کانی‌ها (Minerals)

زمین شناسان کانی را ماده جامد بلورین غیر آلی که به صورت طبیعی یافت می شوند و دارای فرمول شیمیایی مخصوص می باشند تعریف می کنند. (به شکل ۲-۱ توجه کنید تا تفاوت کانی با سایر مواد برایتان روشن شود). برای اینکه یک ماده جزو کانی ها طبقه بندی شود، باید در طبیعت یافت شود. به فرم های مصنوعی مواد طبیعی، مثل الماس مصنوعی یا سایر محصولات آزمایشگاهی تولید شده توسط شیمی دانان، کانی گفته نمی‌شود.

وقتی می گوئیم کانی ها بلورین هستند یعنی ذرات تشکیل دهنده آنها (اتم ها) در یک آرایش منظم و تکرارشونده سه بعدی به یکدیگر متصل شده‌اند. ذرات جامدی که دارای چنین آرایشی نباشند کانی محسوب نمی‌شوند.

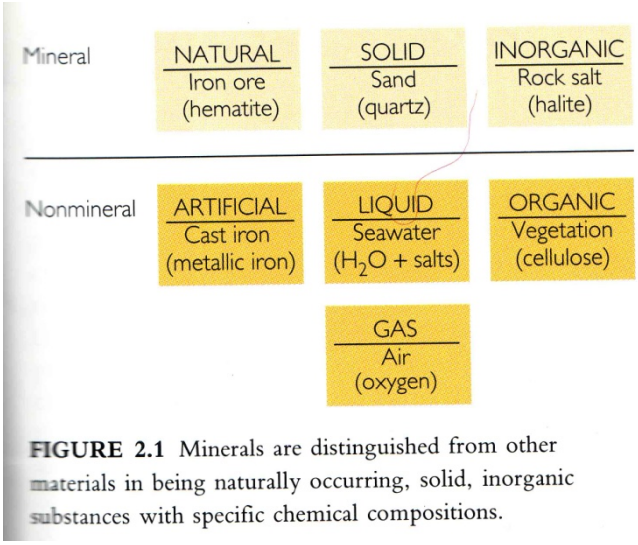


FIGURE 2.1 Minerals are distinguished from other materials in being naturally occurring, solid, inorganic substances with specific chemical compositions.

شکل ۲-۱ کانی ها رامی توان با توجه به طبیعی بودن،جامد بودن،غیرآلی بودن ، و دارا بودن ترکیب های شیمیایی ویژه از مواد دیگر متمایز ساخت.

تعداد بسیار کمی از سنگ ها (مثل آهک) از یک نوع کانی تشکیل شده اند. اکثر سنگ ها (مانند سنگ گرانیت) از چند نوع کانی تشکیل یافته اند. کانی توسط فرایندهای مکانیکی به مولفه های متفاوت کوچکتر نمی تواند تقسیم شود، حال آنکه سنگ را با ابزار مناسب می توان به کانی های تشکیل دهنده آن تقسیم کرد.

برای آنکه بدانیم سنگ ها چگونه تشکیل می شوند، باید بدانیم کانی های تشکیل دهنده آنها چگونه تولید شده اند. ما کانی ها را برای طبقه بندی و شناسایی بسیاری از سنگ هایی که در زمین یافت

می‌شوند استفاده می کنیم، در نتیجه قبل از بررسی سنگ ها به بررسی کانی ها می پردازیم.

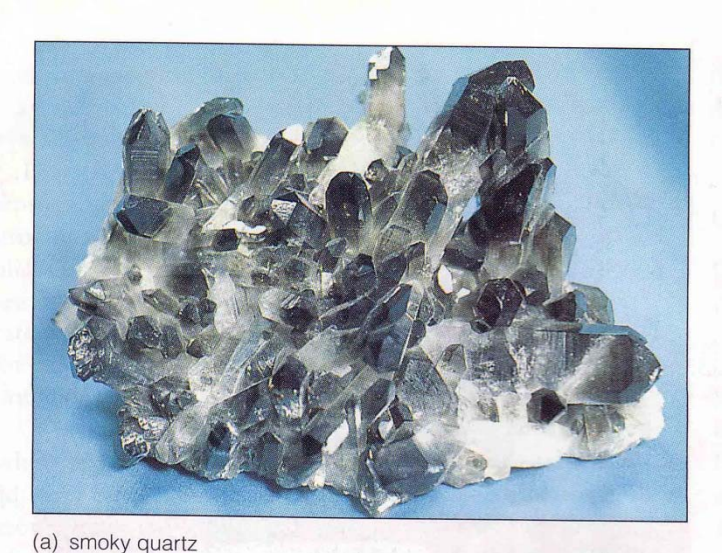
حدود ۴۵۰۰ کانی در جهان وجود دارد که از این تعداد فقط دویست سیصد کانی جزو کانی های رایج بوده و از این تعداد نیز فقط بیست سی کانی تشکیل دهنده اکثر سنگ ها می باشند.

