سیستم جامع
آموزش فناوری نانو

مفاهیم پایه » مبانی

تعداد کل جلسات : 10

مطالعه شد

جلسه 1 : فناوري نانو، از آغاز تا کنون
جلسه 2 : قصه حسن کچل و اتم هاي کربن
جلسه 3 : سانتی، میلی، میکرو، نانو
جلسه 4 : چرا نانو؟
جلسه 5 : چشم ها و انگشت هاي دنیاي نانو
جلسه 6 : چرا مقیاس نانو اهمیت دارد؟
جلسه 7 : شاخه هاي فناوري نانو
جلسه 8 : شیمی مولکولی
جلسه 9 : چه چیزي خواص موادرا مشخص می‌کند؟ قسمت اول
جلسه 10 : چه چیزي خواص موادرا مشخص می‌کند؟ قسمت دوم

جلسه 1 :

فناوري نانو، از آغاز تا کنون

نانو علمی است که در آن به مطالعه خواص نانومواد ، تولید و استفاده از آنها در بهبود بخشیدن خواص و ویژگی هاي مواد استفاده می شود. چرا که بسیاري از خواص ماده در ابعاد نانومتري، متفاوت از خواص در ابعاد ماکروسکوپی می باشد. با کمک فناوري نانو می توان از طریق کنترل خصوصیات، تغییراتی را در رفتار و واکنش اتمها ایجاد کرد.
علم نانو و علوم مرتبط با آن جدید نیستند. شیمیدانهاصدها سال است که از تکنیکهایی در کار خود استفاده می کنند که بی شباهت به تکنیکهاي امروزي نانو نیست.
امروزه از فناوري نانو در بسیاري از زمینه ها مانند طراحی تراشه هاي کامپیوتري، ساخت مواد آرایشی، انواع پوشش ها و روکش هاي محافظتی و لباسهاي مقاوم استفاده می شود.

مقدمه
علم نانو و علوم مرتبط با آن چندان جدید نیستند، چرا که صدها سال است که شیمیدانان از تکنیکهایی در کار خود استفاده می کنند که بی شباهت به تکنیکهاي امروزي نانو نیست . پنجره هاي رنگارنگ کلیساهاي قرون وسطی، شمشیرهاي یافت شده در حفاري هاي سرزمین هاي مسلمانان، همگی گویاي این مطلب هستند که بشر مدت هاست که از برخی شگردهاي این فناوري در بهینه کردن فرایندها و ساخت اشیاء با کیفیت بهتر، بهره می برده است؛ اما تنها به دلیل پیشرفت کم فناوري و نبود امکانات امروزي مانند میکروسکوپ نیروي اتمی، میکروسکوپ تونلی پیمایشی و غیره، نتوانسته حوزه مشخصی براي این فناوري تعیین کند.

تاریخچه
اولین بار ریچارد فاینمن در سال 1959 طی سخنرانی خود با بیان امکان به راه اندازی فرایندی برای دستکاری اتمها و مولکولها با استفاده از ابزارهای دقیق، سبب شد تا افکار به سمت توسعه چنین امکانی متمایل شوند. در سال 1974، پروفسور نوریو تانیگوچی، مدرس دانشگاه علوم توکیو، نخستین بار واژه "فناوری نانو" را بکار گرفت. او در مقاله ای با نام "مفهوم اساسی فناوری نانو" اشاره می کند که فناوری نانو اساسا مجموعه ای از فرایندهای تفکیک، ادغام و تشکیل مواد در حد یک اتم یا یک مولکول است. در دهه 1980 ، ایده ی این تعریف به طور وسیع تر توسط دکتر درکسلر (نویسنده کتاب موتورهای خلقت) مورد بررسی قرار گرفت.
فناوری نانو و نانوعلوم، در اوایل دهه 1980 با تولد علم کلاستر و اختراع میکروسکوپ تونل زنی پیمایشی آغاز به کار کرد. این توسعه، سبب کشف فولرین در سال 1986 و نانولوله های کربنی طی چند سال بعد شد.
تحول دیگر این فناوری مربوط به ساخت نانوبلورهای نیمه هادی بود که منجر به افزایش شدید تعداد نانوذرات اکسید فلزی نقاط کوانتوم گردید. میکروسکوپ نیروی اتمی، 5 سال بعد از میکروسکوپ تونل زنی پیمایشی اختراع شد تا با کمک آن بتوان اتمها را بررسی کرد.

کاربرد
فناوری نانو یک زمینه بین رشته ای است که در محدوده علوم کاربردی مختلفی نظیر فیزیک، مواد، الکترونیک و غیره وارد شده است. فناوری نانو، خود به تنهایی یک علم نیست؛ بلکه با استفاده از آن می توان به کاربردی کردن علوم مختلف کمک کرد. فناوری نانو به سه صورت تعریف می شود:
1- فناوری نانو تحقیقات و مطالعه ی مواد و خصوصیات آنها در محدوده 1- 100 نانومتر را در بر می گیرد.
2- با کمک فناوری نانو ساختارهای نانویی را می توان خلق کرد که خصوصیات آنها با ساختارهای ماکروسکوپی همان مواد متفاوت است.
3- با کمک فناوری نانو می توان از طریق کنترل خصوصیات، در اتمها تغییراتی ایجاد کرد.
زمانی که مواد در مقیاس نانو مطالعه و بررسی می شوند، واکنش ها و رفتار اتمها در مقایسه با حالتی که مطالعه در سطح مولکولی انجام می شوند کاملا متفاوت است؛ چرا که در این قلمرو خصوصیات فیزیکی مواد تغییر می کند. این درست مانند این است که توپی را در محفظه ای بیندازید و توپ دیگری را از آن محفظه بیرون آورید! تفاوت در قلمرو نانو به اندازه ای است که حتی رنگ، نقطه ذوب، خصوصیات شیمیایی و غیره مواد در خارج از این محدوده کاملا متفاوت است.
در فناوری نانو، برای ساخت، دو روش در نظر گرفته می شود: روش ساخت پایین به بالا و روش ساخت بالا به پایین. در روش ساخت پایین به بالا، وسایل و مواد از سطح مولکولی بر اساس اصول شیمی مولکولی ساخته می شوند. درست مانند یک دیوار که از روی هم گذاشتن آجر به آجر ساخته می شود.
در روش ساخت بالا به پایین، اشیاء نانویی بدون کنترل اتمی در مقادیر بزرگتر ساخته می شوند. به این طریق که در ساخت آنها از تجهیزات پیشرفته این فناوری مانند میکروسکوپ اتمی و میکروسکوپ تونلی پیمایشی استفاده می شود تا فرایند دستکاری و ایجاد پدیده ها و خصوصیات جدید در اشیاء نانویی، امکان یابد.
امروزه فناوری نانو، در ساخت پلیمرهایی با ساختار مولکولی و طراحی تراشه های کامپیوتری کاربرد دارد. همچنین از این فناوری در ساخت مواد آرایشی، انواع پوشش ها و روکش های محافظتی و لباسهای مقاوم نیز استفاده می شود.

سیستم جامع
آموزش فناوری نانو

مفاهیم پایه » مبانی

تعداد کل جلسات : 11

مطالعه شد

جلسه 1 : فناوري نانو، از آغاز تا كنون
جلسه 2 : قصه حسن كچل و اتم هاي كربن
جلسه 3 : سانتي، ميلي، ميكرو، نانو
جلسه 4 : چرا نانو؟
جلسه 5 : چشم ها و انگشت هاي دنياي نانو
جلسه 6 : چرا مقياس نانو اهميت دارد؟
جلسه 7 : شاخه هاي فناوري نانو
جلسه 8 : شيمي مولكولي
جلسه 9 : چه چيزي خواص موادرا مشخص مي‌كند؟ قسمت اول
جلسه 10 : چه چيزي خواص موادرا مشخص مي‌كند؟ قسمت دوم
جلسه 11 : پيشنهادهاي فاينمن درباره فناوري نانو

جلسه 2 :

قصه حسن كچل و اتم هاي كربن

یک نانومتر چه مقدار کوچک است؟ یکی از راه هاي پی بردن به مقیاس نانو این است که از مقیاس بزرگتر به سمت مقیاس کوچک تر یعنی نانو حرکت کنیم اگر از اندازه ي 5/1 متر،شروع کنیم به کوچک شدن و هزار بارکوچک شویم، به حدود 1 میلی متر(اندازه تار مو) میرسیم و اگر 100 بار دیگر کوچک شویم،این بار به حدود 10 میکرومتر (اندازه گلبول قرمز) میرسیم؛ اگر 10 بار دیگر کوچک شویم، به حدود 1 میکرومتر(اندازه ي هسته سلول) میرسیم؛ اگر10 مرتبه دیگر کوچک شویم به اندازه ي 100 نانو متر میرسیم (اندازه رشته هاي کروموزوم) و اگر این بار 10 برابر کوچک شویم به 10 نانو متر (اندازه ي رشته هاي دي ان اي) میرسیم؛ بار دیگر 10 مرتبه کوچک میشویم ؛ اکنون ما به اندازه ي اتمهاي 1 نانومتري کربن رسیده ایم!

حسن كچل قصه ما ،دانش آموزي باهوش و بسيار پر مطالعه بود. يک روز در حين مطالعاتش به واژه نانو فناوري برخورد كرد؛ حسن كچل تلاش زيادي كرد تا بفهمد نانو فناوري يعني چه؟ ولي چيز زيادي دستگيرش نشد تا اين كه توي اينترنت، سايت باشگاه نانو را پيدا كرد. نانو فناوري يعني كار با مواد، در ابعاد مولكولي يعني حدود نانو متر؛ اينجا بود كه يک سوال ديگه براش پيش اومد؛ يک نانو متر يعني چه؟ در همين حين بود كه حسن كچل شروع كرد به كوچک شدن! آهان يادم رفت كه بگم قد حسن كچل 5/1 متر بود؛ او حدود 1000 بار كوچک شد و به حدود 1 ميلي متر و به اندازه تار موي دوستش رسيد! يه بار

دیگه کوچک شد؛ این بار حسن کچل ،100 بار دیگه کوچک شد و شد حدود 10 میکرومتر و افتاد روي گلبول قرمز! حسن کچل 10 برابرکوچک شد؛یعنی حدود 1میکرومتر و شروع کرد با هسته سلول فوتبال بازي کردن! بعد از کلی ورزش، تصمیم گرفت که بار هم کوچک بشه؛ پس 10 بار دیگه کوچک شد و به حدود 100 نانو مترسید. حسن کچل میان رشته هاي کروموزوم گیر افتاد شروع کرد به کمک خواستن ولی کسی نتونست کمکش کنه ،براي همین مجبور شد که 10 بار دیگه کوچک بشه به اندازه حدود 10 نانو متربرسه. حسن کچل متوجه شد روي یک نردبان قرار داره، ولی در حقیقت اون نردبان نبود... رشته هاي دي ان اي بود!حسن کچل بازم کوچک شد،10 بار دیگه؛ اونجا بود که به اتم هاي کربن رسید. بالاخره حسن کچل فهمید 1 نانو متر چقدر کوچکه!

edu@nano.ir

سیستم جامع
آموزش فناوری نانو

مفاهیم پایه » مبانی

تعداد کل جلسات : 11

جلسه 1 : فناوري نانو، از آغاز تا كنون — مطالعه شد
جلسه 2 : قصه حسن كچل و اتم هاي كربن
جلسه 3 : سانتی، میلی، میکرو، نانو
جلسه 4 : چرا نانو؟
جلسه 5 : چشم ها و انگشت هاي دنياي نانو
جلسه 6 : چرا مقياس نانو اهميت دارد؟
جلسه 7 : شاخه هاي فناوري نانو
جلسه 8 : شیمی مولکولی
جلسه 9 : چه چيزي خواص موادرا مشخص می‌كند؟ قسمت اول
جلسه 10 : چه چيزي خواص موادرا مشخص می‌كند؟ قسمت دوم
جلسه 11 : پيشنهادهاي فاينمن درباره فناوري نانو

جلسه 3 :

سانتی، میلی، میکرو، نانو

در گذشته هاي دور،انسانها با اندازه گيري آشنا نبودند؛ اما پس از مدتی نياز به اندازه گيري را درك كردند. يكی از اولين كميتهايی كه توسط انسانها اندازه گيري شد، طول و درازا بود. مقياس و وسايل اندازه گيري در آن زمان، محدود به طول دست، ساعد و ... بود. انسانها رفته رفته نياز به وسايل و يكاهاي استاندارد اندازه گيري را احساس كردند. از اين رو با پيشرفت دانش انسانها، واحدهاي استاندارد و وسايل اندازه گيري نظير متر ساخته شدند.
بيشتر اندازه هاي اطراف ما در مقياس ماكرو هستند؛ يعنی اندازه هايی دارند كه براي ما قابل درك اند.اما تعداد اجزاي پيرامون ما كه اندازه هايشان به قدري بزرگ و يا به اندازه اي كوچك است كه حتی از حيطه درك ما خارج هستند نيز كم نيست. دانشمندان براي قابل فهم كردن اين اين اندازه ها ازروش نمادگذاري علمی استفاده كرده اند. با اين وجود براي درك اندازه هاي خيلی بزرگ يا خيلی كوچك نيازمنددضرب و تقسيم اين مقياسها براي تبديل آنها به مقياسهاي قابل درك می باشيم

مقدمه
هيچ كس نمی داند كه پيشينيان ما چه زمانی فهميدند كه نيازمند اندازه گيري بعضی چيزها هستند؛ اما گويا يكی از اولين كميتهايی كه توانستند آنرا اندازه بگيرند، فاصله يا طول بود. انسانها در ابتدا با استفاده از اعضاي بدن خود اين كميت را اندازه گيري می كردند. طول ساعد، طول پا و طول دستهاي بازشده از هم، اولين مبنا(واحد)هاي اندازه گيري بودند. اندك اندك با پيشرفت زندگی انسان و افزايش شناخت او از

طبیعت و محیط اطرافش، واحدهاي اندازه گیري نیز دقیقتر شدند. امروز دستگاه هاي اندازه گیري معینی تعریف شده اند و همگی ما از واحدهاي مشخصی(استاندارد) استفاده می کنیم.

یک نانومتر چقدر کوچک است؟

متر، یکی از شناخته شده ترین واحدهاي اندازه گیري طول است. این اندازه به حدي شناخته شده است که به راحتی می توانیم با طول یک گام بلند آنرا نشان دهیم. بیشتر آنچه که ما به طور روزمره با آن مواجه هستیم، اندازه اي بین‌صد متر تا یک‌صدم متر (سانتیمتر) دارند. در حقیقت زندگی معمول ما در اندازه هاي بزرگ (ماکرومتري) میگذرد. اما این محدوده، بخش بسیار بسیار کوچکی از اندازه هاي موجود در طبیعت پیرامون زندگی انسان است. او بر روي کره‌زمین زندگی می کند که قطري معادل 12760000 متر (12/76 میلیون متر) دارد و موجودات کوچکی (باکتري) به اندازه 0/000001 متر (یک میلیونیم متر) که می توانند به آسانی سلامت و حتی حیات و بقاي او را تحت تاثیر قرار دهند. به نظر می رسد که ما در خواندن و نوشتن این اندازه ها هم مشکل داریم، چه برسد به اینکه بتوانیم آنها را به خوبی تصور کنیم!

