

بخش ۳: اهمیت مقیاس نانو در چیست؟

نویسنده: بهنام غفاری

مقدمه:

این روزها نام نانو بسیار شنیده می‌شود: علوم و فناوری نانو، دانشمندان نانو، سمینار نانو، کارگاه نانو، کتاب نانو و چرا این «نانو»ی بسیار کوچک این قدر مهم شده و نامش بر سر زبان‌ها افتاده است؟ دلایل بسیاری برای اهمیت علم و فناوری نانو وجود دارد. همان گونه که تا به اینجا فهمیده‌ایم، خواص مواد همانند انرژی آنها در مقیاس نانو نسبت به حالت بزرگ مقیاس آنها تغییر می‌کند. این در حالی است که کوچک کردن ذرات یک تغییر فیزیکی است و انتظار نمی‌رود که با این تغییر فیزیکی، ویژگی‌های اصلی ماده تغییر کند. این امر سبب گردیده مقیاس نانو بیش از سایر مقیاس‌ها مورد توجه قرار گیرد. خواصی مانند هدایت الکتریکی، رنگ، استحکام مکانیکی و حتی وزن می‌توانند در مقیاس نانو تغییر کنند. به عنوان مثال خاصیت رسانایی فلزات کاملاً شناخته شده است. با این حال فلزات می‌توانند در مقیاس نانو نیمه‌رسانا و یا حتی عایق شوند.

به غیر از تغییر خواص مواد، ویژگی‌های جالب توجه دیگری نیز در نانو ساختارها وجود دارد. چنانچه نانومواد را می‌توان به صورت اتم به اتم و با شکل و ساختار دلخواه تولید کرد. همچنین نانومواد نسبت سطح به حجم بسیار بیشتری در مقایسه با مواد توده‌ای دارند. این خاصیت بسیار مهمی است که در تمامی فرآیندهایی که بر روی سطح مواد رخ می‌دهد (همانند واکنش‌پذیری) اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. پس اینگونه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نانو تنها به معنی هزار برابر کوچک‌تر از میکرو نیست. همچنین فناوری نانو نیز تنها امتداد فناوری میکرو به یک مقیاس کوچک‌تر نمی‌باشد. فناوری نانو یک الگوی کاملاً جدید است که فرصت‌های بسیاری را برای علم محیا می‌کند. موضوع این بخش آشنایی بیشتر شما با مثال‌هایی از تغییر خواص مواد در مقیاس نانومتری است و با دیگر ویژگی‌های جالب نانومواد در بخش‌های آینده آشنا خواهید شد.

