



## فصل دوم

### کانی شناسی

## آشنایی با کانی‌ها و طرز تشخیص خواص آن‌ها

اهداف رفتاری : از هنرجو انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :

- ۱- کانی را تعریف کند.
- ۲- فرق کانی و سنگ را بیان کند.
- ۳- ساختمان اصلی بلورها را تشخیص دهد.
- ۴- خواص فیزیکی کانی‌ها را توضیح دهد.
- ۵- خاصیت‌های پیزوالکتریک و پیروالکتریک را بیان کند.
- ۶- مفهوم رخ (کلیواژ) را بیان کند.
- ۷- روش تشخیص ساده‌ی مواد رادیواکتیو را بیان کند.

### ۲- کانی شناسی

#### مقدمه

آیا تا به حال هنگام گذر از جاده‌های کوهستانی و بیابانی به محیط اطراف خود بخصوص از لحاظ تنوع سنگ‌ها و ساختار آن‌ها توجه داشته‌اید؟ اگر چنین بوده، مشاهده کرده‌اید که محیط به ظاهر ساده و یکسان اطراف شما، آنقدرها هم که به نظر می‌رسد ساده و یکنواخت نیست. گونه‌های بسیار زیاد سنگ که با اشکال و رنگ‌های مختلف در ابعاد گوناگون در اطراف ما قرار دارند همگی بیانگر آن هستند که کانی‌های تشکیل دهنده‌ی آن‌ها بسیار متنوع می‌باشند. در واقع ساختار بلوری کانی‌های گوناگون سبب می‌شود تا اشکال مختلفی از سنگ را شاهد باشیم. تیرگی یا روشنی، کدر بودن یا شفافیت، ریزی یا درستی و ده‌ها خاصیت متضاد دیگر را می‌توان در سنگ‌های محیط اطراف

مشاهده کرد. لذا دریافتیم که علاوه بر طرز تشکیل یک سنگ و تأثیر عوامل فرسایشی و هوازدگی بر روی آن، نوع کانی‌های تشکیل دهنده نیز تأثیر بسزایی بر روی شکل و خواص یک سنگ دارد. در این فصل از کتاب، سعی بر آن است تا ضمن آشنایی کلی با کانی‌ها و خواص مهم آن‌ها و طرز تشخیص این خواص فرا گرفته شود. مسلّم است که در نخستین گام، مهمترین خواص قابل بررسی یک کانی، خواص ظاهری آن است، یعنی خواصی که در مشاهده‌ی اولیه، قابل تشخیص باشند. مانند شکل بلور، رنگ کانی، جلا و... از این جمله‌اند.

امروزه می‌توان در صورت نیاز به شناسایی دقیق یک کانی از لحاظ ساختار کریستالین و فرمول شیمیایی و... از روش‌های پیشرفته‌ی آنالیز توسط اشعه‌ی ایکس و میکروسکوپ الکترونی و غیره استفاده نمود. این دستگاه‌ها با وجود پیچیدگی، امکان شناسایی دقیق کیفی و تا حدّی کمی کانی‌های مختلف را در یک ماده‌ی معدنی فراهم می‌کند. اما به لحاظ همان پیچیدگی و در نهایت هزینه‌ی بالا، در شناسایی‌های اولیه با دقت کم مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

## ۱-۲- کانی چیست؟

تا اینجا در موارد بسیار، سخن از سنگ‌ها و کانی‌های تشکیل دهنده‌ی آن‌ها به میان آمد. اما به راستی تعریف دقیق یک کانی و تفاوت اصلی آن با سنگ چه می‌باشد؟ به طور کلی می‌توان کانی‌ها را موادی طبیعی و البته غیر زنده فرض کنیم که معمولاً به صورت جامدهایی متبلور بر روی سطح زمین و یا در اعماق آن قرار دارند. کانی‌ها موادی همگن (هموزن) هستند که ترکیب شیمیایی آن‌ها ثابت می‌باشد (و یا با تغییراتی بسیار محدود). در پوسته‌ی زمین نزدیک به ۳۰۰۰ نوع کانی یافت شده است که بسیاری از آن‌ها کمیابند و به مقادیر بسیار کم در طبیعت وجود دارند.

سنگ‌ها که موضوع اصلی بحث ما در فصل اول کتاب بود با وجود تفاوت‌های بسیار در ماهیتشان در یک اصل مشترک بودند و آن این که همگی از اجتماع کانی‌های مختلف به وجود آمده بودند. در واقع، سنگ تجمعی از یک یا چند نوع کانی مختلف است که در سطح وسیعی از زمین گسترش یافته است و از تخریب و تجزیه‌ی همین سنگ‌هاست که کانی‌های گوناگون بوجود می‌آیند. با وجود تعداد زیاد کانی‌های شناخته شده عملاً تعداد کانی‌هایی که در ترکیب سنگ‌ها شرکت می‌کنند شاید به ۵۰ عدد هم نرسد که در عین حال همین مقدار نسبتاً کم می‌تواند با پیچیدگی‌های بسیار در کنار یکدیگر قرار گیرد. با توجه به اینکه کانی‌ها جامدهای متبلور می‌باشند به بررسی خواص آن‌ها می‌پردازیم.

که عبارتند از : ساختار بلورها، خواص کانی‌ها.

## ۲-۲- بلورها

بلورها (کریستال‌ها) درصد بسیار زیادی از مواد اطراف ما را چه در محیط زندگی، چه در طبیعت و بخصوص در سطح و اعماق زمین تشکیل می‌دهند. حالت متبلور و کریستالین ماده که به معنای آرایش داخلی منظم اتم‌هاست، در بسیاری از سنگ‌ها مانند گرانیت، سنگ مرمر و ماسه سنگ وجود دارد که همگی از اجتماع بلورها ساخته شده‌اند. در واقع چیده شدن منظم اتم‌های تشکیل دهنده‌ی یک جسم در کنار هم و تکرار این نظم در فواصل طولانی نسبت به ابعاد اتم، ساختاری منظم از ماده را به وجود می‌آورد که به آن بلور می‌گویند (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- مجموعه‌ای از کریستال‌های طبیعی کوارتز

علاوه بر سنگ‌ها حتی خاک‌ها، ماسه‌ها و گرد و غبار هم از اجزای ریز بلور تشکیل می‌شود. خاک‌های رُسی نیز از بلورهای ریز پولکی (صفحه‌ای) شکل تشکیل شده‌اند. سنگ‌های معدنی که فلزات مختلف از آن‌ها استخراج می‌شود و حتی خود فلزات نیز تماماً دارای ساختار بلورین هستند. نمک طعام، دانه‌های برف، گرانیت و حتی دوده، دندان‌ها و قسمت‌هایی از استخوان‌ها، قند و حالت‌های جامد نفتالین، سفیده‌ی تخم مرغ و ویتامین‌ها، همگی مثال‌هایی از بلورهایی هستند که اطراف ما را فراگرفته‌اند و در زندگی ما نقش دارند.

در صورتی که یک بلور در حین تشکیل و رشد (از محلول، از مایعات، از مذاب، از...) آزادی حرکت و شکل‌گیری را داشته باشد سطوح خارجی صافی ایجاد می‌کند. بلورهای نبات که از محلول‌های فوق اشباع شکر به وجود می‌آیند مثالی بسیار آشنا در این مورد می‌باشند. اما از آنجایی که کانی‌ها در واقع مجموعه‌ای از بلورها هستند که در یکدیگر تداخل کرده‌اند و در واقع بر روی رشد یکدیگر اثر گذاشته‌اند، به ندرت سطوح صاف و مشخص در آن‌ها ایجاد می‌شود.

