فصل دوم

# کانی شناسی

## آشنایی با کانی‌ها و طرز تشخیص خواص آن‌ها

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

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

## ۲ــ کانی شناسی

**مقدمه**

آیا تا به حال هنگام گذر از جاده‌های کوهستانی و بیابانی به محیط اطراف خود بخصوص از لحاظ تنوّع سنگ‌ها و ساختار آن‌ها توجّه 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 اَشکال و رنگ‌های مختلف در ابعاد گوناگون در اطراف ما قرار دارند همگی بیانگر آن هستند که کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها بسیار متنّوع می‌باشد. در واقع ساختار بلوری کانی‌های گوناگون سبب می‌شود تا اَشکال مختلفی از سنگ را شاهد باشیم. تیرگی یا روشنی، کدر بودن یا شفافیّت، ریزی یا درشتی و ده‌ها خاصیّت متضاد دیگر را می‌توان درسنگ‌های 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 کلّی با کانی‌ها و خواص مهم آن‌ها و طرز تشخیص این خواص فرا گرفته شود. مسلّم است که در نخستین گام، مهمترین خواصّ قابل بررسی یک کانی، خواص ظاهری آن است، یعنی خواصی که در مشاهده‌ی اوّلیّه، 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 توسّط اشعه‌ی ایکس و میکروسکوپ الکترونی و غیره استفاده نمود. این دستگاه‌ها با وجود پیچیدگی، امکان شناسایی دقیق کیفی و تا حدّی کمّی کانی‌های مختلف را در یک ماده‌ی معدنی فراهم می‌کند. اما به لحاظ همان پیچیدگی و در نهایت هزینه‌ی بالا، در شناسایی‌های اوّلیّه با دقّت کم مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

## ۱ــ۲ــ کانی چیست؟

تا اینجا در موارد بسیار، سخن از سنگ‌ها و کانی‌های تشکیل دهنده‌ی آن‌ها به میان آمد. امّا به راستی تعریف دقیق یک کانی و تفاوت اصلی آن با سنگ چه می‌باشد؟

به طور کلی می‌توان کانی‌ها را موادی طبیعی والبته غیر زنده فرض کنیم که معمولاً به صورت جامدهایی متبلور بر روی سطح زمین و یا در اعماق آن قرار دارند. کانی‌ها موادی همگن (هموژن) 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 درفصل اوّل کتاب بود با وجود تفاوت‌های بسیار در ماهیّتشان 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 نرسدکه 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.

## ۲ــ۲ــ بلورها

بلورها (کریستال‌ها) درصد بسیار زیادی از موادّ اطراف ما را چه در محیط زندگی، چه درطبیعت و بخصوص در سطح و اعماق زمین تشکیل می‌دهند. حالت متبلور و کریستالین ماده که به معنای آرایش داخلی منظّم 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 منظّم اتم‌های تشکیل‌دهنده‌ی یک جسم در کنار هم و تکرار این نظم در فواصل طولانی نسبت به ابعاد اتم، ساختاری منظّم از ماده را به وجود می‌آورد که به آن بلور می‌گویند (شکل ۱ــ۲).

**شکل ۱ــ۲ــ مجموعه‌ای از کریستال‌های طبیعی کوارتز**

علاوه بر سنگ‌ها حتی خاک‌ها، ماسه‌ها وگرد و غبار هم از اجزای ریز بلور تشکیل می‌شود. خاک‌های رُسی نیز از بلورهای ریز پولکی (صفحه‌ای) شکل تشکیل شده‌اند. سنگ‌های معدنی که فلزّات مختلف از آن‌ها استخراج می‌شود و حتی خود فلزّات 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 تخم‌مرغ 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، به‌ندرت سطوح صاف و مشخص در آن‌ها ایجاد می‌شود.

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

۱ــ سیستم مکعبی (کوبیک)

۲ــ سیستم هگزاگونال

۳ــ سیستم رومبوهدرال (تری گونال)

۴ــ سیستم تتراگونال

۵ــ سیستم اورتورومبیک

۶ــ سیستم منوکلینیک

۷ــ سیستم تری کلینیک

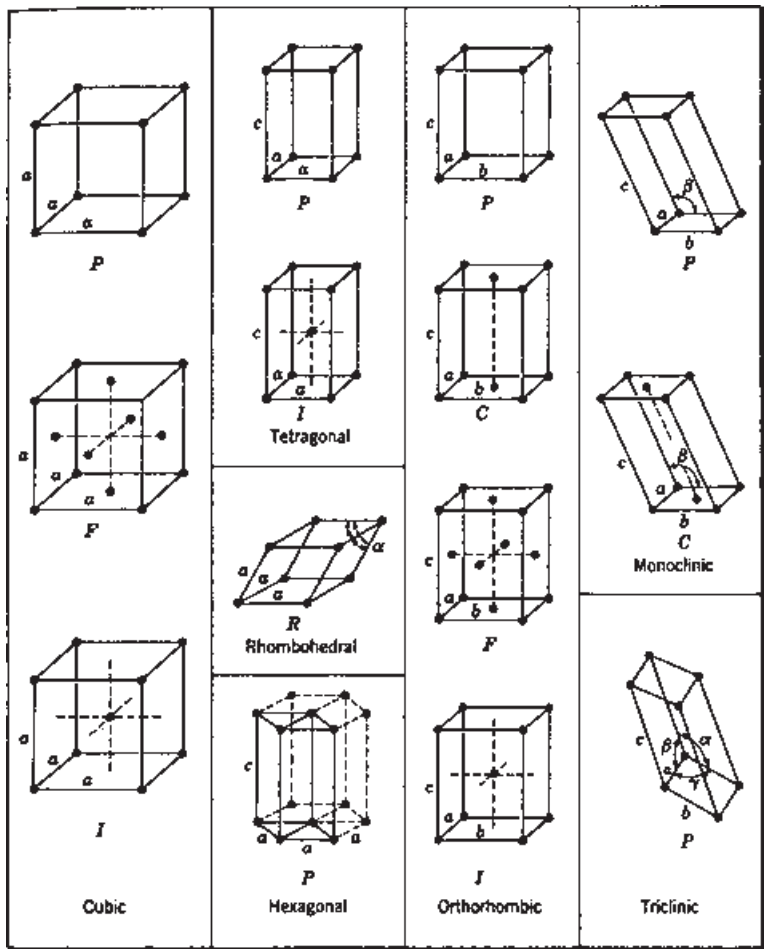
تفاوت‌های اساسی بین مشخصات این هفت سیستم بلوری، اختلاف بین ابعاد سه گانه و زوایای بین این ابعاد است (جدول ۱ــ۲).

