

بخش دوم

# کانی شناسی

الف) کانی های سیلیکاته

# SILICATES

### مقدمه:

لغت کانی (Mineral) که از قرون وسطی مورد استفاده قرار گرفته از لغت یونانی Mna (متشابه لاتینی آن Mina است) به معنی کانی یا گودال (از نظر معدن شناسی) مشتق شده است. لذا نام فارسی آن یعنی کانی معرف موادی است که از کانسارها بدست می آورند. کانی (Mineral) جسمی است که بطور کلی در پوسته جامد زمین بوجود آمده و دارای فرمول شیمیایی معین و هموزن می باشد. در مطالعه کانی شناسی (Mineralogy) شکل ظاهری، خواص فیزیکی، خواص شیمیایی، ساختمان داخلی، چگونگی تشکیل، محل پیدایش و سرانجام استفاده صنعتی کانی ها مورد بررسی قرار می گیرد. کانی شناسی پایه علوم معدن شناسی، خاک شناسی، زمین شناسی است. علاوه بر این اطلاع از آن برای شیمیدانها، فیزیکدانها، مهندسين راه سازی، ذوب آهن، کشاورزی، جنگل کاری و پزشکان ضرورت کامل دارد.

**تعریف:** کانی جسمی است هموزن (Homogenous) که بطور طبیعی در پوسته جامد زمین بوجود آمده و دارای فرمول شیمیایی مشخص می باشد، مثل: کوارتز، کلسیت، نمک طعام

**تعریف:** سنگ بر خلاف کانی، ماده ای است هتروژن (Heterogenous) که معمولاً حاصل تجمع چند کانی می باشد. کانیهای فلزدار (Ore) دسته ای از کانیها هستند که برای تهیه فلزات مورد استفاده قرار می گیرند. مثل: طلا، نقره، سرب، آهن، و غیره. قبل از اینکه به انواع کانیها و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها پردازیم لازم می باشد تا اندازه ای راجع به ساختمان پوسته زمین، ترکیب شیمیایی و نحوه پیدایش و پراکندگی کانی ها در زمین اطلاعاتی کسب نمایم.

### ساختمان زمین و واحدهای مشکله آن:

بطور کلی می توان گفت که زمین از سه قسمت اصلی زیر تشکیل شده است:

**(الف)** پوشش گازی یا اتمسفر (Atmosphere) که بصورت قشری سرتاسر زمین را احاطه کرده است.

**(ب)** قسمت آبی یا هیدروسفر (Hydrosphere) که از اقیانوسها، دریاچه ها، رودخانه ها، آبهای زیرزمینی و یخچالهای طبیعی تشکیل شده است.

**(ج)** قسمت سنگی که مهمترین واحد مشکله زمین بوده و خود از قستهای زیر تشکیل شده است.

پوسته (Crust)، گوشته (Mantle)، هسته (Core)

بایستی در نظر داشت که این سه قسمت کاملاً از هم تفکیک نبوده، بلکه در هر قسمت ناخالصی هایی از دو قسمت دیگر مشاهده می شود، مثلاً در پوشش گازی زمین همیشه مقداری بخار آب و ذرات ریز گردوغبار موجود است و یا آبهای زمین، محتوی ذرات ریز جامد و نیز مقدار زیادی هوا است و بالاخره در خلل و فرج قستهای سخت زمین، همیشه مقداری آب و هوا وجود دارد. با وجودیکه قسمت سنگی قسمت اصلی وزن و حجم زمین را تشکیل می دهد

بنابراین اهمیت دو قسمت دیگر را با وجود حجم و وزن نسبی کم، نایبستی از نظر دور داشت. مثلاً آب یکی از مواد اصلی حیات بوده و بدون آن مسلماً زندگی نمیتوانسته در زمین وجود داشته باشد. علاوه بر این آب بصورت باران، برف، یخ، رودخانه، دریاچه و دریا از نظر زمین شناسی نیز عمل مهمی را در فرسایش و رسوب گذاری انجام می دهد. اهمیت هوا نیز بر کسی پوشیده نیست. و در اینجا بایستی علاوه بر اهمیت آن از نظر حیات، تاثیر آنرا به عنوان یکی از عوامل مهم زمین شناسی یادآوری نمایم.

### مشخصات کلی زمین از سطح تا هسته:

خصوصیات فیزیکیوشیمیایی زمین شامل درجه حرارت، وزن مخصوص، فشار

1- **درجه حرارت:** درجه حرارت زمین از سطح بطرف عمق افزایش می یابد و بطور متوسط هر 100 متر عمق 3 درجه سانتیگراد به دمای زمین می افزاید ولی بر حسب عمق این نسبت تغییر می نماید. ضمناً مناطقی که از نظر فعالیت تکتونیکی (تأثیر نیروهای درونی) مناطق ناپایدار هستند درجه حرارت افزایش می یابد.

2- **وزن مخصوص:** در ارتباط با حرارت داخل زمین فاکتور وزن مخصوص نیز تاثیر دارد. وزن مخصوص متوسط زمین برابر 5/5 و پوسته فوقانی 2/7 تا 2/8 و در مرکز زمین 11 گرم بر سانتیمتر مکعب میباشد. ویشرت (Wiechert) معتقد است که وزن مخصوص زمین به طور جهشی بطرف داخل افزایش میابد، بنابراین بایستی از طبقات مختلفی با کیفیات متفاوت ساخته شده باشد، این نظریه با کاوشهای ژئوفیزیکی که به عمل آمده تطبیق دارد.

3- **فشار:** فشار از پوسته به طرف داخل زمین افزایش می یابد، به طوریکه تا هسته زمین 1/3 تا 1/4 میلیون اتمسفر و مرکز زمین فشاری در حدود 3/5 میلیون اتمسفر را شامل می گردد.

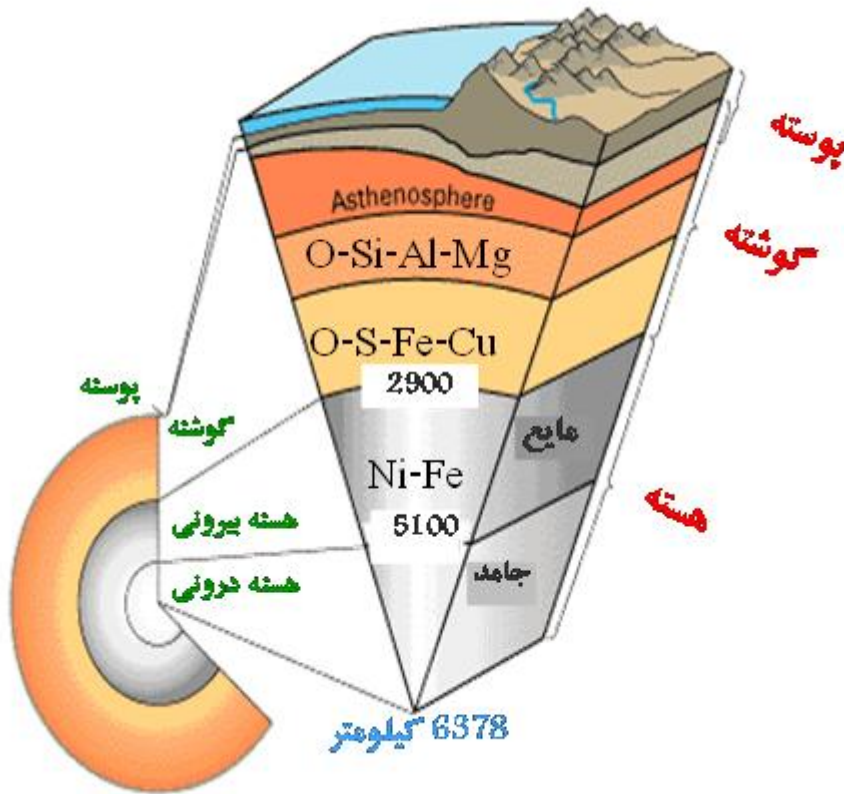
### بررسی لایه های زمین:

همانگونه که اشاره شد کره زمین از لایه ها و طبقات متعددی تشکیل شده است که از نظر فیزیکی و شیمیایی دارای خصوصیات متفاوتی می باشند. کره زمین به طور کلی شامل سه بخش است:

1- پوسته (Crust)، 2- گوشته یا جبه (Mantle) و 3- هسته (Core)

پوسته از دو بخش بنامهای Sial (سیال) و Sima (سیما) که بترتیب از خارج بداخل زمین بوده تشکیل شده است Sial از عناصر AL و Si و Sima از عناصر Mg و Si می باشد و بین این دو بخش ناپیوستگی کنراد (Conrad-Discontinous) در عمق 20 کیلومتری وجود دارد. مانتو یا گوشته نیز از دو قسمت بنامهای مانتوی فوقانی و مانتوی تحتانی بوده که مانتو از عمق 30-40 کیلومتری تا 2900 کیلومتری را به خود اختصاص میدهد. هسته (Core) نیز از دو بخش بصورت

خارجی و داخلی می باشد، و دارای ترکیب Ni و Fe بوده و از ضخامت 2900 کیلومتری تا 6370 کیلومتری ادامه دارد. (شکل شماره 70).



شکل 70) تقسیم بندی ساختمان زمین

از نظر ژئوشیمیایی پوسته زمین و بخش مانتوی فوقانی را لیتوسفر (Lithosphere) گویند که تا عمق حداکثر 1000 کیلومتر ادامه دارد و بدلیل وجود مقدار زیاد اکسیژن (O) در آن، اُکسی سفر (Oxiosphere) نیز گویند. بخش لیتوسفر لایه سنگی کره زمین را تشکیل می دهد مانتوی تحتانی را به دلیل وجود عناصر کالکوفیل (دوستاندار گوگرد یا میل ترکیبی با گوگرد) کالکوسفر (Chalcosphere) گویند و بیشتر حاوی عناصر S و Cu می باشد. وهسته داخلی و خارجی را بدلیل وجود مقدار زیاد آهن (Fe) سیدروسفر (Siderosphere) نامیده میشود. از نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی هزاران نمونه که تا بحال از قسمتهای مختلف پوسته زمین بدست آمده درصد ترکیبات شیمیایی موجود در پوسته زمین بشرح جدول زیر است.

جدول - نسبت فراونی ترکیبات شیمیایی در پوسته جامد زمین

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	FeO	Na <sub>2</sub> O	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	ترکیب شیمیایی
0/30	1/06	3/14	3/19	3/56	3/88	3/91	5/17	15/61	60/18	درصد

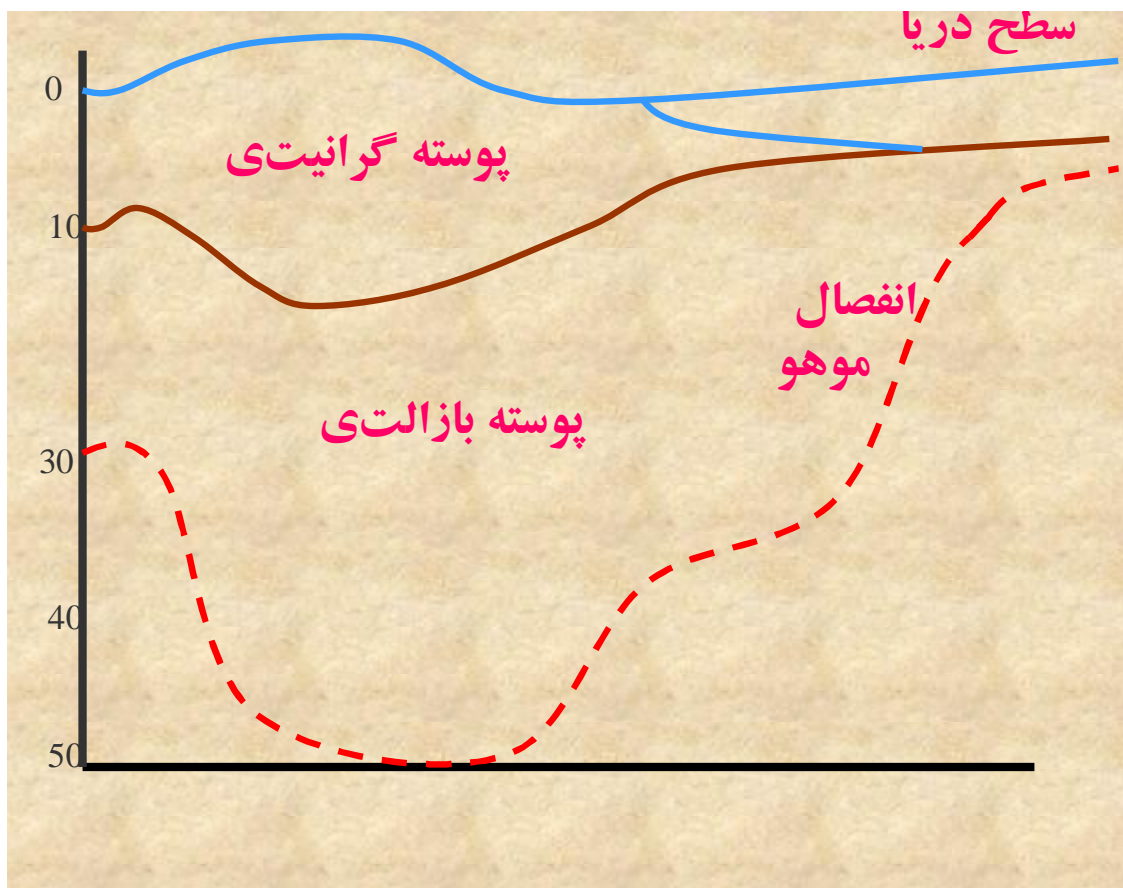
## کانی های سیلیکاته (Silicates)

بنابراین عناصر موجود در پوسته جامد زمین که بیش از 0/99 جرم پوسته زمین را به خود اختصاص می‌دهد شامل 10 عنصر زیر می‌باشند.

جدول - نسبت فراوانی عناصر در پوسته جامد زمین

عنصر	O	Si	AL	Fe	Ca	Na	K	Mg	Ti	H	جمع
درصد	46/71	37/69	8/07	5/05	3/65	2/75	2/58	2/08	0/62	0/14	95/34

لازم به ذکر است که نحوه پراکندگی ترکیبات شیمیایی در تمام قسمتهای پوسته یکنواخت نبوده و همانطوریکه خواهیم دید جنس مواد مشکله پوسته در زیر اقیانوسها (Sima) با ترکیب بازالت و قاره ها (Sial) با ترکیب گرانیت متفاوت است (شکل شماره 71).



شکل 71) تغییرات ضخامت در بخشهای پوسته قاره ای و اقیانوسی پوسته زمین.

