

زمین شناسی مهندسی

فصل دوم: کانی ها

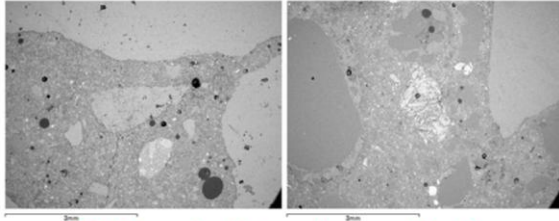
مقدمه

- کانی (Mineral) از نظر فیزیکی و شیمیایی جسمی است طبیعی، همگن، معدنی با فرمول شیمیایی معین، سیستم تبلور و ویژگی‌های فیزیکی مشخص که سازنده زمین می‌باشد.
- سنگ‌ها از اجتماع کانی‌ها تشکیل شده و به ندرت از یک کانی ساخته می‌شوند.
- زغال سنگ و نفت دارای ترکیب ناهمگن بوده، جزء مواد آلی بوده و کانی محسوب نمی‌شوند.
- مواد مصنوعی مانند فولاد و پلاستیک نیز کانی نیستند.
- کانی‌های دارای ارزش اقتصادی، کانه (Ore mineral) نامیده می‌شوند.
- سنگ‌های دارای کانی‌های قابل استفاده در صنعت، سنگ معدن نامیده می‌شوند.

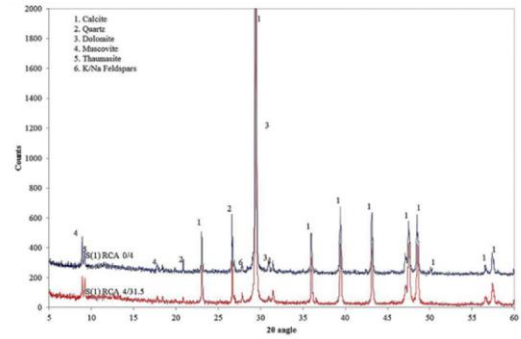
شناسایی کانی ها (کانی شناسی: mineralogy)

- برای شناسایی کانی ها از روش های مختلفی مانند شناخت سیستم تبلور، تعیین ترکیب شیمیایی، بررسی ویژگی های فیزیکی و مطالعه ویژگی های نوری کانی ها استفاده می شود.
- مطالعه و بررسی کانی ها در مقیاس میکروسکوپی (نمونه دستی) و میکروسکوپی و با استفاده از مطالعه ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آنها امکان پذیر است.
- مطالعه کانی ها در مقیاس میکروسکوپی بیشتر بر ویژگی های فیزیکی کانی ها متکی است.
- مطالعه میکروسکوپی کانی ها بر ویژگی های نوری آنها استوار است.
- مطالعه ترکیب شیمیایی کانی ها به وسیله تجزیه مرطوب یا استفاده از وسیله هایی مانند الکترون میکروپروب و اسپکترومتری امکان پذیر است.

شناسایی کانی ها (کانی شناسی: mineralogy)

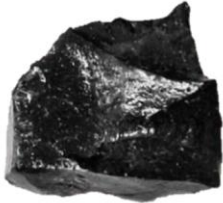


SEM (scanning electron microscopy) Results



X-ray Powder Diffraction (XRD) Results

کانی ها و شبه کانی ها

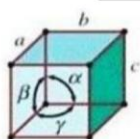


- اتم‌های عنصرهای مختلف برای رسیدن به حالت پایدار با یکدیگر پیوند حاصل کرده و در نتیجه کانی‌های متفاوت به وجود می‌آیند.
- بر اساس نوع پیوند و موقعیت عنصرها، اتم‌ها آرایش ویژه و در نتیجه کانی‌ها شکل خارجی معین پیدا می‌کنند.
- در طبیعت تعداد محدودی از ترکیب‌ها فاقد این آرایش هستند. این ترکیب‌های بی‌شکل مانند اُپسیدیان (Obsidian)، شبه کانی (Mineraloid) نامیده می‌شوند.
(جستجو کنید!!)