**جدول ۱ــ۲ــ سیستم‌های هفتگانه‌ی بلوری**

| سیستم | ارتباط بین محورها (ابعاد) | زاویه‌ی بین محورها |
|---|---|---|
| کوبیک | $a = b = c$ | $\alpha\beta\gamma = ۹۰^\circ$ |
| تتراگونال | $a = b \neq c$ | $\alpha\beta\gamma = ۹۰^\circ$ |
| ارتورومبیک | $a \neq b \neq c$ | $\alpha\beta\gamma = ۹۰^\circ$ |
| تری گونال | $a = b = c$ | $\alpha\beta\gamma \neq ۹۰^\circ$ |
| هگزا گونال | $a = b \neq c$ | $\alpha\beta = ۹۰^\circ$ ، $\gamma \neq ۱۲۰^\circ$ |
| مونوکلینیک | $a \neq b \neq c$ | $\alpha\gamma = ۹۰^\circ \neq \beta$ |
| تری کلینیک | $a \neq b \neq c$ | $\alpha\beta\gamma$ |

همان گونه که در شکل ۲ــ۲ 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 »[1] را تشکیل می‌دهند.




شکل ۲ــ۲ــ شبکه‌ی فضایی براوا [2]

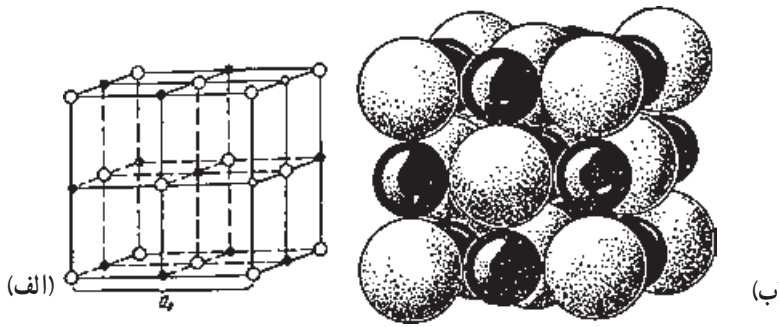
نمک طعام (مینرال هالیت) با فرمول NaCl که ساختار آن از یون‌های سدیم و کلر تشکیل شده است یکی از مثال‌های مشخّص از ساختارکریستالین مکعبّی است (شکل۳ــ۲).

اگر چه تمامی‌بلورهای موجود را می‌توان در هفت سیستم ذکر شده جای داد ولیکن خود این هفت سیستم بر اساس آرایش داخلی به ۳۲ رده‌ی قرینه و ۲۳۰ گروه تقسیم می‌شوند که نتیجه‌ی آن،

۱ــ Brava

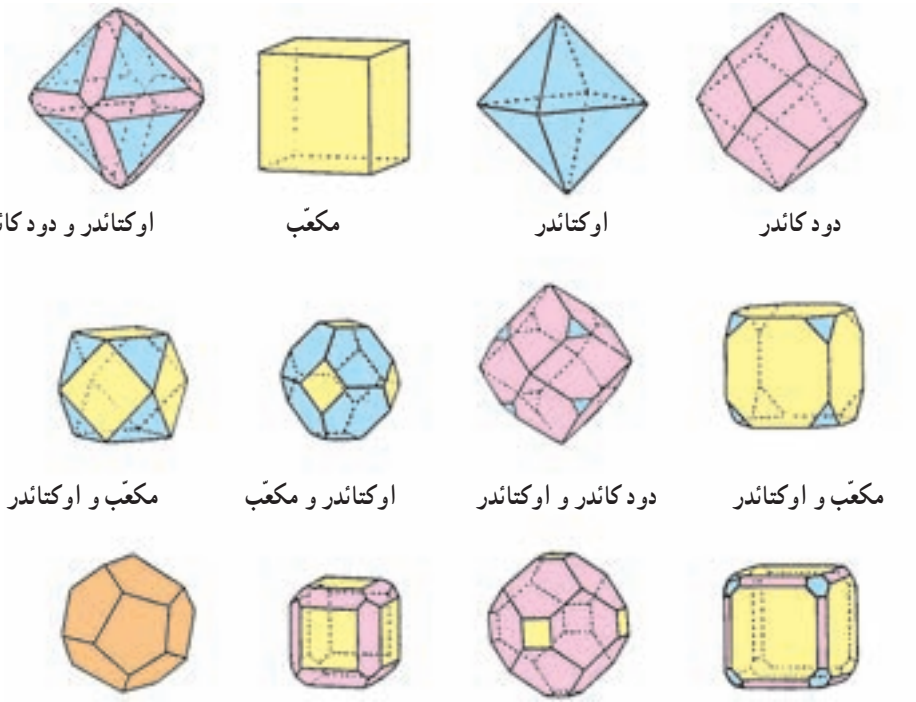
۲ــ Engineering materials By. Jastrzbeski

تشکیل کانی‌هایی با ساختمان بلورین و پیچیده است.




**شکل ۳ــ۲ــ ساختار کریستالی هالیت (نمک طعام)**
**الف ــ نحوه‌ی توزیع مراکز یونی، ب ــ 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 شکل۴ــ۲ نشان‌دهنده‌ی حالت فضایی و هندسی تعدادی از این ساختارهاست. **یادگیری آن‌ها ضرورتی ندارد**