## نحوه پیدایش مینرالها:

بطور کلی میتوان گفت که کانیها به یکی از سه حالت زیر تشکیل می شوند:

- 1) **از حالت مذاب:** قسمت عمده ای از کانیهای حاصل از تبلور وانجماد ماگما (مواد مذاب و گداخته ای هستند با گازها و بخارات حل شده و از داخل زمین بطرف بالا حرکت می کنند) در ارتباط با درجه انجماد تک تک کانیها از آن جدا می شوند. بنابراین منشا اصلی این کانیها در داخل زمین می باشد.
  - 2) **از حالت محلول در مایعات:** تعدادی از کانیها در طی عمل تبخیر از آب اقیانوسها رسوب میکنند که می توان از کلورورها و سولفاتها نام برد.
  - 3) **از راه بخار:** در مناطق آتشفشانی گازها و بخارات متصاعد شده حاوی مواد معدنی فراوانی می باشند که تعداد کمی از کانیها ممکن است بدین نحو تشکیل گردند.
- بایستی توجه داشت کانیهایی که بدین ترتیب بوجود آمده اند، تحت تاثیر عوامل زمین شناسی ممکن است تجزیه شده و کانیهای جدیدی را بوجود آورند که بعنوان کانیهای ثانویه (Second mineral) نامیده می شوند. برای درک بهتر طرز تشکیل و پیدایش کانیها به مطالب ذیل بطور اختصار می پردازیم:

## مراحل انجماد ماگما:

ماگما (Magma) با کاهش درجه حرارت مراحل ذیل را طی می نماید و در هر مرحله کانیهای خاص خود را بوجود می آورد.

1- مرحله لیکوئید ماگماتیک (Liquidmagmatic)

2- مرحله پگماتیک (Magmatic)

3- مرحله پنوماتولیتیک (Pneumatholytic)

4- مرحله هیدروترمال (Hydrothermal)

در مرحله لیکوئید ماگماتیک، انجماد بخش غیر فرار ماگما صورت می گیرد و در مرحله اول کانسارهایی از قبیل کرومیت، ماگنتیت، ایلمنیت، زیرکن و آپاتیت تشکیل می شود و سپس طبق جدول باون (Bowen) کانیها به ترتیب: اولیون، پیروکسینها، آمفیبولها، میکاها و همراه آنها انواع مختلف پلاژیوکلازها و اورتوکلازها و کوارتز (با کاهش درجه حرارت) از ترکیب ماگما جدا می شوند. در مرحله پگماتیک، انجماد بخش فرار و غیر فرار ماگما همراه است بدین لحاظ کانیهایی که حاوی عناصری از قبیل: Li، Be، B، Zr، Th، Nb، Ta، U است بوجود می آیند. البته لازم به ذکر است که در این مرحله کانیهایی که تشکیل می شوند، بنا به دلایلی در ابعاد بسیار درشت می باشند و بیشتر

کانی‌هایی از نوع کوارتز، فلدسپات‌ها اکثراً از نوع اورتو کلازها، میکاها (بیوتیت و مسکویت)، تورمالین، بریل، در ابعاد درشت، خاص این مرحله می‌باشند. در مرحله پنوماتولیتیک، انجماد بخش فرار ماگما صورت می‌گیرد و کانی‌هایی از قبیل توپاز، تورمالین، میکاهای لیتیم دار (لپیدولیت)، اسپودرمن، کاسیتريت، ولفرامیت و مولیبدنیت ساخته می‌شوند. و در انتها مرحله هیدروترمال با انجماد بخش آبکی ماگما همراه می‌باشد و بسیاری از کانی‌های اقتصادی و با ارزش فلزی و غیر فلزی در این مرحله تشکیل می‌شود. در این مرحله معادن طلا، نقره، مس، سرب، روی و تا اندازه ای اورانیوم، انتیموان، آرسن، بیسموت، آهن، کبالت، و نیکل تشکیل می‌شود.

علاوه بر شرایط فوق یعنی شرایط ماگمایی، طبق فرایندهای رسوبی (Sedimentation) و دگرگونی کانی‌های دیگری نیز بوجود می‌آیند. تحت فرایندهای رسوبی کانی‌ها، طی تاثیر نیروهای بیرونی (Exogenic) که حاصل تاثیر فرایندهای فیزیکی و شیمیایی می‌باشند و کانی‌های دگرگونی حاصل نیروهای درونی (Endogenic) تحت تاثیر اعمال فاکتورهای از قبیل فشار (P)، درجه حرارت (T) و مایعات (فاز سیال) حاصل می‌شود.

### خواص مختلف کانیها:

برای شناسایی کانی‌ها از خواص فیزیکی، کریستالوگرافی (بلورشناسی)، شیمیایی و همچنین بررسی‌های زمین شناسی استفاده می‌شود که در شناسایی و بررسی مقدماتی از خواص فیزیکی بیشتر کمک گرفته می‌شود:

#### 1) شفافیت (Transparency):

شفافیت به جهت کریستالوگرافی، حرارت و بخصوص تعداد نوری که کانی میتواند از خود عبور دهد بستگی دارد. مقدار نوری که از یک کانی عبور میکند به ضخامت کانی و طول موج نور بستگی دارد. کانی‌ها را از نظر شفافیت به سه دسته تقسیم میکنند:

**الف) شفاف:** در این دسته از کانی‌ها قسمت اعظم نور از کانی عبور کرده و تنها مقدار کمی از آن جذب کانی می‌شود. مثل الماس، کوارتز و کلسیت.

**ب) نیمه شفاف:** در این قبیل کانی‌ها نسبت به نور جذب شده و نوریکه از کانی عبور می‌کند تقریباً مساوی است.

**ج) اوپاک (Opaque):** در این دسته از کانی‌ها تمام نوریکه وارد کانی می‌شود جذب می‌گردد، مثل پیریت، کالکوپیریت و گرافیت.

## 2- رنگ (Color):

بطور کلی کانیها را از نظر رنگ به سه دسته تقسیم می کنند:

**الف) ئیدو کروماتیسیم (Idiochromatism):** بعضی از کانیها در طبیعت همیشه رنگ اصلی خود را ظاهر میکنند، مثل مالاکیت به رنگ سبز، آزوریت به رنگ آبی آسمانی،

**ب) آلو کروماتیسیم (Allochromatism):** بعضی از کانیها بی رنگ هستند ولی بعلت وجود مواد ناخالصی و یا Pigment به رنگهای مختلفی دیده می شوند که هر یک از آنها با توجه به رنگی که دارند اسامی متفاوتی را دارا می باشند، مخصوصاً این مطلب در مورد کوارتز بخوبی صادق است. مثل کوارتز بی رنگ (دُر کوهی)، کوارتز سفید (کوارتز شیری)، کوارتز بنفش (آمیتیست)، کوارتز زرد (سیتین) و کوارتز دودی.

**ج) پسیدو کروماتیسیم (Pseudochromatism= رنگ کاذب):** بعضی از کانیها شفاف و یا نیمه شفاف در جهات مختلف رنگهای متفاوتی از خود نشان میدهند این کانیها اصولاً فاقد رنگ می باشند ولی چون شعاعهای نوری پس از برخورد به سطح کریستالی آنها که دارای رخ و یا ماکلهای ریزی می باشند در جهات گوناگون انعکاس می یابند در نتیجه تداخل این شعاعهای انعکاسی در جهات مختلف رنگهای متفاوتی را بوجود می آورند و البته گاهی نیز این پدیده گمراه کننده می باشد. مثل کانی های لابرادور و اوپال.

## 3- رنگ خاکه (Streak):

رنگ خاکه یک کانی، رنگ پودر حاصل از سایش آن بر روی چینی بدون لعاب است چون رنگ خاکه نسبت به رنگ خود کانی واضح تر است از این رو اهمیت بیشتری دارد. علاوه بر این ممکن است رنگ یک کانی بارنگ خاکه آن تفاوت داشته باشد مثلاً هماتیت که رنگ خاکستری فولادی دارد رنگ خاکه اش قرمز آجری تاقهوه ای است و پیریت که رنگ زرد برنجی دارد رنگ خاکه اش سیاه است، همچنین ممکن است دو کانی که دارای یک رنگ هستند خاکه متفاوت داشته باشند مثلاً هماتیت و مگنتیت، گالن و اولیژیست گاهی ممکن است رنگ کانی بارنگ خاکه یکی باشد چنانکه در مگنتیت هر دو رنگ سیاه و در آزوریت هر دو رنگ آبی است.

## 4- جلا (Lustre):

قبلاً اشاره شد نوری که به یک جسم می تابد قسمتی جذب شده و بقیه منعکس می گردد. منظره ای را که نور منعکسه در سطح جسم بوجود می آورد، جلا نامیده می شود. جلا به سطح کانی، ضریب شکست، رنگ و همچنین مقدار نوریکه جذب کانی می شود بستگی دارد.



جلا براساس وابستگی های مزبور به چند دسته تقسیم می شود:

جلائی فلزی: مثل انواع فلزات (پیریت، گالن، کالکوپیریت)

جلائی شبه فلزی: مثل سینابر

جلائی چرب: مثل سرپانتین

جلائی مرواریدی: مثل میکاها

جلائی ابریشمی: مثل هورنبلند، آزبست

جلائی شیشه ای: مثل کوارتز

جلائی الماسی: مثل الماس

### 5- سختی (Hardness):

مقاومتی را که یک کانی در مقابل جسم و یا کانی دیگر از خود نشان میدهد سختی نامیده می شود. مثلاً سائیدن یک جسمی بر روی جسم دیگر و یا شیار انداختن در روی آن به وسایل مختلف که باعث مقاومت نشان دادن آن می گردد میزان سختی آن را مشخص می نماید. جسم هر چه بیشتر مقاومت از خود نشان دهد سخت تر و لذا تیغه و یا وسایل سخت و سخت تری لازم است تا در روی آن جسم شیار بیاندازد و یا اثر کند. برای این که بتوان سختی یک کانی را تشخیص داد، باید از معیارهای معینی استفاده کرد که مهمترین آن سختی موهس (Mohs) می باشد.

### جدول - مقیاس سختی موهس (Mohs)

سختی	فرمول شیمیایی	نام کانی
۱	$Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$	Talc
۲	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Gypsum
۳	$CaCO_3$	Calcite
۴	$CaF_2$	Fluorite
۵	$Ca_5(PO_4)_3(F,OH,Cl)$	Apatite
۶	$KAlSi_3O_8$	Orthoclase
۷	$SiO_2$	Quartz
۸	$Al(SiO_4)(F,OH)_3$	Topaz
۹	$Al_2O_3$	Corundum
۱۰	C	Diamond

## کانی های سیلیکاته (Silicates)

کانی هایی که سختی آنها تا 2 می باشد با ناخن و آنهائی را که تا سختی 5 دارند می توان با چاقو خط انداخت و تشخیص داد. برای تشخیص سختی های بیش از 5 باید از کانی ها استفاده نمود.

### 6- وزن مخصوص (Specific gravity):

وزن مخصوص کانی ها بستگی به وزن اتمی، نوع ترکیب، قطر یونی (اتمی و مولکولی) و ساختمان داخلی دارد.

وزن مخصوص	میزان بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب ( $\text{g/cm}^3$ )
کم	$< 2/8$
متوسط	2/8-4
زیاد	4-6
خیلی زیاد	$> 6$

### 7- بو (Smell):

بعضی از کانیها دارای بو مخصوصی هستند که می توان آنها را از این طریق تشخیص داد مثلاً گوگرد دارای بوی باروت است. ترکیبات آرسن دار مثل آرسنو پیریت، زرنیخ زرد و زرنیخ قرمز دارای بوی سیر هستند.

### 8- مزه (Taste):

از مزه هم در کانی شناسی میتوان کمک گرفت، چون بعضی از کانیها دارای مزه اند مثل نمک طعام و یا خاک رس مزه ای چون خاک دارد و کلرور پتاسیم مزه سوزنده ای دارد.

### 9- رخ (Cleavage):

بعضی از بلورهای کانیها در هنگام شکسته شدن منظم در امتداد سطح یا سطوح معینی (سطح شبکه بلور) از همدیگر جدا می شوند که بستگی به ساختمان داخلی و اتمی آنها دارد. یعنی نیروی اتصال بین اتمها در جهات مختلف متفاوت می باشند، مثلاً بلور نمک طعام و کلسیت در سه جهت تورق پیدا می کنند در حالیکه کانی میکا همیشه در امتداد یک سطح ورقه ورقه می شوند.

10- سطح جدایش و شکست (Fracture):

گاهی اوقات پیش می آید که یک بلور در اثر ضربه وارد کردن در جهتی غیر از جهت رخ به طور نامنظم می شکنند این سطح شکست معمولاً دارای شکل یا فرم خاصی است مثل: سطح شکستگی صدفی (مثل کوارتز)، مضرس (پیریت)، دندانان ای (مس).

11- هدایت گرما (Termal conductive):

گرما شفافیت کانی های آبداری مثل ژئپس را از میان می برد، چنانچه اگر شعله کبریت را به ورقه های آن نزدیک کنیم، کدر می شود و بدین وسیله از میکای سفید (طلق نسوز) مشخص می گردد.

12- هدایت جریان برق (Electrical conductive):

بعضی از کانی ها هادی جریان برق می باشند مثل نقره که میزان هدایت آن 100 و مس 90 است.

13- خاصیت مغناطیسی (Magnetism):

این خاصیت در جهات مختلف کریستالوگرافی برای بعضی از کانیها به طور متفاوت مشاهده می شود. این خاصیت در کانی مگنتیت به طور قوی ولی در کانی هایی از قبیل پیروتین و کرومیت به طور ضعیف وجود دارد.

14- خاصیت ارتجاعی و خمیدگی (Flexibility, Elasticity):

اگر یک جسم تغییر شکل یافته پس از بین رفتن عامل تغییر شکل دوباره به حالت اول برگردد، گویند جسم دارای خاصیت ارتجاعی (الاستیسی) می باشد. اگر فشار وارده بیش از حد معینی باشد دیگر جسم به حالت اول برنمی گردد (پلاستیسی). کانی های میکا، کلریت، وحتى چوب دارای خاصیت ارتجاعی (الاستیسی) و کلسیت، پلاستیسی است.

15- خاصیت شکنندگی (Brittleness):

بعضی از عناصر و یا کانیها دارای خاصیتی هستند که در اثر ضربه و یا فشار به طور ناگهانی از سر حد ارتجاعی گذشته و به صورت ذرات ریز جدا می شوند که این خاصیت را شکنندگی گویند. مثل تترائدریت و تنانتیت که در اثر خراش با چاقو دانه های آن با صدای مخصوصی از کانی جدا می شوند.

