

یک نانومتر یک میلیاردم متر (10^{-9} m) است. این مقدار حدوداً چهار برابر قطر یک اتم است. مکعبی با ابعاد ۲,۵ نانومتر ممکن است حدود ۱۰۰۰ اتم را شامل شود. کوچکترین آی سیهای امروزی با ابعادی در حدود ۲۵۰ نانومتر در هر لایه به ارتفاع یک اتم، حدود یک میلیون اتم را در بردارند. در مقایسه یک جسم نانومتری با اندازه‌ای حدود ۱۰ نانومتر، هزار برابر کوچکتر از قطر یک موی انسان است.

امکان مهندسی در مقیاس مولکولی برای اولین بار توسط ریچارد فاینمن (R.Feynman)، برنده جایزه نوبل فیزیک مطرح شد. فاینمن طی یک سخنرانی در انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا در سال ۱۹۵۹ اشاره کرد که اصول و مبانی فیزیک امکان ساخت اتم به اتم چیزها را رد نمی‌کند. وی اظهار داشت که می‌توان با استفاده از ماشینهای کوچک ماشینهایی به مراتب کوچکتر ساخت و سپس این کاهش ابعاد را تا سطح خود اتم ادامه داد.

همین عبارتهای افسانه وار فاینمن راهگشای یکی از جذابترین زمینه‌های نانو تکنولوژی یعنی ساخت روباتهایی در مقیاس نانو شد. در واقع تصور در اختیار داشتن لشکری از نانو ماشینهایی در ابعاد میکروب که هر کدام تحت فرمان یک پردازنده مرکزی هستند، هر دانشمندی را به وجد می‌آورد. در رویای دانشمندانی مثل جی استورس هال (J.Storrs Hall) و اریک درکسلر (E.Drexler) این روباتها یا ماشینهای مونتاژکن کوچک تحت فرمان پردازنده مرکزی به هر شکل دلخواهی در می‌آیند. شاید در آینده‌ای نه چندان دور بتوانید به کمک اجرای برنامه‌ای در کامپیوتر، تخت خوابتان را تبدیل به اتومبیل کنید و با آن به محل کارتان بروید.

چرا این مقیاس طول اینقدر مهم است؟

خواص موجی شکل (مکانیک کوانتومی) الکترونها داخل ماده و اثر متقابل آنها با یکدیگر از جابجایی مواد در مقیاس نانومتر اثر می‌پذیرند. با تولید ساختارهایی در مقیاس نانومتر، امکان کنترل خواص ذاتی مواد از جمله دمای ذوب، خواص مغناطیسی، ظرفیت بار و حتی رنگ مواد بدون تغییر در ترکیب شیمیایی بوجود می‌آید. استفاده از این پتانسیل به محصولات و تکنولوژیهای جدیدی با کارایی بالا منتهی می‌شود که پیش از این میسر نبود.

نظام سیستماتیک ماده در مقیاس نانومتری، کلیدی برای سیستمهای بیولوژیکی است. نانو تکنولوژی به ما اجازه می‌دهد تا اجزاء و ترکیبات را داخل سلولها قرار داده و مواد جدیدی را با استفاده از روشهای جدید خود_اسمبلی بسازیم. در روش خود_اسمبلی به هیچ روبات یا ابزار دیگری برای سرهم کردن اجزاء نیازی نیست. این ترکیب پر قدرت علم مواد و بیوتکنولوژی به فرآیندها و صنایع جدیدی منتهی خواهد شد.

ساختارهایی در مقیاس نانو مانند نانو ذرات و نانولایه‌ها دارای نسبت سطح به حجم بالایی هستند که آنها را برای استفاده در مواد کامپوزیت، واکنشهای شیمیایی، تهیه دارو و ذخیره انرژی ایده‌آل می‌سازد. سرامیکهای نانو ساختاری غالباً سخت تر و غیرشکننده تر از مشابه مقیاس میکرونی خود هستند. کاتالیزورهای

مقیاس نانو راندمان واکنشهای شیمیایی و احتراق را افزایش داده و به میزان چشمگیری از مواد زائد و آلودگی آن کم می‌کنند. وسایل الکترونیکی جدید، مدارهای کوچکتر و سریعتر و ... با مصرف خیلی کمتر می‌توانند با کنترل واکنشها در نانساختار بطور همزمان بدست آیند. اینها تنها اندکی از فواید و مزایای تهیه مواد در مقیاس نانومتر است .

منافع نانوتکنولوژی چیست؟

مفهوم جدید نانوتکنولوژی آنقدر گسترده و ناشناخته است که ممکن است روی علم و تکنولوژی در مسیرهای غیرقابل پیش بینی تأثیر بگذارد. محصولات موجود نانوتکنولوژی عبارتند از :لاستیکهای مقاوم در برابر سایش که از ترکیب ذرات خاک رس با پلیمرها بدست آمده‌اند، شیشه‌هایی که خودبه خود تمیز می‌شوند، مواد دارویی که در مقیاس نانو ذرات درست شده‌اند، ذرات مغناطیسی باهوش برای پمپهای مکنده و روان سازها ، هد دیسکهای لیزری و مغناطیسی که با کنترل دقیق ضخامت لایه‌ها از کیفیت بالاتری برخوردارند، چاپگرهای عالی با استفاده از نانو ذرات با بهترین خواص جوهر و رنگ دانه و ...

