آیا می‌دانید که...

رازشگفتی درمقیاس نانو

چرا در ابعاد نانو، خواص تغییر می‌کنند؟

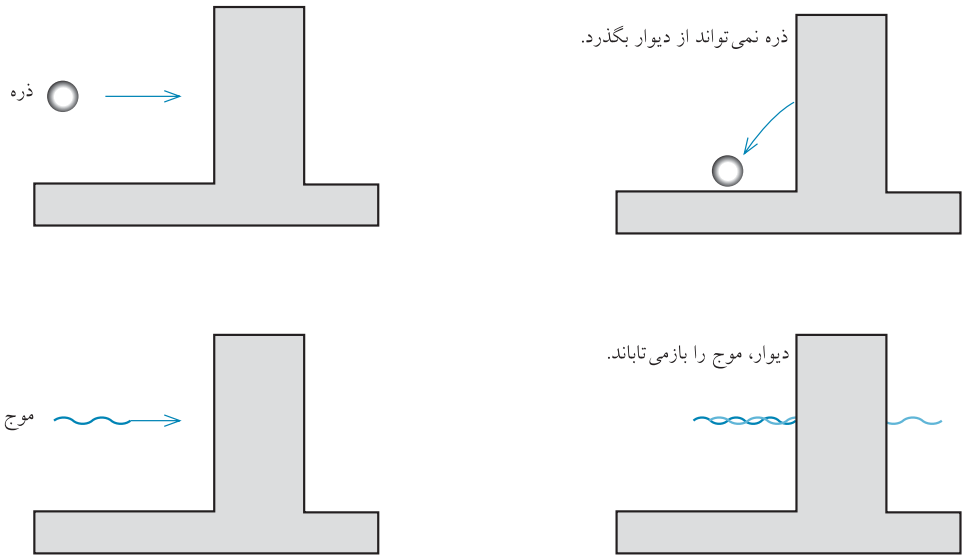
اشکان کریمی

امروزه عنوان «فناوری نانو» را در عرصه‌های مختلف علمی بسیار می‌شنویم و هر روز از پیشرفت‌های شگفت‌آوری که به یاری این دانش میان رشته‌ای صورت گرفته است باخبر می‌شویم. آنچه این فناوری را تا این اندازه در خلق دستاوردهای شگفت‌انگیز مطرح کرده، تغییر بسیاری از خواص مواد در ابعاد نانومتری (۱nm-۱۰۰nm) آنهاست. در اصل، فناوری نانو، فهم و به‌کارگیری خواص جدیدی از مواد و سامانه‌هایی در ابعاد یاد شده است که اثرهای فیزیکی و شیمیایی متفاوتی نسبت به ابعاد بزرگ‌تر از خود نشان می‌دهند. در ادامه، به علت‌های تغییر خواص مواد در ابعاد نانو، می‌پردازیم.

تغییر واکنش‌پذیری

طلا و پلاتین دو فلز نجیب هستند که از واکنش‌پذیری بسیار ناچیزی برخوردارند. اما همین دو عنصر، به اندازه‌ای در ابعاد نانومتری واکنش‌پذیر می‌شوند که از آنها می‌توان به عنوان کاتالیزگر بهره برد. همچنین آلومینیم که در ابعاد عادی واکنش‌پذیری چندان بالایی ندارد، در حالت نانومتری در هوا شعله‌ور می‌شود، بنابراین از آن در سوخت موشک استفاده می‌شود. دلیل این افزایش در واکنش‌پذیری چیست؟

نخستین علت را باید در قوانین مکانیک کوانتومی جست‌وجو کرد. ابعاد نانومتری تقریباً مرز میان دو محدوده است که در یکی قوانین نیوتونی، و در دیگری قوانین کوانتومی حکومت می‌کند. از همین‌رو، در بیشتر پدیده‌های مربوط به مقیاس نانو، قوانین فیزیک کلاسیک کارایی لازم را ندارند بلکه از مبانی فیزیک کوانتومی پیروی می‌کنند. چنانکه می‌دانیم، در واکنش‌هایی که در مقیاس عادی رخ می‌دهند، برای تولید فراورده‌ها، واکنش‌دهنده باید سدّ انرژی فعال‌سازی را پشت سر بگذارد. این مسئله باعث می‌شود که بسیاری از واکنش‌ها در دما و فشار عادی روی ندهند یا به کندی انجام شوند. این مسئله در مقیاس نانو شکل دیگری به خود می‌گیرد. در مکانیک کوانتومی، الکترونی که انرژی کافی ندارد، می‌تواند از این سدّ انرژی گذر کند. این اثر که به عنوان اثر تونلی معروف است، با تکیه بر خصلت موجی ـ ذره‌ای الکترون و با این فرض توضیح داده می‌شود که الکترون‌ها در فضا، مکان مطمئنی ندارند؛ بلکه موقعیت آنها براساس احتمال بیان می‌شود. به این ترتیب، الکترون می‌تواند از سدّ انرژی عبور کند و برای این عبور، داخل سدّ انرژی تونل می‌زند، شکل ۱. پس در مقیاس نانو، بسیاری از واکنش‌هایی که انرژی لازم برای گذر از تپهٔ انرژی را ندارند، می‌توانند انجام شوند و بدین صورت است که واکنش‌پذیری در ابعاد نانو افزایش می‌یابد.