16- لومینسانس (Luminescance):

کانی ها در صورتی دارای خاصیت لومینسانس هستند که بدون دخالت گرما و یا حرارت، یک انرژی را به انرژی نورانی تبدیل کنند، در نتیجه نورهایی که دارای طول موج کوتاه هستند به امواج بلند تری تبدیل می گردند. در اثر تابش پرتوهای X، رادیوم و ماوراء بنفش که دارای طول موج کوتاه هستند مشاهده می شود که کانی از خود نور ساطع

میکند، لومینسانس را بر حسب شرایط درخشش در اثر تابش اشعه های مختلف به دو دسته، فلورسانس و فسفرسانس تقسیم می کنند، فلورسانس به خاصیتی گفته می شود که جسم در حین تابش اشعه مختلف از خود نور ساطع می کند و با قطع اشعه، آن تابش قطع می شود. چون این خاصیت برای اولین بار در کانی فلورین دیده شده به همین علت فلورسانس نامیده می شود و کانی ها و یا اجسامی که بعد از قطع اشعه باز هم از خود نور ساطع می کنند، خاصیت فسفرسانس دارند.

#### 17- خاصیت رادیو اکتیویته (Radioactivity):

در سال 1896 بکرل فرانسوی مشاهده کرد که اشعه ئی مرموز بر کاغذ عکاسی که در پاکت بسته قرار داشت اثر کرده و آن را سیاه نموده، در سال 1898 رادر فورد انگلیسی چنین نتیجه گرفت که این پرتوها از اشعه الفا (هسته اتم هلیوم)، اشعه بتا (الکترون های جدا شده از اتم ها) و اشعه گاما (همانند اشعه مجهول دارای طول موج بسیار کوتاه در حد انگستروم است) بوجود آمده. سرعت اشعه آلفا در کانیهای مختلف متفاوت می باشد ولی بطور کلی دارای سرعت  $1/5 \times 10^9$  تا  $2/3 \times 10^9$  سانتیمتر بر ثانیه است.

سرعت اشعه بتا تقریباً برابر  $99/8$  درصد سرعت نور است. سرعت اشعه گاما بستگی به انرژی دارد که به آن داده شده است. عناصری که در انتهای جدول شیمیایی مندلیف وجود دارند، بخودی خود این پرتوها را ساطع می کنند، لذا بعد از مدتی این عناصر به عنصر دیگری تبدیل می گردند، این تغییرات و یا تبدیل عنصر به عنصر کمک می کنند. تا عمر زمین و یا پدیده های زمین شناسی را تعیین نمود. امواج رادیو اکتیو را می توان بوسیله دستگاههای مختلف تشخیص داد، ساده ترین آن ها کنتور گایگر و مولر است.

#### 18- پیزو الکتریسیته (Piezoelectricity):

در اثر آزمایشاتی که بر روی کوارتز صورت گرفته نشان داده شده که اگر کوارتز را زیر فشار و یا کشش قرار دهند در جهات معینی دارای بار الکتریکی می شود که یک طرف آن مثبت و جهت دیگر منفی است، این خاصیت را پیزو الکتریسیته می نامند. البته جهات الکتریکی در اثر کشش و یا فشار عوض می گردد یعنی اینکه آن طرف که در موقع کشش مثبت بوده در اثر فشار تبدیل به منفی می گردد.

#### 19- پیرو الکتریسیته (Pyroelectricity):

چنانچه در اثر گرما دو سر کریستالی دارای بار الکتریکی شود به این خاصیت پیروالکتریسیته می گویند. اگر تورمالین گرم را وارد مخلوطی از پودر گوگرد و سورنج کنند به یک سر آن گوگرد و سر دیگر آن سورنج جمع می گردد. در اثر سرد کردن همان کریستال در داخل هوای مایع باز هم بار الکتریکی بوجود می آید متنها با بار مخالف. هر کانی که پیرو الکتریسیته است پیروالکتریسیته هم می باشد.

## 20- آگرگات (Aggregate):

در اثر کریستالیزاسیون یا سرد شدن ماده مذاب کانیهای زیادی بوجود می آید که نحوه آرایش اجتماع آنها را آگرگات می گویند، البته ممکن است یک کانی با چند کانی دیگر و یا حتی یک مینرال با ترکیب مشابه خود آگرگات تشکیل بدهد که در این صورت تجمع منو مینرالی بوجود می آید. انواع آگرگات میتواند از انواع: کلیه ای، فیبره یا لیافی، دانه ای، انشعابی، ورقه ای یا پولکی، شعاعی، گل کلمی، ساقه ای، دندریتی، تیغه ای یا بادبزی، استلاکتیت یا استلاکتیت، برگی، شبکه ای، متراکم یا Compact باشد.

## 21- سیستم تبلور (System Crystallization):

به بخش اول جزوه مراجعه شود.

## 22- ماکل (Twinning):

ماکل لغتی فرانسوی است به نام "دوقلو". اگر دو بلور از یک کانی طبق نظم و ترتیب معینی تحت قانون ماکل متبلور گردند و رشد نمایند تشکیل ماکل داده اند. اگر تشکیل ماکل در بین دو بلور صورت بگیرد آن ماکل را ماکل کارلسباد گویند (ماکل دوقلویی) مانند فلدسپات پتاسیک (اورتوز). گاهی ممکن است که ماکل به تعداد زیادی در یک بلور تکرار گردد، به این نوع ماکل، ماکل پلی سنتتیک می گویند مانند کانی آلپیت و کلسیت.

## 23- ترکیب شیمیایی (Chemical composition):

در کانی شناسی تعیین ترکیب شیمیایی از مهمترین قسمتهای آن است از این طریق می توان خواص فیزیکی و شیمیایی کانی ها را مشخص نمود. کانی ها می توانند دارای ترکیب مرکب و یا ساده باشند.

ترکیب ساده:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{FeS}_2$

ترکیب مرکب:  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ,  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$

در یک ترکیب شیمیایی می تواند شامل بلورهائی باشند که دارای ساختمان داخلی برابر، فاصله شبکه ای برابر و موازنه شیمیایی هستند یعنی دارای شبکه ایزوتیت میباشند که به این ترکیب شیمیایی ایزومورف (Isomorphous) گویند پس بلورهائی که دارای شبکه های ایزوتیپ (خصوصیات مذکور) هستند می توانند در حالت مذاب یا جامد با یکدیگر آمیخته و تشکیل بلور ایزومورف (Mix Crystalline) را بدهند، در این صورت دو کانی می توانند بطور بی نهایت با یکدیگر مخلوط گردند بدون اینکه تغییری در شبکه بلوری آنها بوجود آید. بعنوان مثال اولیون  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$  از دو کانی فورستریت  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  و فیالیت  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  ترکیب یافته می باشد.

- 24- ذوب بوسیله فوتک (Biowpipe)
- 25- رنگ شعله (Coloration of flame)
- 26- خواص مشخص (Diagnostic feature)
- 27- پاراژنز (Paragenesis)
- 28- بوجود آمدن یا پیدایش (Occurance)
- 29- استفاده در صنعت (Uses)
- 30- نام کانی (Name)

مقدمه:

کانی های سیلیکاته مهم ترین اعضای تشکیل دهنده پوسته جامد زمین و حتی سنگ های متاوریتی (شهابی) هستند. تعداد کانی های سیلیکاته در مجموع یک سوم کلیه کانی های پوسته جامد زمین را تشکیل می دهند، ولی بر حسب محاسباتی که تا به امروز انجام گرفته 95 درصد پوسته جامد زمین را سیلیکات ها تشکیل می دهند، چنانچه 12 درصد انواع کوارتز هم جزء سیلیکات ها محسوب می گردد.

سیلیکات ها در کلیه شرایط زمین شناسی آذرین، دگرگونی و رسوبی بوجود می آیند، در رسوبات بصورت خاک رس یا خاک چینی (کائولن) در شیب های دگرگونی، آذرین درونی و بیرونی تشکیل می یابند. اهمیت سیلیکاتها از نظر استفاده صنعتی می باشد، چون در ترکیبات اکثر آن ها عناصر یا فلزات نافعی چون نیکل، روی، سدیم، اورانیم و زیرکونیم شرکت دارند، در ضمن چون اکثر سیلیکاتها شفاف هستند بلورهای خوش رنگ آن ها استفاده زینتی دارند مانند زمرد، تورمالین (کرکهان)، توپاز (کرکند)، آکوامارین (زمرد بحری) و غیره.

عناصری که در ترکیبات سیلیکاتها شرکت دارند بسیار زیادند ولی مهمترین آن ها عبارتند از: سدیم، پتاسیم، لیتیم، کلسیم، منیزیم، بریلیم، منگنز، آلومینیم، بور، آهن دو و سه ظرفیتی، زیرکونیم، تیتانیم، عناصر کمیاب، اوران ها و غیره.

سیلیکات ها از نمک های مختلف اسیدهای سیلیسیم بوجود آمده اند، اسید ارتوسیلیسیم ( $H_4SiO_4$ ) پایه کلیه اسیدهای مختلف دیگر می باشد که بجای چهار هیدروژن می تواند یک عنصر چهار ظرفیتی (فلز) یا دو اتم دو ظرفیتی قرار گیرد. اگر از دو ملکول اسید ارتوسیلیسیم یک ملکول آب گرفته شود اسید ارتودی سیلیسیم یا پلی سیلیکات بدست می آید با فرمول  $(Si_8O_7)^{6-} = H_6Si_8O_7$  چنانچه یک ملکول آب از اسید ارتوسیلیکات گرفته شود به اسید متاسیلیکات  $(Si_4O_{11})^{6-} = H_8Si_4O_{11}$  تبدیل می گردد. حال اگر گرفتن آب از ارتوسیلیکات ادامه داده شود، نمک های  $(Si_2O_5)^{2-}$  و  $(Si_2O_5)^{2-}$  بدست می آیند که اولی در اثر گرفتن 5 ملکول آب از 4 ملکول اسید ارتوسیلیکات و دومی در اثر گرفتن سه ملکول آب از دو ملکول ارتوسیلیکات تشکیل می گردد. چنانچه در آخرین مرحله کلیه آب اسید گرفته شود  $SiO_2$  باقی می ماند. عنصر آلومینیم بمقدار زیادی در ترکیبات سیلیکاتها دیده می شود و معمولاً دارای دونقش در ترکیبات سیلیکاتهاست. آلومینیم در حالت معمولی دارای عدد کئوردیناسیون شش (اکتائدر) است ولی گاهی دارای عدد کئوردیناسیون چهار (تترائدر) می شود. در این صورت می تواند بجای سیلیسیم بنشیند و دارای همان خواص گردد.

چنانچه آلومینیم بجای سیلیسیم بنشیند (شعاع یونی آلومینیم 0/51 آنگسترم - شعاع یونی سیلیسیم 0/42 آنگسترم) بواسطه داشتن ظرفیت سه، یک بار منفی در شبکه بلوری زیاد می شود، این بار اضافی منفی را یک عنصر یک ظرفیتی مثل سدیم، پتاسیم و یا لیتیم می تواند خنثی کند. با در نظر گرفتن این دو حالت به آلومینیم دو نام جداگانه در سیلیکات

ها داده اند، اگر آلومینیم مانند عناصر دیگر در ترکیبات سیلیکات ها شرکت داشته باشد به سیلیکات آلومینیم معروف است، ولی اگر بجای سیلیسیم نشسته باشد آلوموسیلیکات نامیده می شود.

چون درسیلیکات ها معمولاً آلومینیم دارای نقش سیلیسیم می باشد، فرمول کلی  $(Si,Al)O_4$  را می نویسند این ترکیب شیمیایی طبق شرایط خاصی می تواند به اشکال مختلف پدید آید که در زیر آمده است:

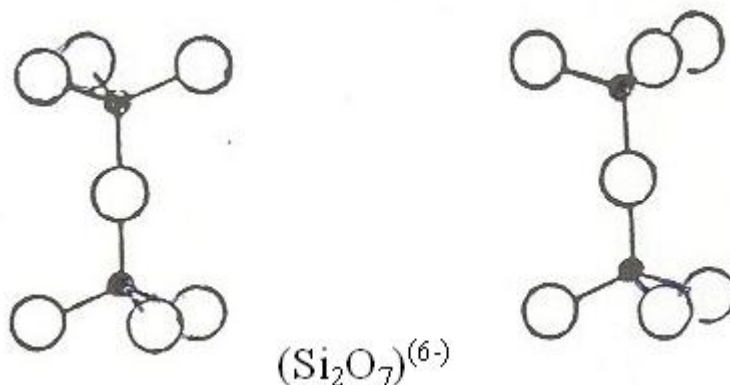
### انواع سیلیکاتها:

1) سیلیکات های جزیره ای یا نروسیلیکات ها (Nesosilicates): این سیلیکات ها از تتراندراهای تنهای  $(SiO_4)^{(4-)}$  که هیچگونه رابطه ای با تتراندراهای بعدی ندارند بوجود آمده اند، در شکل یک تتراندر تنها مشاهده می شود.



شکل 72) سیلیکات جزیره ای یا نروسیلیکات مثل الیون

2) سیلیکات های دنبلی یا سوروسیلیکات (Sorosilicates): در اثر بهم جوش خوردن دو رأس تتراندر یک اکسیژن از مجموع دو سیلیکات کم شده و فرمول  $(Si_2O_7)^{(6-)}$  که دارای شکل دنبلی است بوجود می آید، منتهی جوش خوردن (رأس) تتراندراها دو حالت است که در شکل مشاهده می شود.