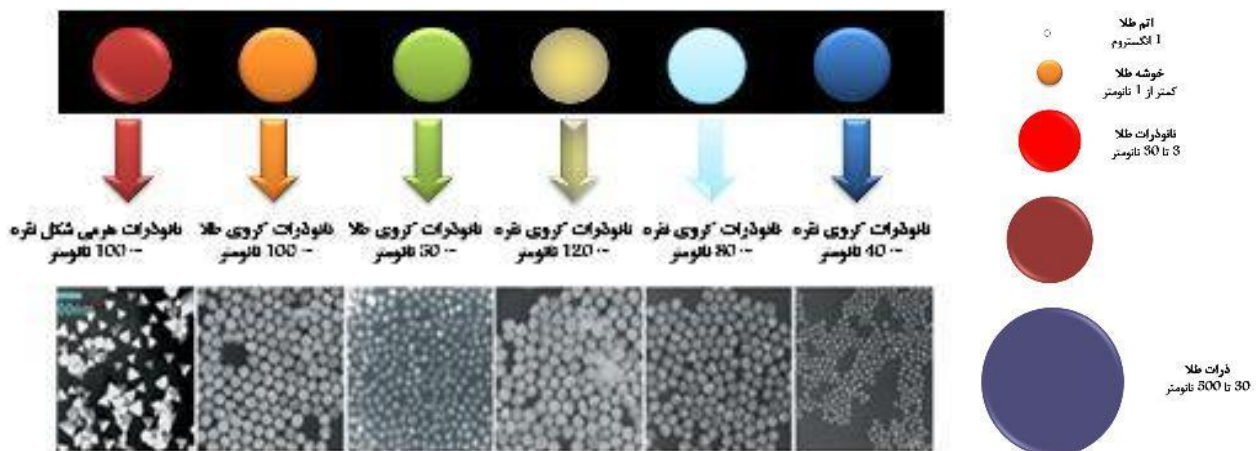
۱- تغییر خواص مواد در مقیاس نانو

خواص مواد را می‌توان به دو بخش خواص فیزیکی و خواص شیمیایی تقسیم‌بندی کرد. رنگ، شفافیت، خواص الکتریکی، خواص مغناطیسی، سختی، حلالیت، نقطه ذوب و ... ویژگی‌هایی هستند که با نام خواص فیزیکی شناخته می‌شوند. سرعت واکنش، واکنش‌پذیری و ... نیز از جمله خواص شیمیایی هستند. تجربه چند هزار ساله زندگی انسان به او نشان داده که در شرایط عادی، ویژگی‌های یک ماده خاص تا حد قابل قبولی ثابت است و به این دلیل است که می‌توان مواد را از روی خواصشان شناسایی کرد. حال می‌خواهیم به صورت خلاصه به برخی

از تغییر خواص مواد در مقیاس نانومتری نگاهی انداخته تا بیشتر با چشم اندازه‌های جهان علم و فناوری نانو آشنا شویم! حتما به چرایی این تغییرات فکر کنید. در جلسات آینده به دلایل این تغییرات خواص مقیاس نانو خواهیم پرداخت.

1-1 - تغییر رنگ

حتما بارها خرده‌های 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 نانو صادق نیست. یعنی موادی وجود دارند که رنگ ذرات چند نانومتری آنها، با رنگ ذرات بزرگ‌ترشان متفاوت است. طلا و نقره شناخته‌شده‌ترین نمونه‌های این مواد هستند. شکل ۱ نمودار تغییرات رنگ ذرات طلا را بر حسب اندازه آنها نشان می‌دهد. این پدیده در دنیای ماکرومقیاس ما یک اتفاق غیرمعمول است اما از آن غیرعادی‌تر این است که نانوذرات نقره با تغییر شکل هندسی هم تغییر رنگ می‌دهند. (شکل ۲) رنگ ذرات نقره و طلا را در شکل‌های هندسی مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۱: رنگ ذرات طلا در اندازه‌های مختلف

شکل ۲: رنگ نانوذرات نقره و طلا در هندسه‌های مختلف بر حسب اندازه

شفافیت، یک خاصیت فیزیکی است و نشان‌دهنده میزان توانایی یک ماده در عبود دادن نور مرئی از خود است. یک پرتو نور در برخورد با سطح ماده می‌تواند از آن عبور کند، جذب آن گردد یا بازتاب شود. اگر ماده‌ای پرتوهای نور را جذب کند و یا آنها را بازتاباند، نور را مسدود کرده است. مواد مختلف بسته به عملکردشان در برابر تابش نور، می‌تواند کاربردهای فراوانی داشته باشد. به عنوان مثال اکسید روی و اکسید تیتانیوم نور ماورای بنفش را کاملا جذب می‌کنند و نور مرئی را بازتاب می‌کنند. این مواد که به رنگ سفید دیده می‌شوند، گزینه‌های بسیار مناسبی برای کرم‌های ضد آفتاب هستند. البته افراد بسیاری رنگ سفیدی را که این کرم‌ها بر روی پوست ایجاد می‌کنند، دوست ندارند. خوشبختانه این مشکل را می‌توان با کوچک کردن اندازه ذرات این مواد حل کرد (شکل ۳ را ببینید).

نانوذرات اکسید روی و اکسید تیتانیوم، با وجود اینکه نور ماورای بنفش را کاملا جذب می‌کنند، اما برخلاف ذرات بزرگ‌تر کاملا شفاف هستند. این امر ناشی از آن است که اندازه نانوذرات اکسید روی و اکسید تیتانیوم کوچک‌تر از طول موج نور مرئی (۴۰۰-۷۰۰ نانومتر) است و از این رو لایه تشکیل شده از نانوذرات توانایی عبور نور مرئی را دارند.