خواص فیزیکی کانی ها

تمام کانی ها دارای خواص فیزیکی خاصی هستند که به وسیله ساختار و ترکیب شیمیایی آنان تعیین می گردد. بسیاری از خواص فیزیکی به طور قا بل ملاحظه ای برای دسته ای از کانی ها یکسان و ثابت می باشد، اما برخی از موارد مثل رنگ آنان ممکن است تفاوت داشته باشد. حتی یک زمین‌شناس حرفه‌ای هم ممکن است از تکنیکهای مشخص و پیش بینی شده در مطالعه و تشخیص کانی استفاده نماید. بیشتر کانی ها را می‌توان با استفاده از خواص فیزیکی زیر شناسایی کرد:

شکل بلور

شکل کریستال (بلور) می تواند مشخصه های مفیدی را برای هویت و ویژگی کانی خود داشته باشد. اما تعدادی از مواد معدنی دارای شکل کریستالی یکسان می باشند.به عنوان مثال پیریت (FeS_2)، گالن (PbS) و هالیت ($NaCl$) همگی دارای کریستالهای مکعبی می باشند، با این وجود این سه کریستال را به سادگی می توان از روی بقیه خصوصیات کانی ها از هم تشخیص داد. در شکل‌های زیر کریستال‌های بعضی از کانی‌ها ارائه شده است.



(a) smoky quartz

(b) fluorite

(c) calcite

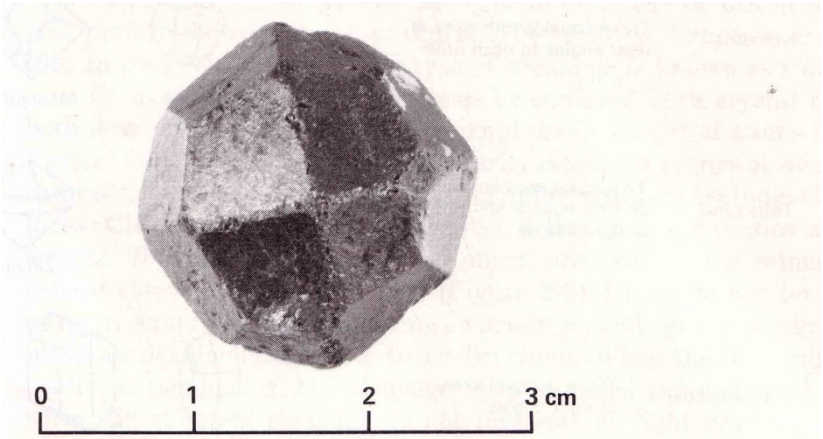


Figure 2-6 A crystal of garnet. The exterior surface of the specimen is composed of smooth, planar crystal faces arranged in a regular geometrical pattern.

شکل ۲-۶ کریستال گارنت. سطح خارجی نمونه از سطوح کریستالی صفحه ای صاف که در الگوهای هندسی منظم قرار گرفته اند تشکیل شده است.

گالن (شکل بالا) ، هالیت (شکل پایین)

در یک کریستال با مشخص نمودن محورهای کریستالی، موقعیت وجوه کریستال معین می‌شود. این محورها خطوط فرضی هستند که مراکز وجوه مقابل کریستال را به هم وصل می نماید. کریستالها براساس خواص هندسی به شش سیستم کریستالی تقسیم‌بندی می‌شوند. تعریف هر سیستم بر پایه‌ی تعداد محورهای کریستالی و زوایای بین این محور ها استوار است.