تمامی بلورها را می‌توان در یکی از هفت طبقه و یا هفت سیستم شناخته شده به شرح زیر جای داد:

۱- سیستم مکعبی (کوبیک)

۲- سیستم هگزاگونال

۳- سیستم رومبوهدرال (تری گونال)

۴- سیستم تراگونال

۵- سیستم اورتورومبیک

۶- سیستم منوکلینیک

۷- سیستم تری کلینیک

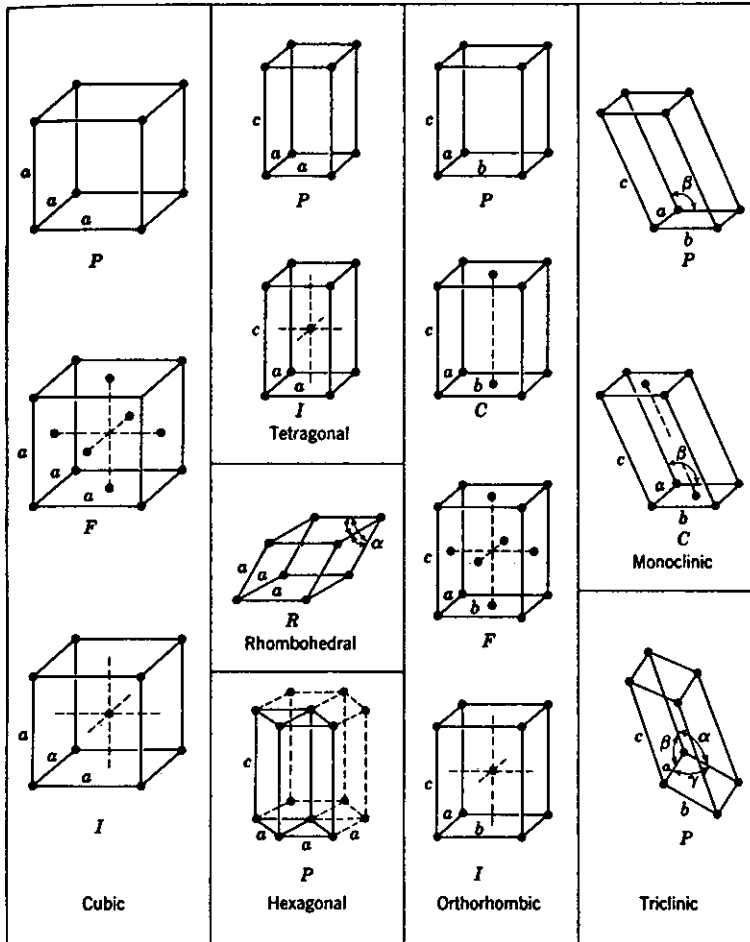
تفاوت‌های اساسی بین مشخصات این هفت سیستم بلوری، اختلاف بین ابعاد سه گانه و زوایای بین این ابعاد است (جدول ۱-۲).

جدول ۱-۲- سیستم‌های هفتگانه‌ی بلوری

سیستم	ارتباط بین محورها (ابعاد)	زاویه‌ی بین محورها
کوبیک	a . b . c	۹۰ . . . .
تراگونال	a . b . c	۹۰ . . . .
ارتورومبیک	a . b . c	۹۰ . . . .
تری گونال	a . b . c	۹۰ . . . .
هگزا گونال	a . b . c	۹۰ ، . . . ۱۲۰
مونوکلینیک	a . b . c	۹۰ . . . .
تری کلینیک	a . b . c	. . . .

همان گونه که در شکل ۲-۲ مشاهده می‌شود برخی از این سیستم‌های هفتگانه‌ی بلوری خود

می‌توانند بر اساس نحوه‌ی چیده شدن اتم‌ها، اقسام متفاوت کریستالین را پدید آورند که بر روی هم چهارده شبکه‌ی فضایی « براوا »<sup>۱</sup> را تشکیل می‌دهند.



شکل ۲-۲- شبکه‌ی فضایی براوا<sup>۲</sup>

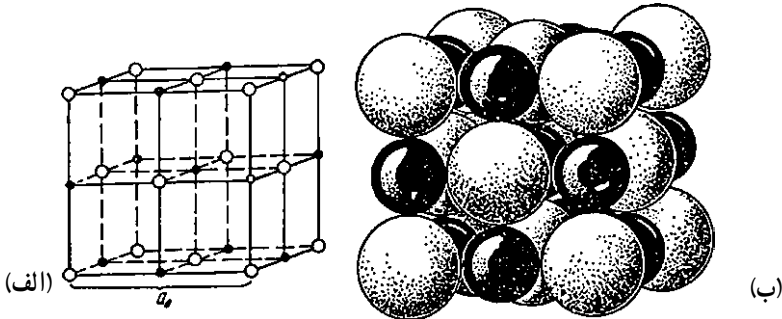
نمک طعام (مینرال هالیت) با فرمول NaCl که ساختار آن از یون‌های سدیم و کلر تشکیل شده است یکی از مثال‌های مشخص از ساختار کریستالین مکعبی است (شکل ۲-۳).

اگر چه تمامی بلورهای موجود را می‌توان در هفت سیستم ذکر شده جای داد ولیکن خود این هفت سیستم بر اساس آرایش داخلی به ۳۲ رده‌ی قرینه و ۲۳ گروه تقسیم می‌شوند که نتیجه‌ی آن،

۱- Brava

۲- Engineering materials By. Jastrzbeski

تشکیل کانی‌هایی با ساختمان بلورین و پیچیده است.

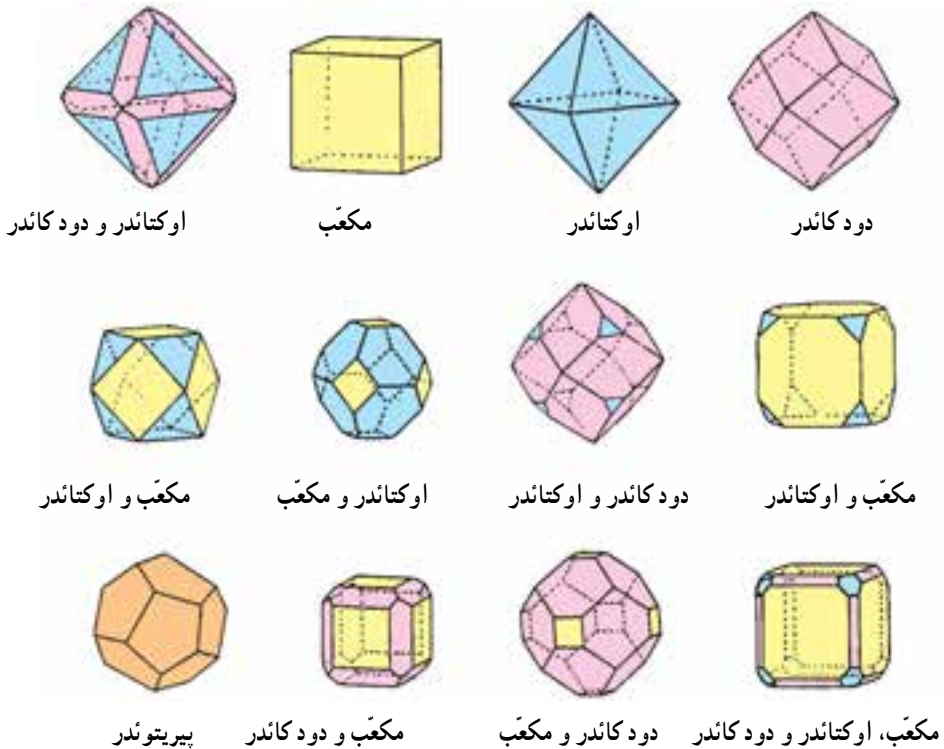


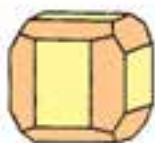
شکل ۳-۲- ساختار کریستالی هالیت (نمک طعام)

الف - نحوه‌ی توزیع مراکز یونی، ب - ساختار کریستالی بر اساس یون کروی شکل (رنگ سیاه نشان دهنده‌ی یون سدیم و رنگ سفید مربوط به یون کلر است که تناسب شعاع یونی بین سدیم و کلر در تصویر رعایت شده است).