ریضیدانان سعی نموده اند که این مشکل را حل کنند. آنها با استفاده از نمادگذاري و ارائه یک روش مقایسه اي، تصور اندازه هاي بسیار کوچک و بسیار بزرگ را آسانتر نموده اند. ما میتوانیم روش پیشنهادي آنها را با یک آزمایش ساده ارزیابی کنیم. نمیدانم کی و کجا این مقاله‌را میخوانید، اما اگر پشت یک میز و روبروي نمایشگر یک رایانه نشسته اید، احتمالا میزي که‌رایانه شما بر روي آن قرار دارد طولی حدود یک متر دارد. اگر طول این میز را 10 بار کوچک کنید، برابر قطر یک سی-دي (لوح فشرده) می شود. اگر قطر لوح فشرده‌را 10 بار کوچک کنید، برابر قطر یک تیله می شود و اگر تیله‌را 10 بار کوچک کنید، به اندازه یک دانه نمک درمی آید (شکل 1). حالا اگر دانه نمک را سه مرتبه و هر مرتبه 10 بار بزرگ کنید، می توانید از آن به‌عنوان میز استفاده نمایید.

ریضیدانان براي نمایش این نسبت میان میز و دانه نمک از نماد 10^{-3} (سه مرتبه و هر مرتبه 10 بار کوچک سازي) استفاده کرده اند. البته آنها از این روش براي توصیف اندازه هاي بزرگ نیز بهره برده اند. به طور مثال می توان منظومه شمسی با اندازه 10^{13} متر (13 مرتبه و هر مرتبه 10 بار بزرگنمایی) و کهکشان‌راه شیري با اندازه 10^{21} متر (21 مرتبه و هر مرتبه 10 بار بزرگنمایی) را نیز با این‌روش توصیف کرد.

شکل (1)

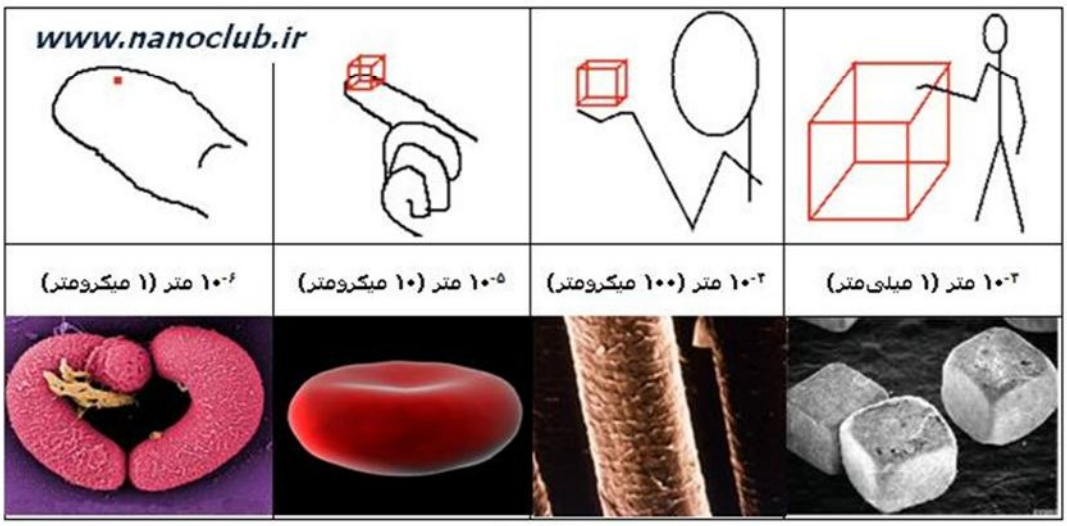
حالا که می توانیم اندازه هاي کوچک و بزرگ بسیاري را تصور کنیم، بد نیست که بدانیم دانشمندان براي

بضی اندازه ها نام مشخصی تعیین کرده اند. به طور مثال،اندازه هایی را که 1000 برابر بزرگتر از متر می باشند، کیلومتر نامیده اند و اندازه هایی را که هزار برابر کوچکتر از متر هستند، میلیمتر می خوانند. جدول زیر برخی از این نامها را مشخص کرده است.

جدول1.مقياس هاي اندازه گيري به همراه نماد علمی

واحد	اندازه عددی	اندازه نمادی	مقدار
گیگا متر	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰	$۱۰^{۹}$	یک میلیارد متر
مگا متر	۱۰۰۰۰۰۰	$۱۰^{۶}$	یک میلیون متر
کیلو متر	۱۰۰۰	$۱۰^{۳}$	هزار متر
هکتو متر	۱۰۰	$۱۰^{۲}$	صد متر
دکا متر	۱۰	$۱۰^{۱}$	ده متر
دسی متر	۰/۱	$۱۰^{-۱}$	یک دهم متر
سانتی متر	۰/۰۱	$۱۰^{-۲}$	یک صدم متر
میلی متر	۰/۰۰۱	$۱۰^{-۳}$	یک هزارم متر
میکرو متر	۰/۰۰۰۰۰۱	$۱۰^{-۶}$	یک میلیونم متر
نانو متر	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱	$۱۰^{-۹}$	یک میلیاردم متر

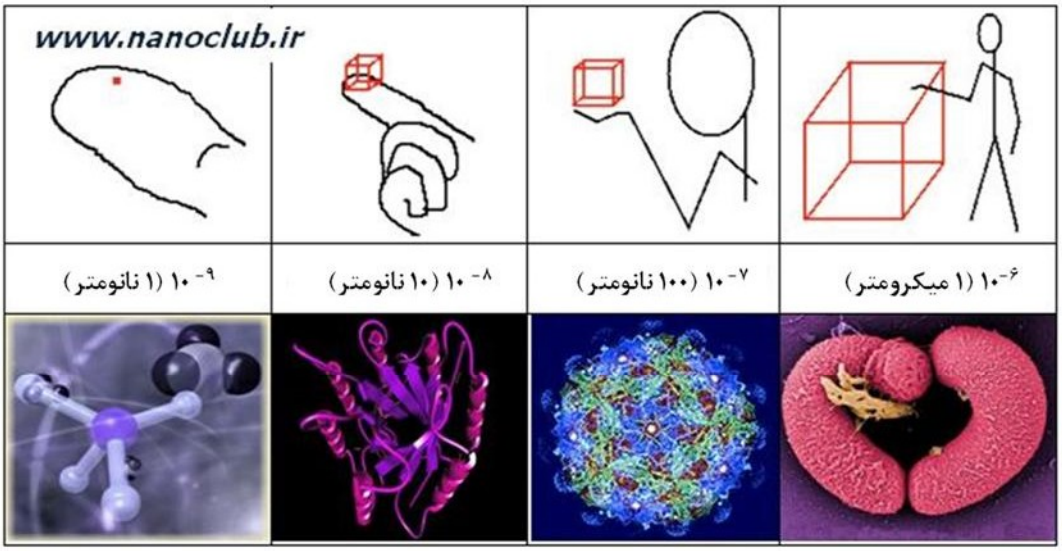
در میان اندازه هاي كوچک، نانومتر از اهميت ويژه اي برخوردار است كه بعدها بيشتر در مورد علت آن صحبت خواهيم كرد. اما پيش از آن لازم است كه درك‌صحيحی از اين اندازه داشته باشيم براي اين منظور می توانيم آزمايش بالا را ادامه دهيم؛ تا آنجا پيش آمديم كه دانه هاي نمک را به اندازه يک ميز بزرگ كرديم با اين بزرگنمايی (1000 برابر)، قطر تلموي شما معادل يک طناب بسيار كلفت خواهد شد، می توانيد از گلبولهاي قرمز براي تيله بازي استفاده كنيد و باكتريها نيز همچون دانه هاي نمک قابل رويت می شوند (شكل 2).



شكل (2)

اما هنوز هم نتوانسته ايم يک نانومتر را ببينيم. اين بار باكتريهاي كوچک نمكين را دوباره 1000برابر بزرگتر

می کنیم باکتریها دیگر آنقدر بزرگ شده اند که می توانید به عنوان یک مبل راحت به آنها تکیه دهید. در این دنیاي جدید می توانید با ویروسها تنیس بازي کنید، پروتئینها را به دور انگشتتان بپیچید و اتمها و مولکولهاي کوچک را لمس کنید. اکنون می توانید اجسام نانومتري را به اندازه دانه هاي نمک ببینید(شکل 3). به مقیاس نانو،خوش آمدید.



شکل (3)

edu@nano.ir

سیستم جامع
آموزش فناوری نانو

مفاهیم پایه » مبانی

تعداد کل جلسات : 11

مطالعه شد

جلسه 1 : فناوري نانو، از آغاز تا كنون
جلسه 2 : قصه حسن كچل و اتم هاي كربن
جلسه 3 : سلتی، میلی، میکرو، نانو
جلسه 4 : چرا نانو؟
جلسه 5 : چشم ها و انگشت هاي دنياي نانو
جلسه 6 : چرا مقياس نانو اهميت دارد؟
جلسه 7 : شاخه هاي فناوري نانو
جلسه 8 : شیمی مولکولی
جلسه 9 : چه چيزي خواص موادرا مشخص می‌كند؟ قسمت اول
جلسه 10 : چه چيزي خواص موادرا مشخص می‌كند؟ قسمت دوم
جلسه 11 : پيشنهادهاي فاينمن درباره فناوري نانو

جلسه 4 :

چرا نانو؟

براي توضيح نانو و ابعاد آن و تفاوتهاي ماده در ابعاد نانو با ابعاد بزرگتر،استفاده از نمونه هاي ماكرومقياس می تواند تا حدودي كمک كننده باشديه اين طريق می توان برخی تفاوتهاي ماده در ابعاد مختلف را ، مقايسه كرد. خواص شگفت انگيز ماده در مقياس نانو،انگيزه ايجاد مواد در ابعاد كوچكتر مثلا پيكو را براي دست يابی به خواص مطلوب تر تقويت می كند. اما در اين زمينه محدوديتهايی نيز وجود دارد؛براي توليد ماده در ابعاد پيكومتري ، نيازمند كنار هم قرار دادن ذرات زيراتمی و توليد آن ماده هستيم.از جمله مشكلاتی كه در اين زمينه وجود دارد،اين است كه اولا ذرات زيراتمی در طبيعت بطور جداگانه يافت نمی شوند.ثانيا كنار هم قرار دادن آنها ، از نظر مالی و زمانی ، مقرون به‌صرفه نيست.گرچه هم اكنون تعدادي عنصر مصنوعی در صنعت توليد شده و مورد استفاده قرار گرفته اند، اما اين عنصر نيمه عمرهاي بسيار كوتاهی دارند.اين عوامل و نيز كاربرد وسيع نانوفناوري در همه حيطه ها، كماكان برتري اين فناوري بر ساير فناوريهاي نوين را موجب می گردد.

> يک آزمايش ساده

مواد و وسايل موردنياز :

1. مقوا به اندازه‌ي ساخت دو مکعب به اضلاع 10×5×5 سانتی‌متر

2. مقداري نوار چسب

3. 200 حبه قند مکعبی شکل

4. مقداري شکر (از نظر جرم برابر با جرم 200 حبه قند)

5. مقداري آب

6. یک گرمکن الکتریکی (هیتر)

7. اسپري آب پاش یا قطره چکان

شرح آزمایش:

با استفاده از مقوا و نوار چسب ، دو مکعب به اضلاع 5×5×10 سانتی‌متر بسازید . یکی از وجه‌هاي 5×10 سانتی‌متري آن‌را بازبگذارید تا بتوانید درون آن مقداري قند و شکر بریزید.
100 حبه قند مکعبی شکل‌را با نیمی از شکرها مخلوط کنید و آن‌را درون یکی از مکعب‌هاي مقوایی که ساخته‌اید بریزید. این مکعب را مکعب شماره (1) می‌نامیم. مقدار بسیار کمی آب را با استفاده از اسپري آب‌پاش یا قطره‌چکان، درون مکعب (1) و بر روي مخلوط حبه‌هاي قند و شکر بریزید؛ به گونه‌اي که مقدار کمی رطوبت ایجاد شود. مکعب (1) را در مجاورت گرمکن الکتریکی قرار دهید تا آب آن به سرعت تبخیر شود. پس از تبخیر آب، حبه‌هاي قند و شکرها به یکدیگر می‌چسبند.

در مکعب دیگر که آن‌را مکعب (2) می‌نامیم، ابتدا حبه‌هاي قند را به‌صورت منظم کنار یکدیگر قرار دهید (آن‌ها را کاملاً به یکدیگر نچسبانید تا فضاهاي خالی بین آن‌ها وجود داشته باشد). سپس مقداري شکر بر روي آن بریزید به گونه‌اي که علاوه بر پر شدن فضاهاي خالی، روي حبه‌هاي قند نیز با مقداري شکر پوشیده شود. سپس ردیف دیگري از حبه‌هاي قند را روي شکرها بچینید و دوباره بر روي آن مقداري شکر بریزید. مکعب (2) را نیز در مجاورت گرمکن الکتریکی قرار دهید تا آب آن به سرعت تبخیر شود.