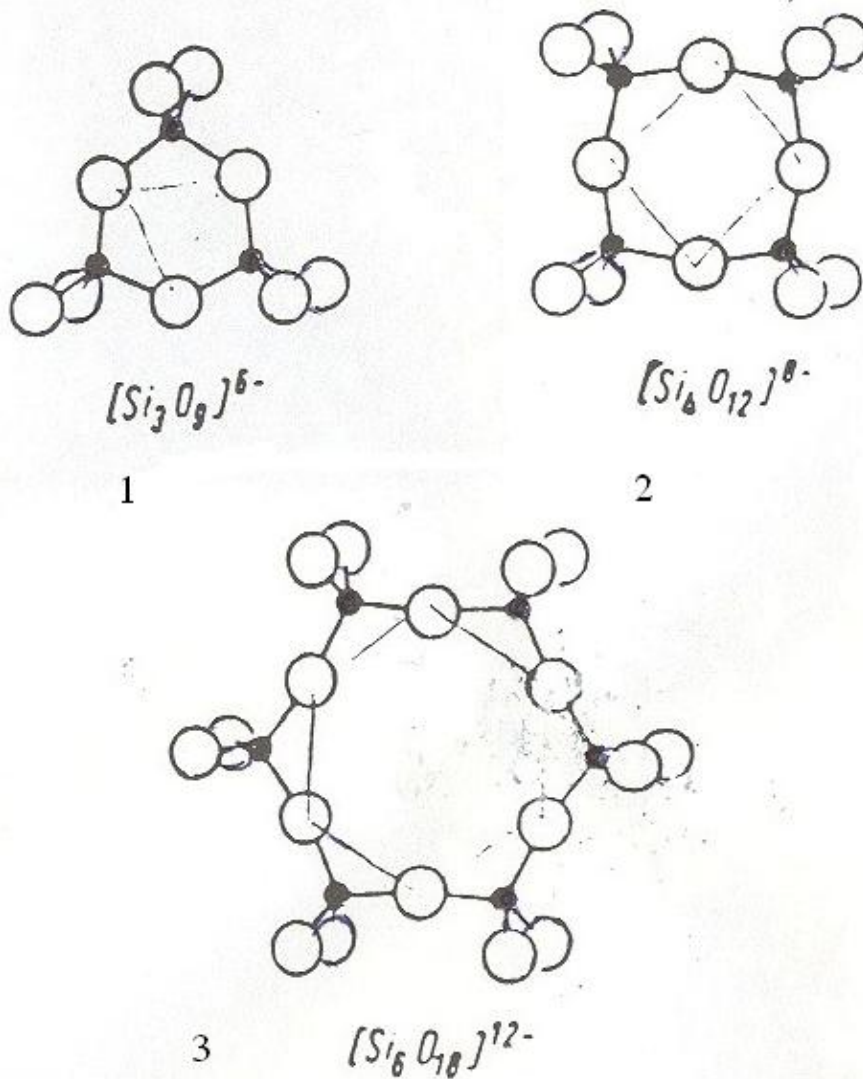


شکل 73) سیلیکات دنبلی یا سوروسیلیکات مثل همیمورفیت و تورنواپتیت



3) سیلیکات های حلقوی یا سیکلوسیلیکات (Cyclosilicates): به این سیلیکات گاهی رینگ سیلیکات هم می گویند. تعداد سه، چهار و یا شش تتراندر می تواند به یکدیگر متصل شده و تشکیل حلقه های سه، چهار و شش ضلعی را بدهند. از حلقه های سه ضلعی می توان بنیتوئیت را مثال زد بطوریکه در شکل دیده می شود سه تتراندر در سه رأس با هم مشترک هستند با فرمول کلی  $(Si_3O_9)^{6-}$ . چهار تتراندر تشکیل حلقه چهار ضلعی را می دهد با فرمول کلی  $(Si_4O_{12})^{8-}$  مثال آن نپتونیت است. چنانچه شش تتراندر با هم جوش بخورند حلقه های شش ضلعی پدید می آید که در شکل دیده می شود با فرمول  $(Si_6O_{18})^{12-}$  و مثال آن بریل است. رئوس کلیه تتراندرها در یک جهت است.

کاتیون ها بهم متصل می کنند. Benitoite-BaTi ( $Si_3O_9$ ), Neptunite-NaTi ( $Si_4O_{12}$ ), Beryl-Be<sub>3</sub>Al<sub>2</sub> ( $Si_6O_{18}$ ) این سیلیکات ها را هم

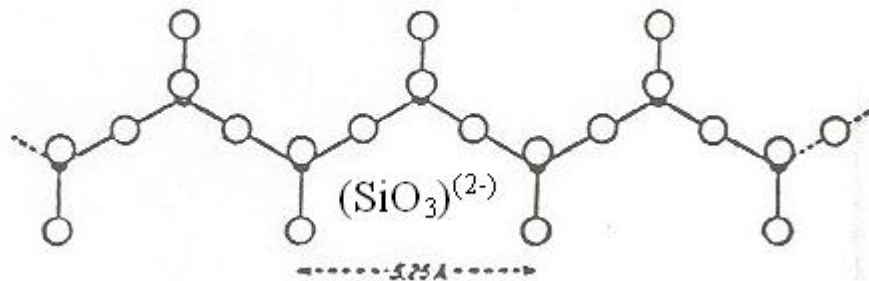


شکل 74) انواع مختلف سیلیکات ها حلقوی یا سیکلوسیلیکات ها، که به ترتیب بنیتوئیت، نپتونیت و بریل را می توان نام برد.

4) سیلیکات های زنجیری یا اینوسیلیکات ها (Inosilicates): سیلیکات های زنجیری چون در یک بعد نمو کرده اند دارای این نام هستند، یعنی اینکه تترائدرها پشت سر هم به یکدیگر متصل گردیده و پدیده ای چون زنجیر را بوجود می آورند.

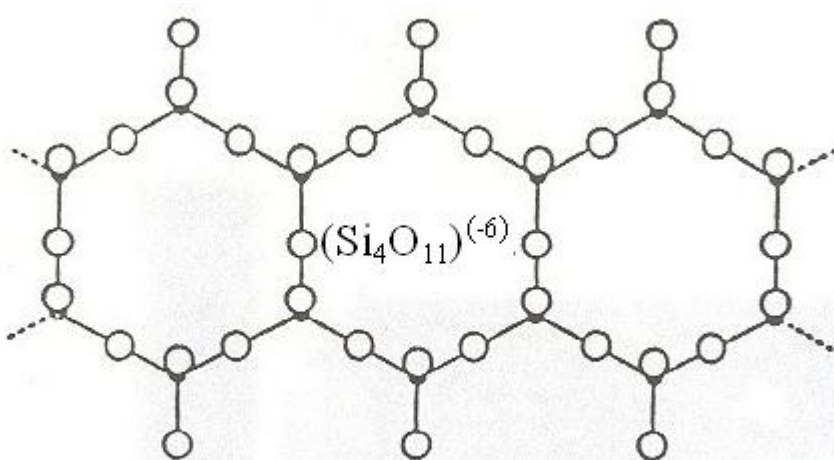
الف - تترائدرها بصورت زنجیر در یک طرف خط مستقیم با یک موقعیت مشخص قرار می گیرند. با فرمول کلی  $(\text{SiO}_3)^{(2-)}$  چون تترائدر دومی قرینه تترائدر اولی است.

ب - تترائدرها در دو طرف خط مستقیم بصورت هفت و هشت (یا به اصطلاح زیگزاگ) قرار می گیرند. با فرمول کلی  $(\text{Si}_2\text{O}_6)^{(4-)}$  چون سلول اولیه از دو تترائدر تشکیل یافته. این ساختمان داخلی مخصوص پیروکسن ها است. فاصله سلول اولیه 5/2 انگستر است.



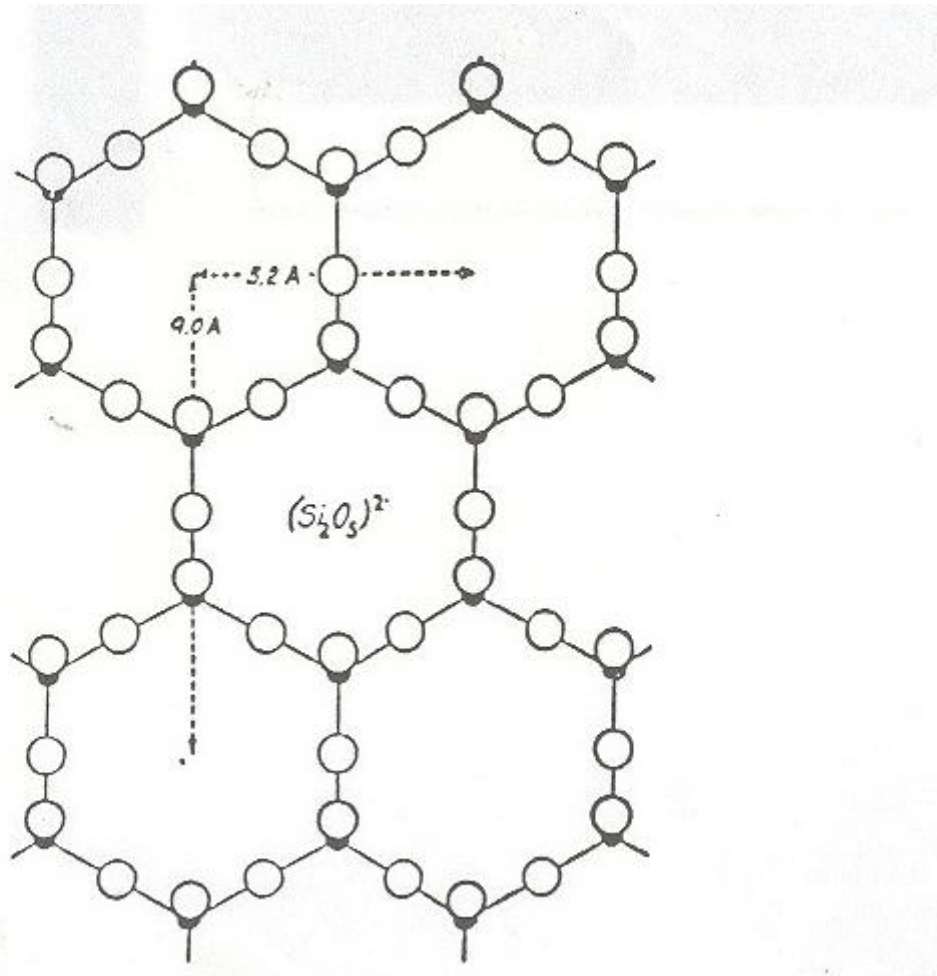
شکل 75) سیلیکات زنجیری یا اینوسیلیکات در پیروکسن ها

ج - چنانچه دو ردیف زنجیر پیروکسن ها بهم متصل گردند تشکیل باند را می دهند. سلول اولیه دارای فاصله 5/2 انگستر است با فرمول  $(\text{Si}_4\text{O}_{11})^{(-6)}$ . بطوریکه ملاحظه می گردد در مجموع یک اکسیژن کمتر از دو ملکول پیروکسن دارد، این نوع ساختمان داخلی در آمفیبول ها دیده می شود.



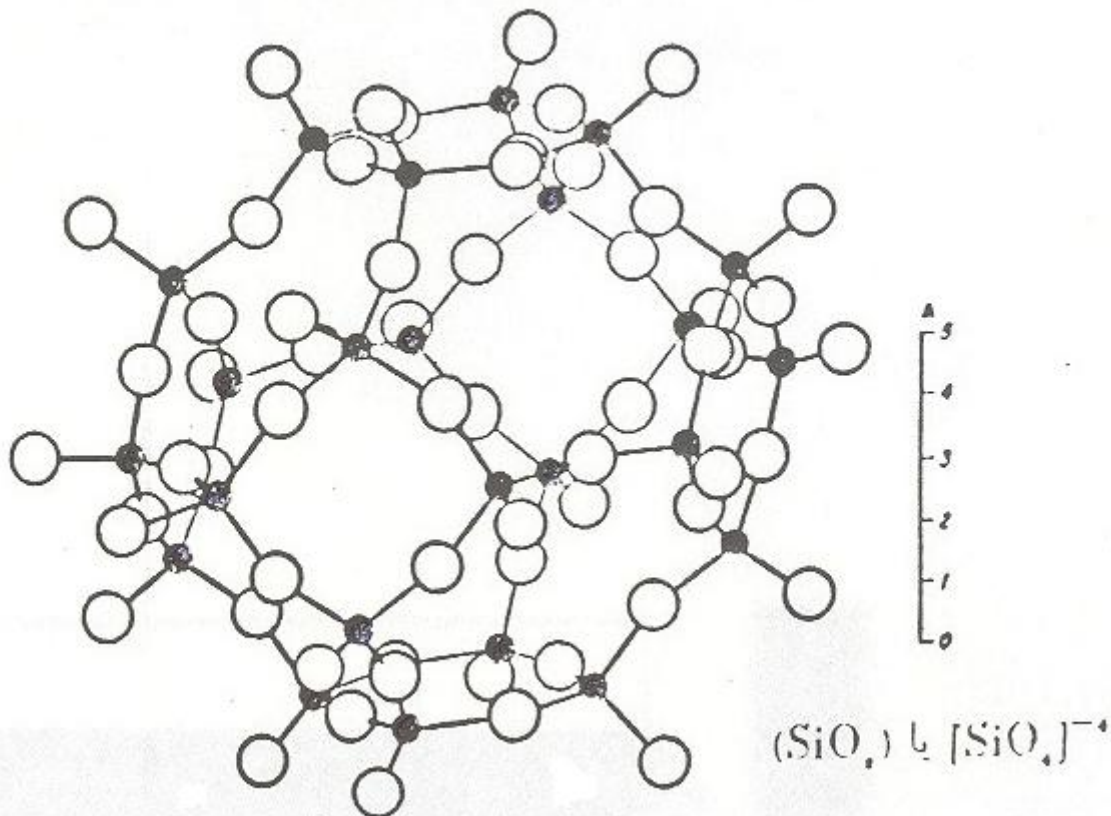
شکل 76) سیلیکات زنجیری یا اینوسیلیکات در آمفیبول ها

5) سیلیکات های ورقه ای یا فیلوسیلیکات ها (Phyllosilicates): فیلوسیلیکات ها رامی توان مطبق، سطحی و یا دو بعدی نیز نامید. این سیلیکات ها دارای فرمول کلی  $(Si_2O_5)^{2-}$  هستند، ولی بطور کلی می توان تصور نمود که از پهلوی هم قرار دادن سیلیکات های آمفیبول (باندی) که در دو بعد نمو کرده پدید آمده اند، بطوریکه در شکل دیده می شود سه گوشه تتراندرها به یکدیگر متصل هستند. گوشه آزاد آن ها همگی در یک جهت متوجه هستند، این اکسیژن های آزاد می توانند بوسیله کاتیون ها خنثی گردند و معمولاً منیزیم یا آلومینیم آن ها را خنثی می کنند. کاتیون ها در سیلیکات های ورقه ای دارای عدد کئوردیناسیون شش (اکتائدریک) هستند.



شکل 77) سیلیکات ورقه ای یا فیلو سیلیکات ها مثل میکا (موسکویت).

6) سیلیکات های سه بعدی یا تکتوسیلیکات ها (Tectosilicates): اگر جهات آزاد تتراندراهای فیلسیلیکات ها با تتراندراهای دیگر متصل گردند شبکه سه بعدی بوجود خواهد آمد. بطوریکه در مورد شبکه کوارتز دیده شد تتراندراهای آن در سه بعد نمو کرده بدون اینکه کاتیون ها باعث اتصال آن ها به یکدیگر باشند. فلدسپات ها و فلدسپاتوئیدها هم دارای چنین ساختمان داخلی هستند.



شکل 78) سیلیکات های سه بعدی یا تکتوسیلیکات ها مثل اولترامارین و فلدسپاتها

گاهی آلومینیم می تواند بجای سیلیسیم بنشیند و چون دارای ظرفیت سه می باشد، می بایستی یک ظرفیت مثبت دیگر هم به آن اضافه گردد. این کمبود ظرفیت را عناصری چون سدیم ، پتاسیم و لیتیم خنثی می کنند. گاهی ممکن است در ترکیب شیمیایی ظرفیت مثبت بیشتری وجود داشته باشد در آن صورت برای خنثی کردن بار اضافی مثبت آنیون های کلر ، فلورور ، اکسیژن ، سولفات و کربنات وارد ترکیب می شوند. در ساختمان سیلیکات ها آب نیز وجود دارد، این آب در داخل حفرات و کانال های شبکه کریستالی قرار می گیرند، در زئولیت ها آب مربوطه جزء فرمول شیمیایی نیست بلکه بصورت آزاد در داخل شبکه قرار گرفته است.

