چه چیزی خواص مواد را مشخص می‌کند؟

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،پیوندهای شیمیایی و ... اشاره می کنیم و برای فهم بهتر به مقایسه ی الماس و گرافیت می پردازیم . اما در قسمت دوم مقاله به ریز ساختار ها و دو مورد از انواع آن پرداخته و در همین راستا 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 تفاوت‌های 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 عناصر و تفاوت‌های موجود در عناصر داریم، شاید گمان کنیم که تفاوت‌های موجود در مواد مختلف، حاصل از تفاوت‌های عناصر تشکیل دهنده آنها است. با این تفکر، مواد تنها متاثر از تنوع عناصر تشکیل دهنده خود خواهند بود و تمامی ویژگی‌های رفتاری مواد با شناخت عناصر تشکیل دهنده آنها روشن خواهد شد. بر این اساس مشخص شدن عناصر 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؟

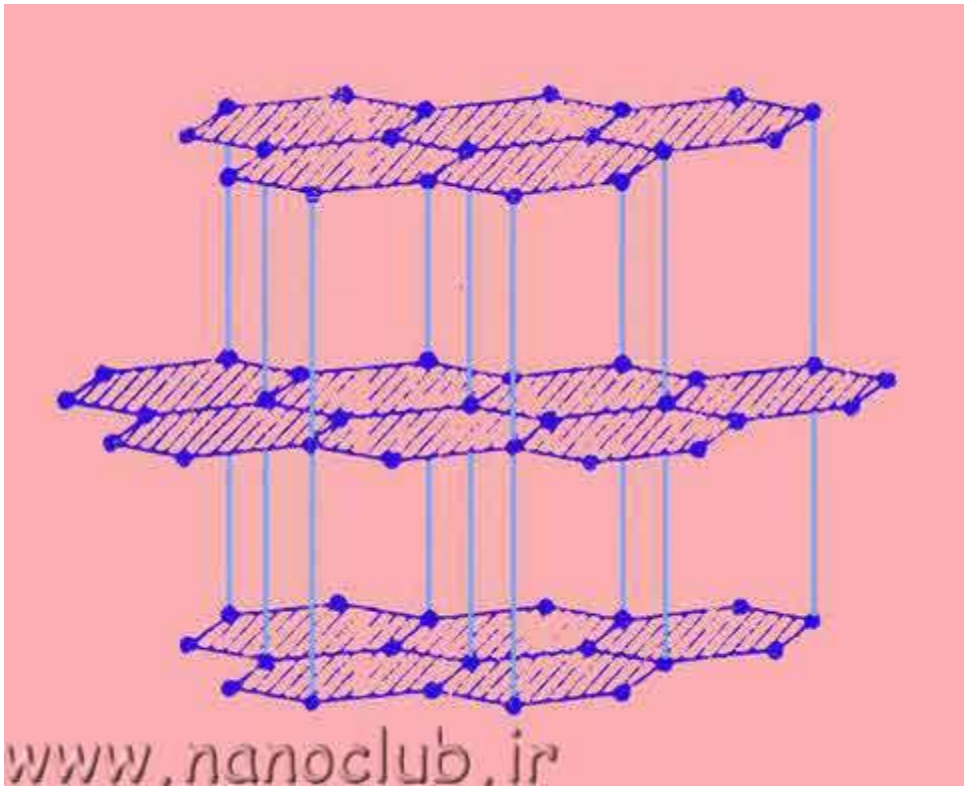
با کمی دقت و توجه به ترکیبات شیمیایی مواد پیرامون خویش در می‌یابیم که بسیاری از آنها با وجود این که در رفتار و خواص با یکدیگر بسیار متفاوتند، دارای عناصر تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی یکسان می‌باشند و برخی دیگراز مواد با داشتن عناصر تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی متفاوت با یکدیگر، دارای خواص و رفتار مشابهی هستند. پس چه چیزی بجز ترکیب شیمیایی موجب تفاوت در رفتار مواد می‌شود؟

برای جواب این سئوال لازم است که بیشتر با ساختار و ویژگی‌های مواد آشنا شویم.