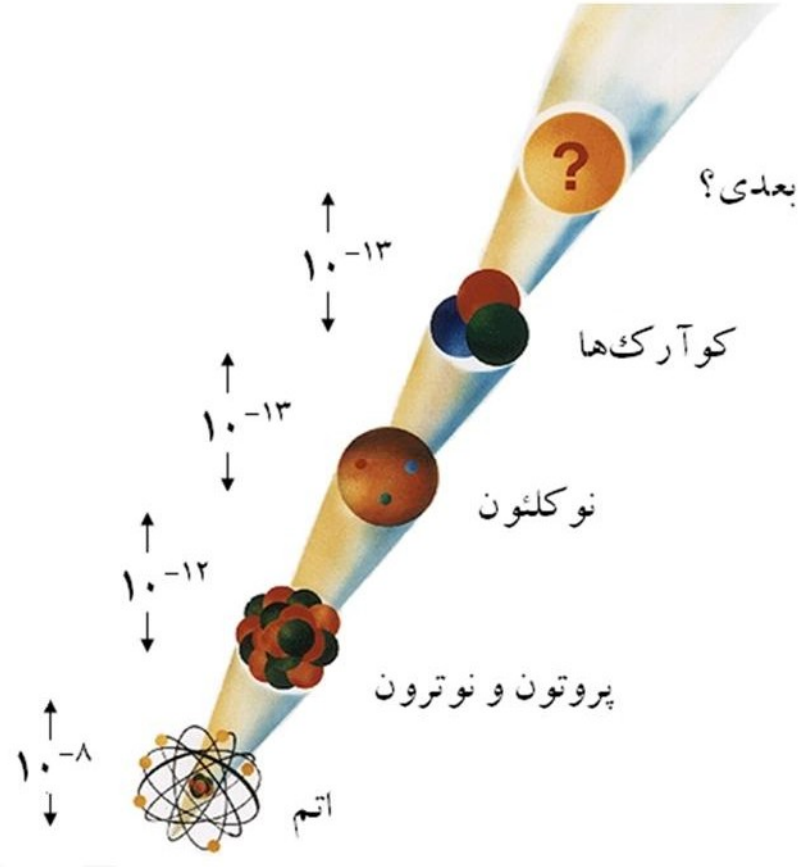
پس از آن که مطمئن شدید آب درون هر دو مکعب (1) و (2) کاملا تبخیر شده است ، پوشش مقوایی آن‌ها را به آرامی جدا کنید. اکنون دو مکعب بزرگ به ضلاع 10 *5 *5 سانتی‌متر دارید که از مخلوط حبه‌هاي قند و شکر تشکیل شده است.(شکل 1)

شکل 1. مکعب قندي 1 (سمت چپ) و مکعب قندي 2 (سمت راست)

پرسش‌هاي آزمايش:
1- چه تفاوتی بین ساختار دو مکعب (1) و (2) وجود دارد؟
2- فکر می‌کنید ساختار کدام مکعب (1) یا (2) به آن چه در فناوري نانو مطرح می‌شود، نزدیک‌تر است؟
3- آیا خواص مکعب (1) با مکعب (2) تفاوتی دارد یا خیر؟
براي یافتن پاسخ پرسش‌هاي بالا، ادامه مقاله‌را با دقت بیش‌تر بخوانید.

> میکرو یا نانو؟!
در مکعب (1) ، ما با توده‌اي از مواد سر و کار داریم . مخلوطی از حبه‌هاي قند و شکر که به‌صورت کاملا بی‌نظم و تصادفی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. هنگام ساختن مکعب (1) با تک تک حبه‌هاي قند سر و کار نداشتیم . یعنی اصلا به آن دسترسی نداشتیم (حبه‌هاي قند و شکرها را با هم مخلوط کردیم و مخلوط حاصل را به‌صورت توده‌اي درون مکعب (1) ریختیم، بنابراین، به تک تک حبه‌هاي قند دسترسی نداشتیم) در مکعب (2) ، با قرار دادن تک تک حبه‌هاي قند در مجاورت یکدیگر، مکعب را ساختیم یعنی به همه‌ي حبه‌هاي قند دسترسی داشتیم
تفاوت در ساختار دو مکعب موجب شده است که بعضی از خواص مکعب (2) با مکعب (1) متفاوت باشد . مثلا می‌توان شکنندگی آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد. مکعب (2) که داراي ساختار منظم‌تري است در مقابل ضربه و نیرو مقاوم‌تر و سخت‌تر است ، نسبت به مکعب (1) که ساختار نامنظمی دارد.
اگر حبه‌هاي قند را به اتم‌ها (یا مولکول‌ها) ي تشکیل دهنده‌ي یک ماده تشبیه کنیم، شکرهاي بین آن‌ها نقش پیوندهاي بین اتمی (بین مولکولی) را دارند. همان‌طور که حتما می‌دانید ، اندازه‌ي اتم‌ها تقریباً 10-10 متر یا به اصطلاح، یک آنگستروم است. اندازه‌ي مولکول‌ها هم بسته به این که از چند اتم تشکیل شده‌اند و ساختار آن‌ها چگونه است، متفاوت است . فاصله‌ي بین اتم‌ها یا مولکول‌ها در پیوندهاي بین اتمی یا بین مولکولی نیز با توجه به حالت ماده متفاوت است. در جامدات و مایعات فاصله‌ي بین اتمی یا بین

مولکولی ، تقریباً 10^{-10} متر است . دقت کنید که این اعداد چه قدر به ابعاد نانو، یعنی 10^{-9} متر نزدیک است.(شکل 2)



شکل 2. اتم‌ونزات‌زیراتمی

> پیکو یا نانو؟!

حال که با استفاده از فناوري نانو دسترسی به خواص جدید ممکن می‌شود، آیا حرکت به سمت فناوري‌هاي کوچکتر نیز مفید است؟ براي پاسخ به این پرسش دقت کنید که اندازه‌ي اتم‌ها در حدود 10^{-10} متر است. اگر بخواهیم به سمت فناوري‌هاي کوچکتر از نانو حرکت کنیم، یعنی باید وارد محدوده ي اتم شویم. محدوده‌ي اتم، یعنی محدوده‌ي الکترون‌ها، پروتون‌ها، نوترون‌ها و سایر ذرات زیر اتمی . یعنی مثلاً ما با استفاده از این ذرات زیر اتمی ، ابتدا یک اتم بسازیم و سپس با کنار یکدیگر قرار دادن اتم‌ها، موادي را با خواص جدید بنا کنیم

لازم است توجه کنیم نخست آنکه، ما در طبیعت، ذرات زیر اتمی مانند الکترون، پروتون و نوترون را به صورت جداگانه نمی‌یابیم یعنی این ذرات، درون اتم‌ها قرار دارند و براي دستوسی به آن‌ها باید به محدوده‌ي درون اتم‌ها وارد شویم . ثانیا ورود به محدوده‌ي درون اتم‌ها معمولاً بسیار گران و پرهزینه است. اگر چه این کار امروزه در بعضی از آزمایشگاه‌هاي پیشرفته‌ي فیزیک انجام می‌شود، اما به نظر نمی‌رسد که در زندگی روزمره کاربرد چندانی داشته باشد. ثالثا ما می‌خواهیم با کنار یکدیگر قرار دادن ذرات زیر اتمی نظیر الکترون، پروتون و نوترون، اتم‌ها را بسازیم در حالی که طبیعت، بسیاري از اتم‌ها را در اختیار ما قرار داده است.

ورود به محدوده‌ي کوچکتر از نانو (مثلا محدوده ي پیکو یا همان 10^{-12} متر)، مانند آن است که

بخواهيم ابتدا حبه‌هاي قند را كوچكتر كنيم و سپس قطعات حاصل را به يكديگر متصل كنيم و با حبه‌هاي قند حاصل، مكعب نهايي را بسازيم. طبيعي است كار كردن با همان حبه‌هاي قند اوليه را نسبت به اين كه ابتدا حبه‌هاي قند را كوچكتر كنيم و سپس دوباره به يكديگر متصل كنيم، ترجيح مي‌دهيم.

البته توجه به اين نكته نيز خالي از لطف نيست كه امروزه با استفاده از روش‌هاي دقيق و فناوري‌هاي بسيار گران و پيشرفته، ده‌ها عنصر مصنوعي ساخته شده است كه بعضي از آن‌ها در صنايع گوناگون و مخصوصا توسعه‌ي دانش و فناوري كاربرد دارد. لازم به ذكر است كه عنصر مصنوعي به دليل تراكم بسيار زيات زيراتمي، بسيار ناپايدار هستند. يعني عمر آن‌ها در حدود كسري از ثانيه است!

آن چه فناوري نانو را از چنين فناوري‌هايي متمايز مي‌كند، گستردگي بسيار زياد فناوري نانو در همه‌ي صنايع از مهندسي الكترونيك، مكانيك، كامپيوتر و هوافضا گرفته تا كشاورزي و دام پروري و حتي علوم پزشكي، داروسازي و زيست‌فناوري است.

edu@nano.ir

سیستم جامع
آموزش فناوری نانو

مفاهیم پایه » مبانی

تعداد کل جلسات : 11

مطالعه شد

جلسه 1 : فناوري نانو، از آغاز تا كنون
جلسه 2 : قصه حسن كچل و اتم هاي كربن
جلسه 3 : سانتی، میلی، میكرو، نانو
جلسه 4 : چرا نانو؟
جلسه 5 : چشم هاو انگشت هاي دنياي نانو
جلسه 6 : چرا مقياس نانو اهميت دارد؟
جلسه 7 : شاخه هاي فناوري نانو
جلسه 8 : شيمی مولكولی
جلسه 9 : چه چيزي خواص موادرا مشخص می‌كند؟ قسمت اول
جلسه 10 : چه چيزي خواص موادرا مشخص می‌كند؟ قسمت دوم
جلسه 11 : پيشنهادهاي فاينمن درباره فناوري نانو

جلسه 5 :

چشم هاو انگشت هاي دنياي نانو

در اينجا مبحث اندازه گيري را مطرح كرده و به اهميت اندازه گيري در نانو فناوري اشاره می كنيم سپس با فعاليت ها و آزمايش هايی كه به‌صورت ويديو كليپ قرار داده ايم اين اهداف را دنبال می كنيم: آشنايی شما با ابزار هاي اندازه گيري ، تبديل وحد ها نماد هاي علمی،ميكروسكوپ نوري و پراش

مقدمه

دنياي كوچك نانو، فضاي دور از دسترسی است كه وارد شدن به آن و كار كردن درون آن نيازمند ابزارهاي خطی است. ما بايد تجهيزاتی داشته باشيم كه بتوانند مواد مختلف را آزمايش كنند و واحدهاي سازنده نانومتري آنها را ببينند. آنها بايد بتوانند اين واحدهاي سازنده‌را دستكاري كنند. اولين نياز ما براي كار كردن در فناوري‌نانو اين است كه بتوانيم مشخصات مواد نانومقياسی را كه توليد می‌كنيم، تعيين كنيم براي اين

کل، ما چشم‌هایی می‌خواهیم که مقیاس نانو را ببینند. در مرحله بعد باید بتوانیم ساختار مواد را آن‌طور که می‌خواهیم دستکاری کنیم. برای این کار باید انگشتانی داشته باشیم که در حد نانومتر ظریف باشند. تجهیزات مقیاس نانو، دنیای نانو را برای ما قابل دستوس می‌کنند.
با فناوری‌نانو ما می‌توانیم کیفیت تمامی اشیائی را که از آنها استفاده می‌کنیم، افزایش دهیم. می‌توانیم آنها را ضدلک و ضد چرک و ضد آب کنیم؛ می‌توانیم در عین اینکه آنها را سخت و مقاوم می‌کنیم، آنها را سبک و ارزان کنیم. ما همچنین می‌توانیم کالاهای جدید بسیاری تولید کنیم. می‌توانیم نانولوله‌های کربنی بسازیم و با آنها به فضا برویم؛ می‌توانیم آزمایشگاه‌های بزرگ را بر روی تراشه‌های کوچک جا بدهیم و ... . اما دستیابی به محصولات نانومقیاس، بدون کنترل دقیق کیفیت آنها ممکن نیست. برای این کار باید بتوانیم ویژگی‌ها و خواص مواد را در مقیاس نانو اندازه‌گیری کنیم. توانایی اندازه‌گیری خواص در مقیاس نانو، پایه و اساس فناوری‌نانو است و سرعت پیشرفت نانو در صنعت و تحقیقات، به این توانایی بستگی دارد. "تجهیزات مقیاس نانو" به این سوال ما پاسخ می‌دهند که شرایط ساختمان مواد در مقیاس نانو با ویژگی‌های آنها در مقیاس ماکرو (همین مقیاس بزرگی که ما در آن زندگی می‌کنیم) چه ارتباطی دارد. این تجهیزات پدیده‌هایی را به ما نشان می‌دهند که تا پیش از این آنها را ندیده‌ایم. این پدیده‌ها در مقیاس‌نانو رخ می‌دهند و به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، مشخصات یک ماده را تعیین می‌کنند. برای توسعه روش‌های اندازه‌گیری، در حال حضر گروه‌های تحقیقاتی بزرگی از متخصصان مختلف تشکیل شده است؛ از فیزیک و شیمی گرفته تا میکروالکترونیک و مهندسی، پژوهشگران مختلفی با یکدیگر کار می‌کنند تا بتوانند نیازهای رشته‌های مختلف علمی و حوزه‌های متفاوت‌صنعتی را تأمین کنند.

دوره آموزش مقیاس و اندازه‌گیری

معلم محترم: این دوره مخصوص دانش آموزان سالهای اول و دوم دبیرستان است. البته مفاهیم کلی آن برای دانش آموزان سال‌های آخر راهنمایی نیز می تواند مفید باشد. یکی از سخت‌ترین مفاهیم فیزیکی ،دیدن اجسام در محدوده کوچکتر از میلی‌متر است. این موضوع اهمیت بسیاری در آموزش علوم و فناوری‌نانو دارد. زیرا واضح است که مشاهده و دیدن هر چیزی، به درک بهتر آن کمک می کند. این دوره از دو بخش کلی تشکیل شده است. در بخش اول ،دانش آموزان نکاتی را درباره سیستم SI می‌آموزند و با تلاشی که برای تبدیل اندازه اجسام به مقیاس نانو می‌کنند، می‌توانند اندازه اجسام‌را در دو مقیاس میکرو و نانو با هم مقایسه کنند.
در بخش دوم دانش‌آموزان با روشهای دیدن مقیاس نانو (همانند استفاده از میکروسکوپ‌ها و پراش نور) آشنا می‌شوند، از نزدیک آنهارا مورد بررسی قرار داده و با آنها آزمایش می‌کنند.

دانش‌آموز عزیز: این دوره به شکلی طراحی شده که تا حد زیادی می‌توان آنرا به‌طور خودآموز دنبال کرد. شما با دیدن فایل ارائه و انجام فعالیت‌ها و آزمایش‌ها به ترتیبی که در این فایل آمده، می‌توانید این دوره را برای خود اجرا کنید. بعلاوه مقاله‌های مرتبط سایت نیز می‌توانند، به‌طی بهتر دوره به شما کمک نمایند. اگر سوالی داشتید، می‌توانید از طریق سایت (info@nanoclub.ir) با گروه نویسندگان مکاتبه کنید.

فعالیت1- تبدیل در سیستم SI

در این بخش ابتدا دانش‌آموزان با سیستم SI آشنا می‌شوند و با آگاهی از مبدا پیدایش نماد علمی و کاربرد آن، این مفهوم را می‌آموزند. در ادامه این فعالیت، دانش‌آموزان با انجام چند تبدیل واحد (که تمرکز آن بر واحد طول، حجم و جرم است) با نمادنویسی علمی آشنا می‌شوند.