تصاویر ارائه شده در شکل ۲-۴ نشان دهنده‌ی حالت فضایی و هندسی تعدادی از این

ساختارهاست. **یادگیری آنها ضرورتی ندارد**





مکعب و پیریتوندر



تتراوندر



تتراوندرهای مثبت و منفی



تراپزوندر



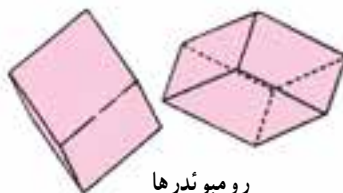
هگزا اوکتاندر



منشور و قاعده‌ی  
هگزاگونال



منشور و قاعده‌ی  
دی هگزاگونال



رومیوندرها



هرم هگزاگونال



هرم دی هگزاگونال



تراپزوندر تریگونال



اسکالنوندر تریگونال

بلورهای رومیوندرال و تریگونال



منشور و هرم هگزاگونال



تراپزوندر هگزاگونال

بلورهای هگزاگونال



کوآرتز



بریل



منشور و قاعده‌ی تتراگونال و دی تتراگونال



هرم تتراگونال

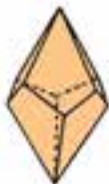


منشور و هرم



منشورهای هگزاگونال که به وسیله‌ی رومیوندرها، تراپزوندرها و هرم‌ها و تا N تغییر شکل داده شده‌اند.

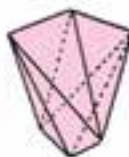
بلورهای تتراگونال



تراپزوندر تتراگونال



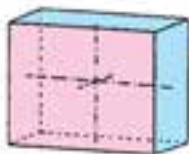
اسفنوئید



اسکالنوئدر  
تتراگونال



منشور و دو هرم



پیناکوئیدها



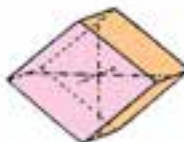
منشور و پیناکوئید بازال



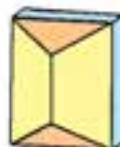
هرم



دم‌ها و پیناکوئیدها



منشور، دم‌ها و دو پیناکوئید



بلورهای اورتورومبیک



دو هرم



منشور (زرد) دم‌ها (نارنجی) و پیناکوئید (آبی)

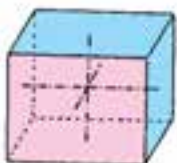


اسفنوئید و منشور

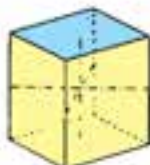
اورتورومبیک



بلورهای مونوکلینیک



پیناکوئیدها



منشور، هرم و پیناکوئیدها



دم‌ها و پیناکوئید



منشور و پیناکوئید

بلورهای تری کلینیک



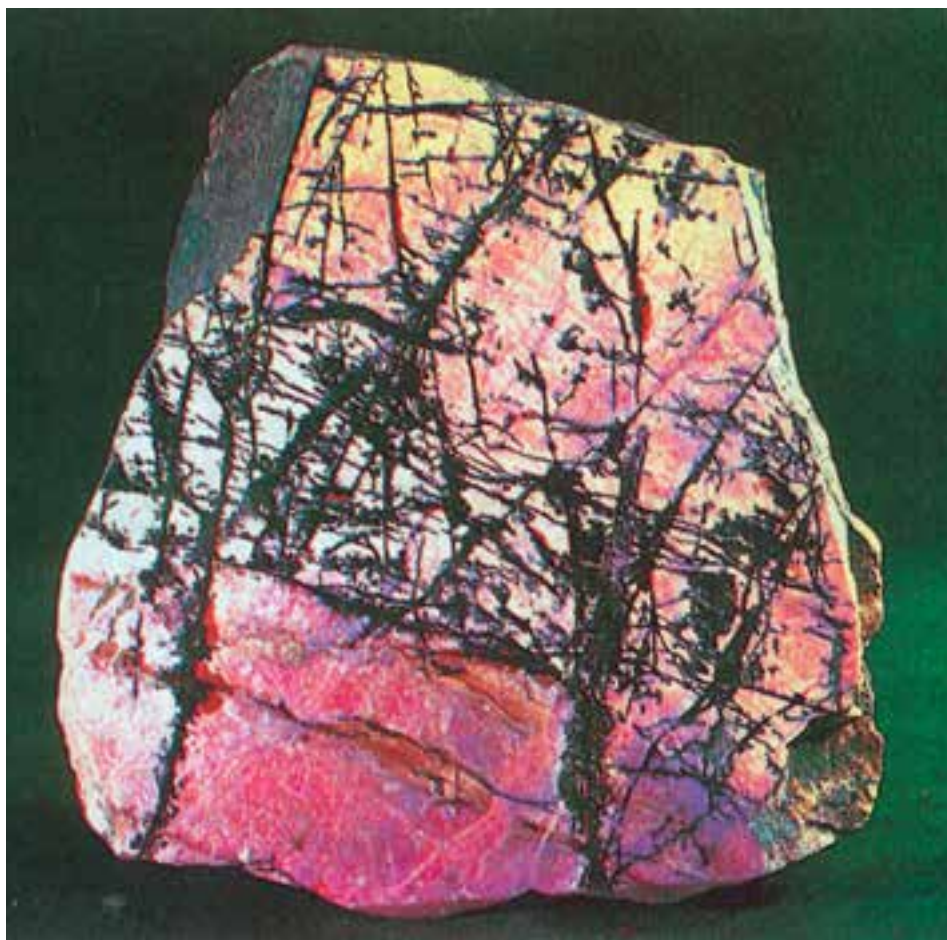
پیناکوئیدها و پدیون‌ها



شکل ۴-۲- نمایش فضایی برخی از ساختاری بلوری



تصاویر ۲-۵ تا ۲-۱۱ نشان دهنده‌ی برخی کانی‌ها هستند که با وجود پیچیدگی ظاهری و یا احیاناً همراه بودن دو یا چند کانی با هم، همگی از نظر ساختار بلوری به طریقی در یکی از هفت سیستم نامبرده شده جای می‌گیرند. وجود برخی ناخالصی‌ها که تأثیرات رنگی خود را بر جای گذاشته‌اند و همچنین تداخل ساختارهای مینرالی در برخی از اشکال ارائه شده به وضوح مشاهده می‌شود.



شکل ۲-۵- کانی رودونیت (Rhodonite) با فرمول شیمیایی  $\text{CaMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$  با ساختار تری کلینیک همراه با رگه‌های سیاه‌رنگ هیدروکسید منگنز.