ساختار مواد چیست؟

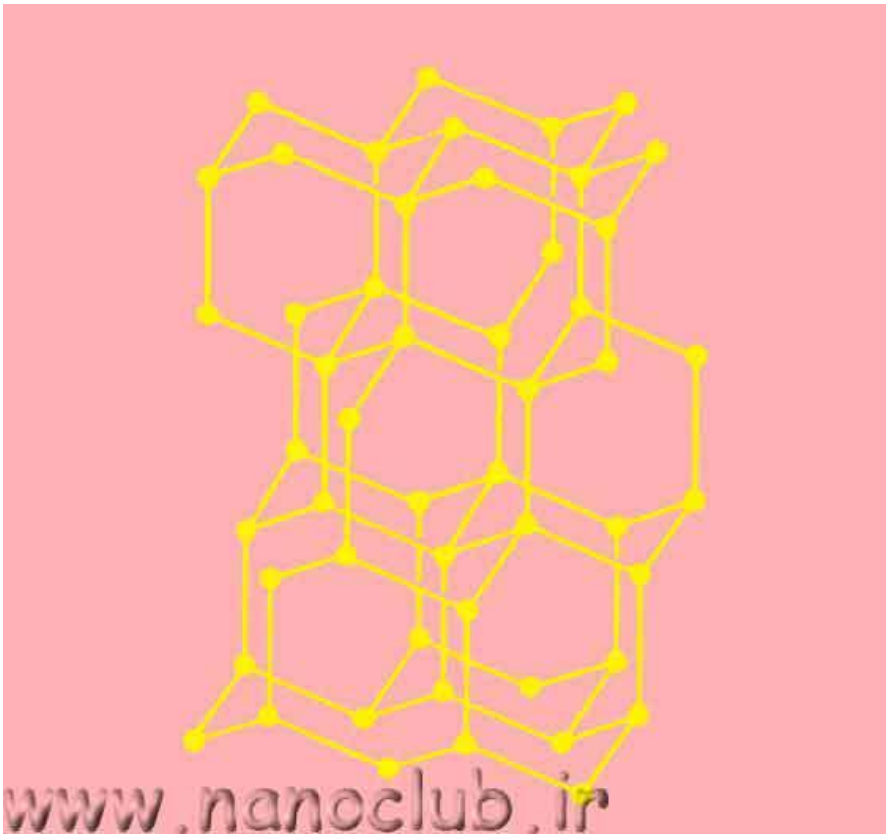
ساختار مواد،ارتباط بین اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌های تشکیل دهنده آن مواد را مشخص می‌کند. برای شناخت ساختار مواد ،ابتدا باید به نوع اتصالات بین اتم‌ها و یون‌ها پی برد. به طور حتم با پیوندهای شیمیایی آشنایی دارید .پیوندهای شیمیایی، نحوه اتصال میان اتم‌ها و یون‌ها را مشخص می‌کنند .بنابراین تفاوت پیوندهای شیمیایی مختلف را، در ویژگی‌های 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، خاصیت "رسانایی" مشاهده نمی‌شود؛ زیرا الکترون‌ها که حامل و انتقال دهنده‌ی بار الکتریکی هستند، به دلیل محصور شدن امکان حرکت ندارند و چیزی برای انتقال بار الکتریکی درطول ماده وجود نخواهد داشت. در مقابل در فلزات، مانند مس، به دلیل وجود پیوند فلزی که موجب آزادی الکترون‌ها می‌شود و امکان تحرک الکترون‌ها را فراهم می‌نماید، می‌توانیم خاصیت رسانایی را انتظار داشته باشیم. زیرا الکترون‌های آزاد، امکان انتقال بار الکتریکی را در طول ماده فراهم می‌آورند. همانطور که ذکر شد،اطلاع از نوع پیوندهای اتمی می‌تواند به شناخت ما از رفتار و خواص مواد کمک کند. اما آیا تنها با دانستن نوع پیوندها تمامی خواص و رفتار یک ماده را می‌توان پیش‌بینی کرد؟