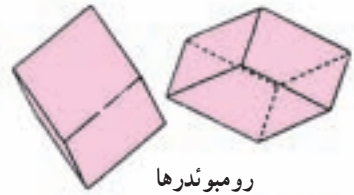
هگزا اوکتائدر

تراپزوئدر

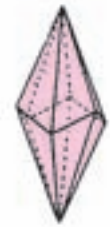
تترائدرهای مثبت و منفی

تترائدر

مکعّب و پیرپتوئدر



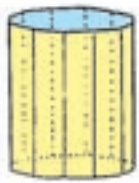
رومبوئدرها



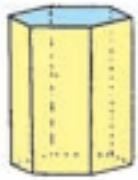
اسکالنوئدر تریگونال

تراپزوئدر تریگونال

بلورهای رومبوئدرال و تریگونال



منشور و قاعده‌ی دی هگزاگونال



منشور و قاعده‌ی هگزاگونال

هرم دی هگزاگونال

هرم هگزاگونال

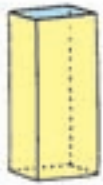
تراپزوئدر هگزاگونال

منشور و هرم هگزاگونال

بلورهای هگزاگونال

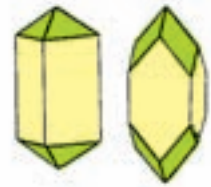
کوآرتز

بریل



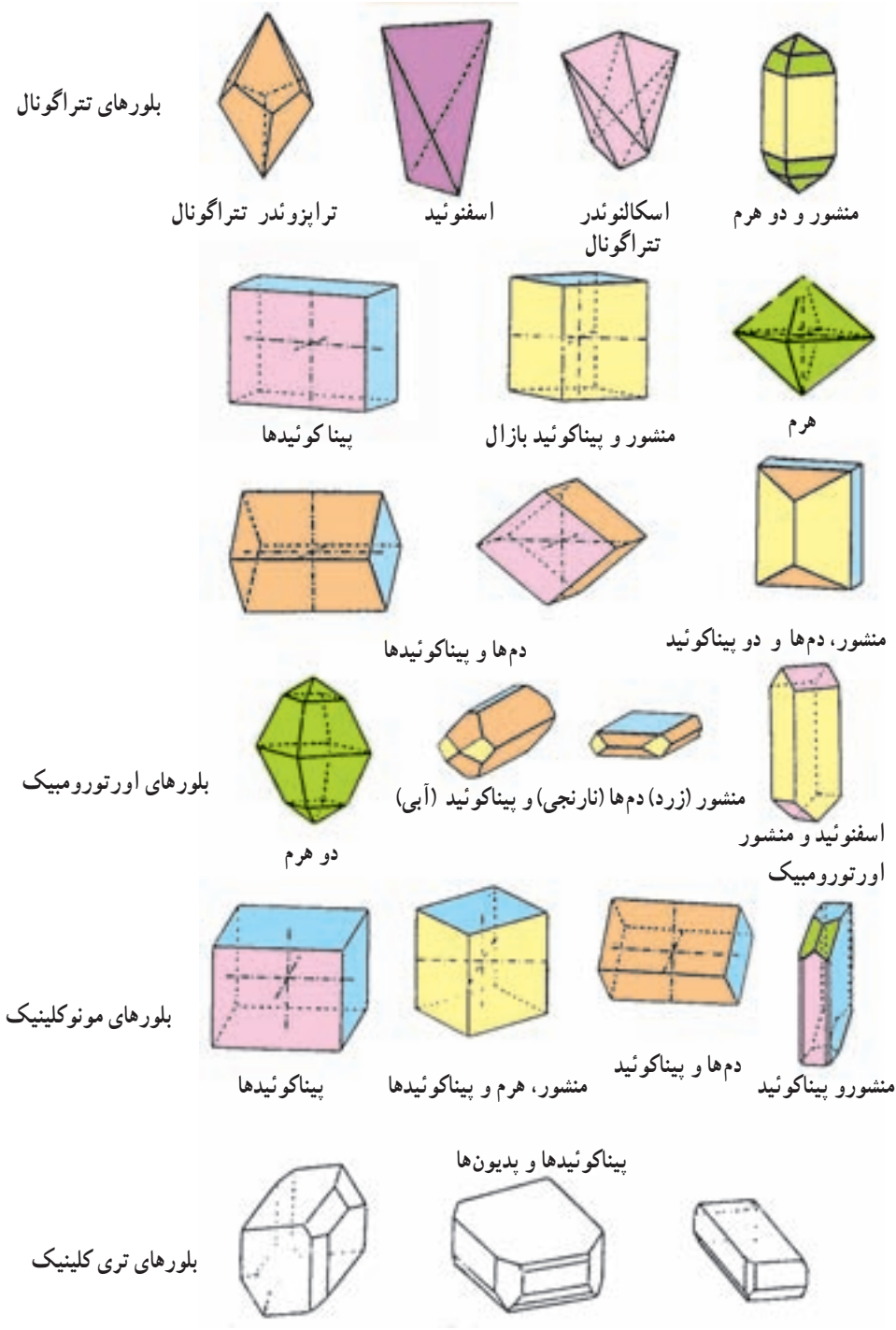
منشور و قاعده‌ی تتراگونال و دی تتراگونال

هرم تتراگونال



منشور و هرم

منشورهای هگزاگونال که به وسیله‌ی رومبوئدرها، تراپزوئدرها و هرم‌ها و تا N تغییر شکل داده شده‌اند.



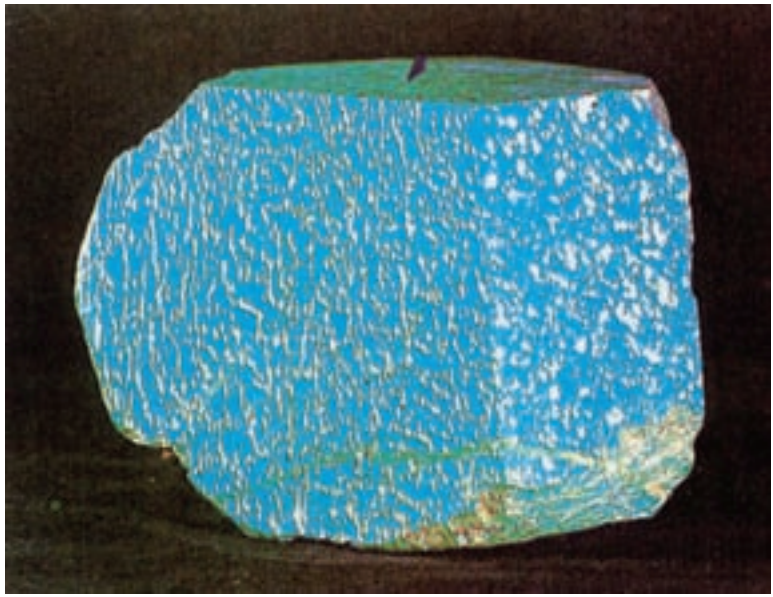

شکل ۴ــ۲ــ نمایش فضایی برخی از ساختاری بلوری

تصاویر ۵ــ۲ تا ۱۱ــ۲ نشان دهنده‌ی برخی کانی‌ها هستند که با وجود پیچیدگی ظاهری و یا احیاناً همراه بودن دو یا چند کانی با هم، همگی ازنظر 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 اَشکال ارائه شده به وضوح مشاهده می‌شود.