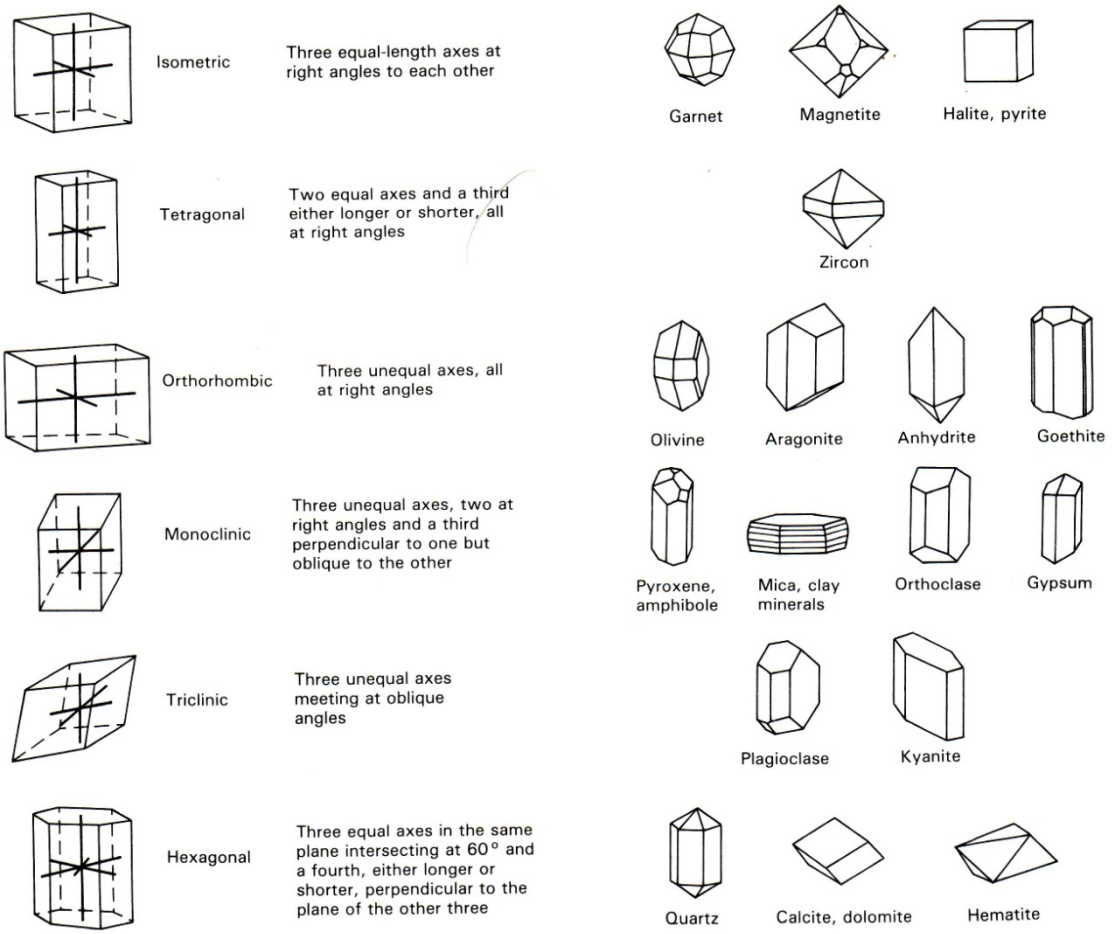


Figure 2-8 The six crystal systems with representative minerals and crystal forms. (From E. A. Hay and A. L. McAlester, *Physical Geology: Principles and Perspectives*, 2d ed., copyright © 1984 by Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.)

شکل ۲-۸ شش سیستم کریستالی

کلیواژ (cleavage) و گسیختگی(fracture)

کلیواژ عبارت است از تمایل یک کانی به شکستن در امتداد های تخت معین **(preferred planar directions)**

گسیختگی به شکستی گفته می شود که در آن کلیواژ کنترل کننده نیست.

دو راه مختلف وجود دارد که یک کانی می تواند بشکند. اولین روش شکستن میتواند در راستای صفحات ضعف (کلیواژها) باشد که به علت پیوندهای ضعیف در ساختار داخلی رخ دهد. صفحات شکستگی، صفحات کلیواژ نام دارد. دومین شکستگی در کانی هایی رخ میدهد که فاقد امتداد سست معینی هستند. سطح شکستگی در این کانی ها معمولا غیر منظم هستند و نوع شکستگی گسیختگی (**fracture**) نامیده می شود.

سطوح کریستال گاه ممکن است با صفحات کلیواژ اشتباه گرفته شوند. زیرا هر دو بر اثـر سـاختار درونـی بلور ایجاد می شوند. هرچند سطوح کریستال الزامـا نشـان دهنـده صـفحات شـامل پیونـد هـای سسـت نمی‌باشد. برای مثال، کوارتز دارای ساختار بلورین است ولی کلیواژ ندارد. کلیواژی که در آن صفحه کلیواژ صاف و مسطح باشد به عنوان کلیواژ کامل شناخته می شـود. بیوتیـت و مسـکویت،میکاها، مثـال‌هـایی از کلیواژ های کامل در یک جهت می باشند. کلیواژها می توانند حتی تا ۶ جهت نیز توسعه یابند کـه انـواع مختلفی از کلیواژها را ایجاد می کند. کانیهای متداول زیادی دارای کلیواژ در سه راستا هستند. وقتی کـه این راستاها دو به دو عمود باشند، کلیواژ مکعبی است.