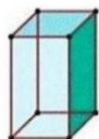
بلورها و شبکه های فضایی آنها

- قرار گرفتن اتمها در مجاورت یکدیگر و در سه جهت فضایی شبکه ای را به وجود می آورد که آن را شبکه فضایی (Space lattice) می نامند.
- در شبکه فضایی هر بلور، فاصله بین اتمها و زاویه بین اتمها در جهت های معین ثابت است.
- لذا برای اندازه گیری زاویه ها و ابعاد هر شبکه، کوچک ترین واحد آن را به عنوان نماینده شبکه انتخاب نموده و آن را سلول اولیه (Unit cell) یا شکل ابتدایی بلور نامیده می شود.
- بر اساس آنکه فاصله های بین اتمها و زاویه های بین سطح هایی که اتمها در آنها قرار گرفته اند با هم مساوی باشد یا مساوی نباشد، حالت های گوناگونی به وجود می آید.

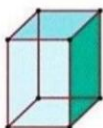
بلورها و شبکه های فضایی آنها



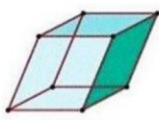
Simple cubic
 $a = b = c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



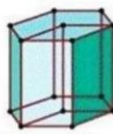
Tetragonal
 $a = b \neq c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



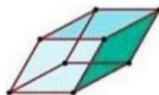
Orthorhombic
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



Triclinic
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$



Hexagonal
 $a = b \neq c$
 $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$



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

سیستم **تریگونال (Trigonal)** یا **رومبوئدریک (Rhombohedral)**

سیستم **هگزاگونال (Hexagonal)**

سیستم **تری کلینیک (Triclinic)**

سیستم **مونو کلینیک (Monoclinic)**

سیستم **ارتورومبیک (Orthorhombic)** یا **رومبیک (Rhombic)**

سیستم **تراگونال (Tetragonal)** یا **کوآدراتیک (Quadratic)**

سیستم **مکعبی (Cubic or Isometric)**

در نتیجه هفت سیستم تبلور به نام سیستم های بلورشناسی تشکیل می شود.

ویژگی های فیزیکی کانی ها

- ویژگی های فیزیکی شامل شکل بلور، رخ یا کلیواژ، سطح جدایش، شکستگی، سختی، چگالی، جلا، رنگ، ویژگی های الکتریکی، مغناطیسی و غیره می باشد.
- اغلب کانی ها دارای شکل هندسی هستند و با اندازه گیری زاویه های بین سطح های آن می توان شکل بلورین و سیستم تبلور آنها را به دست آورد.



Quartz
Malachite

Quartz
Pyrite

Quartz
Olivine

Quartz
Limonite

ویژگی های فیزیکی کانی ها (رخ و سطح جدایش)



- اگر یک کانی در امتداد سطح یا سطح های معینی تحت اثر ضربه شکسته شود، آن سطح یا سطوح، رخ یا کلیواژ هستند.
- بعضی از کانی ها مانند میکاها رخ کامل دارند یعنی به آسانی در جهت سطح رخ شکسته می شوند. برخی از کانی ها یک سری یا دو سری رخ دارند.
- موقعی که یک کانی در امتداد سطح های ساختاری سست بشکند، دارای سطح جدایش است.
- این سستی ممکن است نتیجه فشار یا اجتماع بلورها باشد.
- این جداشدگی، موازی با جهت های بلورشناسی است و شبیه به کلیواژ می باشد.

ویژگی های فیزیکی کانی ها (سطح شکست)

- اگر کانی در جهتی غیر از جهت رخ یا سطح جدایش شکسته شود، به آن سطح شکست می گویند.