فعالیت 2- طبقه‌بندي اشياء بر اساس اندازه
هدف فعالیت دوم، توسعه مفهوم مقیاس است. در این فعالیت ابتدا کارت‌هایی در اختیار دانش‌آموزان قرار داده می‌شود که تصاويري از اجسام مختلف بر روي آن‌ها وجود دارد. در ادامه از آنها خواسته می شود تا تصاویر اشیائی‌را که در محدوده 10 تا 10(

edu@nano.ir

سیستم جامع
آموزش فناوری نانو

مفاهیم پایه » مبانی

تعداد کل جلسات : 11

جلسه 1 : فناوري نانو، از آغاز تا كنون — مطالعه شد
جلسه 2 : قصه حسن كچل و اتم هاي كربن
جلسه 3 : سانتی، میلی، میكرو، نانو
جلسه 4 : چرا نانو؟
جلسه 5 : چشم ها و انگشت هاي دنياي نانو
جلسه 6 : چرا مقياس نانو اهميت دارد؟
جلسه 7 : شاخه هاي فناوري نانو
جلسه 8 : شیمی مولکولی
جلسه 9 : چه چيزي خواص موادرا مشخص می‌كند؟ قسمت اول
جلسه 10 : چه چيزي خواص موادرا مشخص می‌كند؟ قسمت دوم
جلسه 11 : پيشنهادهاي فاينمن درباره فناوري نانو

جلسه 6 :

چرا مقیاس نانو اهمیت دارد؟

نانومتر یک واحد اندازه‌گیری است برابر با 10^{-9} متر و تمام اشیاء و موجوداتی که اندازه آنها در حد 1 تا 100 نانومتر است را نانومقیاس مینامند.خواص مواد به دو بخش خواص فیزیکی و خواص شیمیایی تقسیم‌بندي میشود.تجربه نشان داده ویژگی‌هاي یک ماده خالص ،تا حد قابل قبولی ثابت است و این امر سبب میشود که ما بتوانیم موادرا از روي خواصشان شناسایی کنیم اما یافته‌هاي دانشمندان نشان می‌دهد که یک ماده در اندازه نانومتر ویژگی‌هاي متفاوتی با ذرات بزرگترخود خواهند داشت. این در حالی است که کوچک‌کردن ذرات، یک تغییر فیزیکی است و ما انتظار داریم که با این تغییر فیزیکی، ویژگی‌هاي اصلی ماده تغییر نکند.

علت اهمیت مقیاس نانو
سوالی که براي اکثر ما پیش می آید این است که تغییر اندازه، چگونه در خواص شیمیایی مواد تاثیر می گذارد؟
از جمله تغییرات شیمیایی که بر اثر کوچک شدن ذرات تا اندازه نانومتري به‌وجود می آید عبارت اند از:
1- تغییر رنگ :حتما بارها خرده‌هاي یک شیشه شکسته شده را دیده‌اید. ذرات حاصل از شکستن یک شیشه هر چه قدر هم که کوچک باشند، باز به بی‌رنگی و شفافیت شیشه اولیه هستند.اما این قاعده در

مقیاس نئو صادق نیست. یعنی موادي وجود دارند که رنگ ذرات چند نئومتري آنها، با رنگ ذرات بزرگترشان متفاوت است . طلا و نقره شناخته شدهترین نمونههاي این مواد هستند. این پدیده در دنیاي ماکرومقیاس ما یک اتفاق غیر معمول استبراي مثال اتم طلا در اندازه 30 تا 500 نئومتر بهرنگ آبی، در اندازه 3 تا 30 نئومتر بهرنگ قرمز و در اندازه ي کمتر از 1 نئو متر بهرنگزرد است. اما از آن غیرعاديتر این است که نئو ذرات نقره با تغییر شکل هندسی هم تغییر رنگ میدهند! براي مثال : نئو ذرات کروي نقره 40 نئومتري بهرنگ آبی پر رنگنئو ذرات کروي نقره 80 نئو متري آبی کم رنگ، نئو ذرات کروي نقره 120 نئو متري زرد رنگنئو ذرات کروي طلا 50 نئو متري سبز رنگنئو ذرات کروي طلا 100 نئو متري نارنجی رنگ و نئو ذرات هرمی شکل طلا 100 نئو متري قرمز رنگ هستند.

2- تغییر شفافیت : شفافیت، یک خصیت فیزیکی است و نشان دهنده میزان توانایی یک ماده ،در عبور دادن نور مرئی از خود است. یک پرتو نور در برخورد با سطح ماده میتواند از آن عبور کند یا جذب آن گردد یا بازتاب شود. اگر مادهاي پرتوهاي نور را جذب کند و یا آنهارا باز تاب کند نور را مسدود کرده است. مواد مختلف بسته به عملکردشان در برابر تابش نور، میتوانند کاربردهاي فراوانی داشته باشد. به عنوان مثال اکسید روي و اکسید تیتانیوم نور ماوراي بنفش را کاملا جذب میکنند و نور مرئی را بازتاب میکنند. این مواد ،که بهرنگ سفید دیده میشوند، گزینههاي بسیار مناسبی براي کرمهايضد آفتاب هستند. البته افراد بسیاري، رنگ سفیدي را که این کرمها بر روي پوست ایجاد میکنند، دوست ندارند. خوشبختانه این مشکل را میتوان با کوچک کردن اندازه ذرات این مواد حل کرد.

نئوذرات اکسید روي و اکسید تیتانیوم، با وجود اینکه نور ماوراي بنفش را کاملا جذب میکنند، برخلاف ذرات بزرگتر کاملا شفاف هستند. البته این امر، ناشی از عبور نور مرئی از این ذرات نیست، بلکه به سبب آن است که اندازه نئوذرات اکسید روي و اکسید تیتانیوم، کوچکتر از طول موج نور مرئی (400-700 نئومتر) است و از اینرو این ذرات توانایی بازتابش نور مرئی را ندارند.

3- تغییر خواص مغناطیسی: کمی براده آهن را در یک لیوان آب حل کنید و آن را خوب به هم بزنید. قبل از اینکه برادهها تهنشین شوند، یک آهنربا را به لیوان نزدیک کنید. چه اتفاقی میافتد؟ آیا مخلوط آب و براده نسبت به میدان مغناطیسی آهنربا عکسالعملی نشان میدهد؟ اگر این آزمایش را خیلی خوب انجام داده باشید، بهترین نتیجه حاصل، جذب ذرات براده توسط آهنربا است. اما اگر همین آزمایش را توسط ذرات نئومتري آهن (یا کبالت) تکرار کنیم، نتیجه متفاوت خواهد بود.

سیال مغناطیسی (فروفلوید) ،مایعی است متشکل از نئوذرات فرومغناطیس (مانند آهن و کبالت) که در آب یا یک حلال آلی معلق شدهاند. این مایع در حضور یک آهنربا (میدان مغناطیسی) خصیت مغناییسی بسیار قوي از خود نشان میدهدبه نحوي که با حرکت آهنربا در اطراف این مایع میتوان آنرا به شکلهاي سهبعدي زیبایی در آورد. البته این سیال تا زمانی از خود چنین خصیتی نشان میدهد، که ذرات نئومتري آن (تحت نیروهاي بینمولکولی) به یکدیگر نچسبند.

4- تغییر واکنش پذیري: خواص شیمیایی یک ماده، خواصی هستند که به طور مستقل نمیتوان آنها را اندازهگیري کرد. به این معنا که مقدار یک خصیت شیمیایی، در طی واکنش و برهمکنش یک ماده با مواد دیگر مشخص میشود. واکنشپذیري یا تمایل یک ماده براي واکنش با سایر مواد، از جمله مهمترین خواص شیمیایی است. بیشتر ماصحنه شعلهور شدن سدیم، لیتیم یا پتاسیمرا در تماس با آب دیدهایم (شکل 6). همه اینها عنصري هستند که به شدت واکنشپذیرند؛ تا آنجا که نمیتوان آنها را مانند سایر عنصر در تماس با هوا نگه داشت. اما در مقابل با انداختن یک انگشتر طلا در یک لیوان آب اتفاقی نمیافتد و یا پنجرههاي آلومینیومی بدون هرگونه مشکلی در مجاورت هوا استفاده میشوند (البته این به مدد لایه مقاوم اکسیدي است که بر روي سطح آلومینیوم تشکیل میشود). اما همین مواد در مقیاس نئو، رفتار متفاوتی از خود نشان میدهند. واکنشپذیري مواد در مقیاس نئو افزایش چشمگیري پیدا میکند. در این مقیاس ذرات طلا نه تنها واکنشپذیري بالایی دارند، بلکه براي افزایش سرعت واکنش مواد دیگر (به عنوان کاتالیزگر) نیز استفاده میشوند. نئوذرات آلومینیوم در هوا آتش میگیرند و میتوان از آنها به عنوان سوخت موشک

استفاده کرد. افزایش واکنش‌پذیری مواد در این مقیاس، امکان ساخت کاتالیزگرهای بسیار قوی‌تری را برای ما فراهم کرده است. تا آنجا که پیش‌بینی می‌شود بتوانیم با استفاده از نانوکاتالیزگرها، واکنش‌های بازگشت‌ناپذیر بسیاری را (مانند تشکیل گازهای سمی NO و CO) در دما و فشار محیط برگشت‌پذیر کنیم.

در خاتمه: آنچه گفته شد تنها مثال‌های محدودی از تغییر ویژگی‌های یک ماده در مقیاس نانو است. نقطه ذوب، خواص حرارتی، خواص الکتریکی، خواص مکانیکی و ده‌ها خصیت فیزیکی و شیمیایی شناخته شده دیگر نیز در این مقیاس تغییر می‌کنند. گویا دیگر نمی‌توانیم بدون در نظر گرفتن اندازه ذرات یک ماده، آنرا از روی خواصش شناسایی کنیم. برخی برای حل این مشکل پیشنهاد داده‌اند که یک بُعد دیگر به جدول تناوبی مندلیف اضافه کنیم؛ بدین معنی که برای مشخص کردن خواص یک عنصر، علاوه بر اینکه باید نام آن عنصر و جایگاه آن را در جدول مندلیف مشخص کنیم، لازم است که معلوم کنیم خواص عنصر را در چه ابعادی می‌خواهیم ما در دنیای ماکرومقیاس اطرافمان، مواد را با توجه به خواصشان دسته‌بندی می‌کنیم و سپس متناسب با این خواص، آنها را برای انجام کارهای مختلف انتخاب می‌کنیم. برای ساخت پنجره از شیشه استفاده می‌کنیم، زیرا شفاف است و نور را از خود عبور می‌دهد؛ برای ساخت زیور آلات مدتها از طلا استفاده می‌کنیم، زیرا واکنش‌پذیری پایینی دارد و اکسید نمی‌شود؛ برق را با رشته‌های مسی انتقال می‌دهیم، چرا که پس از طلا و نقره بیشترین ضریب انتقال الکتریکی را در بین عناصر مختلف دارد؛ و از آنجا که فولاد یکی از سخت‌ترین مواد دنیای ماست، ابزارهای بزرگ صنعتی‌مان را از آن می‌سازیم.

سیستم جامع
آموزش فناوری نانو

مفاهیم پایه » مبانی

تعداد کل جلسات : 10

جلسه 2 : قصه حسن کچل و اتم هاي کربن
جلسه 3 : سانتی، میلی، میکرو، نانو
جلسه 4 : چرا نانو؟
جلسه 5 : چشم ها و انگشت هاي دنیاي نانو
جلسه 6 : چرا مقیاس نانو اهمیت دارد؟
جلسه 7 : شاخه هاي فناوري نانو
جلسه 8 : شیمی مولکولی
جلسه 9 : چه چیزي خواص موادرا مشخص می‌کند؟ قسمت اول
جلسه 10 : چه چیزي خواص موادرا مشخص می‌کند؟ قسمت دوم
جلسه 11 : پیشنهادهاي فایینمن درباره فناوري نانو

جلسه 7 :

شاخه هاي فناوري نانو

فناوري نانو در حیطه هاي گسترده و متنوعی کاربرد دارد.براي مطالعه آسان تر نانوفناوري، آن را به شاخه هاي مختلف تقسیم بندي می کنیم و در هریک از شاخه ها جداگانه مورد بررسی قرار می دهیم از جمله شاخه هاي مهم فناوري نانو می توان به نانوتکنولوژي مرطوب،نانوتکنولوژي خشک و نانوتکنولوژي محاسبه اي اشاره کرد.
نانوتکنولوژي مرطوب شاخه اي از علم نانو است که به مطالعه سیستم هاي زنده ، که اساسا در محیط هاي آبی وجود دارند می پردازد.
در نانوتکنولوژي خشک ، که از علوم فیزیک و شیمی مشتق می شود ، تشکیل ساختارهاي کربنی، سیلیکون و مواد غیر آلی و فلزي مورد مطالعه قرار می گیرد.
چنانچه انجام برخی آزمایشهاي نانویی در آزمایشگاه وبا تجهیزات موجود ممکن نباشد و یا از نظر هزینه مقرون به‌صرفه نباشد،در نانوتکنولوژي محاسبه اي ، با استفاده از شبیه سازیهاي رایانه اي ، فرآیندها و واکنشهاي بین اتمهاي مورد نظر را بررسی و مطالعه می کنند.

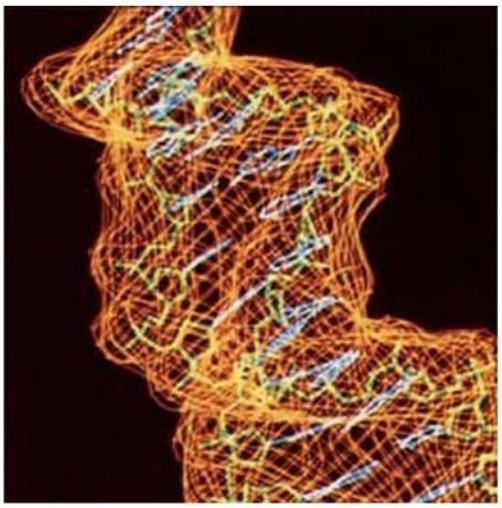
مقدمه

هنگامی که درباره نانوفناوري شروع به جستجو و مطالعه می کنید، به موضوعات و مواد مختلفی بر می خورید مانند:"نانولوله ها، شبیه سازي مولکولی، نانوداروها، سلول هاي سوختی، کاتالیزورها، نانوذرات و ... ".
بنابراین ممکن است نانوفناوري ، رشته اي کاملا گسترده به نظر آید که موضوعات آن ربط چندانی به هم

ندارند.
به طور کلی مطالعات نانوفناوري را می توان به سه دسته تقسیم کرد که اگرچه روشهاي تحقیقاتی در آن ها متفاوت است، اما این سه شاخه کاملا به یکدیگر مرتبط هستند و پیشرفت در یکی از شاخه ها می تواند در شاخه هاي دیگر نیز کاملا موثر باشد.