پلاژیوکلازها ترکیبی ایزومورف از دو کانی آلپیت و آنورتیت هستند، کلسیم آنورتیت بجای سدیم آلپیت مینشیند ولی چون دارای یک بار مثبت اضافی است یک آلومینیم سه ظرفیتی دیگر بجای سیلیسیم چهار ظرفیتی می نشیند، لذا بار

اضافی مثبت بدینوسیله خنثی می گردد. در ادامه می بینیم که دو اتم آلومینیم بجای سه اتم منیزیم و یا دو اتم آلومینیم جای سه اتم آهن می نشیند، منتها در عدد کئوردیناسیون تغییری حاصل نخواهد شد. معمولاً در سیلیکات ها عدد کئوردیناسیون از چهار بیشتر است و بعضی از فلزات دارای دو و یا سه نوع عدد کئوردیناسیون هستند.

## I) سیلیکاتهای جزیره ای یا نروسیلیکات ها (Nesosilicates):

بطوریکه در پیش توضیح داده شد سیلیکات های جزیره ای یا نروسیلیکات ها از تتراندرهای آزاد و یا تنها که هیچ گونه رابطه ای با تتراندرهای بعدی ندارند بوجود آمده اند، این تتراندرها فقط بوسیله کاتیون های مختلف به یکدیگر متصل شده اند.

از گروه نروسیلیکات ها کانی های الیون، زیرکن، گارنت، گروه دیستن، استارولیت و اسفن توصیف می شود.

### الف - گروه الیون (Olivine Group):

این رده دارای فرمول کلی  $M_2(SiO_4)$  است که بجای M می تواند کاتیون های دو ظرفیتی آهن، منیزیم، کلسیم، روی، منگنز، نیکل، کبالت و سرب قرار گیرند.

#### 1- اولیون (Olivin):

فرمول شیمیایی:  $(Mg,Fe)_2SiO_4$

**نامگذاری:** بواسطه داشتن رنگ سبز مثل زیتون از لغت لاتین Oliva اقتباس شده است. بفارسی زبرجد گفته می شود.

بواسطه داشتن سطوح زیاد الیون از ترکیب دو کانی ایزومورف تشکیل یافته بنام های فایالیت  $Fe_2SiO_4$  و فورستريت  $Mg_2SiO_4$  البته ترکیب درصدهای مختلف آن ها دارای نام های دیگر است.

فورستريت (Fo):  $Mg_2SiO_4$  « نقطه ذوب  $1880^\circ C$  »

فایالیت (Fa):  $Fe_2SiO_4$  « نقطه ذوب  $1205^\circ C$  »

الیون  $(Mg,Fe)_2SiO_4$  { Fo=% ۸۰ ، Fa= % ۲۰ }

هرچه بر مقدار Fe در ترکیب الیون اضافه می شود وزن مخصوص آن نیز افزایش می یابد و نقطه ذوب پایین می آید.

**ایزومورف:** کانی هایی که 1) شعاع یونی مشابه 2) سیستم تبلوریکسان 3) اختلاف بارالکتریکی بیش از یک داشته باشند.

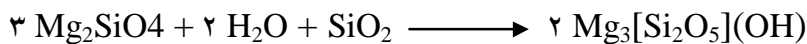
**سیستم تبلور:** اورتورمبیک بی پیرامیدال

**آگرگات:** دانه ای یا دانه های سست، دانه های ریز و متراکم و گلوله ای که در بازالت دیده می شود.

**خواص فیزیکی:** شفاف برنگ سبز زیتونی، زرد مایل به سبز، سبز، سبز تیره در اثر شروع اکسیداسیون قرمز تا قرمز قهوه ای، گاهی بی رنگ و شفاف و نوع سبز آن که شفاف می باشد جهت زیورآلات استفاده می شود و بنام کریزولیت و پریدوت می باشد و از جزیره زبرجد در دریای سرخ استخراج می شود بهمین علت به آن در فارسی زبرجد گویند. جلاشیشه ای تا چرب، سختی 6/5-7، وزن مخصوص 3/3-3/5، رخ در جهت {۰۱۰} در مقابل فوتک ذوب می شود و در اسید کلریدریک حل نمی شود ولی در اسید سولفوریک غلیظ حل شده و رسوب سیلیس می دهد.

**پیدایش:** در سنگ های آذرین بازیک مانند گابرو، دیاباز، بازالت و الترا بازیک مانند دونیت و پریدوتیت بوجود می آید. بصورت پلاسر Placer نیز یافت می شود. در سنگ های دگرگونی در بخش های زیرین شیست ها وجود دارد. گاهی در دولومیت ها و آهک ها و رگه های کلسیتی نیز یافت می شود.

**دگرسانی (Alteration):** این کانی به آسانی تخریب شده و کانی های سرپانتین، تالک، منیزیت، همتیت و غیره حاصل می شود. عامل تخریب آب های نفوذی هستند که در خود انیدرید کربنیک CO<sub>2</sub> و اکسید سیلیسیم حل نموده اند.



فورستريت

سرپانتين



سرپانتين

تالک



اليوين

سرپانتين

اليوين مستقیماً هم به تالک تبدیل می شود:



اليوين

تالک

**استفاده در صنعت:** اليوين شفاف جهت زیورآلات بکار می رود. سرپانتین حاصل از دگرسانی نیز در ساختن ستون ها، ظروف و بطور کلی بعنوان سنگ بنا بکار می رود. از انواع سبز زیتونی و شفاف آن تسبیح درست می کنند که به آن شاه مقصودی گویند.

ب- زیرکن (Zircon):

فرمول شیمیایی:  $ZrSiO_4$

نامگذاری: از دو لغت فارسی زر (zir) یا طلا و گون (gun) بمعنی رنگ اقتباس شده است.

**سیستم تبلور:** تتراگونال، رده دی تتراگونال بی پیرامیدال، سلول اولیه آن تقریباً یک شبکه است که در گوشه ها و در مرکز سلول اولیه Zr قرار دارد.

**آگرگات:** دانه ای، متراکم و بلورین.

**خواص فیزیکی:** شفاف تا نیمه شفاف، به رنگ زرد و بطور کلی رنگ های متعدد یافت می شود؛ نوع شفاف آن دارای جلای الماسی است و در سطح شکست تازه آن جلای چرب دارد. سختی  $7/5$ ، وزن مخصوص  $3/9-4/8$  و گاهی اگر هافنیم داشته باشد  $5/2$  است.

بعضی از آن ها بواسطه داشتن عناصر خانواده اوران ها، رادیواکتیو هستند و هاله ای سیاه رنگ بدور خود ایجاد می کنند بنام هاله پلئوکروئیک که اکثراً در بیوتیت مشاهده می شود. در مقابل فوتک ذوب نمی شود، در اسید غیر قابل حل است ولی پودر آن در سودا حل می شود، اگر کاغذ آغشته به زردچوبه را در آن وارد کنیم برنگ نارنجی در می آید (طرز تشخیص زیرکن).

**پیدایش:** در سنگ های آذرین اسیدی (گرانیت) و بیشتر حد واسط مانند، سینیت و در پگماتیت ها و در سنگهای دگرگونی (شیست) بوجود می آید. معمولاً  $1-0/1\%$  اینگونه از سنگ ها را به کانی آکسسور اختصاص می دهند. بعلت مقاومت زیاد آن در برابر مواد شیمیایی، تخریب در آن به سختی صورت می پذیرد لذا در رسوبات بصورت پلاسر (placer) نیز پیدا می شود.

**پاراژنز:** آپاتیت، فلورین، آلپیت، میکاها، گاهی با پیریت، مانیت و در پلاسرها همراه اسپینل  $MgAl_2O_4$ ، کزندوم، طلا، کوارتز یافت می شود.

**استفاده در صنعت:** بعلت هدایت حرارتی کم بعنوان پوشش داخلی کوره ها بکار می رود، بعلت عدم تاثیر اسیدها بر روی آن در صنعت شیشه سازی، سرامیک سازی و تهیه لوازم آزمایشگاهی بکار می رود. در عکاسی آلیاژ آن با منیزیم برای ساختن لامپ های فلاش بکار می رود چون در حین برق زدن دود نمیکند. با اضافه کردن زیرکن به فولاد بر مقاومت فولاد افزوده میشود.

بعلت مشابه بودن شعاع یونی زیرکن با هافنیم جهت استخراج این عنصر از آن (زیرکن) استفاده می شود.



ج - گروه گارنت (Garnet Group):

در گروه گارنت کانی های زیادی با ترکیب شیمیایی مختلف وجود دارد که دارای فرمول کلی  $R_3^{(2+)} R_2^{(3+)}$   $[SiO_4]_3$  میباشد. بجای  $R^{(2+)}$  عناصر دو ظرفیتی  $Mg, Ca, Fe^{2+}$  و  $Mn$  و بجای  $R^{(3+)}$  عناصر سه ظرفیتی  $Al, Fe^{3+}, Cr, Ti$  قرار می گیرد.

انواع گارنت:

**پیروپ (Pyrope):**  $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$  به رنگ قرمز سیر، سیاه یا ارغوانی است.

**آلماندین (Almandine):**  $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$  به رنگ قرمز سیر یا قرمز متمایل به قهوه ای است.

**اسپسارتین (Spessartine):**  $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$  به رنگ قرمز تیره، بنفش تا قرمز متمایل آبی است.

**گروسولار (Grossular):**  $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$  به رنگ زرد کم رنگ یا قهوه ای در اثر داشتن عنصر کروم سبز رنگ می باشد.

**آندرادیت (Andradite):**  $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$  به رنگ قرمز بسیار تیره، زرد، سبز، قهوه ای و سیاه است.

**اواروویت (Uwarowite):**  $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$  به رنگ سبز زمردی روشن است.

**نامگذاری:** نام گارنت از لغت لاتین *Granatus* (گراناتوس) بمعنی دانه ای شکل گرفته شده است.

**سیستم تبلور:** کوبیک، رده هگزاگونال اکتائدریک می باشد. فرم کریستالی اکثر آن ها رومبوئدر دود کائدریک می باشد.

**آگرگات:** کریستال های آن دانه های ریز و درشت و یا گرانول می باشد.

**خواص فیزیکی:** گراناها بواسطه داشتن مواد مختلف همانطور که در بالا ذکر گردید و همچنین داشتن ناخالصی های متفاوت دارای رنگهای گوناگون هستند. بطور کلی دارای وزن مخصوص متفاوت و در حدود  $3/5$  تا  $4/3$  می باشند همگی دارای سختی  $7/5$  تا  $6/5$ ، رخ در جهت  $\{110\}$  ناقص، سطح شکست صدفی، شکننده. گراناها را می توان از فرم کریستالی مشخص جلای چرب تا شیشه ای و سختی زیاد تشخیص داد. در مقابل فوتک به آسانی ذوب نمی شود مگر نوع کروم دار (اواروویت)، نوع آهن دار آن نیز خاصیت مغناطیسی پیدا می کند. این کانی در اسید کلریدریک حل نمی شود.

**پیدایش:** این کانی اکثراً در کنتاکت متاسوماتیک (Metasomatic Contact) در اثر نفوذ ماگما به درون سنگ های آهکی مثل کلسیت و دولومیت در حرارت های زیاد بوجود می آید. بعلت مقاومت و سختی آن بصورت



پلاسر (Placer) نیز یافت می شود. در اکثر شیست ها و دگرگونی ناحیه ای نیز در ترکیب سنگ اکلوزیت وارد می شود.

**پاراژنز:** همراه دیستن، دی افسید، کلریت، اپیدوت، تالک، آکتینولیت، بیوتیت و سیلیمانیت ظاهر می شود.

**موارد مصرف:** در ساختن سنباده و در کارهای صیقل دادن، در صنعت سرامیک سازی، پرده های سینما و در کائوچو سازی استفاده می شود. نوع شفاف و خوش رنگ آن را جهت زیورآلات بکار می برند.

### د- گروه دیستن (Disthene Group):

**فرمول شیمیایی:**  $Al_2SiO_5$  یا  $Al_2O [SiO_4]$

در این گروه اکسیژن علاوه بر شرکت در فرم تتراندر بصورت مجزا نیز وجود دارد، بنابراین بصورت جدا نوشته می شود. ترکیب  $Al_2O [SiO_4]$  شامل سه کانی بصورت پلی مورف می باشد:

1- دیستن      2- آندالوزیت      3- سیلیمانیت

و بطور کلی اختلاف آن ها بستگی به عدد کئوردیناسیون و تعداد یون آلومینیم دارد. در این سری کانی ها نیمی از یون آلومینیم دارای عدد کئوردیناسیون [6] و نیمی بترتیب [4]، [5]، [6] می باشد.

$Al_6 [O|SiO_4]$  (Disthene)

$Al_5 [O|SiO_4]$  (Andalusite)

$Al_4 [O|SiO_4]$  (Sillimanite)

### 1- دیستن یا کیانیت (Disthene or Kyanite):

**فرمول شیمیایی:**  $Al_6 [O|SiO_4]$

**نامگذاری:** در زبان انگلیسی نام کیانیت بیشتر بکار می رود تا دیستن، کیانیت به معنای آبی سیر است و نام دیستن شامل Di + Stenos بترتیب بمعنای دو و مقاومت یا سختی است. بدین دلیل که کانی دیستن در دو جهت مختلف سختی های متفاوتی دارد.

**سیستم تبلور:** تری کلینیک، رده پیناکوئید.

**آگرگات:** شعاعی، شعاعی نامنظم، دانه های درشت، متراکم و مطبق.

**خواص فیزیکی:** شفاف، بی رنگ، اکثراً آبی البته نامتعادل، دارای سختی متفاوت در سطوح مختلف مثلاً در سطح {100} سختی 4/5، عمود بر آن 6، و در سطح {010} دارای سختی 7 می باشد. وزن مخصوص 3/6 تا 3/7، سطح

شکست الیافی، ترد و شکننده. خصوصیت ویژه این کانی دو جهت سختی متفاوت و رنگ آبی است. در مقابل فوتک ذوب نمی گردد، در اسید کلریدریک حل نمی شود.

**پیدایش:** در شیست هایی که دارای مواد سیلیکات آلومینیم هستند، و در دگرگونی فشاری بوجود می آید. البته بصورت پلاسما هم دیده می شود.