**شکل ۵ــ۲ــ کانی رودونیت( Rhodonite) با فرمول شیمیایی $CaMn_4[Si_5O_{15}]$ با ساختار تری کلینیک همراه با رگه‌های سیاهرنگ هیدروکسید منگنز.**

شکل ۶ــ۲ــ کانی لازوریت (lazurite) به فرمول شیمیایی
$[SO_4]_2[AlSiO_4]_6Na_8$ و با ساختار بلوری مکعبی

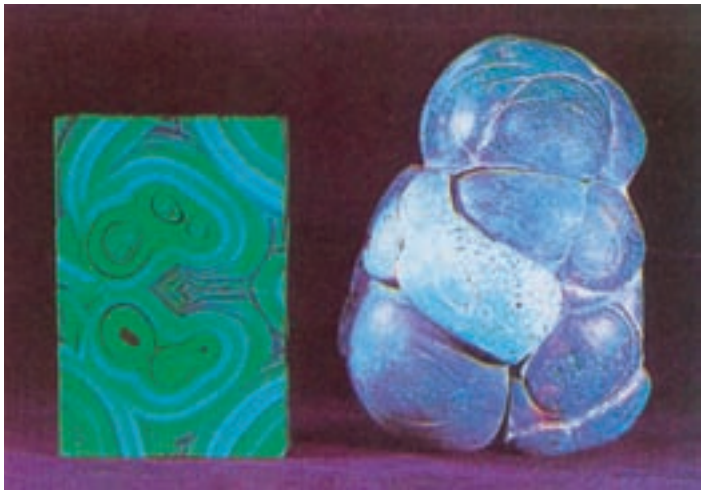
شکل ۷ــ۲ــ کانی لابرادوریت (Labradorite) گونه‌ای از انواع بازی و یا خنثی پلاژیوکلازها



شکل ۸ــ۲ــ کانی آمازونیت (Amazonite) گونه‌ای قیمتی از خانواده‌ی میکروکلاین‌ها

شکل ۹ــ۲ــ توپاز آبی و قهوه‌ای کمرنگ (Topaz) به فرمول شیمیایی
$Al_2[SiO_4](F,OH)_2$ و ساختار کریستالین اورتورومبیک

شکل ۱۰ــ ۲ــ انواع مختلف بریل (Beryl) با رنگ‌های گوناگون با
فرمول شیمیایی $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$ و ساختار کریستالین هگزاگونال



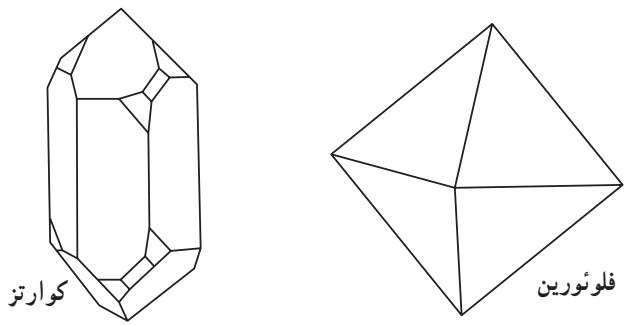
شکل ۱۱ــ۲ــ کانی مالاخیت (Malachite) و نمونه‌ی پوشش شده آن به
فرمول شیمیایی $Cu_2[CO_3](OH)_2$ و ساختار کریستالین فنوکلینیک

## ۳ــ۲ــ خواص کانی‌ها

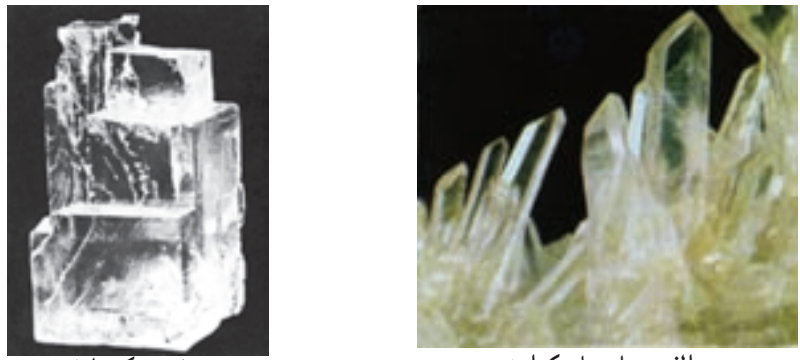
کانی‌های موجود در طبیعت از هر خانواده و با هر شکل و ساختاری که باشند، همگی خواصی را از خود نشان می‌دهند که شناخت ساده‌تر آن‌ها را برای ما میسّر می‌سازد. با تعیین این خواص که در ادامه‌ی این فصل با آن‌ها آشنا خواهیم شد، ضمن آن که هویّت یک کانی را به طور تقریبی و نسبی

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

**۱ــ۳ــ۲ــ شکل بلور:** نحوه‌ی چیده شدن اتمی‌در 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 منظّم 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 ازاین مورد است (شکل‌های ۱۲ــ۲ و ۱۳ــ۲).




