

دانشگاه پیامبر اعظم (ص)

مرکز تریتم معلم معین شهید رجایی قزوین

رشته تحصیلی: کارشناسی علوم تجربی

درس بلور شناسی و کانی شناسی

کردآوری و تنظیم: کرکین رحمانی

طراحی از مهدی حبیبی

تابستان ۸۹

فهرست مطالب

شماره صفحه

سر فصل

بخش اول : بلور شناسی

فصل اول	.....مقدمه ای بر بلور شناسی.....	۳
فصل دوم	.....سیستمهای تبلور.....	۲۰
فصل سوم	.....قوانین بلورشناسی.....	۳۷
فصل چهارم	.....مقدمه ای بر بلورشناسی نوری.....	۴۸

*** **

بخش دوم : کانی شناسی

فصل اول	.....کلیات.....	۵۳
فصل دوم	.....کانی شناسی غیر سیلیکاتها.....	۵۷
فصل سوم	.....کانی شناسی سیلیکاتها.....	۸۳

بخش اول : بلور شناسی

فصل اول : مقدمه ای بر بلور شناسی هندسی

۱-۱- تاریخچه بلور شناسی

تاریخ مطالعه مواد بلورین با مطالعه کانی ها همراه است زیرا کانیها به جز چند مورد استثنائی حالت جامد و بلورین دارند و اصولاً "بلورشناسی در مطالعات زمین شناسی و معدنی جدا از کانی شناسی مفهومی ندارد. در واقع علم بلورشناسی به عنوان مقدمه ای برای شناخت کانی ها مطالعه می شود.

علم کانی شناسی نیز مانند سایر علوم در قرن اخیر به اوج خود رسیده است، ولی شناخت تجربی و کاربردی مواد معدنی و کانی ها با آغاز زندگی بشری همزمان است. به عنوان مثال استفاده ی انسانهای اولیه از کانی فلینت (SiO_2) را که دارای مقاومت زیادی است جهت ساختن ابزار و وسایل کار می توان در نظر داشت و همچنین آثار نقاشی بدست آمده از زمانهای گذشته، استفاده انسانهای اولیه را از رنگهای طبیعی و معدنی مثلاً "هماتیت (اکسید آهن) به عنوان رنگ قرمز و ترکیبات مس به عنوان رنگ سبز و آبی و اکسیدهای منگنز به عنوان رنگ سیاه نشان می دهد. پس از شناخت مواد فلزی، انسانها مواد معدنی مربوطه را شناختند و فلزات موجود در آنها را استخراج کردند.

اولین متون علمی کانی شناسی، مربوط به فیلسوف یونانی به نام "تئوфраست" است که حدود ۳۰۰ سال قبل از میلاد می زیسته است. از آن زمان تا قرن هفدهم آثار و نوشته های متعددی وجود دارد که نمایانگر کارهای تحقیقاتی فلاسفه و دانشمندان آن دوره است. در سال ۱۶۶۹ نتایج تحقیقات شخصی به نام "نیکولاس استنو" دانمارکی به عنوان یکی از اساسی ترین قوانین بلورشناسی مطرح شد. وی با مطالعه بر روی بلورهای مختلف کوارتز به این نتیجه رسیده بود که بدون در نظر گرفتن منشاء، شکل و اندازه در بلورهای مختلف این کانی، زاویه بین سطوح معین همواره ثابت است. این نظریه سالها مورد آزمایش و تجربه قرار گرفت و دستگاههای مختلفی جهت اندازه گیری زوایای بین سطوح ساخته شد که رفته رفته کامل تر شدند و امروزه نیز مورد استفاده قرار می گیرند.

در اوایل قرن نوزدهم شخصی به نام "هاویی" با مطالعه ساختمان داخلی بلورها متوجه شد که این بلورها از تجمع

اجزاء کوچکتری ساخته شده اند. این نظریه بعدها مورد تأیید قرار گرفت و این اجزاء به نام واحدهای اولیه نام گذاری شدند.

در سال ۱۸۲۸ شخصی به نام "ویلیام نیکول" با استفاده از خواص پلاریزاسیون نوری بعضی از کانیها، میکروسکوپ پلاریزان را به عرصه تحقیقات کانی شناسی وارد ساخت.

در اواخر قرن نوزدهم دو دانشمند به نام های "شونفلیس" و "بارلو" وجود تقارنی در بلورها را مطرح کردند که بعدها اساس مطالعه بلورها توسط اشعه X قرار گرفت.

در سال ۱۹۱۲ اولین مطالعات اشعه X بر روی کانی ها انجام شد. در سال ۱۹۱۴ شخصی به نام "ویلیام هانری براگ" از این روش جهت تعیین ساختمان داخلی بلورها استفاده کرد.

این متد، امروزه یکی از مهمترین روشهای مطالعه ساختمان داخلی بلورها و تشخیص کانی های مختلف از یکدیگر است. پیشرفته ترین وسیله ای که جهت مطالعه ساختمان داخلی بلورها به کار میرود "میکروسکوپ الکترونی عبوری" نامیده میشود که قادر است ساختمان داخلی بلورها را تا چندین میلیون برابر بزرگ کند.

۱-۲- تاریخچه کانی شناسی در ایران

دردوره هخامنشی و قبل از آن تعدادی از سنگ های معدنی را در ایران می شناختند و از معادن آن بهره برداری می کردند که مهمترین آنها سنگ معدن آهن است که آثار و شواهد باقی مانده نشان می دهد که آن را ذوب و خالص می کردند. در اکتشاف سنگ آهن معدن گل گهر سیرجان شواهدی بر این نظریه بدست آمده است. در کتاب مذهبی اوستا که آن را به دوره مادها و ساسانیان نسبت میدهند، درباره بعضی از فلزات نظیر آهن و همچنین سنگ خارا مطالبی نوشته شده است.

دانشمندان ایرانی کتابهای مختلفی در زمینه کانیها و سنگها نوشته اند که از بین آنها می توان به دو کتاب معروف اشاره کرد که یکی کتاب "الجماهرفی معرفه الجواهر" نوشته ابوریحان بیرونی دانشمند قرن پنجم هجری قمری است. در این کتاب ابوریحان بیرونی وزن مخصوص ۱۸ کانی را تعیین کرده که با وزن مخصوص واقعی آنها تفاوت بسیار کمی دارد.

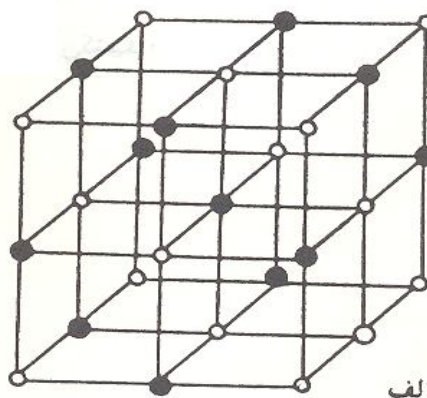
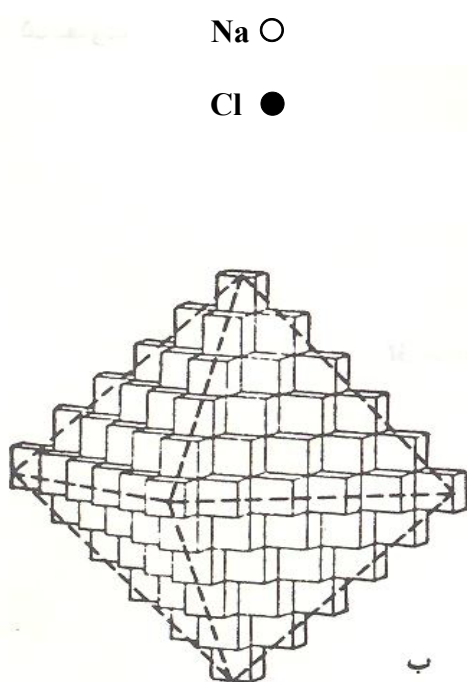
کتاب دیگر "تنسوخ نامه ایلخانی" نوشته خواجه نصیرالدین طوسی دانشمند قرن هفتم هجری قمری است که در آن ۷۱ سنگ معدنی، فلز و آلیاژ را نام برده و توضیحات کافی داده است.

دوره ی صفویه را می توان دوره ی شکوفایی بهره برداری از معادن ایران نامید. البته از این دوره هیچ گونه آثار و

نوشته ای برجای نمانده است و فقط مسافران خارجی در سفرنامه های خود از فراوانی جواهرات و سنگهای قیمتی ایران صحبت کرده اند. با تاسیس مدرسه دارالفنون به همت امیر کبیر رشته معدن شناسی نیز به عنوان یکی از رشته های تحصیلی در این مدرسه توسط معلمین خارجی تدریس می شده است.

۳-۱- بلور چیست؟

واژه بلور معمولاً در مورد اجسام جامد همگنی که دارای نظم درونی سه بعدی هستند و به سطوح خارجی صاف و منظم محدود میشوند، به کار میرود. اگر ذرات شکر و یا نمک طعام را در زیر یک ذره بین نگاه کنیم اجسامی را می بینیم که دارای شکل هندسی منظم و سطوح صاف هستند، این ذرات بلورهای شکر و نمک طعام هستند. در شکل ۱-۱ ساختمان داخلی نمک طعام و بلور آن را مشاهده می کنید.



شکل ۱-۱- الف - شبکه نمک طعام

ب - بلورهای نمک طعام

بررسی این جامدات متبلور و چگونگی تشکیل و رشد آنها و ساختمان درونی، شکل ظاهری و خواص فیزیکی و شیمیایی مربوط به آن ها را بلورشناسی می گویند.

بلورها در اندازه های متفاوتی تشکیل می شوند. گاهی بلورها به حدی درشت هستند که با چشم قابل مشاهده هستند. در این صورت به آنها درشت بلور می گویند.

در بعضی موارد به دلیل ریز بودن آنها، طبیعت بلورین صرفاً توسط میکروسکوپ قابل تشخیص است، این بلورها را ریز بلور می نامند.

در مواردی بلورها به حدی ریز هستند که تشخیص آنها توسط میکروسکوپ نیز امکان ندارد و برای مطالعه آنها باید

از اشعه X استفاده کرد. این موارد را مخفی بلورمی گویند.

برخلاف اجسام بلورین، گروهی دیگر از اجسام جامد فاقد نظم درونی و به همین علت فاقد سطوح خارجی هستند. این مواد را بی شکل یا غیرمتبلور و یا آمورف می گویند.

در این درس چگونگی تشکیل و رشد بلورها، ساختمان درونی، شکل ظاهری و خواص شیمیایی و فیزیکی (به غیر از خواص نوری) در بلورها، تحت عنوان "بلورشناسی هندسی" مورد مطالعه قرار می گیرد. خواصی که مربوط به رفتار بلورها در مقابل نور (انعکاسی عبوری و...) است در درس دیگر تحت عنوان "بلورشناسی نوری" مطالعه خواهد شد.

در تعریف بلور گفته شد که اجسام جامد همگنی که دارای نظم درونی سه بعدی هستند بلور نامیده می شوند. برای روشن شدن تعریف بلور در اینجا ابتدا خاصیت همگنی و در کنار آن خواص همسانگردی (ایزوتروپی و آنیزوتروپی) به بحث کشیده می شوند. آنگاه در بحث مربوط به ساختمان درونی و شبکه بلورین با انتظام سه بعدی داخل بلور آشنا می شویم

۱-۴- همگنی چیست؟

همگنی به معنی همانندی و یکنواختی ترکیب یک جسم و به عبارتی یکسان بودن عناصر تشکیل دهنده آن در تمام قسمتهاست. مثلاً "کانی کوارتز که دارای فرمول SiO_2 است، جسم همگنی است در حالی که میدانییم سنگ گرانیت از کانیهای کوارتز، فلدسپات، میکا و... تشکیل شده و ترکیب یکنواختی ندارد. پس می توان گفت که جسمی ناهمگن است.

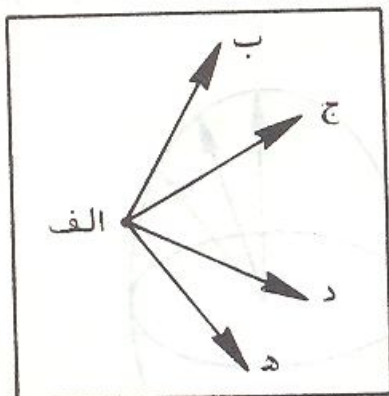
در مورد اجسام بلورین، منظور از همگن بودن فقط به معنی یکنواختی ترکیب شیمیایی نیست. بلکه خواص فیزیکی نیز مورد توجه قرار می گیرد. به عبارتی می توان گفت: در اجسام بلورین هرگاه از نقطه ای نظیر "الف" شکل ۱-۲ به سمت نقطه ای نظیر "ب" حرکت کنیم، در صورت ادامه حرکت در این جهت به خواص فیزیکی و شیمیایی یکسان برخورد می کنیم.

همان گونه که می دانید خواص فیزیکی دو دسته هستند: دسته اول که خواص غبر برداری هستند در تمام قسمتهای جسم همگن یکسان هستند ولی دسته دوم که خواص برداری نامیده می شوند در جهات مختلف متفاوت می باشند.

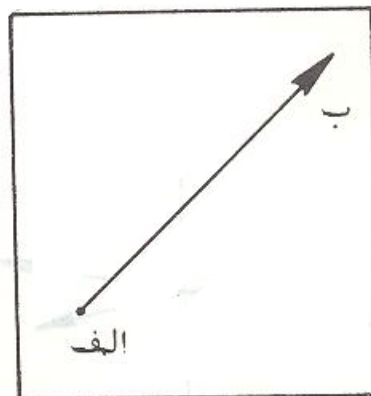
بر همین اساس میتوان گفت که در اجسام بلورین دو حالت همگنی وجود دارد: هرگاه از نقطه ای نظیر "الف"

در شکل ۱-۳ در جهت نقاط ب، ج، د، و ه حرکت کنیم در تمام این مسیرها به خواص فیزیکی و شیمیایی یکسان

برخورد می کنیم که در این حالت جسم متبلور را همگن و همسانگرد می نامند. مواد بی شکل یا غیرمتبلور معمولاً "همسانگرد هستند. در حالت دوم خواص فیزیکی و شیمیایی در جهات موازی هم یکسان ولی در جهات غیرموازی متفاوت هستند. در شکل ۱-۴ خواص فیزیکی (برداری) و شیمیایی در مسیر "الف" ، ب " ج ، د" یکسان ولی در مسیر "ه" ، و" متفاوت با دو جهت قبلی است. در این حالت جسم بلورین را همگن و ناهمسانگرد می نامند. اجسام بلورین به جز در بعضی از حالت و در مورد بعضی از خواص همواره حالت ناهمسانگردی نشان می دهند.



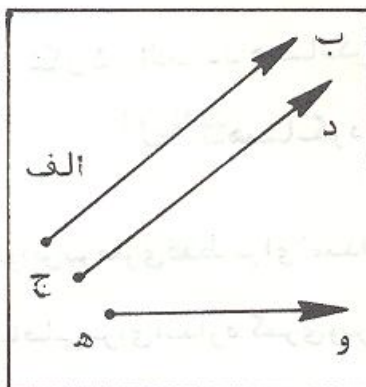
شکل ۱-۳- یک محیط همگن و همسانگرد



شکل ۱-۲- در یک محیط همگن ، در

مسیر الف ، ب و ادامه آن ، خواص فیزیکی

و شیمیایی ثابت است.

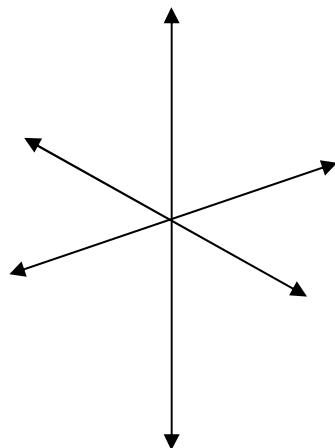


شکل ۱-۴- یک محیط همگن و ناهمسانگرد

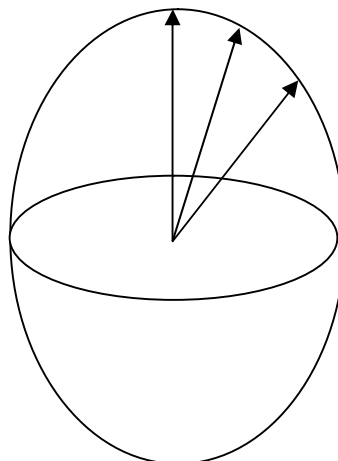
همان طور که گفته شد خواص غیر برداری در تمام نقاط اجسام همگن یکسان هستند. مثلاً "چگالی که یک خاصیت غیر برداری است در تمام نقاط یک جسم بلورین یکسان است .

و دیدیم که بررسی حالت همسانگردی یک جسم بلورین بر اساس خواص فیزیکی برداری انجام می شود. مثلاً " مقایسه ی میزان مقاومت الکتریکی (خاصیت برداری) در یک جسم همسانگرد و یک جسم ناهمسانگرد نشان می دهد که مقاومت الکتریکی در تمام جهات یک جسم همسانگرد یکسان است در حالیکه در جسم ناهمسانگرد فقط در جهات موازی هم، میزان مقاومت الکتریکی یکسان است. برخی از خواص برداری بطور تدریجی با تغییر جهت اندازه گیری

تغییر می کنند. در این حالت جسم نسبت به این خواص ناهمسانگردی پیوسته دارد. از این خواص می توان به سختی ، رسانائی الکتریکی ، انبساط حرارتی و سرعت عبور نور اشاره کرد. در شکل ۱-۵- ناهمسانگردی پیوسته و ناپیوسته نشان داده شده است.



شکل ۱-۵- ب - ناهمسانگردی ناپیوسته



شکل ۱-۵- الف - ناهمسانگردی پیوسته

بعضی از خواص برداری فقط برای امتدادهای معینی مشخص و اندازه گیری میشوند و جهات حد فاصلی برای اندازه گیری و بررسی آنها وجود ندارد. در این حالت جسم نسبت به این خواص ناهمسانگردی ناپیوسته از خود نشان میدهد ، بردارهای شکل ۱-۵- ب نمایانگر ناهمسانگردی ناپیوسته هستند. خواصی مانند رخ ، رشد بلورها و خوردگی شیمیایی از خواصی هستند که معمولاً نسبت به آنها حالت ناهمسانگردی ناپیوسته نشان می دهند .

۱-۵- تشکیل بلورها

بلورها معمولاً از مواد مذاب ، مایعات و بخارها جدا می شوند و شکل می گیرند. در حالتی ذکر شده (مایع - محلول - مذاب) اتمها و یونها به طور نامنظم پراکنده شده اند ولی با تغییرات دما و فشار و غلظت ، اتمها و یونها با آرایشی منظم در کنار هم قرار می گیرند و بلورها را می سازند. به عنوان مثال می توان جدا شدن و ته نشینی بلورهای نمک طعام (سدیم کلرید) را از محلول آب نمک در نظر گرفت هرگاه محلول نمک طعام در معرض تبخیر قرار گیرد ، در اثر کاهش آب ، رفته رفته غلظت نمک طعام بالا می رود و به نقطه ای می رسد که آب موجود قادر به نگهداری تمامی نمک طعام به صورت محلول نیست و از این پس بلورهای نمک طعام شروع به ته نشینی می کنند. اندازه این بلورها به سرعت تبخیر آب بستگی دارد. در شرایطی که عمل تبخیر سریع انجام شود. بلورهای ریز نمک طعام تشکیل می شوند که جهت یافتگی مشخص نیز ندارند. ولی هرگاه عمل تبخیر تدریجی و کند باشد ، یک یا چند بلور درشت با شکل مشخص و غالباً "جهت یافته تشکیل می شود.

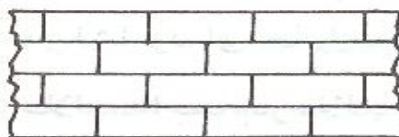
گاهی بلورهای نمک طعام در اثر پائین آمدن فشار و دمای محلول نمک طعام از آن جدا می شوند، می دانیم که در دما و فشار بالا مقدار حلالیت اجسام در حلالها بالا می رود. در اینجا نیز در دما و فشار بالا مقدار بیشتری نمک طعام در آب حل شده است، آنگاه با کاهش دما و فشار، محلول به حالت فوق اشباع می رسد و بلورهای نمک طعام از آن جدا می شوند.

جدا شدن بلورها از ماده مذاب نیز یکی از راههای تشکیل بلور است، مانند تشکیل سنگهای آذرین از ماگما، می دانیم که در ماگما عناصر مختلف به صورت جدا از هم قرار دارند، در نتیجه ی کاهش دمای ماگما رفته رفته عناصر مختلف با یکدیگر ترکیب می شود و کانیهای سازنده سنگهای آذرین بوجود می آیند.

تشکیل بلورهای یخ در اثر کاهش دمای آب نیز مثالی از تشکیل بلورها در اثر پائین آمدن دما است، البته این مسئله را نمی توان با تشکیل کانیها از ماده مذاب مقایسه نمود ولی میتوان آب را به عنوان یخ مذاب در نظر گرفت. در آب ملکولهای H_2O که آزادانه در تمام جهات در حرکت هستند، در اثر کاهش دما (حد زیر صفر درجه سانتیگراد) با نظم مشخص در کنار یکدیگر قرار می گیرند.

تشکیل بلورها از بخار نیز در طبیعت اتفاق می افتد. البته این حالت در مقایسه با تشکیل بلورها از محلول یا مواد مذاب کمتر پیش می آید ولی به هر حال اصول تبلور همواره یکسان است. در این حالت نیز اتمها و ملکولهای پراکنده در بخار در اثر سرد شدن به یکدیگر نزدیک می شوند و با نظم مناسب در کنار یکدیگر قرار می گیرند. تشکیل بلورهای برف از بخار آب موجود در جو مثال خوبی برای این مورد است.

نظمی که در اثر انجماد در جسم جامد به وجود می آید و به آن حالت بلورین می بخشد. نمایشگر حالتی از جسم جامد است که دارای پایداری بیشتر است و از طرفی برای حفظ این حالت نیاز به کمترین مقدار انرژی دارد. برای توجیه این مساله شما می توانید یک دیوار آجری را که فرضاً از روی هم قرار گرفتن ۲۰۰۰ قطعه آجر بنا شده است با ۲۰۰۰ قطعه آجر که بطور نامنظم بر روی هم ریخته شده اند مقایسه کنید. (شکل ۱-۶)



ب

الف

شکل ۱-۶ - مقایسه پایداری بین یک دیوار آجری و آجرهای پراکنده

به نظر شما پایداری در کدام حالت بیشتر است؟ برای حفظ کدام یک از حالت‌های فوق انرژی کمتری مورد نیاز است؟
قرارگیری اتمها و یونها و به طور کلی اجزاء سازنده بلور نیز بر همین مبنا است.

به طور کلی در بین ذرات سازنده مواد (اتمها و یونها و \dots) نیروهای مختلف اعمال می شود. از آن جمله نیروی کولنی است که سبب جذب ذرات با بارهای غیر همنام می شود. مقدار این نیرو با فرمول زیر محاسبه می شود.

$$FC = \frac{kqq^1}{a^2}$$

فاصله دو یون یا دو اتم = a ضریب ثابت = k بار دو ذره = q, q^1

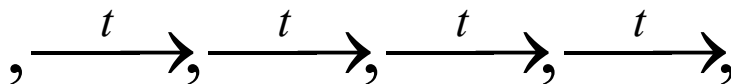
از طرفی بین میدانهای الکتریکی دو ذره ی مجاور معمولاً "نیروی دافعه نیز وجود دارد. مقدار این نیرو را با رابطه ی $Fr = \frac{-nb}{a^{n+1}}$ محاسبه می کنند. در اینجا نیز a = فاصله دو ذره مجاور (n و b ضرایب ثابت هستند).

ذرات تشکیل دهنده ماده جامد در فاصله ای از یکدیگر قرار می گیرند که برآیند این دو نیرو صفر شود و یا به عبارتی مقدار این دو نیرو مساوی هم شوند. پس می توان با مساوی قرار دادن دو فرمول مقدار a یعنی فاصله دو اتم یا دو جزء سازنده بلور را محاسبه کرد. ($Fc = Fr$). در این فاصله انرژی لازم برای اتصال دو ذره به پائین ترین حد ممکن می رسد. این فاصله را فاصله تعادلی می نامند. پس می توان گفت که فاصله تعادلی به نوع اتمها، یونها و یا ذرات سازنده هر ماده بستگی دارد.

در تشکیل بلورها، ذرات سازنده ماده همگن با فاصله تعادلی مناسب در سه جهت فضائی تکرار می شود و نظم داخلی بلور را به وجود می آورند. به عبارتی می توان گفت در نتیجه اعمالی نظیر انتقال، چرخش، پیچش و مانند آنها واحد سازنده بلور در سه جهت فضائی تکرار می شود و شبکه همگنی را به وجود می آورد. مفهوم همگن بدین معنی است که هر واحد سازنده شبکه دارای رابطه مشابهی با واحد های دیگر باشد مانند اجزاء گلهای یک کاغذ دیواری که در نظام دو بعدی دارای ارتباط منظم هندسی با یکدیگر هستند. واحد سازنده بلور می تواند به صورت ملکولهایی نظیر H_2O و یا گروه های یونی نظیر $(SiO_4)^{-4}$ و $(PO_4)^{-3}$ و یا یونهایی مانند Ca^{+2} ، Mg^{+2} ، Fe^{+2} و یا اتمهایی نظیر Cu و یا ترکیبی از گروههای یونی یونها و یا اتمها باشد. به این واحد سازنده موتیف و یا واحد الگوئی نیز گفته می شود.

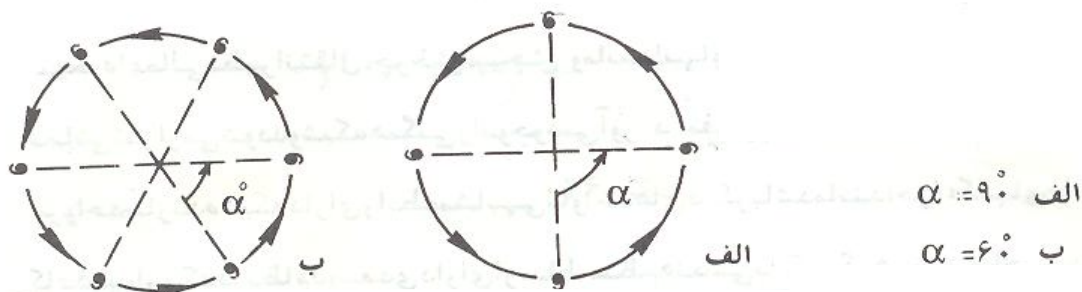
ابتدا مختصری راجع به اعمالی که موجب تکرار اجزاء سازنده بلور می شوند صحبت می کنیم.

الف-انتقال: با این عمل اجزاء سازنده بلور در یک جهت خطی و به فواصل معینی (فاصله تعادلی) تکرار می شوند (شکل ۱-۷). در این شکل می بینیم که واحد الگوئی اولیه که در اینجا با علامت "و" نشان داده شده است به فاصله t تکرار شده است. به عبارت دیگر واحد الگوئی به اندازه فاصله t منتقل شده است.



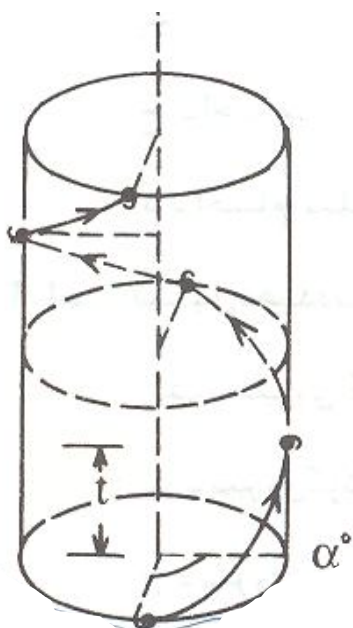
شکل ۱-۷

ب- چرخش: با این عمل واحد الگوئی اولیه بر حول یک محور فرضی تحت یک زاویه ی α که مقدار آن می تواند متفاوت باشد، تکرار می شود و تکرار آن یک دایره فرضی به وجود می آورد. میزان زاویه چرخش، تعداد دفعاتی را که واحد الگوئی بر روی محیط دایره تکرار می شود مشخص می کند. مثلاً در شکل ۱-۸ می بینیم که زاویه چرخش a برابر 60° است، پس در محیط دایره واحد الگوئی ۶ بار تکرار خواهد شد، حال اگر مقدار زاویه α مساوی 90° درجه باشد، واحد الگوئی ۴ بار تکرار خواهد شد.



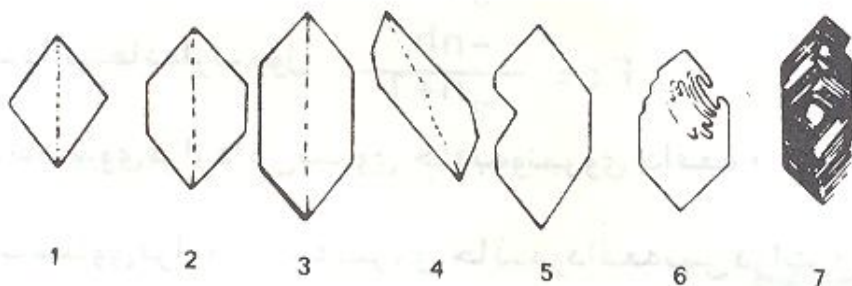
شکل ۱-۸- تکرار واحد الگوئی و در اثر عمل چرخش

ج- پیچش: در اینجا حرکت توام چرخش و انتقال صورت می گیرد. یعنی اینکه واحد الگوئی اولیه در اثر عمل پیچش به فاصله t و زاویه a منتقل شده و چرخش می کند و نتیجه آن پیچش به دور یک محور فرضی است که با جهت انتقال موازی است. در شکل ۱-۹ تکرار واحد الگوئی "و" در اثر پیچش مشاهده می شود.



شکل ۱-۹- تکرار واحد الگوئی "و" در اثر عمل پیچش

در تمام حالات فوق می بینیم که واحد الگوئی اصلی و اولیه در اثر عمل تکرار بر واحد الگوئی بعدی منطبق می شود. در شرایط مناسب تکرار سه بعدی اجزاء بلور به سطوح صاف و منظمی محدود می شود. حال اگر این سطوح همگی دارای شکل هندسی منظم و کامل باشند، بلور را خوش ساخت یا تمام شکل دار (ائوهدرل) و اگر بلور واجد سطوح ناقص باشد، بلور را نیمه شکل دار (سابهدرال) و اگر بلور فاقد سطوح صاف باشد آن را بد ساخت یا بدون شکل (آنهدرال) می گویند. در شکل ۱-۱۰ بلورهای تمام شکل دار و نیمه شکل دار کوارتز را مشاهده می کنید.



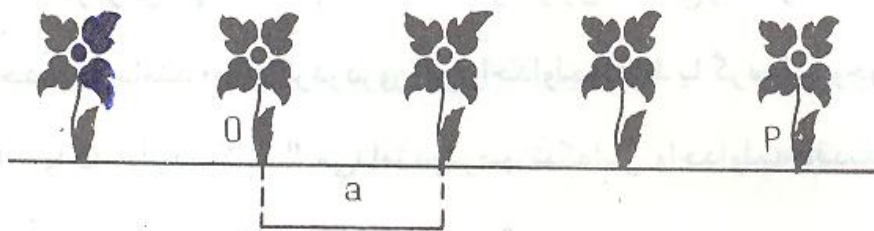
شکل ۱-۱۰ - بلورهای تمام شکل دار و نیمه شکل دار کوارتز

۱-۶- مفهوم ساختمان بلورین و خواص شبکه تبلور

دیدیم که با تکرار اجزاء سازنده بلور (اتمها و یونها و \dots) در اثر اعمال مختلف چرخش، انتقال و \dots ساختمان بلورین تشکیل می شود. ساختمانهای بلورین بسیار متنوع هستند ولی در بلورشناسی اصولاً "قوانینی مورد بحث قرار می گیرند که در همه بلورها صدق می کنند. به همین دلیل برای مطالعه بلورها باید اشکال ساده ماده آنها را در نظر بگیریم تا اجزاء بنیادی و ساختمان هندسی آنها به خوبی مشخص شود. برای سهولت کار ابتدا اجزاء سازنده ی بلور یعنی اتمها و یونها و غیره را کنار گذاشته و به جای آن یک سری نقاط جانشین می کنیم. در نتیجه اسکلتی متشکل از این نقاط به وجود می آید که به نام "شبکه های سه بعدی" یا "شبکه فضائی" نامیده می شود و در نتیجه عمل انتقال و تکرار نقاط در سه جهت فضائی تشکیل می شود.

برای آشنا شدن با چگونگی تشکیل شبکه های فضائی ابتدا به نحوه تشکیل شبکه های یک و دو تناوبی و سپس به شبکه سه تناوبی و یا سه بعدی می پردازیم.

الف - شبکه یک تناوبی: هرگاه محوری نظیر OX در شکل ۱-۱۱ را در نظر بگیریم که بر روی آن واحدهای متشابه (در اینجا گلهای) به فواصل یکسان از یکدیگر قرار داشته باشند، یک شبکه یک تناوبی و یا خطی ایجاد شده است. اگر فاصله دو گل مجاور از یکدیگر a باشد a را فاصله تناوبی می گویند و با بردار \vec{a} نشان می دهند.



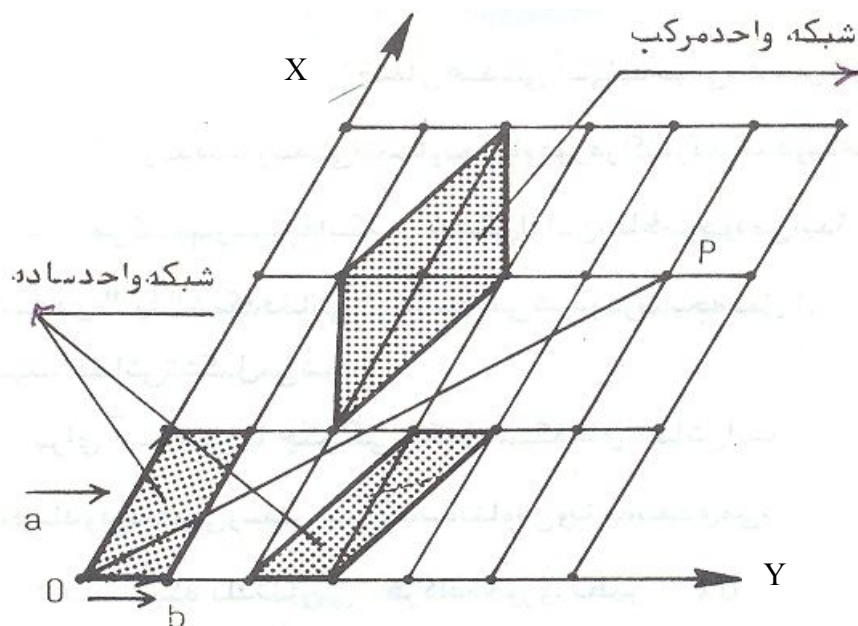
شکل ۱-۱۱- شبکه یک تناوبی و یا یک بعدی

ب- شبکه دو تناوبی یا دو بعدی : برای ایجاد شبکه دو تناوبی از یک مبدأ اختیاری O در دو جهت عمل انتقال صورت می پذیرد.

۱- در جهت محور OX ، انتقال با طول a یعنی بردار \vec{a}

۲- در جهت محور OY ، انتقال با طول b یعنی بردار \vec{b}

زاویه بین دو محور OX و OY یعنی γ می تواند مقداری در حد صفر تا ۱۸۰ درجه داشته باشد. همچنین مقدار a و b نیز می تواند مساوی و یا متفاوت با یکدیگر باشد. در اثر این عمل یک شبکه دو بعدی نظیر شکل ۱-۱۲ حاصل می شود.

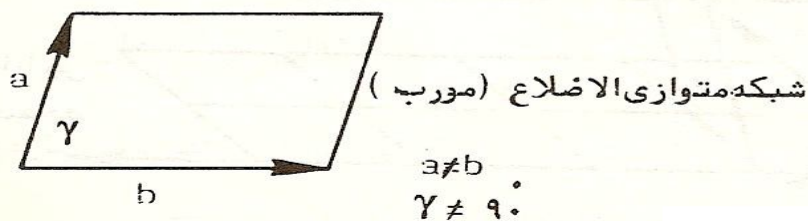
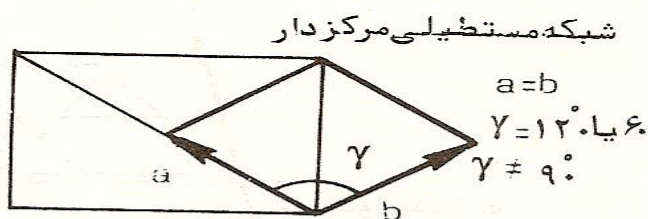
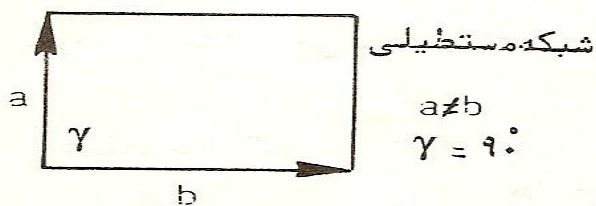
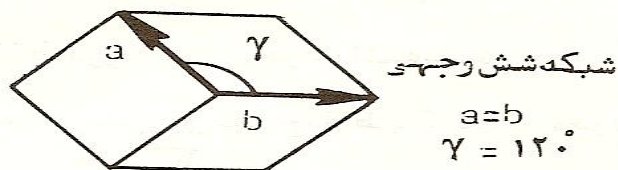
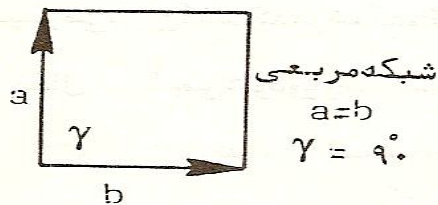


شکل ۱-۱۲- نمایش شبکه دو بعدی یا دو تناوبی و شبکه واحد مرکب و شبکه واحد ساده

در شکل ۱-۱۲ می بینیم که در شبکه دو بعدی متوازی الاضلاع هایی در کنار یکدیگر بوجود می آید که رئوس آنها نقاط شبکه هستند. هر متوازی الاضلاع را یک واحد شبکه یا "شبكة واحد" می نامند. حال اگر در درون این واحد اولیه نقاط یا گره هائی وجود داشته باشد آنرا "واحد اولیه مرکب" می نامند و در صورتیکه این واحد اولیه فاقد نقاط یا گرهها باشد ، آن را واحد اولیه ساده می نامند.

در نتیجه عمل انتقال در دو جهت OY و OX با مقادیر متفاوت زاویه γ و اندازه‌های مختلف برداری a و b فقط پنج حالت از شبکه‌های دو بعدی تشکیل می‌شود.

این پنج شبکه عبارتند از مربعی، مستطیلی، مستطیلی مرکزدار، متوازی الاضلاع (مورب) و شش وجهی. در شکل ۱-۱۳ شبکه‌های دو بعدی و اندازه‌های بردارها و زاویه برای هر کدام مشخص شده است.