**پاراژنز:** تورمالین، روتیل، استارولیت، آندالوزیت، کزندوم و میکا است.

**موارد مصرف:** در صنعت کوره سازی مورد استفاده زیاد دارد. این کانی در اثر حرارت به مولیت

$Al_6Si_2O_{13}$  یا  $(3 Al_2O_3, 2 SiO_2)$  تبدیل می شود که دارای فرم فیبره و مقاومت زیاد در برابر حرارت می باشد، اسیدها حتی اسید فلئوئوریدریک روی آن اثری ندارد، بنابراین در سرامیک سازی و در ساختن مواد پوششی کوره ها استفاده دارد (شکل 79).

## 2- آندالوزیت (Andalusite):

فرمول شیمیایی:  $Al_2SiO_5$  (O|SiO<sub>4</sub>) Al[5] Al[6]

**نامگذاری:** این کانی برای اولین بار در ناحیه آندلس اسپانیا پیدا شد و به همین نام نامیده شد.

**سیستم تبلور:** اورتورمبیک، رده اورتورمبیک پیرامیدال.

آندالوزیت هایی که در رس های ذغال سنگ یا کربن دار بوجود می آیند. در حین نمو کریستال، این مواد در جهات معینی پخش گشته که کاملاً منظم می باشد و بطوریکه در مقطع آن بشکل صلیب یا ضربدر می باشد به این نوع آندالوزیت با ترکیبات ذغال، شیاستولیت Chialstolithe (کیاستولیت) گویند.

**آگرگات:** دانه ای و شعاعی است.

**خواص فیزیکی:** بندرت شفاف ولی اکثراً نیمه شفاف تا مات است. دارای رنگ های زرد، صورتی، قرمز، قهوه ای، خاکستری و بنفش با جلای شیشه ای، سختی 7/5 (نوع شیاستولیت 5/5)، وزن مخصوص 3/1 تا 3/2، رخ در جهت {110}، سطح شکست ناصاف، ترد و شکننده. خصوصیت ویژه این کانی، کریستال های منشوری، تجزیه شدگی به سریزیت و سختی زیاد می باشد.

در مقابل فوتک ذوب نمی شود و در حرارت های بالا به مولیت تبدیل می شود. در اسید حل نمی گردد.

**پیدایش:** در دگرگونی مجاورتی و در شیست ها (میکا شیست و در شیست های رسی و کربن دار) بوجود می آید.

**پاراژنز:** دیستن، گارنت، کزندوم، کوارتز و میکا.

استفاده در صنعت: بعلت مقاومت در پوشش داخلی کوره ها بکار می رود.

### 3- سیلیمانیت (Sillimanite):

فرمول شیمیایی:  $Al_6[Al_4(O|SiO_4)]$

نامگذاری: به افتخار کانی شناس و شیمیست امریکایی Silliman نامیده شد.

سیستم تبلور: اورتورمبیک ، رده بی پیرامیدال.

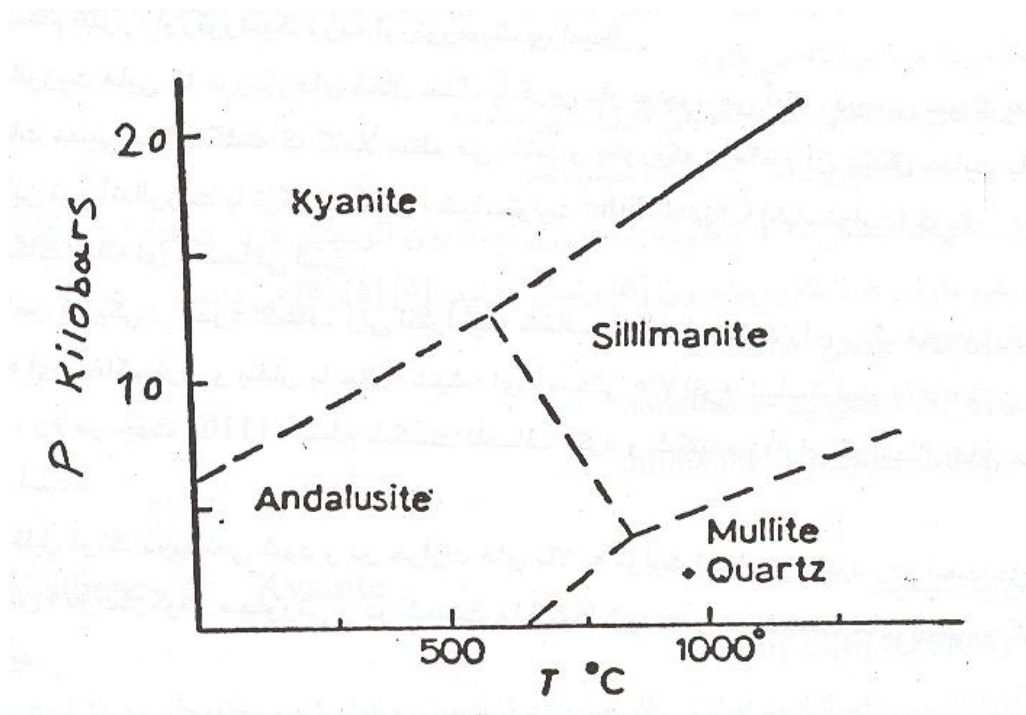
آگرگات: شعاعی، متراکم، فیبره، سوزنی و مویی.

خواص فیزیکی: شفاف تا نیمه شفاف، رنگ سفید، سبز، آبی و غیره، جلای شیشه ای، سختی 6 تا 7، وزن مخصوص 3/23 تا 3/27، رخ در جهت {110} کامل. سیلیمانیت را می توان از سختی زیاد، آگرگات سوزنی و مویی شکل شناخت در حرارت 1550 درجه به مولیت تبدیل می شود.

پیدایش: در حرارت های زیاد در پدیده دگرگونی مجاورتی، در میکاشیست ها و در اکلوزیت ها حاصل می شود.

پاراژنز: با آندالوزیت، کزندوم، اسپینل، کردیریت و میکا است.

موارد مصرف: مانند دیستن می باشد.



شکل ۷۹

ه - استارولیت (Staurolite):

فرمول شیمیایی:  $2\text{FeO} \cdot \text{AlOOH} \cdot 4 (\text{O}|\text{SiO}_4)$

نامگذاری: از لغت یونانی Stauros بمعنی صلیب یا بعلاوه (+) گرفته شده است، چون بلورهای آن دارای ماکلی چون یک بعلاوه (+) می باشد.

سیستم تبلور: اورتورمبیک بی پیرامیدال.

آگرگات: بلورهای آن شعاعی و دانه ای می باشند.

خواص فیزیکی: شفاف، قرمز خاکستری، قرمز روشن، بنفش قهوه ای، قهوه ای تا سیاه، خاکه سفید، جلای شیشه ای دارد ولی در سطح شکست تازه جلای چرب دارد. در اسید سولفوریک حل می شود. سختی 7-7/5، وزن مخصوص 3/7-3/8، رخ در جهت {۰۱۰}، سطح شکست صدفی

پیدایش: در حرارت های بالا در شیست های مربوط به دگرگونی ناحیه ای بوجود می آید. این کانی دارای سختی زیاد است و مواد شیمیایی روی آن اثر کمی دارند لذا بصورت پلاسر هم یافت می شود.

دگرسانی: استارولیت بعد از تخریب به میکا و کلریت تبدیل می شود.

پاراژنز: با کیانیت، آندالوزیت، کردیریت، مانیتیت، گارنت ها، میکاها، کلریت و پلاسه ها همراه است.

موارد مصرف: نوع شفاف آن برای زینت بکار می رود.

و - اسفن یا تیتانیت (Sphene or Titanite):

فرمول شیمیایی:  $\text{CaTi}(\text{SiO}_4)(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$

نامگذاری: از لغت یونانی Sphene بمعنی پارس یا گوه گرفته شده است و کلمه تیتانیت بواسطه داشتن عنصر تیتانیم در ترکیبات آن بکار برده می شود.

سیستم تبلور: منوکلینیک پریسماتیک

آگرگات: دانه ای، متراکم و لایه لایه است.

خواص فیزیکی: شفاف تا نیمه شفاف، رنگ های زرد، زرد مایل به سبز، قهوه ای، قرمز، قرمز مایل به قهوه ای، قهوه ای سیر، صورتی، خاکستری، سیاه، سبز (بواسطه وجود کلریت) و بنفش. رنگ خاکه سفید، جلای الماسی تا چرب، سطح شکست صدفی ترد و شکننده، سختی 5-5/5، وزن مخصوص 3/4-3/6، رخ در جهت {۱۱۰} و {۱۱۱} در اسید سولفوریک حل می شود.

**پیدایش:** در سنگ های آذرین مانند گرانیت ها ، تراکیت ها ، سینیت ها ، آندزیت ها و در پگماتیت ها مخصوصاً کریستال های درشت آن بوجود می آید. در کنتاکت متاسوماتیک از طریق نفوذ و اثر ماگمای اسیدی بر روی سنگ های آهکی بوجود می آید. در سنگ های دگرگونی چون شیست ها نیز وجود دارد.

**پاراژنز:** فلدسپات ها، آپاتیت، گارنت، اپیدوت، کلریت، مانیتیت، کوارتز، کلسیت، روتیل.

**استفاده در صنعت:** اگر مقدار اسفن زیاد باشد، جهت تهیه فلز تیتانیم (Ti) و اکسید تیتانیم که در رنگ سازی و در تهیه آلیاژ فروتیتان (فولاد) و در سرامیک سازی جهت رنگ قهوه ای بکار می رود.

## II - سیلیکات های دنبلی یا سوروسیلیکات ها (Sorosilicates):

سیلیکات های این خانواده از تترائدر  $\text{SiO}_4$  که در یک گوشه بصورت دنبل بهم متصل گشته و دارای حالت  $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{(-6)}$  هستند بوجود آمده اند. این دو تترائدر دارای 7 اکسیژن بوده و در ترکیبشان علاوه بر این کاتیون هایی مثل کربنات، کلر، فلوئور، اکسیژن و هیدروکسید نیز وجود دارد.

در این رده همیمورفیت و اپیدوت را توضیح می دهیم.

### الف - همیمورفیت ( کالامین ) ( Hemimorphite ):

فرمول شیمیایی:  $\text{Zn}_4 [(\text{OH})_2|\text{Si}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$

**نامگذاری:** از روی مشخصات همیمورفی (چون سطوح رأس و قاعده با هم فرق می کند) نامگذاری شده است و کالامین بمعنی تراشیده شده است.

**سیستم تبلور:** اورتورمبیک بی پیرامیدال.

**آگرگات:** شعاعی، بلورین، کلیه ای، جریان (استالاگتیت و استالاگمیت)، گلوله ای، فیبره، پوششی، متخلخل، دانه ای و متراکم.

**خواص فیزیکی:** شفاف تا نیمه شفاف، بی رنگ، سفید، خاکستری، سبز، روشن، آبی روشن، خاکستری روشن، آبی، زرد، قهوه ای، سبز، جلای شیشه ای. سختی 5، وزن مخصوص 3/3.

رخ در جهت {110}، خاصیت پیروالکتریسته دارد یعنی اگر این بلور گرم شود دو قطب آن دارای بار الکتریکی مختلف می گردند.

این کانی بصورت پزویدمورفوز (pseudomorphose) بجای کلسیت، فلوریت، اسفالریت و گالن جایگزین می گردد. در اسید حل می شود ولی گاز کربنیک آزاد نمی کند.

**پیدایش:** در ناحیه اکسیداسیونی، در اثر تخریب رگه های سولفید روی و سرب و در اثر متاسوماتیک هم بوجود می آید.

**پاراژنز:** با لیمونیت، اسمیت زونیت، سروزیت، گالن، مالاکیت، کلسدون، اوپال و کوارتز است.

**موارد مصرف:** جهت تهیه فلز روی بکار می رود.

### ب - گروه اپیدوت-زوئیزیت (Epidote & Zoisite Group):

شامل دو کانی اپیدوت و زوئیزیت است که شرح آن ها در زیر می آید:

#### 1) اپیدوت (Epidote):

**فرمول شیمیایی:**  $Ca_2 [(Fe^{3+}, Al)(Al_2[O])OH|SiO_4|Si_2O_7]$

**نامگذاری:** از لغت یونانی epidosis بمعنی نمو آمده است زیرا یکی از اضلاع قاعده منشور اولیه آن دو برابر دیگری است یعنی مستطیلی شکل است. نام مترادف آن pistazite (پیستازیت) می باشد که دارای رنگ سبز مغز پسته ای است.

**سیستم تبلور:** مونو کلینیک پریسماتیک.

**آگرگات:** حفره ای، شعاعی، فیبره، سوزنی، ناحیه ای و متراکم.

**خواص فیزیکی:** شفاف و گاهی نیمه شفاف، رنگ معمولاً سبز، آبی مایل به سبز، سبز سیاه مانند، زرد روشن و سیاه، خاکه خاکستری رنگ، جلای شیشه ای، سطح شکست صدفی و نامسطح. سختی 6-7، وزن مخصوص 3/2-3/5، رخ در جهت {001}، در اسید کلریدریک حل می شود.

**پیدایش:** اکثراً در رگه های هیدروترمالی مواد آذرین بوجود می آید. در کنتاکت متاسوماتیک و در اثر دگرگونی ناحیه ای و مجاورتی هم بوجود می آید.

**پاراژنز:** پلاژیوکلاز، پیروکسن، آمفیبول، گارنت، اوژیت، کوارتز، کلسیت، کلریت، سولفید ها همراه است.

**موارد مصرف:** نوع شفاف و خوش رنگ آن جهت زینت بکار می رود. اگر اپیدوت بدون آهن باشد رنگ آن روشن تر و بشکل منوکلین کریستالیزه میگردد که بنام کلینوزوئیزیت (Clinozoisite) معروف است و نوع منگنزدار آنرا پیه مونتیت (Piemontite) گویند.

## 2) زوئیزیت (Zoisite):

فرمول شیمیایی:  $Ca_2Al_2[O|OH|SiO_4|Si_2O_7]$

نامگذاری: به افتخار کانی شناس اتریشی به این کانی Zoisite گویند.

سیستم تبلور: اورتورمبیک بی پیرامیدال.

آگرگات: بلورهای آن فیبره، دانه ای و متراکم است.

خواص فیزیکی: اوپاک است، رنگ خاکستری روشن، زرد خاکستری، سبز خاکستری، سبز، صورتی و قهوه ای. جلای شیشه ای و گاهی در سطح {۱۰۰} مرواریدی، سطح شکست صدفی. سختی 6، وزن مخصوص 3/2-3/4، رخ کامل در جهت {۱۰۰}، در اسید کلریدریک حل شده و ژله سیلیسی می دهد.

پیدایش: در دگرگونی مجاورتی و در شیست ها (در دگرگونی ناحیه ای) و نیز گاهی هم بندرت در هیدروترمالی دیده می شود.

پاراژنز: با تره مولیت، آکتینولیت، ولاستونیت، آمفیبول ها، مگنتیت و کالکوپیریت همراه است.