**شکل ۱۲ــ۲ــ مقایسه‌ی شکل بلورهای ساده و پیچیده**



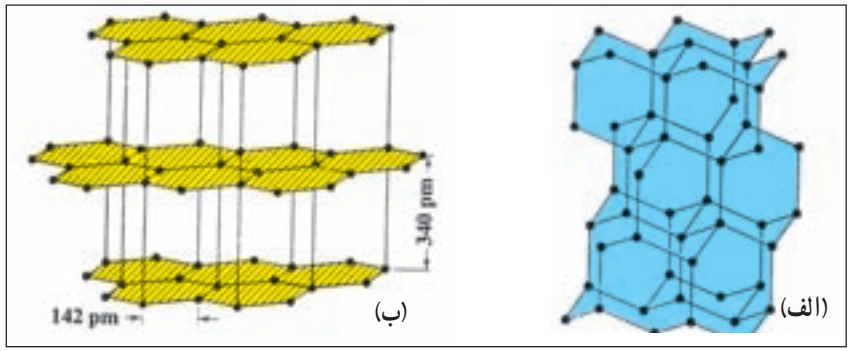
**الف ــ بلورهای کوارتز**

**ب ــ بلور نمک طعام**

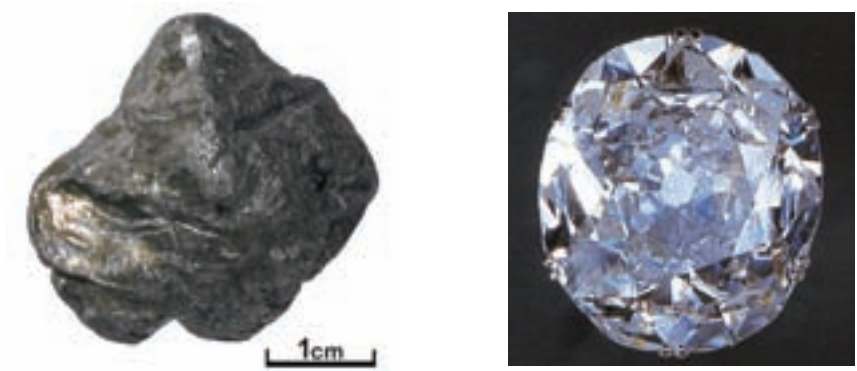
**شکل ۱۳ــ۲**

شکل یک بلور که ناشی از طرز چیده‌شدن اتم‌ها در آن است، در بسیاری از موارد، تأثیر زیادی بر روی خواصّ آن دارد. مثال بارز مقایسه بین دو کانی گرافیت و الماس است. عنصر اصلی تشکیل‌دهنده‌ی هردوی این مواد، کربن است. ولی خواصّ کاملاً متضاد این دو مادّه که ازطرز متفاوت چیده‌شدن اتم‌های کربن ناشی شده است یکی از شگفتی‌های طبیعت به‌شمار می‌رود.

گرافیت مادّه‌ای سیاهرنگ، نرم(با سختی ۲ــ۱ براساس جدول موهس)، انعطاف‌ناپذیر، تیره با بلورهای منشوری‌شکل و وزن مخصوص $2/2 g/cm^3$ است. هدایت بسیار خوب الکتریکی از دیگر مشخّصات این مادّه است. در عوض الماس که دراثر فشارها و دماهای بالا در طبیعت به‌وجود می‌آید مادّه‌ای است شفّاف، بسیار سخت (با سختی ۱۰ در مقیاس موهس) و شکننده با بلورهای مکعبی شکل که وزن مخصوص آن $3/5 g/cm^3$ می‌باشد. تفاوت‌های ساختاری و طرز چیده‌شدن اتمی‌در این دو مادّه می‌تواند تا حدّ زیادی، دلایل این همه تفاوت را توجیه نماید (شکل ۱۴ــ۲ و ۱۵ــ۲).




شکل ۱۴ــ۲ــ آرایش اتمی‌در الماس (الف) و گرافیت(ب)

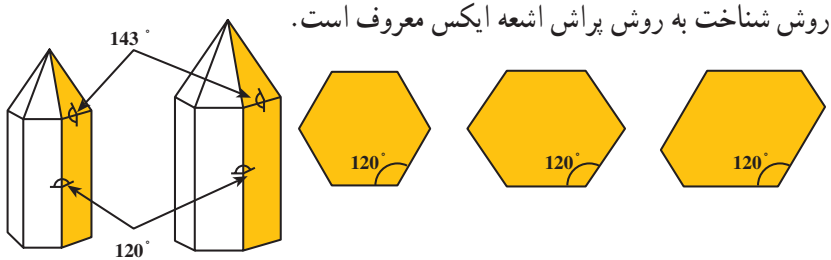



شکل ۱۵ــ۲ــ (الف) ــ تصویر الماس (ب) تصویر گرانیت

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 توسّط روش‌های نوین، هموار ساخت.

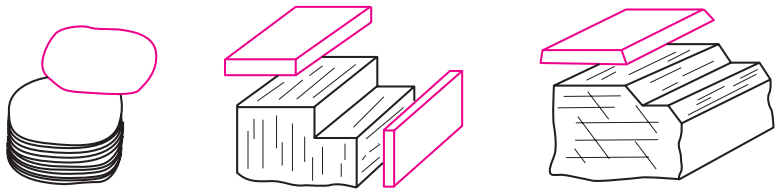
فاصله‌ی بین صفحات تشکیل‌دهنده ی یک بلور و زوایای موجود بین این صفحات از مشخصاتی

است که خاصّ هر مینرال می‌باشد (شکل ۱۶ــ۲). از روی الگوهای به‌دست‌آمده از برخورد اشعه‌ی ایکس با سطوح مختلف بلورهای یک کانی می‌توان به‌راحتی آن کانی را از دیگر کانی‌ها تشخیص داد که این روش شناخت به روش پراش اشعه ایکس معروف است.

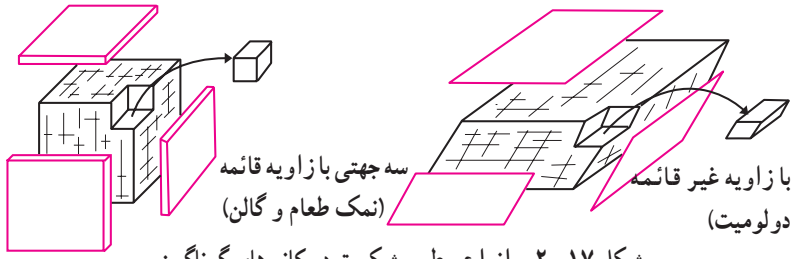



**شکل ۱۶ــ۲ــ بلورهای کانی کوارتز اگرچه ممکن است دارای ظاهری متفاوت باشند، امّا زوایای میان سطوح آن‌ها همواره ثابت و یکسان است.**

**۲ــ۳ــ۲ــ رخ (کلیواژ):** در صورتی که به یک بلور مانند بلور نمک طعام ضربه‌ای شدید مانند ضربه یک چکش وارد نماییم بوضوح مشاهده می‌کنیم که این کانی دربرخی جهات ترجیحی به راحتی شکسته ولی در جهات دیگر شکست به آسانی انجام نمی‌پذیرد بلکه پس از خرد شدن، بی‌نظمی‌قطعه 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 معیّن (که معمولاً موازی با رویه های بلور است) بستگی به ساختمان داخلی و اتمی‌یک بلور دارد (شکل ۱۷ــ۲). در واقع مساوی نبودن قدرت پیوند بین اتم‌ها در جهات مختلف سبب تمایل به شکست کانی در جهاتی می‌شود 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)