برای روشن شدن مطلب، مثال معروفی را ارائه می‌کنیم. همانطور که می‌دانید گرافیت و الماس هر دو از اتم‌های کربن تشکیل شده‌اند و هر دو "ریخت‌های "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، به عنوان ماده "روانساز" به کار گرفته می‌شود !تفاوت رفتار و خواص گرافیت و الماس را، به نوع اتصال و پیوند شیمیایی اتم‌های کربن نمی‌توان نسبت داد؛ زیرا در هر دو شکل این ماده - که تنها دارای اتم‌های کربن است - یک نوع پیوند شیمیایی وجود دارد.علت در "چگونگی اتصالات و پیوندهای شیمیایی" این دو شکل کربن است. در گرافیت اتم‌های کربن شش ضلعی‌های پیوسته‌ای شبیه به یک لانه زنبور تشکیل می‌دهند که در یک سطح گسترده شده است(شکل ۱).لایه‌های شش ضلعی ساخته شده با قرار گرفتن روی 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 اتم‌های کربن هر لایه لانه زنبوری وجود دارد و جنس آن از نوع پیوند کوالانسی است؛ نوع دوم اتصالی است که لایه‌های لانه زنبوری را به یکدیگر وصل می‌کند. بدیهی است که نوع این پیوند از جنس اتصالات اولیه یعنی پیوندهای 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 لانه‌زنبوری به دلیل داشتن پیوند قوی کووالانسی استحکام بالایی داشته باشد؛ بالعکس، استحکام این ساختار، در جهت عمود بر صفحات لانه زنبوری ، به علت وجود پیوند ضعیف ثانویه بین لایه‌ها، به مراتب کمتر از استحکام درون آنها است. از سوی دیگر، به دلیل پیوندهای ضعیف بین لایه‌ای انتظار می‌رود که با اعمال نیروی بیشتر، لایه‌های لانه زنبوری بتوانند بر روی یکدیگر بلغزند.



شکل ۱- ساختار گرافیت

در مقابل ساختار لایه‌ای گرافیت، الماس دارای یک ساختار شبکه‌ای است(شکل ۲) . در گرافیت پیوندهای اولیه یعنی پیوندهای اتمی تنها در یک سطح (در یک وجه) برقرار می‌شود، در حالی که در ساختار الماس این پیوندها به صورت 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.



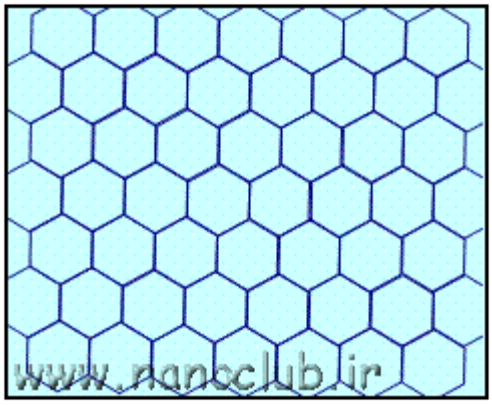
شکل ۲- ساختار الماس

با توضیحاتی که راجع به تفاوت‌های ساختاری 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 پیوندهای تشکیل دهنده مواد، تاثیر به سزایی در خواص مواد دارد. بنابراین از طریق مطالعه در ساختار مواد، بسیاری از رفتارها و خواص آنها را می‌توان پیش‌بینی کرد. همچنین برای دستیابی به برخی خواص ، می‌توان ساختار را متناسب با آنها طراحی نمود.

