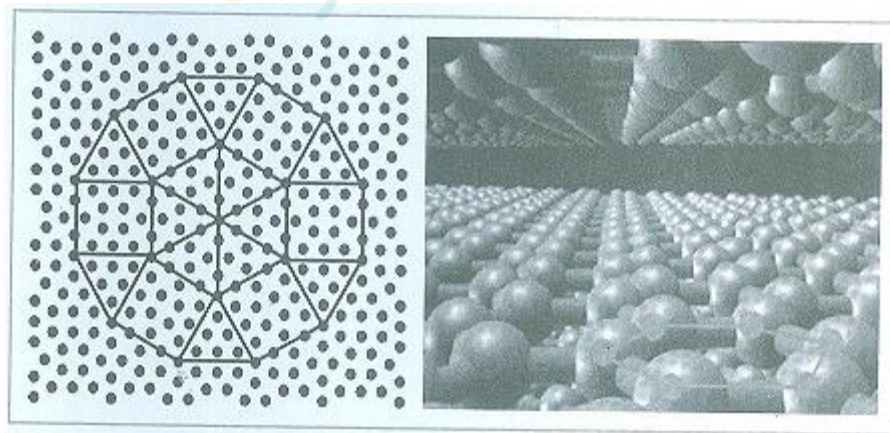


## مقدمه‌ای بر بلورشناسی

مواد از دیدگاه اتمی به مواد بلوری و بی‌شکل تقسیم‌بندی می‌شوند. در مواد بلوری نظم اتمی در تمام جهات در فواصل طولانی حفظ می‌شود. فاصله بین اتم‌ها در تمام جهات یکسان است و دچار تغییر نمی‌شود. در صورتی که در مواد بی‌شکل، این نظم به چند اتم محدود می‌شود؛ به عبارت دیگر در یک فاصله کوتاه، فاصله بین اتم‌ها یکسان است اما ممکن است در قسمتی دیگر از ماده، فاصله بین اتم‌ها متفاوت باشد. آشنایی و مطالعه ساختمان بلوری مواد علت وقوع بسیاری از واکنش‌ها و خواص شیمیایی و فیزیکی را توجیه می‌کند. بلورشناسی علم بررسی تشکیل، رشد، مطالعه شکل خارجی، ساختمان داخلی و خواص فیزیکی مواد بلوری است.

### ۱- مقدمه

مواد از دیدگاه‌های مختلف قابل تقسیم‌بندی هستند. از یک دیدگاه مواد به سه دسته جامد، مایع و گاز، از دیدگاهی دیگر مواد به سه دسته فلز، سرامیک و پلیمر و از دیدگاه رسانایی، مواد به سه دسته رسانا، نیمه‌رسانا و عایق تقسیم می‌شوند. از دیدگاه نظم اتمی نیز مواد قابل تقسیم‌بندی هستند. بر این اساس مواد به دو دسته بلوری (Crystal) و بی‌شکل (Amorphous) تقسیم می‌شوند. در مواد بلوری نظم اتمی در تمام جهات در فواصل طولانی حفظ می‌شود، همان‌طور که در شکل ۱ سمت راست هم دیده می‌شود، فاصله بین اتم‌ها در تمام جهات همواره یکسان است و دچار تغییر نمی‌شود. از این‌رو به آن‌ها مواد دارای نظم بلندبرد (Long Range Order) نیز گفته می‌شود. اکثر مواد جامد، بلوری بوده و دارای نظم بلندبرد در ساختار اتمی خود هستند، در صورتی که در مواد بی‌شکل، این نظم به چند اتم محدود می‌شود، به عبارت دیگر، همان‌طور که در شکل ۱ سمت چپ مشخص است، در یک فاصله کوتاه، فاصله بین اتم‌ها یکسان است اما ممکن است در قسمتی دیگر از ماده فاصله بین اتم‌ها متفاوت باشد، به این علت این مواد را اصطلاحاً دارای نظم کوتاه برد (Short Range Order) می‌نامند و به‌طور کلی می‌توان گفت در این گونه مواد نظم اتمی وجود ندارد. یکی از پرکاربردترین مثال‌ها از مواد بی‌شکل، شیشه است. معمولاً مایعات و گازها جز این دسته از مواد قرار می‌گیرند.



