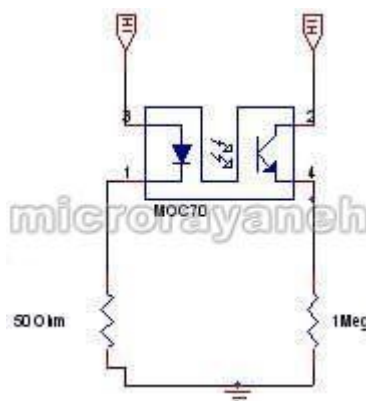
یکی از پرکاربردترین حسگرهای مورد استفاده در ساخت رباتها حسگرهای نوری هستند. حسگر نوری گیرنده- فرستنده از یک دیود نورانی (فرستنده) و یک ترانزیستور نوری (گیرنده) تشکیل شده است.

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 می‌توان مقدار بهینه مقاومت را بدست آورد.



مواد هوشمند پیزو الکترونیسته

ایمان الیاسیان، کارشناس ارشد سازه

i.elyasian@gmail.com

چکیده

پیزو از کلمه یونانی به معنی «فشار دادن» گرفته شده و اثر پیزوالکتریک عبارت است از تولید الکترونیسته توسط فشار.

اگر بخواهیم تاریخ دقیق پیدایش پدیده پیزوالکتریک را بیان کنیم بایستی به زمان کشف آتش توسط انسان‌های نخستین برگردیم، آنها که با به هم زدن سنگ‌های چخماق تولید جرقه و آتش نمودند در حقیقت از یک سرامیک پیزوالکتریک که همان بلور کوارتز است استفاده می‌نمودند، اما آنها از ماهیت آن بی اطلاع بودند.

این مواد دارای یک پلاریزاسیون ذاتی در حداقل یک یا چند جهت کریستالوگرافی می‌باشند. به عبارت دیگر اعمال یک فشار باعث ایجاد یک مقدار پتانسیل قابل اندازه گیری میشود و بر عکس اعمال یک میدان الکتریکی باعث مقدار کمی تغییر شکل

می شود. تمام این مواد یک خاصیت مشترک دارند و آن این است که مرکز تقارن ندارند و به همین علت با اعمال تنش پلازیه می شوند. البته این دلیل نمی شود که هر کجا عدم تقارن داریم پیزوالکتریسیته هم داشته باشیم

مشاهده ماهیت سازوکار مولکولی اصلی، به سادگی امکان پذیر است: اعمال تنش دارای اثر جداسازی مرکز ثقل بارهای مثبت از مرکز ثقل بارهای منفی و ایجاد یک گشتاور دو قطبی است

اثر پیزوالکتریسیته به طور واضح به تقارن توزیع یونهای مثبت و منفی وابسته خواهد بود. این امر، اثر را محدود میکند به طوری که تنها در بلورهایی که دارای مرکز تقارن نیستند اتفاق می افتد، زیرا برای بلور دارای مرکز تقارن هیچ ترکیبی از تنشهای یکنواخت، جدایی لازم را برای مرکز ثقل بارها به وجود نخواهد آورد

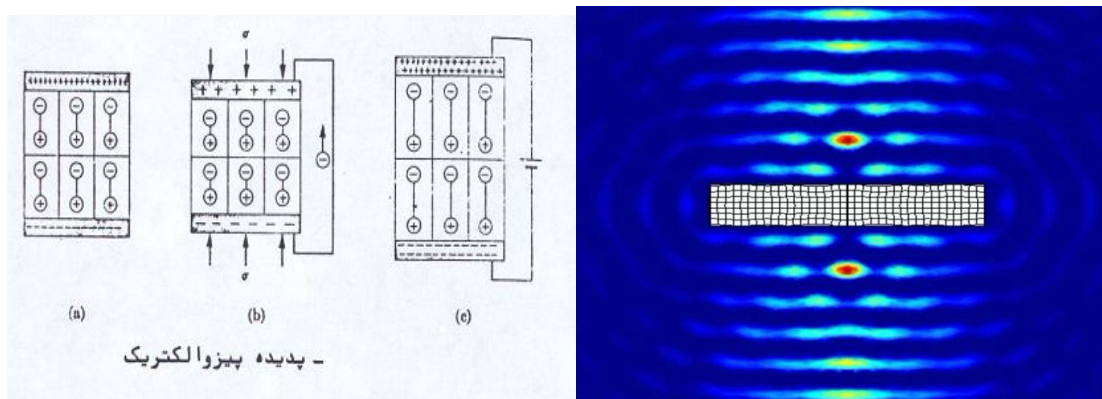
این توصیف مشخص می سازد که وارونۀ اثر پیزوالکتریک باید وجود داشته باشد. هنگامی که میدان الکتریکی بر بلور پیزوالکتریک اعمال شود کرنش مکانیکی خواهد داشت. یک تناظر یک به یک بین اثر پیزوالکتریک و وارونۀ آن وجود دارد، که در آن کرنش بلورها در دو طرف آنها میدان الکتریکی را به وجود می آورد و هنگامی که میدان الکتریکی اعمال شود کرنش به وجود خواهد آمد. کرنش مکانیکی در بلور توسط اعمال میدان الکتریکی است و ازاعوجاج یا جابه جایی مولکولی یا اتمها ایجاد می گردد

در کشف و فهم پیزوالکتریسیته سه مرحله اهمیت داشت :

۱- کشف ثابت دی الکتریک بالای آنها که کاربردشان را در صنعت و تکنولوژی تحت تاثیر قرار می داد .

۲- درک این مسئله که ثابت دی الکتریک بالا همان فروالکتریسیته است .

۳- کشف عمل قطبی کردن. (در مواد پلی کریستال قطبی کردن اساسی ترین مرحله است).



- پدیده پیزوالکتریک

تقسیم بندی بر اساس عملکرد جریان الکتریکی و فشار :

۱- پیزوالکتریک مستقیم :

این اثر عبارت است از تولید الکتریسیته توسط فشار.

۲- پیزوالکتریک معکوس:

این اثر (پیزوالکتریک وارونه) عبارت است از تولید فشار توسط الکتریسیته.

تقسیم بندی بر اساس جنس پیزوالکتریک :

۱- پیزوالکتریکهای سرامیکی (مانند پیزوسرامیکهای PZT و ...):

پیزوالکتریکهای سرامیکی به چهار زیر مجموعه کلی: قطعات تک کریستال (مانند پیزوالکتریکهای تک کریستال کوارتز) قطعات حجیم سرامیکی (مانند پیزوالکتریکهای با ساختار پروسکایت مثل پیزوالکتریک PZT) و سرامیکهای لایه ضخیم و لایه نازک تقسیم می شود.

۲- پیزوالکتریکهای پلیمری (مانند پیروفیلیمها و غیره):

که به دو زیرمجموعه کلی قطعات پلیمری (مانند لاستیکهای پیزوالکتریک) و فیلمهای پلیمری (مانند پیروفیلیمهای PVDF) تقسیم می شود.

۳- پیزوالکتریکهای کامپوزیتی (Ceramic Polymer Composites):

این نوع پیزوالکتریکها معمولاً شامل کامپوزیتهای سرامیک - پلیمر می باشند.

به عنوان مثال پیزوالکتریکهای با ساختار پروسکایت شامل ترکیبات ذیل می شود:

Barium Titan ate ($BaTiO_3$)

Lead Titan ate ($PbTiO_3$)

Lead Zircon ate Titan ate ($[Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3, PZT]$)

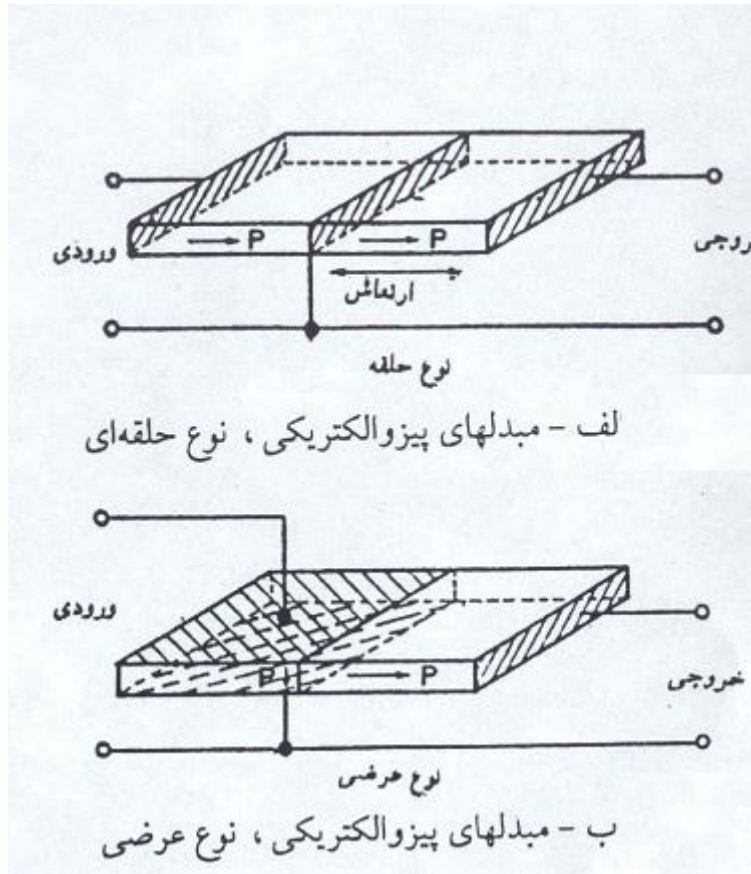
Lead Lanthanum Zircon ate Titan ate ($(Pb_{1-x}La_x)(Zr_{1-y}Ti_y)_{1-x/4}O_3 \cdot 0.25x O_3, PLZT$)

Lead Magnesium Niobate ($(Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3, PMN$)

Potassium Niobate ($KNbO_3$)

Potassium Sodium Niobate ($K_xNa_{1-x}NbO_3$)

Potassium Tantalite Niobate ($K(Ta_xNb_{1-x})O_3$)



روشهای تهیه پیزوالکتریک و پیروالکتریکها :

۱- تکنولوژی پودر

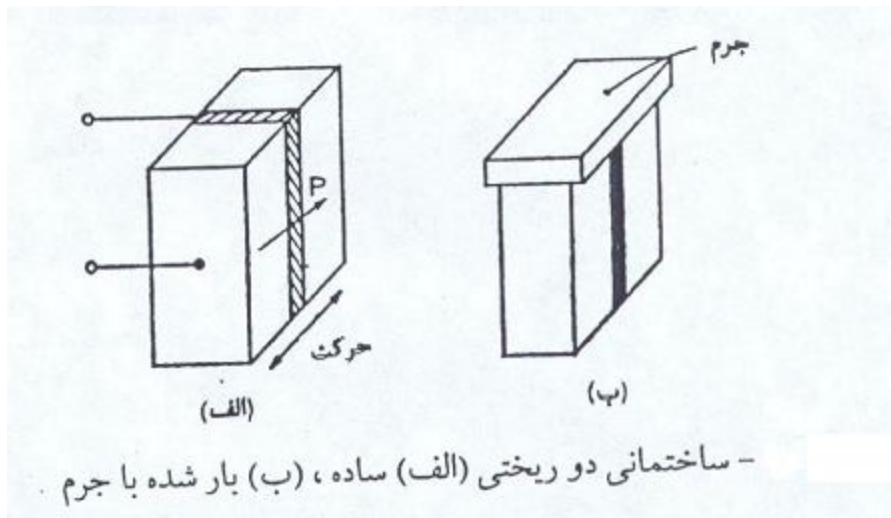
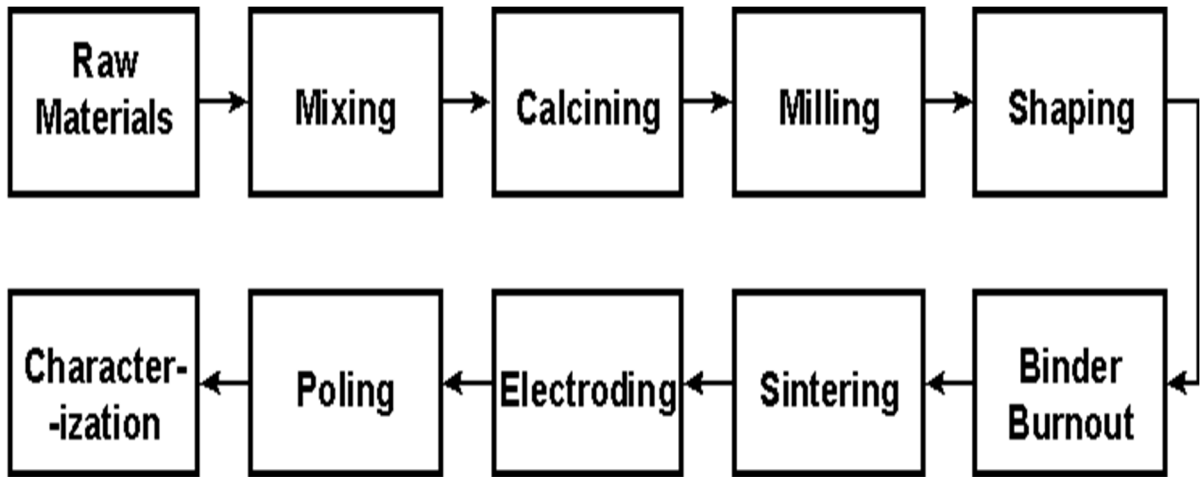
۲- رشد تک بلور

۳- تهیه فیلم نازک و ضخیم

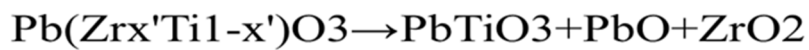
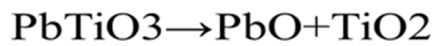
۴- روشهای شیمیایی سل - ژل و هم رسوبی و رسوبگیری از محلولها

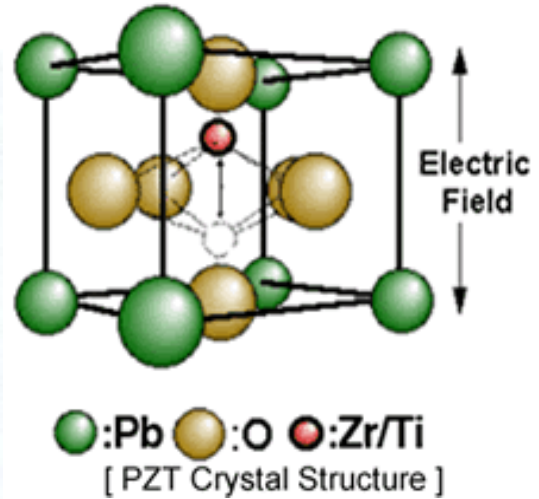
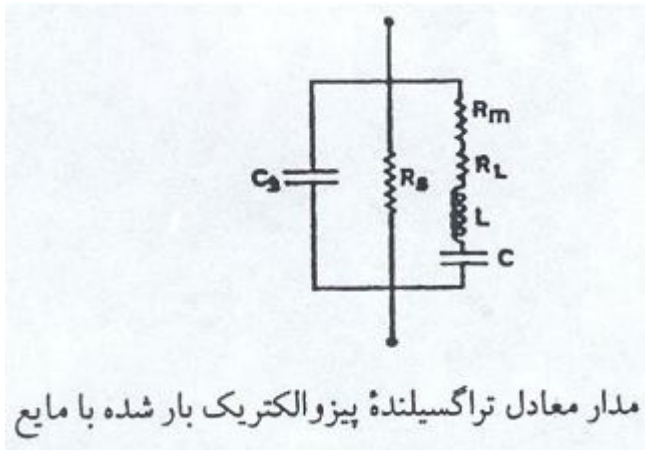
۵- نانو تکنولوژی

فرایند تولید (تکنولوژی پودر) :



فرایند ساخت پیزوسرامیکها





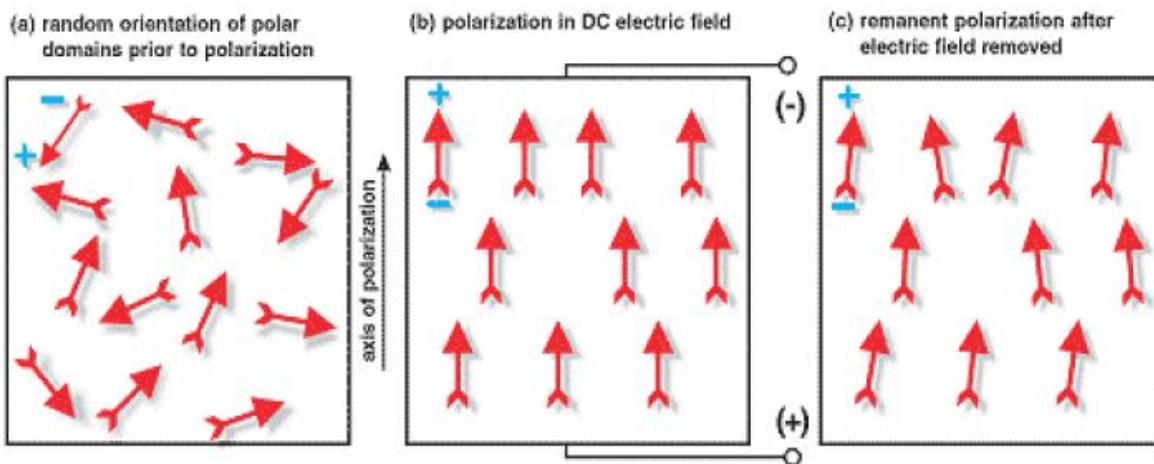
پدیده پلاریزاسیون

هنگامی که ماده فروالکتریک تحت یک میدان الکتریکی قرار می گیرد بردارهای پلاریزه که در آن به شکل به هم ریخته می باشد در جهت میدان آرایش می یابد و پس از قطع میدان تعدادی از این بردارها به شکل منظم در جهت میدان باقی مانده و پلاریزاسیون در ماده ایجاد می شود که باعث ایجاد پلاریزه پسماند و پدیده هستیرزیس می شود که شکل شماتیک آن را در زیر مشاهده می کنیم .