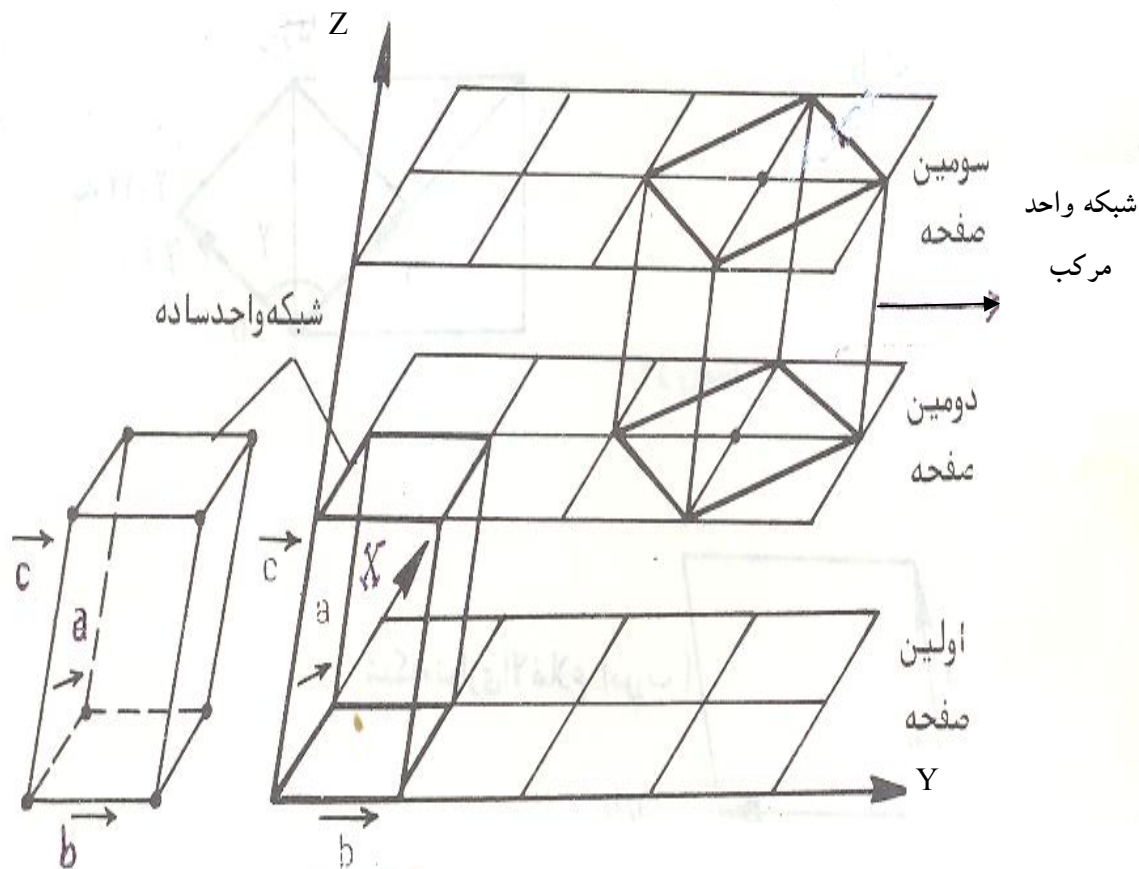


شکل ۱-۱۳ - انواع شبکه‌های دو بعدی

ج- شبکه‌های سه تناوبی یا شبکه فضائی: در دو حالت قبلی از مبدا اختیاری O در دو جهت OY و OX عمل انتقال انجام گرفت. حال اگر نقاط و گره‌های این شبکه دو تناوبی در جهت OZ و به اندازه فاصله تناوبی C انتقال یابند، شبکه سه تناوبی ایجاد می‌شود. به عبارت دیگر می‌توان گفت که در شبکه فضائی از نقطه مبدا در سه جهت OX

و OY و OZ انتقال انجام می شود و زوایای بین این سه جهت و همچنین اندازه انتقال (a, b, c) متفاوت است. اولین شکل فضائی که از این عمل حاصل می شود شبکه واحد نام دارد. شبکه واحد وقتی ساده است که گره ها و نقاط فقط در رئوس آن وجود داشته باشد.

هرگاه در شبکه واحد علاوه بر رئوس، در مرکز و یا در روی سطوح نقاط یا گره هائی وجود داشته باشد. شبکه واحد، مرکب نام دارد. در شکل ۱-۱۴ شبکه فضائی و شبکه های واحد ساده و مرکب آن مشاهده می شود.

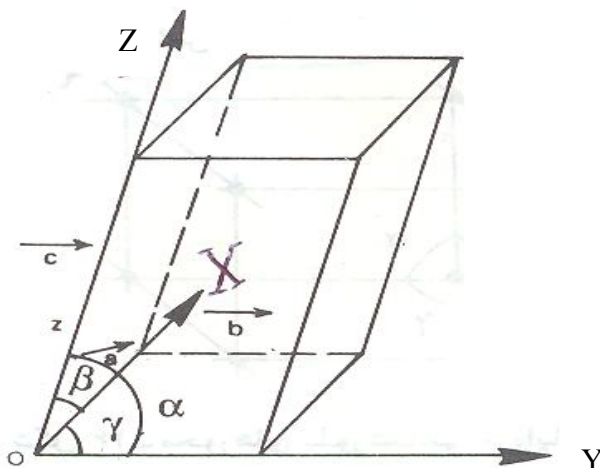


شکل ۱-۱۴- شبکه سه تناوبی یا شبکه فضایی و شبکه های واحد ساده و مرکب

در شکل ۱-۱۵ یک واحد سلولی ساده بر روی محور OX ، OY و OZ مشاهده می شود.

می بینیم که بردارهای a ، b و c به ترتیب بر روی محور فوق قرار دارند. این بردارها اضلاع شبکه واحد را مشخص می کنند. زوایای بین این سه بردار و یا سه محور β بین OX ، OZ و α بین OY ، OZ و γ بین OY ، OX هستند. زوایای a ، β ، γ و طول بردارهای c, b, a پارامترها و یا ثوابت شبکه واحد هستند.

از انتقال در سه جهت OX ، OY و OZ با زوایا و بردارهای متفاوت چهارده نوع شبکه فضائی ایجاد می شود که در بخش جداگانه ای مورد بحث قرار می گیرد.



شکل ۱-۱۵- پارامترهای یک شبکه سه بعدی واحد

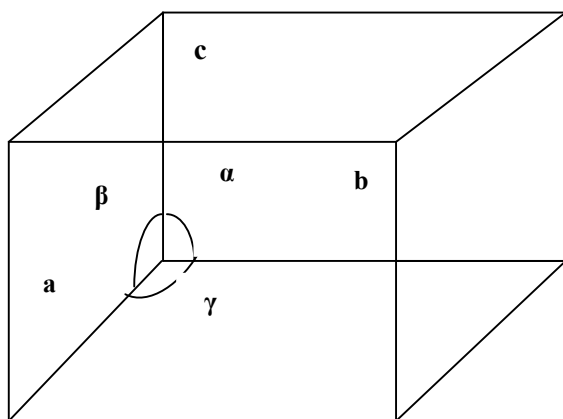
۴-۱- محوره‌های بلورشناسی

تاکنون عمل انتقال ایجاد شبکه‌ها را بر مبنای محوره‌های OX ، OY و OZ که مفاهیم ریاضی دارند بنا کردیم ولی در بلورشناسی معمولاً "محوره‌های فرضی که به نام محوره‌های بلورشناسی نامیده می‌شوند به کار گرفته می‌شود که این محورها منطبق بر محوره‌های ریاضی هستند بدون آنکه ارزش ریاضی داشته باشند. محوره‌های بلورشناسی را با بردارهای a ، b و c نشان میدهند به طوری که:

۱- بردار a به طرف بیننده و بر محور X منطبق است. ۲- بردار b از سمت چپ به طرف راست امتداد دارد و بر محور Y منطبق است. ۳- بردار c از پائین به بالا و بر محور Z منطبق است.

زاویه α بین بردارهای c ، b و β بین بردارهای c ، a و زاویه γ بین بردارهای b ، a قرار دارد.

در شکل ۱-۱۶ محوره‌های بلورشناسی و زوایای بین آنها را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۱۶- محوره‌های

بلورشناسی و زوایای بین آنها

۸-۱- سایر خواص مواد بلورین

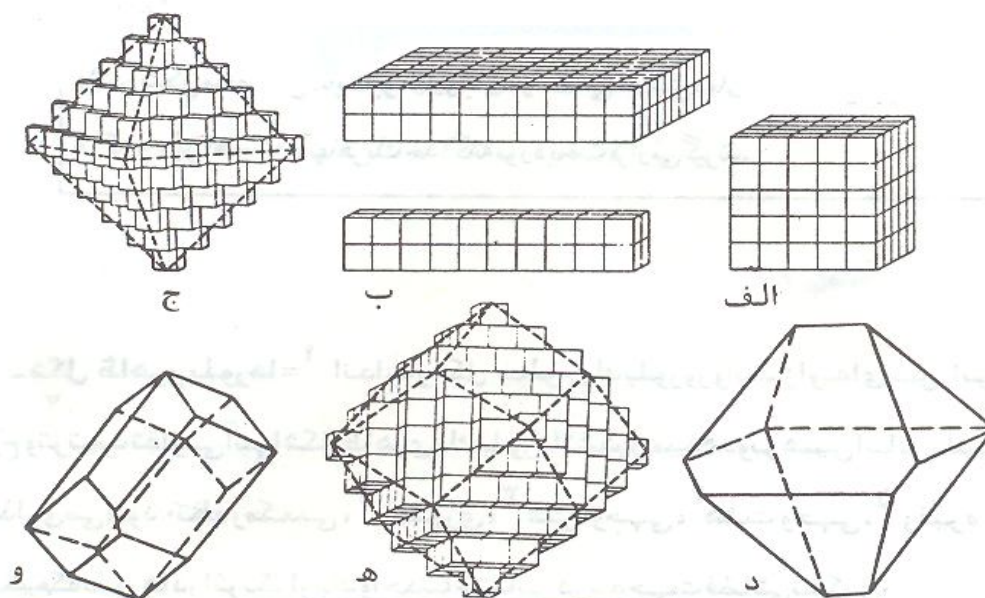
از مهمترین خواص مواد بلورین، خاصیت همگنی و ناهمسانگردی آنها است که حتی تعریف بلور بر آنها استوار است و در قسمتهای در مورد آنها توضیحاتی داده شد. یکی دیگر از مشخصات مواد بلورین داشتن نظم داخلی سه بعدی است که در صفحات گذشته مورد مطالعه قرار گرفت.

سایر خواص مواد بلورین که اجسام غیر متبلور فاقد آن هستند ، عبارتند از : شکل ظاهری بلورها ، قانون ثابت بودن زوایا ، نحوه ذوب بلورها و پراش اشعه X . که به دلیل اهمیت آنها به اختصار به هر یک از آنها می پردازیم .

الف - شکل ظاهری بلورها : اندازه و شکل سطوح یک بلور و روابط زوایه ای بین این سطوح و ترتیب تقارنی آنها شکل ظاهری یک بلور را تشکیل می دهد و بر همین اساس یک بلور نام گذاری می شود. نظیر مکعبی ، منشوری ، شش وجهی ، هشت وجهی و غیره.

دانستیم که بلورها در اثر تکرار یک واحد ساختمانی در سه جهت فضائی تشکیل می شوند. سطوح خارجی محدود کننده بلور که بنام "سطوح بلور" خوانده می شوند اشکال به خصوصی هستند که معمولاً از شکل واحد سلولی اولیه مستقل می باشد ، شکل و اندازه این سطوح اولیه به شرایط رشد بلور بستگی دارد. این شرایط عبارت از : دما ، فشار ، طبیعت محلول اولیه ، جهت حرکت محلول و میزان فضای موجود برای رشد بلور هستند.

همان طور که می دانیم بلور نمک طعام از کنار هم قرار گرفتن واحدهای اولیه شبکه نمک طعام که به صورت مکعب هستند ، تشکیل می شود. با توجه به چگونگی قرار گرفتن این واحدهای اولیه در کنار یکدیگر شکل بلور نمک طعام و سطوح بلور متفاوت خواهد بود . در شکل ۱-۱۷ چهار حالت از بلورهای نمک طعام را مشاهده می کنید که بصورت مکعبی ، هشت وجهی و دوازده وجهی تشکیل شده اند.



شکل ۱-۱۷ شکل بلورهای مختلف نمک

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| الف = بلور مکعبی آرمانی | د = بلور هشت وجهی بد ساخت |
| ب = بلورهای مکعبی بد ساخت | ه = بلور دوازده وجهی آرمانی |
| ج = بلور هشت وجهی آرمانی | و = بلور دوازده وجهی بد ساخت |

هر گاه بلور مورد مطالعه از نظر ابعاد و شکل سطوح کاملاً "منطبق بر پارامترهای آن بلور باشد ، بلور را آرمانی می گویند. در بعضی موارد این بلورهای مکعبی و دوازده وجهی و هشت وجهی به فرم آرمانی و خوش ساخت تشکیل شده و اصطلاحاً "بدساخت می شوند.

در شکل ۱-۱۷ شما حالت های بدساخت بلورهای مکعبی ، دوازده دوازده وجهی و هشت وجهی را نیز مشاهده می کنید. لازم به یادآوری است که در فرمهای بدساخت نیز ، ترتیب تقارنی و همچنین روابط زاویه ای بین سطوح که در زیر به آن اشاره می شود ، همواره ثابت است .

ب- قانون ثابت بودن زوایا: از آنجائیکه سطوح خارجی محدود کننده بلور نمایانگر نظم داخلی آن است. طبیعی است که این سطوح با یکدیگر نیز ارتباط مشخص و قانونمندی داشته باشند.

اولین بار در سال ۱۶۶۹ دانشمندی بنام "نیکولاس استنو" به این نکته پی برد که زاویه بین دو سطح معین از دو بلور کوارتز همواره ثابت است . این نظریه بعدها در اثر تجربیات مکرر مورد تأیید قرار گرفت و امروز به نام "قانون استنو" معروف است و به این شکل بیان می شود که: "زاویه بین سطوح معادل در بلورهایی که از مواد متشابه ساخته شده باشند، در شرایط محیطی یکسان ثابت است"

این یکی از قوانین مهم بلورشناسی و راه دقیق تشخیص بلورها از یکدیگر است. در شکل ۱-۱۸ دو بلور کوارتز که یکی به فرم آرمانی و دیگری به صورت بدساخت است را مشاهده می کنید. با دقت بر روی مقاطع عرضی این دو بلور متوجه می شویم که مقدار زوایای بین سطوح معادل ، ثابت و برابر با ۱۲۰ درجه است. با استفاده از این قانون ، بلورهای اجسام مختلف از یکدیگر قابل تشخیص هستند. برای اندازه گیری زاویه بین سطوح مختلف یک بلور ابزار و وسایل مختلفی بکار می رود که در بخش جداگانه ای مورد بحث قرار می گیرد.

ج- نحوه ذوب بلورها: تغییر حالت اجسام بلورین از جامد به مایع (ذوب) در دمای معینی صورت می گیرد. بدین ترتیب که با حرارت دادن تدریجی جسم متبلور هیچ گونه تغییر حالت تدریجی صورت نمی گیرد تا اینکه در نقطه معینی به یکباره جسم جامد ذوب می شود. در حالی که مواد بی شکل و غیرمتبلور در اثر حرارت دادن تدریجی ابتدا حالت خمیری پیدا می کنند و سپس ذوب می شوند.

به همین دلیل از این خاصیت جهت تشخیص اجسام متبلور و بی شکل از یکدیگر می توان استفاده کرد. نقطه ذوب بلورها به عوامل فیزیکی و شیمیایی مختلفی مانند ظرفیت یونها و ملکولهای تشکیل دهنده شبکه بلورین ، فاصله آنها از یکدیگر ، نوع پیوند شیمیایی (یونی ، مولکولی و غیره) بستگی دارد.



شکل ۱- ۱۸- نمایش ثابت بودن زوایا بین دو سطح معین در بلورهای کوارتز .

الف - بلور کوارتز بدساخت ب - بلور کوارتز آرمانی

به عنوان مثال هر چه فاصله یونها و اتمها از یکدیگر بیشتر باشد ، نقطه ذوب پائین تر و هر چه ظرفیت یونهای تشکیل دهنده بیشتر باشد ، نقطه ذوب بالاتر است ، همچنین ذوب بلورها به میزان گرمای نهان ذوب آنها بستگی دارد. گرمای نهان ذوب مقدار گرمایی است که واحد جرم یک ماده متبلور می گیرد تا در دمای ثابت از حالت جامد به مایع تبدیل شود. این انرژی صرف از هم جدا کردن و متلاشی کردن شبکه بلورین می شود.

د- پراش اشعه X: استفاده از پرتو X در بلورشناسی به منظور تشخیص ساختمان داخلی بلور ، اندازه و شکل سلولهای اولیه بلورها و محل قرار گرفتن اتمها و یا اجزاء تشکیل دهنده بلور بر مطالعه پرتو X استوار است . از طرفی اجسام غیر بلورین در مقابل پرتو X رفتار متفاوتی دارند و نمودارهای متفاوتی به دست می دهند. ولی از آنجائی که صحبت درباره این مساله نیاز به آگاهی کامل از ساختمان داخلی بلور و نحوه کار با دستگاه پرتو X دارد ، لذا در این نوشتار فقط به این نکته اکتفا می کنیم که اجسام بلورین و غیر متبلور از نظر شکل نمودارهای حاصل از پراش پرتو با یکدیگر متفاوتند .

فصل دوم : سیستمهای تبلور

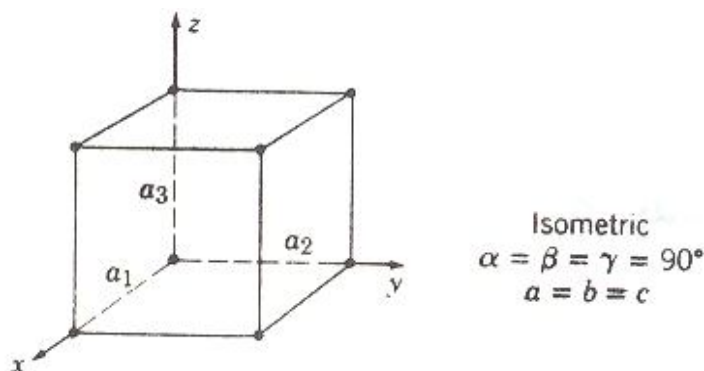
۱-۲- انواع سیستمهای تبلور

در فصل قبل با شبکه فضائی یا سه بعدی و واحد سلولی سه بعدی آشنا شدیم. همچنین آموختیم سلولهای واحد شبکه های بلورین دارای پارامترهای طولی و زاویه ای مشخص هستند که به نام ثوابت آن شبکه نامیده می شوند. در واحدهای سلولی سه بعدی رابطه بین این ثوابت و پارامترها تغییر می کند و بر اساس آنها، واحدهای سلولی سیستم های مختلف بلورشناسی تشکیل می شود.

در این فصل این تغییرات و واحدهای سلولی حاصل از آن بررسی می شود.

الف - سیستم مکعبی

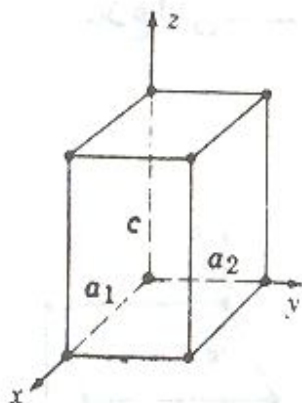
ساده ترین رابطه ای که بین پارامترهای یک شبکه وجود دارد، حالتی است که پارامترهای طولی با یکدیگر مساوی و بر یکدیگر عمود هستند. در این صورت یک سلول واحد از شبکه مکعبی به وجود می آید. در شکل ۱-۲ سلول واحد سیستم مکعبی و پارامترهای مربوط به آن را مشاهده می کنیم. با تغییر مقدار طول بردارها و یا اندازه زوایای بین آنها انواع دیگری از سلولهای واحد تشکیل می شود که مربوط به سایر سیستم های تبلور هستند. با در نظر گرفتن کلیه تغییرات ممکن فقط شش سیستم بلوری تشکیل می شود که تمام شبکه های ممکن را برمی گیرد.



شکل ۱-۲- سلول واحد در سیستم مکعبی و پارامترهای آن

ب - سیستم تتراگونال

با یک تغییر در پارامترهای طولی سیستم مکعبی، اولین سیستم حاصل تتراگونال است که در آن طول یکی از بردارها با طول آن دوی دیگر مساوی نیست ولی در اینجا نیز بردارهای طولی بر یکدیگر عمود هستند و زاویه بین آنها ۹۰ درجه است. در شکل ۲-۲ سلول واحد سیستم تتراگونال و ثوابت آن دیده می شود.

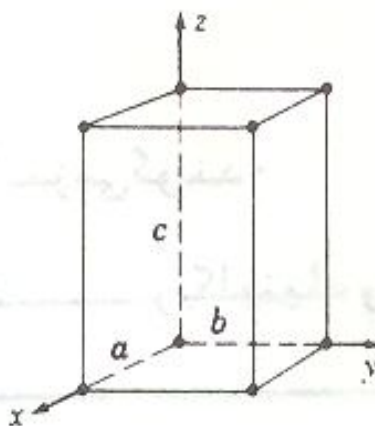


شکل ۲-۲- سلول واحد در سیستم تتراگونال و پارامترهای آن

Tetragonal
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ; a = b (\neq c)$

ج - سیستم ارتورمبیک (مکعب مستطیلی)

در این سیستم پارامترهای طولی با یکدیگر مساوی نیستند ولی بر هم عمود هستند و زاویه بین آنها ۹۰ درجه است. به عبارات دیگر در سیستم ارتومبیک، وجوه جانبی سلول واحد مستطیلی شکل هستند. در شکل ۳-۲ سلول واحد سیستم ارتورمبیک و ثوابت آن دیده می شود.

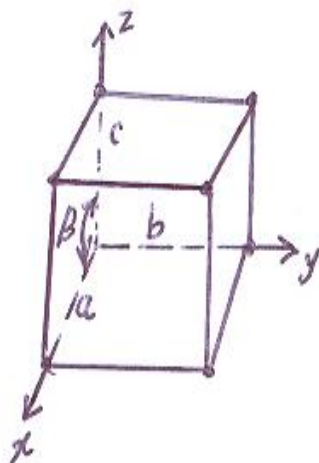


Orthorhombic
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ (a \neq b \neq c)$

شکل ۳-۲- سلول واحد در سیستم ارتورمبیک و پارامترهای آن

د - سیستم منوکلینیک

در سیستمهای تتراگونال ، ارتورمبیک و مکعبی دیدیم که با وجود اختلاف در پارامترهای طولی ، زوایای بین بردارها مساوی ۹۰ درجه بود . در سیستم منوکلینیک علاوه بر آنکه پارامترهای طولی با یکدیگر متفاوت هستند مقدار یکی از زوایای (β) نیز ۹۰ درجه نیست. به عبارت دیگر در سیستم منوکلینیک یکی از سطوح جانبی به شکل متوازی الاضلاع است (شکل ۲-۴). به دلایل همبستگی یک سطح متوازی الاضلاع است. سیستم منوکلینیک یا " تک شب " می گویند.

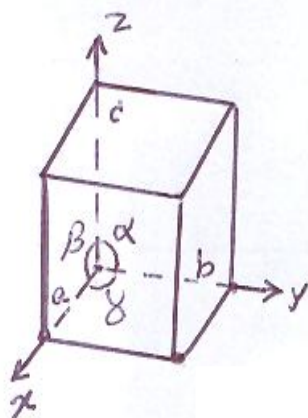


Monoclinic
 $\alpha = \gamma = 90^\circ (\neq \beta; a \neq b \neq c)$

شکل ۲-۴ - سلول واحد در سیستم منوکلینیک و پارامترهای آن

ه - سیستم تری کلینیک

در این سیستم تمام پارامترهای طولی و زاویه ای با یکدیگر اختلاف دارند و هیچکدام بر یکدیگر عمود نیستند در نتیجه سه دسته سطوح جانبی این سلول واحد به شکل متوازی الاضلاع است. به سیستم تریکلینیک "سه کج" نیز می گویند. در شکل ۲-۵ سلول واحد سیستم تریکلینیک و ثوابت شبکه ای مشاهده می شود.



Triclinic
 $(\alpha \neq \beta \neq \gamma; a \neq b \neq c)$

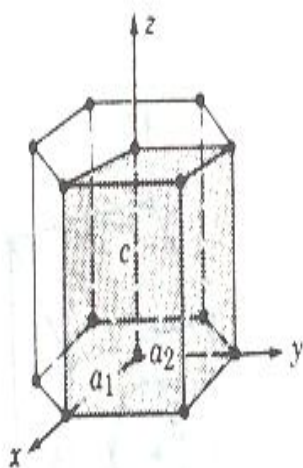
شکل ۲-۵ - سلول واحد در سیستم تریکلینیک و پارامترهای آن

پس از بررسی وضع تقارن و عناصر تقارنی در بخشهای آینده متوجه می شویم که در پنج سیستمی که تاکنون گفته شده است (مکعبی ، تتراگونال ، ارتورمبیک ، منوکلینیک و تریکلینیک) عناصر تقارنی رفته رفته کاهش می یابند.

بدین ترتیب که سیستم مکعبی دارای بیشترین عناصر تقارنی است در حالی که سیستم تریکلینیک دارای کمترین مقدار عناصر تقارنی است. علاوه بر پنج سیستم گفته شده، یک سیستم دیگر وجود دارد که در ترتیب کاهش تقارنی که در بالا اشاره شد قرار نمی گیرد. این سیستم عبارت است از:

و- سیستم هگزاگونال یا شش وجهی

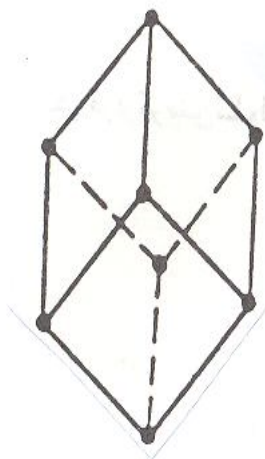
در این سیستم مقدار دو تا از پارامترهای طولی با یک دیگر برابر هستند ولی مقدار پارامتر سوم معمولاً با آن دوی دیگر متفاوت است. در این سیستم مقدار زاویه γ برابر 120° درجه و دو زاویه α و β برابر 90° است. در شکل ۶-۲ سلول واحد سیستم هگزاگونال و ثوابت شبکه ای آن را می بینیم. همانگونه که دیده می شود سلول شش وجهی نیست ولی از کنار هم قرار گرفتن ۳ واحد سلولی، طرح شش گوشه ای حاصل می شود.



Hexagonal
 $\alpha = \beta = 90^\circ; \gamma = 120^\circ;$
 $a = b (\neq c)$

شکل ۶-۲ سلول واحد در سیستم هگزاگونال و پارامترهای آن

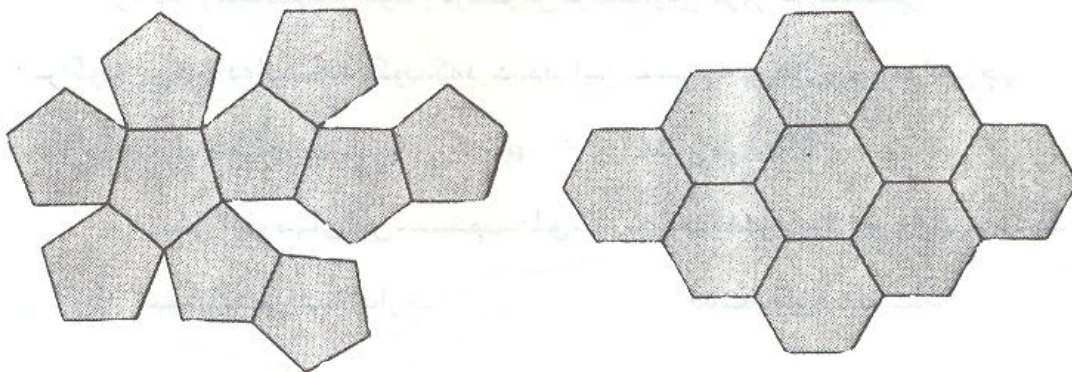
در یکی از فرمهای این سیستم متعلق به رده رمبوهدری یک لوزی وجهی تشکیل می شود که شبیه مکعبی است که از جهت یکی از اقطار کشیده شده باشد. (شکل ۷-۲)



Rhombohedral
 $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ;$
 $a = b = c$

شکل ۷-۲ سلول واحد رمبوهدری سیستم هگزاگونال و پارامترهای آن

تعداد بیشماری از سلولهای واحد متعلق به هر یک از این شش سیستم میتوانند در سه جهت فضائی در کنار هم قرار بگیرند و فضا را پر کنند. به طوری که از کنار هم چیده شدن این سلولها فضای خالی باقی نماند. این مساله یکی از شرطهای تشکیل سیستم های بلوری است. مثلاً می بینیم که سیستم پنج وجهی و یا هفت وجهی نداریم زیرا همان گونه که در شکل ۲-۸ مشاهده می شود از کنار هم قرار گرفتن این سلولها فضا پرنمی شود.



شکل ۲-۸ - چگونگی قرار گرفتن سلولهای واحد شش وجهی و پنج وجهی

۲-۲- چهارده شبکه ی بر اوه










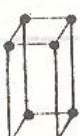




ضمن آشنائی با شش سیستم تبلور دیدیم که در این سلولها اتمها و یا اجزاء تشکیل دهنده سلولها فقط در رئوس و گوشه ها قرار دارند. گاهی تعداد دیگری از این اجزاء در مرکز سلول و یا در روی سطوح بعضی از این سلولهای اولیه قرار می گیرند. به طوری که ثوابت شبکه ای و وضعیت تقارنی آنها تغییر نمی کند.

بر اوه دانشمند فرانسوی در سال ۱۸۴۸ ثابت کرد که با اضافه شدن نقاط یا گره هائی به مرکز سلول و یا به مرکز بعضی از سطوح آن، هفت سلول جدید ایجاد می شود که با هفت سلول اولیه ، جمعا ۱۴ شبکه را به وجود می آورد.

در جدول شماره ۱ شبکه های اولیه هر سیستم و شبکه هائی که در اثر اضافه شدن گره ها و یا تمها به هر کدام از آنها حاصل می شود ، آمده است . این چهارده شبکه به نام شبکه های بر اوه معروف هستند.

برای مثال یک سلول واحد شبکه مکعبی ساده یا اولیه را در نظر می گیریم ، حال اگر به مرکز این سلول اولیه یک گره یا اتم اضافه شود، سلول حاصل مربوط به شبکه مکعبی مرکزدار خواهد بود و حال اگر در مرکز هر یک از سطوح جانبی یک اتم قرار گیرد ، شبکه مکعبی سطوح مرکز دار ایجاد می شود.

در سلول واحد بعضی از سیستمهائی که حالت منشوری و کشیده دارند نظیر ارتورمبیک ، هگزاگونال و منوکلینیک، اتمها در مرکز دو سطحی که قاعده نامیده می شوند قرار می گیرند و در این صورت شبکه های قاعده مرکزدار سیستم مربوط را ایجاد می کنند.

	ساده Primitive	فا عده های مرکز دار Base Centred	مرکز دار Body Centred	سطوح مرکز دار Face Centred
تری کلینیک Triclinic				
مونو کلینیک Monoclinic				
هکزاگونال Hexagonal				
رمبهدرال Hexagonal هکزاگونال				
ارتورمبیک Orthorhombic				
تتراگونال Tetragonal				
مکعبی Cubic				

جدول شماره ۱ - شبکه های براوه

۲-۲- تعیین موقعیت اتمها، جهات و سطوح در شبکه های بلورین

در بخشهای قبلی دیدیم که ساختمان بلورین از تکرار نامتناهی اجزاء سازنده بلور (اتمها، یونها و...) در سه جهت فضائی ایجاد می شود. در مطالعه بلورها مواردی پیش می آید که لازم است به اتمها، جهات، یالها و یا سطوح بخصوصی اشاره شود. برای مشخص کردن این اجزاء معمولاً "موقعیت آنها را نسبت به محورهای بلورشناسی شبکه ی مورد نظر پیدا می کنیم. در اینجا درباره نحوه مشخص کردن موقعیت هر یک از این اجزاء توضیحاتی داده می شود.

الف: پیدا کردن موقعیت یک گره یا یک اتم

برای رسیدن به موقعیت یک گره یا یک اتم تصویر این نقطه را بر روی محورهای کریستالوگرافی پیدا میکنیم . و به عنوان مختصات آن نقطه بیان می کنیم . مثلاً در شکل ۹-۲ الف ، مختصات نقطه P ، بر روی سه محور X ، Y ، Z با فرمول $op = xa+yb+zc$ مشخص می شود که x, y, z اعداد صحیح و ضرایب تکرار تناوب a و b و c در سه جهت کریستالوگرافی هستند تا مختصات نقطه p را بیان نمایند.

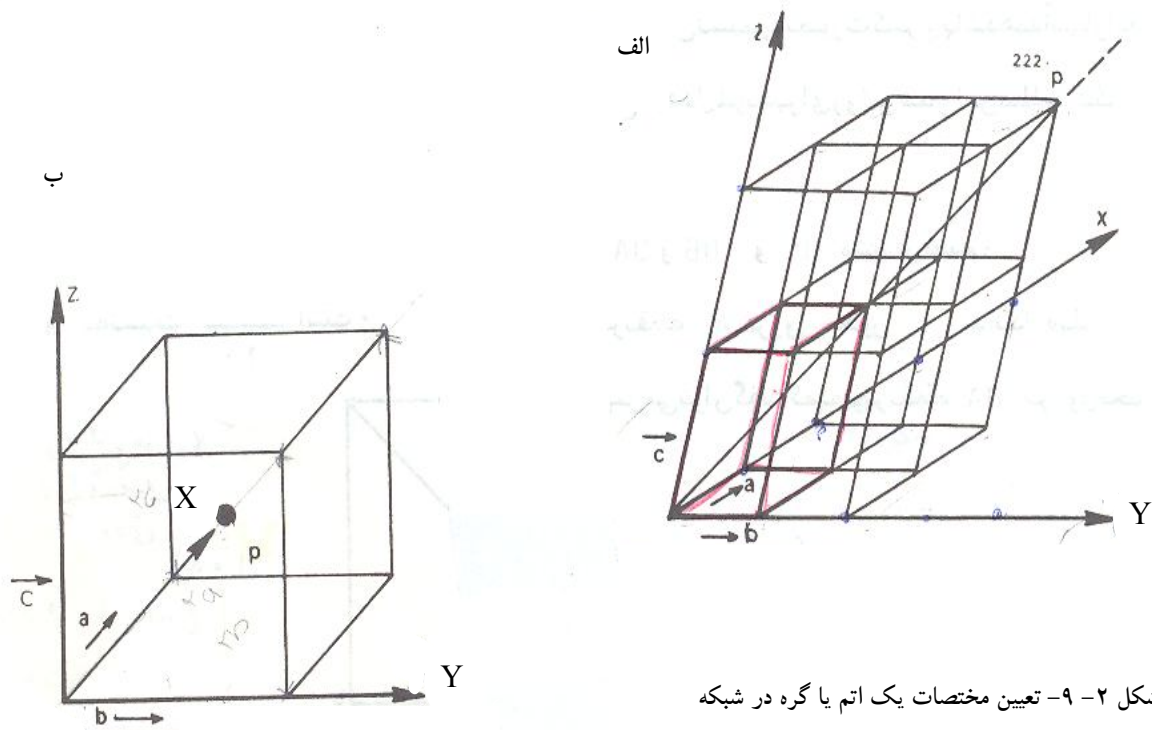
مثلاً در این شکل تصویر نقطه p بر روی محورهای x, y, z با اعداد I, II, III مشخص شد. همانگونه که می بینیم تصویر نقطه p بر روی محور x در نقطه a قرار دارد.

همچنین تصویر این نقطه بر روی محور y در نقطه b و بر روی محور z بر روی c قرار دارد. یعنی می توان گفت ضرایب x, y, z در فرمول بالا برابر ۲ است یعنی $op = 2a+2b+2c$.

گاهی تصویر نقطه مورد نظر یک یا همه این محورها را به نسبت کسری از بردارها قطع میکند ، مثلاً مختصات اتم

مرکزی یک مکعب مرکز دار به صورت روبرو است . (شکل ۹-۲ ب).

$$op = \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}b + \frac{1}{2}c$$



شکل ۹-۲ - تعیین مختصات یک اتم یا گره در شبکه

الف - اتم p در راس قرار دارد .

ب - اتم p در مرکز یک مکعب قرار دارد .

ب- تعیین موقعیت جهات کریستالی

این جهات شامل یالها و یا هر خط مستقیم جهت داری می شود که حداقل دو اتم و یا دو گره بر روی آن قرار داشته باشد. برای مشخص نمودن هر جهت مورد نظر تصویر آن را بر سه محور a و b و c رسم می کنیم و سپس تعیین می کنیم که تصویر فوق چه نسبتی از طول هر محور است. آنگاه نسبتهای u به دست آمده را به صورت $[u, v, w]$ می نویسیم که u مربوط به محور a و v مربوط به محور b و w مربوط به محور c است. u و v و w اعداد صحیح مثبت و یا منفی هستند و می توان آنها را به یک نسبت کوچک و یا بزرگ نمود.

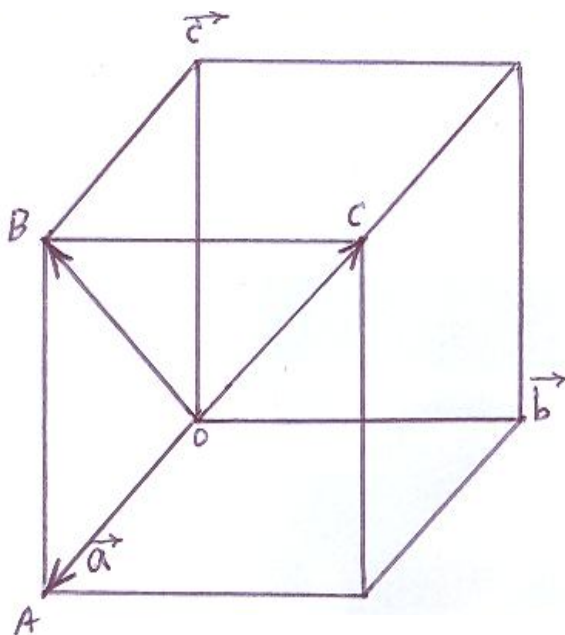
لازم به توضیح است که در صورتی که هر یک از این نسبتها به صورت کسری باشد، همه آنها را به یک نسبت بزرگ می کنیم تا به اعداد صحیح تبدیل شوند. برای روشن شدن این مطلب شکل ۲-۱۰ را در نظر می گیریم.

در اینجا می خواهیم موقعیت سه جهت OA و OB و OC را مشخص کنیم.

ابتدا OA را در نظر می گیریم. تصویر نقطه A بر روی محور a به اندازه یک تناوب a از شبکه را در بر می گیرد پس می توان گفت که تصویر نقطه OA بر روی محور a به نسبت $\frac{1}{1}$ است.

تصویر بردار OA بر روی محور b بر مبداء محورها منطبق و به عبارت دیگر تصویر OA بر روی محور b به نسبت $\frac{0}{1}$ یا صفر است. همچنین تصویر OA بر روی محور c نیز بر مبداء محورها منطبق شده و به نسبت $\frac{0}{1}$ بر این محور

منطبق می شود. پس می توان موقعیت بردار OA و یا یال OA را به صورت $[100]$ مشخص نمود.