در جدول زیر کلیواژ چند کانی معروف نشان داده شده است:

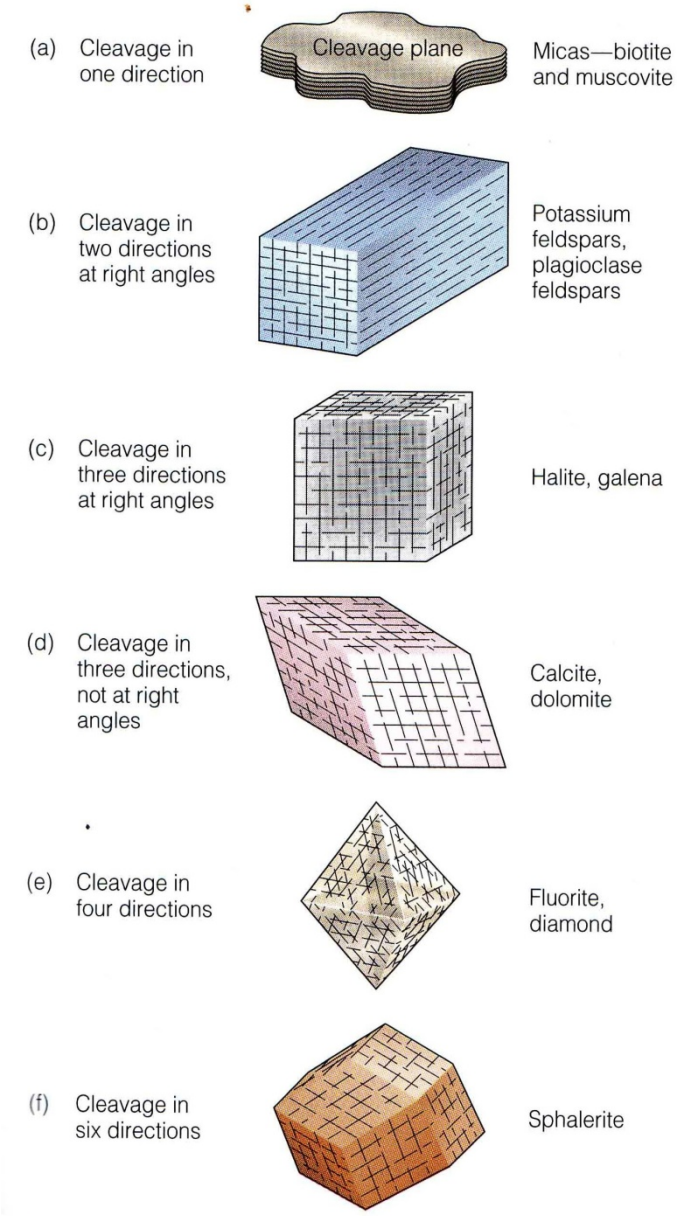


FIGURE 2.16 Several types of mineral cleavage: (*a*) one direction; (*b*) two directions at right angles; (*c*) three directions at right angles; (*d*) three directions, not at right angles; (*e*) four directions; and (*f*) six directions.

شکل ۲-۱۶ چند نمونه از کلیواژ کانی: (a)یک جهت؛(b) دو جهت با زاویه قائم؛ (c) سه جهت با زاویه قائم؛ (d) سه جهت، با زوایای غیر قائم؛ (e) چهار جهت؛ و (f) شش جهت.

سختی (hardness)

سختی مقاومت کانی در برابر سایش می باشند.در واقع سخت تر بودن بـه معنـی توانـایی خـط انـداختن است.به عنوان مثال الماس سخت ترین کانی می باشد به این معنی که روی هر کانی دیگر خط می‌اندازد.

آزمایش فیزیکی که برای تعین سختی کانی به کار برده می شود شامل خراش انـداختن روی آن بـا مـواد مختلف است.یک کانی با مقدار سختی بالا نمیتواند به آسانی توسط اغلب مـواد خراشـیده شـود. از طـرف دیگر روی یک کانی نرم می توان به وسیله هر کانی سخت تر خراش انداخت.

یک زمین‌شناس استرالیایی، فردریک موس مقیاسی را برای ۱۰ کانی بیان کرده است کـه در مقیـاس وی نرم ترین کانی تالک و سخت ترین کانی الماس می باشد.
با توجه به جدول موس می توان سختی کانی ها را با آزمایش تعیین کرد. به عنوان مثال اگـر یـک نمونـه کوارتز روی کانی دیگری خراش بیاندازد، سختی کانی مجهول باید کمتر از ۷ باشد.

جدول ۲-۴ مقیاس سختی موس

TABLE 2.4
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	

وزن مخصوص (specific gravity)

وزن مخصوص یک کانی نسبت وزن آن به وزن آب هم حجم آن می باشد. یـک کـانی بـا وزن مخصـوص ۳/۰، سه برابر سنگین تر از آب می باشد مانند تمام نسبت های دیگر وزن مخصوص واحد ندارد.
وزن مخصوص در کانی ها تفاوت داشته و بستگی به ساختار و ترکیب آنها دارد.کانی گـالن **(galena)** کـه ازسرب وگوگرد تشکیل شده است، وزن مخصوصی برابر با ۷,۵۷ دارد. وزن نمونه ای از گالن بسیار بیشـتر

از وزن نمونه ای از کوارتز با همان اندازه است زیرا وزن مخصوص کوارتز، ۲,۶۵ می باشد. در نتیجه کانی گالن با توجه به وزن مخصوص بالای خود قابل شناسایی می باشد.