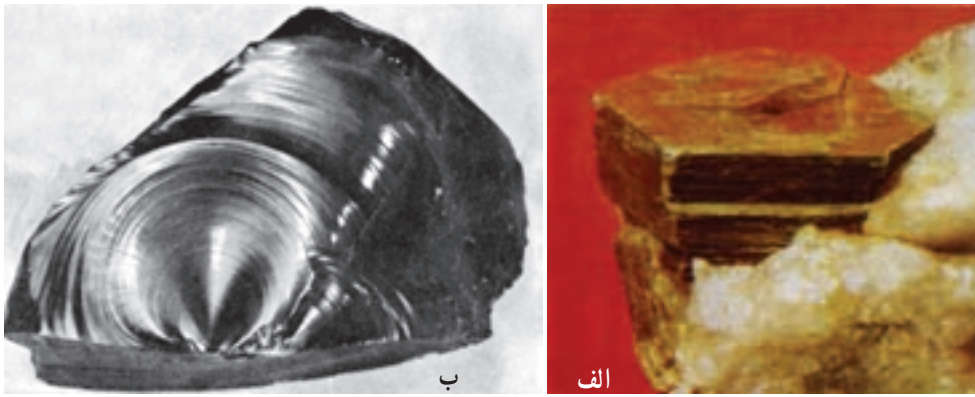
سه جهتی با زاویه قائمه (نمک طعام و گالن)　سه جهتی با زاویه غیر قائمه (کلسیت و دولومیت)

**شکل ۱۷ــ۲ــ انواع سطوح شکست در کانی‌های گوناگون**

به عنوان مثال کانی میکا که تنها در یک جهت دارای سطح شکست (رَخ) می‌باشد به دلیل سست بودن پیوند بین اتم‌ها در جهت عمود برسطح رویه و قوی بودن آن‌ها در امتداد موازی با سطح رویه است.

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

نوع پیوندها در برخی از کانی‌ها مانند کوارتز به گونه‌ای است که در همه‌ی جهات از استحکام زیادی برخوردار است، لذا چنین کانی‌هایی در جهات مشخّص نمی‌شکنند و ضربه‌ی وارد به آن‌ها سبب خرد شدن تمام قطعه می‌گردد. برخی کانی‌ها مانند اوپسیدین نیز با آن که دارای شکستی نامنظّم هستند ولی اَشکالی خاص را به وجود می‌آورند که به آن‌ها شکست صدفی می‌گویند (شکل ۱۸ــ۲).




**شکل ۱۸ــ۲ــ مقایسه تورّق در بلور میکا (الف) و شکست صدفی در کانی اوپسیدین (ب)**

**۳ــ۳ــ۲ــ رنگ** :رنگ یکی از مشخصات تمیز دهنده‌ی کانی‌هاست و می‌تواند جهت تعیین هویّت اوّلیّه آن‌ها مؤثر باشد. برخی از کانی‌ها مانند سولفورها و نمک‌های آن‌ها همیشه یک رنگ دارند. رنگ‌های ظاهری اکثر کانی‌های شناخته شده به دلایل زیر است :

۱ــ حضور کانی‌های دیگر

۲ــ ناخالصی‌های موجود

۳ــ عیوب ساختمانی

۴ــ آلودگی

۵ــ خوردگی

۶ــ هوازدگی

برای مشاهده رنگ واقعی رنگ را باید همیشه در سطحی که تازه شکسته شده مشاهده کرد.

در جدول ۴ــ۲ 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 ۲ــ۲ــ تعدادی از کانی‌ها که دارای رنگ ثابت و مشخص هستند.**

| رنگ | نام کانی | فرمول شیمیایی |
|---|---|---|
| بنفش | آمتسیت | $SiO_2$ |
| آبی | آزوریت | $Cu_3[CO_3]_2[OH]_2$ |
| سبز | مالاخیت | $Cu_2[CO_3]_2[OH]_2$ |
| زرد | اوری‌پیگمنت | $As_2S_3$ |
| نارنجی | کروکویت | $PbCrO_4$ |
| قرمز | سینابر (پودرشده) | $HgS$ |
| قهوه‌ای | لیمونیت متخلخل | $HFeO_2.nH_2O$ |
| زرد ــ قهوه‌ای | لیمونیت (اخرا) | $HFeO_2.nH_2O$ |
| سفید قلع | آرسنوپیریت | $FeAsS$ |
| خاکستری سربی | مولیبدنیت | $MOS_2$ |
| خاکستری فولادی | تتراهدریت | $Bi_2Te_2S$ |
| سیاه‌آهن | مگنتیت | $FeO.Fe_2O_3$ |
| آبی نیلی | کوولیت | $CuS$ |
| قرمز مس | مس طبیعی | $Cu$ |
| زرد برنجی | کالکوپیریت | $CuFeS_2$ |
| طلای متالیک | طلا | $Au$ |

**۴ــ۳ــ۲ــ رنگ خاکه (خطّ 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 خطّ‌اثر 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 خطّی موسوم به خطّ اثر[۱] 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.

اوّل به نظر می‌رسد که رنگ خطّ اثر 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 خطّ اثر آن قهوه‌ای مایل به قرمز است و یا پیریت($FeS_2$) دارای رنگ زرد برنجی است در حالی که خطّ اثر آن سیاه می‌باشد. مشابه بودن رنگ کانی پیریت با طلا، در بسیاری از موارد بخصوص درایام گذشته سبب می‌شده تا جویندگان طلا آن را با طلا اشتباه کنند در حالی که با آگاهی از رنگ خطّ‌اثر این کانی، می‌شود از این اشتباه جلوگیری به عمل آورد.

از آن جایی که خط اثر 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 مادّه 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 ــ قهوه‌ای وجود دارد.

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

**۵ــ۳ــ۲ــ جلا** : جلای یک ماده، جلوه و درخشندگی سطح آن است. به عبارتی توانایی یک کانی در انعکاس، تفرّق ویا جذب نور پدید آورنده جلای آن است. در بسیاری از موارد شناسایی یک کانی‌از 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 نورنفوذ می‌کند و همچنین وجود عیوب سطحی و داخلی مانند ترک‌های موبین، 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

---

۱ــ Streak

این ضریب با R نشان داده شود :

$$R = \left[\frac{n-1}{n+1}\right]^2$$

که n برابراست با متوسط ضریب شکست نور توسّط کانی در مقایسه با هوا (ضریب شکست هوا برابر با ۱ است). برای توصیف جلای کانی‌ها از عباراتی مانند : فلزی، شیشه‌ای، چرب، ابریشمی‌و... استفاده می‌کنند که گویای حالت ظاهری و جلای سطحی ماده است (جدول ۳ــ۲).