قابلیتهای محتمل تکنیکی نانوتکنولوژی

محصولات خود_اسمبل

کامپیوترهایی با سرعت میلیاردها برابر کامپیوترهای امروزی

اختراعات بسیار جدید (که امروزه ناممکن است)

سفرهای فضایی امن و مقرون به صرفه

نانوتکنولوژی پزشکی که در واقع باعث ختم تقریبی بیماریها ، سالخوردگی و مرگ و میر خواهد شد .

دستیابی به تحصیلات عالی برای همه بچه‌های دنیا

احیاء و سازماندهی اراضی

برخی کاربردها

مدلسازی مولکولی و نانوتکنولوژی

در سازمان دهی و دستکاری مواد در مقیاس نانو ، لازم است تمامی ابزار موجود جهت افزایش کارایی مواد و وسایل بکار گرفته شود. یکی از این ابزار ، شیمی تحلیلی ، خصوصا مدل سازی مولکولی و شبیه سازی است. امروزه ابزار تحقیقاتی فراگیری مانند روشهای شیمی تحلیلی مزیت‌های فراوانی نسبت به روشهای تجربی دارند .می‌هیل یورکاز شرکت Continental Tire North America می‌گوید: "روشهای تجربی مستلزم بهره‌گیری از نیروی انسانی ، شیمیایی ، تجهیزات ، انرژی و زمان است. شیمی تحلیلی این امکان را برای هر فرد مهیا می‌سازد که فعالیتهای شیمیایی چندگانه‌ای را در ۲۴ ساعت شبانه روز انجام دهد. شیمیدانها می‌توانند با انجام آزمایشها توسط رایانه ، احتمال فعالیتهای غیرمؤثر را از بین ببرند و گستره احتمالی موفقیت‌های آزمایشگاهی را وسعت دهند .

نتیجه نهایی این امر ، کاهش اساسی در هزینه‌های آزمایشگاهی (مانند مواد ، انرژی ، تجهیزات) و زمان است." از طرف دیگر ، در شیمی تحلیلی سرمایه گذاری اولیه جهت تهیه نرم‌افزار و هزینه‌های وابسته از جمله سخت‌افزار جدید ، آموزش و تغییرات پرسنل بسیار بالا خواهد بود. ولی با بکارگیری هوشمندانه این ابزار می‌توان هر یک از هزینه‌های اولیه را نه تنها از طریق صرفه‌جویی در هزینه آزمایشگاه بلکه بوسیله فراهم نمودن دانشی که منجر به بهینه سازی فرآیندها و عملکردها می‌شود، جبران ساخت .

این موضوع برای شیمیدانها بسیار مناسب است، ولی روشهای شبیه‌سازی چطور می‌توانند برای نانو تکنولوژیستها مفید واقع شود؟ محدودیتهای آزمایشگر در مقیاس نانو ، زمانی آشکار می‌شود که شگفتی جهان دانشمندان نظری وارد عمل می‌شود. در اینجا هنگامی که دانشمندان قصد قرار دادن هر یک از اتمها را در محل مورد نظر دارند قوانین کوانتوم وارد صحنه می‌شود. پیش‌بینی رفتار و خواص در محدوده‌ای از ابعاد برای نانو تکنولوژیستها حیاتی است .

مدل سازی رایانه‌ای با بکارگیری قوانین اولیه مکانیک کوانتوم و یا شبیه‌سازیهای مقیاس میانی ، دانشمندان را به مشاهده و پیش‌بینی رفتار در مقیاس نانو و یا حدود آن قادر می‌سازد . مدل‌های مقیاس میانی با بکارگیری واحدهای اصلی بزرگتر از مدل‌های مولکولی که نیازمند جزئیات اتمی است، به ارائه خواص جامدات ، مایعات و گازها می‌پردازند. روشهای مقیاس میانی در مقیاسهای طولی و زمانی بزرگتری نسبت به شبیه سازی مولکولی عمل می‌کنند . می‌توان این روشها را برای مطالعه مایعات پیچیده ، مخلوطهای پلیمر و مواد ساخته شده در مقیاس نانو و میکرو بکار برد .