رنگ (color) و رنگ خاکه (streak)

بعضی از کانیها رنگ مشخصی دارند. مثلا گالن خاکستری است. آزوریت آبی رنگ است. اولیوین سبز رنگ است. بعضی از کانی ها نیز رنگ متغیری دارند. به عنوان مثال کوارتز می‌تواند ارغوانی، قرمز، سفید، مشکی و حتی بی‌رنگ (کوارتز خالص) باشد.
رنگ خاکه کانی که به وسیله اثر یک نمونه از کانی روی لوح چینی بدون لعاب تشکیل می شود غالبا از رنگ خود کانی برای تشخیص بهتر است. بطور مثال کانی هماتیت رنگ خاکه قرمز متمایل به قهوه ای ایجاد می کند ولواین که خود نمونه ممکن است یک ظاهر خاکستری فلزی داشته باشد. محدودیت این کار این است که این روش تنها برای شناسایی کانی هایی به کار می رود که سختی آنها کمتر از ۷ (سختی چینی) باشد.

جلا **(luster)**
جلا به نحوه انعکاس نور از سطح کانی اطلاق می شود. دو دسته اصلی در طبقه بندی کانی ها بر اساس جلا، جلای فلزی و غیر فلزی میباشد.
جلای فلزی در اثر انعکاس زیاد نور از سطح کانی های کدر (opaque) که نور را از خود عبور نمی‌دهند، به وجود می آید.
جلای غیر فلزی دارای تنوع زیادی است از جمله جلای شیشه ای (vitreous)، رزینی (resinous)، چرب (greasy)، مرواریدی (pearly)، ابریشمی (silky)، الماسی (adamantine) و خاکی (dull or earthy).

نحوه انعکاس یا جذب نور توسط کانی ها به نوع اتم های تشکیل دهنده کانی و نحوه پیوند آنها بستگی دارد. بسیاری از کانی‌هایی که پیوند کوالانسی دارند، تمایل به داشتن جلای الماسی دارند، حال آنکه کانی‌های با پیوند یونی بیشتر جلای شیشه‌ای دارند. کوارتز یک کانی با جلای شیشه‌ای است.

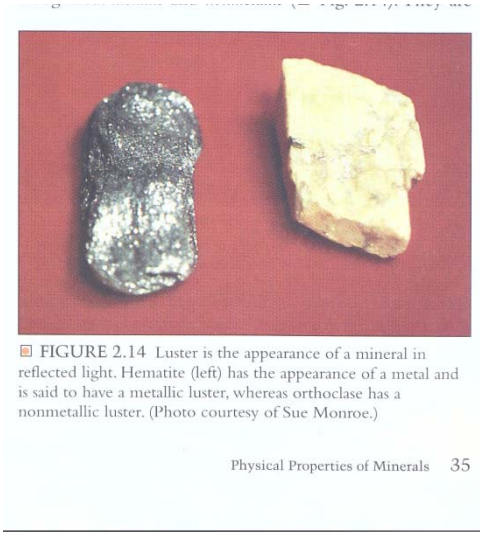
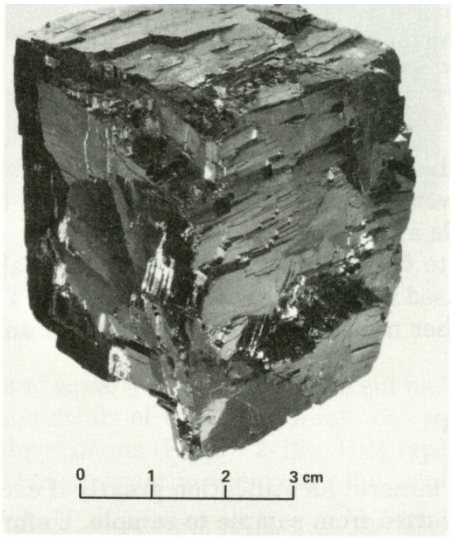


FIGURE 2.14 Luster is the appearance of a mineral in reflected light. Hematite (left) has the appearance of a metal and is said to have a metallic luster, whereas orthoclase has a nonmetallic luster. (Photo courtesy of Sue Monroe.)

Physical Properties of Minerals 35

شکل ۲-۱۴ جلا خاصیت کانی در انعکاس نور است. هماتیت (چپ) جلای فلزی دارد در حالیکه ارتوکلاز دارای جلای غیر فلزی است.