چهار مکانیزم سبب پلاریزاسیون می شود :

۱- پلاریزاسیون الکترونیکی

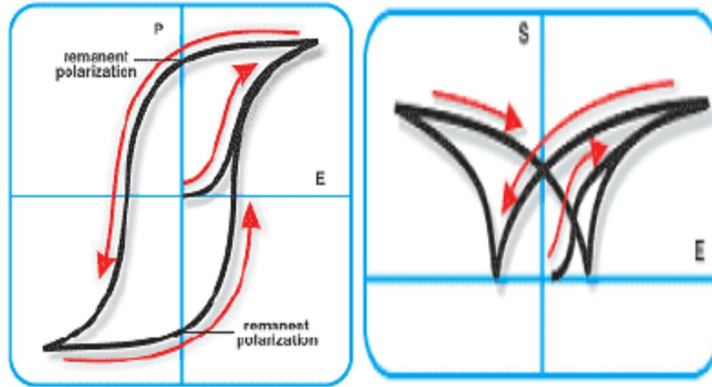
۲- پلاریزاسیون یونی



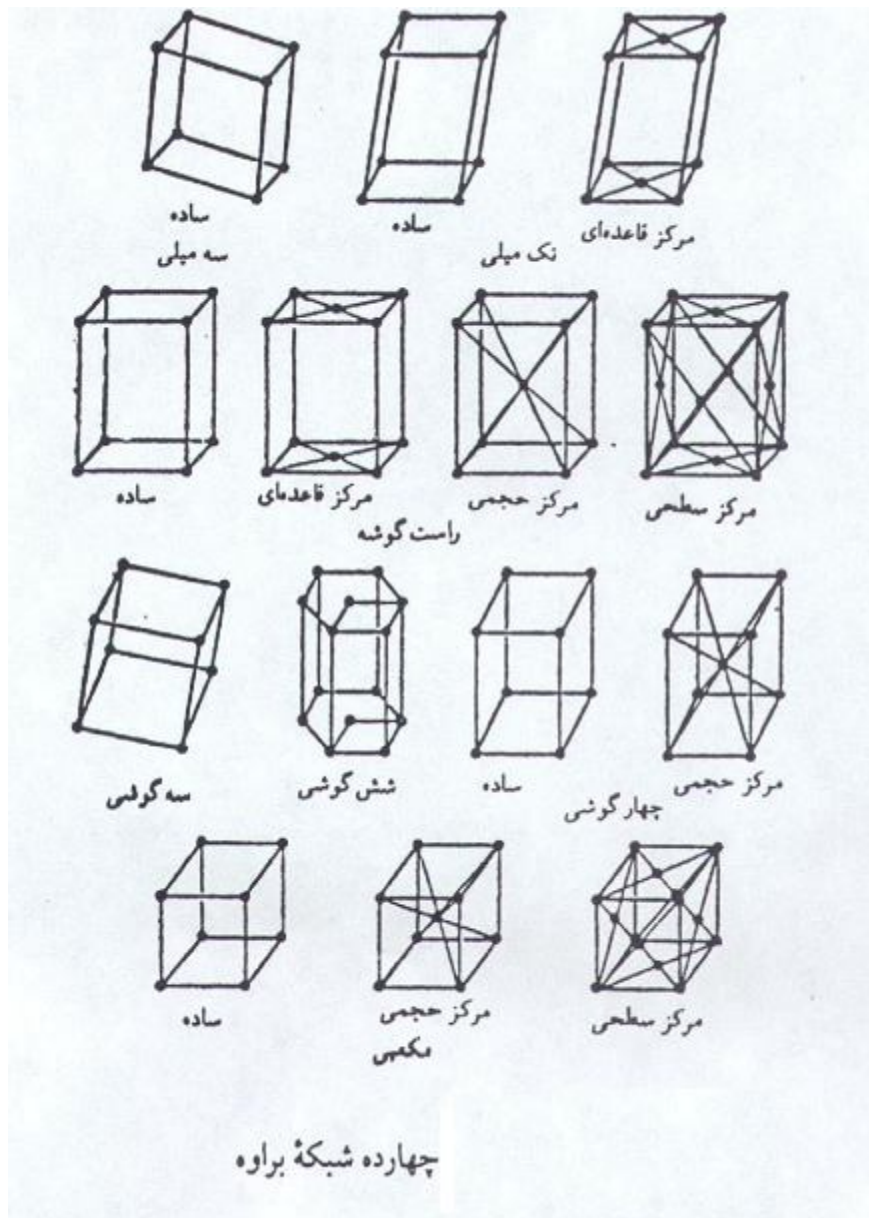
۳- پلاریزاسیون مولکولی

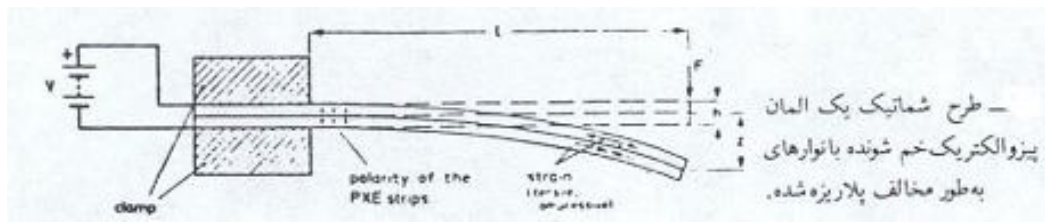
۴- پلاریزاسیون فضایی

حلقه هیستریزیس (Hysteresis curve)



منحنی هیستریزیس در یک فروالکتریک





صنایع مصرف کننده پیزوالکتریکها

- ۱- صنایع خودرو ۲- صنایع و تجهیزات پزشکی و دارویی
- ۳- صنایع نظامی (دریائی - هوائی - زمینی) ۴- صنایع لوازم خانگی
- ۵- صنایع حرارتی - برودتی ۶- صنایع محیط زیست (تجهیزات مانیتورینگ شرایط زیست محیطی)
- ۸- صنایع و تجهیزات کنترل حمل و نقل (رفت و آمد در مرکز مختلف و راه آهن)
- ۹- سیستمهای تنظیم کننده مصرف انرژی ۱۰- صنایع و تجهیزات شناسائی و مطالعاتی (اسپکتومتری و...)
- ۱۱- صنایع و تجهیزات نفت ۱۲- صنایع و تجهیزات اعلام دود و آتش
- ۱۳- صنایع و تجهیزات ورزشی ۱۴- صنایع و تجهیزات تصویر برداری نوری - حرارتی
- ۱۵- صنایع و تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی ۱۶- صنایع و تجهیزات مخابراتی و ارتباطی (هوائی - زمینی - دریائی)
- ۱۷- صنایع و تجهیزات عمق و ارتفاع سنج ۱۸- صنایع و تجهیزات و دیتکتورهای ماوراء بنفش و مادون قرمز
- ۱۹- صنایع و تجهیزات هوا - فضا ۲۰- صنایع و تجهیزات چاپ و چاپگرها ۲۱- کاربرد در ابزار آلات موسیقی

کاربرد پیزوالکتریکها در صنایع خودرو

- سنسورهای مربوط به تکانهای موتور و فنر و کمک فنر - سنسورهای مربوط به کیسه های هوا
- فشار سنج مصرفی در سیستم ABS- سنسورهای کنترل کننده فشار گاز کولر
- سنسورهای کنترل کننده گازهای خروجی - سنسورهای کنترل سرعت (در جاده ها و ...)
- سیستمهای کنترل داخلی و آسایش (صندلی و ...) - سیستمها و قطعات مصرفی در ترمز و ...

کاربرد پیزوالکتریکها در تجهیزات پزشکی :

- در مبدلهای تصویری تشخیص دما - در مانیتورینگ سیستمهای داخلی بدن (قلب و غیره)

- قطعات مصرفی در تفنگ های لیزری - پمپ قلب - در دستگاه های بی هوشی و تنفس مصنوعی

- در دستگاه های توموگرافی - سنسورهای مصرفی در فرهای مایکرو ویو

- انواع سنسورهای بیولوژیک (بیوسنسورها) - دماسنجهای فوری

کاربرد پیزوالکتریکها در صنایع لوازم خانگی :

۱- در ماشین لباسشویی : در هر ماشین لباسشویی حداقل سه نوع سنسور وجود دارد :

- کنترل بار - کنترل سطح آب - کنترل چرخش

۲- در یخچال :

- سنسورهای برفک - قطعات مصرفی در ترانسفورماتورهای التراسونیک

- قطعات مصرفی در مرطوب کننده ها - قطعات مصرفی در اتومایزرها

۳- اجاق گاز :

- فندک اجاق گاز (تولید ولتاژ بالا برای ایجاد جرقه)

کاربرد پیزوالکتریکها در صنایع نظامی (دریائی - هوائی - زمینی) :

- سیستمهای شناسایی (میکروفون زیردریایی و)

- سیستمهای هدایتی (رادار و موشک و)

- سیستمهای دفاع هوائی (systems Air Defense)

- سیستمهای کنترل هوائی و فضائی

کاربرد های دیگر

کاربرد پیزوالکتریک به عنوان مبدل انرژی نوسانی به انرژی الکتریکی (کنترل حالات تهییج و شتاب)

- کاربرد پیزوالکتریک به عنوان مبدل انرژی صوتی به انرژی الکتریکی (کنترل صدا در دیسکهای صوتی، میکروفون، بلندگو و زنگ اخبار)

- کاربرد پیزوالکتریک در دریافت و انتقال امواج التراسونیک (پروپ دیتکتور امواج التراسونیک، سنسورهای AE و کنترل کننده امواج التراسونیک)

شتاب سنجهای پیزوالکتریک قادر به اندازه گیری شتابهای ارتعاشی ایجاد شده در یک محدوده گسترده از فرکانسها می باشند. یکی از کاربردهای آنها در مشاهده و کنترل ارتعاش و شوک با دقت بالا در موتورهای موشک و راکت می باشد.

ارتباط بین فروالکتریک، پیزوالکتریک و پیروالکتریک

فروالکتریسته عبارت است از وجود قطبش خودبخودی و نیز وجود حلقه پسماند P بر حسب E در یک بلور، و این خاصیت ذاتی بلور فروالکتریک می باشد. پیزوالکتریک عبارت است از ایجاد قطبش الکتریکی در اثر فشار مکانیکی و پیروالکتریک به معنی ایجاد قطبش در اثر تغییر دمای بلور.

فروالکتریکها، زیر مجموعه ای از مواد پیروالکتریک هستند که دارای دو یا چند جهت قطبی باشند و نیز دارای مشخصه های زیرند:

الف- ارتباط خواص دی الکتریک با دما و وجود رفتار فروالکتریک در گستره دمای محدود.

ب- پسماند دی الکتریک و قابل معکوس شدن جهت قطبی.

ج- مقادیر زیاد ثابت دی الکتریک.

د- وجود ساختمان حوزه ای فروالکتریک.

مواد پیروالکتریک

مواد پیروالکتریک دارای دسته بندی زیر میباشند.

۱- مواد پیروالکتریک غیر فروالکتریک

۲- مواد پیروالکتریک فروالکتریک

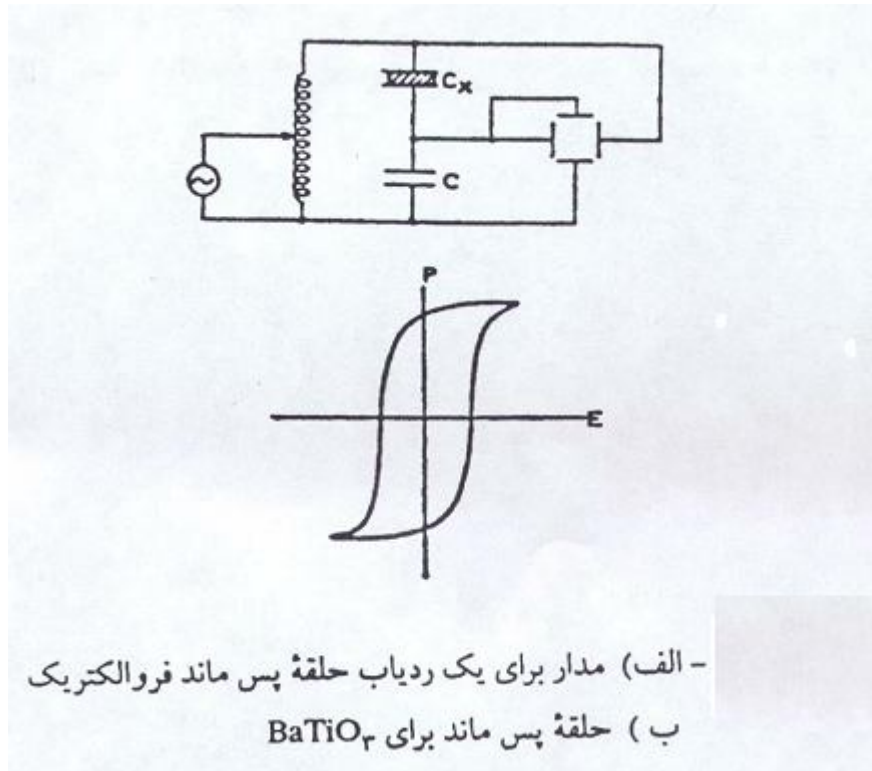
فروالکتریک های تک کریستال پیروالکتریک

فروالکتریک های پلیمری پیروالکتریک مانند PVDF

فروالکتریک های سرامیکی پیروالکتریک

مزایای پلی کریستال ماده فروالکتریک

- قیمت پایین، سهولت ساخت
- تهیه در ابعاد بزرگ و اشکال پیچیده
- عدم بوجود آمدن مشکلاتی نظیر صفحات کلیواژ که خاص تک کریستالهاست
- سختی بالا
- پایداری شیمیایی و فیزیکی



مواد پیروالکتریک

- لیتیوم نیوبات
- استرانسیوم باریم نیوبات
- زیرکونیوم تیتانات PZT

شرایط انتخاب مواد پیروالکتریک

- بالاترین ضریب پیروالکتریکی برای ایجاد حساسیت موردنیاز
- کمترین مقدار ثابت دی الکتریک برای بالا بردن حساسیت ولتاژ و افزایش باند فرکانس کاری
- کمترین گرمای ویژه حجمی
- افت دی الکتریک پایین

روشهای تهیه مواد پیروالکتریک

- فیلم نازک
- روشهای شیمیایی ← سل - ژل

کاربردها پیروالکتریکها

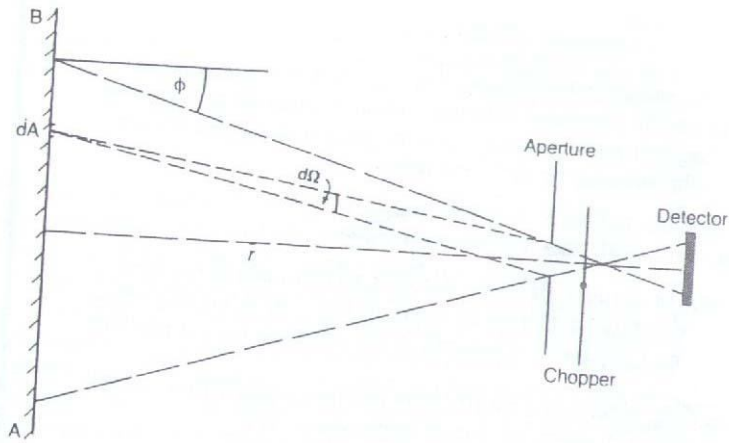


Fig. Radiometer optics.