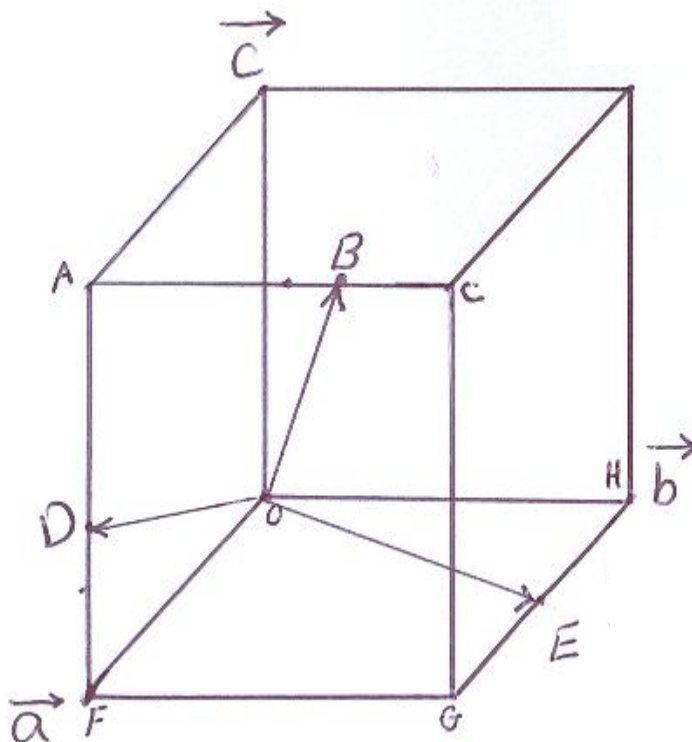
شکل ۲-۱۰- نمایش جهات OA ، OB ، OC در یک شبکه بلورین

به همین ترتیب موقعیت بردار OC را می توان به صورت [۱۱۱] و بردار OB را به صورت [۱۰۱] نمایش داد.

حال گاهی تصاویر جهات به نسبت های کسری بر روی محورهای بلورشناسی منطبق می شوند، مثلاً در شکل ۲-۱۱

با توجه به مقادیر داده شده $GE = EH$ $AD = 2DF$ $AB = 2BC$

موقعیت بردار OD را به صورت زیر تعیین می کنیم



شکل ۲-۱۱- نمایش جهات OD ، OB ، OE در یک شبکه بلورین

۱- تصویر OD بر محور a به نسبت $\frac{1}{1}$ است.

۲- تصویر OD بر محور b به نسبت $\frac{0}{1}$ است.

۳- تصویر OD بر محور c به نسبت $\frac{1}{3}$ است.

پس موقعیت بردار OD را می توان بصورت $[10 \frac{1}{3}]$ نشان داد که با ضرب کردن این نسبت ها در عدد ۳، به صورت صحیح [۳۰۱] در می آید.

و به همین ترتیب، موقعیت OB بصورت $[\frac{1}{1} \frac{2}{3} \frac{1}{1}]$ و یا [۳،۲،۳] نشان داده می شود و موقعیت OE

به صورت موقعیت $[\frac{1}{2} \frac{1}{1} \frac{0}{1}]$ و یا [۱،۲،۰] نشان داده می شود.

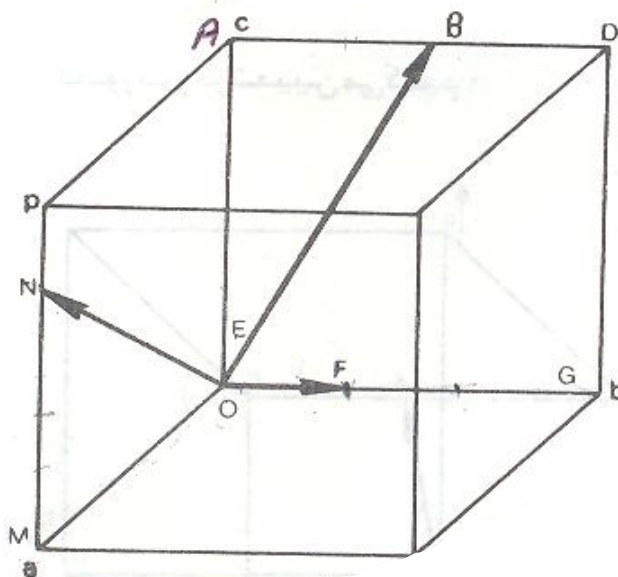
حال با توجه به مطالب فوق در شکل ۲-۱۲ با توجه به مقادیر داده شده، موقعیت هر یک از جهات OB و ON و

OF را مشخص می کنیم.

$EF = FG$

$MN = 2PN$

$AB = 2BD$



شکل ۲-۱۲- نمایش جهات OB ، OF ، ON در یک شبکه بلورین

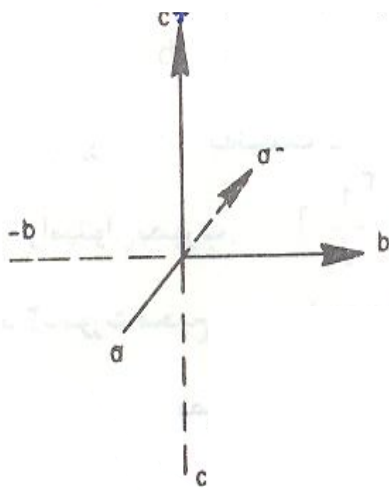
$OB = [0\ 2\ 3]$

$OF = [0\ 1\ 0]$

$ON = [3\ 0\ 2]$

حاصل چنین است :

محورهای بلورشناسی نیز مانند محورهای ریاضی دارای جهات مثبت و منفی هستند بدین صورت که قرینه هر یک از امتدادها نسبت به مبداء، جهت منفی آنها است (شکل ۲-۱۳).

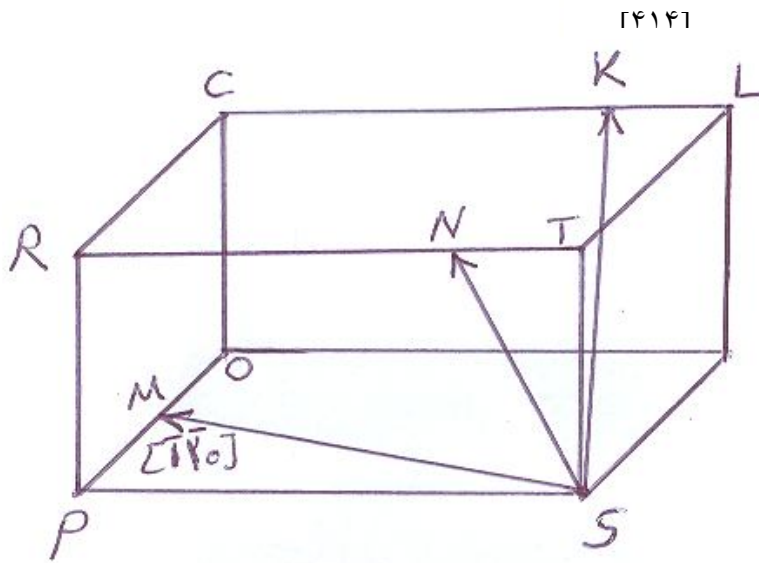


شکل ۲-۱۳- جهات محورهای بلورشناسی و علامت آنها

با توجه به این مساله هرگاه جهت مورد نظر در قسمت منفی هر یک از محورها قرارگیرد، نسبت مربوط به آن محور منفی، علامت - خواهد داشت. به شکل ۲-۱۴ توجه کنید.

در این واحد سلولی با توجه به مبداء S جهات خواسته شده در سمت و مثبت محور c و در سمت منفی محورهای a و b قرار دارد. لذا موقعیت هر یک از جهات به صورتی که دیده می شود، به دست می آید.

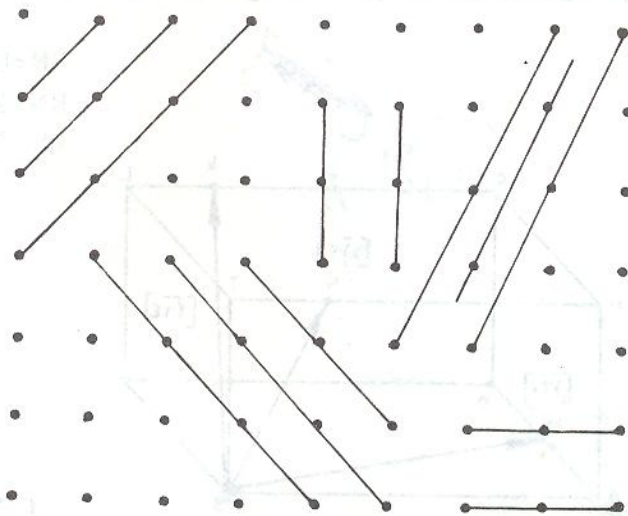
$PM = MO$
 $RN = NT$
 $CK = 3KL$



شکل ۲-۱۴ - نمایش نسبت‌های محوری منفی برای جهات SK, SM, SN

ج - تعیین موقعیت صفحات و اندیس گذاری صفحات به روش میلر

می دانیم که شبکه بلورین حاصل از تکرار نامتناهی گره ها و اتمهای سازنده بلورها است و همچنین می دانیم حداقل سه نقطه که بر روی یک خط قرار نداشته باشند، یک سطح را به وجود می آورند پس در داخل یک شبکه بلورین می توان یک سری سطوح متوازی را در جهات مختلف در نظر مجسم کرد که اتمها بر روی آنها قرار دارند. در شکل ۲-۱۵ نقاط شبکه منوکلینیک در جهت عمود بر محور C نشان داده است. هر یک از خطوط نشان دهنده یک سطح هستند. همان گونه که مشاهده می شود، دسته های سطوح متفاوتی را می توان برای این شبکه در نظر گرفت. دو سری از این سطوح به موازات یکدیگر و به فاصله های مساوی از یکدیگر قرار دارند، این فاصله با علامت d نشان داده می شود.



شکل ۲-۱۵ - تصویر یک شبکه منوکلینیک و سطوح شبکه ای آن در جهت عمود بر محور C

مقدار d برای سریهای سطوح مختلف و در شبکه های کانیهای مختلف متفاوت است و به همین دلیل با تعیین مقدار d در سطوح شبکه ای کانیهای مختلف می توان آنها را از یکدیگر تشخیص داد. تشخیص کانی ها به روش پرتو X نیز بر همین مبنا قرار دارد. همان طور که برای مشخص کردن آنها و یالها در شبکه بلورین موقعیت آن ها را نسبت به محورهای بلورشناسی تعیین می کردیم، تعیین موقعیت سطوح شبکه ای نیز دارای اهمیت زیادی است. بدین منظور ابتدا باید معلوم شود که هر دسته از این سطوح به چه نسبتی محورهای بلورشناسی را قطع می کنند و یا به عبارتی در طول بردار هر یک از محورها چه تعدادی از این سطوح موازی قرار می گیرند.

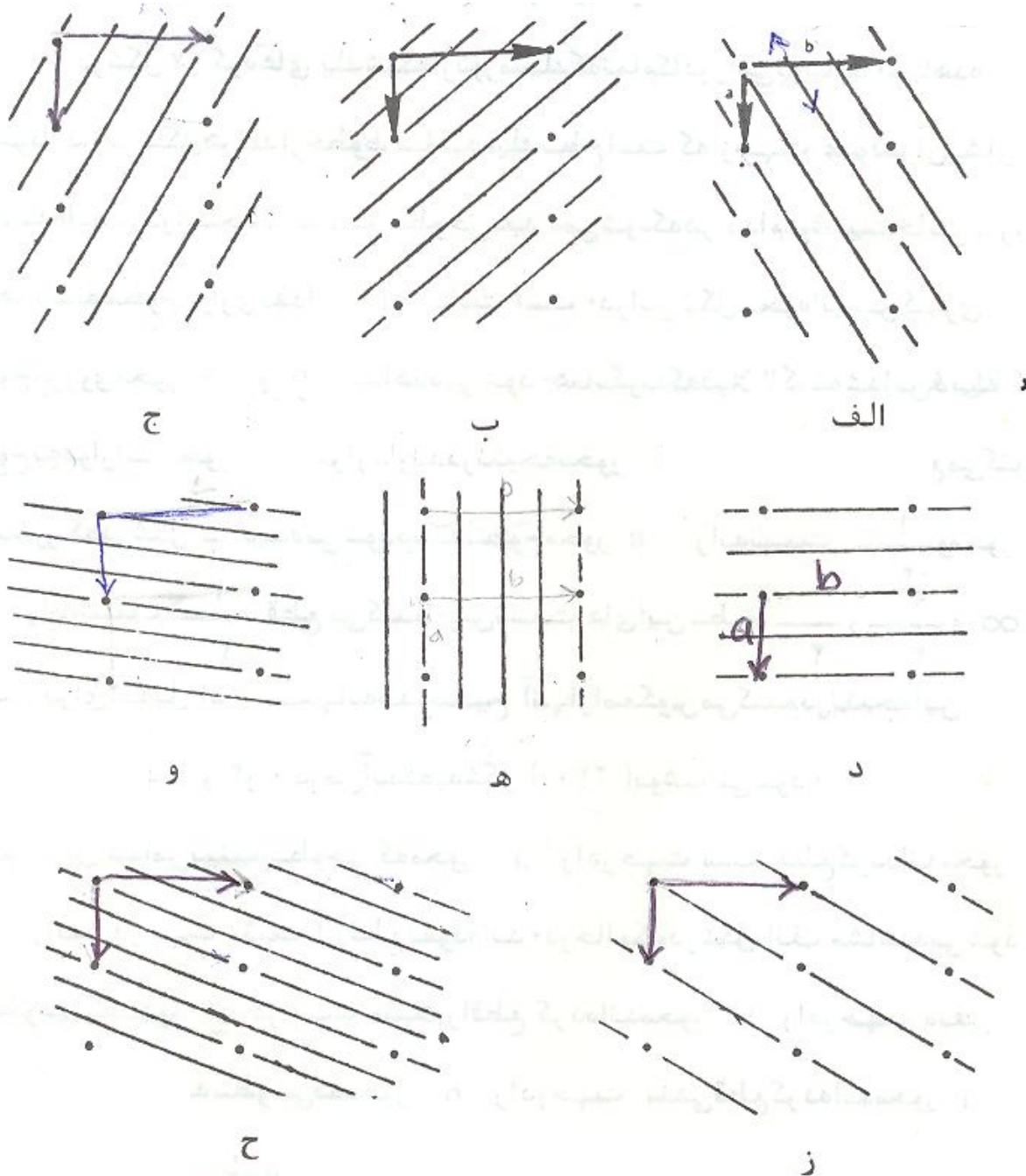
در سال ۱۸۳۹ دانشمندی به نام میلر برای مشخص کردن و اندیس گذاری صفحات شبکه ای روشی را پیشنهاد نمود. در این روش ابتدا باید مشخص کنیم که هر دسته از سطوح شبکه ای به چه نسبتی محورهای بلورشناسی را قطع می کنند. نسبت های فوق را داخل یک پرانتز و به صورت (h, k, l) نشان می دهند به طوری که h نسبت محور a ، k نسبت محور b و l نسبت محور c را نشان می دهند. عکس این نسبت ها را اندیس میلر سطح مورد نظر می نامند. h, k, l و مقادیر عددی صحیح مثبت و یا منفی هستند.

حال به نحوه تعیین موقعیت سطوح مختلف در بلورها و اندیس گذاری آن ها می پردازیم.

در شکل ۲-۱۶ گره های یک شبکه ارتورمبیک که تمام کادر را می پوشاند، مشاهده می شود. در این شکل هر یک از خطوط نماینده یک سطح است که از جهت عمود بر آن نشان داده شده است و در نتیجه دستجات سطوحی دیده می شوند که هر کدام موقعیت خاصی دارند و در هر دسته سطوح موازی، مقدار d ثابت است. در این شکل نحوه اندیس گذاری سطوح بر روی محور a و b مشاهده می شود. همان گونه که قبلاً گفته شد این دسته سطوح به موازات محور c قرار دارند، در نتیجه محور c را در بینهایت قطع می کنند. همان طور که در شکل ۲-۱۶ دیده می شود، دسته سطوح محور a را به نسبت $\frac{1}{2}$ و محور b را به نسبت $\frac{1}{3}$ قطع می کنند. پس نسبت های این سطوح $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \infty$ است، برای تبدیل این نسبتها به عدد صحیح آنها را معکوس می کنیم در نتیجه این نسبت ها به صورت $2, 3, 0$ درمی آید که به شکل (230) نوشته می شود.

در این شکل شما می بینید سطوحی که محور a را در جهت مثبت قطع کرده اند، محور b را نیز در جهت مثبت آن قطع نموده اند در حالی که در شکل الف مشاهده می شود که سطوحی که محور a را در جهت مثبت قطع کرده اند، محور b را در جهت منفی قطع می کنند و یا دسته سطوحی که محور b را در جهت منفی قطع کرده اند، محور a

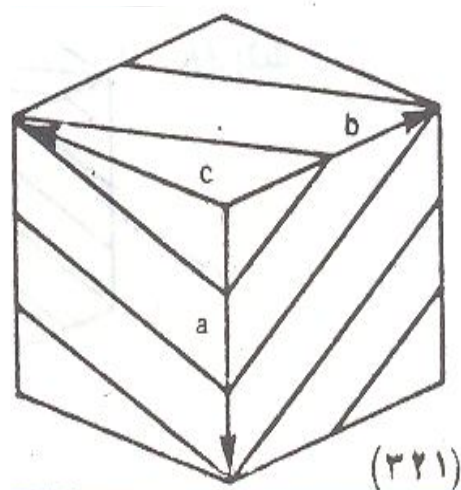
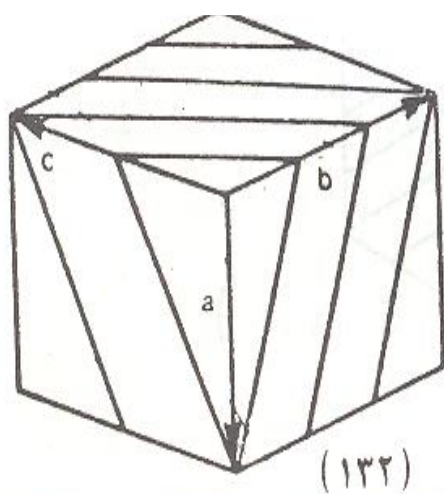
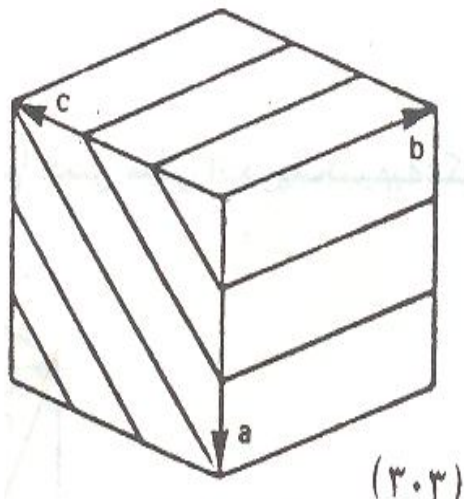
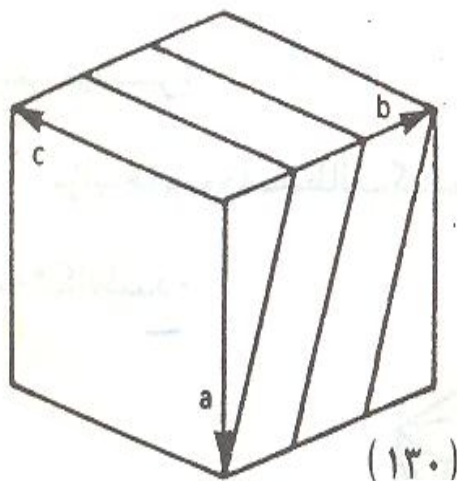
را در جهت مثبت آن قطع می کنند. اندیسه‌های سطوح شکل الف به صورت زیر نوشته می شود: (۱۳۰) در شکل هـ شما دسته سطوحی را مشاهده می کنید که علاوه بر آنکه با محور c موازی هستند، با محور b و یا a نیز موازی هستند. این سطوح در شکل د به صورت زیر است (۲۰۰).



شکل ۲-۱۶ - گره های یک شبکه ارتورمبیک

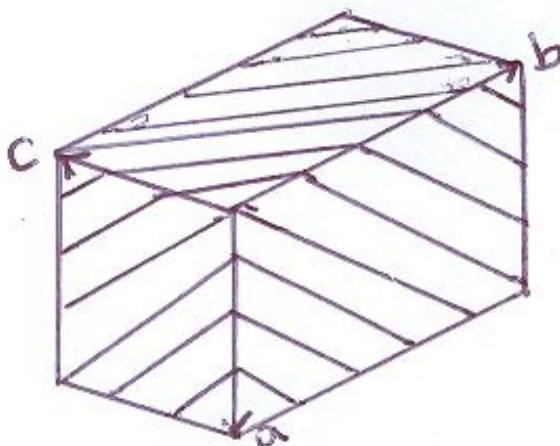
در قسمت قبلی سطوحی را اندیس گذاری کردیم که به موازات یک یا دو محور بلورشناسی قرار داشتند. حال با توجه به آموخته های قبلی دسته سطوحی را در نظر می گیریم که هر سه محور بلورشناسی را به نسبت های مختلف قطع می کنند.

در اینجا نیز به ترتیب نسبت‌های مربوط به محور a, b, c و جهت آنها را محاسبه می‌کنیم و سپس به صورت $(h k l)$ می‌نویسیم. در شکل ۲-۱۷ دستجات سطوح مربوط به یک سلول واحد مشاهده می‌شود. با توجه به محورهای بلورشناسی رسم شده، اندیس هر دسته از سطوح مشخص شده است. در این شکل مشاهده می‌شود که اندیس‌های سطوح همگی مثبت هستند.



شکل ۲-۱۷-اندیس گذاری سطوح بلورین که هر سه محور بلورشناسی را در جهت مثبت قطع کرده اند.

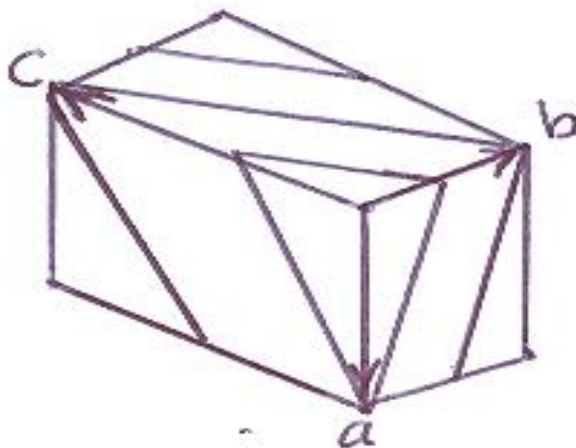
حال به شکل ۲-۱۸ توجه کنیم. در اینجا می‌بینیم که سطوحی که محور a را در جهت مثبت قطع می‌کنند، محور b و c را در جهت منفی قطع می‌کنند و یا به عبارتی سطوحی که محور b و c را در جهت مثبت قطع می‌کنند، محور a را در جهت منفی آن قطع می‌کنند پس اندیس این سطوح را می‌توان به شکل زیر نوشت $(\bar{3} \bar{2} \bar{1})$.



شکل ۲-۱۸- اندیس گذاری سطوح بلورین که محورهای بلور شناسی را در جهات مثبت و منفی قطع کرده اند.

۲-۶- اندیس میلر

در اینجا با توجه به مطالب گذشته می خواهیم اندیس میلر را تعریف کنیم. به شکل ۲-۱۹ نگاه کنید. در این شکل می بینیم که اندیس دسته سطوح موجود در این شکل (۱۲۲) است. با مشخص کردن یکی از این سطوح می بینیم که این سطوح محور a را به طور کامل قطع کرده است و محور b و c را به نسبت $\frac{1}{2}$ قطع کرده است.

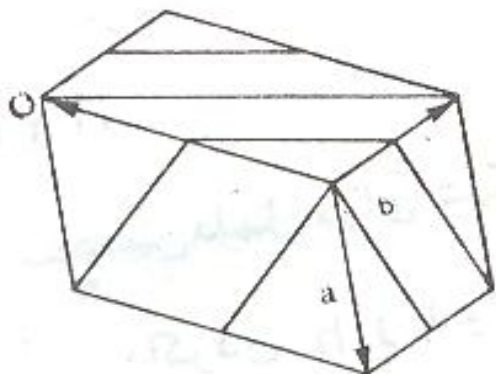


شکل ۲-۱۹- نحوه تعیین اندیس میلر سطوح بلورین

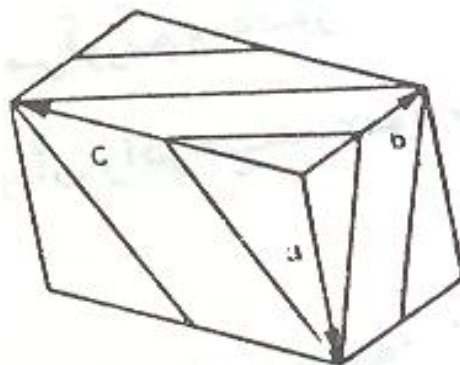
با مقایسه این نسبت ها و اندیس میلر سطوح مزبور می گوئیم " اندیس میلر هر سطح عبارت است از عکس نسبت قطع شده از هر یک از محورهای a ، b و c توسط آن سطح " که ضریب مربوط به محور a را با علامت h و ضریب مربوط

به محور b را با علامت k و ضریب مربوط به محور c را با علامت l نمایش می دهیم و اندیس یک سطح را با علامت (hkl) نشان می دهیم.

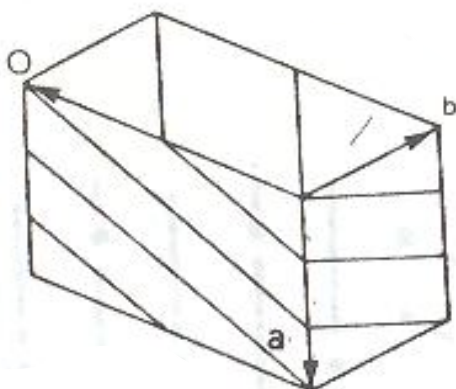
حال با توجه به مثالهای داخل متن، سطوح موجود در واحدهای سلولی زیر (شکل ۲-۲۰) را اندیس گذاری کنید.



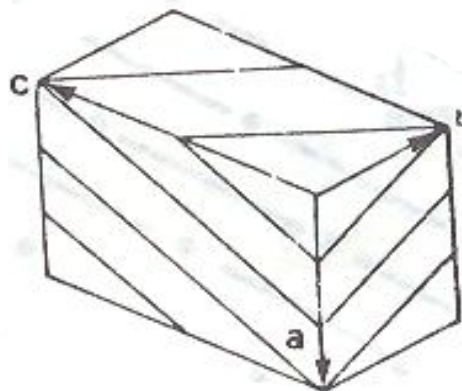
ب



الف



د



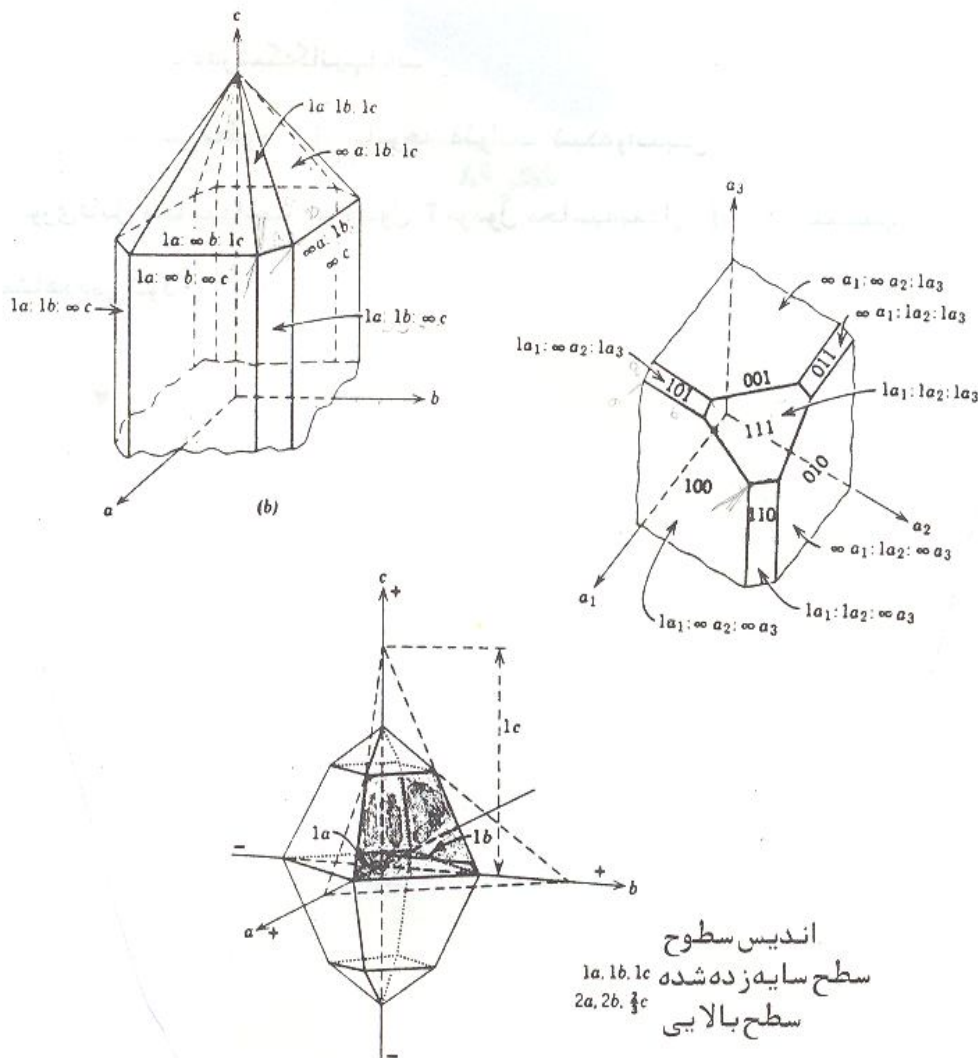
ج

شکل ۲-۲۰

در شکل الف، سطوح مورد نظر، a را به نسبت $\frac{1}{1}$ و b را به نسبت $\frac{1}{1}$ و c را به نسبت $\frac{1}{2}$ قطع کرده اند. پس اندیس آن (112) می شود. اندیس سطوح شکل ج (312) است. در شکل ب، سطوحی که محور c و b را در جهت مثبت قطع کرده اند، محور a را در جهت منفی قطع کرده اند و اندیس آنها به صورت (122) است. اندیس سطوح شکل (د) به صورت (312) است.

۲-۵ - اندیس گذاری سطوح بلورها

می دانیم که سلولهای واحد هر شبکه ی بلورین ، نمایانگر شکل کلی آن بلور است . از طرفی می دانیم که سطوح خارجی محدود کننده بلور نیز از سطوح شبکه ای بلور به حساب می آید و می توان اندیس آنها را مشخص نمود. برای تعیین اندیس سطوح خارجی یک بلور، مرکز آن بلور را به عنوان مبداء محورها ی بلورشناسی در نظر می گیریم و جهت محورها را بر روی آن مشخص می کنیم. آنگاه موقعیت هر یک از سطوح را نسبت به این سه محور پیدا می کنیم و براساس آن اندیس سطح مربوط را مشخص می کنیم. در شکل ۲-۲۱ چگونگی انتخاب محورها و تعیین اندیس سطوح در ۳ بلور مختلف نشان داده شده است .



شکل ۲-۲۱ - اندیس سطوح خارجی در بلورهای مختلف

فصل سوم : قوانین بلورشناسی

در بخشهای قبلی دیدیم که تکرار منظم اجزاء ساختمانی بلورها به ایجاد سطوح خارجی محدود کننده ای منجر می شود و سطوح خارجی هر بلور رابطه مشخص و قانونمندی با یکدیگر دارند. قوانین و روابطی که بین سطوح خارجی یک بلور حاکم است، به نام "قوانین بلورشناسی" نامیده می شود که مهمترین آنها "اصل ثابت بودن زوایای دو سطحی" و "اصل تقارن" و "قانون مناطق" است.

۱-۳- اصل ثابت بودن زوایای دو سطحی

در بخش اول به طور مختصر راجع به این اصل صحبت شده است و در این قسمت همراه با توضیحات بیشتر نحوه اندازه گیری این زاویه ها و دستگاههای مربوط به آن و همچنین استفاده از این زوایا در بلورشناسی بحث می شود. چون ساختمان شبکه ای و در نتیجه شکل خارجی بلور تحت تاثیر ترکیب شیمیائی ماده متبلور است.

لذا در بلورهای یک ماده شیمیائی معین، موقعیت سطوح شبکه ای متراکم که سطوح خارجی را می سازند، ثابت و مخصوص به همان ماده اولیه است و در نتیجه در یک کانی مخصوص، زوایای بین این سطوح معین همواره ثابت است.

اندازه زوایای بین سطوح به شکل و یا اندازه سطوح بستگی ندارد و هرگاه بلورهای مختلفی از یک کانی را مطالعه کنیم، مشاهده می شود که حتی اگر شکل ظاهری این بلورها متفاوت باشد، اندازه زاویه بین سطوح معین همواره ثابت می ماند.

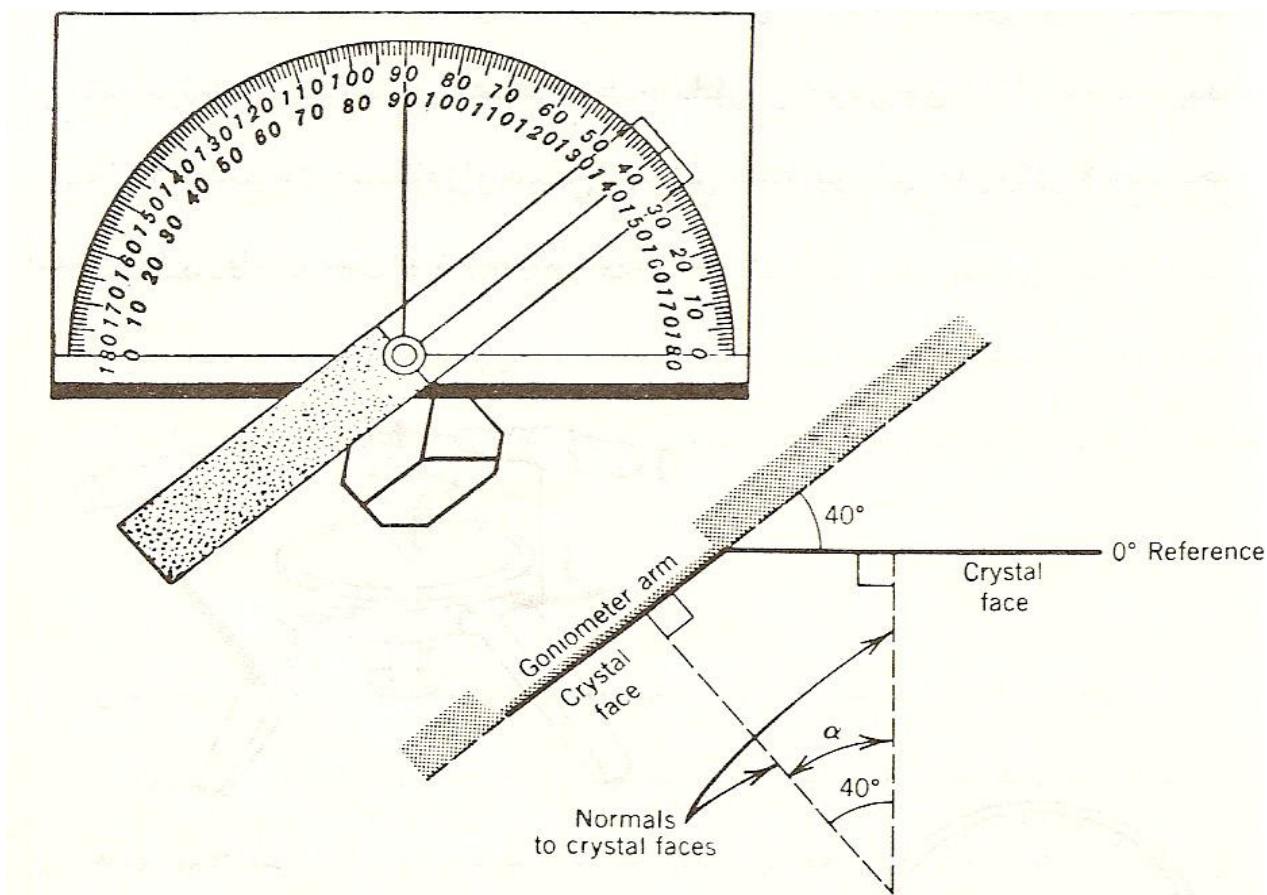
در اندازه گیری زاویه بین دو سطح، معمولاً "مکمل زاویه موردنظر را اندازه گیری می کنند. اگر از مرکز بلور دو عمود فرضی بر دو سطح مورد نظر رسم شود، زاویه ی مرکزی بین این دو عمود، معادل مکمل زاویه بین دو سطح است که اندازه گیری می شود. به شکل ۱-۳ توجه کنید.

انواع زاویه سنج :

برای اندازه گیری زوایای دو سطحی از دستگاهی به نام زاویه سنج یا گونیومتر استفاده می شود که در این جا دو نوع زاویه سنج و اساس کار آنها شرح داده می شود.

ساده ترین نوع زاویه سنج که در بلورهای درشت قابل استفاده است ، زاویه سنج تماسی (دستی) است. در این نوع زاویه سنج یک بازوی متحرک در مقابل یک صفحه نیم دایره مدرج (۱۸۰-۰) حرکت می کند. (شکل ۱-۳-ب). مطابق شکل یکی از سطوح مورد نظر را بر بازوی دستگاه و سطح دیگر را بر لبه ی صفحه نیم دایره ، تماس می کنیم.

آن گاه زاویه مقابل بازو را قرائت می کنیم



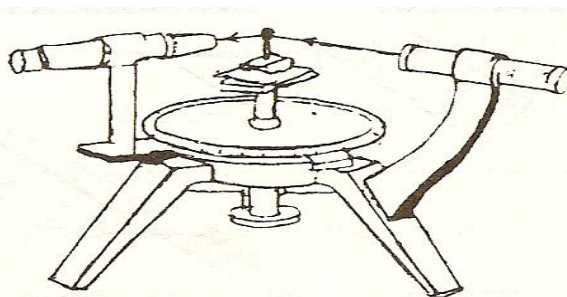
الف - نحوه اندازه گیری زاویه بین دو سطح
 ب - يك زاویه سنج تماسی

شکل ۱-۳

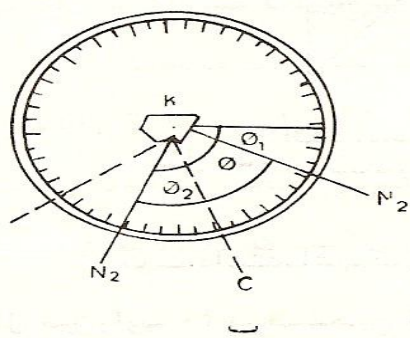
توجه داشته باشید که زاویه مکمل زاویه بین دو سطح قرائت شده می باشد. مثلاً در شکل فوق زاویه ۴۰ درجه صحیح است نه زاویه ۱۴۰ درجه ، به عبارتی این زاویه ، زاویه بین عمودهای وارد بر دو سطح فوق است .

نوع دیگری زاویه سنج وجود دارد که نسبت به نوع اول دقت بیشتری داشته و به نام زاویه سنج انعکاسی معروف است. زاویه سنج های انعکاسی در دو نوع یک دایره ای و یا دو دایره ای هستند. که در اینجا تنها به نحوه کار با زاویه سنج انعکاسی یک دایره ای پرداخته می شود.

