





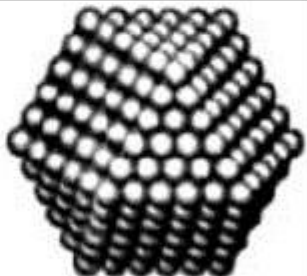

اهمیت سطح در دنیای نانو (۳)

هرچه اندازه ی ابعاد یک ماده کوچکتر می شود، نسبت سطح به حجم در آن افزایش می یابد و نسبت اتمهای سطحی به کل اتم ها بیشتر می شود. مثلا در خوشه های تک پوسته، نسبت اتمهای سطحی به کل اتمها ۹۲٪ است در حالیکه این نسبت در خوشه های هفت پوسته کم می شود و به ۳۵٪ می رسد! از آنجایی که اتمهای سطحی تعیین کننده ی خواص شیمیایی از جمله واکنش پذیری مواد هستند، می توان نتیجه گرفت تاثیر اتمهای سطحی در تعیین خواص مواد ، در ماده ای با ابعاد کوچکتر نسبت به مواد با ابعاد بزرگتر ، خیلی بیشتر و مشهود تر است.

در مقاله ی قبل آموختیم که راههایی برای افزایش سطح ماده و آوردن اتمهای آن از داخل حجم به سطح وجود دارد. هم چنین آموختیم که با افزایش سطح ماده، خواص آن تغییر می کند. درک این که چرا واکنش پذیری شیمیایی ماده با افزایش سطح آن بیش تر می شود، بسیار ساده است. اما این سوال پیش می آید که، چرا این موضوع در ابعاد نانومتری اهمیت بسیار بالایی پیدا کرده است و چرا خواص مختلف ماده در این ابعاد دست خوش تحولات زیادی می شود؟ چنانچه ماده ای با مقیاس چند ده متری را کوچکتر کرده و به ابعاد میلی متری برسانیم، هیچ تغییری در نقطه ی ذوب، رنگ و خواص مغناطیسی آن ایجاد نمی شود. اما این تغییر در هنگام کوچک تر کردن ماده تا ابعاد نانومتری دیده می شود.

کلید حل این مساله در این جاست که تعداد اتمهای سطحی در مواد با مقیاس های بزرگ تر از نانومتر، بسیار ناچیز است، اما با ورود به دنیای نانومتری، مقدار این اتمها نسبت به کل اتمهای ماده، بسیار زیاد می شود. برای بررسی دقیق تر و درک این موضوع، به جدول ۱ دقت کنید.

جدول ۱. درصد اتم‌های سطحی خوشه‌های اتمی با تعداد پوسته‌های متفاوت

تعداد پوسته‌های خوشه	شکل خوشه	تعداد اتم‌های سطحی	تعداد کل اتم‌ها	درصد اتم‌های سطحی
یک پوسته		12	13	92
دو پوسته		42	55	76
سه پوسته		92	147	63
چهار پوسته		162	309	62
پنج پوسته		252	561	45
هفت پوسته		492	1415	35

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 متراکم‌ترین 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 ۱.۵ nm می‌باشد. در حالت سه پوسته‌ای، و با قطر خوشه برابر با ۳.۵ nm، معادل ۶۳٪ اتم‌ها در سطح قرار گرفته‌اند. یعنی با افزایش اندازه‌ی ذرات از ۱.۵ nm به ۳.۵ nm، 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 nm) به حالت هفت پوسته‌ای (قطر خوشه برابر با ۵.۵ nm) 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 محاسبه‌ی 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 می‌توانند نقشی تعیین‌کننده 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.

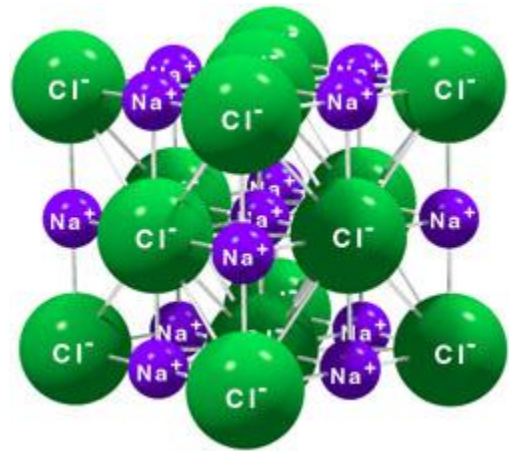
پرسش ۸: در مواد بزرگ‌تر از نانومتر، تعداد اتم‌های سطحی ماده ناچیز بوده و نقش آنها در تعیین خواص مواد نادیده گرفته می‌شد. اما با کاهش اندازه‌ی ذرات و افزایش نسبت اتم‌های سطحی، نقش آنها پررنگ‌تر شده و خواص مواد دچار دگرگونی می‌شود. سوالی که پیش می‌آید این است که: اتم‌های سطحی چه ویژگی‌های متفاوتی از اتم‌های 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 ماده‌ی 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 ۹: آیا عدد همسایگی یک اتم در تعیین خواص آن نقش دارد؟