کانی گالن(galena) **که جلای فلزی دارد. کلیواژ مکعبی نیز در آن آشکار است.**

جدول ۲-۵ جلای کانی ها

TABLE 2.5
Mineral Luster

Metallic	Strong reflections produced by opaque substances
Vitreous	Bright, as in glass
Resinous	Characteristic of resins, such as amber
Greasy	The appearance of being coated with an oily substance
Pearly	The whitish iridescence of such materials as pearl
Silky	The sheen of fibrous materials such as silk
Adamantine	The brilliant luster of diamond and similar minerals

گروه بندی کانی ها (Mineral groups)

کانیها با توجه به ترکیب شیمیایی و ساختارشان طبقه بندی می شوند. تنها ۸ عنصر بیش از ۹۸٪ از وزن پوستهٔ زمین را تشکیل می دهند (جدول ۲-۳).
بیشترکانی ها از ترکیبات اکسیژن و سیلیسیم هستند، این کانی ها گروهی به نام گروه سیلیکاتها را تشکیل می دهند. این نامگذاری بخاطر این است که در تمامی اعضای این گروه ترکیب معینی از سیلیسیم و اکسیژن وجود دارد.

رایج ترین سیلیکات های سنگ ساز عبارتند از: اولیوین **(olivine)**، اوژیت **(augite)** ، هورنبلند **(hornblende)** ، بیوتیت **(biotite)** ، مسکویت **(muscovite)** ، فلدسپار **(feldspar)** ، و کوارتز **(quartz)**.

جدول ۳-۲ : فراوانی عناصر در پوسته زمین

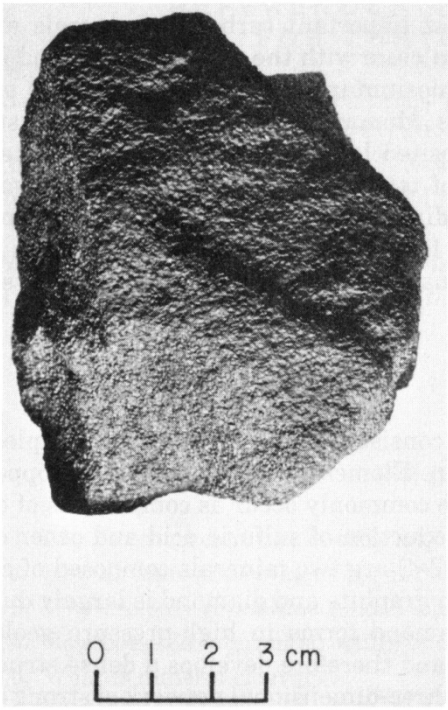
TABLE 2.3 Common Elements in Earth's Crust

Element	Symbol	Percentage of Crust (by Weight)	Percentage of Crust (by Atoms)
Oxygen	O	46.6%	62.6%
Silicon	Si	27.7	21.2
Aluminum	Al	8.1	6.5
Iron	Fe	5.0	1.9
Calcium	Ca	3.6	1.9
Sodium	Na	2.8	2.6
Potassium	K	2.6	1.4
Magnesium	Mg	2.1	1.8
All others		1.5	0.1

بیشتر سنگهای جواهری شامل زمرد (emerald)، یاقوت زرد (topaz)، یشم سبز (jade) و فیروزه (turquoise) کانیهای سیلیکاته می باشند. بعلاوه کانیهای سیلیکاته به عنوان سنگ معدن برخی فلزات استخراج شده و دربرخی از فرایند های صنعتی به کار میروند. کانیهای رسی با استفاده در تهیه آجر، سفال، پلاستیک، لاستیک، رنگ، سرامیک، و کاغذ ارزش ویژه‌ای در صنعت و ساخت مواد دارند.

اکسید ها (oxides)