زاویه سنج انعکاسی یک دایره ای از یک دایره مدرج تشکیل شده است که حول یک محور قائم و در مقابل یک ورنیه می چرخد. بلور مورد آزمایش توسط یک پایه در وسط این دایره قرار می گیرد، همچنین یک لوله (کلیماتور) که اشعه نورانی به جسم می تاباند و یک دوربین برای مشاهده سطوح بلورین نیز در روی پایه ای نصب شده است. در شکل های زیر (۳-۲-الف) یک دستگاه زاویه سنج انعکاسی یک دایره ای و (۳-۲-ب) نحوه اندازه گیری زوایای بین دو سطح مشاهده می شود.



الف



ب

N_1 و N_2 عمودوار دبر سطوح

ϕ = زاویه بین دو سطح

الف - یک دستگاه زاویه سنج انعکاسی یک دایره ای

ب - طرز اندازه گیری زوایای دو سطحی با زاویه سنج انعکاسی یک دایره ای

برای اندازه گیری زوایای دو سطحی با زاویه سنج انعکاسی یک دایره ای بلور را بر روی پایه ای که در مرکز دایره قرار دارد، به طوری قرار می دهیم که یال مشترک بین دو سطح به موازات محور دایره قرار بگیرد. حال دایره را در مقابل منبع نوری می چرخانیم و از درون دوربین مشاهده می کنیم تا زمانی که پرتو نورانی بر یکی از سطوح بتابد و بازتاب آن از طریق دوربین به چشم ما برسد، در این حالت عدد مقابل ورنیه را یادداشت می کنیم. حال

مجدداً دایره را می چرخانیم تا نور به سطوح دوم برسد و بازتاب کند، زاویه بازتاب سطوح دوم را نیز یادداشت می کنیم و با محاسبه اختلاف این دو مقدار به دست آمده، زاویه ϕ (زاویه بین دو سطح) به دست می آید (شکل ۳-۲-ب)

۳-۲- اصل تقارن

یکی دیگر از قوانین بلور شناسی قانون یا اصل تقارن است. هر گاه یک بلور را که شکل نسبتاً منظمی دارد در دست بگیریم، متوجه می شویم که بعضی از سطوح، یاها و گوشه های این بلور به یکدیگر شبیه هستند و با دقت بیشتر متوجه می شویم که این اجزا هم شکل با نظم مشخصی تکرار می شوند. تکرار منظم اجزاء خارجی بلور که آنها را موتیف یا (طرح الگوئی) نیز می گویند،

به دلیل اثر عوامل و یا عناصر تقارنی است. در اینجا عناصر تقارنی را معرفی کرده و تاثیر هر یک از آنها را در ساختمان بلور بررسی می کنیم.

الف-محور تقارن

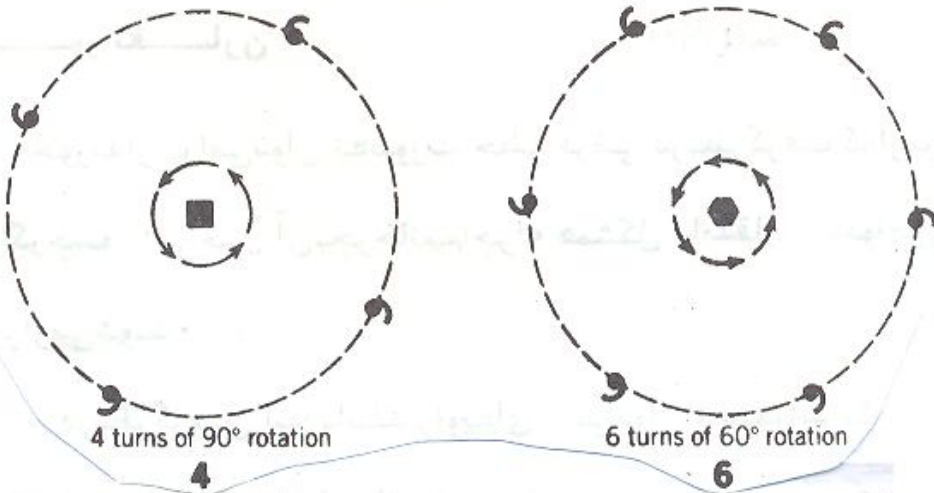
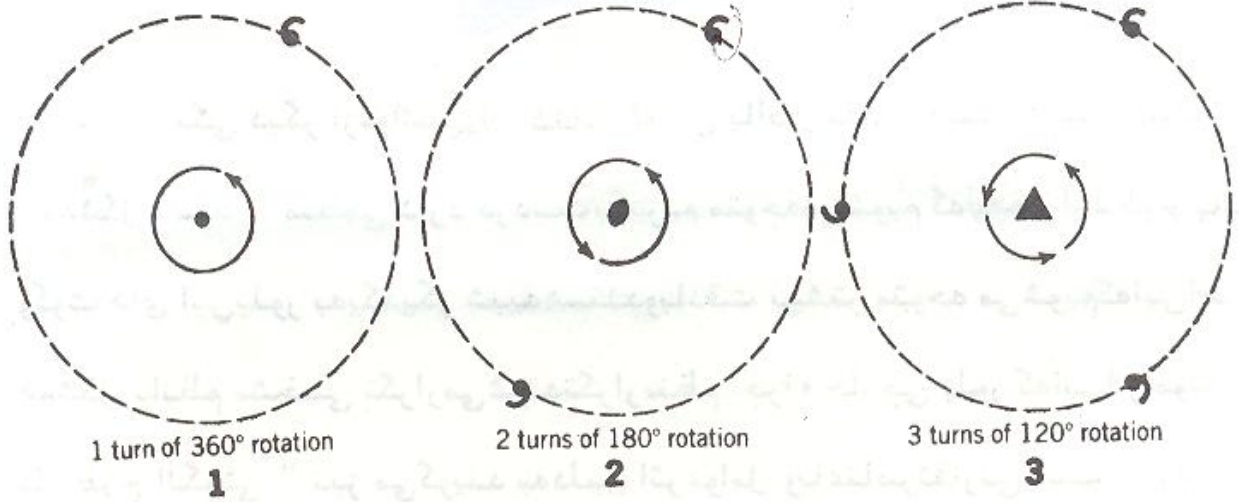
محور تقارن را می توان به صورت خطی فرضی در نظر گرفت که از مرکز جسم می گذرد و اگر جسم را در حول آن بچرخانیم، اجزاء هم شکل یا متقارن به فواصل زاویه ای معینی تکرار می شوند.

با در نظر گرفتن این فاصله زاویه ای می توان تعیین کرد که در دوران کامل جسم به دور این محور (۳۶۰ درجه) اجزاء متقارن چند بار تکرار می شوند و بدین ترتیب مشخص می کنیم که محور تقارن از درجه چند است. مثلاً اگر اجزاء یک جسم در چرخش حول محوری، در هر ۹۰ درجه چرخش یک بار ظاهر شوند، بدیهی است در طول یک دور کامل ۴ بار تکرار می شوند و در این صورت می گوئیم که محور تقارن از نوع درجه ۴ است.

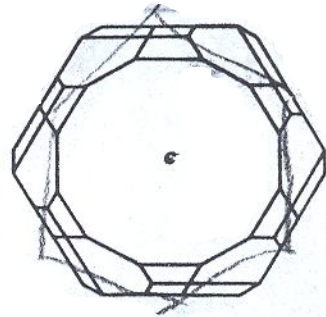
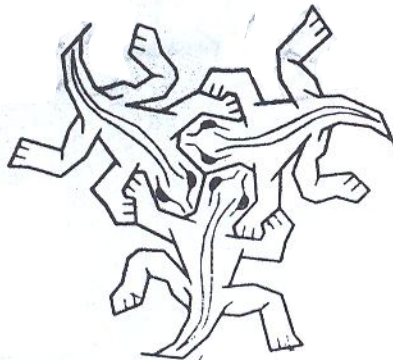
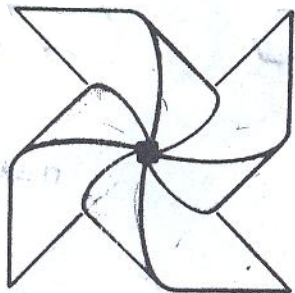
درجه محور تقارن را از رابطه $n = \frac{360}{\alpha}$ به دست می آورند که در این رابطه n درجه محور و α فاصله زاویه ای است. محورهای تقارن فقط از درجه های دو ($\alpha = 180^\circ$)، سه ($\alpha = 120^\circ$)، چهار ($\alpha = 90^\circ$) و شش ($\alpha = 60^\circ$) هستند.

البته گاهی اصطلاح محور درجه ۱ را در مواردی که اجزاء پس از ۳۶۰ درجه دوران تکرار می شوند به کار می برند. در شکل ۳-۳ انواع محورها و شکل قرار گرفتن اجزاء متقارن آورده شده است.

حال با توجه به مطالب بالا، آیا می توانید بگوئید که در هر یک از تصاویر شکل ۳-۴ محور درجه چندم وجود دارد. توضیح اینکه این تصاویر عمود بر محور C در نظر گرفته شده اند.

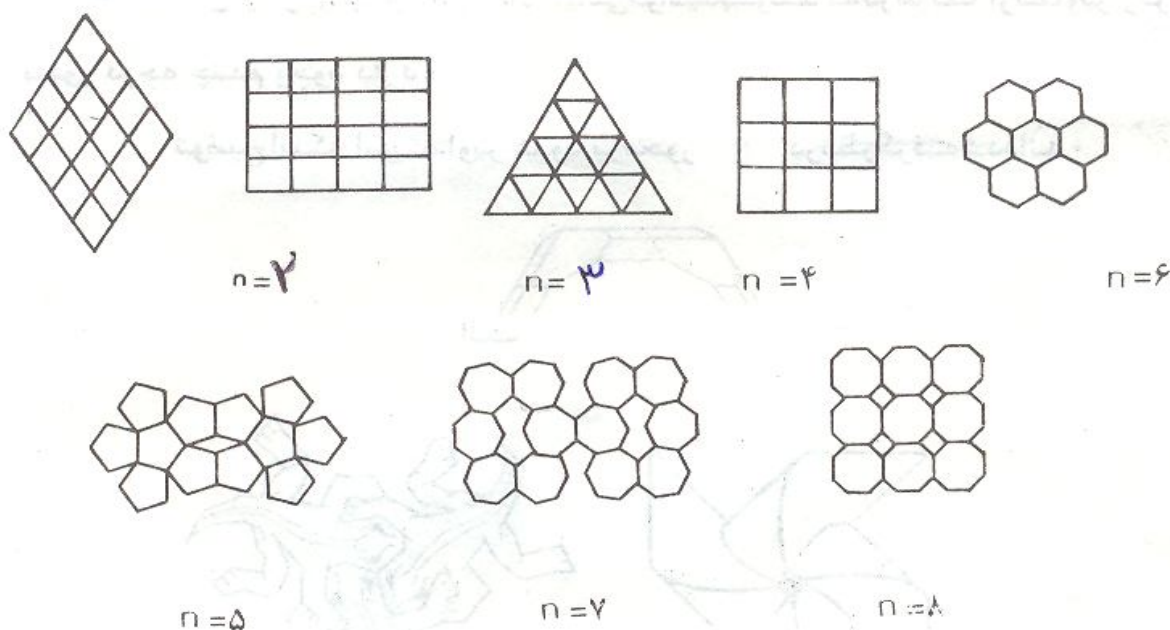


کل ۳-۳ چگونه تعیین درجه محورها و تکرار طرح الگوی در هر کدام از آنها



شکل ۳-۴

علت این که محور تقارن درجه ۵ و بالاتر از ۶ در بلورها وجود ندارد این است که ، سلولهای واحدی که تقارن پنج تایی و یا هفت تایی داشته باشند نمی توانند در کنار یکدیگر قرار بگیرند و فضا را کاملاً پر کنند بلکه در بین آنها همواره فضای خالی باقی می ماند. در شکل ۳-۵ مشاهده می کنیم که از کنار هم قرار گرفتن پنج و هفت و هشت ضلعی ها (که دارای محورهای درجه ۵ و ۷ و ۸ هستند) فضای خالی باقی می ماند. در صورتی که اگر اشکالی که دارای محور تقارن درجه ۲ و ۳ و ۴ و ۶ هستند در کنار هم چیده شوند ، فضای خالی ایجاد نمی شود



ب

شکل الف - نمایش نحوه قرار گرفتن سلولهای هم‌ارزش که دارای

محورهای تقارنی از درجه متفاوت هستند .

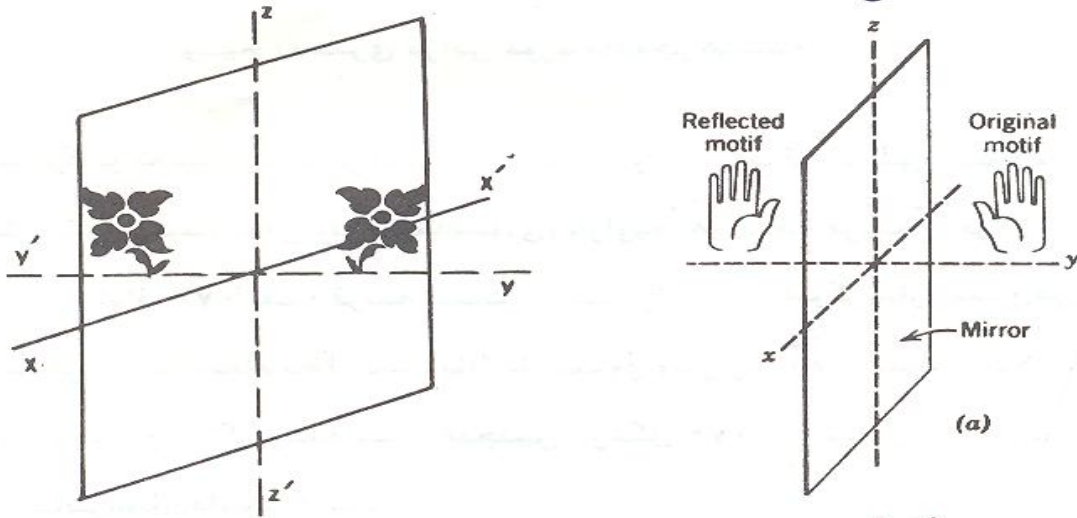
ب- نمایش فضای خالی در بین سلولهای دارای محورهای درجه

پنج و هفت و هشت

ب- سطح تقارن

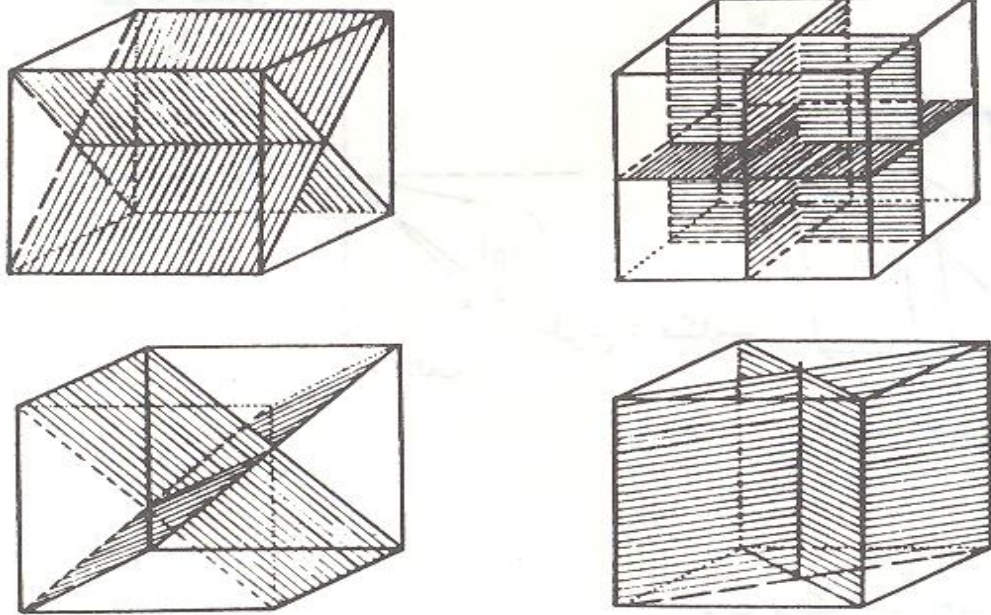
سطح تقارن را می توان مانند آینه ای در نظر گرفت که تصویر اجسام را نسبت به سطح خود قرینه نشان میدهد ، سطوح متقارن نسبت به سطح تقارن حالت دست چپ و راست را دارند. در شکل ۳-۶ دو دست و دو گل نسبت به سطح تقارن یا سطح آینه قرینه یکدیگر هستند.

سطح تقارن یا سطح آینه فریبه یندیتر هسند.



شکل ۳-۶. تکرار اشکال در اثر عملکرد سطح تقارن

تشخیص سطح تقارن در بلورها بسیار آسان است. سطح تقارن را با علامت p و یا m نشان میدهند. گاهی محور تقارن بر سطح تقارن عمود است، این حالت را با علامت $A \perp P$ یا A/m نشان میدهند. در شکل ۳-۷ سطوح تقارن و تاثیر آن بر اجزاء یک جسم مکعبی مشاهده می شود.



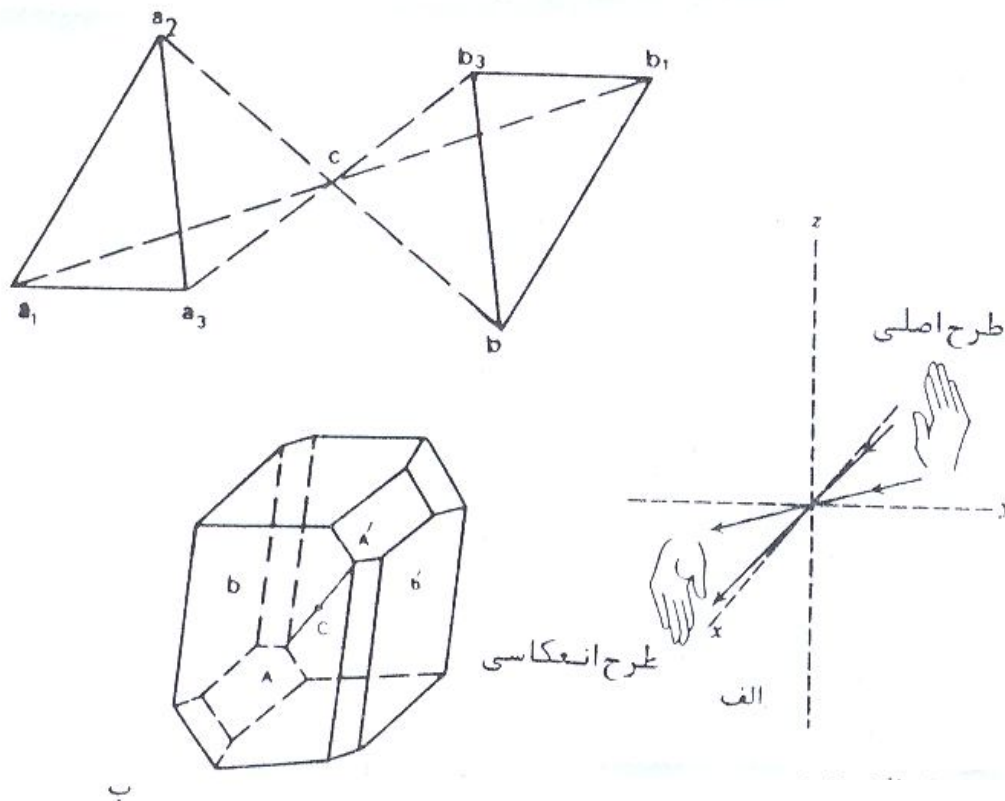
شکل ۳-۷ - تکرار سطوح خارجی یک جسم مکعبی در اثر عملکرد سطوح

تقارن

ج- مرکز تقارن

مرکز تقارن، یک نقطه فرضی در مرکز هر بلور است که اجزاء هم شکل بلور نسبت به آن و در فاصله مساوی و با زاویه 180° درجه قرینه آن قرار دارند.

شکل ۳-۸-الف، قرینه تصویر دست را نسبت به مرکز تقارن نشان می دهد. مشاهده می کنیم که تمام نقاط دست با فاصله مساوی و با زاویه 180° درجه نسبت به مرکز مورد نظر و به طور معکوس تکرار شده است. همچنین در شکل ۳-۸-ب، تقارن مرکزی در دو شکل فضائی نشان داده شده است.

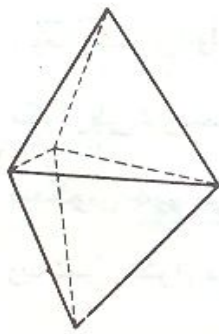


شکل ۳-۸-تاثیر مرکز تقارن

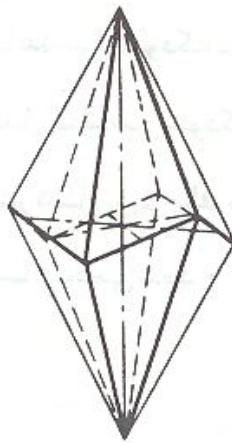
الف - تکرار تصویر یک دست ب - تکرار سطوح در دو تصویر فضائی

اگر در یک بلور مرکز تقارن وجود داشته باشد، هر سطحی از بلور یک سطح قرینه و موازی خود خواهد داشت. در شکل ۳-۸-ب، سطح A قرینه و موازی سطح A و سطح B قرینه و موازی سطح B است و این وضعیت در مورد سایر سطوح نیز وجود دارد.

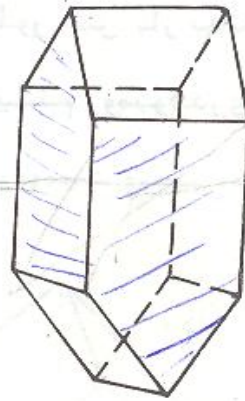
تا کنون با محورهای تقارن ساده آشنا شدیم. نوع دیگری از محورها وجود دارند که در اثر عملکرد آنها اجزاء مورد نظر در یک سطح تکرار نمی شوند بلکه این اجزا بلور در اثر دوران در بالا و پایین یک سطح فرضی به صورت تصویر یکدیگر نسبت به یک سطح آینه تکرار می شوند که به این محورها، محورهای انعکاسی می گویند. در واقع محورهای دورانی انعکاسی در اثر ترکیب یک محور ساده دورانی و یک سطح تقارن بوجود می آیند، در حالی که محورهای دورانی معکوس در اثر عملکرد یک محور دورانی و یک مرکز تقارن ایجاد می شوند. در شکل ۳-۱۰ محورهای دورانی معکوس درجه ۴، درجه ۳ و محور انعکاسی درجه ۶ را مشاهده می کنیم.



ج



ب



الف

شکل ۱۰-۳. محورهای دورانی معکوس

الف - درجه ۴

ب - درجه ۳

ج - محور دورانی انعکاسی درجه ۶

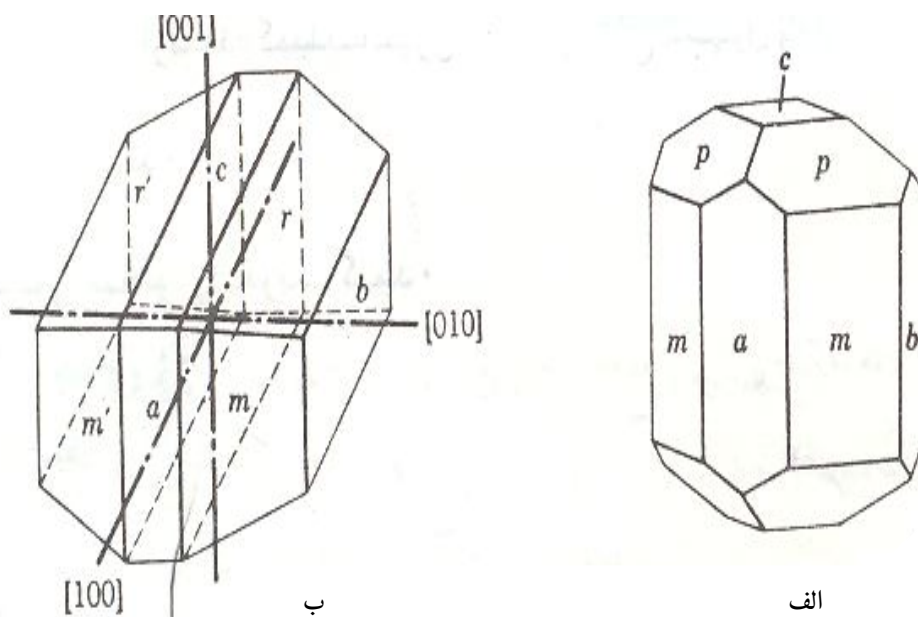
معمولاً برای نشان دادن محورهای تقارن ساده از حرف A استفاده می کنند و در این صورت درجه محور مورد نظر را بالای آن می نویسند مثلاً A^2, A^3 . برای نشان دادن محورهای دورانی انعکاسی از حرف D و برای نشان دادن محورهای معکوس دورانی از حرف I استفاده می شود. در نمایش تصویری نیز برای هر کدام از محورها شکل بخصوصی در نظر گرفته می شود. در جدول زیر نام، علائم و شکل بعضی از محورها نشان داده شده است.

جدول شماره ۱ - نام، علائم شکل محورها

درجه محور	نمایش محور	علامت محور
محور درجه ۲	A^2	
محور درجه ۳	A^3	
محور درجه ۴	A^4	
محور درجه ۴ معکوس	I^4	
محور درجه ۶	A^6	
محور درجه ۳ معکوس	C و $I^3 \neq A^3$	
محور درجه ۶ دورانی انعکاسی	$I^6 \neq A^3$ و P	

۳-۳- قانون مناطق

در مشاهده ظاهری هر بلور معمولاً متوجه می شویم که سطوح خارجی تشکیل دهنده آن بلور به صورت یک کمر بند دور بلور را در جهت های مختلف گرفته اند (شکل ۳-۱۱ - الف). در این شکل می بینیم که یالها و لبه های متقاطع سطوح m و a و b به موازات یکدیگر قرار دارند و همچنین یالها در سطوح c و p و m نیز موازی یکدیگرند. هر گروه از این سطوح متقاطع که به موازات یکدیگر قرار دارند یک منطقه را تشکیل می دهند. مجموع سطوح هر منطقه به موازات یک امتداد فرضی که از مرکز بلور می گذرد و محور منطقه نامیده می شود، قرار دارد.

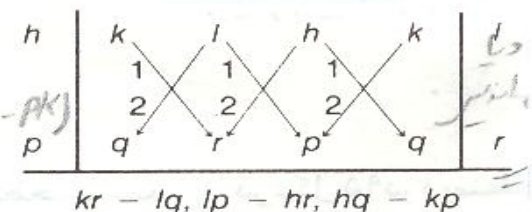


شکل ۳-۱۱ - نمایش سطوحی که در دو منطقه جداگانه قرار می گیرند

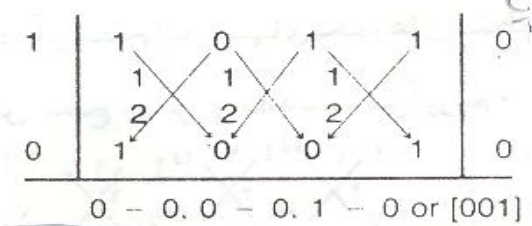
همچنین در شکل ۳-۱۱-ب هر یک از مجموعه سطوح $(rcrb)$ و $(mamb)$ یک منطقه را تشکیل می دهند. همان گونه که می بینیم محور منطقه اول خط $[100]$ و محور منطقه دوم خط $[001]$ است و خط $[010]$ محور منطقه ای است که سطوح a و c در آن قرار دارند. مناطق را نیز با یک اندیس یا سمبل به صورت $[h.k.l]$ نشان می دهند. محور هر منطقه را نیز با علامت $[u.v.w]$ مشخص می کنند. با استفاده از اندیس های سطوح موجود در هر منطقه، اندیس محور آن منطقه را به دست می آورند. مثلاً "اگر بخواهیم محور منطقه ای را که دو سطح با اندیسهای $(h.k.l)$ و $(p.q.r)$ در آن قرار دارند به دست آوریم، به صورت زیر عمل می کنیم.

ابتدا اندیس هر یک از سطوح را دو بار زیر یکدیگر می نویسیم و آنگاه رقمها و یا حروف ردیف اول و آخر را به صورت زیر حذف می کنیم و عملیات ضرب ماتریس را به ترتیب شماره هائی که بر روی هر یک از فلشها نشان داده

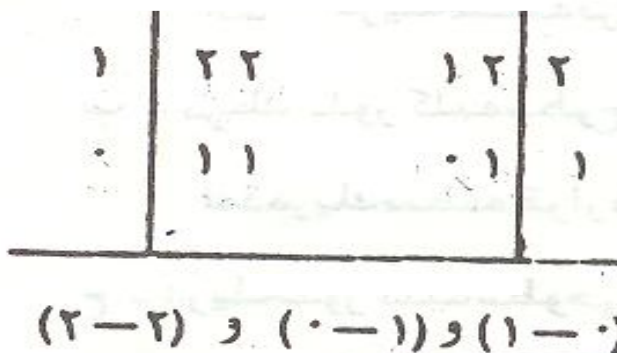
شده است، انجام می دهیم و مقدار حاصلضرب "۲" را از "۱" کم می کنیم، از عملیات قسمت اول مقدار "u"، از عملیات قسمت دوم مقدار "v" و از عملیات قسمت سوم مقدار "w" به دست می آید. این مقادیر را در داخل یک کرشه قرار می دهیم و به صورت اندیس محور منطقه نشان می دهیم برای درک بهتر محور مناطق سطوح (110) و (010) را محاسبه می کنیم.



عملیات به این صورت است و اندیس محور منطقه [001] است.



اندیس سطحی که در بین دو منطقه با محورهای [011] و [122] قرار داشته باشد، به صورت زیر محاسبه می شود.



از طرفی اگر سطحی مجهول بین دو منطقه قرار داشته باشد، می توان اندیس آن سطح را نیز به دست آورد. به این صورت که بر اساس یک قاعده که به قاعده کمپلیماسیون معروف است، اندیس هر سطح برابر است با مجموع جبری دو سطح مجاور خود در یک منطقه، به شرط آنکه با مجموع جبر اندیس دو سطح مجاور خود در منطقه دیگر نیز مساوی باشد. مثلاً "اندیس سطحی که در یک منطقه بین سطوح (100) و (121) و در منطقه دوم بین سطوح (110) و (111) قرار دارد، بر اساس قاعده فوق (221) است.

حال که به ارتباط بین سطوح مختلف یک کانی با یکدیگر و منطقه مربوط به آنها پی بردیم، می توانیم قانون مناطق را به صورت زیر تعریف کنیم:

"در یک بلور یا بلورهای مختلف یک کانی فقط سطوحی تشکیل می شوند که بتوانند در کمربندهای منطقه ای قرار بگیرند."

فصل چهارم: مقدمه ای بر پلور شناسی نوری

۴-۱- نور سفید و نور تک رنگ

هر نوری که دارای یک طول موج معین و ساده باشد را نور تک رنگ می گویند بنابراین می توان گفت هر طول موج رنگ مخصوص و معینی را ایجاد می کند که نشانه یک نور تک رنگ است. نور سفید خود مجموعه ای از چند نور تک رنگ است بطوریکه اگر آنرا از طریق منشور تجزیه کنیم، رنگهای مختلف با طول موجهای معین موسوم به طیف نور سفید آشکار می گردد. طول موجهای این طیف نور که مرئی می باشند، از ۳۸۰ تا ۷۰۰ میلی میکرون در تغییر است.

طول موجهای پایتتر از طول موج نور بنفش (کمتر از ۳۸۰ میلی میکرون - ماورای بنفش) و بالاتر از طول موج نور قرمز (بیشتر از ۶۷۰ میلی میکرون - مادون قرمز) غیر قابل رؤیت برای چشم انسان می باشند

۴-۲- فرکانس و ضریب شکست

تعداد ارتعاشات هر نور در واحد زمان را فرکانس می گویند. فرکانس نور از تقسیم سرعت نور بر طول موج آن بدست می آید. فرکانس امواج هر نور در محیطهای مختلف با جرم مخصوص متفاوت ثابت است.

ضریب شکست نور در یک محیط مفروض عبارتست از نسبت سرعت سیر نور در خلأ به سرعت سیر همان نور در

$$n = c/v$$

بنابر این سرعت سیر نور و ضریب شکست یک محیط با یکدیگر نسبت عکس داشته و تا زمانی که در جرم مخصوص

محیط تغییری ایجاد نشده است، سرعت آن ثابت خواهد ماند

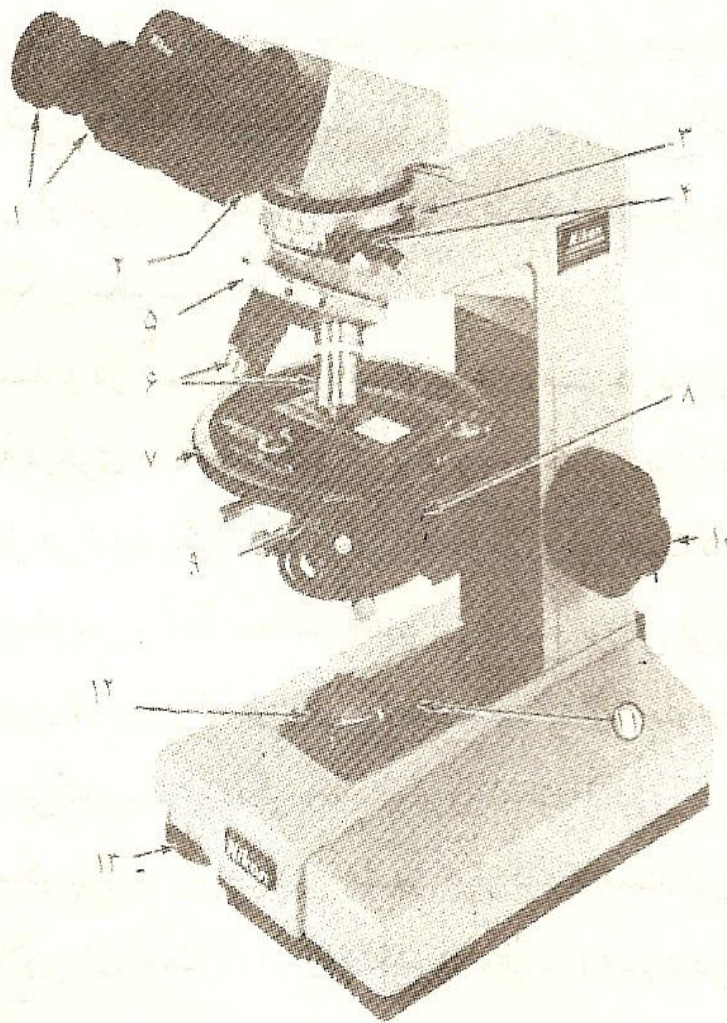
۴-۳- نور معمولی و نور پلاریزه

نوری که از یک منبع نورانی مانند خورشید ساطع می گردد در هر لحظه در جهات مختلف به ارتعاش در می آید و همواره جهت ارتعاش نور بر جهت انتشار آن عمود است. ارتعاشات این دسته نور دارای تقارن محوری

بینهایت است. به این نور، نور عادی یا معمولی می گویند. حال اگر نور به طریقی محدود شده، که به جای ارتعاش در سطوح مختلف همه شعاع ها در امتداد یک سطح به ارتعاش در آیند، نور موازی یا پلاریزه ایجاد میشود. به پدیده تبدیل نور معمولی به نور پلاریزه، پلاریزاسیون می گویند.

۴-۴- میکروسکوپ پلاریزان

عمده ترین خصوصیت این میکروسکوپ، ایجاد نور پلاریزه از نور معمولی است و از آنجا که مطالعه مشخصات نوری بلورها توسط نور پلاریزه صورت می پذیرد، این میکروسکوپها ابزار مناسبی جهت این مطالعه بشمار می روند. نور پلاریزه در این میکروسکوپ از طریق تعبیه جسمی بنام منشور نیکول و عبور نور معمولی از آن حاصل می گردد که اساس آن ایجاد نور پلاریزه از طریق شکست مضاعف است.



۱. عدسی چشمی
۲. اهرم
۳. آنالیزور
۴. محل قرارگیری تیغه های معین
۵. صفحه استقرار عدسیهای شیئی
۶. عدسی شیئی
۷. صفحه چرخش پلاتین
۸. اهرم چرخش کندانسور
۹. پلاریزور
۱۰. اهرم تنظیم میکروسکوپ
۱۱. دیافراگم
۱۲. صفحه آینه
۱۳. کلید

نمایش قسمتهای یک میکروسکوپ پلاریزان

۱- اجزای میکروسکوپ پلاریزان

در شکل ۴-۱ اجزای میکروسکوپ پلاریزان آمده است. قابل ذکر است که بزرگنمایی تصویر نهائی ایجاد شده توسط میکروسکوپ از ضرب بزرگنمایی عدسی شیئی در بزرگنمایی عدسی چشمی بدست می آید. زیر صفحه چرخان دستگاه عدسی موسوم به کندانسور قرار دارد که نور را بشدت متقارب می کند. دیافراگم نیز زیر صفحه چرخان (پلاتین) قرار داشته و شدت نور و وسعت میدان دید را کنترل می نماید. دستگاه دو منشور نیکول دارد، پلاریزور، در زیر صفحه چرخان که نور معمولی را به نور پلاریزه با جهت ارتعاشی روبرو به سمت ناظر تبدیل می کند و آنالیزور در بالای صفحه که موجب انتقال نور پلاریزه ی مرتعشه عمود بر جهت ارتعاش پلاریزور می گردد.

۴-۵- نورهای مختلف در میکروسکوپ پلاریزان

در این میکروسکوپ ها بر اساس این که چه قسمتهایی از دستگاه در مسیر عبور نور قرار گیرد، از نور معمولی، نورهای مختلفی حاصل میشود که با استفاده از هر کدام از آنها تعدادی از مشخصه های کانیها مورد بررسی و مطالعه قرار میگیرد. در جدول زیر این اطلاعات آمده است.

نورهای مختلف و مشخصات بخصوصی از کانیها که بررسی آنها وابسته به نور است.

نوع نور	مشخصاتی از بلور که در هر نور بررسی می شود	قسمتهایی که باید در مسیر نور قرار گیرند
نور پلاریزه ساده یا نور طبیعی	برجستگی رخ رنگ و چند رنگی شکل هندسی تجزیه و تداخل	نیکول پلاریزور مقطع نازک کانی عدسی شیئی عدسی چشمی
نور پلاریزه متقاطع	همسانگردی و ناهمسانگردی بیرفرنژانس، خاموشی زاویه خاموشی علامت طویل شدگی ماکل تجزیه	نیکول پلاریزور مقطع نازک عدسی شیئی نیکول کافنده (آنالیزور) عدسی چشمی
نور پلاریزه متقارب	یک محوری و دو محوری بودن علامت نورانی کانیها (مثبت یا منفی بودن)	عدسی متقارب کننده نیکول پلاریزور مقطع نازک عدسی شیئی نیکول آنالیزور عدسی برتران عدسی چشمی

۴-۶- مطالعه مقاطع نازک کانیها با نور پلاریزه ساده

مهمترین ویژگیهایی که با این نور مطالعه میشوند، به شرح زیر مورد بررسی قرار می گیرند.