شکل ۲-۶- کانی لازوریت (lazurite) به فرمول شیمیایی  
 $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6[\text{SO}_4]$  و با ساختار بلوری مکعبی



شکل ۲-۷- کانی لابرادوریت (Labradorite) گونه‌ای از انواع بازی و یا خنثی پلاژیوکلازها



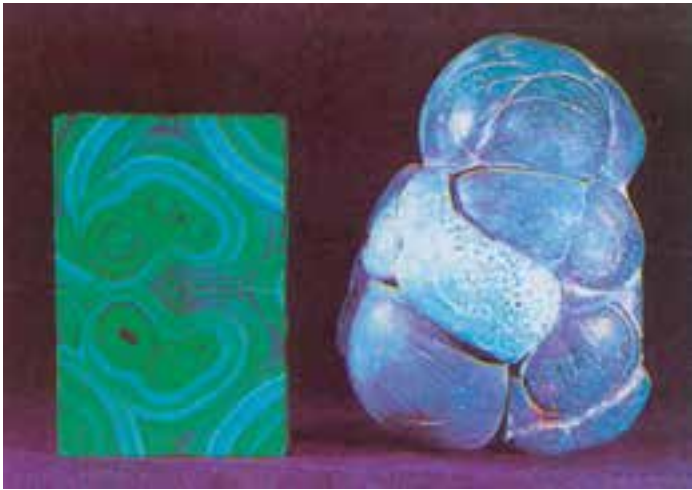
شکل ۸-۲- کانی آمازونیت (Amazonite) گونه‌ای قیمتی از خانواده‌ی میکروکلانی‌ها



شکل ۹-۲- توپاز آبی و قهوه‌ای کمرنگ (Topaz) به فرمول شیمیایی  $Al_2[SiO_4]_2F, OH, \text{و}$  ساختار کریستالین اورتورومبیک



شکل ۱۰-۲- انواع مختلف بریل (Beryl) با رنگ‌های گوناگون با فرمول شیمیایی  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$  و ساختار کریستالین هگزاگونال



شکل ۱۱-۲- کانی مالاخیت (Malachite) و نمونه‌ی پوشش شده آن به فرمول شیمیایی  $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$  و ساختار کریستالین فنوکلینیک

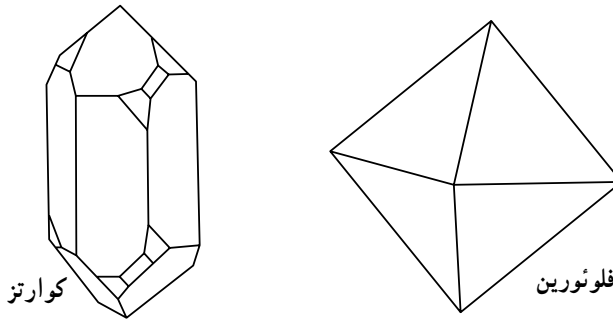
### ۲-۳- خواص کانی‌ها

کانی‌های موجود در طبیعت از هر خانواده و با هر شکل و ساختاری که باشند، همگی خواصی را از خود نشان می‌دهند که شناخت ساده‌تر آن‌ها را برای ما میسر می‌سازد. با تعیین این خواص که در ادامه‌ی این فصل با آن‌ها آشنا خواهیم شد، ضمن آن که هویت یک کانی را به طور تقریبی و نسبی



مشخص کرده و به برخی بررسی‌های غیر معمول که نیازمند تجهیزات و روش‌های شناخت دقیق آزمایشگاهی هستند، نیازی نیست.

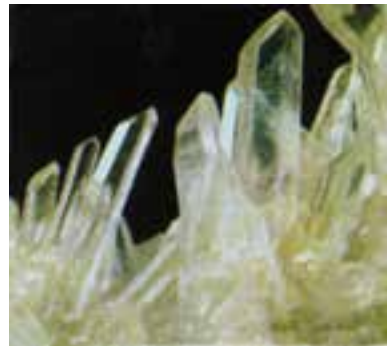
۱-۳-۲- شکل بلور: نحوه‌ی چیده شدن اتمی در کنار هم و یا به عبارت بهتر چگونگی ساختار کریستالین، نقش اساسی در شکل یک کانی دارد. لذا در صورتی که مانعی در جهت تشکیل منظم یک کانی و رشد بلورهای آن وجود نداشته باشد، با شکلی هندسی ایجاد می‌شود که از مشخصات اصلی آن کانی است. حالت ساده و مکعبی کانی هالیت (نمک طعام) و یا حالت پیچیده و چند وجهی کوارتز، مثال‌هایی از این مورد است (شکل‌های ۲-۱۲ و ۲-۱۳).



شکل ۲-۱۲- مقایسه‌ی شکل بلورهای ساده و پیچیده



ب- بلور نمک طعام

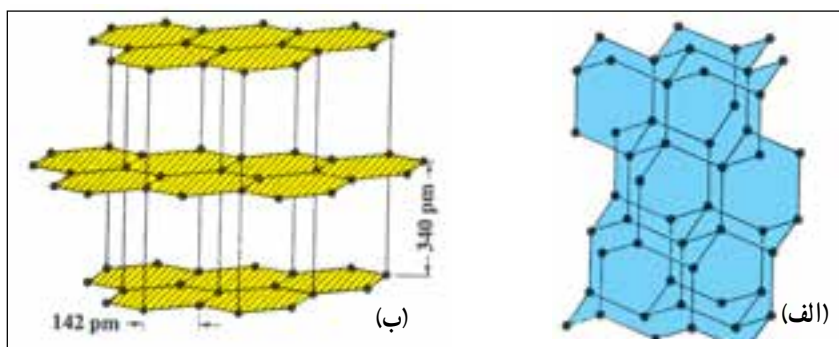


الف- بلورهای کوارتز

شکل ۲-۱۳

شکل یک بلور که ناشی از طرز چیده شدن اتم‌ها در آن است، در بسیاری از موارد، تأثیر زیادی بر روی خواص آن دارد. مثال بارز مقایسه بین دو کانی گرافیت و الماس است. عنصر اصلی تشکیل دهنده‌ی هر دو این مواد، کربن است. ولی خواص کاملاً متضاد این دو ماده که از طرز متفاوت چیده شدن اتم‌های کربن ناشی شده است یکی از شگفتی‌های طبیعت به‌شمار می‌رود.

گرافیت ماده‌ای سیاه‌رنگ، نرم (با سختی ۲-۱ بر اساس جدول موهس)، انعطاف‌ناپذیر، تیره با بلورهای منشوری شکل و وزن مخصوص  $2.2 \text{ g/cm}^3$  است. هدایت بسیار خوب الکتریکی از دیگر مشخصات این ماده است. در عوض الماس که در اثر فشارها و دماهای بالا در طبیعت به وجود می‌آید ماده‌ای است شفاف، بسیار سخت (با سختی  $10^\circ$  در مقیاس موهس) و شکننده با بلورهای مکعبی شکل که وزن مخصوص آن  $3.5 \text{ g/cm}^3$  می‌باشد. تفاوت‌های ساختاری و طرز چیده شدن اتمی در این دو ماده می‌تواند تا حد زیادی، دلایل این همه تفاوت را توجیه نماید (شکل ۱۴-۲ و ۱۵-۲).



شکل ۱۴-۲- آرایش اتمی در الماس (الف) و گرافیت (ب)



(ب)



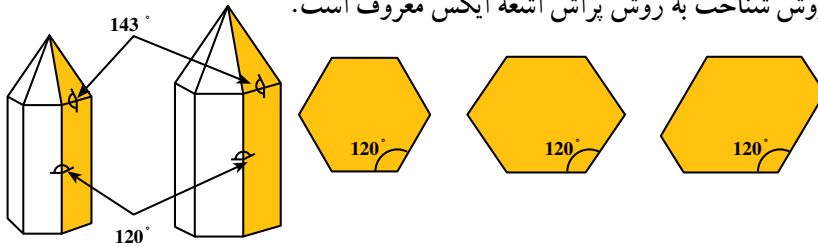
(الف)

شکل ۱۵-۲- تصویر الماس (الف) - تصویر گرافیت (ب) تصویر گرافیت

از مشخصاتی که در مورد شکل یک کانی همواره ثابت است و کمک زیادی به شناسایی آن می‌کند، زوایای موجود بین صفحات و جهات بلورین در آن است. همین مسأله راه را برای شناخت کانی‌ها توسط روش‌های نوین، هموار ساخت.