- انواع سطح شکست:

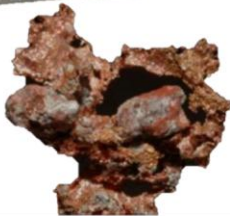
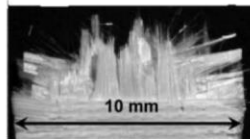
○ سطح شکست صدفی (Conchoidal surface):

○ سطح شکست رشته ای (Fibrous):

○ سطح شکست تیز (Hacky):

○ سطح شکست صاف (Even):

○ سطح شکست ناصاف یا نامنظم (Uneven or Irregular):



ویژگی های فیزیکی کانی ها (جدایش یا شکست)



ویژگی های فیزیکی کانی ها (سختی)

- سختی، مقاومت سطح کانی نسبت به خراش، سایش و ضربه است.
- سختی مانند سایر ویژگی های فیزیکی، بستگی به ساختار بلور دارد؛ یعنی هر قدر نیروی بین اتم ها قوی تر باشد، سختی کانی زیادتر است.
- سختی کانی ها را به طور معمول نسبت به هم یا به وسیله چاقو (سختی ۵)، سکه (سختی ۳)، ناخن (سختی ۲/۵)، شیشه (سختی ۵/۵) و غیره مشخص می کنند.
- ده کانی زیر بر اساس افزایش سختی مرتب شده و به نام مقیاس سختی موس (Mohs hardness) معروف هستند.
- در این مقیاس، هر کانی به وسیله کانی سخت تر از خود خط بر می دارد و بر کانی نرم تر از خود، خط می اندازد.

ویژگی های فیزیکی کانی ها (سختی)

نمبر	ساختی مقیاس (Risswal)	ساختی مقیاس (Sclerometer)	ساختی مقیاس (Mohs)	نمبر	ساختی مقیاس (Risswal)	ساختی مقیاس (Sclerometer)	ساختی مقیاس (Mohs)
	۳۷	۷۲	۶	۱	۰-۰.۳	۱	۱
	۱۴۰	۱۰۰	۷	۲	۱/۲۵	۲	۲
	۱۷۵	۲۰۰	۸	۳	۱/۵	۹	۳
	۱۰۰۰	۱۰۰	۹	۴	۵	۲۱	۴
	۱۴۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰	۵	۶/۵	۴۸	۵

سختی بقیه کانی‌ها را نسبت به این کانی‌ها می‌سنجند.

سختی الماس ۱۱۷۰ برابر کوآرتز و ۱۴۰ برابر
کروندوم

ویژگی های فیزیکی کانی ها (چگالی و وزن ویژه)

- به جرم واحد حجم هر ماده چگالی می گویند.
- وزن ویژه هر کانی نسبت وزن ماده به وزن آب هم حجم آن در دمای ۴ درجه سانتیگراد است.
- وزن ویژه یک ماده متبلور بستگی به نوع و آرایش اتم های سازنده آن دارد.
- هر میزان وزن اتمی عنصرهای سازنده کانی بیشتر باشد، وزن ویژه آن نیز بالاتر است.
- وزن ویژه رابطه مستقیمی با ترکیب شیمیایی کانی ها دارد.
- هر قدر یون های سنگین تر در ترکیب شیمیایی کانی زیاده تر باشد، وزن ویژه کانی نیز بیشتر است.

ویژگی های فیزیکی کانی ها (چگالی و وزن ویژه)

Mineral Compositions	Classification	Density (g/cm ³)
Quartz	/	2.65
Potassium Feldspar	/	2.55~2.63
Plagioclase	/	2.62~2.76
Calcite	/	2.71
Dolomite	/	2.84~2.86
Pyrite	/	4.95~5.10
Analcite	/	2.24~2.29
Clinoptilolite	/	2.15~2.16
Clay Minerals	Kaolinite	2.60~2.63
	Chlorite	2.60~3.30
	Illite	2.60~2.90
	Montmorillonite	1.70~2.00

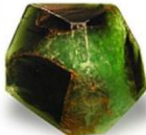
ویژگی های فیزیکی کانی ها (شفافیت)



Transparent



Opaque



Translucent

- هنگامی که نور به جسمی بتابد ممکن است تمام و یا بخشی از آن به وسیله جسم جذب شود.
- اگر مقدار جذب خیلی جزئی باشد، کانی یا جسم مورد نظر شفاف (Transparent) است. در این حالت از پشت آن می توان اشیاء را دید.
- اگر مقدار جذب زیاد باشد، در این حالت کانی از نوع کدر (Opaque) است و نور از آن عبور نمی کند.
- اگر مقدار جذب متوسط باشد، نور از کانی عبور می کند ولی از پشت آن اشیاء دیده نمی شوند. در این حالت، کانی مورد نظر نیمه شفاف است.