- برجستگی

برجستگی کانیها زیر میکروسکپ از طریق اختلاف ضریب شکست کانی با کانی مجاور خود و یا با بوم دو کانادا مشخص می شود. به این صورت که هر چه این اختلاف بیشتر باشد، حاشیه کانی مشخص تر و درجه وضوح آن بیشتر خواهد بود. معمولاً در این مطالعه از چسب کانادا بالزام به عنوان محیط مینا استفاده میشود. کانیهایی که ضریب شکست بیشتری از چسب داشته باشند دارای برجستگی مثبت، کانیهایی که دارای ضریب شکست کمتر از کانادا بالزام باشند، دارای برجستگی منفی و کانی هایی که دارای ضریب شکست مساوی با کانادا بالزام باشند، اصطلاحاً دارای برجستگی خنثی میباشند

علت ایجاد برجستگی در مقاطع کانی ها چنین توجیه می شود که وقتی نور از منبع نوری به مقطع نازک میرسد، قسمتی از آن در فصل مشترک دو کانی یا کانی و چسب مقطع به داخل کانی دارای ضریب شکست بیشتر منعکس می شود. بنابراین نوری که از این فصل مشترک عبور می کند نسبت به جاهای دیگر کانی بیشتر بوده و در نتیجه این قسمت روشن تر و برجسته تر به نظر میرسد.

- رخ

رخ عبارت است از استعداد یک کانی در جدا شدن و شکسته شدن در امتداد سطح یا سطوح معینی که کانی را به قطعات کوچکتر تقسیم میکند. کانیها ممکن است دارای یک سیستم رخ (میکا یا توپاز)، دو سیستم رخ (پیروکسنها و آمفیبولها)، سه سیستم رخ (کلسیت)، چهار سیستم رخ (فلوئورین) و یا شش سیستم رخ (اسفالریت) باشند. آثار رخ زمانی قابل مشاهده است که سطح مقطع عمود بر یک یا چند سیستم رخ باشد.

- رنگ مقاطع نازک بلورها و چند رنگی در آنها

رنگ در مقاطع نازک فقط در کانی های شفاف و نیمه شفاف مورد مطالعه قرار میگیرد و مربوط به جذب قسمتی از نور توسط بلور است. بعضی از کانیها مانند میکای سیاه و هورنبلند در نور پلاریزه ساده همیشه رنگین اند. تعدادی از کانیها نیز در نور طبیعی بسته به موقعیت بلور نسبت به سطح پلاریزاسیون نوری که به آن می تابند، رنگ های متفاوت از خود نشان میدهند (هیپرستن).

کانیها از جهت رنگشان به انواع زیر تقسیم میشوند:

الف)- کانیهای بیرنگ مانند کوارتز

ب)- کانیهای رنگین

الف)- کانی های فاقد چند رنگی

تغییری در رنگ این دسته کانی ها ضمن چرخش میز میکروسکوپ مشاهده نمی شود. بلورهایی که در سیستم مکعبی متبلور میشوند (کانیهای همسانگرد، گارنت) چون ضریب شکست آنها در تمام جهات یکی است و در نتیجه جذب نور در جهات مختلف و به طور یکنواخت صورت می گیرد، در موقع چرخاندن میز میکروسکوپ هیچ تغییر رنگی در آنها مشاهده نمی شود.

ب)- کانی های دارای چند رنگی

کانی های متبلور در سیستم های مختلف به غیر از کوییک ممکن است چند رنگ (پلئوکروئیک) باشند. کانیهای چند رنگ خود دو گروه اند:

-- کانی های دارای دو رنگی (پلئوکروئیسیم). این کانی ها که در سیستم های تریگونال، تتراگونال و هگزاگونال

متبلور می شوند، به دلیل داشتن دو ضریب شکست اصلی ضمن دوران میز میکروسکوپ دو رنگ از خود به نمایش می گذارند. (مانند تورمالین)

-- کانی های دارای سه رنگی (تری کروئیسیم). بلورهای متبلور در سیستم های ارتورومبیک ، مونوکلینیک و

تریکلینیک به دلیل داشتن سه ضریب شکست اصلی دارای خاصیت سه رنگی هستند. در صورتی که هر یک از ضرایب شکست اصلی منطبق بر سطح ارتعاش پلاریزور قرار گیرد، یک رنگ قابل دید است.

بخش دوم : کانی شناسی

فصل اول : کلیات

۱-۱- مقدمه

کانی یا Mineral جسمی است طبیعی با فرمول شیمیایی کم و بیش مشخص ، سیستم تبلور معین و خواص فیزیکی و نورانی مخصوص به خود. اصطلاح کانی را نباید با سنگ اشتباه کنیم ، زیرا هریک از سنگهای پوسته جامد زمین ، خود از اجتماع عده ای از کانیهای متفاوت به وجود آمده اند. به عبارت دیگر در ترکیب هر سنگ عده ای از کانیهای متفاوت شرکت می نمایند. به طور مثال گرانیت سنگی است که در آن کانیهایی از قبیل کوارتز ، فلدسپات ، میکا و بعضی از کانیهای دیگر مانند زیرکن و آپاتیت دیده می شود.

البته در طبیعت بعضی از سنگها وجود دارند که ماده تشکیل دهنده آن فقط از یک جنس و بنابراین از یک نوع کانی می باشد. بطور مثال سنگ مرمر سنگی است که منحصر از بلورهای کانی کلسیت (CaCO_3) تشکیل شده است .

از نظر ترکیب شیمیایی مواد معدنی را به چند گروه تقسیم می نمایند که عبارتند از:

- ۱- عناصر یا اجسام ساده : مانند مس طبیعی ، گرافیت ، نقره طبیعی و...
- ۲- سولفیدها : که در ترکیب آنها عنصر گوگرد به کار رفته است ، مانند پیریت (FeS_2)
- ۳- آرسنیورها : که در ترکیب آنها عنصر آرسنیک به کار رفته است ، مانند آلگار (ASS)
- ۴- اکسیدها و هیدرو اکسیدها : که در ترکیب آنها اکسیژن و یا عامل OH وجود دارد ، مانند کوپریت (Cu_2O) ، هماتیت (Fe_2O_3) و برسیت ($\text{Mg}(\text{OH})_2$)
- ۵- هالیدها : که در ترکیب آنها عناصر گروه ۷ (هالوژنها) وجود دارند ، مانند هالیت (NaCl) و فلوئورین (CaF_2)
- ۶- کربناتها : که مشتق از اسید کربنیک می باشند ، مانند کلسیت (CaCO_3) و سیدریت (FeCO_3)
- ۷- نیتراتها : که مشتق از اسید نیتریک هستند ، مانند نیترا (KNO_3)
- ۸- بوراتها : که در ترکیب آنها عنصر بور به کار رفته است ، مانند بوراکس ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)

۹- سولفاتها: که مشتق از اسید سولفوریک می باشد، مانند باریت ($BaSO_4$)

۱۰- سیلیکاتها: که در ترکیب آنها عنصر سیلیسیوم به کار رفته است، مانند کوارتز (SiO_2)

به طور کلی کانیها در ۲ گروه عمده سیلیکاتها (کانیهای که در ترکیب آنها Si به کار رفته است) و غیرسیلیکاتها قرار می گیرند که در ادامه به شرح هر کدام از آنها می پردازیم.

۱-۲- خواص کانی ها

تمامی خواص هر کانی به وسیله ترکیب شیمیایی و ترتیب قرار گیری اتمهای عناصر سازنده آن تعیین می شوند. هر چند بر اساس خواص شیمیایی می توان کانیها را به راحتی از یکدیگر تشخیص داد، اما برای این منظور، غالباً از خواص فیزیکی استفاده می شود. مطالعه و بررسی کانیها در مقیاس میکروسکوپی (نمونه دستی) و میکروسکوپی و با استفاده از مطالعه خواص فیزیکی و شیمیایی آنها مسیر می باشد. مطالعه کانیها در مقیاس میکروسکوپی بیشتر بر خواص کانیها متکی است، حال آنکه مطالعه میکروسکوپی کانیها بر خواص نوری آنها استوار می باشد. ویژگی های فیزیکی شامل، شکل بلور، رخ، سختی، چگالی، جلا، رنگ، خط اثر، خواص مغناطیسی و... می باشد. این ویژگیها در زیر به طور خلاصه شرح داده می شود.

الف- شکل بلور

هر گاه یک کانی بدون روبرو شدن با مانعی رشد کند، پس از پایان رشد، به وسیله سطوحی متقارن محصور شده و شکل مشخصی به خود می گیرد که شکل بلوری نامیده می شود. اغلب کانیها دارای شکل هندسی هستند و با اندازه گیری زوایای بین سطوح آن می توان شکل بلورین و سیستم تبلور آنها را به دست آورد که در این زمینه به طور مفصل در بخش قبل توضیح داده شده است.

ب- رخ یا کلیواژ

رخ عبارت است از گرایش کانی به شکسته شدن در جهاتی مشخص و در طول سطوحی صاف و هموار. این سطوح به وسیله آرایش درونی اتمها اداره می شوند. به عبارتی دیگر، سطوح صاف و هموار نشان دهنده جهاتی هستند که در آنها پیوندهای اتمی نسبتاً ضعیفی وجود دارد. رخ یک جهت ضعف است و به همین علت، کانی گرایش به شکستن در طول صفحاتی دارد که به موازات این جهت قرار گرفته اند. علت وجود این ضعف می تواند، وجود پیوندهای اتمی ضعیفتر، فاصله اتمی بیشتر و یا غالباً ترکیبی از این دو باشد. بعضی از کانیها مانند میکاها رخ کامل دارند، یعنی به آسانی در جهت سطوح رخ شکسته می شوند. تعدادی از آنها رخ مشکل دارند (رخ کم و بیش پنهان) مانند بریل

و آپاتیت . برخی از کانیها مانند فلدسپاتها در دو جهت ، نمک طعام در سه جهت قائم ، کلسیت در سه جهت با زاویه غیر قائمه و برخی دیگر از کانیها مانند کوارتز فاقد رخ هستند.

ج - سختی

سختی کانیها را می توان به عنوان مقاومت آنها در برابر خراشیده شدن به وسیله سایر اجسام تعریف کرد. این خاصیت فیزیکی ، بوسیله ی آرایش درونی عناصر تشکیل دهنده کانی کنترل می شود. یعنی هر چه پیوند بین اتمها قوی تر باشد ، کانی نیز سخت تر خواهد شد . به عبارت دیگر سختی کانیها بیشتر به طرز استقرار اتمها در شبکه بلورین و نوع پیوندهای اتمی در کانی بستگی دارد، تا ترکیب شیمیایی آنها .

به طور مثال در حالی که الماس و گرافیت هر دو از کربن خالص ساخته شده اند ، اولی سخت ترین جسم و دومی جسمی بسیار نرم است زیرا نیروی پیوندهایی که اتمهای کربن را در الماس به یکدیگر متصل می کند به مراتب بیشتر از نیروهایی است که اتمهای کربن را در گرافیت به هم وصل می کند. درجه سختی کانیها را معمولاً نسبت به هم و یا بوسیله تیغه چاقو (سختی ۵) ، سکه و مس (سختی ۳) ، ناخن (سختی ۲/۵) ، شیشه (سختی ۵/۵) را معین می کنند.

سختی کانی ها که با حرف H (Hardness) نشان داده می شود ، از ۱ تا ۱۰ متغیر است . برای تعیین سختی کانیها از مقیاسی به نام مقیاس موس (Mohs) استفاده می شود (از نام فردریخ موس کانی شناس آلمانی). در این مقیاس نرم ترین کانی سختی یک را دارد (تالک) و سخت ترین کانی دارای درجه سختی ۱۰ است (الماس).

هر کانی که به وسیله کانی دیگر خراش بردارد ، نسبت به آن نرم تر است . در جدول زیر مقیاس سختی کانیها و محدوده سختی اجسام مختلف نشان داده است (شکل ۱-۱)

Table 2.2		Mohs Scale of Hardness	
Mineral	Scale Number	Common Objects	
Talc	1		
Gypsum	2	— — —	Fingernail
Calcite	3	— — —	Copper coin
Fluorite	4		
Apatite	5	— — —	Knife blade
Orthoclase	6	— — —	Window glass
Quartz	7	— — —	Steel file
Topaz	8		
Corundum	9		
Diamond	10		

د- چگالی (وزن مخصوص)

جرم واحد حجم هر ماده را چگالی گویند. به عبارت دیگر وزن مخصوص هر کانی عبارت است از وزن ماده به وزن آب هم حجم آن در ۴ درجه سانتیگراد.

وزن مخصوص یک ماده متبلور بستگی به نوع و آرایش اتمهای سازنده آن دارد. معمولاً هر قدر وزن اتمی عناصر سازنده کانی بیشتر و اتمهای سازنده آنها به هم فشرده تر باشد، وزن مخصوص آن نیز بالاتر است.

وزن مخصوص رابطه مستقیمی با ترکیب شیمیایی کانیها دارد. بدین صورت که هر قدر یونهای سنگین تر، در ترکیب شیمیایی کانی زیادتر باشد. وزن مخصوص کانی نیز بیشتر خواهد بود.

چگالی نسبی بیشتر کانیهای سیلیکاتی که بخش اعظم پوسته زمین را تشکیل می دهند، در حدود ۲/۵ تا ۳/۵ است. چگالی نسبی زیادتر مربوط به کانیهایی است که در ترکیب خود عناصر سنگین مانند سرب، باریوم، آهن و ... را دارند. (گالن pbs با چگالی ۷/۵) طلای خالص با وزن مخصوص ۱۹/۳ بیشترین وزن مخصوص کانیها را دارا است.

ه- شفافیت

هنگامی که نور به جسمی بتابد ممکن است تمام و یا بخشی از آن توسط جسم جذب شود. اگر مقدار جذب خیلی جزئی باشد، کانی یا جسم مورد نظر شفاف است (مانند کانی موسکویت) در این حالت از پشت آن می توان اشیاء را دید. اگر مقدار جذب زیاد باشد، در این حالت کانی کدر یا آپک می باشد و بنابراین نور از آن عبور نمی کند (مانند بیوتیت) و اگر مقدار جذب متوسط باشد، بطوری که نور از کانی عبور کرده اما از پشت آن اشیاء دیده نشود، کانی مورد نظر نیمه شفاف خواهد بود (مانند ژپیس، هالیت، کوارتز)

و- جلا

توانایی کانی در منعکس ساختن، عبور یا جذب نور را جلا گویند. هر قدر انعکاس و انکسار نور از سطح کانی و یا سطح شکستگی آن زیادتر باشد، جلا آن مشخص تر است. یکی از علل گرانی الماس جلازی زیبای آن است که به جلازی الماسی معروف است. جلازی کانیها را می توان به دو گروه فلزی و غیرفلزی تقسیم کرد.

در جلازی فلزی (که خاص بسیاری از کانیهای فلزی است) نور مانند سطح فلز براق به خوبی منعکس می شود. مانند پیریت، کالکو پیریت. جلازی غیرفلزی انواع مختلف دارد که عبارتند از: جلازی شیشه ای مانند کوارتز. جلازی مرواریدی یا صدفی مانند موسکویت. جلازی صمغی مانند اسفالریت. جلازی چرب مانند تالک و کوارتز توده ای. جلازی ابریشمی مانند آزبست. جلازی خاکی مانند کائولن و جلازی الماسی مانند الماس

ز-رنگ

اگر چه در تشخیص اکثر کانیها رنگ خاصیت قابل اعتمادی نیست ، اما در بعضی از آنها رنگ شاخص ترین خاصیت است . از آن جمله است رنگ آبی لاجوردی کانی آزوریت ، سبز روشن کانی ملاکیت ، آبی فیروزه ای کانی فیروزه ، خاکستری سربی کانی گالن و... رنگ اکثر کانیها مانند کوارتز به خاطر وجود مقادیر بسیار ناچیز ناخالصی متغیر است و به رنگ های بیرنگ ، سفید ، شیری ، بنفش ، قرمز و... دیده می شوند.

ح-رنگ خاکه یا خط اثر

خط اثر، رنگی است که کانی هنگام تبدیل شدن به خاکه نرم از خود نشان می دهد. خط اثر ممکن است با رنگ نمونه دستی متفاوت باشد. اگر چه رنگ کانی می تواند بسیار متغیر باشد ، اما خط اثر معمولاً ثابت است . یکی از ساده ترین راههای تشخیص خط اثر یک کانی ، این است که نمونه آن را بر روی سطح قطعه ای چینی بدون لعاب که به صفحه خط اثر موسوم است بکشیم ، رنگ خاکه ای که بر روی صفحه خط اثر باقی می ماند ، می تواند در تشخیص بعضی از کانیها به ما کمک کند و از آنجایی که سختی صفحه خط اثر ۷ است ، نمی توان از آن در تشخیص کانی هایی که سختی بیش از ۷ را دارند ، استفاده کرد.

یکی از راه های شناسایی طلارنگ خاکه زرد طلایی آن است ولی پیریت با رنگ و جلایی شبیه به طلا دارای رنگ خاکه سیاه است. یا آن که اثر مانیتیت (Fe_3O_4) سیاه و اثر هماتیت (Fe_2O_3) قهوه ای است درحالی که ظاهر این دو کانی معمولاً سیاه است . کاسیتريت (SnO_2) یا سنگ معدن قلع ، معمولاً قهوه ای یا سیاه است اما خط اثر سفیدی دارد.

ط-راه های شناسایی دیگر

بعضی از کانیها مانند مس و طلا چکش خوارند ، در صورتی که گوگرد تُرد و شکننده است . بعضی کانیها مانند میکا در برابر گرما مقاوم هستند و بعضی مانند ژیپس به پودر سفید رنگی تبدیل می شوند. هالیت مزه ای شور و سیلویت مزه ای تلخ دارد. برخی از کانیها مانند مانیتیت ، خاصیت مغناطیسی دارند و بعضی مانند کائولینیت به زبان می چسبند. برخی مانند گرافیت و تالک در لمس با دست حالت چرب دارند در صورتی که واقعاً چرب نیستند.

بعضی از واکنشهای شیمیایی می توانند در شناسایی کانیها مفید باشند ، مانند کلسیت که با اسید کلریدریک سرد و رقیق و دولومیت که با اسید کلریدریک گرم و غلیظ ترکیب می شوند و گاز CO_2 متصاعد می کنند.

البته امروزه کانی شناسان با وسایل جدیدی مانند میکروسکوپ پلاریزان ، دستگاه اشعه X و میکروسکوپ الکترونی آسان ترمی توانند کانیها را تشخیص دهند

فصل دوم : کانی شناسی غیر سیلیکاتها

آشنایی با کانی های غیر سیلیکاته به دلیل اهمیتی که این کانیها از نظر اقتصادی دارند ، ضرورت انکار ناپذیری است . زیرا همان گونه که خواهیم دید اغلب این کانیها به عنوان سنگ معدن عناصر فلزی و غیر فلزی به کار گرفته می شوند. همان گونه که در بالا ذکر شد ، کانیهای غیر سیلیکاته تحت گروههای کلی عناصر آزاد، سولفیدها ، اکسیدها ، هالیدها ، کربناتها ، نیترا تها ، براتها ، فسفاتها و سولفاتها بوده که در ادامه به شرح مختصر هر گروه و کانیهای شاخص آنها می پردازیم .

۱-۲- عناصر آزاد طبیعی

به غیر از گازهای طبیعی که در اتمسفر وجود دارند ، فقط ۲۰ عنصر از عناصر موجود در طبیعت را به صورت آزاد و یا ترکیب نشده می توان یافت که از آن جمله می توان به عناصر زیر اشاره نمود.

الف - طلا (Au)

طلا در طبیعت به حالت آزاد وجود دارد. ساختمان اتمی آن به صورت مکعب با سطوح مرکزدار می باشد. طلای طبیعی معمولاً ۱۰ تا ۱۵ درصد نقره دارد. الکتروم (Electrum) نوعی طلای طبیعی است که ۲۰٪ یا بیشتر نقره دارد. خواص فیزیکی : سختی آن حدود ۳-۲/۵ بوده ، نقطه ذوب آن در حدود ۱۰۶۳ درجه سانتیگراد است و وزن مخصوص زیاد در حدود ۱۹/۳ را دارد ، رنگ آن زرد و در اثر وجود ناخالصی نقره ، پریده رنگ تر و روشن تر می شود . جلای آن فلزی است .

با هیچ عنصری در طبیعت ترکیب نمی شود و به همین جهت از آن در صنعت استفاده های زیادی می کنند (جواهرسازی ، دندانسازی ، ساخت وسایل عمل و...) . فقط در تیزاب سلطانی (مخلوطی از اسیدکلریدریک و اسیدنیتریک) حل می شود.

خواص تشخیصی: طلا از سایر کانیهای زرد رنگ مانند پیریت و کالکو پیریت از خاصیت چکش خواری، برش پذیری و چگالی بالای آن استفاده می شود.

محل پیدایش: طلا عنصری است که به صورت آزاد در ماگمای درون زمین وجود دارد. این کانی بر اثر تفکیک از ماگما جدا و با مواد سیلیسی ماگما و همراه بعضی سولفورها مخصوصاً پیریت و کالکو پیریت بالا آمده و به صورت رگه هایی در داخل سنگهای پوسته زمین قرار می گیرد. (توضیح اینکه عنصر طلا با سولفورهای مزبور به صورت مخلوط همراه است نه ترکیب). در بیشتر رگه ها ذرات ریز طلا به طور یکنواخت پراکنده شده است، بطوری که با چشم قابل تشخیص هستند. در این حالت وقتی رگه های حاوی طلا هوازده می شوند، طلای آزاد شده در درون خاک و یا نهشته های آواری باقی می ماند و یا اینکه به وسیله جریانهای آب شسته و حمل می شود و ذخایر پلاستی را به وجود می آورد. در این صورت عنصر طلا به دلیل داشتن چگالی بالا از میان ماسه و شن عبور کرده و در کف بستر جمع می شود که می توان بوسیله طلا شویی از سایر ذرات همراه جدا نمود.

مهمترین معادن طلا در آفریقای جنوبی (توده آذرین منطقه بوشولد)، روسیه و چین می باشند. در ایران رگه های کوارتز طلا دار در منطقه موته نزدیک دلجان دیده می شود.

ب- مس (Cu)

ساختمان اتمی این کانی شبیه طلا و نقره است، در سیستم کوبیک متبلور می شود. سختی آن در حدود ۳-۲/۵ و وزن مخصوص ۸/۹ و درجه ذوب ۱۰۸۳ است. اغلب اسیدها بر مس تأثیر می گذارند و مانند نقره و طلا خاصیت مفتول شدن و ورقه شدن آن زیاد است.

محل پیدایش: مس طبیعی معمولاً به دو صورت یافت می شود، یکی به حالت شاخه درختی در قسمتهای سطحی معادن مس و نوع دیگر محل پیدایش مس، بعضی سنگهای آذرین خروجی بازیک است که در این حالت در اثر فعل و انفعال بین محلولهای دارای مس و کانیهای آهن دار به وجود می آید.

خواص تشخیصی: کانی مس را می توان از رنگ قرمز مسی آن در سطح تازه، سطح شکست مزرسی و چگالی بالا و شکل پذیری و چکش خواری آن تشخیص داد. این کانی به راحتی در اسید نیتریک حل می شود و محلول حاصل در اثر افزوده شدن آمونیاک به رنگ آبی تیره در می آید.

موارد مصرف: مس آزاد یکی از منابع کم اهمیت تأمین مس است و امروزه سولفیدهای مس منابع اصلی تولید مس می باشند. موارد مصرف مهم مس در صنایع الکتریکی و به ویژه ساخت سیمهای برق است. همچنین عنصر مس در تهیه

آلیاژهای آن مانند برنج (مس، روی)، مفرغ یا برنز (مس، قلع، روی) و ورشو یا نقره آلمانی (مس، روی، نیکل) به کار می رود. این موارد و سایر موارد دیگر باعث شده است که مس پس از آهن به عنوان دومین فلز با اهمیت در زندگی مدرن و متمدن شناخته شود.

ج- آهن (Fe)

آهن که در سیستم مکعبی متبلور می شود، ندرتاً به صورت بلوری دیده می شود. این کانی در طبیعت به دو صورت دیده می شود، یک نوع آن را خاکی یا زمینی گویند و به نظری رسد یا منشاء ماگمایی دارد و به صورت اولیه از ماگما جدا شده است و یا این که به طور ثانویه از احیاء ترکیبات آهن دار حاصل شده است. نوع دیگر آن به صورت مخلوط با نیکل و در متئوریتها (شخانه = شهاب سنگ) دیده می شود (آهن متئوریتی).

نحوه و محل پیدایش: مقدار آهن موجود در پوسته جامد زمین ناچیز است ولی شهاب سنگها دارای بیشترین مقدار آهن هستند. آهن آزاد بسیار ناپایدار بوده و در بخش بالایی پوسته و در اتمسفر زمین به اکسید آهن تبدیل می شود. آهن معمولاً به صورت یونهای دو و سه ظرفیتی در اکسیدهایی مانند ماگنیتیت (Fe_3O_4) و لیمونیت ($FeOOH$) یافت می شود. مهمترین معدن آهن دنیا در گرینلند است که قطعات ریز تا توده های بزرگ آهن در درون بازالت قرار دارد.

د- گوگرد (S)

این کانی در سیستم ارتورومبیک متبلور می شود. سختی آن کم و در حدود ۲/۵-۱/۵ می باشد. رنگ آن زرد لیمویی تا زرد مایل به قهوه ای و چنانچه ناخالصی داشته باشد، به رنگهای سبز، نارنجی، آبی و خاکستری دیده می شود. دارای جلای صمغی بوده و غالباً به صورت توده های غیرمتبلور و توده ای، کلیه ای، خاکی استالاکتیته دیده می شود.

نحوه و محل پیدایش: این کانی اغلب در اطراف دهانه های آتشفشانهای فعال و غیرفعال یافت می شود. این گوگرد از سرد شدن گازهای فومرولی ته نشین می شود. همچنین گوگرد از تأثیر باکتریهای سازنده گوگرد بر روی سولفاتها به دست می آید.

گوگرد از اکسیداسیون سولفیدها نیز حاصل می شود. بیش از نیمی از گوگرد دنیا به طور طبیعی تولید می شود و مابقی آن به صورت محصول جنبی در خالص کردن کانه های سولفیدی به دست می آید، همچنین از پیریت و گازهای اسیدی طبیعی گوگرد حاصل می شود.

موارد مصرف: گوگرد در درجه اول برای تولید ترکیبات گوگردی مانند اسید سولفوریک به کار می رود. مقدار زیاد

آن بصورت حشره کش و کود شیمیایی بکار می رود، در کارخانه تولید صابون، رنگها، جوهر و صنعت نساجی، دباغی چرم و تصفیه مواد نفتی نیز کاربرد زیادی دارد.

ه- الماس (C)

این کانی در سیستم کویبیک متبلور می شود. بلورهای آن غالباً به صورت هشت وجهی (اکتاهدری) هستند، ولی فرمهای دوازده و شش وجهی آنها نیز دیده می شود. در صورتی که کاملاً خالص باشد، بی رنگ است. انواع ناخالص آن به رنگهای متفاوتی دیده می شود. الماس هر چه شفاف تر و بیرنگ تر باشد، قیمتی تر بوده و در جواهرسازی مصرف دارد. کربنادو (Carbonado) نوعی الماس سیاه رنگ است که در وسایل حفاری بکار برده می شود.

خواص فیزیکی: سختی آن ۱۰ و سخت ترین کانی موجود در طبیعت است، به همین جهت از آن در صنعت برای حفاری، شیشه بری و غیره استفاده می کنند. چون ضریب شکست آن زیاد است، در اثر انکسار نور دارای درخشندگی مخصوص بوده و به همین دلیل قیمتی می باشد. وزن مخصوص آن ۳/۵ می باشد. در حرارت بالا و در مجاورت اکسیژن می سوزد و تبدیل به CO₂ شده، بدون آنکه خاکستری بجای بگذارد.

خواص تشخیصی: الماس را توسط سختی زیاد، جلای الماسی، رخ مشخص و همچنین عدم انحلال در اسیدها و بازها می شناسند.

نحوه و محل پیدایش: الماس در نقاط متعددی یافت می شود ولی در بعضی از نقاط مقدار آن قابل توجه است. این کانی به دلیل سختی زیاد و چگالی نسبتاً بالای آن غالباً در رسوبات آواری یافت می شود. در بعضی از کشورهای آفریقایی و اخیراً در سبیری به صورت درجا و در بین سنگهای پریدوتیتی دگرسان شده که کیمبرلیت نامیده می شوند، یافت می شود. این کانی اولین بار در هند پیدا شده و تا سال ۱۷۲۵ که در برزیل نیز معادن الماس را کشف کرده اند، هند تنها کشور دارنده معادن الماس بود. در سال ۱۸۸۶ در آفریقای جنوبی معادن الماس کشف شد. بر خلاف سایر نقاط جهان که الماس را از نهشته های آواری استخراج می کردند، در آفریقای جنوبی الماس از درون ستونهای کیمبرلیتی استخراج می شود. بزرگترین معدن قابل بهره برداری دنیا معدن پرمیر (premier) در آفریقای جنوبی است و تاکنون در حدود ۶ تن الماس از آن بهره برداری شده است.

در سال ۱۹۰۵ بزرگترین قطعه الماس دنیا که حدود ۳۱۰۶ قیراط وزن داشت، کشف شد که به نام کالینان نامیده شده است.

نکته: برای سریع تبدیل شدن گرافیت به الماس دمای بسیار بالایی لازم است که در اثر آن ساختمان گرافیت متلاشی

شده و با آرایش جدیدی در کنار هم قرار می گیرند و الماس تولید می شود. برای ساختن الماس مصنوعی نیاز به دستگاهی است که به طور همزمان فشار و حرارت لازم را اعمال کند. این دستگاه در سال ۱۹۵۵ ساخته شد که فشاری معادل $600/000$ تا $1/500/000$ پوند بر اینچ مربع و حرارتی معادل 750 تا 2750 درجه ی سانتیگراد تولید می کند. در حال حاضر روزانه معادل 100 قیراط الماس مصنوعی دانه ریز برای مصارف صنعتی تولید می شود.

نام گذاری: نام الماس از لغت یونانی Adamas به معنی شکست ناپذیر گرفته شده است.

و- گرافیت (C)

این کانی در سیستم هگزاگونال متبلور می شود. غالباً به صوت توده ای، رشته ای و پولکی دیده می شود. سختی آن کم و در حدود ۱-۲ و وزن مخصوص آن نیز کم و در حدود $2/2$ است.

خواص تشخیصی: گرافیت را از رنگ سیاه، حالت متورق، لمس چرب و رنگ خاکه سیاه می توان تشخیص داد.

محل ونحوه پیدایش: گرافیت یک کانی دگرگونی است و در سنگهای دگرگونی به واسطه دگرگون شدن رسوبات آلی و زغالی داخل سنگهای دیگر به وجود می آید. امروزه مقدار زیادی از گرافیت را به طریقه مصنوعی و در کوره های الکتریکی تهیه می کنند. در این موارد آنتراسیت یا گُکهای نفتی را در کوره حرارت می دهند و به گرافیت تبدیل می کنند. مصرف گرافیت مصنوعی امروزه به مقدار قابل ملاحظه ای بالا رفته است.

موارد مصرف: مخلوط گرافیت با روغن برای روغنکاری دستگاهها جهت جلوگیری از اصطکاک بکار می رود. همچنین گرافیت در ساختن مغز مداد با رُس دانه ریز مخلوط می شود. در ساختن سنگهای محافظ برای استیل های ساختمانی و برای روکش و در مصارف الکتریکی و همچنین در باتریها، الکترودها و ساختمان ژنراتورها نیز کاربرد دارد.

نام گذاری: نام آن از لغت یونانی به معنی نوشتن است که به دلیل خاصیت نوشتن آن است.

۲-۲- سولفیدها

کانیهای هستند که نسبتاً فراوان بوده و غالباً مصرف اقتصادی دارند. در بسیاری موارد سولفورها کانیهای عمقی زا هستند. به عبارت دیگر بر اثر عوامل مختلف از قسمت درونی زمین به سمت قشر جامد زمین حرکت نموده و تشکیل رگه هایی را در داخل سنگها می دهند.

الف- گالن (pbs)

این کانی در سیستم مکعبی متبلور می شود، دارای $86/6\%$ سرب و $13/4\%$ گوگرد است. ساختمان گالن شبیه نمک طعام

می باشد که در آن سرب به جای سدیم و گوگرد به جای کلر قرار گرفته است .

گالن غالباً با اسفالریت همراه است ولی در بعضی معادن درصد گالن و در بعضی معادن درصد اسفالریت بیشتر می باشد و بر حسب این که کدام یک اهمیت بیشتری داشته باشند ، معدن را سرب یا روی می نامند.

خواص تشخیصی: گالن را از رَخ خوب ، وزن مخصوص بالا (۷/۵) ، خاکه خاکستری سربی ، سختی کم (۲/۵) و واکنش آن با اسید کلریدریک (بوی تخم مرغ گندیده می دهد) تشخیص می دهند.

نحوه محل پیدایش: گالن یکی از فراوان ترین سولفیدهای فلزی است که همراه اسفالریت ، پیریت ، کالکوپیریت ، کلسیت ، دولومیت ، کوارتز ، باریت و فلوئوریت در رگه های معدنی یافت می شود.

در رگه های هیدروترمالی ، گالن همراه با کانی های نقرهدیده می شود و خود نیز دارای مقداری نقره است و می تواند به عنوان سنگ معدن نقره بکار رود . گالن همچنین در پگماتیتها و به صورت پراکنده در میان رسوبات نیز یافت می شود.

معادن مهم سرب در کشورهای آلمان ، انگلستان و آمریکا است و ایران نیز دارای معادن گالن فراوان (مانند معادن سرب و روی انگوران زنجان) متعددی است .

موارد مصرف: تنها سنگ معدن سرب و یکی از منابع مهم تهیه نقره است . بیشترین مقدار سرب در ساخت باطریها ، صفحات و لوله های سربی و گلوله به کار می رود . مقداری سرب در ترکیب بنزین جهت روان سازی سوخت و ساز موتور ماشینها استفاده می شود . همچنین سرب برای ساختن صفحات محافظ مواد رادیواکتیو به کار می رود .

نام گذاری: نام آن از لغت لاتین گالن گرفته شده است که اساساً در مورد سنگ معدنهای سرب به کار رفته است

ب- اسفالریت یا بلاند (zns)

این کانی در سیستم مکعبی متبلور می شود . دارای ۶۷٪ روی و ۳۳٪ گوگرد است . اسفالریت مهمترین ماده معدنی روی است . غالباً به صورت توده های متراکم یا به صورت دانه ریز تا دانه درشت خوش انگوری می باشد . رنگ این کانی بسیار متغیر و از سفید تا سیاه تغییر می کند .

به طور کلی رنگ این کانی یا سفید مایل به زرد ، زردعسلی ، زرد مایل به قهوه ای و یا سیاه است . اسفالریت دارای سختی حدود ۴ و وزن مخصوص ۴/۱-۳/۹ و جلای صمغی است .

نحوه و محل پیدایش: از نظر موقعیت و نحوه پیدایش شبیه به گالن است و معمولاً همراه با آن دیده می شود . در قسمتهای سطحی معدن روی ، در اثر نفوذ آبهای گاز کربنیک دار ، اسفالریت تبدیل به کانی دیگری از روی به نام

اسمیت زونیت ($ZnCO_3$) می گردد.

موارد مصرف: این کانی مهمترین سنگ معدن روی است. مهمترین مصرف روی فلزی در ساختن آهن گالوانیزه می باشد. همچنین برای ساختن برنج به کار می رود. در باتریهای الکتریکی و در ساختن ورقه های روی به کار می رود. اکسید روی (روی سفید) به مقدار زیادی در رنگ به کار می رود. کلرید روی به عنوان نگه دارنده چوب کاربرد دارد. سولفات روی در پزشکی و رنگرزی به کار می رود.

نام گذاری: نام اسفالریت از لغت یونانی به معنی فریب دهنده یا خائن گرفته شده است. به دلیل این که ظاهراً شبیه به گالن است ولی فاقد سرب می باشد.

ج- پیریت (FeS_2)

این کانی که در سیستم مکعبی تشکیل می شود، غالباً به شکل بلوری و به فرمهای شش وجهی یا هشت وجهی مخطط دیده می شود. ساختمان پیریت مانند ساختمان نمک طعام است که در آن آهن به جای سدیم و گوگرد به جای کلر قرار دارد. رنگ این کانی همیشه زرد طلایی و رنگ پودر آن خاکستری تیره مایل به قهوه ای است. جلائی آن فلزی، سختی ۶-۶/۵ و وزن مخصوص ۵ است. این کانی حاوی ۴۶/۶ درصد آهن و ۵۳/۴ درصد گوگرد است و ممکن است مقدار کمی کبالت و نیکل نیز داشته باشد.

خواص تشخیصی: برای تشخیص پیریت از کالکو پیریت از رنگ زرد پریده و سختی بیشتر آن استفاده می شود. در تشخیص پیریت از طلا چند روش را می توان امتحان کرد:

۱- رنگ خاکه پیریت سیاه و یا خاکستری تیره مایل به قهوه ای است ولی رنگ خاکه طلا، طلایی است.

۲- چنانچه پیریت را در لوله آزمایش بریزیم و اسید نیتریک به آن اضافه کنیم، گوگرد از پیریت جدا می شود و در محلول اسید شناور می ماند، در صورتی که اسید نیتریک بر طلا اثر ندارد.

۳- سختی پیریت ۶-۶/۵ و دارای خاصیت شکنندگی است، ولی سختی طلا ۳-۲/۵ و خاصیت چکش خواری دارد.

نحوه و محل پیدایش: پیریت یکی از کانیهای عمقی زا است و در غالب معادن سولفور هیدروترمال، همراه سولفورهای دیگر مانند کالکوپیریت دیده می شود. این کانی در سنگهای رسوبی هم بصورت اولیه و هم ثانویه تشکیل میشود. علاوه بر آن، کانی فوق در تفریق ماگمایی (جریان سرد شدن ماگمای مذاب) به صورت کانی فرعی در سنگهای آذرین دیده می شود. بزرگترین ذخایر پیریت دنیا در اسپانیا و پرتقال و آمریکا قرار دارد. یکی از مهمترین معادن پیریت در ایران معدن قلعه زری بیرجند است. پیریت به راحتی تحت عوامل دگرسان کننده به اکسید آهن

و معمولاً لیمونیت تبدیل می شود. سنگهای حاوی پیریت برای مصارف ساختمانی مناسب نیستند زیرا پیریت موجود در آنها اکسید شده و باعث تغییر رنگ نیز می گردد.

موارد مصرف: این کانی را به خاطر طلا یا مسی که همراه دارد استخراج می کنند. به دلیل مقدار زیاد گوگرد و مقدار کم آهن فقط در کشورهایی که از نظر معادن اکسید آهن فقیر هستند، برای تولید آهن به کار گرفته می شود. مهمترین مصرف آن برای تهیه گوگرد در تولید اسید سولفوریک است. کانی پیریت را به عنوان سنگ تزئینی تراش می دهند و به نام مارکازیت می فروشند.

لازم به یادآوری است که ترکیب Fes_2 به صورت دو پلی مورف به نامهای پیریت و مارکازیت است که برای تشخیص پیریت از مارکازیت، از رنگ تیره تر پیریت و شکل بلورهای آن استفاده می کنند.

نام گذاری: نام پیریت از لغت یونانی پیر به معنی آتش گرفته شده است. شاید علت آن جرقه ای است که در اثر برخورد پیریت با فلزات ایجاد می شود.

د- کالکوپیریت ($CuFes_2$)

این کانی در سیستم تتراگونال تشکیل می شود، رنگ آن برنزی و جلای آن فلزی است و به واسطه همین رنگ از پیریت تشخیص داده می شود (پُر رنگ تر از پیریت است). این کانی حاوی ۳۴/۶٪ مس، ۳۰/۴٪ آهن و ۳۵٪ گوگرد است. سختی آن ۴-۳/۵ (از پیریت کمتر است)، وزن مخصوص ۴/۲ و رنگ خاکه سیاه متمایل به سبز است.