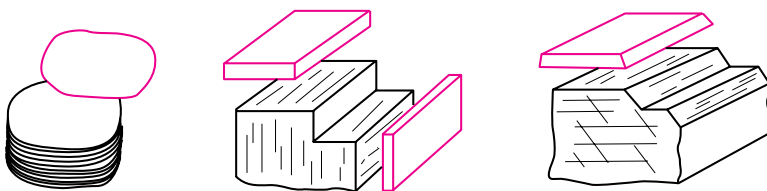
فاصله‌ی بین صفحات تشکیل دهنده‌ی یک بلور و زوایای موجود بین این صفحات از مشخصاتی

است که خاصّ هر مینرال می باشد (شکل ۱۶-۲). از روی الگوهای به دست آمده از برخورد اشعه‌ی ایکس با سطوح مختلف بلورهای یک کانی می توان به راحتی آن کانی را از دیگر کانی ها تشخیص داد که این روش شناخت به روش پراش اشعه ایکس معروف است.

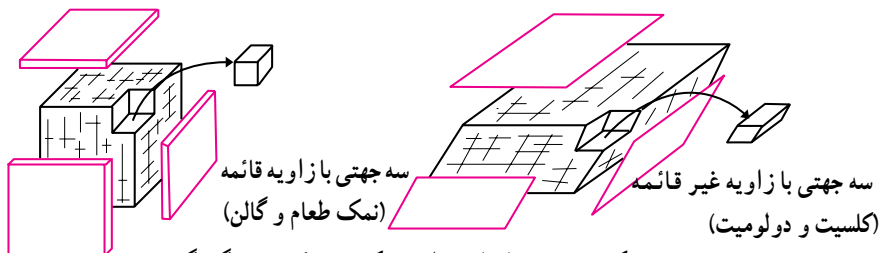


شکل ۱۶-۲- بلورهای کانی کوآرتز اگرچه ممکن است دارای ظاهری متفاوت باشند، اما زوایای میان سطوح آن‌ها همواره ثابت و یکسان است.

۲-۳-۲- رخ (کلیواژ): در صورتی که به یک بلور مانند بلور نمک طعام ضربه ای شدید مانند ضربه یک چکش وارد نماییم بوضوح مشاهده می کنیم که این کانی در برخی جهات ترجیحی به راحتی شکسته ولی در جهات دیگر شکست به آسانی انجام نمی پذیرد بلکه پس از خرد شدن، بی نظمی قطعه را به دنبال خواهد داشت. در صورتی که این ضربه توسط یک تیغه‌ی تیز فلزی اعمال شود نتایج آزمایش بهتر خواهد بود. این مسأله یعنی شکست در امتداد یک یا چند سطح معین (که معمولاً موازی با رویه های بلور است) بستگی به ساختمان داخلی و اتمی یک بلور دارد (شکل ۱۷-۲). در واقع مساوی نبودن قدرت پیوند بین اتم‌ها در جهات مختلف سبب تمایل به شکست کانی در جهاتی می شود که پیوند بین اتم‌ها سست تر از جهات دیگر است.



دو جهتی با زاویه غیر قائمه (آمفیبول) دو جهتی با زاویه تقریباً قائمه (پیروکسن و ارتوز) یک جهتی (میکا)



شکل ۱۷-۲- انواع سطوح شکست در کانی های گوناگون

به عنوان مثال کانی میکا که تنها در یک جهت دارای سطح شکست (رخ) می باشد به دلیل سست بودن پیوند بین اتم ها در جهت عمود بر سطح رویه و قوی بودن آن ها در امتداد موازی با سطح رویه است.

گرافیت که پیش از این با ساختار آن آشنا شدید نیز دارای چنین خاصیتی است. راحتی حرکت لایه های گرافیت بر روی هم در یک جهت خاص که موازی با جهت صفحات آن است سبب شده تا در پاره ای از موارد از این ماده، جهت روغنکاری و روانکاری استفاده شود.

نوع پیوندها در برخی از کانی ها مانند کوارتز به گونه ای است که در همه ی جهات از استحکام زیادی برخوردار است، لذا چنین کانی هایی در جهات مشخص نمی شکنند و ضربه ی وارد به آن ها سبب خرد شدن تمام قطعه می گردد. برخی کانی ها مانند اوبسیدین نیز با آن که دارای شکستی نامنظم هستند ولی اشکالی خاص را به وجود می آورند که به آن ها شکست صدفی می گویند (شکل ۱۸-۲).



شکل ۱۸-۲- مقایسه تورق در بلور میکا (الف) و شکست صدفی در کانی اوبسیدین (ب)

۳-۲-۳- رنگ: رنگ یکی از مشخصات تمیز دهنده ی کانی هاست و می تواند جهت تعیین هویت اولیه آن ها مؤثر باشد. برخی از کانی ها مانند سولفورها و نمک های آن ها همیشه یک رنگ دارند. رنگ های ظاهری اکثر کانی های شناخته شده به دلایل زیر است:

۱- حضور کانی های دیگر

۲- ناخالصی های موجود

۳- عیوب ساختمانی

۴- آلودگی



۵- خوردگی

۶- هوازدگی

برای مشاهده رنگ واقعی رنگ را باید همیشه در سطحی که تازه شکسته شده مشاهده کرد. در جدول ۴-۲ اسامی و رنگ تعدادی از کانی‌هایی که دارای رنگ‌های ثابت و مشخص هستند ذکر شده است که می‌تواند جهت شناسایی آن‌ها مفید واقع شود.

جدول ۲-۲- تعدادی از کانی‌ها که دارای رنگ ثابت و

مشخص هستند.

فرمول شیمیایی	نام کانی	رنگ
$\text{SiO}_2$	آمتسیت	بنفش
$\text{Cu}_2[\text{CO}_3]_2[\text{OH}]_2$	آزوریت	آبی
$\text{Cu}_2[\text{CO}_3]_2[\text{OH}]_2$	مالاخیت	سبز
$\text{As}_2\text{S}_3$	اوری پیگمنت	زرد
$\text{PbCrO}_4$	کروکویت	نارنجی
$\text{HgS}$	سینابر (پودر شده)	قرمز
$\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	لیمونیت متخلخل	قهوه‌ای
$\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	لیمونیت (اخرا)	زرد - قهوه‌ای
$\text{FeAsS}$	آرسنوپیریت	سفید قلع
$\text{MOS}_2$	مولیبدنیت	خاکستری سربی
$\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$	تتراهدريت	خاکستری فولادی
$\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	مگنتیت	سیاه آهن
$\text{CuS}$	کولیت	آبی نیلی
$\text{Cu}$	مس طبیعی	قرمز مس
$\text{CuFeS}_2$	کالکوپیریت	زرد برنجی
$\text{Au}$	طلا	طلای متالیک

#### ۴-۳-۲- رنگ خاکه (خط اثر) : عامل دیگری که مرتبط با رنگ یک کانی است و در

پاره‌ای از موارد می‌تواند بهتر از آن در شناسایی کانی‌ها مورد استفاده قرار گیرد، رنگ خاکه یا خط‌اثر است. برای بررسی این عامل از تکه‌ای چینی بدون لعاب استفاده می‌کنند. سختی این ماده چیزی در حدود (۵/۵ موهس) است. لذا اگر ماده‌ای که سختی آن کمتر است بر روی آن کشیده شود خطی موسوم به خط‌اثر<sup>۱</sup> از خود به جای می‌گذارد. این خط که عموماً رنگی است مربوط به پودر نرم کانی می‌باشد که بر روی سطح چینی بر جای می‌ماند.