مدل سازی خاک رس

محققین دانشگاه لندن در انگلستان و دانشگاه Paris Sud در فرانسه ، شبیه‌سازیهای بر اساس مکانیک کوانتوم برای مطالعه و کامپوزیتهای خاک رس-پلیمر بکار برده‌اند. امروزه این ترکیبات یکی از موفق‌ترین مواد نانو تکنولوژی هستند، زیرا بطور همزمان مقاومت بالا و شکل‌پذیری از خود نشان می‌دهند؛ خواصی که معمولاً در یکجا جمع نمی‌شوند. نانو کامپوزیتهای پلیمر-خاک رس می‌توانند با پلیمریزاسیون در جا تهیه شوند؛ فرآیندی که شامل مخلوط کردن مکانیکی خاک معدنی با مونومر مورد نیاز است. بنابراین مونومر در لایه درونی جای گذاری می‌شود (خودش را در لایه‌های درون ورقه‌های سفال جای می‌دهد (و تورق کل ساختار را افزایش می‌دهد. پلیمریزاسیون ادامه می‌یابد تا سبب پیدایش مواد پلیمری خطی و همبسته گردد. دانشمندان با بکارگیری (Castep یک برنامه مکانیک کوانتوم که نظریه کارکردی چگالی را بکار می‌گیرد) تحول کشف شده در این روش را که پلیمریزاسیون میان گذار خود کاتالیست نامیده می‌شود مطالعه کردند. این پروژه ، دانشی نظری در زمینه ساز و کار این فرآیند جدید را بوسیله مشخص کردن نقش سفال در کامپوزیت فراهم نمود. ضروری است که دانش حاصل از شبیه‌سازیها ، جهت کنترل و مهندسی نمودن فعل و انفعالات پلیمر-سیلیکات به کمک دانشمندان آید

دانشمندان در شرکت BASF شبیه سازیهای مقیاس میانی را برای بررسی علم و رفتار ریزوارها بکار بردند. ریزوارها ذراتی کروی شکل با ابعاد نانو هستند که به صورت خود به خود در محلولهای کopolymer ایجاد می شوند و در زمینه هایی مانند سنسورها و وسایل آرایشی و دارو رسانی کاربرد دارند. دانشمندان BASF با بکار گیری esodyn ، یک ابزار شبیه سازی برای پیش بینی ساختارهای مقیاس میانی مواد متراکم محلولهای تغلیظ شده کopolymerهای آمفی فیلک را بررسی کردند .

شبیه سازیها مشخص نمود که کدام شرایط مولکولی و فرمولی به شکل گیری " ریزوارهای معکوس " مانند نانو ذرات آب در یک محیط فعال منتهی می شود. چنین نتایجی برای درک رفتار عوامل فعال سطحی ضروری هستند. به کمک روشهایی مانند پرتاب محلول در آزمایشگاه می توان به نتایجی در این زمینه دست یافت، اما دستیابی به این نتایج ماهها به طول می انجامد، درحالی که آزمایشهای شبیه سازی شده تنها طی چند روز نتیجه می دهند .

محدودیت های این روشها چیست؟

در حالیکه امروزه ابزار مدلسازی در سطح کوانتومی و مقیاس میانی به خوبی توسعه یافته اند، همچنان محدودیتهایی در این عرصه وجود دارد. برای مثال کاربردهایی در زمینه وسایل الکترونیک مستلزم انجام محاسبات مکانیک کوانتوم برای تعداد اتمهایی بیش از روشهای حاضر می باشد که بیش از توان عملیاتی منابع محاسبه گر فعلی است. همچنین مدلسازی کل وسایل امکان پذیر نیست، بویژه عملکردها و خواص آنها. یک نانومتر یک میلیارد متر (۹-۱۰ m) است. این مقدار حدودا چهار برابر قطر یک اتم است. مکعبی با ابعاد ۲,۵ نانومتر ممکن است حدود ۱۰۰۰ اتم را شامل شود. کوچکترین آی سیهای امروزی با ابعادی در حدود ۲۵۰ نانومتر در هر لایه به ارتفاع یک اتم ، حدود یک میلیون اتم را در بردارند. در مقایسه یک جسم نانومتری با اندازه ای حدود ۱۰ نانومتر ، هزار برابر کوچکتر از قطر یک موی انسان است .

امکان مهندسی در مقیاس مولکولی برای اولین بار توسط ریچارد فاینمن (R.Feynman) ، برنده جایزه نوبل فیزیک مطرح شد. فاینمن طی یک سخنرانی در انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا در سال ۱۹۵۹ اشاره کرد که اصول و مبانی فیزیک امکان ساخت اتم به اتم چیزها را رد نمی کند. وی اظهار داشت که می توان با استفاده از ماشینهای کوچک ماشینهایی به مراتب کوچکتر ساخت و سپس این کاهش ابعاد را تا سطح خود اتم ادامه داد .

همین عبارتهای افسانه وار فاینمن راهگشای یکی از جذابترین زمینه های نانو تکنولوژی یعنی ساخت روباتهایی در مقیاس نانو شد. در واقع تصور در اختیار داشتن لشکری از نانو ماشینهایی در ابعاد میکروب که هر کدام تحت فرمان یک پردازنده مرکزی هستند، هر دانشمندی را به وجد می آورد. در رویای دانشمندانی مثل جی استورس هال (J.Storrs Hall) و اریک درکسلر (E.Drexler) این روباتها یا ماشینهای مونتاژکن

کوچک تحت فرمان پردازنده مرکزی به هر شکل دلخواهی در می‌آیند. شاید در آینده‌ای نه چندان دور بتوانید به کمک اجرای برنامه‌ای در کامپیوتر، تخت خوابتان را تبدیل به اتومبیل کنید و با آن به محل کارتان بروید.