این کانی به نام طلای قلبی معروف است که این نام در مورد پیریت هم به کار می رود.

نحوه و محل پیدایش: کالکوپیریت یکی از فراوان ترین کانیهای مس و یکی از مهمترین آنها است این کانی یکی از کانیهای عمقی زا بوده و غالباً در رگه های فلزی با پیریت، گالن و اسفالریت دیده می شود. کالکوپیریت ممکن است حاوی مقداری طلا و نقره باشد و به عنوان سنگ معدن آنها به کار گرفته می شود.

کالکوپیریت کانی ناپایداری است و غالباً در اثر آبهای نفوذی به مخلوطی از کانیهای مس و آهن مانند آزوریت، مالاکیت و لیمونیت تبدیل می شود.

موارد مصرف: از کانیهای مهم مس است و برای استخراج مس از آن استفاده می نمایند.

نام گذاری: از لغات یونانی به معنی برنج و پیریت گرفته شده است.

ه- رآلکار یا زرنیخ قرمز (ASS)

دارای سیستم مونوکلینیک است. این کانی به صورت منشورهای کوتاهیمی باشد که به موازات محور C بلورشناسی،

مخطط است. معمولاً به صورت دانه ریز و درشت و یا به حالت خاکی دیده می شود. حاوی ۷۰/۱٪ آرسنیک و ۲۹/۹٪ گوگرد است. سختی آن ۲-۱/۵ و وزن مخصوص آن ۳/۴۸ است.

خواص تشخیصی: رآلگار را می توان از رنگ قرمز آن، جلای صمغی و خاکه زرد نارنجی و همچنین همراهی دائمی آن با اورپیمان تشخیص داد. از نظر عبور نور نیمه شفاف و گاهی شفاف است. چنانچه در روی زغال حرارت داده شود، بوی سیر از آن استشمام می گردد (به واسطه وجود آرسنیک).

نحوه و محل پیدایش: کانی رآلگار معمولاً همراه با اورپیمان و سایر کانیهای آرسنیک دار در رگه های معدنی سرب و نقره و طلا یافت می شود. همچنین در اثر تصعید از مواد ولکانیکی حاصل می شود. از چشمه های آبگرم نیز جدا شده و رسوب می کند.

در ایران در حوالی تکاب کردستان وجود دارد. این کانی در مجارستان، سوئیس و آمریکا نیز یافت می شود. **موارد مصرف:** رآلگار در عملیات آتشیاری و انفجاری به کار می رود. این کانی قبلاً به عنوان رنگ دانه به کار می رفته است. قبلاً در ساختمان پودرهای نظافت نیز استفاده می گردید ولی امروزه به دلیل سمی بودن استفاده از آنها رایج نیست.

نام گذاری: نام آن از لغت عربی به معنی پودر معدن گرفته شده است.

و- اورپیمان یا زرنیخ زرد (AS_2S_3)

این کانی که در سیستم مونوکلینیک متبلور شده و دارای بلورهای صفحه ای کوچک و یا منشوری کوتاه است ولی معمولاً به صورت توده های ستونی و یا جهت یافته دیده می شود. دارای ۶۱٪ آرسنیک و ۳۹٪ گوگرد است. سختی آن ۲-۱/۵ و وزن مخصوص آن ۳/۴۹ می باشد. جلای آن صمغی و مرواریدی، رنگ آن زرد لیمویی و رنگ خاکه آن زرد کم رنگ است. این کانی در اثر تجزیه رآلگار به وجود می آید.

خواص تشخیصی: این کانی را از رنگ زرد و ساختمان جهت یافته آن می توان تشخیص داد. برای تشخیص آن از گوگرد، از رخ کامل اورپیمان استفاده می شود. بقیه خواص و آزمایشهای شیمیایی آن شبیه به رآلگار است. **نحوه و محل پیدایش و کاربرد:** تمام مطالبی که برای رآلگار عنوان شده، برای کانی اورپیمان نیز صادق است. **نام گذاری:** نام آن از لغت لاتین به معنی زرد طلایی گرفته شده است.

۲-۲- اکسیدها و هیدروکسیدها

اکسیدها شامل دسته ای از ترکیبات طبیعی هستند که در آنها اکسیژن با یک یا تعداد بیشتری از فلزات ترکیب شده

است. کانی های هیدروکسیدی با وجود مجموعه آنیونی هیدروکسیلی (OH) و یا وجود ملکولهای آب مشخص می شوند. بدلیل وجود یون OH پیوندهای شیمیایی در این خانواده ضعیف تر از خانواده اکسیدها است.

الف - هماتیت یا الزیست (Fe_2O_3)

این کانی در سیستم هگزاگونال متبلور شده و بلورهای آن غالباً شش گوش و تخته ای شکل است. هماتیت حاوی ۷۰٪ آهن و ۳۰٪ اکسیژن می باشد. معمولاً به صورت خالص دیده می شود ولی گاهی مقداری منگنز و تیتان به همراه دارد. دارای وزن مخصوص ۵/۵ و سختی ۶ است.

خواص تشخیصی: رنگ این کانی معمولاً سیاه و رنگ خاکه آن قهوه ای مایل به قرمز و یا قرمز است. نوع خاکی شکل این کانی به رنگ قرمز است (اخرا). اگر این کانی در شعله حیائی حرارت داده شود به شدت مغناطیسی می گردد. به راحتی در اسید کلریدریک حل می شود و محلول حاصل با فروسیانید پتاسیم ترکیب شده و رسوب آبی رنگ می دهد (آزمایش تشخیص یون Fe^{3+}).

نحوه و محل پیدایش: فراوانترین سنگ معدن آهن است که ممکن است در اثر پدیده تصعید از فرآیندهای آتشفشانی حاصل شود. هماتیت هم منشأ آذرین، هم دگرگونی و هم رسوبی دارد. به عنوان کانی فرعی و اولیه در سنگهای آذرین دیده می شود. این کانی در سنگهای رسوبی نیز تشکیل می شود. به طور مثال در بعضی از ماسه سنگهای قرمز رنگ (ماسه سنگ لالون) دیده می شود.

مهمترین معدن هماتیت دنیا در سویس است، همچنین در انگلستان و برزیل، معادن بزرگ آهن وجود دارد. کشور ما نیز دارای معادن غنی از هماتیت است.

موارد مصرف: مهمترین موارد مصرف آن به عنوان سنگ معدن آهن در تهیه فولاد و چدن است. همچنین خاک سرخ (اخرای قرمز) به صورت رنگدانه قرمز مصرف می شود و در نقاشی به عنوان ضد زنگ به کار می رود. به عنوان پودر ساییده نیز کاربرد دارد.

نام گذاری: نام آن از لغت یونانی به معنی خون گرفته شده است که به دلیل قرمزی رنگ نمونه های خاکی هماتیت است.

ب- ماگنتیت ($FeO, Fe_2O_3 = Fe_3O_4$)

این کانی در سیستم مکعبی متبلور می شود. دارای ۷۲/۴٪ آهن و ۲۷/۶٪ اکسیژن است، رنگ آن همیشه خاکستری مایل به سیاه می باشد، جلای آن همیشه فلزی و رنگ خاکه ی سیاه دارد. منیتیت ممکن است در اثر اکسیداسیون به

هماتیت تبدیل شود. $\left(2Fe_3O_4 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow 3Fe_2O_3 \right)$ ، دارای سختی ۶ و وزن مخصوص ۵/۲ است.

خواص تشخیصی: ماگنتیت را از خاصیت مغناطیسی شدید آن، رنگ سیاه خاکه و سختی ۶ می توان تشخیص داد. برای تشخیص آن از فرانکلینیت (این کانی نیز دارای خاصیت مغناطیسی است) از رنگ خاکه آن استفاده می شود. رنگ خاکه فرانکلینیت قهوه ای تیره است.

نحوه و محل پیدایش: ماگنتیت کانی فراوانی است و در اغلب سنگهای آذرین به صورت کانی فرعی پراکنده است. گاهی در هنگام تفکیک ماگمایی، ماگنتیت به صورت یکی از اجزای اصلی سنگ تشکیل شده و به صورت یک توده معدنی بزرگ در می آید، این توده ها معمولاً دارای تیتان و آهن فراوان هستند. علاوه بر این، این کانی به عنوان کانی تخریبی در ماسه سنگهای رود خانه ای و ماسه های کنار دریا مشاهده می گردد.

بزرگترین معدن ماگنتیت دنیا، کشور سوئد است که در آنجا این کانی همراه با آپاتیت می باشد. در ایران مهمترین معدن آن در بافق یزد می باشد.

موارد مصرف: ماگنتیت سنگ معدن مهم آهن است.

نام گذاری: احتمالاً نام آن از منطقه ماگنزا گرفته شده است، همچنین گفته می شود که نام آن از نام شخصی به نام ماگنز گرفته شده است که برای اولین بار این کانی را کشف کرد. وی در هنگام راه رفتن در منطقه ای، ناگهان متوجه شد که میخهای کفش و قسمت های آهن دار وسایل او جذب زمین می شوند.

ج- لیمونیت ($FeO(OH), nH_2O$)

این کانی به صورت آمورف بوده، معمولاً با ساختمان خوشه انگوری تا استلاکتیتی می باشد و ممکن است به حالت خاک مانند نیز دیده شود.

سختی آن ۵ تا ۵/۵ و وزن مخصوص آن ۳/۶ تا ۴ می باشد. جلای آن شیشه ای، رنگش قهوه ای تیره تا سیاه و رنگ خاکه آن قهوه ای مایل به زرد است. به طور کلی لیمونیت نوع آمورف (بی شکل) گوتیت است. اگر چه در ترکیب آن گوتیت نیز ممکن است وجود داشته باشد.

نحوه و محل پیدایش: لیمونیت اصولاً یک کانی سطحی زا است که از تجزیه کانیهای آهن دار قبلی بوجود می آید.

نام لیمونیت معمولاً در صحرا برای اکسیدهای آهن آبدار که تشخیص آنها قطعی نشده است به کار می رود. لیمونیت ماده رنگی خاکها است و چنانچه با ذرات ظریف رس مخلوط باشد به آن آخرای زرد گویند.

د- گوتیت ($Fe(OH)$)

این کانی در سیستم ارتورومبیک متبلور شده و حاوی ۶۲/۹٪ آهن ، ۲۷٪ اکسیژن و ۱۰/۱٪ آب است . به صورت اجتماعات متخلخل تا توده ای شکل ، قلوه مانند ، خوشه انگوری و یا ساختمان نخودی و آلئیتی نیز مشاهده می شود. سختی آن ۵ تا ۵/۵ و وزن مخصوص ۴/۳ می باشد. رنگ آن قهوه ای مایل به سیاه تا زرد است و در انواع توده ای شکل و خاک مانند به رنگ قهوه ای مایل به قرمز تا زرد مایل به قهوه ای می باشد. رنگ خاکی آن از زرد مایل به قهوه ای تا زرد لیمویی تغییر می کند. جلای آن در بلورها الماسی تا فلزی و در انواع رشته ای ، ابریشمی می باشد.

خواص تشخیصی: برای تشخیص گوتیت از هماتیت از رنگ خاکه آن استفاده می شود.

نحوه و محل پیدایش: گوتیت یکی از فراوانترین کانیها است و در شرایط اکسیداسیون از هوازدگی کانیهای آهن دار حاصل می شود. همچنین به طور مستقیم در کف مردابها و دریاچه ها نیز ته نشین می شود.

در بعضی از کشورها، گوتیت به عنوان سنگ معدن اصلی آهن دارای اهمیت است . معادن مهم آن در انگلستان ، کوبا و آمریکا است .

نام گذاری: نام آن به افتخار شاعر معروف آلمانی (گوته) گذاشته شده است .

ه- کروندوم (Al_2O_3)

این کانی در سیستم هگزاگونال متبلور شده و حاوی ۵۲/۹٪ آلومینیوم و ۴۷/۱٪ اکسیژن است. در اثر دگرسانی و فرسایش به میکا تبدیل می گردد. به رنگهای مختلف دیده می شود که به ناخالصی های موجود در آن بستگی دارد. نوع قرمز آن (یاقوت) به عنوان جواهر به کار می رود. سافیر که به رنگهای سفید و کبود دیده می شود نیز از انواع کروندوم است. سافیر و یاقوت در جهت محور C بلورشناسی دارای یک نوع درخشش ستاره ای است و به همین جهت به نام یاقوت و سافیر ستاره ای نامیده می شوند.

سمباده ترکیبی از کروندوم سیاه دانه ای است که با ماگنتیت و هماتیت مخلوط شده است.

یاقوت حاوی مقداری کرم است که باعث قرمزی رنگ آن می شود. در سافیر کبود، مقداری آهن و یا تیتان وجود دارد.

نحوه و محل پیدایش: کروندوم به عنوان کانی فرعی در سنگ های آذرین و دگرگونی مانند مرمر ، گنایس و شیست

فراوان است. همچنین به عنوان کانی اصلی در سنگهای سیلیسی غیر اشباع وجود دارد. کروندوم به صورت بلورهای

درشت در پگماتیتها وجود دارد .

کروندوم به صورت بلورهای کامل و یا گرد شده در میان رسوبات آواری و ماسه های رودخانه ای یافت می شود که علت آن این است که این کانی دارای سختی (سختی ۹) و مقاومت شیمیایی زیادی است و در نتیجه در آخرین مراحل حمل رسوبات به طور سالم پیدا می شود.

کروندوم معمولی که به صورت سنگ سمباده استفاده می شود و در گذشته در خیلی از کشورها استخراج می شد، ولی امروزه زیمبابوه و شوروی مهمترین تولیدکنندگان آن هستند.

زمرد و یاقوت مصنوعی نیز با گداختن پودر آلومینیوم و افزودن مقداری کرم و تیتان به دست می آید.

موارد مصرف: کروندوم به عنوان سنگ قیمتی و همچنین به عنوان ماده ساینده به کار میرود. این کانی به عنوان سنگ ساعت و یا در ساخت ابزار علمی کاربرد دارد. انواع ناخالص آن به عنوان سنگ سمباده به کار می رود. **نام گذاری:** احتمالاً از نام هندسی این کانی به نام کارونتاکا گرفته شده است.

و- کرومیت ($FeCr_2O_4$)

این کانی که در سیستم مکعبی تبلور پیدا می کند، معمولاً به صورت توده های دانه ای شکل دیده می شود و حاوی ۳۲٪ FeO و ۶۸٪ Cr_2O_3 است. سختی آن ۵/۵ و وزن مخصوص ۴/۵ می باشد. رنگ آن خاکستری مایل به سیاه و خاکی آن قهوه ای تیره و جلای آن قیری و یا نیمه فلزی است.

نحوه و محل پیدایش: کرومیت یکی از اجزای اصلی سنگهای پریدوتیتی و همچنین سرپانتینیت های حاصل از دگرسانی است. کرومیت معمولاً کانی عمقی زا است و منشأ ماگمایی دارد و یکی از اولین کانیهای است که از ماگمای در حال سرد شدن تفکیک می شود.

مهمترین کشورهای تولیدکننده آن، آفریقای جنوبی، زیمبابوه، ترکیه و روسیه است. در ایران معادن کرومیت فراوان است و در حوالی سبزوار، انارک و فاریاب دیده می شود.

موارد مصرف: کرومیت تنها سنگ معدن مهم کرم است. آلیاژ کرم - آهن را در تهیه فولادهای محکم و ضد زنگ stainless steel به کار می رود. آلیاژ کرم - نیکل به نام نیکرکرم به علت مقاومت الکتریکی بالا در ساخت وسایل الکتریکی - حرارتی به کار می رود.

به مقدار زیادی در آبکاری وسایل و قطعات اتومبیل به کار می رود. به دلیل عنوان خاصیت نسوزندگی، کرم را به صورت آجرهایی برای پوشش داخلی کوره های ذوب فلز در می آورند. عنصر کرم به عنوان رنگ دانه در ساخت رنگ های سبز، زرد، نارنجی و قرمز به کار می رود.

ز- پیرو لوسیت (MnO_2)

این کانی در سیستم تتراگونال متبلور می شود. ندرتا به حالت بلوری دیده شده و عمدتا به صورت توده های دانه ای و یا به صورت پوششی و پودر مانند دیده می شود. حاوی ۶۳٪ منگنز و ۳۷٪ اکسیژن است. دارای سختی ۶-۲، وزن مخصوص ۵-۴/۵، رنگ خاکستری تیره، رنگ خاکه سیاه و جلای فلزی تا خاکی است.

خواص تشخیصی: کانی پیرو لوسیت با خاکه سیاه رنگ، رنگ خاکستری تیره و سختی کم آن قابل شناسایی است. به آسانی انگشتان دست را سیاه می کند و بر روی کاغذ اثر می گذارد.

نحوه و محل پیدایش: پیرو لوسیت یکی از کانیهای سطحی زا و فراوان منگنز است و تقریبا در محیط های اکسیدان شدید به وجود می آید و به همین جهت به عنوان کانی مرداب و دریاچه ها شناخته می شود. پیرو لوسیت یکی از کانه های مهم منگنز است و به صورت دندریت در سطح شکستگی بسیاری از سنگها دیده می شود.

مهمترین کشورهای تولید کننده منگنز، روسیه، هند، آفریقای جنوبی، برزیل و غنا است. در ایران معادن کوچکی از پیرو لوسیت در حوالی رباط کریم وجود دارد.

موارد مصرف: حدود ۹۵٪ منگنز تولیدی در جهان در آلیاژهای فولاد (در ساخت هر تن فولاد، هفت کیلوگرم منگنز مصرف می شود) و بقیه در تهیه باطریهای خشک و مواد شیمیایی به کار می رود. همچنین این عنصر به عنوان ماده رنگ بر در صنعت شیشه سازی استفاده می شود.

نام گذاری: نام پیرو لوسیت از دو واژه یونانی به معنی آتش و شستن آمده است. به دلیل این که منگنز در شیشه سازی به دلیل خاصیت اکسید کننده گی، آهن موجود در شیشه را اکسید می کند و رنگ آن را از بین می برد.

۴-۴- هالیدها

از نظر شیمیایی هالیدها گروهی از ترکیبات هستند که دارای یون های هالوژنی مانند I, F, Br, Cl هستند. این یون ها بزرگ بوده و همگی دارای یک بار منفی نیز هستند و براحتی پولاریزه می شوند. اگر چه در حدود ۸۵ نوع از هالیدها شناخته شده اند ولی در این جا فقط ۳ کانی از مهمترین آنها به طور مفصل مورد بحث قرار می گیرد.

الف - هالیت (نمک طعام) ($NaCl$)

جلای آن شیشه ای، در صورت خالص بودن، بیرنگ و سفید و به واسطه وجود ناخالصی ممکن است به رنگهای قرمز،

نارنجی، زرد، سبز، آبی و.. دیده شود. سختی آن کم و در حدود ۲/۵ و وزن مخصوص آن حدود ۲/۱ است. در آب

به آسانی حل می شود.

خواص تشخیصی: این کانی به وسیله رخ مکعبی و طعم شورش قابل شناسایی است. برای تشخیص آن از سیلویت، از تلخی سیلویت استفاده می شود. از طرفی سدیم دارای رنگ شعله زرد است.

نحوه و محل پیدایش: هالیت یک کانی فراوان است که در دریاچه ها و کولابه های کنار دریاها، در اثر اشباع نمک طعام در آب رسوب می کنند (این کانی یکی از مهمترین کانی های تبخیری است). این رسوب گذاری مخصوصا در فصولی که واردات آب کم و تبخیر زیاد است انجام می گیرد. در مواقعی که واردات آب زیاد می شود و در نتیجه غلظت نمک کم و رسوب گذاری متوقف می گردد. بر عکس در این مواقع رسوبات رودخانه ای در کف دریاچه ها ته نشین می شوند، به همین جهت در تشکیلاتی که طبقات نمک طعام وجود دارد. این کانی با لایه های رس و شیل و انهدریت و ژپس متناوب است.

مهمترین تولیدکننده های دنیا عبارتند از چین، انگلیس، آلمان، کانادا و مکزیک است. آمریکا از نظر تجاری بزرگترین تولیدکننده نمک دنیا است که در آنجا نمک، هم از لایه های نمک استخراج می شود و هم از تبخیر آب دریا استحصال می شود. نمک را همچنین از گنبد های نمکی استخراج می کنند. در این ساختمانها که یک توده قائم لوله ای شکل از نمک است، به نظر می رسد که لایه های نمکی زیرین راه خود را به سطح زمین باز کرده اند. در ایران گنبد های نمکی فراوانی وجود دارد. به طور مثال کوه نمک قم، در نواحی کرمان و بندرعباس و جزیره هرمز گنبد های نمکی فراوان است. تشکیلات گنبد های نمکی غالبا با ژپس، دولومیت و انهدریت همراه است. بیشتر جزایر خلیج فارس از قبیل هرمز، قشم و خارک گنبد های نمکی هستند ولی در عده ای از آنها فرسایش هنوز به حدی نرسیده است که نمک ظاهر شود.

موارد مصرف: نمک به مقدار زیادی برای دباغی پوست، کودهای شیمیایی، نگهداری مواد غذایی و تغذیه استفاده می شود. مهمترین مورد مصرف نمک در صنایع شیمیایی است که به عنوان تولید سدیم و کلر برای ساختن اسید کلریدریک به کار می رود.

ب- سیلویت (KCL)

این کانی در سیستم مکعبی متبلور می شود. در صورتی که خالص باشد بیرنگ یا سفید رنگ است ولی در اثر ناخالصی به رنگهای قرمز، نارنجی، زرد، سبز و... دیده می شود. جلای آن شیشه ای و گاهی به صورت بلورهای اتومرف و غالبا بصورت توده هایی است که شکل خارجی نامنظم دارد. مانند نمک طعام به آسانی در آب حل می شود و دارای

مزه شور و زنده است. سختی آن ۲ و وزن مخصوص حدود ۲ می باشد.

خواص تشخیصی: برای تشخیص آن از نمک طعام از رنگ شعله بنفش (پتاسیم) و زرد (سدیم) استفاده می کنیم. ضمناً این کانی از نمک طعام تلخ تر است و به راحتی در آب حل می شود.

نحوه و محل پیدایش: سیلویت از نظر منشاء و موقعیت تشکیل مانند نمک طعام است، ولی از آن خیلی کمیاب تر می باشد. این کانی نسبت به نمک طعام و سایر کانیهای تبخیری دیرتر رسوب کرده و به صورت محلول باقی می ماند. سیلویت معمولاً به صورت بلورین یافت می شود.

موارد مصرف: سیلویت یکی از مهمترین منابع تولید پتاسیم می باشد. عنصر پتاسیم به عنوان یک ماده در کود شیمیایی به کار میرود.

نام گذاری: نام آن از نام قدیمی ترکیب کلرید پتاسیم گرفته شده است.

ج - فلوئوریت (فلوئورین) (CaF_2)

این کانی در سیستم مکعبی تبلور یافته و غالباً به صورت توده های بلورین و رخ پذیر هستند. فلوئورین دارای سختی ۴، وزن مخصوص ۳/۲ و رنگ متغیر بی رنگ، سفید، سبز، آبی، قرمز و... است. جلای آن شیشه ای و در درجه ۳ گداخته می شود و شعله قرمز رنگی می دهد که معروف کلسیم است.

نحوه و محل پیدایش: این کانی فراوان بوده و معمولاً در رگه های هیدروترمالی به صورت کانی اصلی و یا سنگ باطله (گانگ) همراه کانیهای فلزی بخصوص کانیهای سرب و نقره وجود دارد. در میان دولومیت و سایر سنگهای آهکی فراوان است.

این کانی به مقدار زیادی در انگلستان، سوئیس، نروژ و افریقای جنوبی دیده می شوند. در ایران در منطقه دلیجان اصفهان در حوالی آتش کوه این کانی به صورت رگه هایی دیده می شود که گاهی با گالن و باریت همراه می باشد. رگه هایی از فلوئورین در محل میانا در منطقه فیروز کوه دیده می شود که آن را استخراج می نمایند.

موارد مصرف: مقدار زیاد یعنی بیش از ۵۰٪ از کانی فلوئورین تولید شده در صنایع شیمیایی و برای تولید اسید هیدرو فلوئوریک به کار می رود و بیش از ۴۰٪ آن به عنوان کمک ذوب در صنایع فلزی و بقیه آن در ساختن شیشه فایبرگلاس بکار می رود. در گذشته به مقدار زیادی در ساخت مواد آرایشی و همچنین برای حکاکی در روی ظروف و مقدار کمی فلوئورین در ساختن منشورها و عدسیهای سیستمهای نوری به کار می رفت.

نام گذاری: نام آن از لغت یونانی به معنی جریان یافتن گرفته شده است و علت آن این است که کانی فلوئوریت

نسبت به سایر کانیها زودتر ذوب می شود.

۲-۵- کربناتها

کربناتها گروهی از کانیها هستند که در ترکیب آنها مجموعه آنیونی $(CO_3)^{2-}$ وجود دارد. اگر چه پیوند بین اتمهای اکسیژن و کربن در مجموعه $(CO_3)^{2-}$ خیلی قوی است، ولی این اتصال از اتصال CO_2 ضعیف تر است و در نتیجه در حضور یون هیدروژن مجموعه $(CO_3)^{2-}$ ناپایدار است و مطابق فرمول زیر به آب و CO_2 تبدیل می شود.

به دلیل همین واکنش است که کربناتها در مجاورت اسیدها می جوشند و این واکنش یکی از راه های تشخیص کربناتها است.

الف- کلسیت ($CaCO_3$)

این کانی در سیستم هگزاگونال (رومبو هدرال) متبلور می شود. بلورهای آن به شکلهای متفاوت دیده می شوند و در حدود ۳۰۰ نوع بلور متفاوت در آن تشخیص داده شده است. ولی در کلیه آنها کلیواژ رومبوهدری وجود دارد. به همین جهت کلسیت هر شکلی که داشته باشد، چنانچه آن را خرد نماییم، به صورت رومبوهدری کوچکی در می آید.

وزن مخصوص این کانی ۳/۷ است. رنگ آن متغیر و ممکن است کاملاً بیرنگ و شفاف باشد، در این صورت آن را «اسپات دیسلند» گویند که در ساخت وسایل اپتیک استفاده می شود. مواد ناخالصی آن را به رنگ های سبز، قرمز، دودی و... در می آورد.

خواص تشخیصی: این کانی غیر قابل گدازش است و قطعات آن به راحتی در اسید کلریدریک رقیق می جوشند. آن را می توان با سختی مشخص ۳، رخ رومبوهدری و رنگ روشن و جلای شیشه ای تشخیص داد. برای تشخیص آن از دولومیت از عدم تاثیر اسید کلریدریک رقیق بر دولومیت استفاده می شود (دولومیت پودر شده با اسید می جوشد) و برای تشخیص آن از آراگونیت از رخ رومبوهدری کلسیت و معرف میژن (Meigen) استفاده می شود. به طوری که کانی را پودر کرده و سپس مقداری از پودر را در لوله آزمایش ریخته و به آن محلول نیترات کبالت (معرف میژن) اضافه می کنیم و سپس محلول را حرارت می دهیم. در صورتی که پودر مورد آزمایش از نوع کلسیت باشد، تغییر رنگ نمی دهد و یا مختصری آبی می شود ولی اگر پودر از نوع آراگونیت باشد، به رنگ بنفش در می آید.

نحوه و محل پیدایش: کلسیت یکی از کانی های بسیار فراوان است و به مقدار زیادی در سنگ های رسوبی یافت می شود و کانی غالب و عمده موجود در سنگ آهکها است. سنگ آهک بلورین دگرگون شده مرمرو نامیده می شود.

گل سفید، کربنات کلسیم دانه ریز و پودری است. در غارها آبهایی که کربنات کلسیم محلول را در خود دارند، کربنات کلسیم خود را به صورت استلاگتیت ها و استلاگمیت ها بر جای می گذارند.

در اطراف چشمه های آبگرم و آب سرد آهکی، آهک های حفره داری ته نشین می گردند که به نام تراورتن نامیده می شوند، پوسته آهکی اکثر فسیلها از کلسیت تشکیل شده است.

موارد مصرف: مهمترین کاربرد کلسیت در تولید سیمان و تولید آهک برای ساروج است. نوعی از سیمان که به نام پرتلند نامیده می شود و بیشتر تولید می گردد، ترکیبی در حدود ۷۵ درصد کربنات کلسیم (سنگ آهک) و بقیه آن از سنگهای سیلیسی و آلومین دار (Al_2O_3) است.

سنگ آهک یکی از مواد اولیه در صنایع شیمیایی است و به عنوان سفید کننده کاربرد زیادی دارد. مقدار زیادی از آهک به عنوان کمک ذوب در ذوب کانی های فلزی به کار می رود. در صنایع ساختمانی، کلسیت به شکلهای گوناگونی به کار می رود. سنگ آهک و کلسیت، هر دو هم به عنوان سنگهای ساختمانی و هم به عنوان سنگهای تزئینی در نمای خارجی ساختمان به کار گرفته می شوند. کلسیت اسپات دیسلند برای ساختن وسایل مختلف نوری به کار می رود. موارد مصرف مهم و اصلی آن در ساختن منشورهای نیکول برای تولید نور پلاریزه است که قبل از این که صفحات پولارید ساخته شوند، از این منشورها استفاده می شد.

نام گذاری: نام آن از لغت لاتین و به معنی آهک گداخته گرفته شده است.

ب- آراگونیت ($CaCO_3$)

این کانی در سیستم ارتورومبیک متبلور می شود. بلورهای آن به صورت چهار گوش ساده و یا به حالت توده های سوزنی شکل دیده می شود. آراگونیت دارای ترکیب $CaCO_3$ خالص است که مقدار کمی استرانسیم و سرب جایگزین کلسیم می شود.

نحوه و محل پیدایش: آراگونیت در شرایط معمولی از کلسیت ناپایدارتر است و در نتیجه فراوانی آن نیز کمتر است. آراگونیت فرم ناپایدار کربنات کلسیم است که معمولاً در محیطهای گرم تشکیل می شود و به همین جهت در اطراف چشمه های آبگرم رسوب می نماید.

لایه های صدفی درون پوسته های نرم تنان و همچنین مروارید از جنس آراگونیت است. تجربیات نشان داده است که آبهای حاوی کربناتها در شرایطی که گرم هستند، آراگونیت رسوب می دهند و در شرایطی که سرد هستند، کلسیت رسوب می دهند.

نام گذاری: نام آن از اسم منطقه آراگون در اسپانیا گرفته شده است که در آنجا برای اولین بار پیدا شده است.

ج- دولومیت $[(\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2)]$

این کانی در سیستم رومبوهدری متبلور می شود. در صورت خالص بودن بیرنگ و سفید رنگ است و ناخالصی ها آنرا به رنگهای خاکستری و سبز در می آورد. سختی آن در حدود ۴-۳/۵ و وزن مخصوص ۳/۹ است. این کانی در اسید گرم حل می شود (وجه اختلاف با کلسیت).

نحوه و محل پیدایش: دولومیت معمولا یک کانی بسیار فراوان و به صورت کانی رسوبی دیده می شود، چنین معتقد هستند که دولومیت یک کانی ثانوی است و بر اثر دولومیتیزاسیون کلسیت یا آراگونیت بوجود می آید. به عبارت دیگر پس از آن که کلسیت تشکیل شد، آبهای نفوذی منیزیم دار بر کلسیت اثر کرده و آن را به کربنات مضاعف کلسیم و منیزیم تبدیل می کند.

دولومیت در تمام نقاط دنیا یافت می شود، نهشته های مشهور آن در انگلیس، مکزیک و آمریکا قرار دارند. **موارد مصرف:** به عنوان سنگ ساختمانی و سنگ نما استفاده می شود. برای تولید منیزیم به کار می رود. دولومیت یکی از سنگ معدنهای پر ذخیره عنصر منیزیم است.

نام گذاری: نام دولومیت به افتخار شیمیدان معروف آلمانی: دولومی (۱۷۵۰-۱۸۰۱) گذاشته شده است.

د- مالاکیت $[\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2]$

این کانی در سیستم مونوکلینیک متبلور می شود. بلورهای مشخص این کانی بسیار کمیاب بوده و معمولا به صورت منشوری شکل تا سوزنهای ظریفی به موازات محور C دیده می شود.

دارای سختی ۴-۳/۵، وزن مخصوص ۴/۵، رنگ سبز درخشان، رنگ خاکه سبز، جلای ابریشمی یا کدر و از نظر عبور نور معمولا نیمه شفاف است.

خواص تشخیصی: این کانی در درجه ۳ ذوب می شود و شعله سبز رنگی را تولید می کند. در اثر حرارت دادن در روی زغال، دانه های مس تولید می شود. در اسید کلریدریک حل شده و می جوشد. این کانی را از رنگ سبز روشن، شکل کلیه ای و خاصیت جوشش آن با اسید کلریدریک تشخیص می دهند.

نحوه و محل پیدایش: مالاکیت یکی از کانیهای سطحی زا و فراوان مس است که همراه با آزوریت و مس طبیعی یافت می شود. این کانی معمولا در نهشته های مس با سنگ آهک همراه است.

در ایران این کانی در معدن مس سرچشمه و معادن حوالی زنجان دیده می شود.

موارد مصرف: یکی از سنگ معدن های مس است. در بعضی از نقاط سیبری به صورت توده های لایه لایه بزرگی دیده می شود که آن را پس از استخراج و برش به عنوان سنگ تزئینی در ساختمانها به کار می برند.

نام گذاری: نام آن از لغت یونانی به معنی سبز رنگ گرفته شده است.

۵- آزوریت $[Cu_3(CO_3)_2(OH)_2]$

آزوریت در سیستم مونوکلینیک متبلور می شود. بلورهای آن تخته ای شکل، منشوری کوتاه و به علاوه بصورت توده ای شکل دیده می شود. دارای سختی ۴-۳/۵، وزن مخصوص ۳/۷، رنگ آبی آسمانی تا آبی تیره، رنگ خاکه آبی، جلای شیشه ای و از نظر عبور نور معمولاً شفاف است.

خواص تشخیصی: این کانی را توسط رنگ آبی لاجورد و جوشش با اسید کلریدریک تشخیص می دهند و تستهای شیمیایی آن شبیه مالاکیت است (رنگ شعله را سبز می کند و در روی ذغال تولید گلوله مسی می کند). این کانی غالباً با مالاکیت همراه است.

نحوه و محل پیدایش: این کانی نسبت به مالاکیت کمیاب تر است (زیرا در اثر دگرسانی، آزوریت به مالاکیت تبدیل می شود). ولی از نظر نحوه ی تشکیل مشابه مالاکیت است.

نام گذاری: نام آن به دلیل رنگ آبی اش انتخاب شده است.

۶- منیزیت $[MgCO_3]$

منیزیت در سیستم رومبوهدریک متبلور می شود. رنگ آن معمولاً سفید، بلورهای اتومورف آن کمیاب و غالباً بصورت عدسی و رگه ای دیده می شود. دارای سختی ۳-۳/۵، وزن مخصوص ۳/۱، جلای کدر و در اسید گرم حل شده و می جوشد (برعکس کربنات کلسیم که در اسید سرد حل شده و می جوشد). برای تشخیص منیزیت از دولومیت از توده های رخ پذیر منیزیت و وزن مخصوص آن استفاده می شود.

نحوه و محل پیدایش: منیزیت به مقدار زیادی به صورت رگه ها و توده های نامنظمی از دگرسانی سنگهای آذرین و دگرگونی منیزیم دار مانند سرپانتین و پریدوتیت در اثر نفوذ آبهای حاوی اسید کربنیک ایجاد می شود. بدین معنی که در اثر نفوذ آبهای گاز کربنیک دار در داخل زمین، الیوین موجود در پریدوتیت ها که سیلیکات مضاعف منیزیم و آهن است، تجزیه شده و به کربنات منیزیم و اکسید آهن و سیلیکات منیزیم تبدیل می شود. به همین جهت منیزیت، غالباً با تالک و سرپانتین همراه است.

مهمترین نهشته های منیزیت در ایالات منچوری چین، کوههای اورال روسیه و در ایران در حوالی خراسان، نائین و

کرمان دیده می شود.

موارد مصرف: در اثر حرارت دادن منیزیت، اکسید منیزیم تولید می شود و این اکسید در ساختن آجرهای نسوز برای پوشش داخلی کوره های الکتریکی به کار می رود. منیزیت منبع اصلی برای تولید منیزیم مورد مصرف صنایع شیمیایی است. امروزه منیزیم صرفاً از آب دریا استخراج می شود.

نام گذاری: نام آن از ترکیب شیمیایی اش گرفته شده است.

۶-۲ - سولفاتها

کانی هایی هستند که در ترکیب آنها بنیان SO_4 شرکت می نماید. بعضی از انواع آن بدون آب هستند، در صورتیکه برخی مانند ژیبس آبدار هستند. کانیهای مهم گروه سولفات شامل: باریت، سلسیت، آنهیدریت و ژیبس هستند که در ادامه به شرح هر یک از آنها می پردازیم.

الف - باریت یا باریتین $[BaSO_4]$

این کانی از نظر بلورشناسی در سیستم ارتورومبیک متبلور می شود. رنگ نمونه های خالص آن سفید ولی در اثر وجود ناخالصی به رنگهای زرد، سبز و آبی دیده می شود. دارای سختی ۳-۳/۵، وزن مخصوص ۴/۵ و جلای شیشه ای تا مرواریدی است.

خواص تشخیصی: این کانی را از چگالی بالا، رخ مشخص، رنگ سفید و شکل بلورهای آن می توان تشخیص داد. نحوه و محل پیدایش: کانی باریت یک کانی فراوان و دارای گستردگی زیادی است. معمولاً بصورت کانی باطله (گانگ) در گه های هیدروترمالی و همراه با کانیهای فلزی از قبیل سرب و روی دیده می شود. در رگه های آهنی همراه با کلسیت یافت می شود.

موارد مصرف: بیش از ۸۰ درصد باریت تولیدی به عنوان گل حفاری در چاههای نفت به کار می رود. این گل سنگین از یک طرف از میله حفاری حمایت می کند و از طرف دیگر مانع از خروج گازها در هنگام حفاری می شود. باریت یکی از منابع مهم و اصلی تامین باریت در صنایع شیمیایی می باشد.

بیشترین مصرف باریت به صورت لیتوپون است که ترکیبی یکنواخت از سولفات باریت و سولفید روی است. لیتوپون در صنایع رنگ سازی و نساجی به کار می رود. سولفات باریت در رادیولوژی دستگاه گوارش به بیمار خورانده می شود.

نام گذاری: نام آن از لغت یونانی به معنی سنگین گرفته شده است که به علت چگالی بالای آن است.

ب - سلسیت یا سلسیتین $[SrSO_4]$

این کانی در سیستم ارتورومبیک متبلور می شود. بیرنگ یا سفید است و به واسطه ناخالصی به رنگهای دیگر دیده می شود. بلورهای آن به صورت منشوری شکل و یا توده های دانه ای شکل دیده می شود. دارای ۳ سری کلیواژ است و رنگ شعله آن به واسطه وجود استرانسیم، ارغوانی می باشد. دارای سختی ۳-۳/۵ و وزن مخصوص ۴ است.

خواص تشخیصی: این کانی خیلی شبیه به باریت است، ولی برای تشخیص آنها می توان از چگالی کم سلسیت و همچنین رنگ شعله ارغوانی استرانسیم استفاده کرد.

نحوه و محل پیدایش: بیشتر منشاء رسوبی دارد و هنگامی که آب دریاها از سولفات استرانسیم اشباع می گردد، این کانی رسوب می نماید. به طول مثال در ایران، در جنوب ورامین و در حاشیه کویر (معدن سلسیتین ملک آباد) سلسیتین به صورت لایه هایی در داخل سنگهای آهکی دیده می شود.