اول به نظر می‌رسد که رنگ خط‌اثر یک کانی هم‌رنگ خود کانی باشد. اما در پاره‌ای از موارد وضع چنین نیست. مثلاً کانی هماتیت ( $Fe_2O_3$ ) سیاه‌رنگ به نظر می‌رسد اما خط‌اثر آن قهوه‌ای مایل به قرمز است و یا پیریت ( $FeS_2$ ) دارای رنگ زرد برنجی است در حالی که خط‌اثر آن سیاه می‌باشد. مشابه بودن رنگ کانی پیریت با طلا، در بسیاری از موارد بخصوص در ایام گذشته سبب می‌شده تا جویندگان طلا آن را با طلا اشتباه کنند در حالی که با آگاهی از رنگ خط‌اثر این کانی، می‌شود از این اشتباه جلوگیری به عمل آورد.

از آن جایی که خط‌اثر در واقع رنگ پودر یک کانی است (رنگ خاکه)، ثبات بیشتری داشته و بیشتر قابل اعتماد می‌باشد.

یکی دیگر از مثال‌های جالب که تفاوت رنگ پودر یک ماده و حالت توده‌ای آن را مشخص می‌کند کانی لیمونیت (هیدروکسید آهن) است که در صورتی که به حالت توده‌ای به هم فشرده باشد سیاه‌رنگ است ولی پودر شده آن به رنگ زرد - قهوه‌ای وجود دارد.

رنگ اثر بسیاری از کانی‌های شفاف و یا نیمه شفاف به صورت خطی بدون رنگ (سفید) و یا با اثر رنگی بسیار خفیف است.

#### ۵-۳-۲- جلا : جلای یک ماده، جلوه و درخشندگی سطح آن است. به عبارتی توانایی یک

کانی در انعکاس، تفرق و یا جذب نور پدید آورنده جلای آن است. در بسیاری از موارد شناسایی یک کانی از روی جلای آن بسیار ساده‌تر و مطمئن‌تر از شناسایی از روی رنگ است. خواص سطحی یک کانی، توانایی انعکاس و یا تفرق نور تابیده شده به علاوه عمقی که نور نفوذ می‌کند و همچنین وجود عیوب سطحی و داخلی مانند ترک‌های مویین، نقص در شبکه‌ی کریستالی و مهمتر از همه حضور ناخالصی‌ها همگی بر روی چگونگی جلای یک کانی تأثیر می‌گذارند.

ضریب انعکاس نور توسط یک کانی از شاخص‌های عمده‌ی جلای آن می‌باشد. در صورتی که

---

۱- Streak

این ضریب با R نشان داده شود :

$$R = \frac{n-1}{n+1}$$

که  $n$  برابراست با متوسط ضریب شکست نور توسط کانی در مقایسه با هوا (ضریب شکست هوا برابر با ۱ است). برای توصیف جلای کانی‌ها از عباراتی مانند : فلزی، شیشه‌ای، چرب، ابریشمی... استفاده می‌کنند که گویای حالت ظاهری و جلای سطحی ماده است (جدول ۳-۲).

جدول ۳-۲- انواع گوناگون جلا و مشخصات ظاهری آن‌ها

مثال	مشخصه ظاهری	جلا
کوارتز، کوراندوم، گارنت	شفاف مانند شیشه	شیشه‌ای
الماسی، روتایل	شَفَاف	آداماتین
هماتیت، کوپریت	تا حدی نور را منعکس می‌سازد	نیمه فلزی (خاکی)
گالن، پیریت، بیسموت	نور را به خوبی منعکس می‌سازد	فلزی
مسکویت (میکا)، اوپال	با جلای مروارید	مرواریدی
آزیست و سلنیت	ظاهری رشته‌ای و تا حدی برآق	ابریشمی
تالک	دارای ظاهر و لمس چرب	چرب
اسفالریت (سولفیدروی)	ظاهری مانند صمغ دارد	رزینی

۳-۲-۶- کدر بودن : کانی‌های شَفَاف و یا نیمه شَفَاف تا حدی نور را از خود عبور می‌دهند. به گونه‌ای که در مورد کانی‌های شَفَاف حتی می‌توان اجسام پشت آن را به وضوح مشاهده کرد. کانی‌هایی که نور را به هیچ وجه از خود عبور ندهند، به صورت کدر مشاهده می‌شوند. کانی‌هایی که دارای جلای فلزی و یا نیمه فلزی (خاکی) هستند همگی کدر می‌باشند. باید توجه داشت که میزان کدر بودن یک کانی بستگی به ساختار بلورین و نحوه‌ی توزیع و آرایش اتم‌ها در آن دارد.

۳-۲-۷- وزن مخصوص : تعریف ساده‌ی وزن مخصوص عبارت است از وزن واحد حجم یک ماده. پس به نظر می‌رسد که با وزن کردن یک سانتی متر مکعب از یک ماده بتوانیم دانسیته آن را تعیین نماییم. اما در عمل لااقل در مورد کانی‌ها و مواد سرامیکی مسأله به این سادگی هم نیست. چرا که یک سنگ یا یک بدنه‌ی سرامیکی از چندین نوع ماده با وزن مخصوص‌های متفاوت تشکیل شده که جدا کردن آن‌ها از یکدیگر امکان پذیر نیست. از این گذشته وجود هزاران تخلخل و

حفره ریز و درشت در سطح و درون ماده که در محاسبه‌ی حجم شرکت می‌کنند اما عملاً نقشی در وزن ماده ندارند، محاسبات ما را از واقعیت دور می‌سازند. این وضع حتی در مورد یک کانی که به نظر خالص و بدون عیب می‌رسد نیز صادق است. (در فصل ۴ کتاب محاسبات در سرامیک به‌طور کامل شرح داده شده است)

**۸-۳-۲- سختی:** ملاک میزان سختی یک کانی، در واقع میزان مقاومت آن در برابر خراش است. به عنوان مثال یک بلور کلسیت به آسانی توسط یک تیغه‌ی چاقو خراشیده می‌شود. اما در صورتی که همین تیغه‌ی چاقو بر روی سطح بلوری از کوارتز کشیده شود، سُر خورده هیچ‌گونه اثری از خود به جای نمی‌گذارد. در واقع سختی مقاومت یک ماده در برابر نیروی مکانیکی اعمال شده است و ناشی از ساختار بلورین، محل استقرار اتمی و نوع پیوندهای بین آن‌ها می‌باشد.

به تفاوت‌های اساسی بین دو کانی گرافیت و الماس که هر دو از اتم‌های کربن تشکیل شده‌اند اشاره شد. سختی بسیار زیاد الماس، سبب شده تا از آن به عنوان ماده‌ای برای تراشکاری و براده‌برداری فلزات سخت استفاده شود، در حالی که از گرافیت به دلیل نرمی بسیار زیاد و تمایل به تورق در یک جهت، به عنوان ماده‌ای جهت روغنکاری و روانکاری استفاده می‌شود.

برای تعیین درجه سختی کانی‌ها، روش‌های متفاوتی وجود دارد، یکی از این روش‌ها که نیازمند تجهیزات دقیق آزمایشگاهی نیست، (و به همین دلیل هم از دقت بالایی برخوردار نمی‌باشد) مبنای مقایسه موهس است که در قالب یک جدول عنوان می‌شود (جدول ۴-۲). در این جدول اساساً ۱۰ کانی مشخص با سختی‌های گوناگون است که از کانی الماس تا کانی تالک بر روی یکدیگر خراش ایجاد می‌کند.

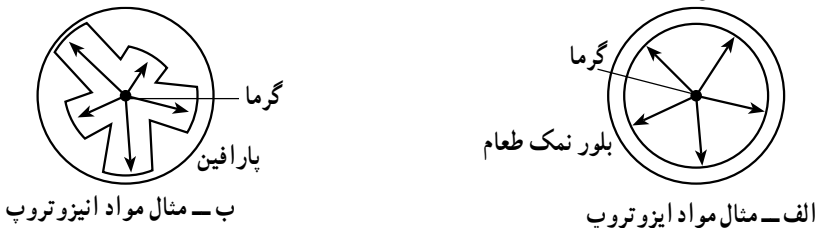
به عنوان مثال، یک کانی که توسط کوارتز با سختی ۷، خراش برمی‌دارد ولی با ارتوکلاز خراشیده نمی‌شود، دارای سختی بین ۶ و ۷ است.