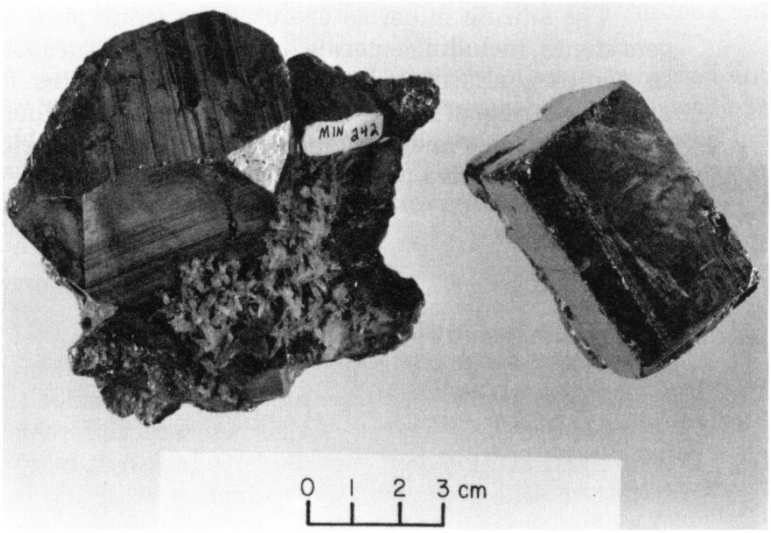
کانی هائی که از طریق ترکیب کاتیون های مختلف با اکسیژن شکل می گیرند اکسید نامیده می شوند. در بین این نوع کانیها، سنگ معدن اصلی آهن، آلومینیوم، کروم و دیگر فلزات دارای اهمیت بیشتری هستند. کانی های اکسید آهن به ویژه فراوان می باشند. آهن واکسیژن می توانند چندین کانی مختلف را تشکیل دهند که به میزان اکسایش یونهای آهن بستگی دارد. در هماتیت (شکل۲-۲۴) و ژئوتیت، آهن با عدد اکسایش $3+$ حضور دارد.در صورتی که در مگنتیت با عدد اکسایش $2+$ حاضر است.



شکل ۲-۲۴ : هماتیت (Hematite)، کانی معروفی از اکسید آهن

هالید ها و سولفید ها (halides and sulfides)

کانی های این گروهها شامل آنیونهای فلوئور، کلر، بروم، ید وسولفور به عنوان یونهای ساختاری می‌باشند. کانیهای تشکیل شده از چهار عنصر اول مذکور،گروه کانی های هالید را تشکیل می دهند. یک مثال از کانیهای هالید، هالیت یا همان نمک طعام معمولی است (شکل ۲-۱۰). گروه کانیهای سولفید منبع بسیار مهمی از سنگ معدن های فلزی آهن، مس، روی و سرب را تشکیل می دهند. پیریت (شکل ۲-۲۵) یک کانی فراوان است که بخاطرجلای فلزی اش با طلا اشتباه گرفته می شود. به این دلیل گاهی به آن طلای کاذب یا طلای احمق‌ها (fool's gold) گفته می‌شود.



شکل ۲-۲۵ : پیریت (Pyrite)، کانی مهمی از سولفید آهن که از روی رنگ زرد برنجینش، کلیواژ مکعبی اش، و جلای فلزی‌اش قابل شناسایی است. نمونه سمت چپ شامل خطوط موازی باریک، یا خط بندهایی (striation) در سطح خارجی اش می باشد.

سولفات ها و کربنات ها (sulfates and carbonates)

در سولفات ها و کربنات ها یک گروه آنیونی پایه‌ی ساختار است. گروه آنیونی سولفات از گوگرد و چهار یون اکسیژن SO_4^{2-} تشکیل می شود. یک کانی مهم این گروه ژیپس است که جزء مهمی در مصالح ساختمانی می باشد .

در کانی های کربناته، واحد سازندهٔ پایه یون کربنات CO_3^{2-} است.

مهمترین کانی های کربناته، کلسیت و دولومیت هستند. کلسیت از ترکیب کلسیم با یون کربنات درست شده است. دولومیت در ساختارش کلسیم و منیزیم دارد. کلسیت معمولا در رسوبات چشمه های آب گرم و غارها یافت می شود. از جمله کاربردهای فراوان کلسیت و دولومیت در سنگ های ساختمانی و در تولید آهک و سیمان پرتلند (Portland cement) می باشد.

آهک به خاطر خاصیت خنثی سازی اسید در کشاورزی و صنعت نیز کاربردهائی دارد.