**جدول ۳ــ۲ــ انواع گوناگون جلا و مشخصات ظاهری آن‌ها**

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

**۶ــ۳ــ۲ــ کدر بودن :** کانی‌های شفّاف و یا نیمه شفّاف تاحدّی نور را از خود عبور می‌دهند. به گونه‌ای که در مورد کانی‌های شفّاف حتّی 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 توجّه داشت که میزان کدر بودن یک کانی بستگی به ساختار بلورین و نحوه‌ی توزیع و آرایش اتم‌ها در آن دارد.

**۷ــ۳ــ۲ــ وزن مخصوص :** تعریف ساده‌ی وزن مخصوص عبارت است از وزن واحد حجم یک ماده. پس به نظر می‌رسد که با وزن کردن یک سانتی‌متر 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 واقعیّت دور می‌سازند. این وضع حتّی 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)

**۸ــ۳ــ۲ــ سختی :** ملاک میزان سختی یک کانی، در واقع میزان مقاومت آن در برابر خراش است. به عنوان مثال یک بلورکلسیت 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 هیچ گونه اثری از خود به جای نمی‌گذارد. در واقع سختی مقاومت یک ماده در برابر نیروی مکانیکی اِعمال 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 تورّق 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 **۴ــ۲**). در این جدول اساس ۱۰ کانی مشخص با سختی‌های گوناگون است که از کانی الماس تا کانی تالک بر روی یکدیگر خراش ایجاد می‌کند.

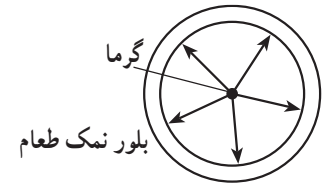
به عنوان مثال، یک کانی که توسط کوارتز با سختی۷، خراش برمی‌دارد ولی با ارتوکلاز خراشیده نمی‌شود، دارای سختی بین ۶ و ۷ است.

**۹ــ۳ــ۲ــ ایزوتروپی همسانگردی و آنیزوتروپی ناهمسانگردی:** مواد ایزوتروپ موادی هستند که خواص فیزیکی در آن‌ها در تمامی‌جهات یکسان است. به عنوان مثال، در صورتی‌که رسانایی الکتریکی در چنین ماده‌ای در یک جهت اندازه‌گیری شود، با اندازه‌گیری این کمیّت، در جهتی عمود بر جهت پیشین نیز همان جواب به‌دست می‌آید. کانی‌هایی که سطح کریستالین ندارند (آمورُف) و یا آن که در صورت بلوری بودن از ساختار مکعبی پیروی می‌کنند، موادی ایزوتروپ می‌باشند. بنابراین در صورتی که ماده‌ای چنین خاصیّتی را نداشته باشد (تمامی‌حالت‌های بلوری غیر از مکعبی) دارای خاصیت آنیزوتروپی است.

**جدول ۴ــ۲ــ درجه‌ی سختی کانی‌ها براساس مقیاس موهس**

| نام کانی | درجه‌ی سختی | اشیای معمولی | فرمول شیمیایی |
|---|---|---|---|
| تالک | ۱ | چوب کبریت | $۳Mgo.۴SiO_۲.H_۲o$ |
| ژیپس | ۲ | | $CaSO_۴.۲H_۲O$ |
| | | ناخن، سکه مسی | |
| کلسیت | ۳ | | $CaCO_۳$ |
| فلورین | ۴ | | $CaF_۲$ |
| آپاتیت | ۵ | | $Ca_۵F(PŒO_۴)_۳$ |
| | | تیغه‌ی چاقو، شیشه | |
| ارتوکلاز | ۶ | | $K_۲O.Al_۲O_۳.۶SiO_۲$ |
| | | ابزار فولادی | |
| کوارتز | ۷ | | $SiO_۲$ |
| توپاز | ۸ | | $Al_۲(FOH)_۳SiO_۴$ |
| کوراندوم | ۹ | | $Al_۲O_۳$ |
| الماس | ۱۰ | | C |
| نیترید بور | | | BN |

رسانایی الکتریکی، رسانایی حرارتی، انبساط حرارتی، خاصیّت پیزو الکتریسیته و پیروالکتریسیته، شکست نور و حتی برخی خواص مکانیکی یک ماده، تمامی‌تحت تأثیر ساختار ایزوتروپیک و یا آنیزوتروپیک آن هستند. در صورتی‌که 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 اتمی‌در جهات مختلف، بار اتمی‌و... از عوامل به‌وجودآورنده‌ی این دو خاصیّت می‌باشند.



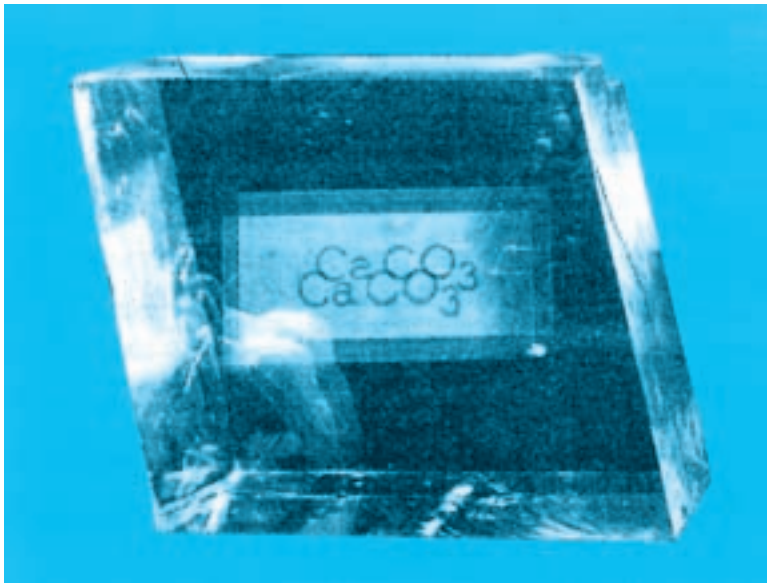
الف ــ مثال مواد ایزوتروپ

ب ــ مثال مواد انیزوتروپ

شکل ۱۹ــ۲

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 پدیده ها، شکست مضاعف نور در کانی کلسیت ($CaCO_3$) است که آن نیز مرتبط با ساختار بلورین آنیزوتروپ این ماده می‌باشد (شکل ۲۰ــ۲).