**۹-۳-۲- ایزوتروپی همسانگردی و آنیزوتروپی ناهمسانگردی:** مواد ایزوتروپ موادی هستند که خواص فیزیکی در آن‌ها در تمامی جهات یکسان است. به عنوان مثال، در صورتی که رسانایی الکتریکی در چنین ماده‌ای در یک جهت اندازه‌گیری شود، با اندازه‌گیری این کمیت، در جهتی عمود بر جهت پیشین نیز همان جواب به دست می‌آید. کانی‌هایی که سطح کریستالین ندارند (آمورف) و یا آن که در صورت بلوری بودن از ساختار مکعبی پیروی می‌کنند، موادی ایزوتروپ می‌باشند. بنابراین در صورتی که ماده‌ای چنین خاصیتی را نداشته باشد (تمامی حالت‌های بلوری غیر از مکعبی) دارای خاصیت آنیزوتروپی است.

جدول ۴-۲- درجه‌ی سختی کانی‌ها بر اساس مقیاس موهس

نام کانی	درجه‌ی سختی	اشیای معمولی	فرمول شیمیایی
تالک	۱	چوب کبریت	$۳MgO \cdot ۴SiO_۲ \cdot H_۲O$
ژپس	۲		$CaSO_۴ \cdot ۲H_۲O$
		ناخن، سکه مسی	
کلسیت	۳		$CaCO_۳$
فلورین	۴		$CaF_۲$
آپاتیت	۵		$Ca_۵F(P_۳O_۴)_۳$
		تیغی چاقو، شیشه	
ارتوکلایز	۶		$K_۲O \cdot Al_۲O_۳ \cdot ۶SiO_۲$
		ابزار فولادی	
کوارتز	۷		$SiO_۲$
توپاز	۸		$Al_۲(FOH)_۳SiO_۴$
کوراندوم	۹		$Al_۲O_۳$
الماس	۱۰		C
نیتريد بور			BN

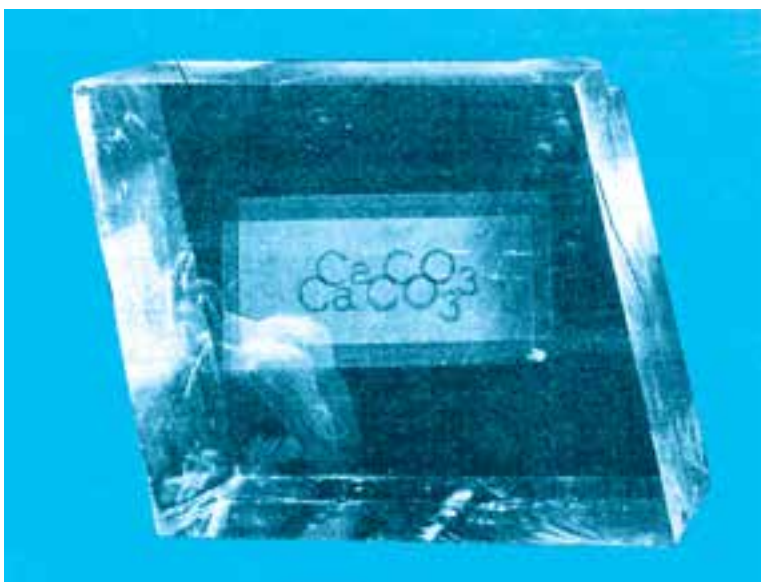
رسانایی الکتریکی، رسانایی حرارتی، انبساط حرارتی، خاصیت پیزو الکتریسته و پیرو الکتریسته، شکست نور و حتی برخی خواص مکانیکی یک ماده، تمامی تحت تأثیر ساختار ایزوتروپیک و یا آنیزوتروپیک آن هستند. در صورتی که هر یک از خواص تابع جهت نباشند ایزوتروپیک و اگر تابع جهت باشند یعنی در جهت‌های مختلف متفاوت باشند آنیزوتروپیک می‌گویند. ساختار بلوری نحوه‌ی چیده شدن اتم‌ها، قدرت پیوندهای اتمی در جهات مختلف، بار اتمی و... از عوامل به‌وجودآورنده‌ی این دو خاصیت می‌باشند.



شکل ۱۹-۲

رسانایی بسیار خوب الکتریکی گرافیت در یک جهت و رسانایی ضعیف آن در جهتی عمود بر جهت نخستین که به ساختار لایه‌ای و طرز آرایش اتم‌های کربن در این ماده باز می‌گردد، مثالی بارز از تأثیر ساختار آنیزوتروپیک یک ماده بر روی خواص فیزیکی آن می‌باشد.

رفتار نوری کانی‌ها نیز می‌تواند گاه باعث بروز پدیده‌هایی جالب در آن‌ها باشد. یکی از این پدیده‌ها، شکست مضاعف نور در کانی کلسیت ( $\text{CaCO}_3$ ) است که آن نیز مرتبط با ساختار بلورین آنیزوتروپ این ماده می‌باشد (شکل ۲۰-۲).



شکل ۲۰-۲- پدیده شکست مضاعف نور در کانی شفاف کلسیت

۱-۳-۲- مشاهده با میکروسکوپ پلاریزان: رفتار موادی که از نظر الکترونی، قطبی باشند (پلاریزه = قطبیده) در مقابل نور پلاریزه، یکی از روش‌های شناخت کانی‌ها محسوب می‌شود. مشاهده‌ی این دسته از مواد با میکروسکوپ پلاریزان که باریکه‌ای از نور قطبی شده را بر سطح ماده می‌تابد ما را در شناخت کانی‌ها کمک می‌کند. مواد بلوری با ساختاری غیر از ساختار مکعبی، در اثر تابش نور پلاریزه، به صورت رنگی مشاهده می‌شوند که این رنگ با تغییر زاویه تابش، تغییر می‌کند.

کوآرتز از کانی‌های مشخص است که به دلیل ساختار آنیزوتروپ خود، علاوه بر به وجود

آوردن خواصی چون پیزوالکتریسیته، نور پلاریزه را بسته به ساختار اتمی خود به راست یا به چپ منحرف می‌کند (راستگرد یا چپگرد) و به خوبی با میکروسکوپ پلاریزان قابل شناسایی است.

### ۱۱-۳-۲- خواص دیگر: پاره‌ای از خواص دیگر را می‌توان در مورد کانی‌ها مطرح

نمود، اگر چه حالت کلی نداشته و نمی‌توانند در شناسایی تمامی کانی‌ها نقش داشته باشند اما در برخی از موارد از خواص مشخصه یک کانی به حساب می‌آیند. این مشخصات به طور مختصر عبارتند از:  
- مزه: تعیین هویت برخی کانی‌های محلول در آب، مثل هالیت‌ها و بورات‌ها را می‌توان توسط مزه آن‌ها انجام داد. در بسیاری از موارد این کار به دلیل نزدیکی و تشابه مزه بسیاری از کانی‌ها (بخصوص نمک‌ها) از اطمینان زیادی برخوردار نیست.

تذکره: توجه داشته باشید که اگر چه نمک‌های محلول در آب سمی نیستند اما تا حد امکان باید از مزه کردن آن‌ها خودداری نمود.