ویژگی های فیزیکی کانی ها (جلا)

• ظاهر عمومی سطح یک کانی در مقابل نوری که منعکس می کند را جلا می نامند.

• جلا، ممکن است فلزی یا غیرفلزی باشد.

- جلاي شیشه‌ای مانند کوارتز
- جلاي مرواریدی یا صدفی مانند موسکویت
- جلاي صمغی مانند اسفالریت
- جلاي چرب مانند کوارتز توده‌ای
- جلاي ابریشمی مانند ژپس فیبری و آزبست
- جلاي الماسی مانند الماس
- جلاي خاکی مانند کائولن



resinous, plastic



glassy, vitreous



silky, fibrous



waxy



pearly



metallic

ویژگی های فیزیکی کانی ها (جلا)

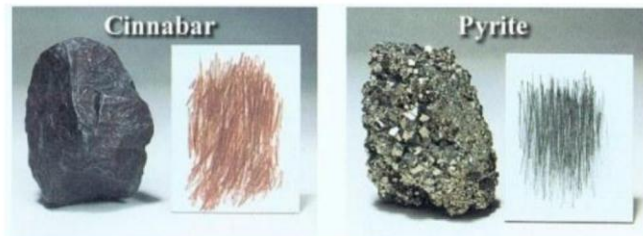


ویژگی های فیزیکی کانی ها (رنگ)

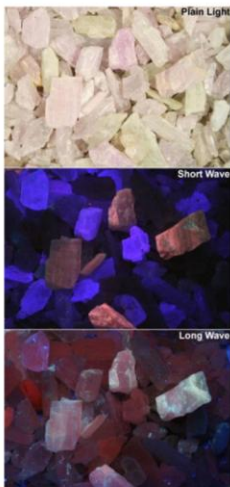
- موقعی که نور سفید به سطح کانی برخورد می کند بخشی از آن منعکس و بخشی منکسر می شود.
- اگر کانی، نور را جذب نکند بی رنگ است.
- اغلب کانی ها رنگی هستند؛ زیرا طول موج های معینی از نور به وسیله کانی جذب می شود و رنگ آن در نتیجه الحاق بقیه طول موج هایی که به چشم می رسد به وجود می آید.
- برخی از کانی ها رنگ ثابت و مشخصی دارند.
- بعضی از کانی ها به علت وجود ناخالصی، رنگ ثابت و مشخصی ندارند.
- بعضی از کانی ها در جهت های گوناگون بلورشناسی، رنگ های متفاوت نشان می دهند.
- برخی از کانی ها در اثر انعکاس و انکسار نور در سطح داخلی و خارجی بلور آثار ویژه ای مانند تالو، تموج، انکسار صدفی شکل و غیره را به وجود می آورند.

ویژگی های فیزیکی کانی ها (رنگ خاکه)

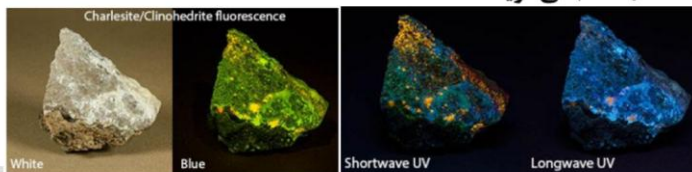
- رنگ خاکه کانی ها، به وسیله سایش آن روی قطعه ای از چینی بی لعاب به دست می آید.
- یک کانی ممکن است رنگ های گوناگونی داشته باشد ولی رنگ خاکه آن همواره ثابت است.