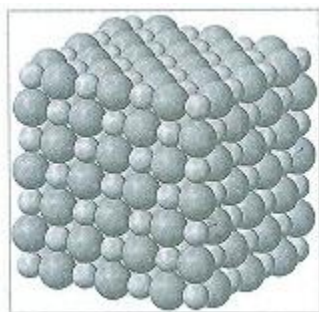
شکل ۱. (سمت راست) نظم بلند برد، (سمت چپ) نظم کوتاه برد

آشنایی و مطالعه ساختمان بلوری مواد (مانند فاصله بین اتم‌ها، زاویه پیوند بین اتم‌ها و ...)، علت وقوع بسیاری از واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی را توجیه می‌کند. بلورشناسی علم بررسی تشکیل، رشد، مطالعه شکل خارجی، ساختمان داخلی و خواص فیزیکی مواد بلوری است. شکل ۲ بلور فلوریت را نشان می‌دهد. فلوریت کاربردهای فراوانی در صنعت دارد که نمونه‌ای از آن در تصفیه آهن است. نام دیگر فلوریت، فلورید کلسیم است.



شکل ۲. بلور فلوریت

در بین ذرات سازنده مواد (اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها) نیروهای جاذبه و دافعه وجود دارد. با وجود این دو نیرو، فاصله بین ذرات سازنده به اندازه‌ای خواهد بود که نیرویی بر آن‌ها وارد نشده و برآیند این نیروها صفر شود. در این فاصله، انرژی اتصال بین ذرات نیز کمترین مقدار خواهد بود. تعادل نیروهای موجود در بین ذرات سازنده هر ماده در فاصله‌ای معین برقرار می‌شود که این فاصله به خصوصیت فیزیکی آن ماده بستگی دارد (فاصله تعادلی). این فاصله معین در واقع همان طول پیوند بین ذرات در مواد مختلف است. به دلیل این‌که ذرات سازنده یک ماده از نظر فیزیکی مشابه هستند، لذا در سه بعد با فاصله‌ای منظم و یکسان، تکرار می‌شوند. شکل ۳ نظم بلند برد اتم‌های سدیم و کلر در کنار هم را نشان می‌دهد که منجر به تشکیل نمک طعام (NaCl) می‌شود. در این شکل نظم بلند برد به طور واضح نشان داده شده است.



شکل ۳. بلور کلرید سدیم

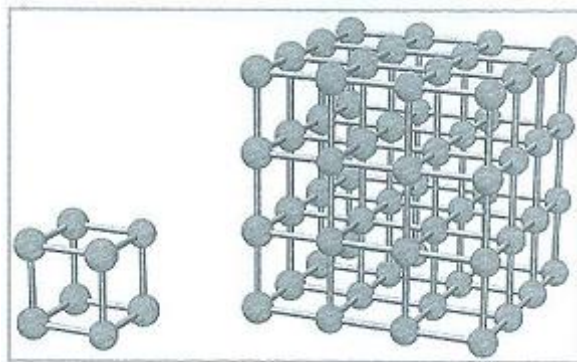
## ۲- تشکیل بلورها

بلورها بیشتر از حالت‌های مذاب، بخار و محلول مواد شکل می‌گیرند. در این حالت‌ها، اتم‌ها نامنظم بوده و انرژی داخلی آن‌ها بالاست. به دلیل تمایل به رسیدن به سطح انرژی پایین‌تر و پایداری، با تغییر درجه حرارت، فشار یا غلظت، اتم‌ها در آرایشی منظم کنار همدیگر قرار می‌گیرند و تشکیل بلور می‌دهند. به‌عنوان مثال، اگر محلول آب نمک را تا دمای جوش آب حرارت دهیم، آب تبخیر می‌شود و نمک طعام جامد انتهای ظرف باقی می‌ماند. اگر سرعت تبخیر آب کم باشد، بلورهای درشتی از نمک طعام شکل می‌گیرند، ولی اگر سرعت تبخیر آب زیاد باشد، بلورهای نمک ریز می‌شوند. در حقیقت در اثر سرعت بالای تبخیر، اجازه رشد به بلورهای نمک طعام داده نخواهد شد. اگر ماده‌ای را در حلالی حل کنیم، با پایین آوردن درجه حرارت محلول فوق اشباع (حلال از ماده جامد سیر شده و بیش از این نمی‌تواند ماده جامد را حل کند؛ مانند زمانی که مقدار بسیار زیادی نمک را در آب حل می‌کنیم. در این مواقع مقداری از نمک در آب حل شده و بقیه آن در ته ظرف رسوب می‌کند) تشکیل می‌شود و امکان رسوب جامد پیش می‌آید. افزایش فشار نیز عاملی است تا محلول سریع‌تر به حالت فوق اشباع برسد. به کمک این دو عامل (دما و فشار) فاز جامد (بلور) از مایع رسوب می‌کند.