راد یومتری

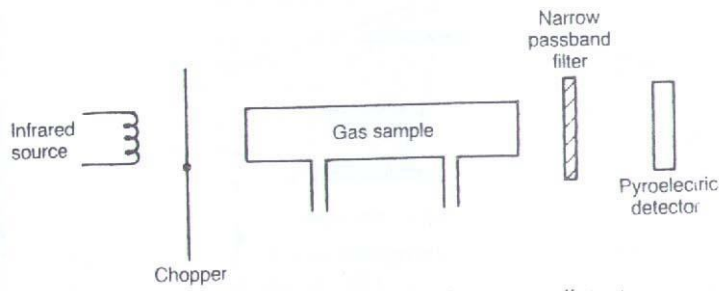


Fig. Apparatus for the detection of gaseous pollutants.

دستگاه تشخیص آلودگی گازی

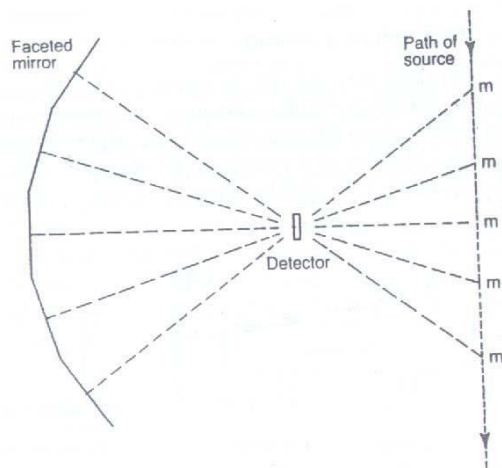


Fig. Faceted mirror in an intruder alarm: m indicates the positions of the source giving radiation maxima at the detector. (After Porter.)

آینه های شلجمی در آژیر های اخطار دهنده

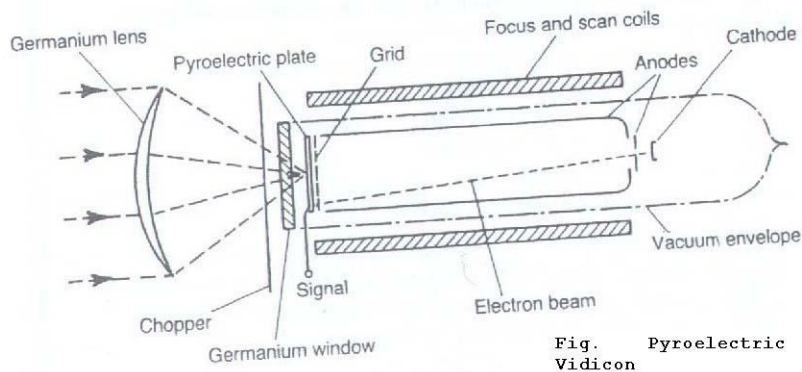


Fig. Pyroelectric Vidicon

وید یکن پیرو الکترونیک

مراجع :

- ۱- ایمان مباشر پور "سل-ژل روشی برای سنتز نانو پودرها" - پژوهشگاه مواد و انرژی
- ۲- دکتر ز. نعمتی، "سرامیکهای الکترونیکی، پیزو و پیرو الکترونیک ها" - مرکز صنایع نوین دانشگاه صنعتی شریف (۱۳۸۲)
- ۳- مهدی صادقی "سرامیک های پیزوالکترونیک PZT" - دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات (۱۳۸۱)
- 4-S.Linardos , Q.Zhang , J.R.ALock "Preparation of sub-micron PZT particles with the sol-gel technique "(2004)
- 5-R . Shannigrahi , F.E.H.Tray , K.Yao , R.N.P.choudhary "Effect of rare earth (La , Nd , Sm , Eu , Dy , Er & Yb) ion substitutions on the microstructural an electrical properties of sol-gel grown PZT ceramics"(2005)
- 6-Low Temperature preparation and properties of sol-gel derive Ti- rich $Pb(Zr_{1-x}Ti_x)O_3$ Thin Films .
- ۷-چنگیز خضری، " شناخت و بررسی پارامترهای مؤثر در انتخاب مواد پیرو الکترونیک مناسب ساخت دتکتورهای مادون قرمز"، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مواد و متالورژی، آبان ۱۳۷۷
- ۸- ج . س. اندرسون، ترجمه دکتر عبدالله مرتضی علی و دکتر مرتضی زرگر شوشتری، "دی الکترونیک ها"، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۷۶، (۱۴۷-۱۸۵).
- 9- Levinson,L.M."Electronic Ceramics",New York, (1988).
- 10- W.J.Merz," Progress in Dielectrics" , VOL. 4, Heywood, P.105,(1962)
- 11- Herbert,J.M."Ferroelectric Transducers and Sensors",Gordon and Breach,London,(1982).
- ۱۲- حسین تویسرکانی، "اصول علم مواد (ساختار، خواص و مهندسی مواد)"، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، زمستان ۱۳۷۹
- 13- P.W.Mason,"Piezoelectric Crystals and Their Application to Ultrasonics",Van Nostrand (NewYork) ,(1950).

14- A.V.Hippel,"Dielectrics and Waves" ,John Wiley (New York) P199,(1950).

15- Herbert.J.M,"Ceramic Dielectrics and Capacitors",Gordon and Brach,(1985)

۱۶- زیارتعلی نعمتی ، "سرامیکهای الکتریکی ، پیزو و پیرو الکتریکها " مرکز صنایع نوین و دانشگاه صنعتی شریف ، (۱۳۸۲)

۱۷- دکتر استیونس ، ترجمه مهندس مهرداد حبیبی ، " آشنایی با زیرکونیا " ، شرکت تحقیقات صنایع سرامیک ایران ، مرکز نشر سرامیک ، ۱۳۷۱ ، (۱۱۶-۱۱۲) .

۱۸- دکتر احمد منشی ، " سرامیک ها و مواد نسوز " ، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان ، زمستان ۱۳۷۵ ، (۷۲-۷۳) و (۸۵-۸۸) .

19- W.P.Mason , " Electrochemical Trasducers and Wave Filters" , Van Nostrand (New York),(1948) .

20 A.E.Crawford," Ultrasonic Engineering" , Butterworth. (1955).

21- Jaffe ,B,Cooke W. A and Jaffe. H , " Piezoelectric Ceramics " ,Academic Press, New York and London,(1971).

22- Van Randerat, J. and Settingrington R. E,"Piezoelectric Ceramics" , Mullard Ltd., Torrington Place , London,(1974).

23- David W. Richerson," Modern Ceramic Engineering" ,Marcel Dekker, New York,(1992).

24 A.J.Moulson, J.M.Herbert,"Eletroceraamics",Chapman and Hall, London,(1990).

25-R. W.Whatmor,"Pyroelectric Devices and Materials" , Rep.Prog .Phys, (1986) .

26- B.M.Tareev, N.V.Korotkova , V.M. Petrov , "Electrical and Radio Engineering Mterials" , Moscow,(1980).

27-M.Daglish," An Analysis of Material Requirements for Uncooled Thermal Imagers",Ph.D Thesis , Department of Ceramic , University of Leeds, (1987).

28- Smith,R.A.,Jones,"The Detection and Measurment of Infra red Radiation" ,Clarendon Press, Oxford, (1957).

29 -Burfoot,J.C and Taylor,G.W, " Polar Dielectrics and Their Applications",Mcmillan,London,(1979).

30- WWW.MOLECTRON DETECTORS.COM

Rehabilitation with Nano Technology

Iman Elyasian, ielyasian@gmail.com

Structural Master Engineer

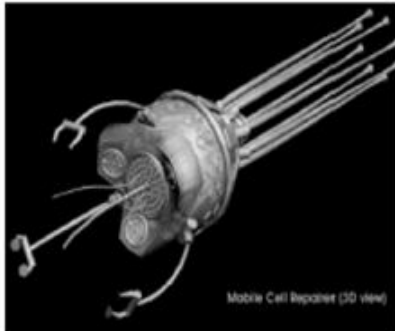
Preface

One of major 20th century's improvement and achievement is development in nano technology and entrance in atomic phase of materials and inter cell of vital creatures with changes DNA. Nowadays this innovative technology use in vast industries and engineering applications such as chemistry, material, nuclear science and this technology and materials which produced by this method and smart materials are modified and their behaviors are amended for prohibition from usual defects and they are mankind and manual productions , extension of this knowledge is entered in mechanical and civil engineering too For instance application of nano in civil engineering field is related to rehabilitation of lifelines ,increasing durability of materials against corrosion and erosion, nano filtration, nano coating , environment, generation of smart materials, shape memory alloys, self repairing (Self – Assembly) property , , High performance concrete, nano cement, energy preservation and control ,anti radiation against nuclear reflects. In this essay we discuss about application this strategy and method for rehabilitation

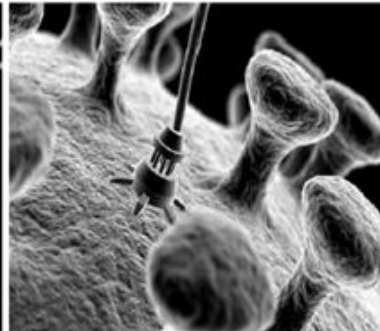
Key Words: Nano technology ,rehabilitation, smart concrete, nano particles ,nano cement, lifelines, shape memory alloys, nano carbon tubes, nano coating and nano filtration

What is a sensor or sensor?

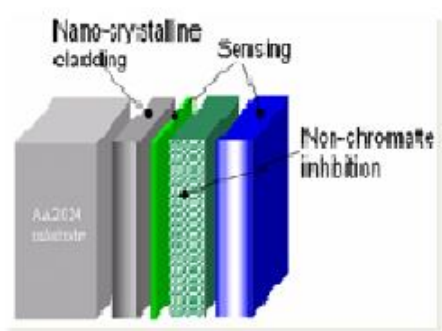
Sensor or sensor element is a visitors committee felt physically like pressure, temperature, humidity, temperature, and ... Committee joined the electrical (analog) or digital makes. In fact it is an electrical device that changes the physical or chemical measurements and that it makes the electrical signal. Measuring devices in a variety of sensors, analog and digital control systems like PLC are used. Performance of sensors and their connections to various devices such as PLC has led sensor components integral part of the control system is automatic and robotic. (To read more about the PLC micro site to other articles in the forum, see Computing) Status information from sensors of different moving parts the system to send the control unit and changes the status of the machines is functioning.



Motion sensor



Moisture sensors
(supersonic)



Ultrasonic sensor pair



Non-contact sensors

Non-contact sensors, sensors that are approaching a piece of felt, and there it will be active. This is a way that can attract a relay, contactor or sending an electrical signal input to the floor is a system.

Examples of sensors used

- 1 - Counting production: inductive sensors, capacitive and optical
- 2 - Textiles and motion control ...: optical and capacitive sensors
- 3 - Tank Level Control: optical and capacitive sensors and capacitive level control
- 4 - Diagnosis tear sheets: optical sensor
- 5 - Control deviation Fabric: optical and capacitive sensors
- 6 - Traffic control: optical sensor
- 7 - Measuring speed: inductive and capacitive sensors
- 8 - Measure distance piece: analog inductive sensor

Benefits of contactless or proximity sensors

High switching speed:

Sensors compared with mechanical keys have high switching speed, so that some of them (inductive speed sensor) to 25KHz switching speed work.

Long life:

Due to lack of mechanical contact and no water penetration, oil, dust and ... Are a lot of longevity.

No need for force and pressure:

According to the sensor performance when approaching a piece, no need to force and pressure.

Usable in different environments working conditions:

Sensors in environments with high pressure, high temperature, acid, oil, water and ... Are used.

Not make noise when switching:

Due to the use of semiconductors in the output class, annoying noises (Bouncing Noise) is not created.

Inductive sensors

Non-contact sensors, inductive sensors are the only metals react against and they can direct the command to relays, valves, electrical systems, measurement and control of electrical circuits (eg PLC) to post.

Inductive sensors based work and building

Building these sensors consists of four categories: oscillator, demodulator, Schmitt trigger, boost output.

Oscillator:

The basic parts of a sensor made up of high-frequency oscillator that can be affected metal parts. (More detail in other articles micro site computer) creates the oscillator in the electromagnetic field sensor is sensitive. Approaching a piece metal creates eddy currents, and this action was in part because the field energy is absorbed, resulting in reduced oscillator amplitude. Since Dmdlatvr class, oscillator amplitude detector is thus reduced oscillator amplitude by this section Schmitt Trigger class pass. Oscillator amplitude reduction caused Schmitt trigger has been activated and the output part, in turn, will stimulate output class.

How to install inductive sensors

Whenever two or more inductive sensors in the vicinity of or against time to be installed, the following conditions must be met:

A) How to install inductive sensors Flush:

Sensors (Flush (Shielded sensors that are sensitive sensor area is enclosed by metal shell. If two or more numbers on the same level of the metal body of sensor devices be installed follow the installation intervals are required.

B) how to install inductive sensors Non-Flush:

The sensors (Non-Flush (Un Shielded sensitive sensor area outside the shell is metallic. Switching between these sensors is more of sensors Flush. But the switching frequency is lower in comparison.

C) How to install sensors, inductive versus time:

When two inductive sensors are installed in front of the observance of minimum distance is required 6Sn

Sensors in robotic

Sensors in the robot communication tools and information with the outside world and internal environment are. Just choose a very large impact sensors in robot has efficacy. (In this case as detailed in the Discussion Forum is robotic. As well as other articles for further reading, see site

micro-computers.) Depending on the type of information that the robot requires various sensors can be used:

- Distance - Color - Light - Sound - Move and Shake - Temperature - Smoke
- And ...

Sensors used in robotics:

Types of sensors used in robots are:

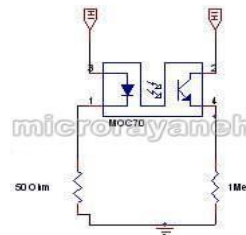
A) contact sensors (Contact)

The most important applications of these sensors is as follows:

- 1 - Detection call two objects
- 2 - Measurement of forces and Gshtavrhayy during robot movement between its various components is created.

In the form of a micro-contact switch or sensor is shown. If you encounter a barrier metal blade and pressed the key under the blade and cutting as a key connection, switch output voltage will change.

Hall effect sensor



Ultrasonic sensors

Optical sensor pairs

B) adjacent sensors (Proximity)

Detect objects near the robot sensors is the most important application. Different types of sensors such as adjacent: induction, Asrhal, capacitive, ultrasonic, light may be used in robots.

C) long-range sensors (Far away)

The main application of these sensors is as follows:

- 1 - Metering (Lyzv and ultrasonic)
- 2 - Vision (camera CCD)

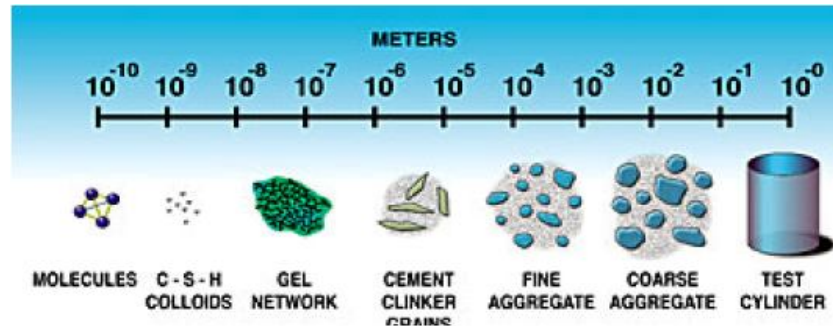
In the form of a receiver and transmitter pair ultrasonic (supersonic) is shown. The basis of these sensors is based on the Doppler phenomenon.