شکل ۱: اثر تونلی

علت دوم افزایش واکنش‌پذیری، در افزایش مساحت کل نهفته است. یک مکعب به ضلع یک متر را تصور کنید. مساحت کل این مکعب $6m^2$ است:

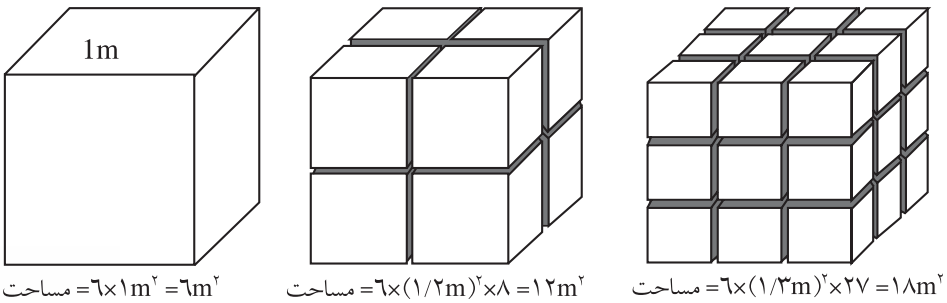
مترمربع ۶=۶×(۱×۱)=۶× مساحت یک وجه = مساحت کل مکعب

حال اگر این مکعب را از هر ضلع به دو قسمت تقسیم کنیم، ۸ مکعب جدید به ضلع ۰/۵ متر به‌دست می‌آید که مجموع مساحت کل آنها برابر $12m^2$ است:

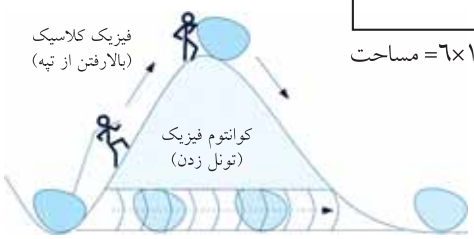
مترمربع ۱۲=۸×(۶×۰/۵×۰/۵)=مساحت کل مجموع ۸ مکعب حاصل شده

دلیل این افزایش این است که در مکعب‌های ثانویه، وجه‌هایی وجود دارند که درون مکعب اولیه جای داشتند، شکل ۲. این مطلب را، در مورد مواد و عناصر، می‌توان چنین بسط داد که هرچه ذره‌ای به ذره‌های کوچک‌تر تقسیم شود، مساحت کل و سطح تماس آن با محیط، افزایش می‌یابد. بدیهی است که هرچه سطح تماس ذره بیشتر باشد، واکنش‌پذیری بیشتری نیز خواهد داشت.

هرچه ذره‌ای به ذره‌های کوچک‌تر تقسیم شود، مساحت کل و سطح تماس آن با محیط، افزایش می‌یابد



شکل ۲



افزایش واکنش‌پذیری مواد در مقیاس نانو، امکان ساخت کاتالیزگرهای بسیار قوی را فراهم کرده است، تا آنجا که پیش‌بینی می‌شود بتوان با استفاده از نانو کاتالیزگرها، واکنش‌های بازگشت‌ناپذیر بسیاری را ـ مانند تشکیل گازهای سمی NO و CO ـ در دما و

فشار محیط برگشت‌پذیر کرد.

تغییر خواص مغناطیسی

اگر مقداری برادهٔ آهن را در یک لیوان آب بریزیم و پیش از آنکه براده‌ها ته‌نشین شوند، یک آهن‌ربا را به لیوان نزدیک کنیم، مشاهده می‌شود که ذره‌های براده جذب آهن‌ربا می‌شوند. ولی تکرار همین آزمایش با ذرات نانومتری آهن (یا کبالت) نتیجهٔ متفاوتی را در پی دارد.