## III- سیلیکات های حلقوی یا سیکلو سیلیکاتها (Cyclosilicates):

سیلیکات های این خانواده تشکیل حلقه هایی را می دهد که از اتصال تتراندرها بوجود آمده اند، تتراندرها می توانند حلقه های سه و چهار و شش ضلعی را تشکیل بدهند. نسبت Si به O در همه انواع یک به سه میباشد. ( $Si:O = ۱:۳$ )

1- حلقه سه ضلعی مانند بنیتوئیت Benitoite  $\leftarrow (Si_3O_9)^{(6-)}$

2- حلقه چهار ضلعی مانند آکسینیت Axinite  $\leftarrow (Si_4O_{12})^{(8-)}$

3- حلقه شش ضلعی مانند بریل، تورمالین و کردیریت  $\leftarrow (Si_6O_{18})^{(12-)}$

در مورد حلقه های شش ضلعی مانند بریل، باید گفت کریستال های آن در جهت محور C نمو کرده اند، این شش ضلعی ها روی هم رفته کانال هایی در این جهت بوجود می آید که مابین این کانال ها عناصر مختلف می توانند قرار گیرند و یا در حرکت باشند: OH, H<sub>2</sub>O, F, H, Na, Ce, Li, B از بین انواع کانی های موجود در خانواده سیلیکات های حلقوی دو مورد مربوط به شش ضلعی (بریل و کردیریت) و یک مورد سه ضلعی (تورمالین) بررسی خواهد شد.

الف - بریل (Beryl):

فرمول شیمیایی:  $Al_2Be_3(Si_6O_{18})$

نامگذاری: از لغت یونانی Beryle به معنی عینک گرفته شده به این علت که رومیان از بلورهای شفاف آن شیشه هایی تهیه می کردند و بر روی چشمان خود می گذاشتند.

سیستم تبلور: هگزاگونال، رده دی هگزاگونال بی پیرامیدال.

آگرگات: بلورهای درشت حفره ای، متراکم و دانه ای.

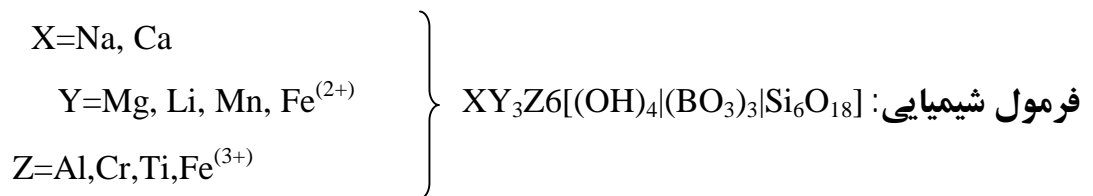
خواص فیزیکی: شفاف، بی رنگ، سبز مایل به سفید، زرد، زرد مایل به سبز، آبی کم رنگ مایل به سبز، سبز تند و صورتی، سبز بودن آن در اثر وجود کرم است و به زمرد معروف است. آکوامارین به رنگ آبی دارای اکسید آهن، روبینیت به رنگ صورتی دارای عنصر سزیم و بریل با رنگ زرد طلایی بنام Gold beryl معروف است. بریل دارای جلای شیشه ای، سختی 7/5-8، وزن مخصوص کم 2/63-2/91، رخ در جهت {1010}، شکست بریل صدفی و نا سطح، ترد و شکننده می باشد.

پیدایش: در پگماتیت های اسیدی همچنین در اثر متاسوماتیک پگماتیت ها و سنگ های جانبی، در گرانیتهای هیدروترمالی و در حفره های گرانیتهای نیز بوجود می آید. بصورت پلاسرهم دیده می شود.

پاراژنز: کوارتز، ارتوکلاز، تورمالین، توپاز، کاسیتريت، میکاها، فلوریت، ولفرامیت و مولیبدنیت.

موارد مصرف: کانی های شفاف و خوش رنگ آن بعنوان زیورآلات استفاده می شود، همچنین در صنعت فلزسازی هم دارای استفاده زیادی می باشد. چون فلز Be (بریلیم) دارای وزن مخصوص کم و سبکترین فلزات است با آلیاژ آلومینیم و منیزیم (Be + Al + Mg) در ساختن فلزات سبک پر اهمیت است.

ب - تورمالین (Tourmaline):



نامگذاری: از لغت Turmal برای سنگ های زینتی استفاده شده است.

سیستم تبلور: تری گونال، رده دی تری گونال پیرامیدال.



**انواع تورمالین:** بطوریکه از فرمول فوق مشاهده می شود، مخلوط های مختلف عناصر آن دارای نام های متفاوت هستند سه نوع مهم آن شامل: دراویت (Dravite) تورمالینی است غنی از منیزیم و برنگ قهوه ای، شورل (Schörl) غنی از آهن و سدیم و برنگ سیاه بسیار تیره و کدر است، البائیت (Elbaite) غنی از لیتیم و برنگ آبی، سبز، زرد، قرمز، سفید و بی رنگ.

**آگرگات:** بلورهای آن شعاعی، شاخه ای، سوزنی نامنظم، فیبره، دانه ای و مترکم.

**خواص فیزیکی:** شفاف، بی رنگ ولی در اثر مواد ناخالصی و ترکیبات متفاوت الوان هستند بدین معنی که آهن دار آن سیاه است (شورل)، بدون آهن یا نوع کم آهن آن قهوه ای رنگ، آبی، سبز، قرمز صورتی است و نوع منگنزدار آن دارای رنگ قرمز و صورتی و نوع کرم دار آن سبز رنگ است.

تورمالین دارای فرم زونار (Zonar) می باشد بدینصورت که رنگ کانی به فاصله های مختلف از مرکز تا لبه تغییر می نماید. مثلاً البائیت در مرکز سفید و در حاشیه سیاه یا اینکه در هسته قرمز ولی در کناره ها تیره تر می باشد.

**رنگ خاکه:** سفید، جلا شیشه ای، سختی 7-7/5، وزن مخصوص 3-3/25، و سطح شکست صدفی تا ناصاف، ترد و شکننده است. این کانی دارای خاصیت پیزوالکتریسیته و پیروالکتریسیته می باشد.

تورمالین را می توان به آسانی از مقطع سه ضلعی با خطوطی موازی محور C و سختی زیاد شناخت.

**پیدایش:** در شرایط پنوماتولیت، گرانیت بوجود می آید. در شیبست ها و بواسطه داشتن سختی زیاد و مقاومت در مقابل عوامل تخریب بصورت پلاسر هم دیده می شود.

**پاراژنز:** با کاسیتريت، کوارتز، توپاز، آپاتیت و میکا همراه است.

**موارد مصرف:** نوع شفاف و خوش رنگ آن جهت زیورآلات بکار می رود ولی بعلت خاصیت پیزوالکتریسیته در صنعت رادیوسازی به دلیل ثابت نگه داشتن فرکانس گیرنده و فرستنده استفاده می شود.

**خاصیت پیزوالکتریسیته:** قطبی شدن بعضی از کانی ها مثل کوارتز و تورمالین تحت تأثیر فشار یعنی اگر جریان برق به این سری بلورهای پیزوالکتریسیته وصل شود فشار خارجی ایجاد می کنند و اگر به برق متناوب وصل شود مرتعش می شود.

### ج - کوردیریت (Cordierite):

فرمول شیمیایی:  $Mg_2Al_3[AlSi_5O_{18}]$

**نامگذاری:** به افتخار زمین شناس فرانسوی Cordier نامیده شد. همچنین از نام مترادف آن دی کروئیت (dichroite) بمعنی دو رنگ نیز استفاده شده چون دارای دو رنگ متفاوت بوده و در سه جهت محور بلورشناسی دارای سه رنگ مختلف است.

**سیستم تبلور:** اورتورمبیک بی پیرامیدال و دارای ساختمان داخلی پزیدوهگزاگونال است.

**آگرگات:** دارای بلورهای دانه ای و متراکم.

**خواص فیزیکی:** شفاف تا نیمه شفاف، بی رنگ، آبی، آبی سیر، خاکستری، آبی مایل به قهوه ای، سبز قهوه ای، زرد، بنفش، سبز مات، بعلت داشتن خاصیت دی کروئیت یعنی دو رنگی بودن در یک جهت بنفش مایل به آبی و در جهت دیگر خاکستری دودی است. دارای جلای شیشه ای ولی دارای سطح شکست چرب می باشد، سختی 7-7/5، وزن مخصوص 2/6 آنرا می توان از کوارتز بواسطه سختی زیادتر و سطح شکست صدفی آبی رنگ تشخیص داد.

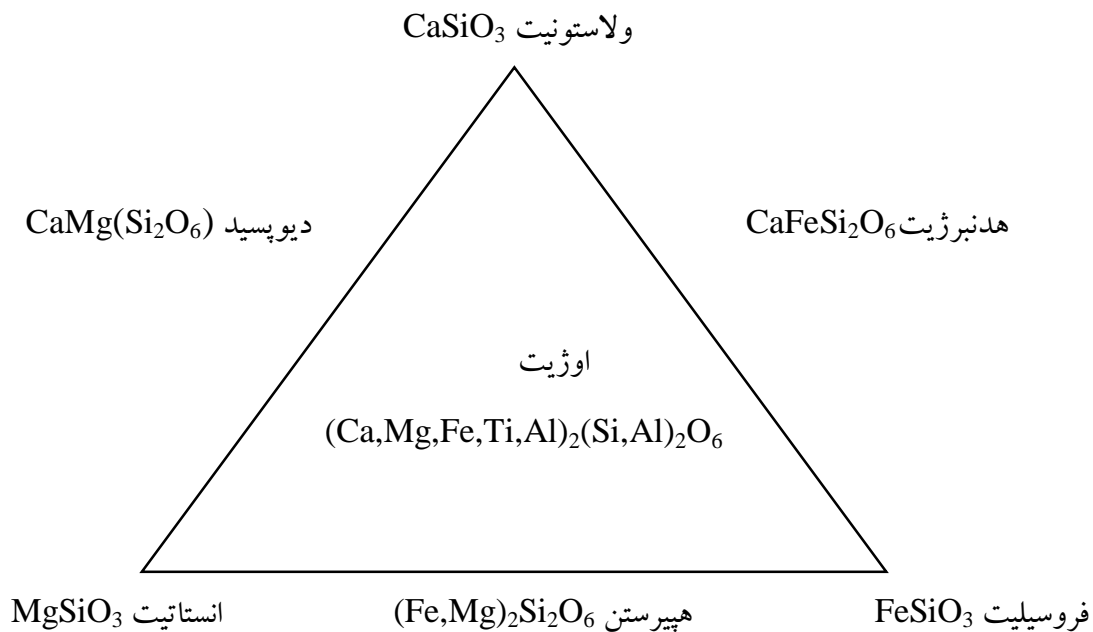
**پیدایش:** در گنایس ها و شیست ها.

**پاراژنز:** با کانی هایی از قبیل پلاژیوکلاز، تالک، کلریت، هیپرستن، میکا، آمفیبول، سیلیمانیت، اسپینل، گارنت و هماتیت همراه است.

**موارد مصرف:** نوع شفاف و خوش رنگ آن بعنوان زیورآلات مورد استفاده می باشد.

### IV- سیلیکات های زنجیره ای یا اینوسیلیکات ها (Inosilicates):

کانی های این خانواده از تتراندرهای  $SiO_4$  که بصورت زنجیرهای بینهایت پشت سر هم قرار می گیرند بوجود آمده اند این گروه می تواند بصورت تک رشته ای یا دو رشته ای باشند (ترتیب کانی های گروه پیروکسن و آمفیبول را تشکیل می دهند). سیلیکات های یک باندی (تک رشته ای) گروه بزرگی از کانی های سازنده سنگ ها را بخود اختصاص می دهند که دارای بنیان  $[SiO_3]^{(2-)}$  بوده و این بار باید در بلور بوسیله یون های مثبت که بین رشته ها قرار می گیرد موازنه شود که بیشتر بوسیله  $Ca^{(2+)}$ ,  $Fe^{(2+)}$ ,  $Mg^{(2+)}$  پر می شود ولی بطور کلی شامل عناصر  $OH, F, Cl, Fe^{(3+)}, Al, Li, Fe^{(2+)}, Na, Ca, Mg$  و گاهی است.



سیلیکات های زنجیره ای دو باندی (دو رشته ای) بصورت دو ردیف زنجیر زیگزاگ می باشد که به یکدیگر متصل شده و دارای فرمول کلی  $[Si_4O_{11}]^{6-}$  می باشد.

پیروکسن ها و آمفیبول ها که در گروه اینوسیلیکات ها قرار دارند مجموعاً 16% سنگ های پوسته زمین را شامل می شوند. کانی های مذکور اگر چه از نظر فرمول شیمیایی با یکدیگر فرق دارند ولی دارای مختصات برابر هستند. خواص فیزیکی مشابهی نیز از قبیل شکل، ساختمان داخلی، خواص نوری، وزن مخصوص و سختی دارا می باشند. کانی های این دو رده در تشکیل سنگ های آذرین و دگرگونی شرکت داشته و از مهمترین اجزاء تشکیل دهنده این سنگ ها می باشند.

### تفاوت پیروکسن ها و آمفیبول ها:

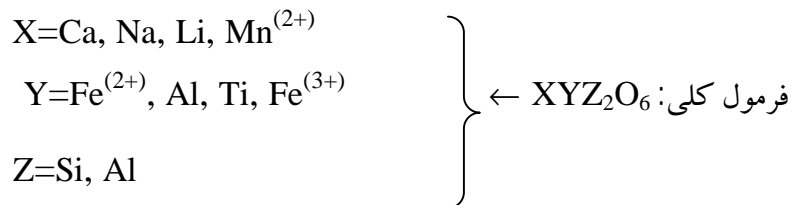
1) پیروکسن ها تک رشته ای بوده در حالیکه آمفیبول ها دو رشته ای می باشند.

2) بنیان پیروکسن ها  $[Si_2O_6]^{4-}$  و آمفیبول ها  $[Si_4O_{11}]^{6-}$  می باشد.

3) رخ پیروکسن ها و آمفیبول ها دارای تفاوت زیادی است، کلیواژ این دو رده در جهت زنجیرها و شکل کلیواژها تقریباً مانند منشور است که دارای زوایای متفاوتی می باشند. زاویه بین دو سطح کلیواژ در پیروکسن ها  $93^\circ$  و  $87^\circ$  و دارای سطح مربعی است ولی زاویه بین دو سطح کلیواژ در آمفیبول ها  $124^\circ$  و  $56^\circ$  و دارای سطح لوزی است یا عبارت دیگر مقطع عمود بر محور C در پیروکسن ها دارای شکل پزیدوتتراگونال و در آمفیبول ها پزیدوهگزاگونال می باشد.