ویژگی های فیزیکی کانی ها (لومینسانس)



- کانی هایی که در حالت عادی طول موج را تغییر داده و نور دیگری از خود خارج می کنند دارای پدیده لومینسانس هستند.
- به کانی هایی که در نور عادی تا ماوراءبنفش و پرتو X و پرتو کاتدی دارای پدیده لومینسانس هستند فلورسانت (Fluorescent) می گویند.
- اگر بعد از قطع نور باز هم ویژگی لومینسانس ادامه پیدا کند به آن فسفورسانس (Phosphorescence) می گویند.



ویژگی های فیزیکی کانی ها (قابلیت ذوب)

- برخی از کانی ها در اثر حرارت ذوب می شوند.
- دمای ذوب هر کانی ثابت است و می تواند در شناسایی آنها کمک کند.
- برخی از کانی ها مانند کلسیت قبل از رسیدن به مرحله ذوب، تجزیه می شوند.
- برخی از کانی ها مانند کربن قبل از رسیدن به مرحله ذوب، تصعید می شوند.
- برخی از کانی ها مانند گوگرد قبل از رسیدن به مرحله ذوب، می سوزند.

ویژگی های فیزیکی کانی ها (هدایت حرارتی)

Minerals	Thermal conductivity W/m/K
Quartz	7.80*
Calcite	3.40*
Dolomite	5.10*
Anhydrite	6.40*
Sedrite	3.00*
Orthoclase	2.30*
k-feldspars	2.30*
Albite	2.30*
Mica	2.30*
Halite	6.50*
Gypsum	3.10*
Kaolinite	2.80*
Chlorite	5.10*
Illite	1.80*
Mixed layer illite/smectite	1.90*
Air	0.03**
Water (20°C)	0.60**
Oil	0.21***
Gas	0.079***

• قابلیت هدایت حرارت در کانی ها متفاوت است.

• کانی هایی که در سیستم کوییک متبلور می شوند، سرعت انتقال حرارت در تمام ابعاد آنها یکسان است.

• در سایر کانی ها سرعت انتقال حرارت در جهات گوناگون متفاوت است.

• در جهاتی از شبکه فضایی که فاصله اتم ها کمتر است، سرعت هدایت حرارت بیشتر است.

• در برخی از بلورها، تغییرات حرارت ممکن است باعث پیدایش بار الکتریکی در دو قطب یک محور شود.

واحد هدایت حرارتی (وات بر متر کلوین)

ویژگی های فیزیکی کانی ها (قابلیت انحلال)

- برخی از کانی ها در آب حل می شوند.
- شدت انحلال بستگی به سردی، گرمی، pH آب و غیره دارد.
- برخی از کانی ها در دمای بالا بهتر حل می شوند.
- برخی از کانی ها در دمای پایین بهتر حل می شوند.
- اثر pH نیز در انحلال کانی ها در آب متفاوت است.
- برخی از کانی ها در محیط اسیدی محلول هستند.
- برخی از کانی ها در محیط قلیایی محلول هستند.
- برخی از کانی ها در محیط خنثی محلول هستند.
- اغلب کانی ها در آب نامحلول هستند.

ویژگی های الکتریکی، مغناطیسی و رادیواکتیویته کانی ها

- در برخی از بلورها اگر فشاری در یک طرف به محور بلور وارد شود، جریانی از الکترون ها به سمت دیگر محور حرکت می کند و قطب منفی را به وجود می آورد و سمتی که به آن فشار وارد شده، قطب مثبت خواهد شد.
- کوآرتز در اثر جریان برق متناوب، مرتعش می شود.
- کانی های حاوی آهن از این گروه هستند.
- از این ویژگی در تبدیل ارتعاش های صوتی به الکتریکی و اندازه گیری فشار استفاده می شود.
- عنصرهای رادیواکتیو پایدار نیستند و با ساطع کردن پرتو به نوع پایدار می رسند.
- پرتو ساطع شده می تواند آلفا، بتا یا گاما باشد.