**شکل ۲۰ــ۲ــ پدیده شکست مضاعف نور درکانی شفاف کلسیت**

**۲ــ۳ــ۱۰ــ مشاهده با میکروسکوپ پلاریزان** :رفتار موادی که از نظر الکترونی، قطبی باشند (پلاریزه = قطبیده) در مقابل نور پلاریزه[1]، 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.

کوارتز از کانی‌های مشخص است که به دلیل ساختار انیزوتروپ خود، علاوه بر به وجود

---

۱ــ قطبی شده

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

**۱۱ــ۳ــ۲ــ خواص دیگر** : پاره‌ای از خواص دیگر را می‌توان در مورد کانی‌ها مطرح نمود، اگر چه حالت کلّی 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 :

**ــ 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.

**تذکر:** توجه داشته باشید که اگر چه نمک‌های محلول در آب سمّی نیستند اما تا حدّ امکان باید از مزه کردن آن‌ها خودداری نمود.

**ــ قابلیّت حلّ شدن در اسیدها** : پاره‌ای از کانی‌ها، بخصوص کربنات‌ها به‌شدت 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 حلّ نمی‌شوند. اما این فرایند باعث تغییر رنگ آن‌ها می‌شود. کانی‌های دیگر، کمتر در اسیدها حلّ می‌شوند. مسلم است که نوع، غلظت و دمای اسید تأثیر زیادی بر روی میزان حلالیّت آن‌ها دارد. کانی‌هایی که جزءِ اصلی تشکیل دهنده‌ی آن‌ها سیلیس می‌باشد (سیلیکات‌ها) در فلوئوریدریک اسید(HF) حل می‌شود.

در هنگام کار با این اسید باید شدیداً موارد ایمنی را رعایت نمود زیرا خطرناک است.

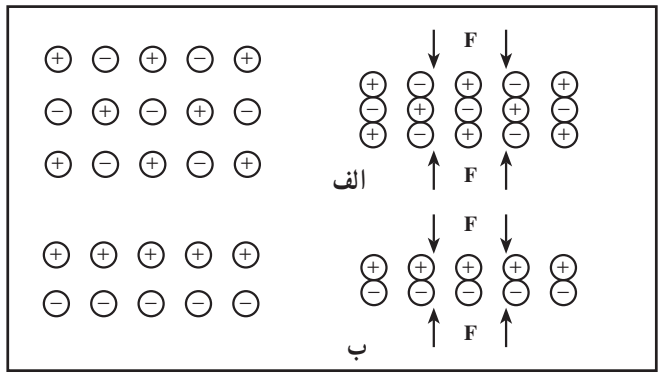
**ــ خاصیّت مغناطیسی:** از آن جایی که تعداد کمی‌از کانی‌ها دارای آثار مغناطیسی هستند، این خاصیّت می‌تواند ملاک بسیارارزشمندی در شناسایی برخی از آن‌ها باشد. گونه‌های مختلف پیروتیت کم‌گوگرد اگر چه خود مغناطیسی نیستند اما با آهنربا جذب می‌گردند. پاره‌ای ازکانی‌ها خود دارای آثار مغناطیسی قوی هستند و قطعات آهن را جذب می‌کنند. مانند مگنتیت، منیتیت ($Fe_3O_4$)، پیروتیت ($Fe_{1-x}S$) و ایلمینت($FeTiO_3$).

پاره‌ای از مواد نیز با آهنربا دفع می‌گردند که کانی‌های بیسموت بدین صورت می‌باشند.

**ــ خاصیّت 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(شکل۲۲ــ۲). به عکس نیز هنگامی‌که تحت اثر جریان الکتریسیته قرار گیرند وقطبی 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 خاصیّتی 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 ۲۱ــ۲ــ تورمالین**




**شکل ۲۲ــ۲ــ الف ــ بلوردارای مراکز تقارن است لذا در اثر فشار قطبی نمی‌شود**
**ب ــ بلور نامتقارن و پدیده پیزوالکتریک**

ــ **خاصیّت پیروالکتریسیته** : آن‌دسته 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).

ــ **تغییر شفافیّت در اثر گرما:** گرما، شفافیّت کانی‌های آبداری مانند ژیپس را از بین می‌برد. اگرشعله کبریت را به ورقه های این کانی نزدیک کنیم کدِر می‌شود. لذا بدین وسیله می‌توان این ماده را از میکای سفید (طلق نسوز) که در اثر حرارت هیچ گونه تغییر رنگی حاصل نمی‌کند، تشخیص داد. اگر شعله کبریت را به کانی شفاف آبداری مانند ژیپس نزدیک کنیم به‌دلیل تجزیه و از دست دادن آب سطحی کدر می‌شود.

ــ **خاصیت رادیواکتیویته** : آن دسته از کانی‌هایی که دارای خاصیت پر توزایی می‌باشند را مواد رادیواکتیویته می‌گویند. عناصر اصلی تشکیل‌دهنده این کانی‌ها که بوجود آورنده‌ی این پدیده‌ی اتمی‌هستند، عناصر سنگین مانند اورانیوم، توریوم، 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.

ــ 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.

## خود آزمایی

۱ ــ تعدادی از کانی‌های موجود در محیط اطرافتان را نام ببرید.

۲ــ تفاوت کانی، سنگ و خاک در چیست؟ آیا می‌توانید تعدادی از سنگ‌های معروف و کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها را نام ببرید.

۳ــ هفت ساختار اصلی بلورها را نام برده، مشخصات اصلی هر یک را بیان نمایید.

۴ــ مثالی از کانی‌ها که دارای ساختار مکعبّی باشد نام ببرید. برای ساختار هگزاگونال نیز موردی را بیان کنید.

۵ــ رنگ‌های ظاهری اغلب کانی‌ها به چه دلایلی ایجاد شده‌اند؟

۶ــ خاصیت پیزو الکتریسیته را تعریف کرده و چند نمونه از مواد پیزوالکتریک را نام ببرید.

۷ــ دلیل تغییر شفافیت برخی از کانی‌ها در اثر گرما چیست؟

۸ــ روش ساده‌ی تشخیص مواد رادیواکتیو چیست؟

۹ــ چند مثال از مواد دارای آثار مغناطیسی قوی را نام ببرید.