بلور از حالت مذاب نیز شکل می‌گیرد. اتم‌های ماده در حالت مذاب آزادانه حرکت می‌کنند. با سرد شدن در درجه حرارتی که نقطه انجماد ماده است، در فاصله‌ای مشخص به‌طور منظم در کنار هم متوقف شده و شکل بلوری ماده را به خود می‌گیرند و با ادامه فرآیند سرد شدن، فاصله اتم‌ها به‌طور یکنواخت کم می‌شود. برای مثال سنگ‌های آذرین از مذاب آتش‌فشان‌ها ناشی می‌شوند. این سنگ‌ها با سرد شدن مذاب مواد مختلف در آتش‌فشان، در کنار هم جمع شده و بلورهای مختلفی را می‌سازند. تشکیل بلور از حالت بخار نیز ممکن است. به این صورت که فاصله بین اتم‌ها با سرد شدن بخار و با از دست‌دادن انرژی داخلی و کاهش جنب‌وجوش اتمی، کم شده و به فاصله مورد نظر جهت تشکیل یک واحد بلوری نزدیک شده و در درجه حرارت مشخصی به بلورهای جامد تبدیل می‌شوند. برای مثال، بلورهای برف را در نظر بگیرید که از سرد شدن بخارهای آب موجود در هوا شکل می‌گیرند. به‌طور کلی اگر شرایط انجماد ماده‌ای به ترتیبی باشد که اتم‌ها فرصت آرایش گرفتن را نداشته باشند، مانند زمانی که مذاب سریع سرد می‌شود، اتم‌ها نمی‌توانند منظم در کنار یکدیگر قرار بگیرند و ماده بی‌شکل می‌شود. برای تشکیل بلور، اتم‌ها باید به قدری آهسته سرد شوند که فرصت پیدا کردن جای مناسب در ساختار را داشته باشند.

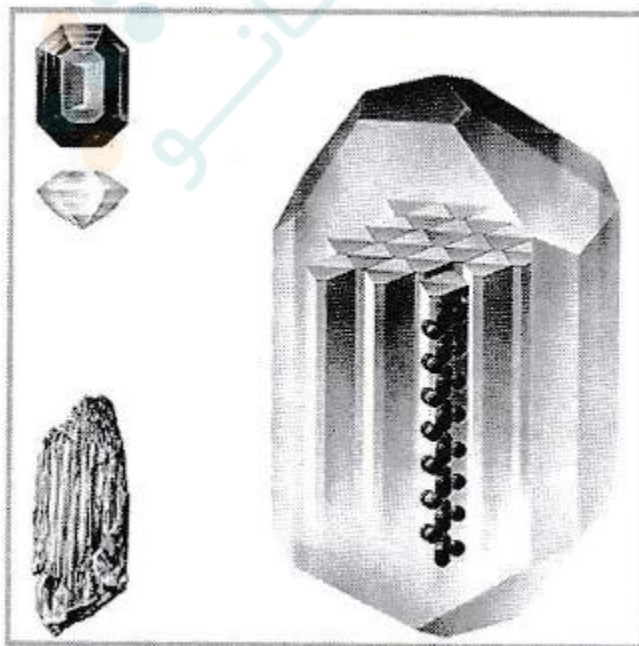
## ۳- ساختمان داخلی بلورها

همان‌طور که در بخش‌های قبل نیز توضیح داده شد، مواد بلوری از آرایش منظم اتم‌ها تشکیل شده‌اند. شکل ۴ یک ساختار بلوری را نشان می‌دهد. با دقت بیشتر روی ساختار منظم این بلور مشخص می‌شود که ساختار آن از تکرار یک شکل مشخص مانند مکعب در سراسر فضا شکل گرفته است. به این شکل مشخص که با تکرار آن کل ماده بلوری شکل می‌گیرد، سلول واحد (Unit Cell) گفته می‌شود.