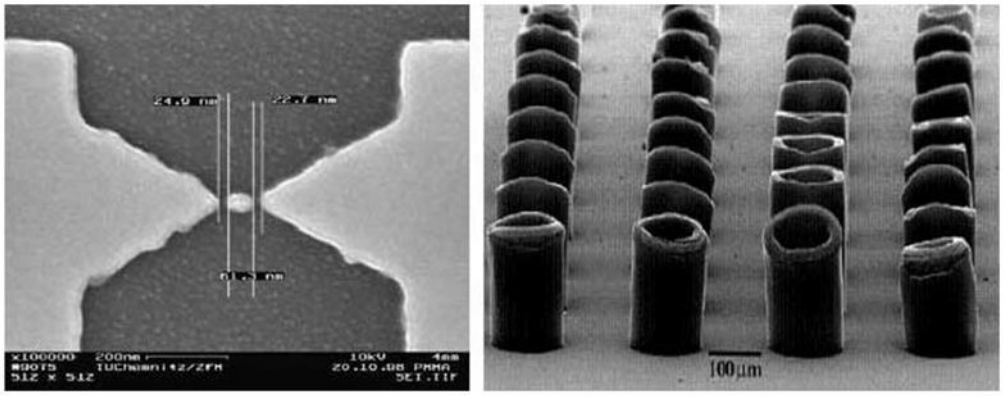
این سه شاخه عبارتند از:

1- نانوتکنولوژي موطوب: این شاخه به مطالعه سیستم هاي زنده اي می پردازد که اساسا در محیطهاي آبی وجود دارند. در این شاخه ساختمان مواد ژنتیکی، غشاءها و سایر ترکیبات سلولی در مقیاس نانومتر مورد مطالعه قرار می گیرد.پژوهشگران موفق شده اند ساختارهاي زیستی فراوانی تولید کنند که نحوه عملکرد آنها در مقیاس نانویی کنترل می شود. این شاخه دربرگیرنده علوم پزشکی،دارویی و به طور کلی علوم و روشهاي مرتبط با زیست فناوري است.(شکل 1)



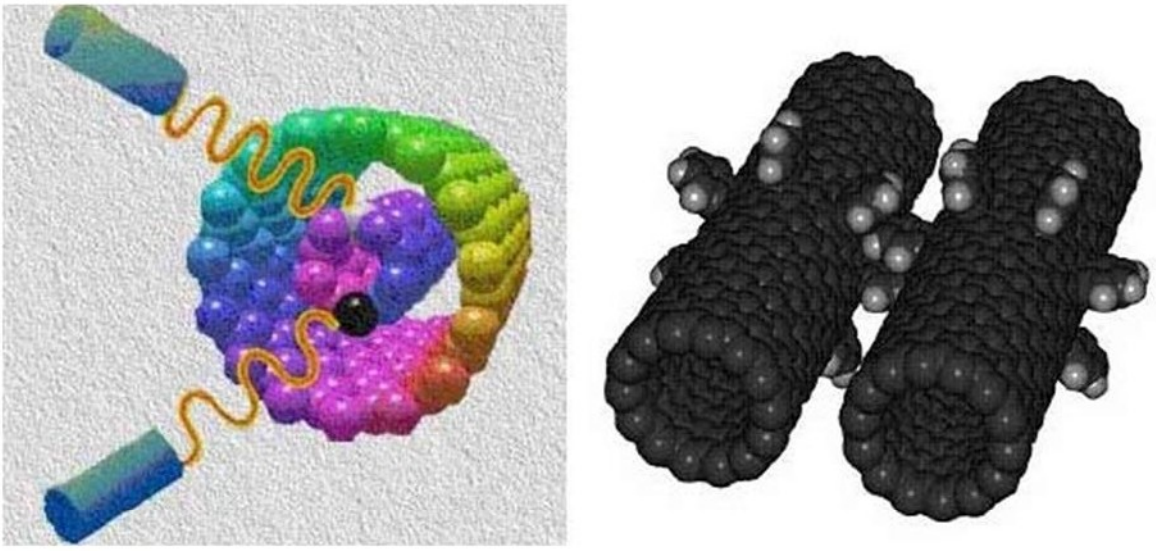
شکل 1.پروتئین ها و رشته هاي DNA از موضوعات اصلی تحقیقات در نانوفناوري مرطوب هستند.

2- نانوتکنولوژي خشک: این شاخه از علوم پایه شیمی و فیزیک مشتق می شود و به مطالعه تشکیل ساختارهاي کربنی، سیلیکون و مواد غیر آلی و فلزي می پردازد. نکته قابل توجه اینست که الکترونهاي آزاد که در فناوري مرطوب موجب انتقال مواد و انجام واکنشها می گردند، در فناوري خشک خصوصیات فیزیکی ماده را پدید می آورند. در نانوتکنولوژي خشک ، کاربرد مواد نانویی در الکترونیک، مغناطیس و ابزارهاي نوري مورد مطالعه قرار می گیرد. براي مثال طراحی و ساختن میکروسکوپ هایی که بتوان با استفاده از آنها مواد را در ابعاد نانومتر دید.(شکل 2)



شکل 2نانو لوله هاي کربنی (راست) و نانوترانزیستورها (چپ)، دو نمونه از تحقیقات در نانوفناوري خشک

3- نانوتکنولوژي محاسبه اي: در بسیاري از مواقع ، ابزار آزمایشگاهی موجود براي انجام برخی از آزمایشها در مقیاس نانومتر مناسب نیستند و یا آنکه انجام این آزمایشها بسیار گران تمام می شود. در این حالت از رایانه ها براي شبیه سازي فرآیندها و واکنش هاي اتم ها و مولکول ها استفاده می شود. شناختی که به وسیله محاسبه به دست می آید، باعث می شود که زمان لازم براي پیشرفت نانوتکنولوژي خشک بطور محسوسی کاهش یابد و البته تأثیر مهمی در نانوتکنولوژي مرطوب نیز خواهد داشت.(شکل 3)



شکل 3نانو چرخ دنده ها (راست) و نانوموتورها (چپ) از نانو ساختارهایی هستند که با استفاده از شبیه سازي رایانه اي اطلاعات زیادي درباره آنها داریم اما این وسایل هنوز در عمل مورد استفاده قرار نگرفته اند.

سیستم جامع
آموزش فناوری نانو

مفاهیم پایه » مبانی

تعداد کل جلسات : 9

جلسه 3 : سلتی، میلی، میکرو، نانو
جلسه 4 : چرا نانو؟
جلسه 5 : چشم ها و انگشت هاي دنياي نانو
جلسه 6 : چرا مقياس نانو اهميت دارد؟
جلسه 7 : شاخه هاي فناوري نانو
جلسه 8 : شیمی مولکولی
جلسه 9 : چه چيزي خواص موادرا مشخص مي‌کند؟ قسمت اول
جلسه 10 : چه چيزي خواص موادرا مشخص مي‌کند؟ قسمت دوم
جلسه 11 : پيشنهادهاي فاينمن درباره فناوري نانو

جلسه 8 :

شیمی مولکولی

همه ي مواد، از ذرات ريزي به نام اتم تشکيل شده اند.عنصر موادي هستند که از تعدادي اتم مشابه ساخته شده اند.در اثر تجزيه مواد مرکب،به نوع عنصر سازنده ي آن و تعداد اتمهاي هر عضو در آن ماده دست خواهيم يافت.بر خلاف تصور دانشمندان گذشته که گمان می کردند تنها نوع عنصر سازنده یک ماده و تعداد اتمهاي هر عضو،تعيين کننده ي خواص آن ماده است،مواد مرکبی يافت شدند که علیرغم خواص متفاوت،از عنصر يکسان تشکيل يافته اند و حتی تعداد اتمهاي عنصر هم در آنها يکسان بوده است! اکنون می دانيم که اين اختلاف در خواص ناشی از فاکتور مهم و موثر ديگري به نام "آرايش اتمی"است.
اتمهاي هر عضو ظرفيت مشخصی براي ترکيب شدن با اتمهاي ديگر دارند ومی توانند آرايشهاي اتمی و مولکولی متفاوتی را ايجاد کنند؛ بسياري از خصيتهاي مواد بر اثر آرايش متفاوت اتمها در ماده می باشد.
با استفاده از اين ويژگی در اتمها،دانشمندان می توانند آرايشهاي خاص از اتمهاي گوناگون را براي دست يابی به خواص دلخواه،ايجاد کنند.

مقدمه

آيا تا به حال هوا را داخل سونگی محبوس کرده‌ايد تا آن‌را تحت فشار قرار دهيد؟چه اتفاقی می‌افتد وقتی پيستون سونگ را فشار می‌دهيد؟هوا چگونه متراکم می‌شود؟ چگونه در يک فضاي کوچکتر جا می‌گيرد؟ يک تکه اسفنج را می توان در فضاي کوچکتري متراکم کرد. علت تراکم اسفنج اين است که در آن سوراخهاي ريزي وجود دارد؛ وقتی اسفنج را فشار می‌دهيم ، هواي داخل اين سوراخها خارج می‌شود و ذرات جامد اسفنج به هم نزديکتر می‌گردند. درست مثل زمانی که يک تکه اسفنج خيس را فشار می‌دهيد؛

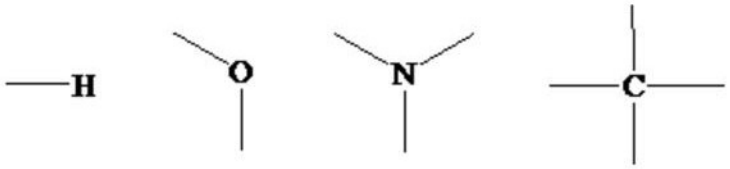
آب از سوراخهاي اسفنج خارج و اسفنج متراكم مي‌شود. "بويل"، دانشمند انگليسي، در سال 1662 ميلادي مقداري جيوه – كه فلزي مايع است- را در يک لوله شيشه‌اي پنج متري ريخت. اين لوله خميده به شكل حرف انگليسي U و يک سمت آن مسدود بود. بويل مشاده كرد كه با افزودن جيوه، هواي به دام افتاده در سمتي كه بسته است، متراكم مي‌شود و فضاي كمتري اشغال مي‌كند. بويل نتيجه گرفت كه هوا بايد از ذرات بسيار كوچک، يعني اتمهاي ريز، تشكيل شده باشد. در ميان اتم‌ها فضايي است، كه در آن هيچ چيز نيست. وقتي هوا متراكم مي‌شود، اتم‌ها به هم نزديكتر مي‌شوند. بويل همان سال‌ها، در كتابي نوشت: "عضوها را بايد با آزمايش كشف كرد. شيميدانها بايد بكوشند تا هر چيزي را به مواد سادەتر تجزيه كنند، آن ماده يک عضو است."

دانشمندان بر مبناي اين توصيه بويل، تا اواخر قرن هجدهم حدود 30 عضو گوناگون كشف كردند و مواد مركب زيادي را كه از اين عنصر ساخته شده بود را بررسي كردند. بسياري از مواد مركب بررسي شده تا آن زمان، از مولكول‌هاي ساده ساخته شده بودند و هر كدام بيش از چند اتم نداشتند. كافي بود فهرستي از انواع گوناگون اتمها تهيه شده و گفته شود كه در هر ماده مركب،چند عدد از هر نوع اتم وجود دارد. در سال 1824 ميلادي (1203 شمسي) "يوستون ليبينگ" و "فردريخ وهلر"، شيميدان آلماني، درباره دوماده مركب متفاوت تحقيق مي‌كردند. هريک از آنها براي ماده مركب خود فرمولي بدست آورد و نشان داد كه در آن چه عنصري و از هر عضر چند اتم وجود دارد. وقتي آنها نتايج كار خود را اعلام كردند، معلوم شد كه هر دو ماده داراي فرمول يكساني هستند. با اينكه اين دو ماده با هم متفاوت بودند و از هر جهت خواص گوناگوني داشتند، مولكولهاي آنها از عنصر يكسان تشكيل شده و حتي عده اتمهاي هر عضر در هر دو ماده يكسان بود. به اين ترتيب مشخص شد كه تنها جمع كردن عده اتمهاي موجود در يک مولكول كافي نيست. و اين اتمها بايد آرايش ويژه‌اي داشته باشند. بنابراين، آرايش متفاوت سبب تفاوتِ مولكولها مي‌شود و خواص مواد با هم تفاوت خواهند داشت.

با توجه به اينكه هم مولكولها و هم اتمها به قدري كوچک هستند كه ديده نمي‌شوند، شيميدانان چگونه مي توانند نوع آرايش اتم‌ها را در مولكولها بيابند؟

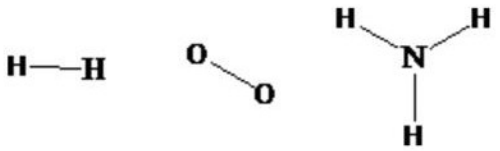
نخستين گام را در اين راه، "ادوارد فرانكلند" انگليسي برداشت. او مولكول‌هاي آلي را با برخي از فلزات تركيب كرد و دريافت كه اتم يک نوع فلز، هميشه با تعداد مشخصي از مولكول‌هاي آلي تركيب مي‌شود. او نتيجه گرفت كه هر اتم توانايي و ظرفيت خطي براي تركيب با عنصر ديگر دارد. او اسم اين خصلت را "والانس" گذاشت. "والانس" كلمه‌اي لاتين به معناي "ظرفيت" يا "توانايي" است. براي مثال وقتي مي‌گوييم:"ظرفيت هيدروژن «يک» است"، يعني اتم هيدروژن تنها با يک اتم ديگر مي‌تواند تركيب شود. ظرفيت اكسيژن «دو»، نيتروژن «سه» و كربن «چهار» است.

اسكات كوپر اسكاتلندي نيز در 1858 ميلادي، نظريه "پيوندهاي شيميايي" را مطرح كرد. او معتقد بود كه اتمها با "قلاب" يا "پيوند" به يكديگر متصل مي‌شوند و مولكولهاي مختلف را تشكيل مي‌دهند. طبق نظريه او، هر اتم به اندازه "ظرفيت" يا "والانس" خود مي‌تواند با اتمهاي ديگر پيوند بدهد. كوپر همچنين پيشنهاد كرد ،كه اتم‌ها را با توجه به ظرفيتشان و تعداد پيوندهايي كه مي‌توانند با ساير اتمها داشته باشند، به‌صورت ذيل نمايش دهند:



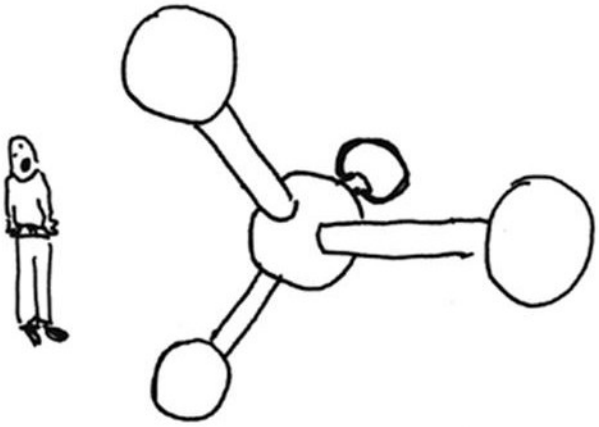
شكل 1.ظرفيت اتمهاي كربن،نيتروژن،اكسيژن و هيدروژن

به این ترتیب می‌توانیم مولکول‌ها را با رسم پیوندهای میان اتم‌ها، به شکل زیر نشان بدهیم:



شکل2 آرایش اتمی و پیوندهای بین اتمها

استفاده از روش فوق برای نشان دادن ساختمان مولکول‌های کوچک و غیر آلی، به‌راحتی مقدور بود، اما در مورد مولکول‌های بزرگتر و مواد مرکب آلی، مشکلاتی وجود داشت که گاه باعث گمراهی می‌شد. از اینرو "ککوله" تلاش کرد تا مشکل ظرفیت را در موردِ مواد مرکب آلی برطرف کند. "فردریش آگوست ککوله" ، با توجه به این مسأله که هر اتم کربن ظرفیت اتصال به چهار اتم دیگر را دارد، توانست مسایل مربوط به تعداد زیادی از مولکول‌ها -که ساختمان آنها تا آن زمان معمّا به‌نظر می‌رسید- را حل کند.
امروزه نیز از همین مدل برای نشان دادن مولکولها و همچنین توضیح خواص آنها استفاده می‌شود.