D) optical sensor (receiver - transmitter)

One of the most widely used sensors used in the construction of optical sensors are bots. Optical sensor receiver - transmitter of a luminous diode (transmitter) and an optical transistor (receiver) has been established.

If the sensor output against the white surface placed 5 volts and if against a dark surface is to be zero volts. However, this situation can be different models contrast sensor. However, in the face of the sensor with two different light levels to produce different voltages.

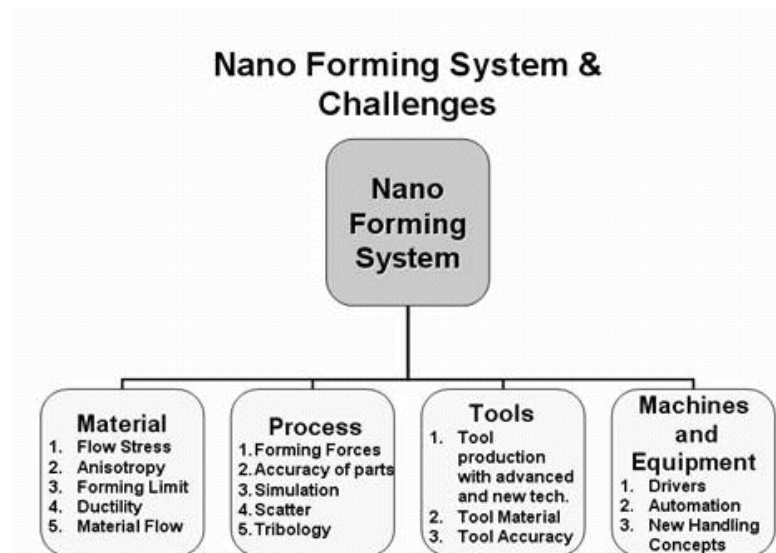
The following sample driver circuit optical sensor receiver transmitter pair is shown. Mqavthay values shown in the various models vary with the study, data sheet they can obtain the optimum amount of resistance.



What is Nano Technology?

Nano Technology is described between different majors as a science branch and this knowledge deals with Biology, Chemistry, Physics and so on, History of application this technology returned to lecture of Professor Richard P Feynman from California Technology Institute which is generated huge and giant revolution in human body knowledge.

There are various descriptions for Nano technology and National Nanotechnology Initiative Has special description for this technology, they announced this techniques has these 3 below concepts 1- Nano Technology and Research developments are in atomic and molecule structures plus macro molecules structure with scale between 1 to 100 nano meter 2-creature and usage of structures, instruments, devices, apparatus and systems with limit or mediocre and intermediate measurements with novel properties and performances 3-ability for controlling or manipulating in atomic structures



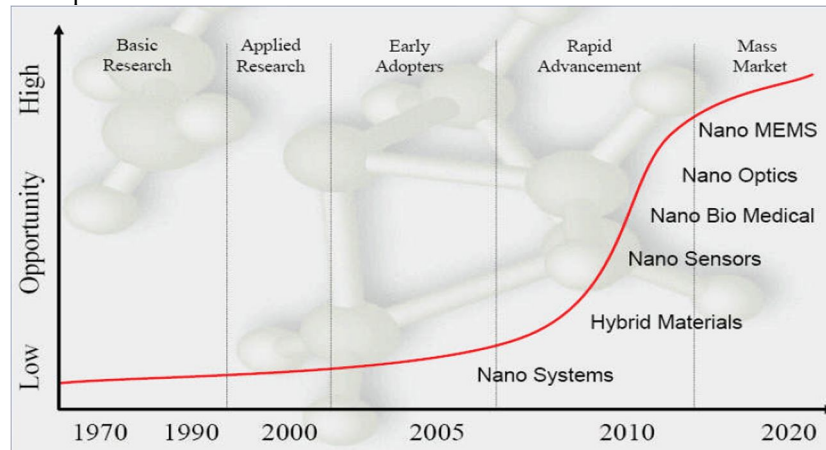
General Development Objectives of Nano Technology

With this method we follow for making materials with better performance and properties such as 1- more light weight 2-more intelligence and smartness 3- more speed and faster 4- cheaper and less cost 5- higher strength 6- less pollution with less destructive environmental effects 7- more safety

Nano Technology applications

this industry strategy resembles a tree with different branches , we can divide them to below branches 1- production chemistry materials like catalysts, membrane and filtrations, composites 2- generation advanced materials such as paints and coatings, plasticizers, abrasive materials 3- automobile factories and transportation 4-texture industry for weaved nano fibers, protective dresses 5-aerovation and military services 6-medicine and pharmacology, entrance to cellular environment, determination and cure diseases 7- enrgy production and consumption optimization 8- water treatment and purification 9-agriculture 10-biology and environment engineering 11-data transmission ,information and telecommunication technology 12- structure and construction 13-supervision and sensors for monitoring 14-electronic and electro mechanic systems 15-new generation of ceramics and reinforced glasses (self clean) 16- causing fire ret ardeny and resist against fire in plastic

industry 16-providing welding electrodes with low temperature 17- preparation fuels 18-vibration absorption 19- offshore resistant colors
 20-light and marine and under sea waves, wind and sunlight energy absorption 21-nano filtration
 22- nano batteries in production process with long life, graphite and ceramic with nano technology quality
 23- Minatory infra structure in blood pressures and vessels 24-Biology,physic and chemistry 25-phenomenon recognition and related processes



Scope for Recent Nano Technology advances through world-wide

Nano Generations and ancestors

1-First Generation: In active nano structures like coatings, nano particles,nano structure metals,polymers,ceramics

2-Second Generation: Active nano structures like drugs such as flexible structures

3-Third Generation :Formation nano structures like directed(assembled) montages,Robotic and complement systems

4- Forth Generation: Molecule Nano systems like molecule instruments(supplies) with atomic design and novel duties

Nano Technology Application in earthquake engineering and lifelines

1-Concrete Strength modification with using nano particles

With some studies via nano particles such as Sarooj mortar (combination of sand, Portland cement and lime) effects on flexural and compressive strength of cement illustrates with adding some silica particles and iron crushes , we can amend compressive and flexural properties of traditional and usual mortar and we can receive ideal unity and versatile resistant against earthquake loads and shocks.

2-light weight buildings and resistant against or tolerate tensile stresses with usages of nano tubes
 Nano tubes are the most resistant materials which we know and take them into account. While observed these nano tubes have low densities in contrast with steel and aluminum plus their compressive and tensile strength are higher than all structural and masonry materials

3-self rehabilitate and repaired structures with nano structure polymers

Researches in cases of polymer structures reported and noticed guard rail construction which can repair themselves in vulnerable sections, consequently the results of these researches are used for asphalts and concrete pavements which repair themselves and if any earthquake or damage happen, they amend and repair themselves

Corrosion Resistant

Corrosion effects during exploitation process and it is allocated enormous maintenance resources. In the other hand corrosion by energy and material dissipation, environmental and safety direct and indirect damages, causes breaks through work operation and over halls. Importance of corrosion related to occurrence of it in each conditions with or without water

In this case nano technology with causing anti corrosion coating and covers are so predominate **Nano-multi layers' cover**

Recently, these covers spread and each layers has special goals, you can see one of this cover in figure, their objectives are such as 1-increase life duration 2- decrease maintenance and facility repair costs 3-decrease air pollution

Stainless steel with corrosion resistances

With nano technology and adding nano particles in melting phases we can make stainless steel with high corrosive strength and good flexibility in thermal operations and we find various application of this alloy in automobiles industries and medical instruments

Optimization of Oil and its differentials consumption

- 1-Nano-Diamond particles for reduction of engine-oil consumption
- 2-felurin additives and their effects in decreasing engine-oil usage
- 3-Nano Gasoline particles in reduction of petroleum consumption
- 4-Nano technology in production of optimized and modified structural materials

This technology is applied for generation amending structural materials and masonries such as glasses, pipes, cements, bricks

Steel with nano technology is applied with M2C particles, in following table we can observe some corrosive resistant steels in aeration industries.

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

X-TEC

A German company was produced a type of metal coating with Nano technology

Profits and privileges

- 1-Complete joint with steel surface
- 2-High Strength against acids and bases (Chemical Environments)
- 3-High Corrosion resistance
- 4-easy usage and application (with spray and gels)
- 5-High abrasion resistant like glass
- 6-increasing flexibility capability



Nano Protect CS

This material is used as coating on concrete surfaces, one of Nano-Tec Company in Austria and is applied protective agent against water penetrations and leakages, so it is effective against color ion in pre stressed concrete pipes

Another properties of this production is its self-cleaning characteristic, there for chemical materials effect for concrete is decreased. Sulfates are harmful materials special for exterior layers of pipes and chemical substances are awful for interior thickness. We can prevent and prohibit their terrible damages and vulnerabilities with this nano-protective coating

Advantages and Benefits

Easy application (spray and gel or using brushes)- Long life durance-Self cleaning
Thermal resistant to 400 centigrade degree-Resistant and stand able against water leakages
Weathering resistant-Salting Resistant-UV-Radiation Protection-Pollution diminishing

Concrete

Nano-Silica (SiO₂)-Nano Iron particles (Fe₂O₃)
Modified and reinforced cements with nano tube carbons
Polymers-Nano Composites

Nano application for Reduction vulnerabilities in life lines via Nano tubes

Life lines have 3 important properties which are separated and distracted from structural, mechanical and electrical apparatuses and facilities .these characteristics are 1-wide spread 2-complexity and varieties of components 3- vulnerable-performance interaction

For reduction vulnerabilities in life lines, there are 4 general methods

1-farther more from risks and choosing suitable installment location 2-prevention of entrance stimuli and motivations with application base isolations, dampers and other energy dissipaters

3-inspire and stimulus control inter structure in passive, active or semi active shapes

4-seismic resistant design of elements and system components

Major life lines are

1-water and swages systems

2-pipelins and links (joints)

3-reservoirs and structural elements in water treatments and pump stations

Conventional pipes and tubes are made from steel, concrete, asbestos, polymer, cast ductile iron

Damage causes in pipelines

Great fault motion induced with active seismic and earthquakes-Liquefaction-wavelet propagation

Existent damages and defects in pipelines

Continuous pipes-Tensile failure-local and global buckling

Weld slip joints and misalignments- discontinuous pipes

Out-axial pull-Crushing of Belt-and-Spigot Joints – Circumferential Flexural Failure and Joint Rotation

Solvable methods and challenges in reduction seismic damages

- Changing pipelines passages
- Pipelines isolation against earthquake motions
- Reduction ground motions
- Using tolerable and more resistant material with higher strength and ductility
- Application materials with higher ductility and flexibility for joints
- Usage of **nano** technology in seismic reduction of pipelines
- Usage of **nano** particles in pipe structures
- Usage of **nano** coating as a stand able and resistant agent against corrosion

Seismic damages to reservoirs and structural elements in water treatments and pump stations

Turn over and skew (converse) of reservoirs because of liquefaction

Layer and thickness buckling occurrence-corrosion

4-Transportation: damages in bridges, embankments, back fills, retaining walls and abutments, tunnels

In bridges with using nano clay particles in elasometers and bearings (sliders and base isolations) ductility capability will improve so extend and enormous

5-Rail ways

Damages and Risks in rail ways and train transportations

Land sliding and embedded or going under ground rail ways

Pip lines deflection-pipelines missile through faults alignments-pipe lines settlement because of liquefaction

6-Gas and oil energy

Electricity

Carbon Nano Tubes (CNT)

Single Wrap nano tubes (SWNT) and multi layer nano tubes(MWNT)

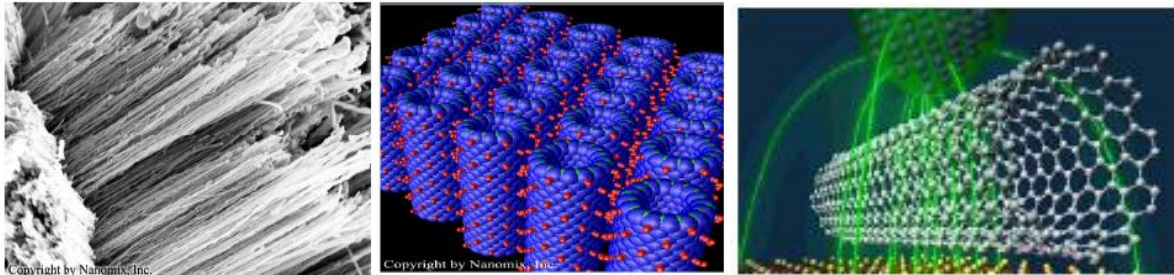
Fiber is used for reinforcing and mechanical concrete modification and amending, nowadays

We apply steel, glass, poly propylene, carbon substances and so on as fibers in concrete matrix (Such as Fiber or Polymer-concrete) Carbon Nano tubes are used for fibers and they give special and noticeable thermal and electrical characteristics and effects. In this term thermal passing are twice than diamond and for electrical efficiency is more than 1000 (one thousand) of copper, Nano tubes are revolutionized in building and structural materials and they are generated high performance materials.

Carbon Nano tubes resemble Graphite layer which is shaped like tube or pipe and we should consider there are 4 atoms in vicinity of diamond pyramid and for graphite, there are 3 atoms adjacent. Nano tubes properties are extensively related to atomic arrangements and how graphite layer are crystallized

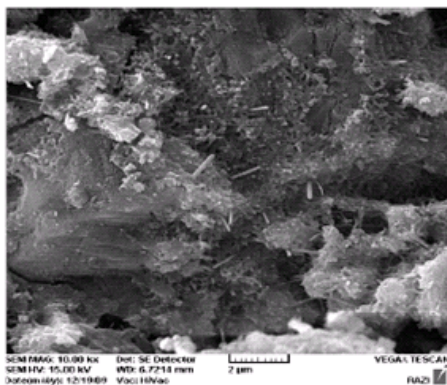
and ordered or aligned, diameters, tube's lengths and morphology Carbon Nano tubes are in 2 modes SWNT and MWNT. This material is so rigid with high hardness, with high strength, they are so flexible

Their strength to weight ratio are 500 times more than aluminum strength to weight ration and hollow structures of nano tubes are caused their ultra light weight, they have suitable against chemical materials and environmental, they are so stable against thermal changes and their thermal conductivity in axial alignment are impressive. They are active catalysts and their capillarity property is predominant, they can distract and separate gases and liquids phases

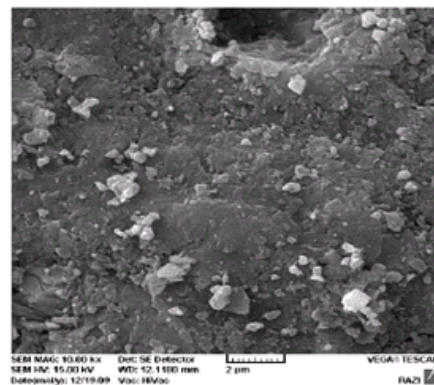


Nano Cement Types

- 1-Cement with Carbon nano tubes
- Nano cement including Al_2O_3 (Bauxite or aluminum ore particles)
- Nano cement retaining nano silica-Nano cement contains Fe_2O_3
- Nano cement with montmorillonite (types of abrasive crushed stones)
- Nano cement including zinc oxide
- 2-cements are coherent and bonded to Carbon nano tubes



Sample and



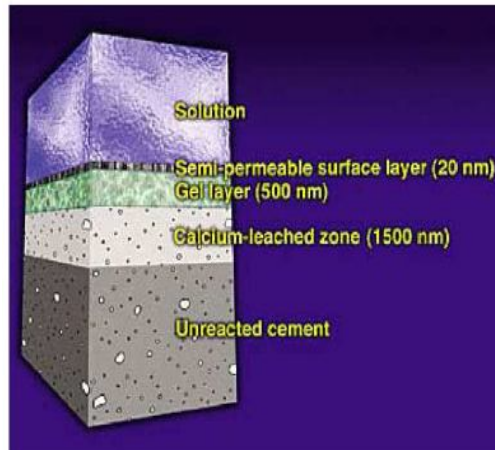
nano structure figure



Self cleaning coating with nano particles



Light Crome concrete (passing lights) with nano Technology



Hydration reacts (details) of Cement particles in nano dimension

Nano concrete- aggregates

They protect and support against contamination and surface pollutions and demolishing, this nano coating is invisible and there is no changes in appearances and physical properties of aggregates surface with covering liquid nano stone

Nano stone advantages

Drainages surface waters, prohibition from nasty and dirty layer, prevention of algae growth, being invisible, surface oxidization forbidden, Salty sediment prevent, easy cleaning aggregate, prevention of cracking, being non toxic

Nano silica fumes

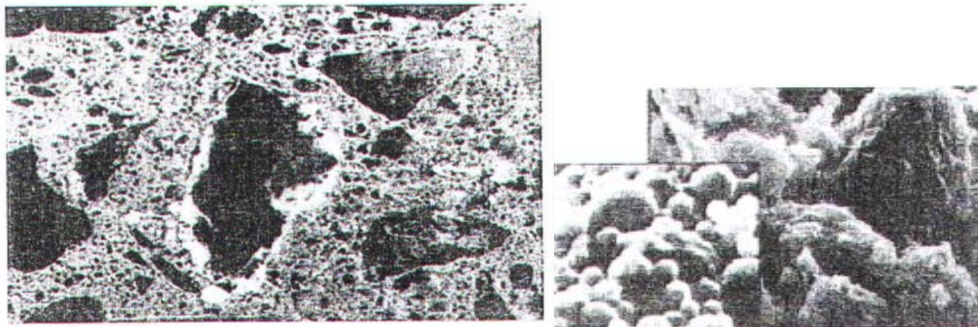
For producing artificial and synthetic glass, this material is used as important additives material which increasing strength and durability of concrete structure submitted or presented salty corrosive environment. This reaction is in nano scale, but if its amount is increases causes cracking

Active nano structure

Nuclear Resonance Reaction Analysis (NRAA) is used for investigation cement hydration in nano scale. Cement water reaction is in very tiny and nano scale, in this method nitrogen atom radiates and results draws with graphs that we say in depth hydrogen vertical slice, water penetration velocity and various arrays during reaction is illustrated. with observation these figures and hydration (cement-water) interaction is happened in 20 nano meter thickness and acts similar semi penetrated membrane (pseudo osmoses) there is reaction with calcium ions. Silica ions are greater and stay behind this layer.