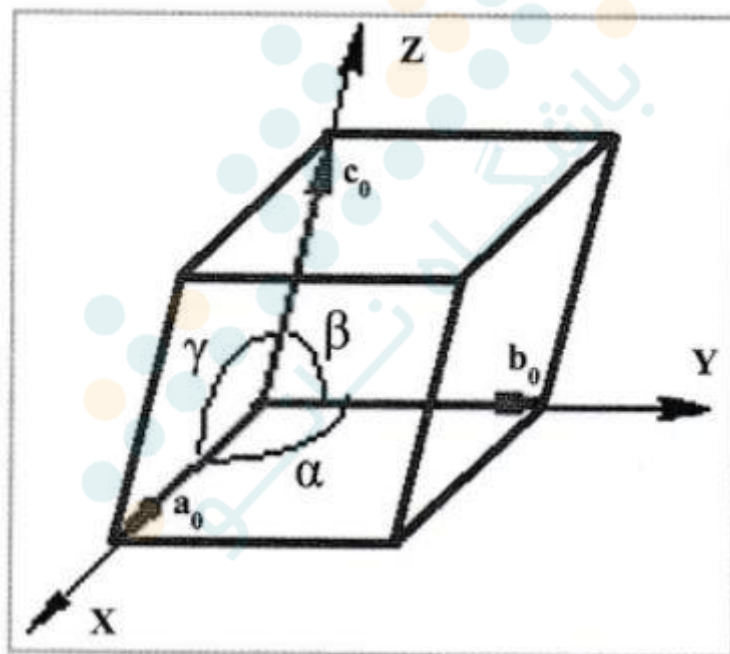
شکل ۴. (سمت چپ) سلول واحد، (سمت راست) ساختار ماده که از تکرار سلول واحد در فضا حاصل می‌شود.

شکل سلول واحد در مواد مختلف متفاوت است و به تعداد و نوع اتم‌های سازنده بستگی دارد، زیرا نیروهای جاذبه و دافعه بین اتم‌های مختلف متفاوت است. ابعاد هر ضلع شبکه‌های واحد در حدود چند آنگستروم ( $10^{-10}$  متر) است. خواص هر ماده بلوری به سلول واحد آن بستگی دارد. به‌عنوان مثال، الماس به این دلیل بسیار سخت است که اتم‌های آن با پیوندهای بسیار قوی به هم متصل شده‌اند. انعطاف‌پذیری برخی از فلزات دیگر مانند آلومینیوم و مس نیز به نوع شبکه بلوری آن‌ها مرتبط است. شکل هندسی منظمی که به نام بلور در مقیاس بزرگ در طبیعت دیده می‌شوند، مانند بلور فلوریت که در شکل ۲ نشان داده شده است، در حقیقت ناشی از کنار هم قرار گرفتن واحدهای بسیار کوچک و منظم گفته شده در بالا است. به‌طور کلی شکلی نهایی بلور طبیعی، به چیدمان واحدهای بلوری در مقیاس اتمی بستگی دارد و ممکن است شکلی نهایی شبیه سلول واحد تشکیل شده نباشد. شکل ۵ بلور مکعبی کنزیت (Kunzite، سنگ زینتی) را نشان می‌دهد، که با واحد تشکیل دهنده‌اش مشابه است.



شکل ۵. بلور مکعبی کنزیت که با اولین واحد سازنده مشابه است.

همان‌طور که گفته شد سلول واحد در سه جهت به طور نامحدود تکرار می‌شود. اگر نقطه‌ای را به عنوان مبدأ در نظر بگیریم، با تکرار سلول واحد از این نقطه و رعایت فاصله‌های مساوی در سه جهت، شکل بلور ساخته می‌شود. سه جهتی که به آن اشاره شد می‌توانند بر یکدیگر عمود باشند یا سه جهت با زاویه‌های متفاوت نسبت به هم باشند که بیشتر با زاویه‌های  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\gamma$  مشخص می‌شوند. فاصله‌ها نیز می‌توانند در سه جهت سه مقدار متفاوت داشته باشند که هر کدام در یک جهت تکرار شوند. این فاصله‌ها را  $a_0$ ،  $b_0$  و  $c_0$  نشان می‌دهند. این فاصله‌ها و زاویه‌ها، ثوابت شبکه هستند. شکل ۶ ثوابت شبکه در یک سلول واحد را نشان می‌دهد. منظور از ثابت شبکه این است که در یک ماده خاص همواره مقدار فاصله و زاویه‌های ذکر شده، مقدار مشخص و منحصر به فردی است و در مواد مختلف متفاوت است.



شکل ۶. ثوابت شبکه در یک سلول واحد

---

منابع و مراجع

---