شکل3.مدل گوی و میله برای نمایش آرایش اتمی

شیمی‌دانان ها چگونه می‌توانند بین ساختار مولکول و خواص آن ارتباط برقرار کنند؟
مواد مختلف، بسته به اینکه از چه عنصری تشکیل شده‌اند و دارای چه آرایشی هستند، خواص مختلفی دارند. برای مثال، موادی که خصیت اسیدی از خود نشان می‌دهند ،در ساختار مولکولی خود اتم هیدروژنی دارند که به اکسیژن متصل است و آن اتم اکسیژن هم با یک عنصر نافلز مانند گوگرد، فسفر و... پیوند دارد. حال اگر به جای اتم نافلز، یک اتم فلز مانند سدیم، کلسیم یا ... قرار گیرد، ترکیب به جای "خصلت اسیدی"، "خصیت قلیایی" خواهد داشت.
در دارو‌ها و مولکول‌های بزرگ، خواص ترکیب، به عوامل متعددی بستگی دارد. در نانو فناوری ،که هدف ساختن مولکولی جدید با رفتاری خاص است، یک دانشمند شیمی مولکولی، با استفاده از تخصص خود، آرایشی از اتم‌ها را پیشنهاد می‌کند که خصیت مورد نظر ما را داشته باشد. از سوی دیگر باید بدانیم مولکولها، صرفا" آنچه ما روی کاغذ رسم می‌کنیم نیستند. مولکول‌ها دارای بعد هستند و فضا اشغال می‌کنند.
یک مولکول، در فضا آرایشهای مختلفی را می‌تواند اختیار کند. درحال حاضر با استفاده از یک سوی فنون خاص و به کمک کامپیوتر، می‌توان آرایش‌های مختلف را پیش‌بینی و چگونگی قرار گرفتن اتمها را در کنار

یکدیگر بررسی کرد. همچنین می توان حدس زد که هر آرایش مولکولی، چه خواصی را موجب می‌شود. این کار نیز به واسطه اطلاعاتی که یک دانشمند شیمی مولکولی از مطالعه ساختارهاي مختلف مولکولها بدست آورده است، امکان پذیر می‌باشد.
شاخه‌اي از نانوفناوري، که با بهره‌گیري از شیمی مولکولی و روشهاي محاسباتی فیزیکی و مکانیک کوانتومی، آرایشهاي متنوع مولکولها را بررسی می‌کند را "نانوفناوري محاسباتی" می‌نامند.

سیستم جامع
آموزش فناوری نانو

مفاهیم پایه » مبانی

تعداد کل جلسات : 8

جلسه 4 : چرا نانو؟
جلسه 5 : چشم ها و انگشت هاي دنياي نانو
جلسه 6 : چرا مقياس نانو اهميت دارد؟
جلسه 7 : شاخه هاي فناوري نانو
جلسه 8 : شیمی مولکولی
جلسه 9 : چه چيزي خواص موادرا مشخص می‌کند؟ قسمت اول
جلسه 10 : چه چيزي خواص موادرا مشخص می‌کند؟ قسمت دوم
جلسه 11 : پيشنهادهاي فاينمن درباره فناوري نانو

جلسه 9 :

چه چيزي خواص موادرا مشخص می‌کند؟ قسمت اول

در این مقاله ابتدا به تشریح ساختار مواد می پردازیم و در این راستا به اطلاعات مورد نیاز جهت شناخت ساختار مواد همچون ارتباط بین اتم‌ها، یون‌ها،پیوندهاي شیمیایی و ... اشاره می کنیم و براي فهم بهتر به مقایسه ي الماس و گرافیت می پردازیم . اما در قسمت دوم مقاله به‌ریز ساختار ها و دو مورد از انواع آن پرداخته‌و در همین‌راستا به مثال هایی اشاره می کنیم

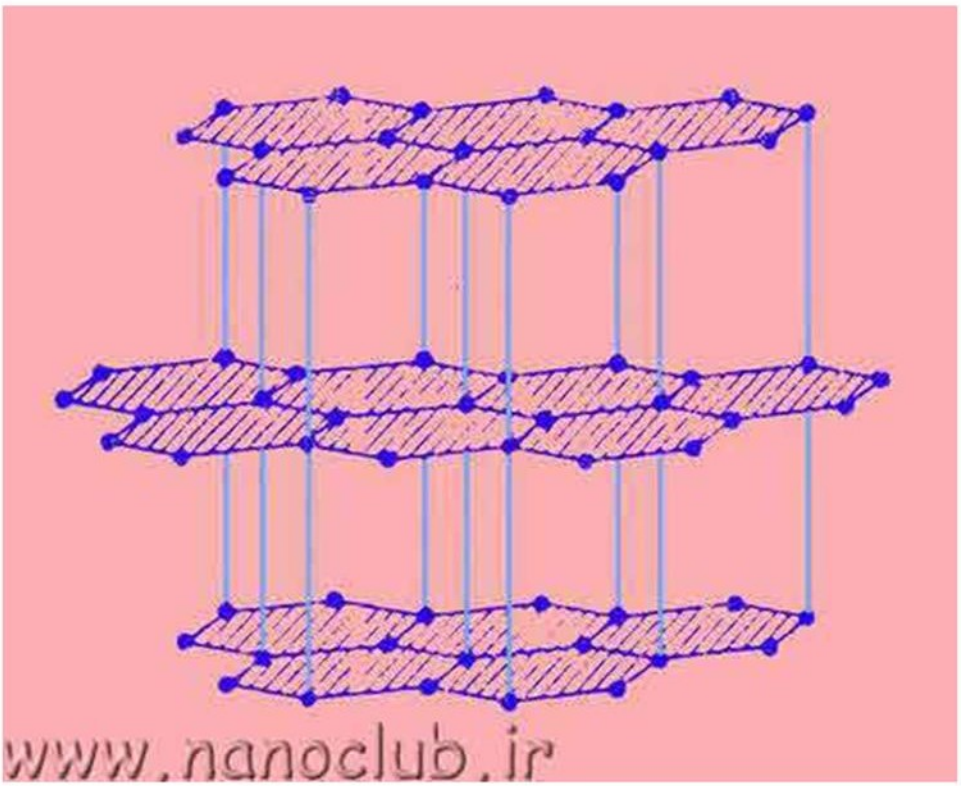
مقدمه

شاید تا به حال از خود پرسیده باشید که چرا مواد مختلف با هم متفاوتند؟ چرا برخی از آن‌ها محکم تر از سایرین هستند؟ چرا برخی از مواد رسانا و برخی نارسانا‌هستند؟ چرا نور می‌تواند از بعضی از مواد عبور کند و از بعضی دیگر نه؟
سئوالاتی از این دست، ذهن را متوجه تفاوت‌هاي مواد از نظر خواص می‌کند و ما را در رابطه با علت این تفاوت‌ها، به تفکر بیشتر وادار می‌کند. با اطلاعاتی که ما از ساختمان عنصر و تفاوت‌هاي موجود در عنصر داریم، شاید گمان کنیم که تفاوت‌هاي موجود در مواد مختلف، حاصل از تفاوت‌هاي عنصر تشکیل دهنده آنها است. با این تفکر، مواد تنها متاثر از تنوع عنصر تشکیل دهنده خود خواهند بود و تمامی ویژگی‌هاي رفتاري مواد با شناخت عنصر تشکیل دهنده آنها روشن خواهد شد. بر این اساس مشخص شدن عنصر

تشکیل دهنده یعنی تعیین ترکیب شیمیایی مواد، همه اسرار مربوط به خصوصیات مواد را آشکار می‌کند. براستی آیا با دانستن ترکیب شیمیایی مواد، خواص آنها معلوم خواهد شد؟
با کمی دقت و توجه به ترکیبات شیمیایی مواد پیرامون خویش در می‌یابیم که بسیاري از آنها با وجود این که در رفتار و خواص با یکدیگر بسیار متفاوتند، داراي عنصر تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی یکسان می‌باشند و برخی دیگراز مواد با داشتن عنصر تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی متفاوت با یکدیگر، داراي خواص و رفتار مشابهی هستند. پس چه چیزي بجز ترکیب شیمیایی موجب تفاوت در رفتار مواد می‌شود؟
براي جواب این سئوال لازم است که بیشتر با ساختار و ویژگی‌هاي مواد آشنا شویم

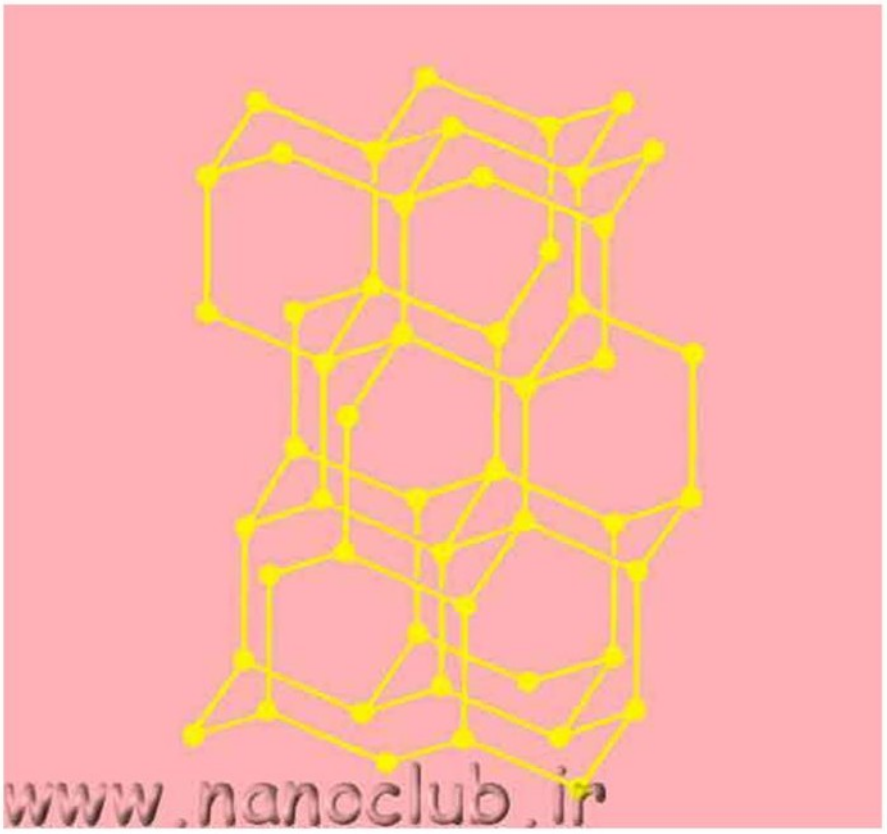
ساختار مواد چیست؟

ساختار مواد،ارتباط بین اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌هاي تشکیل دهنده آن مواد را مشخص می‌کند. براي شناخت ساختار مواد ،ابتدا باید به نوع اتصالات بین اتم‌ها و یون‌ها پی برد. به طور حتم با پیوندهاي شیمیایی آشنایی دارید. پیوندهاي شیمیایی، نحوه اتصال میان اتم‌ها و یون‌ها را مشخص می‌کنند. بنابراین تفاوت پیوندهاي شیمیایی مختلف را، در ویژگی‌هاي ناشی از این پیوندها، در مواد مختلف می‌توان مشاهده کرد. به عنوان مثال در نمک طعام به دلیل وجود پیوند یونی که منجر به محصور شدن الکترون‌ها می‌شود، خصلت "رسانایی" مشاهده نمی‌شود؛ زیرا الکترون‌ها که حامل و انتقال دهنده‌ي بار الکتریکی هستند، به دلیل محصور شدن امکان حرکت ندارند و چیزي براي انتقال بار الکتریکی درطول ماده وجود نخواهد داشت. در مقابل در فلزات، مانند مس، به دلیل وجود پیوند فلزي که موجب آزادي الکترون‌ها می‌شود و امکان تحرك الکترون‌ها را فراهم می‌نماید، می‌توانیم خصلت رسانایی را انتظار داشته باشیم. زیرا الکترون‌هاي آزاد، امکان انتقال بار الکتریکی را در طول ماده فراهم می‌آورند. همانطور که ذکر شد،اطلاع از نوع پیوندهاي اتمی می‌تواند به شناخت ما از رفتار و خواص مواد کمک کند. اما آیا تنها با دانستن نوع پیوندها تمامی خواص و رفتار یک ماده‌را می‌توان پیش‌بینی کرد؟
براي روشن شدن مطلب، مثال معروفی را ارائه می‌کنیم. همانطور که می‌دانید گرافیت و الماس هر دو از اتم‌هاي کربن تشکیل شده‌اند و هر دو "ریخت‌هاي" مختلفی از عنصر کربن هستند. اما چرا خواص گرافیت و الماس تا این حد با یکدیگر متفاوت است؟ الماس به عنوان سخت‌ترین ماده طبیعی معرفی می‌گردد و گرافیت به دلیل نرمی بسیار، به‌عنوان ماده "روانساز" به کار گرفته می‌شود! تفاوت رفتار و خواص گرافیت و الماس‌را، به نوع اتصال و پیوند شیمیایی اتم‌هاي کربن نمی‌توان نسبت داد؛ زیرا در هر دو شکل این ماده - که تنها داراي اتم‌هاي کربن است - یک نوع پیوند شیمیایی وجود دارد.علت در "چگونگی اتصالات و پیوندهاي شیمیایی" این دو شکل کربن است. در گرافیت اتم‌هاي کربن شش‌ضلعی‌هاي پیوسته‌اي شبیه به یک لانه‌زنبور تشکیل می‌دهند که در یک سطح گسترده شده است(شکل 1).لایه‌هاي شش‌ضلعی ساخته شده با قرار گرفتن روي هم، حجمی را تشکیل می‌دهند که به آن گرافیت می‌گوییم. واضح است که در ساختار گرافیت دو نوع اتصال وجود خواهد داشت: یک نوع اتصال، اتصالی است که بین اتم‌هاي کربن هر لایه لانه‌زنبوري وجود دارد و جنس آن از نوع پیوند کوالانسی است؛ نوع دوم اتصالی است که لایه‌هاي لانه زنبوري را به یکدیگر وصل می‌کند. بدیهی است که نوع این پیوند از جنس اتصالات اولیه یعنی پیوندهاي اتمی نیست. بنابراین پیوند به هم پیوستگی دوم - که قدرت به هم پیوستگی لایه‌ها را مشخص می‌کند - ضعیف‌تر از اتصال اولیه که یک پیوند کوالانسی است، خواهد بود. پس می‌توان انتظار داشت که گرافیت، در جهت صفحات لانه‌زنبوري به دلیل داشتن پیوند قوي کووالانسی استحکام بالایی داشته باشد؛ بالعکس، استحکام این ساختار، در جهت عمود بر صفحات لانه‌زنبوري ، به‌علت وجود پیوندضعیف ثانویه بین لایه‌ها، به مراتب کمتر از استحکام درون آنها است. از سوي دیگر، به دلیل پیوندهاي‌ضعیف بین لایه‌اي انتظار می‌رود که با اعمال نیروي بیشتر، لایه‌هاي لانه‌زنبوري بتوانند بر روي یکدیگر بلغزند.