With continuing silicate gel reaction in beneath depth surface layer is formed, which is agent for cement inflation. With this abrupt and sudden incident surface layer is flawed and busted. In this section imprisoned silicates are released, they acts with calcium ions and it produces hydrated calcium-silicate gel it causes concrete stiffening and hardening. Gradual implement shows vertical hydrogen slices

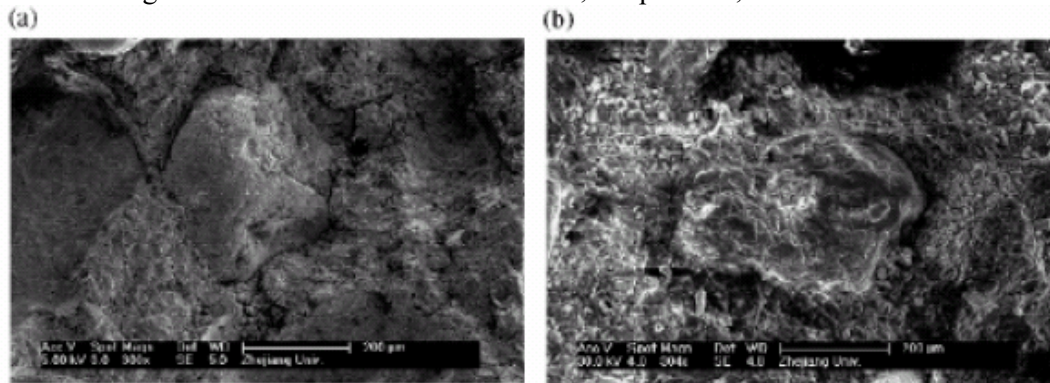
This information is used for studying concrete stiffening with thermal and chemistry function



) ASR(Alkali –Silica Reaction

This is between Alkali or bases and cement that forms active-silica during mixture's reaction which is called Silica Reaction-Alkali (ASR).This Reaction is generated Alkali-cement Gelatin. If it has enough moisture or sufficient humidity, Gelatin will be expanded and it causes so many cracks, There

fore, ASR weaken concrete matrix and it will be vulnerable against exterior loads ASR gel will be expanded and alter or change Amorphous deflections (.without arranged shapes) in nano scale that Norton changes are studied as varieties of Gelatin, temperature, relative sediment.



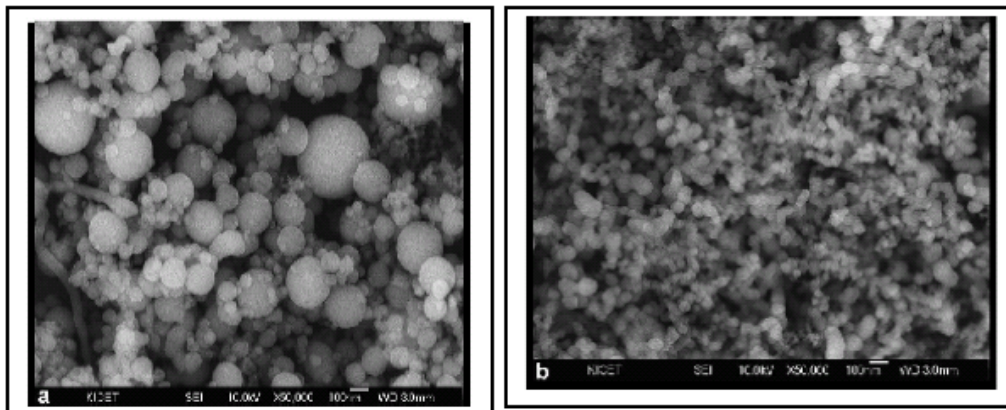
28 days after Hydration (water-cement reaction) SEM picture a)with out nano-Al₂O₃ b)5% nano-Al₂O₃

Fly Ash

Types of Puzzulan and nano structure Portland cement will be affected in strength and concrete durability, with Notron radiation separation quality and how is time function will be studied and investigated in Fly Ash

(Water- Cement) Hydration speed

A correct and appropriate of water-cement reaction is function of temperature- water to cement weight ratio ,cement particles calibration via conventional analysis and notice to Cement nano-Gelatin and Norton radiation separation for motion and water measurement are suitable, cracks propagation rate is evaluated



Nano technology effects in asphalts

With Richard A. Livingston in Federal Highway Administration (FHWA, USA) advanced infra structures, asphalt either cement are divided in nano substances. A material with nano structure and capability can amend their cracks automatically. This advancement is considerable and capsulated with modification agent.

There is chemical catalyst initiation (beginner) in chemist catalyst by epoxy resin bed. Micro cracks are spreading and causing failures in micro-capsules, consequently modifying factor released among cracks with capillarity property. with catalyst contact, this agent begin to polymerization and bond each sides of crack edges together (causes cohesion), this method cause asphalt product which amend cracks. Though for recent asphalt users, there is no approaches in postpones or delay for asphalt maintenance and preserving are not achieve able, so it is not removed all worries about it. we can used rusted and torn tiers, tubes, grinded glasses , over-product of glass refineries (plants) ,fly ash, garbage's, safe or treatment urban trashes or rubbishes, coal tars, plastics, crushed bricks ,used electricity wires in recycle process for helping environment and preventing more pollution by check or amend in nano process eventually, reduction in prices with optimization and process control .In

recent years colorful and glorious glasses are formed from existence particles in nano scale, metal particles in glass texture intensify various visible light frequencies, particle dimension are depend on impure ingredients, thermal operation and material density. Contemporary using clay nano particle in producing type of tube as Carbon black are added and it has lots of florin and nano tubes' structures



References

1. guozhong cao, Nanostructures and nanomaterials synthesis, Properties & Applications, Imperial College press, 2004, p2
2. Laila Raki, Cement – based Nano Composites for Controlled Release of Admixtures, Nano Forum CANADA, 2005, Presented as a poster.
3. National Nanotechnology Initiative 2000 Leading to the Next Industrial Revolution, A Report by the Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technolog (Washintion, DC: Committee on Technology, National Science and Technology Council) <http://www.nano.gov>.
4. V. Balzani, A. Credi, M. Venturi, Molcular Devices and machines A journey in to the Nanoworld, 2003, 3
5. <http://www.its.caltech.edu/feynman>
6. K. E. Drexler, Engins of Creation, the Coming Era of Nano technology, An chor press, New york, 1986
7. Makar, J. M; Beaudoin, J. J, Carbon nanotubes and their application in the construction industry, proceeding of 1st International symposium on Nanotechnology in construction, June 23-25, 2003, Paisley, Scotland.
8. Edward L. wolf, Nanophysics and Nano technology, An Introduction to modern concepts in Nano science, WILEY – VCH, 2004
10. Tom Kuennen, FHWA Research zeroes in on concrete nanotechnology, oct 2004.
11. Nano technology and concrete: Small Science for big Changes, June 2005-11-21
12. Steve R. Badger, Paul J. Tikalsky and Barry E. Scheetz, In creased Durability Trongh Nano – Scale Seeding in portgand cement, pennsylvama state university, 2003.
13. Mario colleparidi, J. Jacob ogoumah olagot, Ulf skarp, Roberto Troli, Influence of amorphous colloidal silica on the properties of self – compactig Concretes, 2005
14. Jon maker, Development of carbon Nanotub/cement composites, presented as a poster in nanoforum, CANADA, 2005
15. Tom kuennen, Small Science will Bring Big changes to roads, July 2004.
16. Charles p.poole, Jr. , Frank J. Owens, Introduction to Nano technology, WILEY – INTERSCIENCE, 2003
17. Self Cleaning for stone and concrete, Nanotechnology Network News, <http://nanonewsnet.com/>
18. Ny Teknik (a Swedish technology magazine), June 9, 2005.11.21
19. Website of Institute for Research in Construction, CANADA

Smart Materials and new Technologies

Iman Elyasian, iman.elyasian@gmail.com

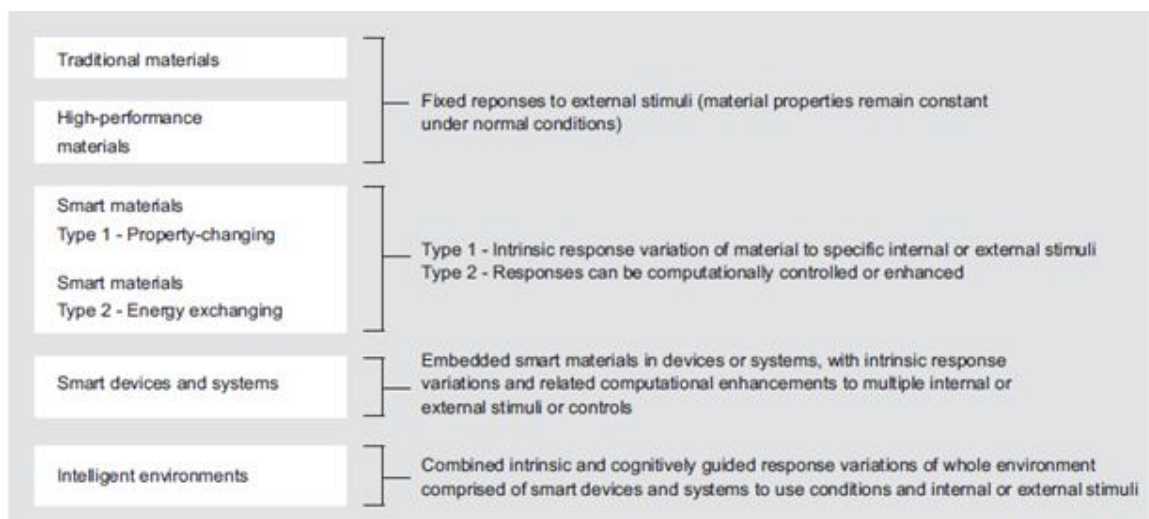
Abstract

Smart materials and control, Nano systems, shape memory alloys and textiles, self assembly structures, color changing paints, energy dissipation and absorption are new concepts in civil engineering special these they have more application in earthquake engineering, some characteristic of smart materials versus other that made them modified 1-Luminous(transparency ,color change and light emission) 2-thermal(heat transfer and absorption)3-acoustic 4-Kinetic (sound absorption)Energy absorption and production)5-shape memories 6-application in ventilation, . . . with this altering and amending in materials properties ,production and control systems for structures such as intelligent civil engineering have developed so dramatically particular during these 2 recent decades. In this paper we introduce smart materials and debate about their advantages and applications and we hope their benefits compare their costs can be economic and change building industry vastly through worldwide

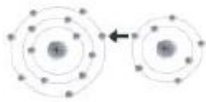
Introduction

Smart Materials have 2 Types , in type 1 materials tolerate change in one or more properties of chemical, mechanical , electrical, magnetic or thermal and they response to change in external stimuli associated with the environment surroundings. Changes are direct or reversible. there is no need for external control system to cause these changes to occur . for instance photo chromic material is type-1 because their color changes depend on changes in the amount of ultraviolet radiation on its surface

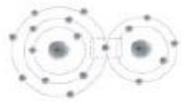
Some samples of type-1 smart materials are 1-Thermochromic 2-Magnetorheological 3-Thermotropic 4-Shape memory.Type-2 Smart material is comprised of those that transform energy from one form to an output energy in another form directly or reversely, thus electro-restrictive material transforms electrical energy into elastic (mechanical) energy which in turns results in a physical shape change, changes are direct and reverse like type-1 material. In this category are Piezoelectric, thermoelectric, Photo voltaic, Pyro electric ,Photo luminescent and . . .



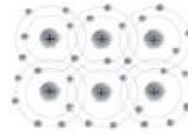
Atomic structures



Ionic bonding - transfer of electrons



Covalent bonding - sharing of electrons



Metallic bonding - electrons freely flow around among positive ions

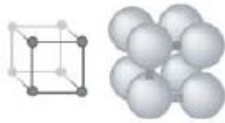


Van der Waals - secondary bonds form between molecules

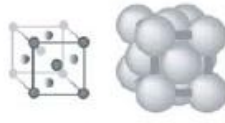
Arrangements of atoms

Crystalline structures

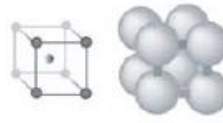
Unit cells and arrangements



Simple cubic



Face centered cubic



Body centered cubic

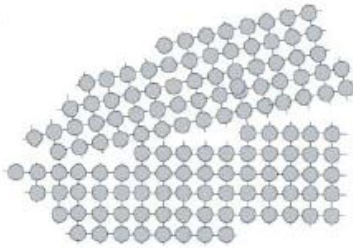
Bravais lattices

Other:

Simple tetragonal
Body-centered tetragonal
Simple orthorhombic
Body-centered orthorhombic
Base-centered orthorhombic
Face-centered orthorhombic
Hexagonal
Rhombohedral
Simple monoclinic
Base-centered monoclinic
Triclinic

Polycrystalline structures and molecular chains.

Grains



Molecular chains



Amorphous polymers - long chains



Folded chains (semicrystalline)

Macroscopic



Homogeneous materials of different types and forms

Composite materials

Reinforcing - fibers, strands, meshes, other
Resins and matrix materials
Cores and layers
Laminates, sandwich panels, other

Smart materials are materials that have one or more properties that can be significantly changed in a controlled fashion by external stimuli, such as stress, temperature, moisture, pH, electric or magnetic fields.

There are a number of types of smart material, some of which are already common. Some examples are as following:

- [Piezoelectric](#) materials are materials that produce a voltage when stress is applied. Since this effect also applies in the reverse manner, a voltage across the sample will produce stress within the sample. Suitably designed structures made from these materials can therefore be made that bend, expand or contract when a voltage is applied.
- [Shape memory alloys](#) and [shape memory polymers](#) are materials in which large deformation can be induced and recovered through temperature changes or stress

changes ([pseudoelectricity](#)). The large deformation results due to martensitic phase change.

- [Magnetostrictive](#) materials exhibit change in shape under the influence of magnetic field and also exhibit change in their magnetization under the influence of mechanical stress.
- [Magnetic shape memory](#) alloys are materials that change their shape in response to a significant change in the magnetic field.
- [pH-sensitive polymers](#) are materials which swell/collapse when the pH of the surrounding media changes.
- [Temperature-responsive polymers](#) are materials which undergo changes upon temperature.
- [Halochromic](#) materials are commonly used materials that change their colour as a result of changing acidity. One suggested application is for paints that can change colour to indicate [corrosion](#) in the metal underneath them.
- [Chromogenic systems](#) change colour in response to electrical, optical or thermal changes. These include [electrochromic](#) materials, which change their colour or opacity on the application of a voltage (e.g. [liquid crystal displays](#)), [thermochromic](#) materials change in color depending on their temperature, and [photochromic](#) materials, which change colour in response to light—for example, light sensitive [sunglasses](#) that darken when exposed to bright sunlight.
- [Ferrofluid](#)
- [Photomechanical materials](#) change shape under exposure to light.
- [Self-healing materials](#) have the intrinsic ability to repair damage due to normal usage, thus expanding the material's lifetime
- [Dielectric elastomers](#) (DEs) are smart material systems which produce large strains (up to 300%) under the influence of an external electric field.