موارد مصرف: مهمترین کاربرد استرانسیم در تهیه نیترات استرانسیم است که آن هم در تهیه مواد انفجاری و آتشباری بکار می رود. سایر نمکهای استرانسیم در تصفیه شکر (در صنایع قند سازی) و تلویزیون رنگی بکار گرفته می شود.

ج- آنهیدریت $[caso_4]$

این کانی از نظر بلورشناسی در سیستم ارتورومبیک متبلور می شود. آنهیدریت به ندرت به صورت بلورین است و بیشتر به صورت صفحات ضخیمی دیده می شود. در صورت خالص بودن بیرنگ تا سفید و اگر ناخالصی داشته باشد، بصورت خاکستری، سبز و زرد نیز دیده می شود.

دارای سه کلیواژ است که با زاویه قائمه همدیگر را قطع می نمایند به همین جهت بلورهای آنهیدریت بصورت مکعب مستطیل دیده می شوند. سختی آن ۳-۳/۵ و وزن مخصوص ۳/۹ است و به واسطه وجود کلسیم رنگ شعله را نارنجی می کند.

از خواص آن این است که اگر در محیط مرطوب قرار گیرد، مقداری آب جذب نموده و به ژپس تبدیل می شود که با اضافه شدن حجم همراه است و در نتیجه ی آن اگر توده های آنهیدریت در داخل زمین آب جذب نمایند، به واسطه فشاری که به رسوبات مجاور خود وارد می کنند، این رسوبات چین می خورند.

نحوه و محل پیدایش: تشکیل کانی آنهیدریت مشابه ژپس است و معمولاً با ژپس همراه است (ولی به فراوانی کانی ژپس نیست) این کانی به صورت لایه ای همراه با نهشته های نمکی در سنگ پوشش گنبد های نمکی یافت می شود. کانی مورد نظر یک کانی تبخیری است و هنگامی که غلظت سولفات کلسیم در آب به مقدار کافی باشد، رسوب کرده و عموماً با کانیهای تبخیری دیگر مانند ژپس و نمک طعام همراه است.

کاربرد: انهدریت در بنایی به عنوان گچ و خاک به کار می رود و همچنین در سیمانهای دیگر کاربرد دارد
نام گذاری: نام آن از لغت یونانی و به معنی "بدون آب" گرفته شده است.

د- ژپس $[caso_4, 2H_2o]$

این کانی در سیستم مونوکلینیک متبلور می شود. بی رنگ و سفید و در صورت وجود ناخالصی به رنگهای خاکستری، سبز و آبی دیده می شود. دارای سختی ۲ و وزن مخصوص ۲/۳ است.

کانی استاین اسپار یکی از انواع رشته ای ژپس است که دارای جلای ابریشمی است. نوع دانه ریز و میکروکریستالین ژپس را آلباستر می نامند. کانی سلنیت یکی از انواع بیرنگ، ورقه ای شکل و کاملاً شفاف ژپس است. اگر ژپس را حرارت دهند، با از دست دادن آب به ماده سفید رنگی تبدیل می شود که به آسانی خرد می شود (گچ بنایی معمولی).

خواص تشخیصی: این کانی را از طریق سختی مشخص آن (دارای سختی ۲ است و با ناخن خط بر می دارد) و ۳ سری رخ نابرابر تشخیص می دهند. در اسید کلریدریک گرم و رقیق حل می شود. ژپس را با خاصیت حلالیت آن در اسید و داشتن آب زیاد می توان از کانی انهدریت تشخیص داد.

نحوه و محل پیدایش: ژپس یکی از فراوان ترین کانیها است و در سنگهای رسوبی بر اثر تبخیر آب دریاها و دریاچه ها تشکیل می شود. این کانی به صورت لایه هایی در زیر سنگهای نمکی یافت می شود که علت آن، این می باشد که اولین کانی است که در اثر تبخیر آبهای شور ته نشین می شود.

ژپس در مناطق آتشفشانی نیز یافت می شود، بخصوص وقتی که بخارهای سولفیدی (اسید سولفوریک) بر روی کربناتها اثر کرده اند.

موارد مصرف: یکی از مهمترین موارد مصرف ژپس تولید گچ پاریسی است. در کاربرد ژپس به عنوان مصالح ساختمانی، ژپس را پس از استخراج تا دمای ۷۵ درجه سانتیگراد حرارت می دهند، در این حالت ژپس مقداری از

آب خود را از دست می دهد و به صورت گچ نیمه پایدار $[caso_4, \frac{1}{2}H_2o]$ در می آید. پس از مخلوط شدن این گچ

با آب، این جسم مقداری آب جذب کرده و مجدداً به صورت $[caso_4, 2H_2o]$ در می آید و متبلور شده و سخت می گردد (در اصطلاح می گویند خود را می گیرد). گچ پاریسی برای قالب گیری، شکسته بندی و روکش دیوارها به کار می رود.

ژپس های نوع استاین اسپار و آلباستر را به صورت صفحاتی برش و صیقل می دهند و در کار ساختمانی مصرف میکنند

ولی کاربردشان به دلیل نرمی آنها محدود است.

نام گذاری: نام آن از واژه یونانی که برای کانی هایی که حرارت داده می شوند، به کار میرفته، گرفته شده است.

۲-۶- فسفاتها

کانیهای هستند که در ترکیب آنها بنیان po_4 شرکت می نماید. نمونه های آن زیاد نیست و از مهمترین آنها می توان، آپاتیت و فیروزه را نام برد که در اینجا تنها به توصیف کانی فیروزه می پردازیم.

الف - فیروزه یا تورکواز $[cuAl_6(po_4)_4(oH)_8,4H_2o]$

از نظر بلورشناسی این کانی در سیستم تریکلینیک متبلور می شود. معمولاً به صورت توده های زیر بلور و یا متراکم و یا به صورت رگه های ظریف و یا دانه های پراکنده در سنگها دیده می شود. رنگ این کانی سبز، سبز متمایل به آبی و یا آبی می باشد. سختی آن ۶ و وزن مخصوص ۲/۷ است.

نحوه و محل پیدایش: فیروزه یک کانی ثانوی و سطحی زا است. مشهورترین و مهمترین نهشته آن در ایران، درون سنگهای تراکیتی در نیشابور قرار دارد.

در سنگهای تراکیتی در چند ایالت آمریکا نیز فیروزه یافت می شود، ولی به مرغوبیت و خوبی فیروزه نیشابور نیست. در منطقه دامغان نیز فیروزه دیده شده است ولی از لحاظ تجاری کم اهمیت می باشد.

کاربرد: فیروزه یک سنگ زینتی و جواهری است و معمولاً به صورت قطعات گرد و یا تخم مرغی برش داده می شود.

معمولاً فیروزه همراه با سنگ باطله استخراج می شود و تحت نام خمیره فیروزه ای فروخته می شود.

نام گذاری: نام تورکواز از لغت فرانسوی و به معنی ترکی گرفته شده است و علت آن این است که این کانی برای اولین بار از ایران و از طریق ترکیه به اروپا برده شده است.

ب - آپاتیت $(Ca_5(Po_4)_3(F,Cl,OH))$

این کانی در سیستم هگزاگونال متبلور می شود و معمولاً به صورت بلورهای منشوری کشیده و یا مسطح دیده می شود. در ترکیب این کانی اگر فلوئور وجود داشته باشد آن را فلوئورآپاتیت $Ca_5(Po_4)_3F$ گویند که فراوانترین نوع آپاتیت است و کانیهای کلروآپاتیت و هیدروکسیل آپاتیت بسیار کمیاب تر است.

سختی آن ۵، وزن مخصوص ۳، جلای شیشه ای و دارای رنگ سبز، سبز مایل به زرد و زرد عسلی است.

خواص تشخیصی: آپاتیت را معمولاً از بلورهای آن، رنگ و سختی اش می توان شناخت.

نحوه و محل پیدایش: آپاتیت به عنوان یکی از اجزاء کمیاب و فرعی به طور پراکنده در سنگهای آذرین، دگرگونی و

رسوبی یافت می شوند. هم چنین در پگماتیتهای و سایر رگه های هیدروترمالی یافت می شود.

بزرگترین نهشته های بزرگ آپاتیتی در شوروی قرار دارد (در شبه جزیره کولا)

موارد مصرف: بلورهای فسفات به مقدار زیادی در تامین کودهای شیمیایی فسفات به کار می رود. ولی امروزه نهشته

جزیره کولا دارای اهمیت است و بیشترین قسمت فسفات مورد نیاز در ساخت کودهای شیمیایی را تامین می کند.

در ایران در جزیره هرمز بلورهای آپاتیت که گاهی طول کانی به ۱۰ سانتیمتر و عرض ۵ سانتیمتر میرسد مشاهده

می شود. گاهی انواع خوش رنگ و شفاف آن به عنوان جواهر بکار می رود.

نام گذاری: نام آن از لغت یونانی به معنی فریبنده اقتباس شده، زیرا انواع آن شبیه به سایر کانی های جواهری است.

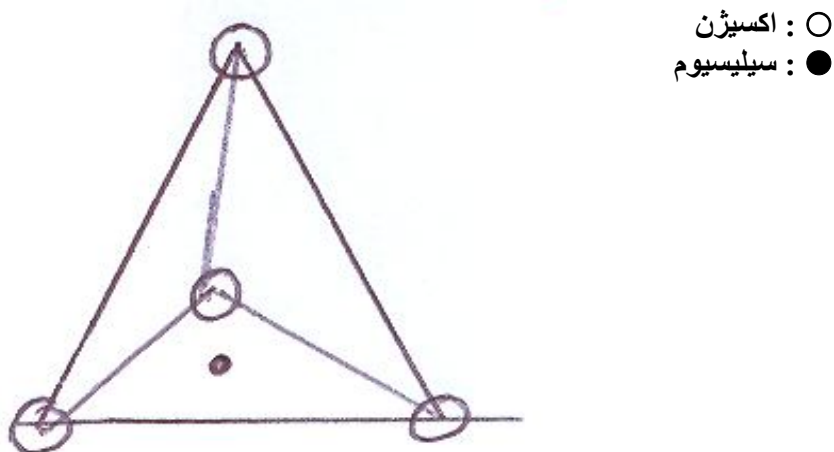
فصل سوم : کانی شناسی سیلیکاتها

۱-۲- کلیات

سیلیکاتها یا به عبارت دیگر ترکیباتی که از سیلیسیوم و اکسیژن و یک یا تعداد بیشتری فلز تشکیل شده اند ، بیش از ۹۰ درصد کانیهای سنگ ساز را تشکیل می دهند.

در ترکیب کلیه سیلیکاتها بنیان سیلیس وجود دارد. این کانیها از لحاظ فراوانی مهمترین مواد معدنی می باشند و حدود ۸۷ درصد کانیهای قشر جامد زمین را تشکیل می دهند.

در ساختمان کلیه سیلیکاتها تتراآندرهایی (چهاروجهی) به کار رفته که مرکز آن بوسیله سیلیسیوم و گوشه های آن بوسیله اکسیژن اشغال گردیده است. یک ظرفیت هر یون اکسیژن (که دارای دو ظرفیت می باشد) به وسیله سیلیسیوم گرفته شده و ظرفیت دیگر آن که آزاد است ، معمولاً بوسیله یونهای فلزی گرفته می شود.



ساختمان تتراآندرهایی سازنده سیلیکاتها

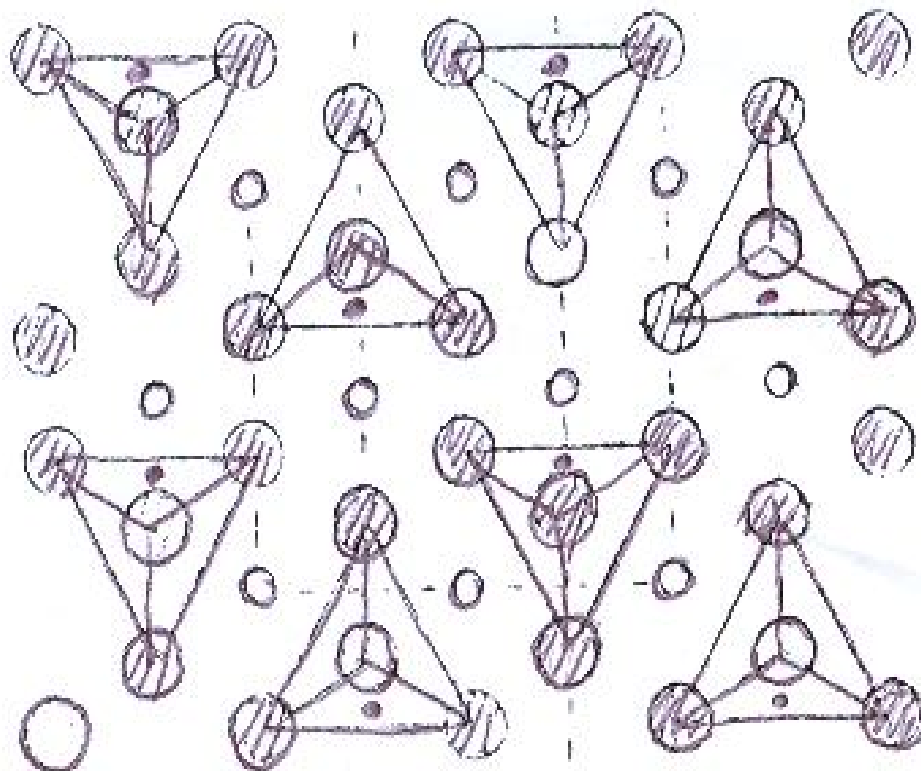
تتراآندرهایی مزبور ممکن است منفرد باشند و یا به طرق مختلف به یکدیگر متصل گردند. این اتصال به وسیله یک یا دو یا سه و یا چهار گوشه تتراآندر صورت می گیرد.

سیلیکاتها را بر حسب نوع اتصال تتراآندرها به یکدیگر به ۵ دسته تقسیم نموده اند که به اختصار به آنها می پردازیم .

الف - نروسیلیکاتها (تتراندراهای منفرد)

در این دسته از سلیکاتها، چهار وجهی های $(sio_4)^{-4}$ به صورت منفرد و مجزا هستند که بوسیله یونهای فلزی مانند آهن، منیزیم، کلسیم و غیره به هم متصل می شوند. در ساختمان آنها نسبتاً متراکم و فشرده هستند، از اینرو کانیهای این گروه چگالی نسبتاً زیاد و درجه سختی نسبتاً بالایی دارند.

نسبت سیلیسیوم به اکسیژن (si:o) در این گروه ۱:۴ است یعنی به ازای هر سیلیسیوم، چهار اکسیژن وجود دارد. به عبارت دیگر فرمول عمومی آنها M_2sio_4 می باشد. از مهمترین کانیهای این گروه میتوان به الیون اشاره کرد.

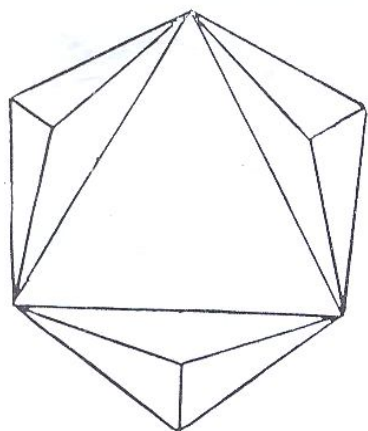


○ (منیزیم) Mg ○ (اکسیژن) O ● (سیلیسیوم) Si

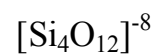
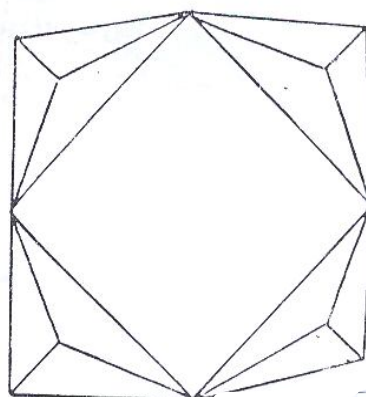
ب - سیکلو سلیکاتها (سلیکاتهاي حلقوی)

سیکلو سلیکاتها از چهار وجهی های sio_4 ساخته شده، که بطور حلقوی به هم متصل شده اند. تعداد تتراندراهای یک حلقه ممکن است ۳ یا ۴ یا ۶ باشد. فرمول عمومی آنها به ترتیب به صورت زیر است $(si_3o_9)^{-6}$, $(si_4o_{12})^{-8}$, $(si_6o_{18})^{-12}$ در این دسته از سلیکاتها نسبت $si : o = 1 : 3$ است.

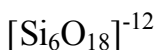
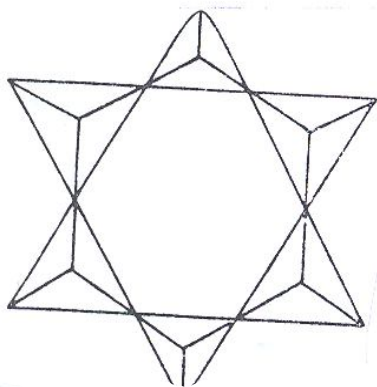
از سیکلو سیلیکاتهای سه تترائدری بنیتوئیت و از چهار تترائدریها اکسی نیت و از شش تترائدریها کردیویت، بریل و تورمالین را می توان نام برد.



ب - سیلیکات حلقوی مرکب از سه تترائدر



الف - سیلیکات حلقوی مرکب از چهار تترائدر



ج - سیلیکات حلقوی مرکب از شش تترائدر

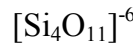
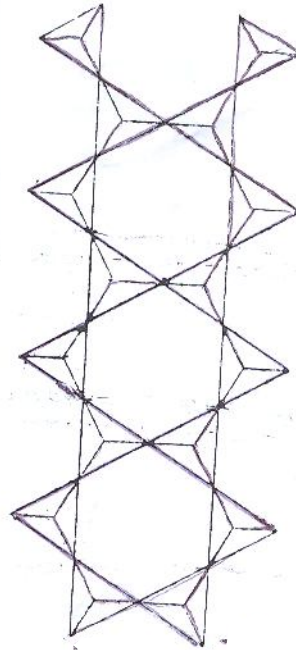
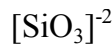
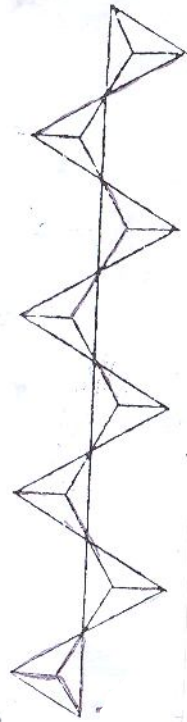
۷۷

ج-اینو سیلیکاتها (سیلیکاتهای زنجیری)

تترائدرهای این نوع سیلیکاتها بصورت زنجیر پشت سر هم واقع هستند و هر تترائدر بوسیله دو گوشه با تترائدرهای ما قبل و ما بعد خود مربوط می گردد. از نظر تئوری تترائدرهای هر زنجیره تا بی نهایت امتداد دارد. سیلیکاتهای مزبور به دو دسته تقسیم می شود:

الف- دسته ای که تترائدرهای آن به صورت زنجیر ساده بدنبال هم قرار دارند مانند پروکسن ها با فرمول کلی $(Si_2O_6)^{4-}$ یا $(SiO_3)^{-2}$ که در آن نسبت $Si:O = 1:3$ است.

ب- دسته ای که تترائدرهای آنها به صورت زنجیره مضاعف پشت سر هم واقع هستند مثل آمفیبولها با فرمول کلی $(Si_4O_{11})^{-6}$ که در آن نسبت $Si:O = 4:11$ می باشد.

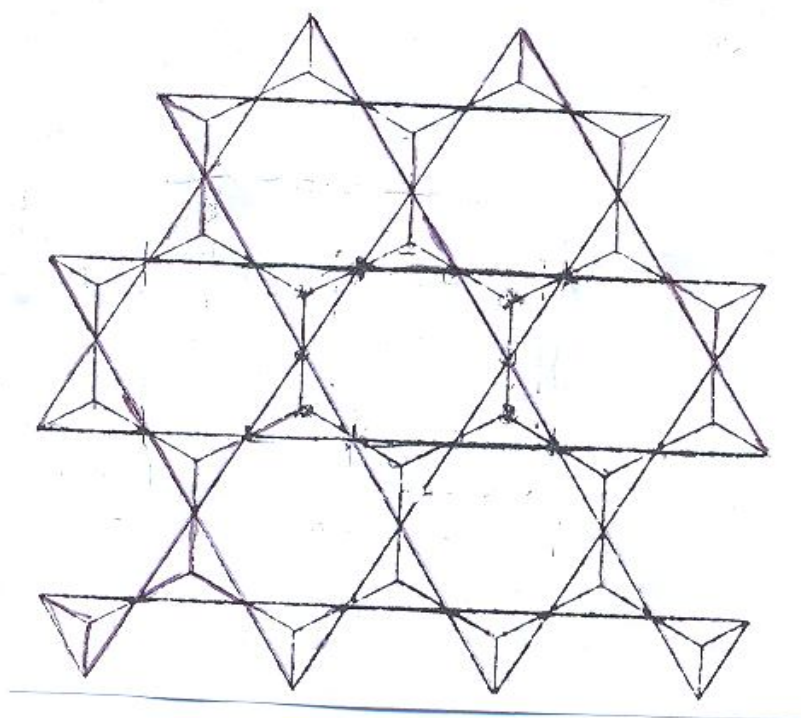


د- فیلو سیلیکاتها (سیلیکاتهای ورقه ای)

سیلیکاتهایی که تتراذرهای آنها به صورت ورقه هایی در یک سطح قرار گرفته اند و هر تتراذر بوسیله سه گوشه به تتراذرهای مجاور خود متصل است. به عبارت دیگر در ساختمان آنها تتراذرها در یک سطح قرار دارند و در هر سطح سه اکسیژن هر چهار وجهی با چهار وجهی های مجاور مشترک است و نسبت $\text{Si}:\text{O} = 2:5$ است. به طور کلی فرمول عمومی آنها $(\text{Si}_4\text{O}_{10})^{-4}$ است. از انواع فیلو سیلیکاتها می توان به گروه میکا (بیوتیت و موسکویت) و تالک اشاره کرد.

ساختمان بیوتیت و موسکویت از صفحات متشکل از چهار وجهی های سیلیسوم و اکسیژن تشکیل شده است. هر تتراذر، سه اکسیژن خود را با تتراذرهای مجاور به اشتراک گذاشته و شبکه تورمانندی را به وجود می آورد. چهارمین یون اکسیژن مستقل که به اشتراک گذاشته نشده است، در سطحی سایر یونها قرار دارد. واحد ساختمانی بلوری میکاها در حقیقت متشکل است از دو عدد از این صفحات چهار وجهی، به شکلی که سطح صاف آنها به طرف بیرون و سطوح داخلی و برجسته آنها بطرف داخل و به وسیله یونهای مثبت به یگدیگر چسبیده است. در بیوتیت، آهن و منیزیم و در موسکویت آلومینیوم نقش یونهای مثبت را بازی می کنند و نیز هر یک از این جفت صفحات میکا به نوبه خود به وسیله یون مثبت پتاسیم بطور ضعیفی به جفت صفحه دیگری متصل است.

بدلیل اختلاف فاحش موجود بین پیوندهای اشتراکی محکم درون صفحات و پیوند یونی ضعیفتر موجود بین صفحات مجاور ، بیوتیت و یا هر میکای دیگری را می توان به آسانی ورقه ورقه کرد.



ه- تکتو سیلیکاتها (سیلیکاتهای داربستی)

تقریباً $\frac{3}{4}$ سنگهای پوسته جامد زمین از تکتو سیلیکاتها تشکیل شده اند. در سیلیکاتهای داربستی ، چهار اکسیژن هر تترائدر با تترائدرهای مجاور مشترک است و از اینرو این کانیها معمولاً ساختمان محکم و مقاومی دارند. فرمول عمومی آنها به صورت $(Si_3O_8)^{4-}$ در فلدسپاتها و SiO_2 در کوارتز است. به عبارت دیگر نسبت $Si:O = 3:8$ در فلدسپاتها و نسبت $Si:O = 1:2$ در کوارتز می باشد.



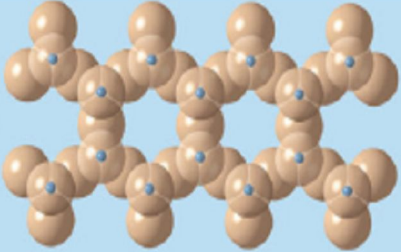
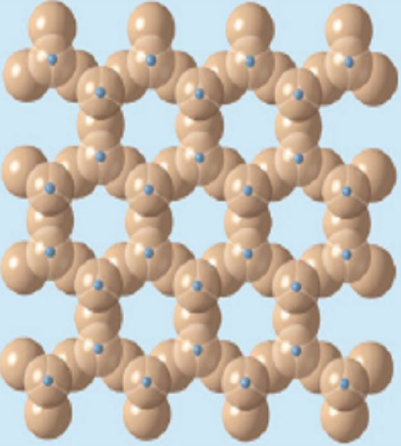
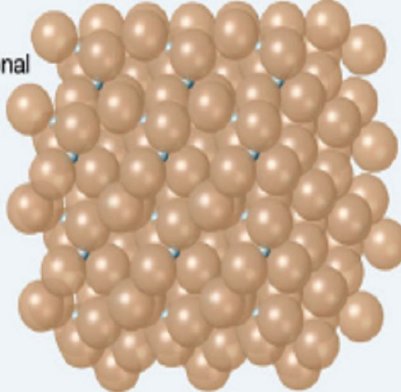
سیلیکات های داربستی شامل گروه سیلیس و گروه فلدسپاتها (ارتوکلاز و پلازیوکلاز) است. در کوارتز که رایج ترین سیلیکات سنگ ساز است و منحصرأ از چهار وجهی ها تشکیل شده است ، هر یون اکسیژن موجود به وسیله یونهای سیلیسیوم مجاور به اشتراک گذاشته شده و بدین ترتیب ملاحظه می شود که در برابر هر یون سیلیسیوم تنها دو یون اکسیژن وجود خواهد داشت.

در فلدسپات ها ، چهار یون اکسیژن موجود در هر تترائدر در شبکه سه بعدی با یونهای سیلیسیوم مجاور به اشتراک گذاشته شده است. با این وجود در مرکز $\frac{1}{4}$ تا $\frac{1}{2}$ از چهار وجهی ها ، یونهای آلومینیوم با شعاع 0.51 آنگسترم

و بار الکتریکی 3^+ جایگزین یونهای سیلیسیوم با شعاع 0.42 آنگسترم و بار الکتریکی 4^+ شده اند. حاصل این جایگزینی، وجود یک بار منفی ختی نشده در ساختمان است که به وسیله ورود کاتیونهای k^+ (ارتوکلاز) و Ca^{2+}, Na^+

(پلاژیوکلاز) به ساختمان بلوری جبران می شود.

شکل زیر خلاصه ای از مطالب ذکر شده را در بر دارد.

Mineral		Idealized Formula	Cleavage	Silicate Structure
Olivine		$(Mg, Fe)_2SiO_4$	None	Single tetrahedron 
Pyroxene group (Augite)		$(Mg, Fe)SiO_3$	Two planes at right angles	Single chains 
Amphibole group (Hornblende)		$Ca_2(Fe, Mg)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	Two planes at 60° and 120°	Double chains 
Micas	Biotite	$K(Mg, Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$	One plane	Sheets 
	Muscovite	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$		
Feldspars	Orthoclase (Potassium feldspar)	$KAlSi_3O_8$	Two planes at 90°	Three-dimensional networks 
	Plagioclase	$(Ca, Na)AlSi_3O_8$		
Quartz		SiO_2	None	

۳-۲- توصیف کانی ها

الف - نزو سیلیکاتها

۱- الیوین $(Mg, Fe)_2SiO_4$

این کانی در سیستم اورتورومبیک متبلور شده، دارای سختی ۷-۵، چگالی ۳/۳-۳/۲، جلای شیشه ای، سطح شکست صدفی و رنگ سبز زیتونی، سبز مایل به زرد و قهوه ای است. در اسیدهای معدنی مانند HCl حل شده و باقیمانده آن به صورت ماده سیلیسی ژلاتینی شکل در می آید.

الیوین نام کلی برای ترکیباتی است که به صورت سری کانی محلول جامد بین قطب غنی از منیزیم (فورستریت) با فرمول Mg_2SiO_4 و قطب غنی از آهن (فایالیت) با فرمول Fe_2SiO_4 قرار می گیرد و تغییرات آنها به صورت یک سری پیوسته تغییر می کند.

محل پیدایش: الیوین در سنگهای آذرین بازیک و اولترا بازیک مانند گابرو، پریدوتیت و بازالیت یافت می شود و همچنین این کانی در اثر دگرگون شدن دولومیت‌های ناخالص نیز طبق رابطه زیر تشکیل می شود:



پریدوتیت سنگی است که تقریباً تمام آن را الیوین می سازد.

تجزیه: الیوین در اثر تجزیه هیدروترمال (گرمابی)، هوازدگی و یا دگرگونی ضعیف به سر پانتین، کلریت، تالک و ... تبدیل می شود.

کاربرد: نمونه های شفاف و خوشرنگ آن در جواهر سازی مصرف دارد. از الیوین منیزیم دار به خاطر مقاومت در برابر حرارت، ممکن است در صنعت به عنوان نسوز استفاده شود.

نام گذاری: نام الیوین به واسطه رنگ سبز زیتونی آن انتخاب شده است (زیتون = Olive). نام دیگر الیوین کریزولیت است و کلمه پریدو (periodot) اصطلاحی است قدیمی که سابقاً آن را برای کانیهای گروه الیوین به کار می بردند. در فارسی به الیوین، شاه مقصود می گویند.

۲- زیرکن $(ZrSiO_4)$

این کانی در سیستم تتراگونال متبلور شده، دارای سختی ۷/۵ و چگالی ۴/۶، جلای الماسی یا صمغی و رنگ آن معمولاً قهوه ای متمایل به قرمز، گاهی زرد، خاکستری و سبز یا بیرنگ می باشد. زیرکن معمولاً نیمه شفاف است اما نمونه های خالص آن شفاف می باشد.

نحوه و محل پیدایش: زیرکن یکی از فراوان ترین کانیهای فرعی سنگهای آذرین اسید مانند گرانتیت ها، گرانودیوریت ها، سینیت ها و مونزونیت ها است. همچنین در سنگهای دگرگونی مانند مرمرها، گنایس ها و شیست ها نیز ممکن است یافت شود.

کاربرد: نمونه های شفاف آن در جواهرسازی مصرف دارد. همچنین از زیرکن، اکسید زیرکونیم استخراج می شود. اکسید زیرکونیم بسیار دیرگداز است و در کوره های الکتریکی، بوته های نوسوز، شمع اتومبیل و غیره کاربرد دارد. **نام گذاری:** نام زیرکون احتمالاً از دو کلمه فارسی زر (طلا) و گون (رنگ) اقتباس شده است (زرگون)

۳- گرونا ($A_3B_2(sio_4)_3$)

این کانی در سیستم کوییک متبلور می شود. گروه گارنت سیلیکاتهایی هستند که فرمول کلی آنها را می توان به صورت ($A_3B_2(sio_4)_3$) نوشت که A ممکن است Mn, Fe, Mg, Ca باشد و B ممکن است Fe, Al, Ti, Cr باشد. به این دلیل گروه گارنتها با توجه به عنصرهای مختلف در فرمول کلی به انواع مختلف تقسیم می شوند که به طور خلاصه شامل پیروپ، آلماندن، گروسولر، آندرادیت و ... هستند.

دارای سختی ۶/۵-۷/۵، چگالی ۳/۵-۴/۲، جلای شیشه ای گاهی چرب یا صمغی و رنگ آنها با توجه به ترکیب شیمیایی تغییر می کند، بطوری که پیروپ: به رنگ قرمز روشن. آلماندن: سرخ تا قرمز تیره متمایل به سیاه گروسولر: بی رنگ و سبز و آندرادیت: به رنگ قهوه ای، قرمز، سبز یا سیاه است.

نحوه و محل پیدایش: گارنتها معمولاً خاص سنگهای دگرگونی هستند. اما در سنگهای آذرین و نیز به صورت دانه های تخریبی در سنگهای رسوبی دیده می شوند.

کاربرد: نمونه های شفاف آن در جواهرسازی مصرف دارد. انواع قرمز خونی آلماندن به عنوان سنگ زینتی است. گارنت ها به عنوان ساینده در کاغذ سمباده نیز مصرف دارند.

نام گذاری: نام گرونا یا گارنت از کلمه یونانی granatus مشتق شده است که معنی آن دانه ای شکل است. در زبان فارسی به انواع آن نامهای گوناگونی مانند لعل بنفش، یاقوت و غیره داده شده است.

۴- کانیهای گروه سیلیکات آلومین

آندالوزیت، سیلیمانیت و دیستن (کیانیت) سه کانی پلی مورف با فرمول Al_2SiO_5 هستند. هر سه کانی معمولاً مشخص سنگهای دگرگونی می باشند. پایداری و ارتباط این سه کانی در دیاگرام فشار و حرارت توسط هولداوی در شکل زیر نشان داده شده است.

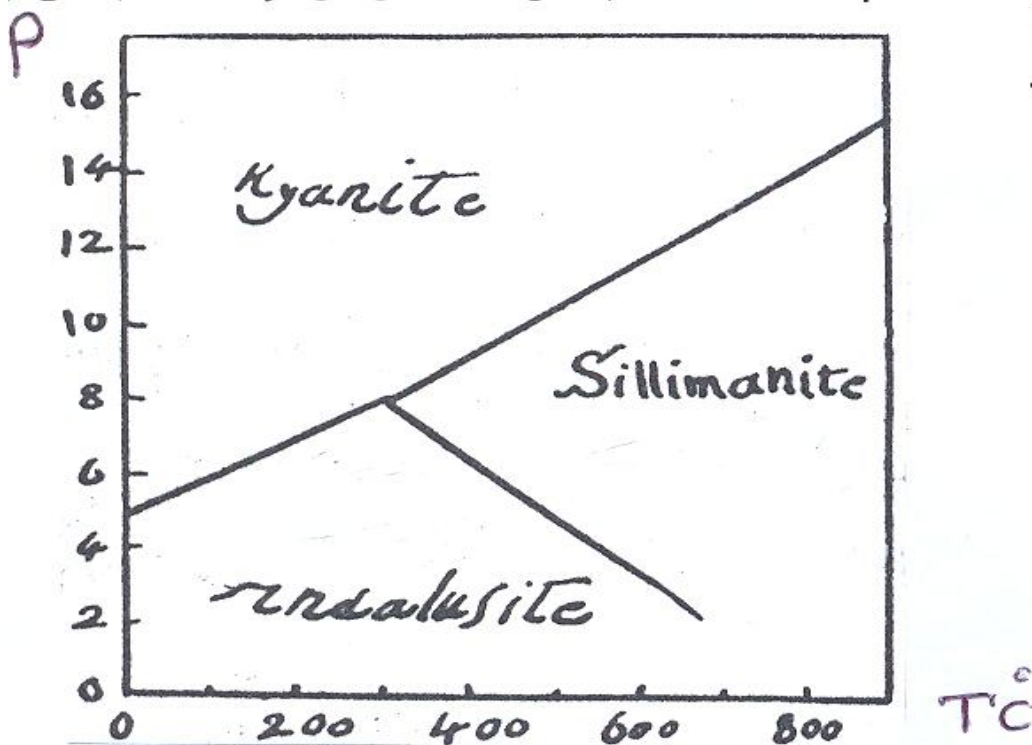
(جدول انواع کانتما)

زیرگونه‌ها	ترکیب	ضریب شکست	گرانی ویژه	لبه واحد سلولی (آنگستروم)
پیروپ	$Mg_3Al_2Si_3O_{12}$	۱/۷۱۴	۳/۵۸	۱۱/۴۶
آلماندین	$Fe_3Al_2Si_3O_{12}$	۱/۸۳۰	۴/۳۲	۱۱/۵۳
اسپسارتین	$Mn_3Al_2Si_3O_{12}$	۱/۸۰۰	۴/۱۹	۱۱/۶۲
گروسولار	$Ca_3Al_2Si_3O_{12}$	۱/۷۳۴	۳/۵۹	۱۱/۸۵
آندرادیت	$Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$	۱/۸۸۷	۳/۸۶	۱۲/۰۵
اوارویت	$Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$	۱/۸۶۸	۳/۹۰	۱۲
هیدروگروسولار	$Ca_3Al_2Si_2O_8$	۱/۷۳۴ تا ۱/۶۷۵	۳/۵۹ تا ۳/۱۳	۱۱/۸۵ تا ۱۲/۱۶

$(SiO_4)_{1-m}(OH)_{4m} \quad m=0-1$

همانطوری که از دیاگرام زیر استنباط می شود این سه کانی می توانند به تنهایی یا دو به دو و یا هر سه با هم در سنگ

دیده شوند.



الف- آندالوزیت

این کانی در سیستم ارتورومبیک متبلور می شود. مقدار آلومین ۶۳/۲ درصد و سیلیس ۳۶/۸ درصد است. دارای سختی ۷/۵-۶/۵، چگالی ۳/۲، جلای شیشه ای و رنگ قرمز روشن، قهوه ای متمایل به قرمز و سبز زیتونی است.

بلورهای آن معمولاً درشت، منشور شکل با قاعده تقریباً مربعی است. پودر این کانی با نیترات کبالت خیلی گرم به رنگ آبی در می آید.

نحوه و محل پیدایش: آندالوزیت معمولاً از دگرگونی شیلای آلومین دار ترکیبات رسی و در طی دگرگونی ناحیه ای و یا مجاورتی به وجود می آید. این کانی به ندرت در گرانیتهای یافت می شود.

در ایران در توده گرانیتهای شمال-شمال شرقی الیگودرز، بلورهای آندالوزیت که غالباً در اثر تجزیه رنگ آن تغییر نموده است (خاکستری مایل به سیاه) به طور فراوانی مشاهده می گردد. کانی مورد بحث در بعضی پگماتیت ها نیز یافت می شود.

کاربرد: از آندالوزیت به عنوان چینی بسیار دیر گداز در لوازم الکتریکی و ساخت شمع ماشین استفاده می شود. همچنین نمونه های شفاف و روشن آن ممکن است به عنوان سنگ زینتی مورد استفاده قرار گیرد.

نام گذاری: نام آندالوزیت از محل آنالوزیا واقع در اسپانیا گرفته شده است.

ب- سیلیمانیت

در سیستم ارتورمبیک متبلور شده دارای سختی ۶-۷، چگالی $3/2$ جلائی شیشه ای و رنگ آن قهوه ای، سبز کم رنگ و سفید می باشد. بلورهای آن باریک و دراز و اغلب به صورت دسته های موازی رشته ای شکل دیده می شود. پودر آن با محلول نیترات کبالت گرم آبی رنگ می شود.

نحوه و محل پیدایش: سیلیمانیت کانی مشخص سنگهای دگرگونی حرارت بالا مانند شیت ها و گنایس ها است.

نام گذاری: نام آن از نام بنجامین سیلیمان (silliman) استاد شیمی دانشگاه یال گرفته شده است.

ج- کیانیت یا دیستن

این کانی در سیستم تری کلینیک متبلور شده و دارای سختی ۶، چگالی $3/5-3/6$ ، جلائی شیشه ای یا مرواریدی و معمولاً به رنگ آبی است. گاهی به رنگهای سفید، خاکستری یا سبز دیده می شود و بلورهای آن معمولاً دراز و تیغه ای شکل است. پودر این کانی نیز با محلول نیترات کبالت گرم به رنگ آبی در می آید.