TABLE 2-3
Physical Properties of Common Rock-Forming Minerals

Mineral	*Chemical formula*	*Color*	*Cleavage directions*	*Hardness*	*Specific gravity*	*Other properties*
Silicates						
Augite (pyroxene)	$Ca(Mg,Fe,Al)(Al,Si_2O_6)$	Dark green to black	2 at 90°	5–6	3.2–3.6	
Biotite (mica)	$K(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$	Black	1	$2\frac{1}{2}$–3	2.8–3.2	
Garnet	$(Ca,Mg,Fe,Mn)_3(Al,Fe,Cr)_2(SiO_4)_3$	Dark red, brown, green	0	$6\frac{1}{2}$–$7\frac{1}{2}$	3.5–4.3	
Hornblende (amphibole)	$(Na,Ca)_2(Mg,Fe,Al)_5Si_6(Si,Al)_2O_{22}(OH)_2$	Dark green to black	2 at 56° and 124°	5–6	2.9–3.2	
Muscovite (mica)	$KAl_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	Colorless to pale green	1	2–$2\frac{1}{2}$	2.8–2.9	
Olivine	$(Mg,Fe)_2SiO_4$	Pale green to black	None	$6\frac{1}{2}$–7	3.3–4.4	
Orthoclase (feldspar)	$KAlSi_3O_8$	White, gray, or pink	2 at 90°	6	2.6	
Plagioclase (feldspar)	$(Ca,Na)(Al_2Si)AlSi_2O_8$	White to gray	2 at 90°	6	2.6–2.7	Striations
Quartz	SiO_2	Colorless to white but often tinted	None	7	2.6	
Oxides						
Hematite	Fe_2O_3	Reddish brown to black	None	$5\frac{1}{2}$–$6\frac{1}{2}$	5.26	
Goethite (limonite)	$FeO{\cdot}OH$	Yellowish brown to dark brown	None	5–$5\frac{1}{2}$	4.37	Limonite is noncrystalline
Magnetite	Fe_3O_4	Black	None	6	5.18	Strongly magnetic
Halides and sulfides						
Halite	NaCl	Colorless or white	3 at 90°	$2\frac{1}{2}$	2.16	
Pyrite	FeS_2	Pale brassy yellow	3 at 90°	6–$6\frac{1}{2}$	5.02	Sometimes called "fool's gold"
Chalcopyrite	$CuFeS_2$	Brassy yellow	2 at 90°	$3\frac{1}{2}$–4	4.1–4.3	Ore of copper
Sphalerite	ZnS	Brown to yellow	6 at 120°	$3\frac{1}{2}$–4	3.9	Ore of zinc
Galena	PbS	Lead gray	3 at 90°	$2\frac{1}{2}$	7.54	Ore of lead
Sulfates and carbonates						
Gypsum	$CaSO_4{\cdot}2H_2O$	Colorless to white	1	2	2.32	
Calcite	$CaCO_3$	White to colorless	3 at 75°	3	2.72	Forms limestone
Dolomite	$CaMg(CO_3)_2$	Pink, white, or gray	3 at 74°	3.5–4	2.85	

FIGURE 2.20 Nonsilicate minerals (clockwise from upper left): halite, spinel, gypsum, hematite, calcite, pyrite, and galena. *Chip Clark.*

شکل ۲-۲۰ کانی های غیر سیلیکاتی(از چپ بالا): هالیت، اسپینل، ژیپس، هماتیت،کلسیت، پیریت، و گالن

کانی های سنگ ساز **(rock forming minerals)**

سنگ معمولا مجموعه ای از کانی ها تعریف می شود. دو استثنای مهم برای این تعریف شیشه طبیعی (obsidian) و سنگ رسوبی ذغال می‌باشد.

هرچندکانی های مختلفی در سنگهای مختلف وجود دارد تعداد کمی از این کانی ها سنگ ساز هستند. مقدار بقیه کانی ها آن قدر ناچیز است که در طبقه بندی سنگ قابل صرف نظر می‌باشند. این کانی ها، کانی های اضافی نامیده می‌شوند.
کانی های سنگ ساز متداول در جدول ۶-۲ خلاصه شده‌اند.

(a) (b)

FIGURE 2.20 The mineral composition of two igneous rocks. (*a*) Granite contains mostly quartz (left), potassium feldspar (ce and small amounts of biotite (right). (*b*) Basalt is made up of some olivine (left), but contains mostly pyroxene (center), and calcium plagioclase (right). The sizes of minerals in these rocks depends on how rapidly they cooled from molten rock material (see Chapte (Photos courtesy of Sue Monroe.)

TABLE 2.6 Rock-Forming Minerals

Mineral	Composition	Primary Occurrence
Ferromagnesian Silicates		
Olivine	$(Mg,Fe)_2SiO_4$	Igneous, metamorphic rock
Pyroxene group		
Augite most common	Ca, Mg, Fe, Al silicate	Igneous, metamorphic rock
Amphibole group		
Hornblende most common	Hydrous* Na, Ca, Mg, Fe, Al silicate	Igneous, metamorphic rock
Biotite	Hydrous K, Mg, Fe silicate	All rock types
Nonferromagnesian Silicates		
Quartz	SiO_2	All rock types
Potassium feldspar group		
Orthoclase, microcline	$KAlSi_3O_8$	All rock types
Plagioclase feldspar group	Varies from $CaAl_2Si_2O_8$ to $NaAlSi_3O_3$	All rock types
Muscovite	Hydrous K, Al silicate	All rock types
Clay mineral group	Varies	Soils and sedimentary rocks
Carbonates		
Calcite	$CaCO_3$	Sedimentary rocks
Dolomite	$CaMg(CO_3)_2$	Sedimentary rocks
Sulfates		
Anhydrite	$CaSO_4$	Sedimentary rocks
Gypsum	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Sedimentary rocks
Halides		
Halite	NaCl	Sedimentary rocks

*Contains elements of water in some kind of union.