Smart materials are materials that one or some of their features could help external stimulation such as pressure, temperature, humidity, PH (marked negative logarithm of hydrogen ion concentration in terms of grams per liter), electricity and magnetism, change. Smart materials to environmental stimuli in some cases react to certain changes. For this reason it is also called reactive materials. Depending on some external conditions change, Smart Materials (Smart Materials) one of their characteristics (electrical, mechanical, appearance) will change. This may change in their structure or its compounds or Karkrdshan take place.

Smart material systems are used that can be inherent features to achieve performance requirements are subject to change. Modern products significantly increase retention and use of these materials; as creative designers, the potential in them to see and understand.

Clothes that color in response to temperature changes in India and Thermometer strips that are printed, the ink Trmvkrvmyk us . Fvtvkrvmyk inks to changes in lighting conditions respond. Jvhrhayy clothes also use the properties and patterns that change when light conditions are being changed.

APPLICATION

Some examples of the continued application of smart materials (Smart Materials) that show you have brought some of it is quite common:

1 - Electric Pyzv materials (piezo electric): substances that when conditions are stress and pressure, voltage is produced. Since this reverse effect is also created, inducing voltage in the material, the pressure will be produced during the sample. Therefore structures with proper design and use of this material can be a voltage, bent, expanded or contracted to be.

2 - combined memory alloy (Shape memory alloys) and polymers combined memory (shape memory polymers): Materials that respond to temperature in the deformation is caused by temperature changes.

3 - magnetic memory alloys (Magnetic shape memory): substances that Shklshn in response to changes in the magnetic field is changed.

4 - Polymer sensitive to temperature (Temperature-responsive polymers): substances that change their properties due to temperature change is.

5 - Materials Halvkrvmyk (Halochromic): material that changes color in the resulting acidity will change. A proposed use that is able to paint walls corrosion of metals below their level to determine color changes.

6 - Krvmvzhnyk systems (Chromogenic systems) that changes color in response to temperature, light or electrical changes that include the following materials:

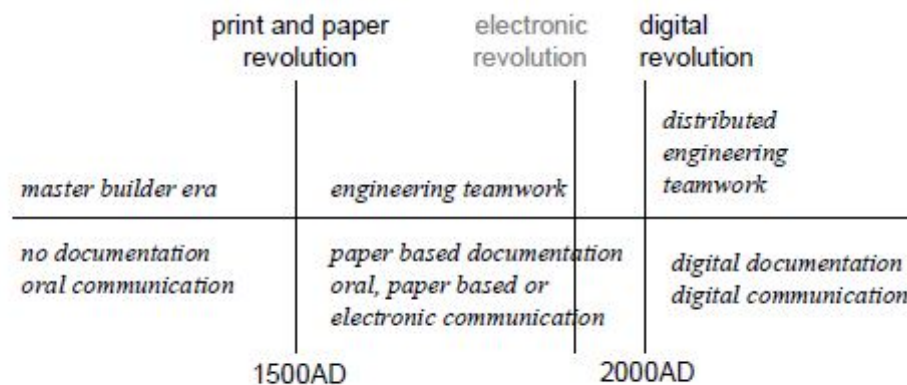
A) Materials Alktrvkrvmyk the induction voltage in case the color will change (eg liquid crystal).

B) Materials Trmvkrvmyk the color is changed depending Dmayshan

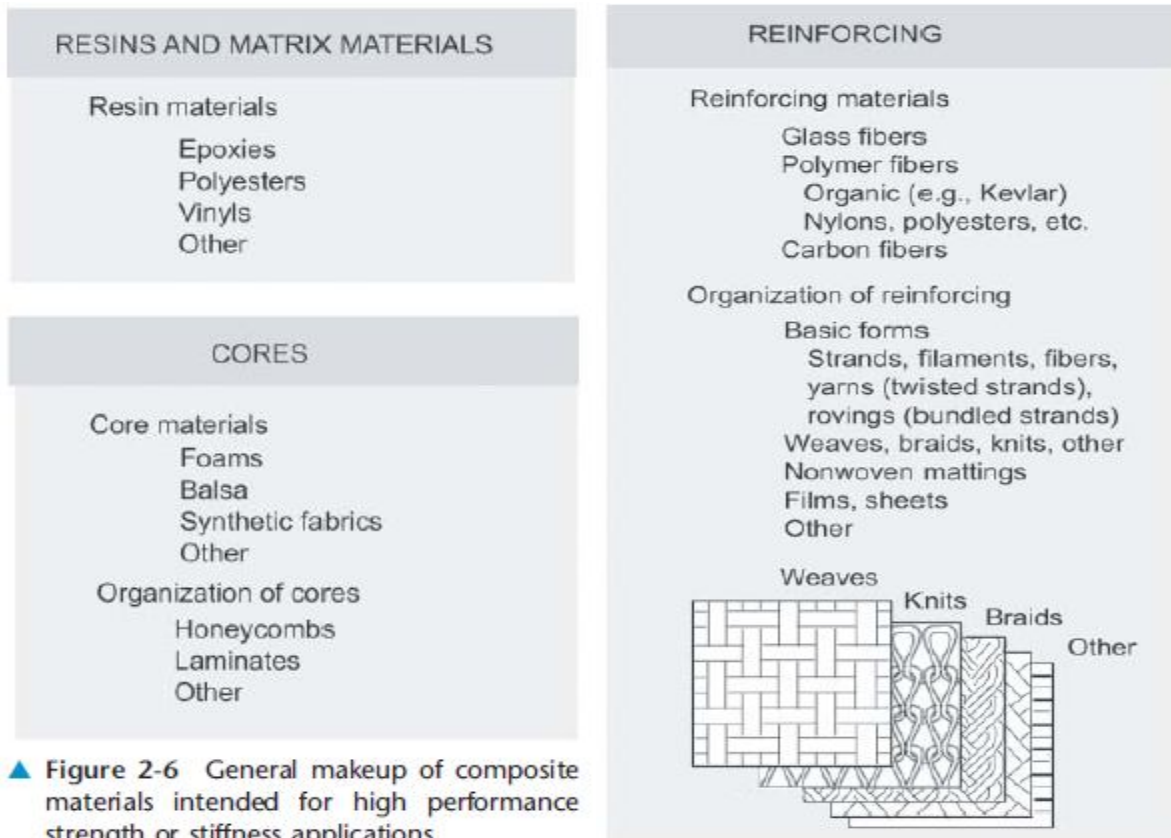
C) Fvtvkrvmyk materials in response to light, the color is changed, eg the light-sensitive glasses when exposed to sunlight are are dark.

7 - Fluid Ghyrnyvtvny (Non-Newtonian fluid): viscosity of fluid that in its response to certain types of pressure or force changes. A good example in this case is Oobleck gradually in a time of rapid force of liquid to solid is changed. Custard is another good example that is a kind of starch or starch.

8 - Sensitive materials acidity (pH-sensitive polymers): The material on inflated or acidity changes are made.



The communication revolutions and paradigms of construction.



A few Examples for smart materials' application

Vibration reduction in sporting goods, Noise reduction in vehicles, Frangi bolt, Smart skin

Smart aircraft, Autonomous smart systems, Stealth application

Smart material properties

Better technical properties including mechanical characteristics such as plastic flow ,fatigue and yield strength and behavioral characteristics such as damage tolerance and electrical, heat and fire resistance

Better technical properties encompassing manufacturing, forming, welding abilities, thermal processing, waste level, workability, automation and repair capacities

Economic criteria related to raw material and production costs, supply expenses and availability

Environmental characteristics, including features such as toxicity and pollution

Sustainable development criteria, implying reuse and recycling capacity

Smart material types

Piezoelectric-Electrostrictive-Magnetostrictive-Shape memory alloys-Optical fibers

Smart Structures

Data Acquisition-Data Transmission-Command and Control Unit-Analyzing data-Data instructions-Action devices



Carbon fiber sheet



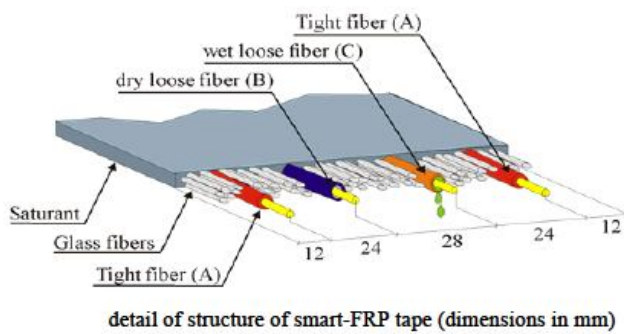
Aluminum honeycomb core



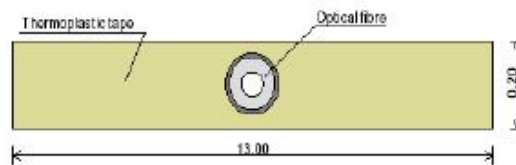
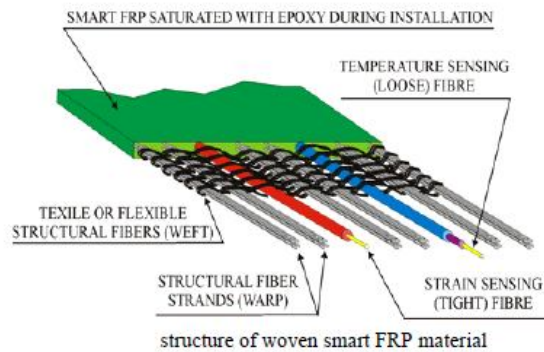
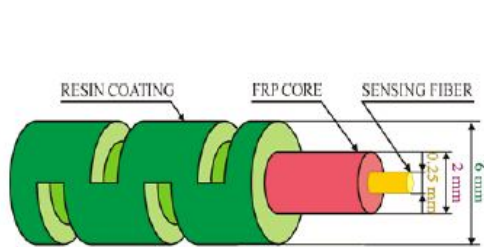
Reinforced polymer

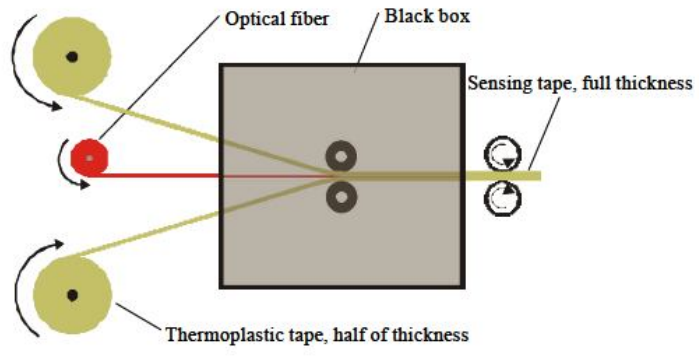


Dacron/Kevlar fabric

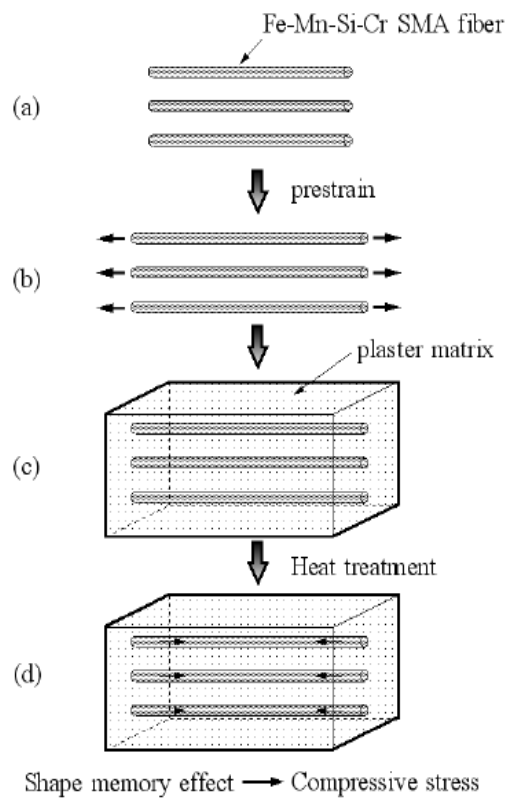
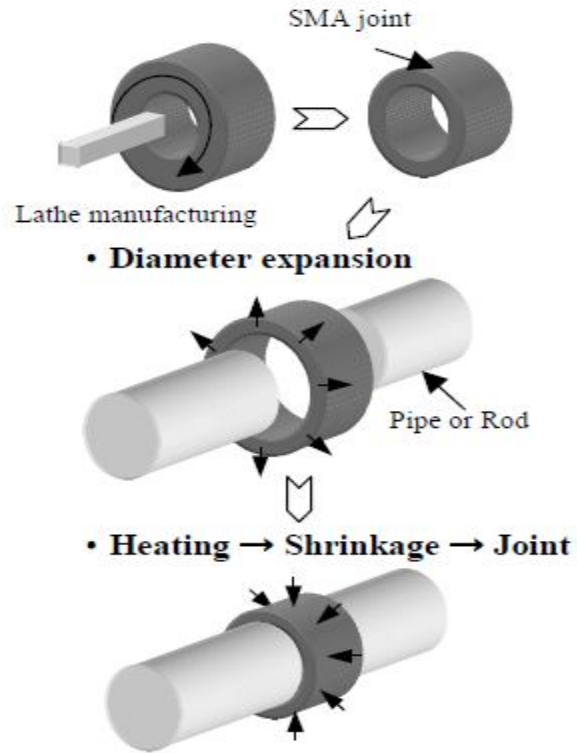


manufacturing of smart-FRP





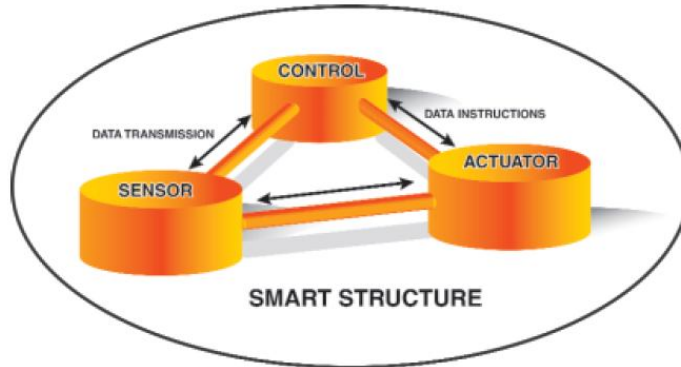
Production of the sensing tapes using the "sandwich" technique



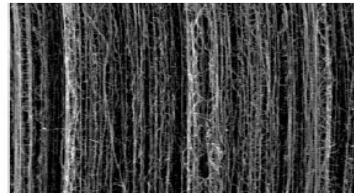
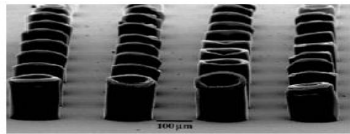
General Requirements and Expectations
1. High degree of reliability, efficiency and sustainability not only of the structure but also of the <i>whole</i> system.
2. High security of the infrastructures particularly when subjected to <i>extreme and unconventional conditions</i> .
3. <i>Full integration</i> of all the functions of the system.
4. Continuous health and integrity monitoring.
5. Damage detection and self-recovery.
6. Intelligent operational management system.

Smart Technologies Prospects
1. New sensing materials and devices.
2. New actuation materials and devices.
3. New control devices and techniques.
4. Self-detection, self-diagnostic, self-corrective and self-controlled functions of smart materials/systems.