سیال مغناطیسی یا فرو فلوئید، مایعی متشکل از نانو ذره‌های فرومغناطیس است که در یک حلال آبی یا آلی، شناورند. این مایع در حضور یک میدان مغناطیسی، خاصیت مغناطیسی بسیار قوی از خود نشان می‌دهد، به گونه‌ای که با حرکت آهن‌ربا در اطراف این مایع، می‌توان آن را به شکل‌های سه بعدی زیبایی درآورد؛ شکل ۳. البته این سیال تا زمانی از خود چنین خاصیتی نشان می‌دهد که ذره‌های نانومتری آن، در اثر نیروهای بین مولکولی به یکدیگر نچسبند. اما چرا خاصیت مغناطیسی در مقیاس نانو، به این ترتیب تغییر می‌کند؟

هر ماده، توده‌ای فرومغناطیس با حوزه‌های مغناطیسی است که هر یک، حاوی هزاران اتم هستند. در یک حوزهٔ مغناطیسی جهت چرخش الکترون‌ها یکسان است، اما حوزه‌های مغناطیسی متفاوت، جهت‌های چرخش متفاوتی دارند. تغییر فاز مغناطیسی وقتی روی می‌دهد که یک میدان مغناطیسی بزرگ، تمام حوزه‌های مغناطیسی را هم جهت کند. در مقیاس نانو، گشتاور مغناطیسی می‌تواند با جذب گرمای کمتر، تغییر جهت دهد. این پدیده، سبب می‌شود که در مقیاس نانو، مواد فُرومغناطیس به فرامغناطیس تبدیل شوند.

تغییر رنگ و شفافیت

وقتی شیشه‌ای بی‌رنگ شکسته می‌شود خرده‌های آن، مانند حالت اولیه‌اش، بی‌رنگ هستند. ولی این قاعده در ابعاد نانو صادق نیست. رنگ بسیاری از ذره‌های نانو، با رنگ آن ذره‌ها در مقیاس ماکرو تفاوت دارد. برای نمونه، نانو ذره‌های طلا و نانو ذرات مس بی‌رنگ هستند. همچنین، نانو ذره‌های تیتانیم اکسید شفافند و در نتیجه، کاربرد گسترده‌ای در تهیهٔ انواع کِرِم‌های بهداشتی و آرایشی یافته‌اند. می‌توان چنین نتیجه گرفت که اندازهٔ ذره‌ها تأثیر بسزایی در چگونگی عملکرد آنها دارد. در واقع اندازهٔ نانو ذره‌ها، کوچک‌تر از طول موج نور مرئی تابیده شده به آنهاست. از این‌رو توانایی بازتاب نور مرئی را ندارند و شفاف و بی‌رنگ به‌نظر می‌رسند.

این پدیده در دنیای ماکرو، غیرمعمول است اما از آن غیرعادی‌تر این است که نانو ذره‌های نقره، با تغییر شکل هندسی نیز تغییر رنگ می‌دهند. هرچه شکل‌های هندسی نانوذره‌ها منظم‌تر باشند جفت‌شدن آنها به هم افزایش می‌یابد و منجر به انحراف‌های بیشترِ نورِ تابیده شده به ذره‌ها، عبور کمتر نور و در نتیجه خواص نوری بهتر در آنها می‌شود. برای نمونه، نانو ذره‌های نقره در اندازهٔ ۴۰ نانومتر به رنگ آبی، در حدود ۱۰۰ نانو متر به رنگ سرخ، در حدود ۱۲۰ نانو متر زرد رنگ و بیشتر به شکل منشور هستند. اگر شکل نانو ذره‌ها از منشور و چندوجهی به حالت مسطح تغییر کند، نانو ذره‌ها کوچک‌تر شده، فاصلهٔ بین آنها و رنگشان تغییر می‌یابد. هرچه ساختار نانو ذره کشیده‌تر باشد، امواج نور را تشدید و آن را متمرکز می‌کند.

آنچه گفته شد تنها نمونه‌های محدودی از تغییر ویژگی‌های یک ماده در مقیاس نانو است. نقطهٔ ذوب، خواص گرمایی، خواص الکتریکی، خواص مکانیکی و ده‌ها خاصیت فیزیکی و شیمیایی شناخته شدهٔ دیگر نیز در این مقیاس تغییر می‌کنند. گویا دیگر نمی‌توان بدون در نظر گرفتن اندازهٔ ذره‌های یک ماده، آن را از روی خواصش شناسایی کرد. برخی، برای حل این مشکل پیشنهاد داده‌اند که یک بُعد دیگر به جدول تناوبی افزوده شود؛ بدین معنی که برای مشخص کردن خواص یک عنصر، لازم است که معلوم شود آن عنصر، در چه ابعادی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در مقیاس نانو، بسیاری از واکنش‌هایی که انرژی لازم برای گذر از تپهٔ انرژی را ندارند، می‌توانند انجام شوند و بدین صورت است که واکنش‌پذیری در ابعاد نانو افزایش می‌یابد

1.http://www.nano.ir/papers/attach/913/pdf
2.http://nano.ystp.ac.ir/c/portal
3.http://psdh.ir/home/ftopict-18.html
4.http://rasekhoon.net/article/show-106361.aspx
5.http://sunnano.mihanblog.com/post/21
6.http://www.nanoclub.ir/index.php/articles/show/177