شکل 1- ساختار گرافیت

در مقابل ساختار لایه‌ای گرافیت، الماس دارای یک ساختار شبکه‌ای است(شکل 2). در گرافیت پیوندهای اولیه یعنی پیوندهای اتمی تنها در یک سطح (در یک وجه) برقرار می‌شود، در حالی که در ساختار الماس این پیوندها به‌صورت شبکه‌ای سه بعدی فضا را پر می‌کنند. در ساختار گرافیت هر اتم کربن با سه اتم کربن دیگر اتصال اتمی از جنس کوالانسی ایجاد می‌کند، در حالی که در ساختار الماس هر اتم کربن با چهار اتم کربن دیگر پیوند اتمی و از جنس کوالانسی برقرار می‌نماید.



شکل 2- ساختار الماس

با توضیحاتی که راجع به تفاوت‌هاي ساختاري گرافیت و الماس داده شد، مشخص می‌گردد که دلیل نرمی گرافیت و سختی الماس در چیست. همانطور که دیدید ،ساختار مواد از طریق نوع، تعداد و چگونگی پیوندهاي تشکیل دهنده مواد، تاثیر به سزایی در خواص مواد دارد. بنابراین از طریق مطالعه در ساختار مواد، بسیاري از رفتارها و خواص آنها را می‌توان پیش‌بینی کرد. همچنین براي دستیابی به برخی خواص ، می‌توان ساختار را متناسب با آنها طراحی نمود.

سیستم جامع
آموزش فناوری نانو

مفاهیم پایه » مبانی

تعداد کل جلسات : 7

جلسه 5 : چشم ها و انگشت هاي دنياي نانو
جلسه 6 : چرا مقياس نانو اهميت دارد؟
جلسه 7 : شاخه هاي فناوري نانو
جلسه 8 : شيمي مولكولي
جلسه 9 : چه چيزي خواص موادرا مشخص مي‌كند؟ قسمت اول
جلسه 10 : چه چيزي خواص موادرا مشخص مي‌كند؟ قسمت دوم
جلسه 11 : پيشنهادهاي فاينمن دربارهٔ فناوري نانو

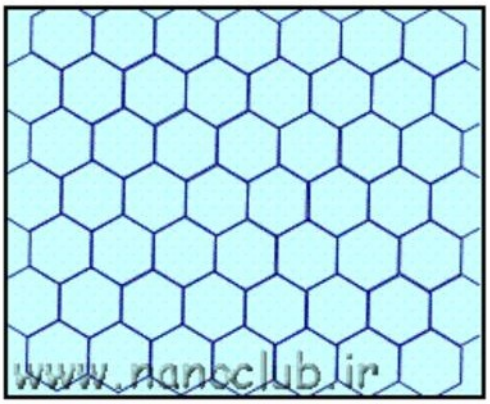
جلسه 10 :

چه چيزي خواص موادرا مشخص مي‌كند؟ قسمت دوم

ریزساختار چیست؟

با شناختی که نسبت به ساختار مواد پیدا کرده‌اید، ممکن است گمان کنید موادي که ما به‌صورت توده‌اي در اطراف خود می‌بینیم ،از گسترده‌تر شدن نظم ساختاري اولیه خود، به وجود آمده‌اند. به عبارت دیگر ممکن است تصور شود که مواد توده‌اي، شکل گسترش یافته اي از ساختار اولیه اش می باشد و بنابراین تمامی خواص و رفتار ساختار اولیه‌را دارا خواهد بود. این تصور، با مشاهدات رفتاري مواد متفاوت است. به عنوان مثال در ساختار گرافیت ما انتظار داریم که استحکام در راستاهاي مختلف متفاوت باشد؛ زیرا ساختار اولیه در جهت‌صفحات لانه‌زنبوري داراي استحکام بالا و در جهت عمود بر صفحات داراي استحکام کمی است. بنابراین گرافیت فقط در برخی جهات خاص می‌بایست "قابلیت حرکت لایه‌ها بر روي یکدیگر" را داشته باشد. می‌دانیم که از گرافیت به عنوان ماده اصلی مغز مداد استفاده می‌شود و اثري که از مداد بر روي کاغذ باقی می‌ماند در حقیقت لایه‌هاي نازك گرافیت است که با مالش نوك مداد بر روي کاغذ، از

سطح آن کنده شده و بر روي کاغذ می‌چسبد و همانطور که پیش‌تر اشاره شد، لایه‌هاي گرافیت به دلیل پیوندضعیف ثانویه، امکان لغزش و حتی جدا شدن از یکدیگر را دارند. حالا سوال اینجاست که اگر توده گرافیت ،حالت گسترش یافته ي همان ساختار اولیه گرافیت باشد، باید مداد تنها در یک جهت خط قابلیت نوشتن داشته باشد؛ زیرا ساختار گرافیت تنها لغزیدن لایه‌ها بر روي هم و کنده شدن آنها از توده و چسبیدن‌شان به سطح کاغذ را در جهت خطی میسر می‌سازد و در غیر از آن جهات خط ، به دلیل وجود پیوندهاي قوي درون لایه‌ها، امکان کنده شدن وجود نخواهد داشت. این تعبیر به آن معناست ، که مداد تنها در برخی جهات خط می‌نویسد و در دیگر جهات مداد نخواهد نوشت و این تصور با تجربه هر روزه ما از بکارگیري مداد متفاوت و متناقض است زیرا به تجربه دریافته‌ایم که مداد در تمامی جهات می‌نویسد. ما مداد را در هر زاویه و هر جهتی نسبت به کاغذ حرکت دهیم مداد خواهد نوشت. پس دلیل این تناقض چیست؟ آیا ساختار گرافیت آنگونه که گمان می‌کنیم نیست؟ و یا اینکه توده گرافیت چیزي غیر از گسترش یکنواخت و هماهنگ ساختار گرافیت است؟(شکل 1)



شکل 1- طرحی ساده از ریزساختار ایده‌آل گرافیت

براي درك درست از رفتار توده‌اي مواد ،لازم است که با ریزساختار آنها آشنا بشویم با بررسی میکروسکوپی گرافیت درمی‌یابیم که توده گرافیت یکپارچه نیست؛ بلکه این توده متشکل از دانه‌هاي بسیاري است که هر یک به‌صورت مستقل و جدا از یکدیگر در درون خود داراي ساختار گرافیت هستند. به عبارت دیگر توده گرافیت را می‌توان اجتماع بی‌نظمی از بخش‌هایی که هر یک داراي ساختار گرافیت هستند، دانست(شکل 2).

شکل 2- طرحی ساده از ریزساختار واقعی گرافیت

تفاوت این نوع ریزساختار، از نوعی که پیش‌تر تصور می‌کردیم، یعنی یک توده گسترده از ساختار گرافیت، در دامنه نظم آنهاست. در تصور اول ، ما توده گرافیت را یک ساختار یکپارچه و منظم از ساختار گرافیت که در تمام توده گسترش یافته می‌دانستیم؛ در این حالت ، نظم حاکم بر ساختار، یک نظم با دامنه بلند که تمام توده را می‌پوشاند در نظر گرفته می‌شود. اما درعمل ، نظم ساختار گرافیت به‌صورت محلی و با دامنه‌هاي کوتاه مشاهده می‌شود. این بی‌نظمی در قرار گرفتن توده‌هاي داراي ساختار گرافیت ، باعث می‌شود که تنوع و گوناگونی فراوانی در بخش‌هاي گرافیت که هر یک زاویه و جهت خطی دارند، وجود داشته باشد. بنابراین همیشه بخش‌هایی که زاویه و جهت مناسب براي حرکت و کنده شدن لایه‌ها را دارند، وجود خواهد داشت و ما بدون نگرانی از جهت و زاویه قرار گرفتن مداد می‌توانیم از نوشتن آن مطمئن شویم.

نتیجه‌گیري:

عوامل تاثیرگذار در خواص توده‌اي مواد را به‌صورت اجمالی و ساده شناختیم. این عوامل عبارت بودند از: عنصر تشکیل دهنده مواد، ساختار مواد و ریزساختار مواد. به‌صورتی ساده می‌توانیم خواص توده‌اي مواد را مشابه با خصوصیات یک شهر بدانیم. عنصر تشکیل دهنده مواد به‌صورت مصالح بکار گرفته شده در ساختمان‌هاي شهر، ساختار مواد که چگونگی قرارگرفتن عنصر در کنار یکدیگر و اتصالات میان آنها را مشخص می‌کند به‌صورت ساختمان‌هاي شهر و ریزساختار که چگونگی کنار هم قرار گرفتن ساختار میکروسکوپی را معین می‌کند، به‌صورت الگوهاي شهرسازي در نظر گرفته می‌شود. با این تشبیه خصوصیات یک شهر نه تنها به مصالح(ترکیب شیمیایی بکار رفته در آن) بلکه به معماري ساختمان‌ها(ساختار) و نحوه شهرسازي(ریزساختار) نیز بشدت وابسته خواهد بود.

سیستم جامع
آموزش فناوری نانو

مفاهیم پایه » مبانی

تعداد کل جلسات : 6

جلسه 6 : چرا مقیاس نانو اهمیت دارد؟
جلسه 7 : شاخه هاي فناوري نانو
جلسه 8 : شیمی مولکولی
جلسه 9 : چه چیزي خواص موادرا مشخص می‌کند؟ قسمت اول
جلسه 10 : چه چیزي خواص موادرا مشخص می‌کند؟ قسمت دوم
جلسه 11 : پیشنهادهاي فاینمن دربارہ فناوري نانو

جلسه 11 :

پیشنهادهاي فاینمن دربارہ فناوري نانو

ریچارد فاینمن،فیزیکدانی است که نقش به سزایی در شکل گیري علوم نانو داشته است.در زمانی که کسی اطلاعات چندانی در زمینه ي علوم نانو نداشت ،او در یک سخنرانی در انجمن فیزیک آمریکا با عنوان«در پایین دست ،فضاي زیادي وجود دارد»، سوالاتی در زمینه کار با مواد و اجسام در ابعاد خیلی ریز طرح کرد که ذهن هر شنونده اي را به خود مشغول ساخت.او همچنین با ذکرتفاوتهاي علوم نانو و فیزیک بنیادي،پیشنهادهایی مطرح کرد که هرچند براي افراد درآن دهه تعجب برانگیز و غیرممکن تصور میشد،اما امروز شاهداجرائی شدن بسیاري از این پیشنهادها هستیم و با پیشرفت روزافزون بشر در زمینه علوم مختلف و تکنولوژي و همچنین دست یابی انسان به ابعاد بسیار ریز ماده،پیش بینی می گردد که تمامی پیشنهادهاي او روزي به حوزه ي واقعیت هاي علم بشر وارد شوند.

مقدمه

ریچارد فاینمن (11 می 1918 تا 15 فوریه 1988) یکی از تأثیرگذارترین فیزیکدانان آمریکایی در قرن بیستم بود که نظریه الکترودینامیک کوانتومی را پیش برد. او سخنرانی برجسته و نوازندهای غیرحرفهای بود. فاینمن به خاطر کارهایش بر روی نظریه الکترودینامیک کوانتومی، جایزه نوبل فیزیک را در سال 1965 به همراه جولیان شوینگر و شین ایچیرو تومواگا از آن خود کرد. سخنرانی او را هنگام دریافت جایزه نوبل می توانید بخوانید.

سه جلد کتاب فیزیک پایه با عنوان «سخنرانیهای فاینمن درمورد فیزیک عمومی»، بر اساس یک دوره آموزش درس فیزیک پایه در دوره کارشناسی توسط وی تهیه شدهاند که شاید بتوان گفت به اندازه جایزه نوبلش، مایه شهرت فاینمن بودهاند.

دیدگاههای ریچارد فاینمن (فیزیکدان و برنده جایزه نوبل سال 1965) ، نقش بسزایی در پیریزی علوم نانو داشته است. او دیدگاههای خودرا در یک سخنرانی در انجمن فیزیک آمریکا با عنوان «در پایینِدست فضای زیادی وجود دارد» مطرح کرد (29 دسامبر 1959، برابر با 23 آذر 1338). در این سخنرانی پیشبینیهای قابل توجهی مطرح شد که در زمان ما تحقق بسیاری از آنها مشهود است. متنی که میخوانید، ترجمهای است از سخنرانی فاینمن و نیز توضیحاتی که در مورد میزان تحقق پیشبینیها ی او داده شدهاند.

1.حوزه علوم نانو

فاینمن:
میخواهم حوزهای را شرح دهم که هنوز جای کار زیادی دارد. این حوزه شبیه حوزه فیزیک ذرات بنیادی نیست، زیرا چیز زیادی در مورد اینکه ذرات بنیادی عجیب چه هستند نمیگوید. بلکه بیشتر شبیه فیزیک حالت جامد است، چون در مورد پدیدههای عجیبی که در شرایط پیچیده اتفاق میافتند، اطلاعات جالبی میدهد. به علاوه، نکتهای که از همه مهمتر است، تعداد زیادِ کاربردهای تکنیکی این حوزه است.
اشاره
واقعیت این است که علوم نانو، نگرشی بنیادی دربارهٔ جهان در مقیاس کوچک به ما نمیدهند. نگرش بنیادی، پدیدههای عالم را با معادلات ریاضی واحدی توضیح میدهد. علوم نانو به مقیاس کوچکتر از اتم کاری ندارند. در عوض،فیزیک بنیادی در مورد ذرات بنیادی بسیار ریزتر -- به کوچکی کوارکها و لپتونها که حداقل ده مرتبه کوچکتر از اتم هستند -- دستاوردهای خوبی دارد.
از سوی دیگر، علوم نانو نگرش متفاوتی در مورد ظهور پدیدههای جدید میدهند. در این نگرش، از کنار هم گذاشتن تعدادی برهمکنش ساده بین اجزای تشکیلدهنده سیستم، خصیت جدیدی در کلّ سیستم، متفاوت با خواص اجزای آن، بروز میکند؛ چیزی که در شبیهسازیهای رایانهای تا حدی مشاهده شده است. بنابراین، علوم نانو به ما نگرشی بنیادی در مورد پیشرفتهای فناوری در آینده نزدیک میدهند.