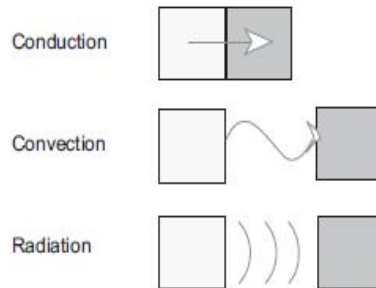
Smart Systems for Engineering Applications



: The Basic Five Components of a Smart Structure



Carbon nanotubes (CNT). A tubular form of carbon, with a diameter as small as 1 nm, is produced from sheets rolled into tubes. (NASA Ames)



The three modes of heat transfer from a high temperature object to a low temperature object

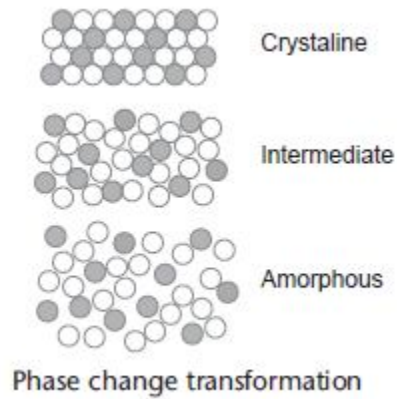
MATERIAL	CONDUCTIVITY (W/m K)
Copper	406.0
Aluminum	205.0
Steel	50.2
Concrete	1.4
Glass	0.78
Brick	0.72
Water	0.6
Hardwoods	0.16
Fiberglass insulation	0.046
Air	0.024

Thermal conductivities of some typical materials (at 20 °C)

MATERIAL	SPECIFIC HEAT (J/g K)
Water	4.186
Wood	1.800
Air	1.0
Aluminum	0.9
Glass	0.84
Concrete	0.653
Steel	0.5

Specific heat of various materials

Thermodynamic scale	Length scale (meters)	Boundary process
Macro-scale	cm to m+	Convection
Meso-scale	mm to cm	Conduction
Micro-scale	μm to 0.1 mm	Radiation
Nano-scale	pm to nm	Non-continuum



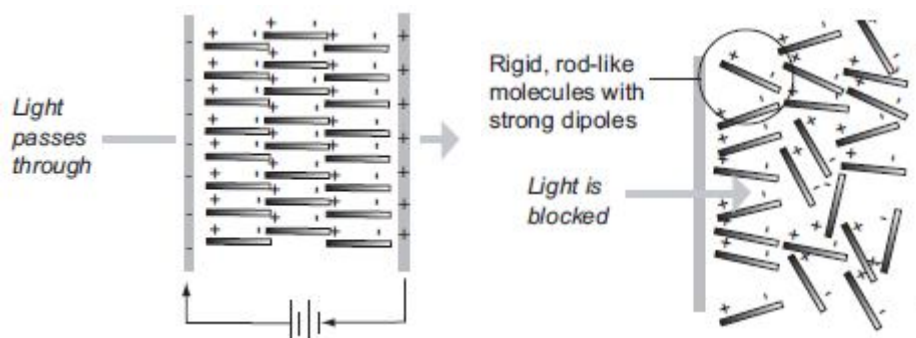
MATERIAL	EMISSIVITY
Aluminum (anodized)	0.77
Aluminum (polished)	0.027
Steel (oxidized)	0.88
Steel (polished)	0.07
Glazed tile	0.94
Concrete	0.92
Glass	0.92
Brick	0.84
Paint, flat white	0.992
Paint, cadmium yellow	0.33

MATERIAL	REFLECTIVITY
Aluminum (etched)	0.8
Aluminum (polished)	0.65
Aluminum (brushed)	0.55
White plaster	0.91
White terracotta	0.7
Stainless steel	0.55
Chrome	0.6
Light wood	0.6
Limestone	0.45
Concrete	0.2

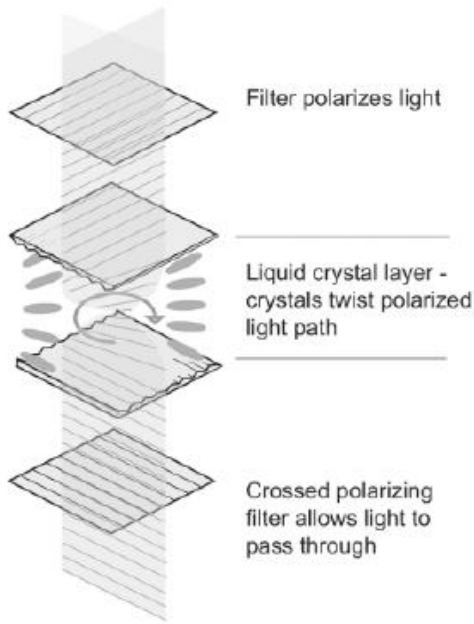
Emissivities of common building materials

Reflectivities of common building materials

- Both are transmitted by waves or wavelike motions, and their path of transmission obeys geometric optics
- Both radiate spherically from their source, with their intensity falling off with the square of the distance from the source
- The Process of transmission, reflection and absorption apply to both sound and light
- Both Sound and Light travel at a speed that is nearly independent of frequency and wavelength

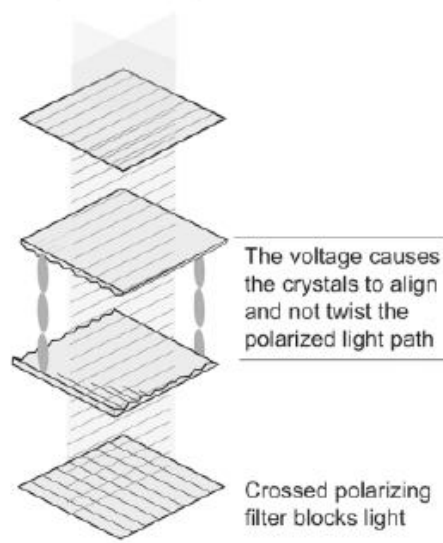


No voltage - light transmitted



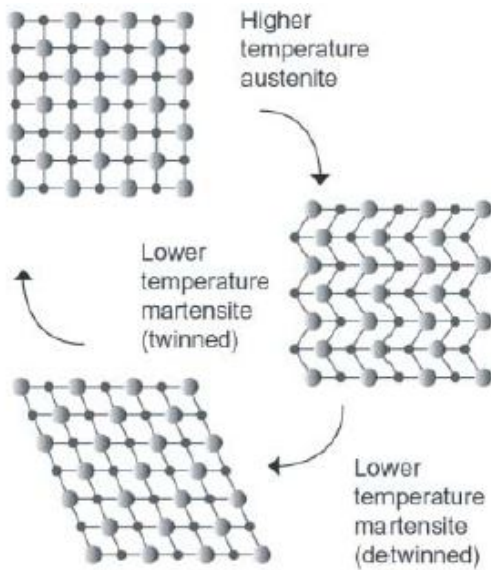
The liquid crystals naturally twist into helices to align with grooves and the polarized light follows the twisting crystals

Voltage applied - light is blocked



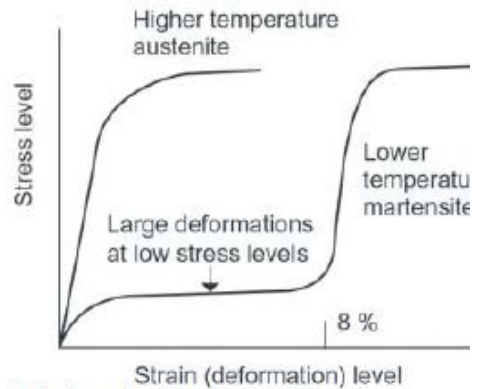
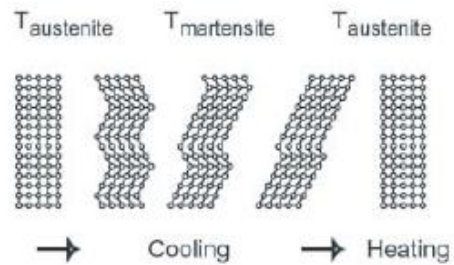
An applied voltage aligns crystals, which prevents the passage of light through the second polarizing filter

A liquid crystal display (LCD) uses two sheets of polarizing material and a liquid crystal solution sandwiched in between them

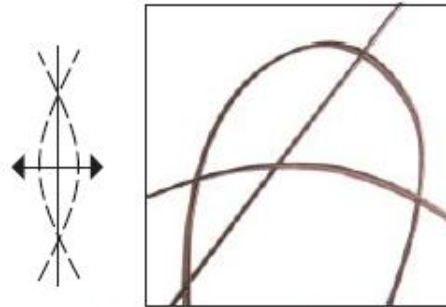


Shape memory alloys undergo reversible phase transformations at different temperatures and change their internal structures

Shape memory alloys (e.g., Nitinol) that exhibit thermally induced shape memory effects



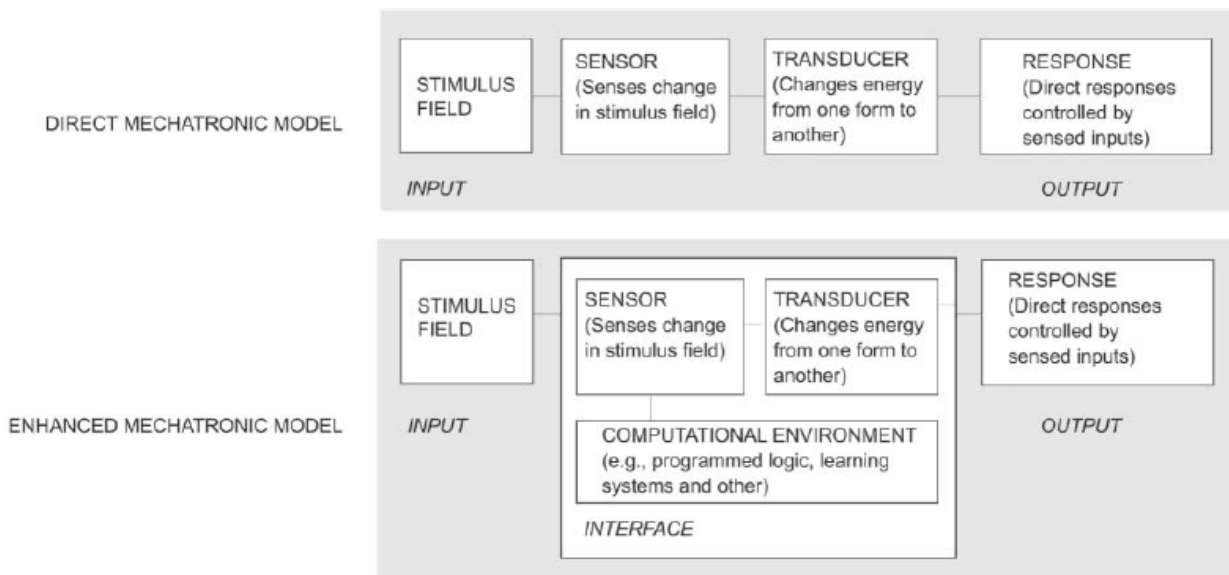
The shape memory alloy changes from an austenite phase to a martensite phase during deformation.



Superelasticity – a mechanically induced shape memory effect

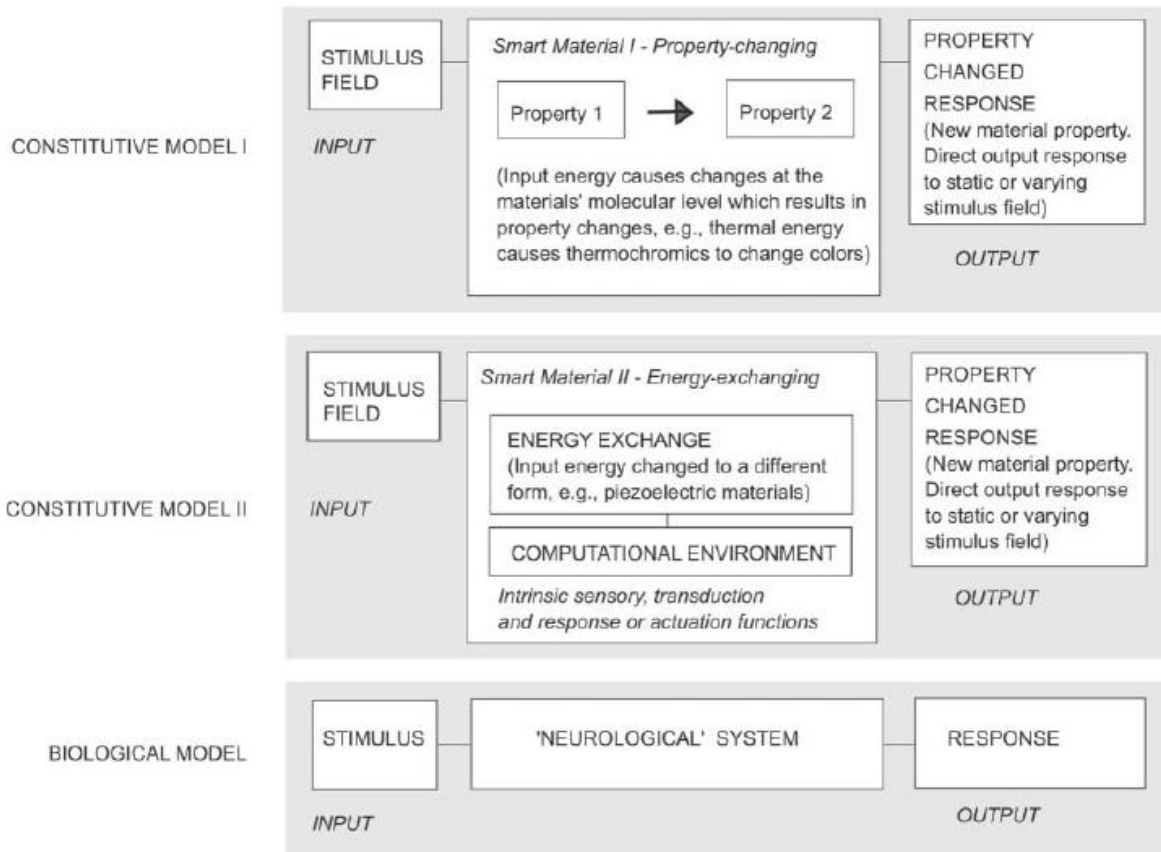
Control Systems

- 1-Sensors and Transducers 2-Signal Conditions 3-Transmitters/Converters/Receivers
4- Logic Controllers 5-Displays/recorders/Actuators

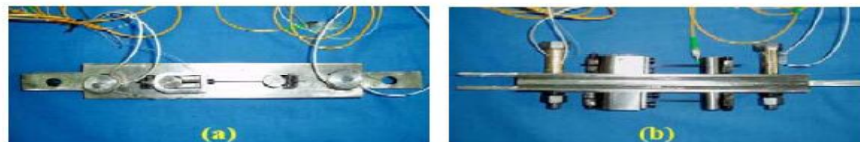
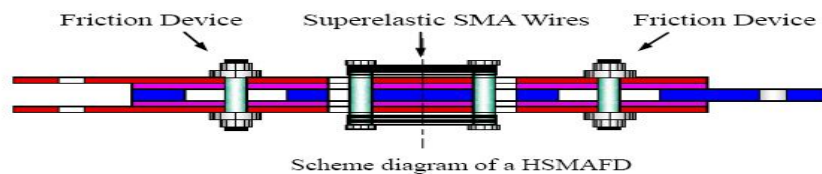
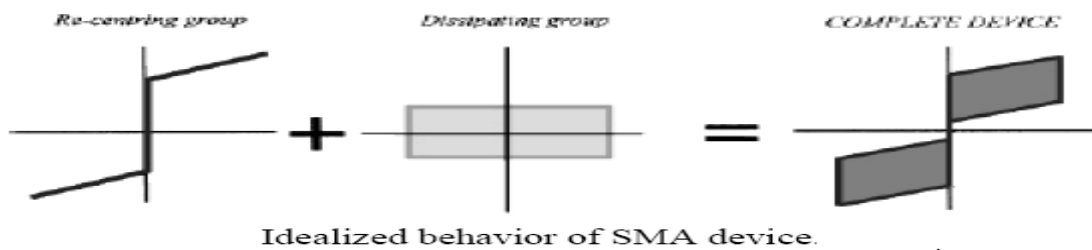


Some Properties of Shape Memory alloy as smart material

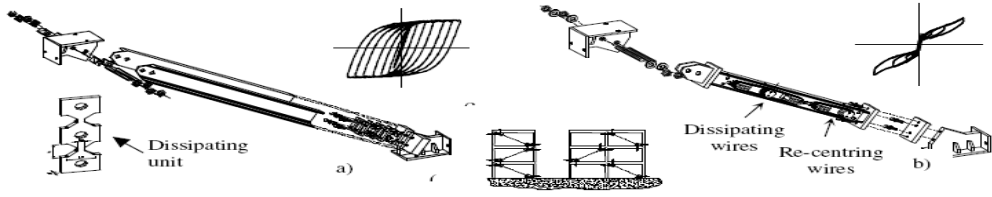
- 1-Hysteresis Damping
- 2-Energy Dissipation With high Reliability
- 3-Capacity for Self Concentration and Focus
- 4-Best properties against Fatigue cycles and Elastic phases thermal conditions
- 5-Perfect Corrosion resistance i in harsh environment
- 6-Constant grade and advantages during everlasting life
- 7- Mechanical Properties
- 8- weld ability
- 9- Chemical physical compatibility with other materials
- 10- recyclability