- قابلیت حل شدن در اسیدها: پاره‌ای از کانی‌ها، بخصوص کربنات‌ها به شدت در اسیدها قابل حل هستند. شدت انحلال کلسیت در اسیدها به قدری زیاد است که به صورت جوشیدن انجام می‌شود. دولومیت نیز در اسیدها حل می‌شود ولی با سرعتی کمتر. کانی‌هایی مانند نفلین در اسیدها حل نمی‌شوند. اما این فرایند باعث تغییر رنگ آن‌ها می‌شود. کانی‌های دیگر، کمتر در اسیدها حل می‌شوند. مسلم است که نوع، غلظت و دمای اسید تأثیر زیادی بر روی میزان حلالیت آن‌ها دارد. کانی‌هایی که جزء اصلی تشکیل دهنده‌ی آن‌ها سیلیس می‌باشند (سیلیکات‌ها) در فلوئوریدریک اسید (HF) حل می‌شود.

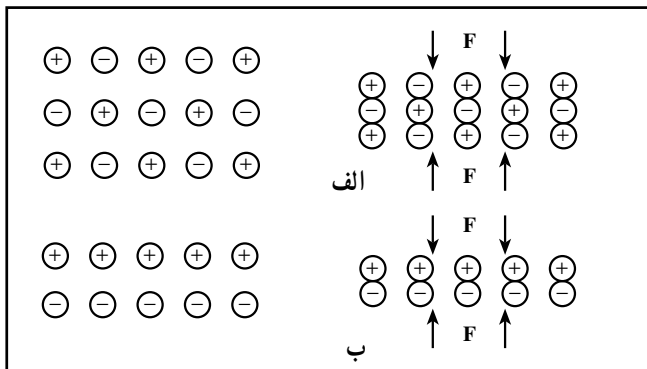
در هنگام کار با این اسید باید شدیداً موارد ایمنی را رعایت نمود زیرا خطرناک است.  
- خاصیت مغناطیسی: از آن جایی که تعداد کمی از کانی‌ها دارای آثار مغناطیسی هستند، این خاصیت می‌تواند ملاک بسیار ارزشمندی در شناسایی برخی از آن‌ها باشد. گونه‌های مختلف پیروتیت کم‌گوگرد اگر چه خود مغناطیسی نیستند اما با آهن‌ربا جذب می‌گردند. پاره‌ای از کانی‌ها خود دارای آثار مغناطیسی قوی هستند و قطعات آهن را جذب می‌کنند. مانند مگنتیت، منیتیت ( $Fe_3O_4$ )، پیروتیت ( $Fe_{1-x}S$ ) و ایلمینت ( $FeTi_3$ ).

پاره‌ای از مواد نیز با آهن‌ربا دفع می‌گردند که کانی‌های بیسموت بدین صورت می‌باشند.  
- خاصیت پیزوالکتریسیته: آن دسته از کانی‌هایی که در اثر فشار مراکز بارهای الکتریکی در آن‌ها جابه‌جا شود و خاصیت الکتریکی در اثر قطبی شدن پیداکنند مواد پیزوالکتریک می‌گویند مانند کوارتز و تورمالین و موادی مانند باریم تیتانات (پروکسیت). عدم وجود مراکز تقارن بلوری (آنیزوتروپ

بودن از نظر بار الکتریکی ( سبب به وجود آمدن چنین پدیده‌ای می‌شود(شکل ۲۲-۲). به عکس نیز هنگامی که تحت اثر جریان الکتریسیته قرار گیرند قطبی شده، فشار خارجی اعمال می‌کنند. در صورتی که اعمال جریان الکتریکی به صورت متناوب باشد، قطعه در اثر تغییر ابعاد متوالی شروع به ارتعاش می‌کند. از چنین خاصیتی در بسیاری از ابزارهای الکترونیکی مانند ساعت‌های کوارتز و جرقه‌زن‌های اجاق‌گاز استفاده می‌کنند. البته در این گونه موارد، از بلورهای مصنوعی و ساختگی کوارتز که در آزمایشگاه رشد داده شده‌اند استفاده می‌کنند نه از بلورهای طبیعی و کمیاب آن.



شکل ۲۱-۲- تورمالین



شکل ۲۲-۲- بلوردارای مراکز تقارن است لذا در اثر فشار قطبی نمی‌شود

ب- بلور نامتقارن و پدیده پیزوالکتریک



— خاصیت پیروالکتریسیته: آن دسته از کانی‌هایی که در اثر تغییر دما مراکز بارهای الکتریکی در آن‌ها جابه‌جا می‌شود و قطبی شوند جریان الکتریسیته در آن‌ها بوجود می‌آید که به آن‌ها مواد پیروالکتریک و به این خاصیت پیرو الکتریسیته می‌گویند مانند تورمالین (به خاطر وجود ناخالصی بسیار کم در کانی‌ها در طبیعت بسیار کم‌یاب است).

— تغییر شفافیت در اثر گرما: گرما، شفافیت کانی‌های آبداری مانند ژیپس را از بین می‌برد. اگر شعله کبریت را به ورقه‌های این کانی نزدیک کنیم کدر می‌شود. لذا بدین وسیله می‌توان این ماده را از میکای سفید (طلق نسوز) که در اثر حرارت هیچ‌گونه تغییر رنگی حاصل نمی‌کند، تشخیص داد. اگر شعله کبریت را به کانی شفاف آبداری مانند ژیپس نزدیک کنیم به دلیل تجزیه و از دست دادن آب سطحی کدر می‌شود.

— خاصیت رادیواکتیویته: آن دسته از کانی‌هایی که دارای خاصیت پرتوزایی می‌باشند را مواد رادیواکتیویته می‌گویند. عناصر اصلی تشکیل‌دهنده این کانی‌ها که بوجود آورنده‌ی این پدیده‌ی اتمی هستند، عناصر سنگین مانند اورانیوم، تورنیوم، رادیوم و... می‌باشند که تشخیص ساده این مواد با قرار دادن تکه‌ای از این مواد رادیواکتیویته بر روی فیلم عکاسی (نگاتیو خام) ممکن است که لکه‌هایی ایجاد کند که باعث خراب شدن فیلم عکاسی می‌شود. تشخیص این کانی‌ها با دستگاه‌های خاصی که آشکارساز خواص رادیواکتیویته بر اساس تابش این امواج هستند، انجام می‌گیرد.

— لازم به توضیح است خواصی مانند: چگونگی لمس یک ماده، رسانایی، نارسانایی و یا نیمه رسانایی الکتریکی یک کانی، رنگ شعله‌ی یک کانی و حتی صدای سقوط یک کانی از یک ارتفاع معین بر روی زمین سخت، همگی می‌توانند از دیگر روش‌های تشخیص برخی کانی‌ها به حساب آیند.

- ۱- تعدادی از کانی‌های موجود در محیط اطرافتان را نام ببرید.
- ۲- تفاوت کانی، سنگ و خاک در چیست؟ آیا می‌توانید تعدادی از سنگ‌های معروف و کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها را نام ببرید.
- ۳- هفت ساختار اصلی بلورها را نام برده، مشخصات اصلی هر یک را بیان نمایید.
- ۴- مثالی از کانی‌ها که دارای ساختار مکعبی باشد نام ببرید. برای ساختار هگزاگونال نیز موردی را بیان کنید.
- ۵- رنگ‌های ظاهری اغلب کانی‌ها به چه دلایلی ایجاد شده‌اند؟
- ۶- خاصیت پیزوالکتریسیته را تعریف کرده و چند نمونه از مواد پیزوالکتریک را نام ببرید.
- ۷- دلیل تغییر شفافیت برخی از کانی‌ها در اثر گرما چیست؟
- ۸- روش ساده‌ی تشخیص مواد رادیواکتیو چیست؟
- ۹- چند مثال از مواد دارای آثار مغناطیسی قوی را نام ببرید.