2.ساختن در مقیاس اتمی

فاینمن:
چیزی که میخواهم بگویم، مشکل تولید و کنترل اشیا در مقیاس کوچک است. به محض طرح این موضوع، مردم به من در مورد کوچکسازی و میزان پیشرفتِ آن تا امروز میگویند. آنها از موتورهای الکتریکیای به کوچکی ناخن انگشت سخن میرانند. آنها میگویند وسیلهای وجود دارد که میتواند متن کتاب مقدس را در سر سوزن بنگارد. اما دنیای کوچک شگفتآورتری در پایینِدست وجود دارد. در سال 2000، وقتی به

روزگار ما نگاه کنند، با تعجب می‌پرسند چرا تا سال 1960 کسی به طور جدي به این سمت حرکت نکرده بود؟ چرا ما نمی‌توانیم 24 جلد «دایره‌المعارف بریتانیکا» را در سر یک سوزن بنویسیم؟ بگذارید ببینیم چه مسائلی دخیل هستند. پهناي سر سوزن یک میلی‌متر است. اگر آن را 25 هزار بار بزرگتر کنیم، سطح سر سوزن برابر با مساحت همه‌صفحات «بریتانیکا» می‌شود. بنابراین، تنها لازم است که اندازه‌هاي نوشته‌هاي دایره‌المعارف را 25 هزار بار کوچک کنیم. آیا چنین چیزي ممکن است؟ قدرت تشخیص چشم انسان دو دهم میلی‌متر است که برابر با یکی از نقطه‌هاي کوچک دایره‌المعارف یادشده است. اگر آن را 25 هزار بار کوچک کنید، هنوز هشتاد انگستروم (هشت نانومتر) پهنا دارد، یعنی به پهناي 32 اتم در یک فلز معمولی. به زبان دیگر، یکی از آن نقاط هنوز هزار اتم در خود جاي می‌دهد. بنابراین، هر نقطه می‌تواند در اندازهٔ لازم براي چاپ تنظیم شود؛ دیگر شکی نیست که در سر سوزن فضاي کافی براي قرار دادن «دایره‌المعارف بریتانیکا» موجود است.

اشاره

این کار در زمان حضور امکان‌پذیر است. اگر سر سوزن از جنس سیلیکون و تخت باشد، با لیتوگرافی پرتوي الکترونی می‌توان نقوشی در این ابعاد و با این دقت ایجاد کرد.

فاینمن:

حال که «دایره‌المعارف بریتانیکا» روي سر سوزن جا شد، بیایید همهٔ کتاب‌هاي عالم را در نظر بگیریم. کتابخانه کنگره حدود نُه میلیون جلد کتاب دارد، کتابخانه موزه بریتانیا پنج میلیون جلد و کتابخانه ملی فرانسه پنج میلیون جلد دیگر. مسلماً در میان اینها نسخه‌هاي تکراري هم وجود دارند. بنابراین، فرض کنیم 24 میلیون جلد کتابِ غیر تکراري در دنیا وجود دارند. کتابدار ما در کَلتِک (مرکز تحقیقاتی که فاینمن در آنجا تدریس و تحقیق می‌کرد) هر چه قدر تند و تیز باشد، بعد از ده سال فقط می‌تواند اطلاعات مربوط به 120 هزار جلد کتاب را توي کارت‌ها بنویسد. متن کتاب‌هایی که از کف تا سقفِ همه ساختمان کتابخانه چیده شده‌اند، و کارت‌هایی که همه کشوهاي کتابخانه را انباشته‌اند، همه می‌توانند تنها در یک کارت نگه‌داري شوند. آیا چنین چیزي ممکن است؟

اشاره

اگر فرض کنیم هر کتاب یک میلیون حرف دارد، 24 میلیون جلد کتابی که فاینمن می‌گوید، در فضایی معادل با 24 ترابایت ذخیره می‌شود. در چند سال آینده، یک آرایه از لوح‌هاي RAID گنجایش همه این اطلاعات را خواهد داشت. گرچه هنوز به اندازه یک کارت کتاب نیست، اما خیلی به آن نزدیک است.

3. ارتباط بین فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی

فاینمن:

بنابراین باید بتوانیم اتم‌هاي منفرد را ببینیم. اگر اتم‌ها را از هم جدا ببینیم، چه فایده‌اي دارد؟... ما دوستانی در رشته‌هاي دیگر داریم، مثلاً در زیست‌شناسی. ما فیزیکدان‌ها معمولاً به آنها نگاه می‌کنیم و می‌گوییم: «می دانید چرا همکاران شما این‌قدر کُند پیشرفت می‌کنند؟ (در واقع، من رشته‌اي را نمی‌شناسم که در زمان ما رشدي به سرعت زیست‌شناسی داشته باشد) شما باید ریاضیات را بیشتر به کار ببرید، همان کاري که ما می‌کنیم.» آنها مؤدبانه پاسخ می‌دهند: «کاري که شما باید انجام دهید تا ما سریع‌تر پیشرفت کنیم، این است که میکروسکوپ الکترونی را صد مرتبه بهتر کنید.»

اشاره

میکروسکوپ‌هاي پیمایشی امروزي قدرت تشخیص پستی و بلندي‌هایی از مرتبه دهم انگستروم (صدم نانومتر) را دارند. یعنی فیزیکدان‌ها درخواستی را که زیست‌شناسان آن زمان از زبان فاینمن بیان کرده‌اند انجام داده‌اند.

فاینمن:
اصلی‌ترین مسائل در زیست‌شناسی امروز چه هستند؟ سؤال‌هایی هستند مثل: توتیب پایه‌های DNA چیست؟ وقتی یک جهش ژنتیکی رخ دهد، چه اتفاقی می‌افتد؟ توتیب پایه‌ها در DNA چه ارتباطی با اسیدهای آمینه در پروتئین دارد؟ ساختار RNA چیست؟ یک‌زنجیره‌ای است یا دوزنجیره‌ای و چگونه در توتیب پایه‌ها با DNA مرتبط می‌شود؟ ساختار میکروزوم چیست؟ پروتئین‌ها چطور سنتز می‌شوند؟ RNA کجا می‌رود؟ چگونه قرار می‌گیرد؟ پروتئین‌ها کجا قرار می‌گیرند؟ آمینواسیدها از کجا داخل می‌شوند؟ در فتوسنتز، کلروفیل کجاست؟ چگونه چیده شده است؟ کلروتنوئیدها کجا در این فرآیند دخیل می‌شوند؟ سیستم تبدیل نور به انرژی شیمیایی چیست؟

پاسخ دادن به این سؤالات بنیادی زیست‌شناسی بسیار ساده است. کافی است به ساختارها نگاه کنید. می‌توانید توتیب پایه‌ها را در زنجیره یا توکیب میکروزوم را ببینید. متأسفانه میکروسکوپ‌ها در حال حاضر، مقیاسی را می‌بینند که بسیار زمخت است. میکروسکوپ را صد مرتبه بهتر کنید. در این‌صورت، بسیاری از مسائل زیست‌شناسی ساده‌تر می‌شوند.
اشاره
امروزه با استفاده از لیزرهای پرتوان یک مولکول DNA را زیر میکروسکوپ نیروی اتمی ثبت و تصویرش را ثبت کرد.
فاینمن:
...اگر فیزیکدان‌ها بخواهند، می‌توانند دشواری کار شیمیدان‌ها در مسائل تجزیه شیمیایی را حل کنند. تجزیه هر توکیب پیچیده شیمیایی بسیار ساده است، فقط باید به آن نگاه کرد و دید اتم‌ها کجا هستند... یک سیستم زیستی می‌تواند بسیار کوچک باشد. سلول‌ها خیلی ریز، اما بسیار فعال‌اند. آنها توکیبات مختلفی می‌سازند، حرکت می‌کنند، و همه جور اعمال شگفت‌انگیز انجام می‌دهند، همه در مقیاسی بسیار ریز. همچنین آنها اطلاعات ذخیره می‌کنند. امکانش را تصور کنید که ما هم بتوانیم چیزی بسیار کوچک بسازیم که آنچه ما می خواهیم انجام دهد یا به‌عبارت دیگر بتوانیم شیئی بسازیم که در آن ابعاد مانور دهد!

اشاره
امروزه نانوبیوتکنولوژیست‌ها تلاش می‌کنند تا با مهندسی سلول‌های جدید، فعالیت‌های این سلول‌ها را مطابق هدف مطلوبشان کنترل کنند.

4.نانوماشین‌ها
فاینمن:
...امکانات یک ماشین کوچک با قابلیت حرکت چیست؟ آنها ممکن است به‌درد‌نخور باشند، اما مسلماً ساختن آنها مُفرّح است. من نمی‌دانم به طور عملی چطور در ابعاد ریز این کار را انجام دهم، اما می‌دانم که ماشین‌های محاسبه بسیار بزرگ هستند؛ آنها اتاق‌های متعدد را اشغال می‌کنند. چرا نمی‌توانیم آنها را خیلی کوچک بسازیم، آنها را از سیم‌های ریز بسازیم، از اجزای کوچک --و منظور من از کوچک این است که به عنوان مثال سیم‌ها 10 یا 100 اتم پهنا داشته باشند و مدارها در گسترهٔ چند انگستروم قرار گیرند.
اشاره
این شبیه همان مرحله‌ای است که فناوری سنتی سیلیکون امروزه در آن قرار دارد. روش‌های زیادی برای ساخت اجزای سنتی الکترونیک طراحی شده است. در عین حال، با افزایش کنترل انسان در ابعاد نانو حصول جدیدی برای کار ماشین‌های محاسبه پیشنهاد شده است. ترانزیستورهای مولکولی، ترانزیستورهای تک‌الکترونی و اسپینترونیک حوزه‌های جدیدی هستند که مورد مطالعه دانشمندان حوزه نانو قرار دارند.

عنوان اسپینترونیک از تشابه این حوزه با رقیب (یا همکار) سنتی خود یعنی الکترونیک ریشه گرفته است. در شیمی خواندهایم که الکترون‌ها و برخی دیگر از ذرات بنیادی به غیر از بار الکتریکی و جرم، خصیت دیگری به نام اسپین هم دارند که یکی از خواص ذاتی الکترون به حساب می‌آید و دو مقدار مثبت یا منفی یک‌دوم به آن نسبت داده می‌شود. جریان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی و میدان الکتریکی (که از روابط ماکسول پیروی می‌کنند) ابزار اصلی در تحلیل یک مدار الکترونیکی هستند و بیشتر با «بار الکترون» سر و کار دارند. محققان اسپینترونیک تلاش می‌کنند تا با استفاده از قواعد حاکم بر برهمکنش و تغییرات «اسپین الکترون» روش‌های جدیدی برای ساخت سیستم‌هایی معادل با مدارهای الکترونیکی به‌خصوص برای محاسبه و ذخیره اطلاعات بیابند.

فاینمن:
امکانات ماشین‌های کوچک اما متحرک چیست؟ ... دوست من، آلبرت هیبس، امکان جالبی برای یک ماشین کوچک پیشنهاد می‌کند. او می‌گوید که اگرچه ایده بسیار خامی است، اما بسیار جالب است اگر بتوانی جراح را ببلعی. جراح مکانیکی را درون رگ قرار می‌دهی و او به داخل قلب می‌رود و اطراف را مشاهده می‌کند (مسلماً اطلاعات باید به خارج ارسال شوند). او پیدا می‌کند که کدام دریچه مشکل دارد و با یک چاقوی کوچک آن را جراحی می‌کند. بعضی ماشین‌های کوچکِ دیگر می‌توانند به طور دائم در بدن کار گذاشته شوند تا به اعضایی که نارسایی دارند، کمک کنند.
اشاره
ایده بدیع نانوماشین‌ها و کاربرد آنها در بدن انسان نخستین‌بار در سخنرانی فاینمن مطرح شد. هر چند هنوز هم دانشمندان نسبت به عملی بودن این ایده در آینده نزدیک مشکوکاند، اما بسیاری از تحلیلگران آینده آن را امکان‌پذیر می‌پندارند. در یک نانوروبوت، ابزارهایی برای حس کردن، پردازش اطلاعات، حرکت، ارسال اطلاعات به خارج و انجام عملیات خاص لازم است. دانشمندان موفق شده‌اند نمونه‌هایی از حسگرها، رداب‌ها و موتورهای بسیار کوچک شیمیایی را در ابعاد نانومتر ایجاد کنند، اما هر کدام از این عناصر نیاز به سیستم‌های پیچیده جانبی برای تکمیل عملکرد خود دارند؛ مثلاً برای مشاهده رداب‌ها، نیاز به میکروسکوپ و برای تحلیل سیگنال حسگرها، نیاز به سیستم‌های پردازنده ماکروسکوپیک وجود دارد. درست مانند یک کامپیوتر خانگی که هرچند پردازنده آن بسیار کوچک (در حدود چند میلی‌متر مربع) است، اما برای ایجاد کارایی نیاز به قطعات بزرگ جانبی دارد. امکان گنجاندن همه این ابزارها در ابعادی کوچک‌تر از یک باکتری، به‌شدت مورد تردید بسیاری از دانشمندان نانو است.
فاینمن:
اما من هراسی ندارم که سؤال آخرم را طرح کنم. آیا -- در آینده بسیار دور -- می‌توانیم اتم‌ها را آن‌جور که می‌خواهیم بچینیم؟ خود اتم‌های بسیار ریز! چه اتفاقی می‌افتد اگر بتوانیم اتم‌ها را یکی‌یکی طوری بچینیم که می‌خواهیم؟
اشاره
این کار در حال حضر، با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی بر روی سطوح تخت ممکن است؛ در عین حال قدرت طراحی اجزای جدید، با استفاده از کنترل خودآرایی مولکولی، روز به روز در حال پیشرفت است؛ هرچند ایجاد ساختارهای دلخواه سه‌بُعدی در این روش‌ها و روش‌های مشابه، محدود به چیدن لایه‌به‌لایه آنها می‌شود. به‌تازگی لیتوگرافی‌های با لایه‌نشانی توسط لیزر ساخته شده‌اند که در واقع موادی مصنوعی به حساب می‌آیند که قبلاً وجود نداشته‌اند. در یکی از جدیدترین دستاوردها، یک گروه هلندی با چیدن یک در میان لایه‌های اتمی از یک نارسانا و یک فلز ضعیف، موفق به مشاهده خصیت ابررسانایی شده است.
ریچارد فاینمن توانسته است به نحوی شگفت‌انگیز بیشتر حوزه‌های فعالیت دانشمندان امروزی علوم نانو را در سخنرانی خود معرفی کند. آن‌هم زمانی که هنوز فعالیت چشمگیری در این رشته شروع نشده بود. او

این کار را به دور از توهم‌سازی و کاملاً حساب‌شده انجام داد. امروز به‌خوبی می‌دانیم اهدافی که او 45 سال پیش مطرح کرد، یا به دست آمده‌اند یا در آینده نزدیک به وقوع خواهند پیوست. اینها همه نشان از پختگی و شهود قوی این فیزیکدان برجسته و رهبر علمی دارد.