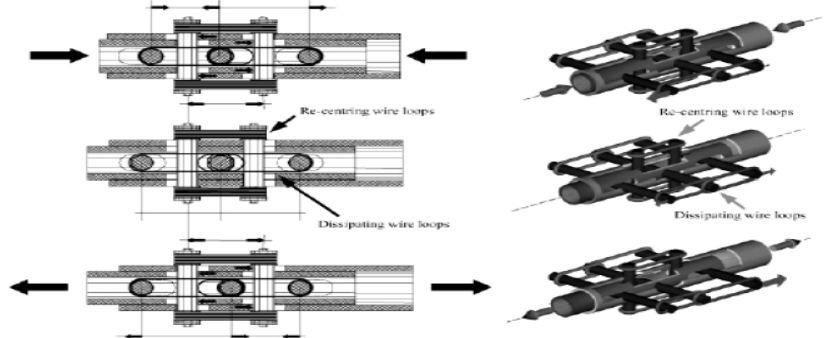
Different input/output control models (from the simple sensor/actuator system to the biological system with its intricacies)



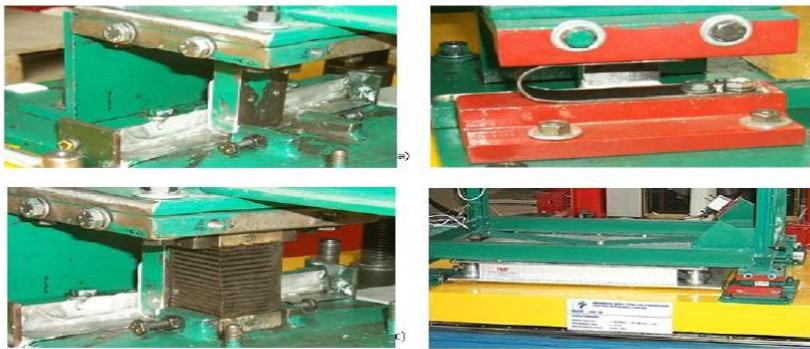
Photos of HSMAFD



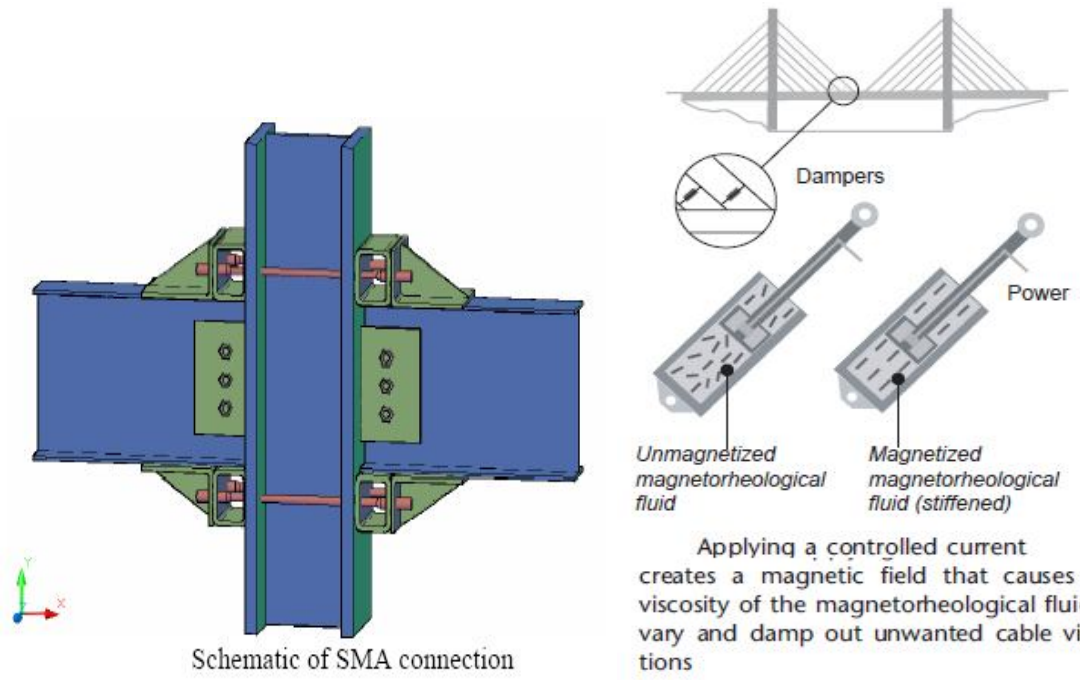
Braces arrangement; a) dissipative Steel based device; b) re-centering SMA based device

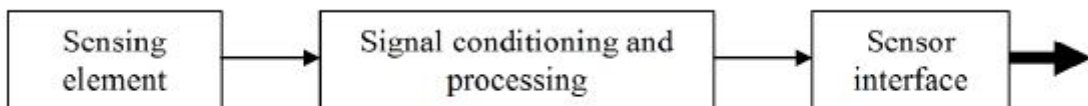
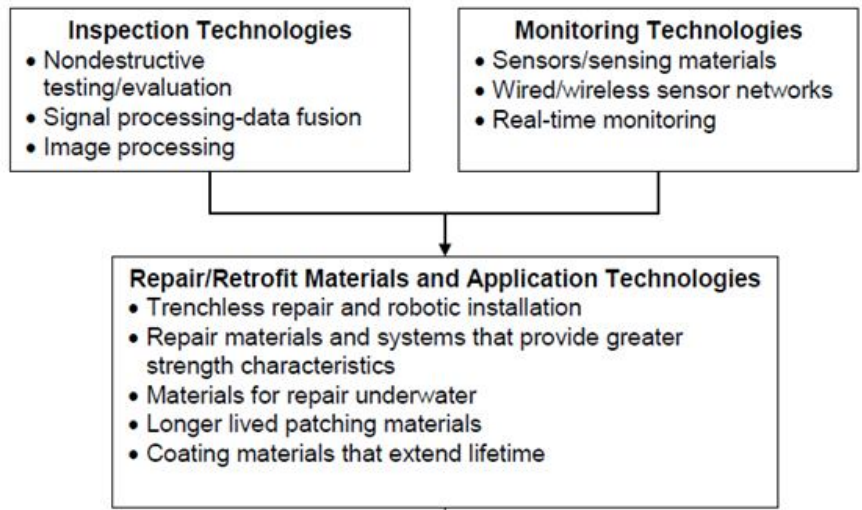
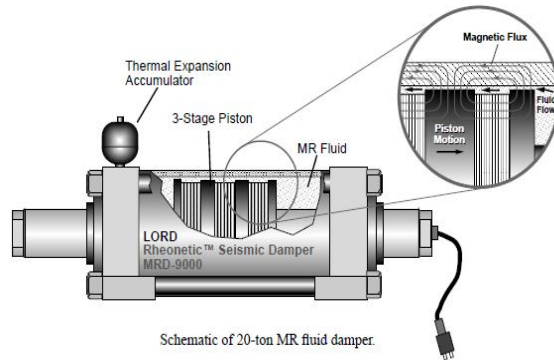
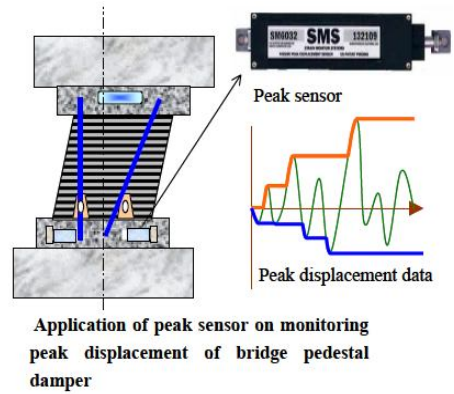
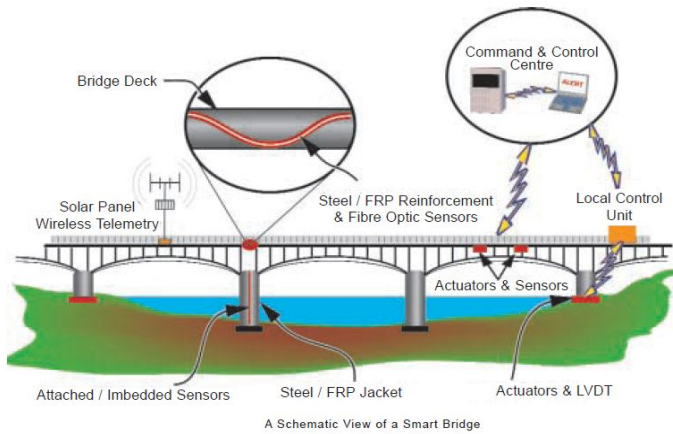


SMA damper (working mechanism) (after Dolce et al., 2000)

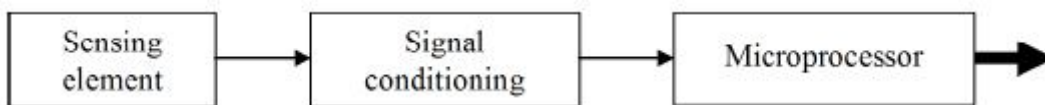


a) Steel-PTFE slider; b) steel based device; c) rubber based device; d) SMA based device

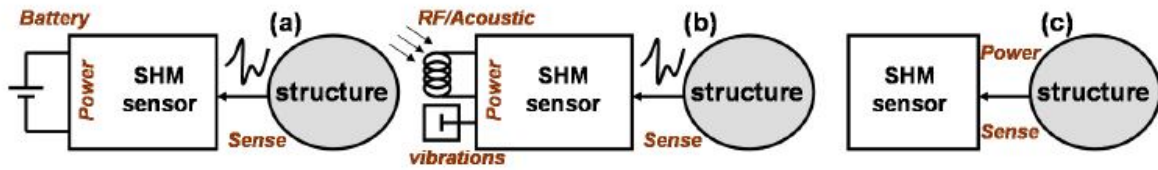




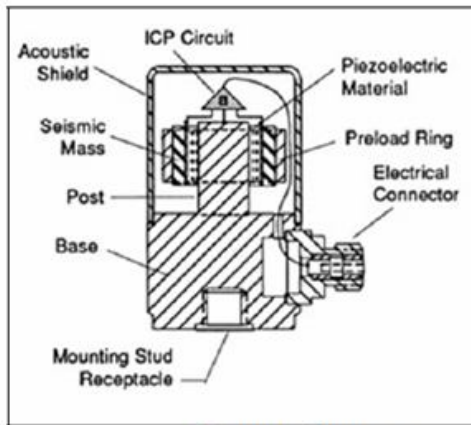
Traditional Integrated Sensors.



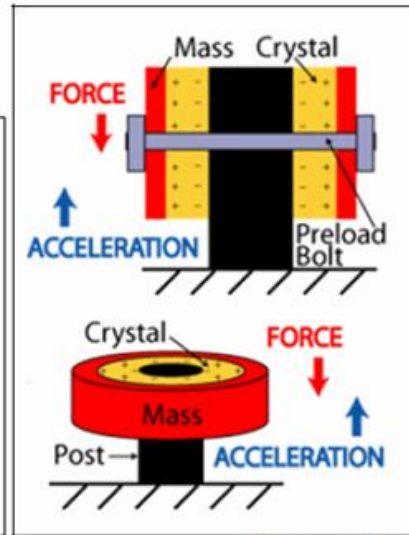
Smart Sensor



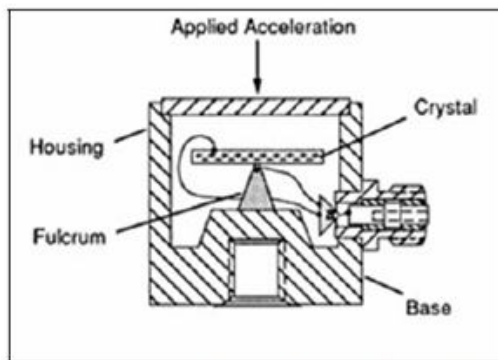
Different modalities of powering a SHM sensor: (a) using on board batteries; (b) using energy harvesting and (c) using self-powered sensing where the power is harvested from the signal being sensed.



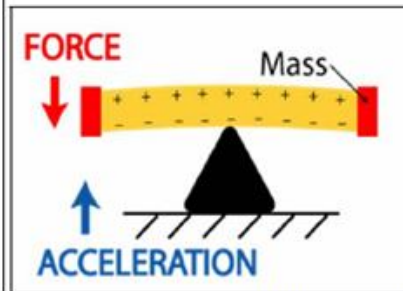
Shear Accelerometer
(Source: PCB Introduction)



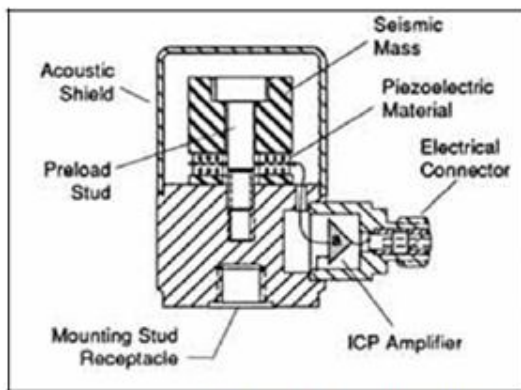
Shear Accelerometer
(Source: PCB Sensing)



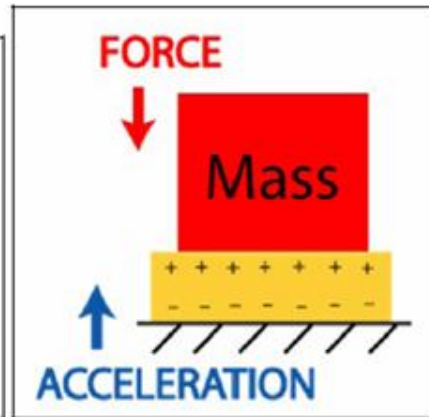
Flexural Accelerometer
(Source: PCB Introduction)



Flexural Accelerometer
(Source: PCB Sensing)



Upright Compression
(Source: PCB Introduction)



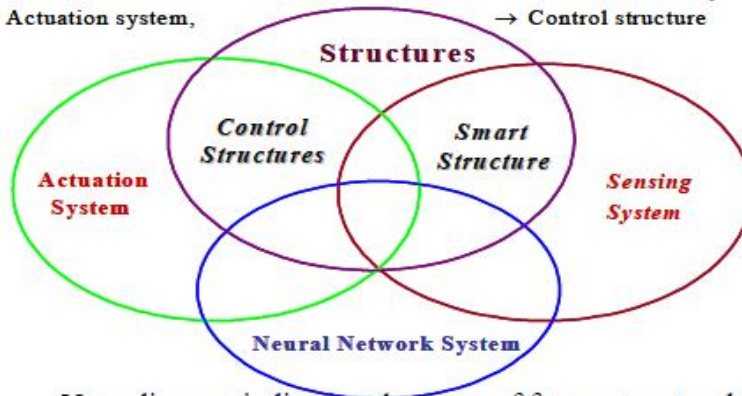
Compression Accelerometer
(Source: PCB Sensing)

Performance-based Design:

- Structures,
- Control structure,
- Smart structure,
- Actuation system,

Structural System Identification

- Sensing system,
- Smart structure,
- Neural network system,
- Control structure



Vann diagram indicating the types of future structure by the confluence of different research field.

Refrences

- 1-Michelle Addington, Daniel Schodek" Smart materials and New Technologies"for architecture and design Professions, architectural press , Harvard University,2005
- 2-Christian U. Grosse "Advanced in Construction Materials 2007"Springer Publication, Stuttgart university, Germany
- 3-I.Elyasian, Rehabilitation With Nano Technology,www.Iransaze.com
4. [Http://En.wikipedia.org/Wiki/Smart_Materials](http://En.wikipedia.org/Wiki/Smart_Materials)
- 5- I. Elyasian "Destructive & Non Destructive Tests in Concrete applications for Evaluation Deboning Failures of FRP Strengthened System"14th European conference of earthquake engineering 30 August to 3 September Ohrid2010, Macedonia"
- 6- I.Elyasian, "vulnerability assessment of structures and evaluation applicable techniques for rehabilitation and retrofit "book published 2009