نحوه و محل پیدایش: کیانیت کانی مشخص دگرگونی ناحیه ای سنگهای رسی مانند شیستها اغلب با گارنت و کروندوم همراه است. علاوه بر این کیانیت در سنگهایی که فشارهای بسیار بالا را در زمان تشکیل تحمل کرده اند، دیده می شود. در ایران در رگه ها و حفره های موجود در شیست و هورنفلس های اطراف توده گرانیتهای الوند همدان بلورهای درشت و آبی رنگ این کانی همراه کوارتز دیده می شود.

موارد استفاده: برای ساخت شمعیهای مولد جرقه در موتور اتومبیل، در کارخانه های تهیه لوازم الکتریکی و دیگر چینیهای شدیداً دیرگداز مصرف می شود.

نام گذاری: نام کیانیت از لغت یونانی (kuanus) به معنی آبی مشتق شده است. اصطلاح دیستن نیز از دو کلمه یونانی Dis (به معنی دو) و sthenos (به معنی سختی) درست شده است.

۵- توپاز $(Al_2SiO_4(F, OH)_2)$

این کانی در سیستم ارتورومبیک متبلور شده و دارای سختی ۸، چگالی ۳/۴-۳/۶، جلای شیشه ای و اغلب بی رنگ یا به رنگهای زرد لیمویی، صورتی و آبی روشن است پودر آن با محلول نترات کبالت به رنگ آبی در می آید. **نحوه و محل پیدایش:** توپاز در مراحل آخر سرد شدن ماگما به وجود می آید به عبارت دیگر این کانی از بخارهای فلوئور داری تشکیل می شود که در طی مراحل پایانی انجماد سنگهای آذرین اسیدی بیرون رانده شده است. توپاز در گرانیتهای پگماتیتها و ریولیتها یافت می شود و معمولاً همراه با کانیهای مانند تورمالین، آپاتیت، فلوئورین و بریل است. مکانهای مهم پیدایش توپاز در شوروی سابق، سبیری، آمریکا و در بعضی از رگه های پگماتیتهای گرانیتهای الوند همدان قرار دارد. برزیل منبع اصلی توپاز زرد جواهری بوده است.

موارد استفاده: توپاز یک کانی قیمتی است که در جواهر سازی استفاده می شود. کوارتز لیمویی (سیتین) خیلی شبیه به توپاز است از این دو گاهی سیتین را نیز به عنوان توپاز بفروش می رسانند.

نام گذاری: نام توپاز از جزیره ای به نام توپازیون واقع در دریای سرخ مشتق شده است، در فارسی به آن زبرجد هندی گویند.

ب - سیکلوسیلیکاتها

۱- بریل $(Be_3Al_2(Si_6O_{18}))$

در سیستم هگزاگونال تبلور یافته و دارای سختی ۷/۵ تا ۸، چگالی ۲/۶۵ تا ۲/۹، جلای شیشه ای و معمولاً به رنگ سبز مایل به آبی یا زرد روشن و گاهی به رنگهای سبز زمردی، زرد طلایی، سفید و بیرنگ دیده می شود.

در ترکیب شیمیایی آن ۱۴ درصد BeO، ۱۹ درصد Al_2O_3 و ۶۷ درصد SiO_2 وجود دارد. رنگ بریل اساس تقسیم بندی انواع بریل های شفاف است

- آگوامارین: بریلی به رنگ سبز کم رنگ، سبز متمایل به زرد و سبز متمایل به آبی است

- مورگانیت: بریلی به رنگ صورتی کم رنگ تا گلی پر رنگ می باشد.

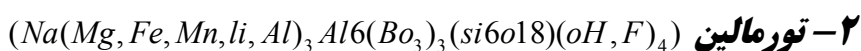
- زمرد: بریلی شفاف که به رنگ سبز چمنی است. به این کانی سافیر سبز و یاقوت سبز نیز گویند.

- آمبر: بریلی به رنگ زرد طلایی است.

نحوه و محل پیدایش: بریل در گرانیتهای گرانیتی و نیز در سنگهای دگرگونی یافت می شود. منبع اصلی بریل جواهری جهان به جز زمرد در برزیل قرار دارد. زیباترین زمردهای جهان از سنگهای آهکی قیری کلمبیا بدست می آید. در ایران بریل در برخی از پگماتیتهای توده گرانیتی الوند همدان و نیز در گرانیتهای مشهد یافت می شود.

موارد استفاده: این کانی با رنگهای مختلف در جواهرسازی مصرف دارد. زمرد گرانبهاترین نوع بریل است و گاه ممکن است ارزشی بیشتر از الماس داشته باشد. همچنین از بریل، بریلوم استخراج می شود. این فلز که به مقدار زیاد در آلیاژ مس مصرف می شود؛ باعث افزایش قدرت کشش و مقاومت مس در برابر فرسودگی می گردد.

نام گذاری: نام آن از یک کلمه یونانی قدیمی به معنی سنگ جواهر سبز رنگ مشتق شده است.



در سیستم هگزاگونال یا تریگونال تبلور یافته و دارای سختی ۷ تا ۷/۵، چگالی ۳/۲، جلالی شیشه ای یا صمغی و به رنگ سیاه، قهوه ای تا سیاه، آبی، سبز، قرمز تا سفید است.

این کانی دارای خاصیت پیروالکتریسته و پیزوالکتریسته قوی است.

نحوه و محل پیدایش: یکی از کانی های نسبتاً فراوان موجود در سنگهای گرانیتی و بخصوص پگماتیت ها است. تورمالین های موجود در پگماتیت ها اغلب سیاه رنگ هستند.

مورد استفاده: برخی از بلورهای تورمالین بسیار و تقریباً گرانقیمت می باشد و از رنگهای مختلف آن در جواهرسازی استفاده می شود. در صنعت بخاطر خاصیت پیزوالکتریسته قوی در ساخت فشار سنج مورد استفاده قرار می گیرد.

نامگذاری: نام آن از اصطلاح تورمالی، از جواهرات قدیمی سریلانکا، اقتباس شده است.

ج - اینوسیلیکاتها

۱- گروه پیروکسن ها

ترکیب شیمیایی پیروکسنها را با فرمول XYZ_2O_6 می توان نشان داد که در آن X ممکن است شامل Fe, Mn, Ca ، ترکیب Y شامل $Na, Mg, Al, Fe^{3+}, Mg, Fe^{2+}, Mn$ و Z شامل cr, Al, Si باشد. پیروکسن ها در دو سیستم مونوکلینیک (کلینوپيروکسن ها) و ارتورومبیک (ارتو پیروکسن ها) متبلور می شوند.

اوژیت $(CaNa)(Mg, Fe, Al, mn)(si, Al)_{206}$

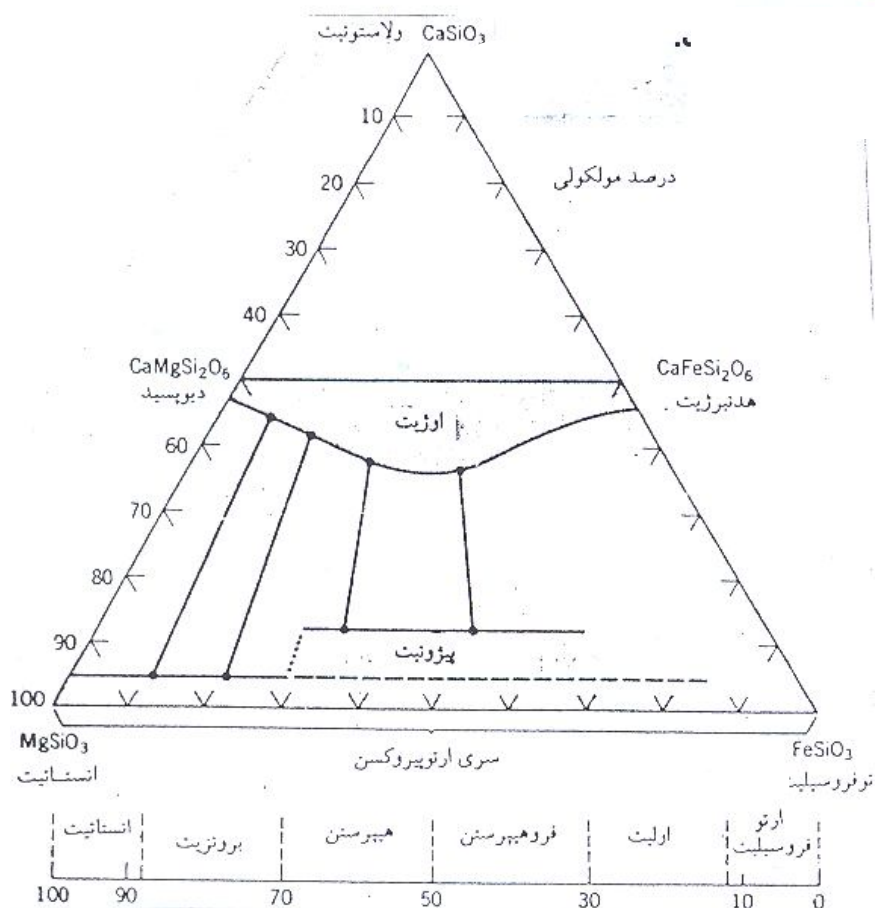
این کانی در سیستم مونوکلینیک متبلور شده ، دارای دو سری کلیواژ با زاویه ۸۷ و ۹۳ درجه ، سختی ۵/۵-۶/۵ و چگالی ۳/۵ است. جلای آن شیشه ای است و به رنگ قهوه ای کم رنگ ، سیاه و سبز است.

نحوه و محل تشکیل : اوژیت فراوانترین پیروکسن و از کانیهای مهم سازنده سنگهای آذرین است . اساساً در سنگهای آذرین باز یک مانند بازالت ، گابرو و آندزیت تشکیل می گردد. در ایران بازالت های رودهن حاوی بلورهای اوژیت به ابعاد بیش از یک سانتی متر است. همچنین در نواحی سد کرج نیز این کانی دیده می شود.

موارد استفاده : انواع شفاف پیروکسن ها پس از تراش برای تزئین به کار می روند.

نامگذاری : نام اوژیت از واژه ای یونانی به معنی جلا گرفته شده است.

در جدول زیر گروه کانیهای پیروکسنی نمایش داده شده است.



۲- گروه آمفیبولها

آمفیبولها نیز مانند پیروکسن ها شامل تعدادی از کانیهای مهم هستند که بخاطر داشتن خواص فیزیکی ، شیمیایی و ساختمانی مشابه ، در یک گروه قرار گرفته اند. ترکیب شیمیایی آنها را می توان به صورت

$W_{0-1}X_{-2}Y_3Z_8O_{22}(OH, F)_2$ نوشت که در آن شامل یونهای k, Na و X شامل یونهای Mg, Fe^{2+}, Mn, Na, Ca و Y شامل $Mg, Mn, Al, Fe^{3+}, Fe^{2+}$ و بالاخره Z شامل Al, Zi می باشد.

آمفیبولها نیز در دو سیستم مونوکلینیک و ارتورومبیک متبلور می شوند. در آنها نیز پیروکسن ها دوسری رخ دیده می شود. اما زاویه رخ آمفیبولها ۵۶ و ۱۲۴ درجه است و شکل آنها اغلب بصورت بلورهای طویل و باریک با مقطع عرضی لوزی شکل یا ۶ گوش است در حالیکه در پیروکسن ها، بلورها کوتاه و قطور هستند و مقطع عرضی آنها مربعی یا هشت گوش می باشد.

از کانیهای مهم گروه آمفیبولها می توان به هورنبلند، گلوکوفان، ترمولیت، اکتینولیت و آنتوفیلت اشاره کرد. در ذیل مهمترین کانی گروه آمفیبولها یعنی هورنبلند توصیف شده است.

— **هورنبلند** $(Ca, Na)_2 - 3(Mg, Fe, Al)_5 si_6 (si, Al)_2 o_{22} (OH, F)_2$

این کانی در سیستم مونوکلینیک متبلور شده و دارای سختی ۵ تا ۶، چگالی ۳/۴، جلای شیشه ای و رنگ سبز، قهوه ای تا سیاه است.

نحوه و محل پیدایش: هورنبلند یکی از کانیهای فراوان سنگهای آذرین و دگرگونی می باشد. در سنگهای دگرگونی، به خصوص در آمفیبولیت ها، هورنبلند همراه با پلاژ یوکلاز کانی اصلی سنگ را تشکیل می دهد. همچنین در سنگهای آذرین، هورنبلند یکی از کانیهای اصلی تشکیل دهنده دیوریت ها می باشد. در هورنفلس های آمفیبول دار سد کرج، دیوریت های قصر فیروزه و سنگهای آذرین بیرونی دماوند (آندزیت و بازالت) این کانی دیده می شود. **نامگذاری:** نام آن از دو کلمه قدیمی آلمانی Horn به معنی شاخ و Blenden به معنی ذخیره کردن اخذ شده است.

د - فیلو سیلیکاتها

۱- **تالک** $(Mg_3 si_4 o_{10} (OH)_2)$

این کانی در سیستم مونوکلینیک متبلور شده و دارای سختی ۱، چگالی ۲/۷، جلای مرواریدی تا چرب، رنگ سبز، خاکستری و یا سفید است. لمس چرب دارد و در محلول نیترات کبالت به شدت گرم به رنگ بنفش روشن در می آید. در تالک خالص میزان MgO ، ۳۱/۷ درصد و میزان SiO_2 ، ۶۳/۵ درصد و میزان آب ۴/۸ درصد است.

نشانه تشخیص: صفت اختصاصی تالک ساختمان میکایی، رخ، نرمی و لمس چرب آن است.

نحوه و محل پیدایش: تالک یک کانی ثانویه حاصل از دگرسانی و هوازدگی شیمیایی سیلیکات های منیزیم دار مانند الیون، پیروکسن و آمفیبولها است. این کانی در اثر دگرگونی ضعیف از دگرگونی دولومیت های خالص با ناخالصی

سلیس به وجود می آید.

در تالک شیست و سنگ صابون قسمت اعظم سنگ را تالک تشکیل می دهد.

موارد استفاده: بیشتر تالک و سنگ صابون استخراج شده به صورت پودر به عنوان یکی از اجزای سازنده سرامیک، لاستیک، کاغذ، حشره کش استفاده می شود.

آشناترین کاربرد آن، تالک پودری مخصوص آرایش (شامل پودر تالک و ماده ای معطر) است.

نام گذاری: تالک یک نام قدیمی است با منشاء نامعلوم، احتمالاً از واژه عربی طلق مشتق شده است. در فارسی به آن ابرک گویند.

۲- بیوتیت (میکای سیاه) $(K(Mg, Fe)_3 AlSi_3O_{10}(Ho)_2)$

در سیستم مونوکلینیک متبلور شده، دارای رخ یک جهتی کامل و ورقه ای، سختی ۳، چگالی ۳ و جلای درخشان است. رنگ آن قهوه ای تیره تا سیاه است. ورقه های نازک آن معمولاً دودی رنگ است.

نحوه و محل پیدایش: بیوتیت یکی از کانیهای اصلی و فراوان سنگهای آذرین و دگرگونی است در سنگهای آذرین مانند گرانیتها، پگماتیتها و گابروها وجود دارد. در سنگهای دگرگونی در گستره وسیعی از شرایط دما و فشار تشکیل می شود. به خصوص در سنگهای دگرگونی مجاورتی و ناحیه ای دیده می شود.

نامگذاری: به افتخار فیزیکیان فرانسوی G.B.Biat این نام به آن داده شده است.

۳- موسکویت (میکای سفید) $(KA12(AlSi_3O_{10})(Ho)_2)$

در سیستم مونوکلینیک متبلور شده و دارای رخ یک جهتی کامل و ورقه ای، سختی ۲/۵، چگالی ۲/۸ و جلای شیشه ای، ابریشمی تا مرواریدی دارد. لایه های نازک آن شفاف و بی رنگ است، اما لایه های ضخیم آن نیمه شفاف و به رنگهای زرد، قهوه ای، سبز روشن و بی رنگ دیده می شوند.

نحوه و محل پیدایش: موسکویت یکی از کانیهای اصلی و فراوان سنگهای آذرین اسید به خصوص گرانیتها و پگماتیتها است. در پگماتیتها، موسکویت بیشتر با کوارتز و فلدسپات همراه است. همچنین این کانی در سنگهای دگرگونی ناحیه ای مانند فیلیتها و شیستها (شیستهای میکادار) یافت می شود.

در ایران این کانی بیشتر در پگماتیتهای الوند و نیز گرانیتهای نزدیک مشهد دیده می شود. در معدن میکای جندق اصفهان گاهی ورقه های این کانی به طول نیم متر از سنگهای دگرگونی استخراج می شود.

موارد استفاده: به دلیل وجود خاصیت دی الکتریک و مقاومت گرمای زیاد، ورقه های میکای سفید به عنوان عایق

الکتریسته در ساخت لوازم برقی مصرف می شود. بیشتر اجزای ظریف که به عنوان عایق در لوازم برقی استفاده می شود، ورقه های نازک میکا هستند که با سیمانی به هم متصل شده اند.

میکای پودری استفاده های بی شماری دارد. برای ساخت کاغذ دیواریها، به عنوان روان کننده و ماده ضد آتش کاربرد دارد

نام گذاری: چون در روسیه قدیم (موسکوی) به جای شیشه مصرف داشته است، از این رو به آن موسکویت گفته اند. کلمه میکا احتمالاً از کلمه لاتین میکارو به معنی درخشیدن و درخشان سرچشمه گرفته است.

۴- گروه کانیهای رسی

رس (clay) شامل تعداد کانی با خصوصیات گوناگون می باشد. این کانیها اساساً سیلیکاتهای آلومینیم و منیزیم آبدار هستند و مطالعه آنها به دلیل ریز بلور بودن اغلب با اشعه X امکان پذیر است.

گروه اصلی کانیهای رسی عبارتند از کائولینیت، ایلیت، مونت مورینیت، ورمکولیت که به دلیل اهمیت کائولن تنها به کائولینیت می پردازیم.

– کائولینیت $(Al_2Si_2O_5(OH)_4)$

این کانی در سیستم تری کلینیک یا مونوکلینیک متبلور شده. دارای سختی ۲/۵-۲، چگالی ۲/۶، جلای خاکی و رنگ سفید که اغلب بخاطر وجود ناخالصی به رنگ های مختلفی مانند قرمز کم رنگ و قهوه ای کم رنگ دیده می شود. کائولینیت معمولاً لمس صابونی دارد.

نحوه و محل پیدایش: کانی ثانویه است و از هوازدگی و یا تجزیه هیدروترمال سیلیکاتهای آلومینیوم مخصوصاً فلدسپاتها به وجود می آید. کائولینیت در خاکها یک فرآورده معمول حاصل از تجزیه و تلاشی سنگهاست که بعداً بوسیله آب حمل و در محیطهایی مانند دریاچه ها بصورت مخلوط با کوارتر و یا سایر کانیها رسوب کرده و لایه های رسی را به وجود می آورد.

موارد استفاده: مهمترین کاربرد آن در ساخت آجر معمولی و سفالهای مخصوص لوله های فاضلاب است.

رس تقریباً خالص یا کائولین علاوه بر ساخت چینی و مصرف در کوزه گری کاربردهای زیاد دیگری دارد.

بیشترین مصرف آن در صنایع کاغذ سازی به عنوان ماده پر کننده کاغذ است. در صنایع لاستیک سازی، ساخت دیرگدازها (نسوزها) نیز کاربرد دارد. در صنایع چسب سازی و دارو سازی نیز کاربرد دارد.

پیدایش در ایران: معادن فعال کائولینیت در استانهای آذربایجان شرقی، زنجان، قزوین (معادل کائولن نیاق قزوین و

قازان داغی و علنقیه تاکستان)، اصفهان و تهران واقع شده است.

نام گذاری: کائولینیت از واژه کائولین تحریف شده کائولینگ چینی به معنی ستیخ بلند و نام تپه ای در حوالی جاجوفا محلی که از آنجا این کانی به دست آمده گرفته شده است.

۵- سرپانتین $(Mg_3Si_2O_5(OH)_4)$

این کانی در سیستم مونوکلینک متبلور شده و دارای سختی ۲/۵-۳/۵، چگالی ۲/۵-۴/۶، جلای چرب و مومی و رنگ آن سبز کم رنگ تا سبز تیره می باشد. بلورهای آن بصورت توده ای است اما انواع رشته ای آن نیز وجود دارد. **نشانه تشخیص:** با رنگ سبز گوناگون و جلای چرب یا طبیعت رشته ای آن شناخته می شود.

نحوه و محل تشکیل: سرپانتین یک کانی متداول با گسترش وسیع است و معمولاً از دگرسانی و تجزیه سیلیکاتهای منیزیم دار به ویژه الیوین، پیروکسن و آمفیبول تشکیل می شود. نوع رشته ای آن به نام کریزوتیل به عنوان کانی اصلی آذربستی به مقدار زیاد استخراج می شود.

این کانی علاوه بر سنگهای آذرین اولترابازیک مانند پریدوتیت ها، در سنگهای آذرین و سنگهای دگرگونی نیز یافت می شود.

سرپانتینیت سنگی است که بخش اعظم آن را سرپانتین تشکیل می دهد.

آزبست (پنبه نسوز یا پنبه گوهی): نام تجارتي گروهی از کانیهای سیلیکاته است که به صورت رشته های نازک و زبر از یکدیگر جدا می شوند. این رشته ها معمولاً خمش پذیر، مقاوم در برابر گرما و از نظر شیمیایی بی اثر هستند. بنابراین برای استفاده های مختلفی مانند نخ بافندگی، کاغذ سازی، رنگ سازی، لنت ترمز و عایق کاری به کار می رود.

معادن آزبست ایران اکثراً در سری سنگهای افیولیتی یافت می شوند و در استانهای خراسان، هرمزگان و آذربایجان وجود دارد مهمترین معدن آزبست ایران، معدن حاجات در جنوب بیرجند است.

موارد استفاده: سرپانتین توده ای سبز رنگ اغلب به عنوان سنگ تزئینی به کار برده می شود و جزء سنگهای ساختمانی گرانبهاست. دیگر موارد استفاده سرپانتین در سطور بالا ذکر شده است.

در طی سالهای گذشته، روزنامه ها و تلویزیون ها بارها خطراتی که آزبستها برای سلامتی دارند گوشزد کرده اند.

نامگذاری: نوع توده ای سرپانتین چون مار، لکه های سبز رنگ دارد و از اینرو به سرپانتین مشهور شده است.

لازم به ذکر است که سرپانتین به صورت گروهی از کانیها به نام های کریزوتیل (نوع رشته ای)، آنتی گوریت و

لیزاردیت (نوع ورقه ای) دیده می شوند.

۵ - تکتو سیلیکاتها

۱- کوارتز (SiO_2)

این کانی در سیستم هگزائگونال متبلور می شود. سختی آن ۷ و چگالی کوارتز ۲/۶۵ است. این کانی در بین تمام کانیها تقریباً خالص ترین ترکیب شیمیایی را دارد. دارای سطح شکست صدفی، جلای شیشه ای و در برخی از نمونه ها چرب و درخشان است. معمولاً بی رنگ یا سفید است اما غالباً به دلیل وجود ناخالصی هایی مانند $Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2, Li_2O$ و غیره، رنگین می شود. در ترکیب کوارتز ۴۶/۷ درصد سلیسیوم و ۵۳/۳ درصد اکسیژن است.

انواع کوارتز: تعداد زیادی کوارتز در فرمهای مختلف وجود دارد که به آنها نامهای گوناگون داده شده است. مهمترین آنها عبارتند از:

الف- انواع درشت بلور

آمتیست: کوارتز بنفش است. برخی معتقدند که رنگ آن بخاطر مقداری Fe^{3+} می باشد. اغلب به صورت بلور بوده و معمولاً به صورت ژئود دیده می شود و به آمتیست، یا قوت ارغوانی نیز می گویند.

کوارتز دودی: اغلب بلوری با جلای شیشه ای است. رنگ آن زرد دودی، قهوه ای یا تقریباً سیاه است. کوارتز دودی مانند کوارتز بیرنگ فاقد مواد رنگ کننده می باشد. رنگ تیره آن را بخاطر مواد رادیواکتیو اطراف بلورها می دانند.

سیتین: به رنگ زرد روشن (لیموئی) یا زرد طلایی (بدلیل وجود آهن) است. از نظر رنگ شبیه به توپاز است. از این رو به آن توپاز برزلی گویند.

کوارتز شیری: رنگ سفید شیری آن به دلیل وجود سیالات و گازها در درون بلورهای کوارتز است.

کوارتز صورتی: معمولاً فاقد شکل بلوری است و توده ای می باشد. بندرت بلورهای درشت و شفاف آن دیده شده است. رنگ آن قرمز تا صورتی و عامل رنگ آن مقدار کمی تیتان است.

ب- انواع ریز بلور

انواع کوارتزهای ریز بلور به علت ساختمان مخصوص خود به دو گروه رشته ای و دانه ای تقسیم می شوند. تشخیص انواع آن در نمونه دستی مشکل است.

A: انواع رشته ای

کالسدونی: کالسدونی اصطلاحی عمومی است که برای انواع این گروه به کار می رود. سیستم تبلور آن به دلیل کوچکی بلورها مشخص نمی باشد. اغلب به رنگ قهوه ای، سفید یا خاکستری است. نیمه شفاف بوده و دارای جلای شیشه ای یا مومی است انواع آن با توجه به رنگ و نواربندی عبارتند از:

کارنالین: یک نوع کالسدونی به رنگ نارنجی متمایل به قرمز یا قرمز جگری است. رنگ آن بخاطر وجود اکسید آهن می باشد. ممکن است رنگ آن یکنواخت باشد. اما معمولاً بخاطر تغییر رنگ لایه لایه دیده شود اما معمولاً بخاطر تغییر رنگ لایه لایه دیده می شود. بهترین نوع آن در هندوستان است.

آگات یا عقیق: در آگات تناوبی از لایه های کالسدونی با رنگهای مختلف سفید، خاکستری یا تیره به صورت لایه لایه وجود دارد. این لایه ها منحنی شکل و گاهی متحدالمرکز هستند. از انواع زیبای آن در آلمان، اروگوئه و هند دیده می شود.

اونیکس یا عقیق سلیمانی یا باباقوری یا عقیق رنگارنگ: شبیه آگات می باشد و از لایه های کالسدونی ساخته شده است. این لایه ها به صورت صفحات موازی و منحنی شکل می باشد که به رنگهای قهوه ای و سفید یا سفید و سیاه هستند.

B: انواع دانه ای

فلینیت یا سنگ آتش زنه و چرت: فلینت و چرت شبیه به یکدیگر هستند و بین آنها حد مشخصی وجود ندارد.

ژاسب (جاسپر): نوعی کوارتز ریز بلورین دانه ای با جلای کدر است که رنگ قرمز آن معمولاً ناشی از وجود هماتیت یا اکسید آهن است.

نحوه و محل پیدایش: کوارتز در بسیاری از سنگهای آذرین، دگرگونی و رسوبی دیده می شود. در اغلب سنگهای آذرین اسید قسمت اعظم سنگ را کوارتز تشکیل می دهد. کوارتز فراوانترین کانی باطله (کانی غیر فلزی بی ارزشی همراه با کانسارهای با ارزش) در رگه های هیدروترمال می باشد. در محیطهای رسوبی به صورت چرت و فلینیت رسوب می کند. در سنگهای دگرگونی به فراوانی وجود دارد و گاهی تمام سنگ را کوارتز می سازد که به آن کوارتزیت گویند.

موارد استفاده: کوارتز موارد استفاده بی شماری دارد. تعداد زیادی از انواع آن در جواهر سازی مصرف می شود. در

صنعت در ساخت وسایل علمی، از جمله ساخت عدسی، منشور و دیگر وسایل نوری کاربرد دارد. کوارتز به صورت ماسه سیلیسی در ساخت شیشه و نیز به صورت پودر در صنایع چینی، رنگ سازی، ساخت کاغذ سمباده کاربرد دارد. علاوه بر این کوارتزیت و ماسه سنگ به عنوان سنگ ساختمانی مصرف می شود.

۲- آپال ($SiO_2.nH_2O$)

این کانی عموماً بی شکل است از اینرو آن را شبه کانی گویند. دارای سختی ۵/۶، چگالی ۲/۱، جلای شیشه ای و گاهی چرب دارد. سطح شکست آن صدفی است.

از نظر رنگ متنوع می باشد. بی رنگ، سفید، زرد پریده، قرمز، قهوه ای، سبز، خاکستری و آبی بوده و ممکن است رنگین کمائی زیبا را به نمایش بگذارد.

نحوه و محل پیدایش: آپال معمولاً در اطراف چشمه های آبگرم تشکیل می شود این کانی در سنگها به صورت پوشش و پُرکننده حفرات یافت می شود.

موارد استفاده: انواع درخشان آپال در جواهر سازی مصرف دارد. انواعی از آپال به نام دیاتومیت (حاصل تجمع پوسته سیلیسی (دیاتومه های دریایی) به عنوان یک ماده ساینده، پُرکننده و پودر تصفیه کننده استفاده می شود. نام گذاری: نام آپالا به معنی سنگ گرانقیمت گرفته شده است. به این کانی سنگ هفت رنگ نیز گویند.

۳- گروه فلدسپات ها

فلدسپاتهای آلومینیوم همراه با پتاسیم، سدیم و کلسیم می باشند. این گروه فراوانترین کانیهای سازنده سنگهای آذرین هستند از این رو در طبقه بندی و نامگذاری سنگهای آذرین نقش دارند.

از نظر ترکیب شیمیایی بین سه قطب متناوب غنی از پتاسیم $KAlSi_3O_8$ به نام ارتوز (or)، قطب غنی از سدیم $(NaAlSi_3O_8)$ به نام آلبیت (Ab) و قطب غنی از کلسیم $(CaAl_2Si_2O_8)$ به نام آنورتیت (An) قرار می گیرند. ترکیبی از کانیهای بین ارتوکلاز و آلبیت را به نام فلدسپاتهای آلکان یا قلیایی و ترکیبی بین آلبیت و آنورتیت را به نام فلدسپاتهای پلاژیوکلاز می نامند.

پلاژیوکلازها یک سری محلول جامد را تشکیل می دهند.

الف- ارتوکلاز (فلدسپات پتاسیم دار)

دارای سیستم مونوکلینیک است. سختی ۶، چگالی ۲/۵ و جلای شیشه ای دارند. بی رنگ، سفید، خاکستری و قرمز روشن (قرمز گوشتی یا صورتی) بوده و رنگ خاکه آن سفید است.

تجزیه: ارتوز اغلب به کائولینیت تجزیه می شود که این عمل را کائولینیتیزاسیون گویند.

نحوه و محل تشکیل: ارتوز یکی از کانیهای اصلی تشکیل دهنده بعضی از سنگهای آذرین درونی اسیدی مخصوصاً گرانیت ها و سینیت ها است. در سنگهای رسوبی مانند آركوز و کنگلومرا و در سنگهای دگرگونی مانند گنایس ها یافت می شود. در ایران بیشتر در سنگهای آذرین اسیدی از جمله در پگماتیتهای ارتوکلاز مشهود دیده می شود.

نشانه های تشخیص: این کانی را معمولاً از رنگ، سختی و رخ آن شناسایی می کنند. اختلاف آن با ساینز فلدسپاتها در وجود رخ با زاویه قائمه است و در اسیدها نیز نامحلول می باشد.

نامگذاری: نام ارتوکلاز به دلیل فرم کلیواژهای با زاویه قائمه آن می باشد. نمونه هایی از ارتوز به نام آدولر به رنگ صدفی یا شیری است که بخاطر رنگ آن به سنگ ماه معروف است.

ب- پلاژیوکلاز (آلبیت و آنورنیت)

از نظر ترکیب شیمیایی سیلیکاتهای سدیم و کلسیم دار $NaAlSi_3O_8 - CaAl_2Si_2O_8$ یا مخلوطی از آن به فرم سری کانیهای محلول جامد است. تشخیص این سری از یکدیگر به سادگی میسر نیست و فقط با اشعه X و بعضی وسایل نوری می توان آنها را مشخص نمود. این کانیها در سیستم تری کلینیک متبلور می شوند.

چگالی آنها $2/6$ تا $2/8$ ، سختی ۶ تا $6/5$ و معمولاً سفید و خاکستری و بی رنگ دیده می شوند. جلای آنها شیشه ای تا مرواریدی است.

نحوه و محل پیدایش: پلاژیوکلازها فراوانترین کانیها و حتی بیش از فلدسپاتهای آلکان می باشند. در هنگام تبلور ماگما و تشکیل سنگهای آذرین در دمای بالا فلدسپاتهای غنی از کلسیم و در دمای پایین تر فلدسپاتهای غنی از سدیم متبلور می شوند. در سری واکنشی باون (توالی تبلور سنگهای آذرین)، کانیهای دیر ذوب قبل از کانیهایی که زود ذوب تر هستند متبلوری می شوند (الیوین قبل از کوارتز متبلور می شود). در سری پلاژیوکلازها نسوز فلدسپاتهای پلاژیوکلازی که در مراحل آغازین متبلور یک ماگما متبلور می شوند، معمولاً از نظر مقدار کلسیم (فلدسپاتهای پلاژیوکلاز کلسیم زیاد) سرشار تر از فلدسپاتهای بعدی (فلدسپاتهای پلاژیوکلاز سدیم زیاد) هستند.

این سری کانیها در سنگهای دگرگونی و به مقدار خیلی کمتر در سنگهای رسوبی نیز یافت می شوند.

کاربرد: آلبیت نیز مانند فلدسپاتهای آلکان در صنایع لعاب، چینی و سفال مصرف دارد. لابرادور که یکی از انواع پلاژیوکلاز است به علت داشتن تالو در جواهرسازی مصرف می شود.

نامگذاری: نام پلاژیوکلاز از یک کلمه یونانی به معنی مایل به خاطر زاویه بین کلیواژهای آن گرفته شده است.

۴- نفلین $(Na, k)(AlSiO_4)$

این کانی در سیستم هگزاگونال متبلور شده، دارای سختی ۵/۶، و چگالی ۲/۶ بوده، جلای آن در فرم بلوری شیشه ای و در انواع توده ای چرب است. بی رنگ، سفید یا خاکستری است و به سرعت در Hcl حل شده و به صورت ژلاتین در می آید.

نحوه و محل پیدایش: نفلین در سنگهای آذرین درونی، نیمه عمیق و بیرونی غنی از سدیم که کمبود سیلیس دارند، مانند سینیت های نفلین دار و بازالت های نفلین دار دیده می شود. این کانیها در سنگهای آذرین هیچ گاه با کوارتز همراه نیست.

کاربرد: در صنایع شیشه سازی، سرامیک، چرم، نساجی، لاستیک و روغن کاربرد دارد. به دلیل وجود آلومینیوم می تواند منبع مناسبی برای تهیه آلومین باشد.

منابع:

- ۱- پروین ، حسین . بلورشناسی نوری ، انتشارات پیام نور ، ۱۳۷۵
- ۲- عرفانی ، حسین . بلورشناسی ، انتشارات دانشگاه تهران ، ۱۳۶۲
- ۳- فرقانی ، عبدالحسین . کانی شناسی ، انتشارات دانشگاه تهران ، ۱۳۶۷
- ۴- فرقانی ، عبدالحسین . کانی شناسی غیر سیلیکاتها ، جزوه درسی دانشگاه تهران ، ۱۳۷۱
- ۵- لیت و جودسن و کافمن . زمین شناسی فیزیکی ، جلد اول - ترجمه فرید مر ، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۳۷۰
- ۶- محمدی ، مهین . بلورشناسی هندسی ، انتشارات پیام نور ، ۱۳۸۵
- ۷- محمدی ، مهین . کانی شناسی غیر سیلیکاتها ، انتشارات دانشگاه پیام نور ، ۱۳۷۹

سرفصل درس بلورشناسی و کانی شناسی و آزمایشگاه رشته: کارشناسی علوم تجربی

عنوان درس: بلورشناسی و کانی شناسی و آزمایشگاه

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع واحد: نظری - کارگاهی (واحد نظری + ۱ واحد کارگاهی)

ساعات تدریس: ۴ ساعت در هفته

پیش‌نیاز: ندارد.

هدف‌های آموزشی

از دانشجو معلم انتظار می‌رود در پایان درس:

الف - هدف‌های دانشی

- با واژه‌ی بلور و خواص بلورها آشنا می‌شوند.
- با قوانین مهم بلورشناسی آشنا می‌شوند.
- با روش‌های مطالعه شکل ظاهری و ساختمان بلورها آشنا می‌شوند.
- با علم کانی‌شناسی و اهمیت و کاربرد آن آشنا می‌شوند.
- با روش‌های شناسایی کانی‌ها به‌طور مختصر آشنا می‌شوند.
- با تقسیم‌بندی کانی‌ها براساس ترکیب شیمیایی آشنا می‌شوند.

ب - هدف‌های مهارتی

- ماکت سیستم‌های بلوری مهم را می‌سازند.
- سیستم‌های بلوری مهم را با یکدیگر مقایسه می‌کنند.
- حداقل ۲۰ کانی فراوان ایران را در نمونه دستی تشخیص می‌دهند.
- کار با میکروسکوپ پلاریزاسیون را فرا می‌گیرند.
- با جمع‌آوری کانی‌ها، یک جعبه کانی‌شناسی تهیه می‌کنند.

پ - هدف‌های نگرشی

- به مطالعه بلورها و کانی‌ها علاقه‌مند شوند.
- به‌اهمیت کانی‌ها در اقتصاد کشور توجه کنند.
- به‌اهمیت صرفه‌جویی از کانی‌ها پی ببرند.

سرفصل‌ها:

بخش اول: بلور شناسی

- مقدمه

تعریف بلور

معرفی علم بلور شناسی

اهمیت و کاربرد آن

ارتباط بلور شناسی با سایر علوم

- کلیات

مفاهیم همگن و ناهمگن، ایزوتروپ و آنیزوتروپ

رشد بلور

- نظم اتمی حاکم بر بلورها

مفهوم ساختمان بلورین و شبکه تبلور

محورهای بلور شناسی

شکل ظاهری بلورها

قانون ثابت بودن زوایا

- سیستم‌های بلوری

شرح هفت سیستم تبلور

- مفهوم تقارن در بلورها

سطح تقارن، مرکز تقارن و محور تقارن

- فرم‌های بلور شناختی

تعریف فرم، فرم عادی و عمومی، بسته و باز

- راه‌های شناسایی سیستم‌های تبلور با استفاده از محورها و عناصر تقارن

بخش دوم: کانی شناسی

- مقدمه

تعریف کانی

معرفی علم کانی شناسی و اهمیت و کاربرد آن

- چگونگی شناخت کانی‌ها و معرفی روش‌های شناسایی به‌طور مختصر

- خواص کانی‌ها

شکل بلور

رنگ

سختی

چگالی

رنگ و رنگ خاکه

جلا

و برخی خواص دیگر

- تقسیم‌بندی کانی‌ها براساس ترکیب شیمیایی

عناصر آزاد

سولفیدها

اکسیدها

هالیدها

کربنات‌ها

سولفات‌ها

فسفات‌ها

سیلیکات‌ها

منابع: باید دو جزوه (یا کتاب) جداگانه برای (بلور و کانی) تألیف شود.

نکات مهمی که باید در اجرای این درس مورد توجه قرار گیرند:

- در اختیار داشتن یک آزمایشگاه

- حداقل ۳ برنامه صحرا (گردش علمی)

کارهای آزمایشگاهی و صحرایی اگر به صورت گروه‌های ۳ یا ۴ نفره انجام گیرد، مناسب‌تر است.

ارزش‌یابی: براساس نمره‌ی امتحانی و ارزش‌یابی مستمر از مهارت‌های کسب شده و گزارش بازدیدها و

معیار ارزش‌یابی: ۱۰ نمره نظری + ۱۰ نمره عملی