ریزساختار چیست؟

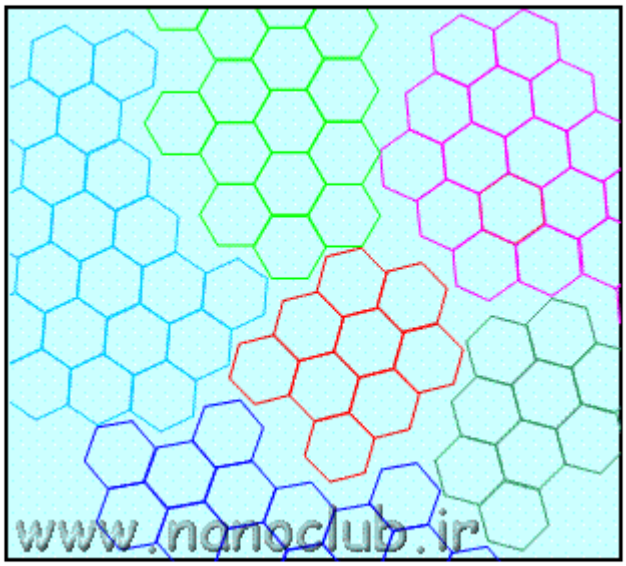
با شناختی که نسبت به ساختار مواد پیدا کرده‌اید، ممکن است گمان کنید موادی که ما به صورت توده‌ای در اطراف خود می‌بینیم ،از گسترده‌تر شدن نظم ساختاری اولیه خود، به وجود آمده‌اند. به عبارت دیگر ممکن است تصور شود که مواد توده‌ای، شکل گسترش یافته ای از ساختار اولیه اش می باشد و بنابراین تمامی خواص و رفتار ساختار اولیه را دارا خواهد بود. این تصور، با مشاهدات رفتاری مواد متفاوت است. به عنوان مثال در ساختار گرافیت ما انتظار داریم که استحکام در راستاهای مختلف متفاوت باشد؛ زیرا ساختار اولیه در جهت صفحات لانه زنبوری دارای استحکام بالا و در جهت عمود بر صفحات دارای استحکام کمی است .بنابراین گرافیت فقط در برخی جهات خاص می‌بایست "قابلیت

حرکت لایه‌ها بر روی یکدیگر" را داشته باشد. می‌دانیم که از گرافیت به عنوان ماده اصلی مغز مداد استفاده می‌شود و اثری که از مداد بر روی کاغذ باقی می‌ماند در حقیقت لایه‌های نازک گرافیت است که با مالش نوک مداد بر روی کاغذ، از سطح آن کنده شده و بر روی کاغذ می‌چسبد و همانطور که پیش‌تر اشاره شد، لایه‌های گرافیت ،به دلیل پیوند ضعیف ثانویه، امکان لغزش و حتی جدا شدن از یکدیگر را دارند. حالا سوال اینجاست که اگر توده گرافیت ،حالت گسترش یافته ی همان ساختار اولیه گرافیت باشد، باید مداد تنها در یک جهت خاص قابلیت نوشتن داشته باشد؛ زیرا ساختار گرافیت تنها لغزیدن لایه‌ها بر روی هم و کنده شدن آنها از توده و چسبیدن‌شان به سطح کاغذ را در جهت خاصی میسر می‌سازد و در غیر از آن جهات خاص ، به دلیل وجود پیوندهای قوی درون لایه‌ها، امکان کنده شدن وجود نخواهد داشت. این تعبیر به آن معناست ، که مداد تنها در برخی جهات خاص می‌نویسد و در دیگر جهات مداد نخواهد نوشت و این تصور با تجربه هر روزه ما از بکارگیری 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 چیزی غیر از گسترش یکنواخت و هماهنگ ساختار گرافیت است؟(شکل ۱)



شکل ۱- طرحی ساده از ریزساختار ایده‌آل گرافیت

برای درک درست از رفتار توده‌ای مواد ،لازم است که با ریزساختار آنها آشنا بشویم. با بررسی میکروسکوپی گرافیت درمی‌یابیم که توده گرافیت یکپارچه نیست؛ بلکه این توده متشکل از دانه‌های بسیاری است که هر یک به صورت مستقل و جدا از یکدیگر در درون خود دارای ساختار گرافیت هستند. به عبارت دیگر توده گرافیت را می‌توان اجتماع بی‌نظمی از بخش‌هایی که هر یک دارای ساختار گرافیت هستند، دانست(شکل ۲)



شکل ۲- 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 به صورت محلی و با دامنه‌های کوتاه مشاهده می‌شود. این بی‌نظمی در قرار گرفتن توده‌های دارای ساختار گرافیت ، باعث می‌شود که تنوع و گوناگونی فراوانی در بخش‌های گرافیت که هر یک زاویه و جهت خاصی دارند، وجود داشته باشد. بنابراین همیشه بخش‌هایی که زاویه و جهت مناسب برای 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.

نتیجه‌گیری:

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