شناسایی کانی ها با معرف های شیمیایی

- در ساختار اتمی هر کانی، عنصر یا عنصرهایی شرکت دارند که ترکیب کانی شناسی آن را به وجود می آورند.
- در الماس کربن (C)، در کوآرتز (SiO₂) سیلیسیوم (Si) و اکسیژن (O₂) و در کلسیت (CaCO₃) کلسیم (Ca)، کربن (C) و اکسیژن (O₂) وجود دارد.
- برای شناخت عنصرها یا یون های موجود در یک کانی و در نتیجه شناخت کانی ها از تجزیه شیمیایی کانی ها به روش مرطوب یا روش های دستگاهی مانند اسپکترومتري (طیف سنجی) استفاده می شود.

ترکیب شیمیایی کانی ها

- با این روش می توان وجود عنصر یا عنصرهای ویژه ای را در ترکیب یک کانی مشخص کرد.
- کانی ها به روش مرطوب یا خشک مورد مطالعه قرار می گیرند.
- در روش مرطوب کانی ها را در حلالی مانند آب، اسید یا حلال های دیگر به صورت محلول درآورده و سپس برای شناسایی آنها از معرف ها استفاده می شود.
- اغلب کانی ها به ویژه سیلیکات ها نامحلول هستند و به صورت خشک مورد مطالعه قرار می گیرند.
- در روش خشک از معرف های خشک مانند کربنات سدیم و دی اکسید سدیم استفاده می شود.
- این مواد باعث پائین آمدن نقطه ذوب کانی ها می شود و از مخلوط کانی مورد نظر با این مواد و ذوب آنها، پرل (Pearl) یا مروارید کانی ها ایجاد می گردد.

طبقه بندی کانی ها

- در طبیعت بیش از ۴۰۰۰ کانی مشخص شده اند که تعداد کمی از آنها فراوان بوده و اغلب آنها نادر هستند.
 - روش های مختلفی برای طبقه بندی کانی ها وجود دارد.
 - متداول ترین روش، بر اساس ترکیب شیمیایی است.
 - نحوه تشکیل و منشأ کانی ها در طبقه بندی دارای اهمیت است.
 - به دلیل فراوانی سیلیکات ها، کانی ها به دو دسته سیلیکات ها و غیر سیلیکات ها هم تقسیم می شوند.
- گروه کانی های غیر سیلیکاتی
- عنصرها، سولفیدها، سولفوسالت ها، اکسیدها و هیدروکسیدها، نمک ها، کربنات ها، نیترات ها، بُرات ها، سولفات ها، کرومات ها، فسفات ها، آرسنات ها، وانادات ها و تنگستات ها

طبقه بندی کانی ها

- گروه کانی های سیلیکاتی:
 - آلیوین
 - گروه پیروکسن ها
 - گروه آمفیبول ها
 - گروه کانی های رسی
 - گروه میکاها
 - گروه سیلیس
 - گروه فلدسپات ها
 - گروه زئولیت
- حدود ۲۵٪ کانی های شناخته شده و ۴۰٪ کانی های فراوان سنگ ها را شامل می شود.
- سنگ های آذرین از کانی های سیلیکاته هستند.
- بیش از ۹۰٪ پوسته زمین از سنگ های آذرین است.
- تجزیه شیمیایی سنگ های پوسته زمین نشان می دهد از هر ۱۰۰ اتم سازنده آن، ۶۲ اتم اکسیژن، ۲۱ اتم سیلیسیم و ۶ تا ۷ اتم آلومینیوم و بقیه آن آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و غیره هستند.
- سیلیکات ها در سنگ های آذرین، دگرگونی و رسوبی تشکیل می شوند.
- دارای بنیان SiO_4 است. یعنی هر اتم سیلیسیم با چهار اتم اکسیژن مشارکت نموده و واحدهای چهاروجهی ایجاد کرده که به وسیله اکسیژن یا یون هایی مانند منیزیم و آهن به واحدهای مجاور متصل می گردند.