شکل ۳: تغییر رنگ ذرات اکسید تیتانیوم بر حسب اندازه

۱-۳- تغییر خواص مغناطیسی

کمی براده آهن را در یک لیوان آب حل کنید و آن را خوب 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 نانومتری آهن (یا کبالت) تکرار کنید، نتیجه متفاوت خواهد بود.

سیال مغناطیسی مایعی است متشکل از نانوذرات فرومغناطیس (مانند آهن و کبالت) که در آب یا یک حلال آلی معلق شده‌اند. این مایع در حضور یک آهن‌ربا (یک میدان مغناطیسی) خاصیت مغناطیسی بسیار قوی از خود نشان می‌دهد، به نحوی که با حرکت آهن‌ربا در اطراف این مایع می‌توان آن را به شکل‌های سه‌بعدی زیبایی درآورد. البته این سیال تا زمانی از خود چنین خاصیتی نشان می‌دهد که ذرات نانومتری آن (تحت نیروهای بین مولکولی) به یکدیگر نچسبند.

۱-۴- تغییر واکنش‌پذیری

خواص شیمیایی یک ماده، خواصی هستند که به طور مستقل نمی‌توان آنها را اندازه‌گیری کرد. به این معنا که مقدار یک کمیت شیمیایی در طی واکنش و برهم‌کنش یک ماده با مواد دیگر مشخص می‌شود. واکنش‌پذیری یا تمایل یک ماده برای واکنش با سایر مواد، از جمله مهم‌ترین خواص شیمیایی است. حتماً صحنه شعله‌ور شدن سدیم، لیتیم یا پتاسیم را در تماس با آب دیده‌اید. همه اینها عناصری هستند که به شدت واکنش‌پذیرند. تا آنجا که نمی‌توان آنها را مانند سایر عناصر در تماس با هوا نگه داشت. اما در مقابل با انداختن یک انگشتر طلا در یک لیوان آب اتفاقی نمی‌افتد و یا پنجره‌های آلومینیومی بدون هرگونه مشکلی در مجاورت هوا استفاده می‌شوند (البته این به مدد لایه مقاوم اکسیدی است که بر روی سطح آلومینیوم تشکیل می‌شود). اما همین مواد در مقیاس نانومتر رفتار متفاوتی از خود نشان می‌دهند.

واکنش‌پذیری مواد در مقیاس نانومتر افزایش چشم‌گیری پیدا می‌کند. در این مقیاس ذرات طلا نه تنها واکنش‌پذیری بالایی دارند، بلکه برای افزایش سرعت واکنش مواد دیگر (به عنوان کاتالیزگر) نیز استفاده می‌شوند. نانوذرات 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 فراهم کرده است. تا آنجا که

پیش‌بینی می‌شود بتوان با استفاده از نانوکاتالیزگرها واکنش‌های بازگشت‌ناپذیر بسیاری را (مانند تشکیل گازهای

سمی NO و CO) در دما و فشار محیط برگشت‌پذیر کرد.

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 خاصیت فیزیکی و شیمیایی شناخته شده دیگر نیز در این مقیاس تغییر می‌کنند. گویا دیگر نمی‌توان بدون در نظر گرفتن اندازه ذرات یک ماده، آن را از روی خواصش شناسایی کرد. برخی برای حل این مشکل پیشنهاد داده‌اند که یک بُعد دیگر به جدول تناوبی مندلیف اضافه شود. بدین معنی که برای مشخص کردن خواص یک عنصر، علاوه بر اینکه باید نام آن عنصر و جایگاه آن را در جدول مندلیف مشخص کرد، لازم است که معلوم شود خواص عنصر در چه ابعادی مورد نظر است.

در انتهای این بخش می‌خواهیم توجه شما را به این نکته جلب کنیم که آیا قبل از بشر قرن بیستم، اثری از نانوساختارها و خواص ویژه آنها وجود نداشته است؟ آیا در طبیعت نیز نانوساختارها وجود دارند؟ در بخش آینده شما را با اولین مهندس فناوری نانو آشنا می‌کنیم!

منبع:

مجموعه مقالات سایت باشگاه نانو