کانی های گروه پیروکسن ها و آمفیبول ها هر کدام در دو سیستم متبلور می شوند در سیستم منوکلینیک بنام کلینوپروکسن و کلینوآمفیبول و در سیستم ارتورمبیک بنام ارتوپروکسن و ارتوآمفیبول.

الف - گروه پیروکسن (Pyroxene Group):



کلینوپروکسن ها شامل:

- 1) دیوپسید (Diopside)  $\leftarrow \text{CaMgSi}_2\text{O}_6$
- 2- اژیرین (Aegirine)  $\leftarrow \text{NaFe}^{(3+)}\text{Si}_2\text{O}_6$
- 3- اسپودومن (Spodumene)  $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$
- 4- ژادیت (Jadeite)  $\leftarrow \text{NaAlSi}_2\text{O}_6$
- 5- اوژیت (Augite)  $\leftarrow (\text{Ca, Mg, Fe}^{(2+)}, \text{Al})_2(\text{Si, Al})_2\text{O}_6$  یا  $(\text{Ca, Na})(\text{Mg, Fe}^{(2+)}, \text{Ti, Al})(\text{Si, Al})_2\text{O}_6$
- 6- پیژونیت (Pigeonite)  $\leftarrow (\text{Mg, Fe}^{(2+)}, \text{Ca})(\text{Mg, Fe}^{(2+)})\text{Si}_2\text{O}_6$
- 7- اُمفاسیت (Omphacite)  $\leftarrow (\text{Ca, Na})(\text{Mg, Fe}^{(2+)}, \text{Fe}^{(3+)}, \text{Al})\text{Si}_2\text{O}_6$

ارتوپروکسن ها شامل:

- 1- هیپرستن (Hypersthene)  $\leftarrow (\text{Fe}^{(2+)}, \text{Mg})_2\text{Si}_2\text{O}_6$
- 2- انستاتیت (Enstatite)  $\leftarrow \text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$
- 3) برونزیت (Bronzite)  $\leftarrow (\text{Mg, Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$

### 1) دیوپسید (Diopside):

فرمول شیمیایی:  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$

نامگذاری: از دو لغت یونانی Di بمعنای دو و Opsis بمعنای بنظر رسیدن بوجود آمده است.

سیستم تبلور: منوکلینیک، رده منوکلینیک پریسماتیک.

آگرگات: شعاعی، شاخه ای، دانه ای و متراکم.

**خواص فیزیکی:** شفاف تا نیمه شفاف، بی رنگ ولی اکثراً دارای رنگ های سبز، خاکستری، زرد، سبز، سبز روشن، زمردی و جلای شیشه ای با سختی 5-6، وزن مخصوص 3/41-3/28، رخ در دو جهت، ترد و شکننده می باشد. دیوپسید را از رنگ سبز و فرم بلورین آن می توان شناخت. بهترین راه شناسایی آن با توجه به بررسی خواص نوری توسط میکروسکپ صورت می گیرد.

**پیدایش:** در سنگ های بازیک و الترابازیک مانند گابرو، بازالت، دیاباز، پریدوتیت، پیروکسنیت و سینیت بوجود می آید. همچنین در شیست ها نیز یافت می شود. دیوپسید کانی معمول شرایط متامورفیک است بخصوص در شرایط دگرگونی بین رگه های سیلیسی و آهک های غنی از Mg یا دولومیت تشکیل می شوند.

**پاراژنز:** این کانی به همراه انواع پیروکسن، کوارتز، گارنت، میکا، اپیدوت، زوئیزیت و دولومیت یافت می شود.

**موارد مصرف:** بعنوان زیورآلات از نمونه های خوش رنگ آن استفاده می شود.

### 2) هدنبرژیت (Hedenbergite):

فرمول شیمیایی:  $\text{CaFe}^{(2+)}(\text{Si}_2\text{O}_6)$

این کانی از نظر نوع سیستم تبلور، آگرگات و خواص فیزیکی مشابه دیوپسید است.

**پیدایش:** این کانی در شرایط کنتاکت متاسوماتیک رگه های مگنتیتی و یا سولفیدی مس و روی که در حرارت های زیاد در مجاورت سنگ های آهکی قرار می گیرند بوجود می آید، سنگ های حاوی آن معروف به اسکارن (Skarn) می باشد. این کانی اکثراً در سنگ های متامورفیک غنی از آهن نیز یافت می شود.

### 3) اوژیت (Augite):

فرمول شیمیایی:  $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}^{(2+)}, \text{Al})_2(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$  یا  $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}^{(2+)}, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$

نامگذاری: از لغت یونانی Auge بمعنی جلا گرفته شده است زیرا بلورهای اوژیت دارای سطوحی با جلای زیاد می باشد.

سیستم تبلور: منوکلینیک پریسماتیک.

**خواص فیزیکی:** اکثراً برنگ تیره و سیاه با سختی 5-6، وزن مخصوص 3/3-3/5، سطح شکست صدفی، ترد و شکننده می باشد. اوژیت را می توان از بلورهای مشخص و رنگ سیاه و تیره آن شناخت.

**پیدایش:** اوژیت متداول ترین نوع پیروکسن ها است و در سنگ های آذرین برنگ تیره از قبیل سنگ های آذرین درونی مانند گابرو و پریدوتیت ها و در سنگ های آذرین بیرونی مانند بازالت، دیاباز و خاکسترهای آتشفشانی یافت می شود. اوژیت ها زونه ای که سریعتر از نوع عادی آن متبلور می شود در اکثر بازالت های آلکالن وجود دارد.

**پاراژنز:** این کانی به همراه کانی های با ترکیب مافیک مثل الیوین، مگنتیت، اپیدوت، هورنبلند، کلریت و سرپانتین.

**دگرسانی:** اوژیت به یک نوع آمفیبول بنام تره مولیت - آکتینولیت و همچنین به کلریت و اپیدوت تبدیل میشود.



**موارد مصرف:** نوع جلادار و خوش رنگ آن بعنوان زیورآلات استفاده می شود.

4) اژیرین (Aegirine):

فرمول شیمیایی:  $\text{NaFe}^{(3+)}\text{Si}_2\text{O}_6$

سیستم تبلور: منوکلینیک پریسماتیک.

**آگرگات:** بلورین، شعاعی، فایبره و فرم منشوری.

**خواص فیزیکی:** برنگ قهوه ای یا سیاه و سبز تیره است؛ دارای رنگ خاکه سبز روشن و گاهی زرد روشن و قهوه ای است. جلای شیشه ای تا صمغی دارد. سختی 6/5-6، وزن مخصوص 3/4-3/6 کلیواژ در دو جهت و سطح شکست ناصاف، بعلت داشتن عنصر سدیم (Na) دارای رنگ شعله زرد رنگ است.

**پیدایش:** این کانی مخصوص سنگ های آذرین قلیایی است که غنی از Na و فقیر از  $\text{SiO}_2$  می باشد مانند سنگهای نفلین سینیت و فنولیت، همچنین در کنتاکت متاسوماتیک نیز حاصل می شود.

**پاراژنز:** این کانی با آمفیبول های غنی از سدیم مانند ریبیکیت، گلاکوفان، اوژیت و فلدسپاتوئید همراه است.

**موارد مصرف:** دارای استفاده صنعتی خاصی نیست.

1) هیپرستن (Hypersthen):

فرمول شیمیایی:  $(Fe,Mg)_2Si_2O_6$

نامگذاری: از دو لغت یونانی Sthenous به معنای سختی و کلمه ی Hyper بعلت سختی زیاد آن استفاده شده است.

سیستم تبلور: اورتورمبیک بی پیرامیدال

آگرگات: ورقه ای، دانه ای و متراکم

خواص فیزیکی: اغلب به رنگهای تیره، بعضی از آنها به رنگهای قرمز مسی، سیاه مایل به سبز، سیاه مایل به قهوه ای.

جلای شیشه ای، سختی 5-6، وزن مخصوص 3/5-3/3، ترد و شکننده

پیدایش: در بعضی از سنگهای آذرین که غنی از آهن می باشد مانند گابرو، نوریت، پریدوتیت ها، همچنین در پدیده

متامورف سنگ های غنی از آهن کانی هیپرستن شرکت می نماید.

2) انستاتیت (Enstatite):

فرمول شیمیایی:  $Mg_2Si_2O_6$

نامگذاری: از لغت یونانی Entates به معنی مقاوم استفاده شده و به این دلیل که این کانی در مقابل فوتک به سختی ذوب می شود.

سیستم تبلور: اورتورمبیک بی پیرامیدال

آگرگات: دانه ای

خواص فیزیکی: در انواع بی رنگ، خاکستری، خاکستری سفید، گاهی سبز، سبز مایل به قهوه ای سختی 5-6، وزن

مخصوص 3/25-3/17، جلای شیشه ای

پیدایش: در سنگهایی از قبیل پریدوتیت، گابرو، نوریت و بازالت ها و به همراه کانی های کلینوپیروکسن ها، الیون،

پلاژیوکلاز مشاهده می شوند.

### 3) برونزیت (Bronzite):

فرمول شیمیایی:  $(Mg,Fe)_2Si_2O_6$

نامگذاری: بعلت داشتن جلای فلزی مشابه برنز به این نام می نامند.

سیستم تبلور: اورتورمبیک بی پیرامیدال

آگرگات: دانه ای، صفحه ای و شعاعی

**خواص فیزیکی:** دارای رنگ های سفید متمایل به خاکستری، زرد، سبز تا سبز زیتونی تا قهوه ای دارای جلای برنزی و تقریباً فلزی، سختی 5-6، وزن مخصوص  $3/4 - 3/2$ ، این کانی را از جلای نیمه فلزی به رنگ برنز و سختی نسبتاً زیاد و آگرگات شعاعی آن می توان شناخت.

**پیدایش:** در سنگهای بازیک و الترابازیک مانند گابرو، نوریت، پریدوتیت ها و پیروکسنیت همراه سرپانتین، پلاژیو کلاز، کلینوپیروکسن می باشد.

### ب - گروه آمفیبول (Amphibole):

آمفیبول ها جزء اینوسیلیکات های دو باندی (دورشته ای) می باشند. فرمول آنها  $[Si_4O_{11}]$  می باشد و در ترکیب شیمیایی آنها عناصری مانند F, Cl, OH شرکت دارد. بنابراین فرمول کلی آن بدین صورت نوشته می شود:



X=Cr, Mg, Mn, Fe, K, Na کانیهای یک و دو ظرفیتی:

Y=Ti, Mn, Al, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> کانیهای سه ظرفیتی:

Z=Si, Al کانیهای چهار یا سه ظرفیتی:

آمفیبول ها در دو سیستم منو کلینیک و اورتورمبیک به نام کلینوآمفیبول و اورتوآمفیبول متبلور می شوند. اورتوآمفیبول ها ارزش اقتصادی ندارند. زوایای بین سطوح کلیواژ در آمفیبول ها 124 و 56 درجه است.

نسبت عنصر کلسیم به منیزیم در آمفیبول ها 2 به 5 است ولی در پیروکسن ها این نسبت 1:1 می باشد و نسبت آلومینیم به سیلیسیم نیز 1 به 3 (Al:Si=1:3) است در ترکیب آمفیبول ها OH, F, Cl شرکت داشته و این اختلاف دیگری نسبت به پیروکسن ها بشمار می رود. موجود بودن OH و یا H<sub>2</sub>O در آمفیبول ها مبین حرارت کمتر از شرایط تشکیل مشابه آنها را نسبت به پیروکسن می رساند. بنابراین آمفیبولها بعد از پیروکسن ها تشکیل می گردند.



Al:Si	x:y و 1:3	2:5	در آمفیبول ها
Al:Si	x:y و 1:2	1:1	در پیروکسن ها

**انواع آمفیبول ها:**

**کلینو آمفیبول ها:**

(Tremolite-Actinolite)	(1) تره مولیت، آکتینولیت
(Hornblende)	(2) هورنبلند
(Basaltic Hornblende)	(3) هورنبلند بازالتی (قهوه ای)
(Glaucophane)	(4) آمفیبولهای سدیک (قلیایی) شامل: (a) گلوکوفان
(Riebeckite)	(b) ریبیکیت
(Arfvedsonite)	(c) آرفدزونیت

**اورتو آمفیبول ها:**

(1) آنتوفیلیت (Anthophyllite)

**1- تره مولیت-آکتینولیت (Tremolite-Actinolite):**

فرمول شیمیایی:  $Ca_2Mg_5(Si_4O_{11})_2(OH)_2$  = تره مولیت

آکتینولیت =  $Ca_2(Mg,Fe)_5(Si_4O_{11})_2(OH)_2$

سیستم تبلور: منوکلینیک پریسماتیک

**آگرگات:** شعاعی ریز، فیبره، سوزنی و مویی، آزبست (Asbest)

**خواص فیزیکی:** در رنگ های متفاوت از سفید تا سبز، یون Fe آکتینولیت به رنگ سبز، در تره مولیت اکثراً سبز روشن تا سفید. جلای شیشه ای تا ابریشمی، سختی 5-6، طیف رنگها و همچنین وزن مخصوص با افزایش میزان Fe اضافه می شود.

**پیدایش:** این کانی مخصوص سنگ های دگرگونی است، تره مولیت در اثر دگرگونی آهک های دولومیتی طی درجه حرارت بالا تشکیل می شود و آکتینولیت در شیبست ها حاصل می شوند. با کانی های اپیدوت، کلریت، گلوکوفان، کلسیت، دولومیت و تالک همراه است. در نتیجه پدیده Uralitization کلینوپروکسن ها حاصل می شود.

**موارد مصرف:** از رشته های موازی آن به عنوان آزبست استفاده می شود، نوع کم رنگ آن جنبه زینتی دارد.

## 2- هورنبلند (Hornblende):

**فرمول شیمیایی:**  $(Ca,Na)_2(Mg,Fe^{2+})_5(Al,Fe^{3+})[(Si,Al)_4O_{11}]_2(OH,F)$

**نامگذاری:** از دو لغت آلمانی Horn+blende (رنگ تیره + کانی حاوی فلز) تشکیل یافته است.

**سیستم تبلور:** منوکلینیک پریسماتیک

**آگرگات:** دانه ای، شاخه ای، شعاعی، فیبره های موازی یا درهم

**خواص فیزیکی:** دارای رنگ سبزروشن، سبزسیر، سبز تیره و قهوه ای مایل به سبز (به طوری که دارای رنگ های متفاوت از سبز تیره تا سیاه)، جلای شیشه ای، سختی 5-6، وزن مخصوص 3/02-3/4، رخ در جهت {110} کامل نوعی از هورنبلند بنام هورنبلند بازالتی است که مخصوص سنگهای آذرین بیرونی حاوی تیتان می باشد که به رنگ قهوه ای است. هورنبلند را از روی زاویه 56 و 123 درجه رنگ سبز تیره می توان شناخت.

**پیدایش:** این کانی یکی از کانی های مهمی است که جزء کانی های تشکیل دهنده سنگ های آذرین و متامورف به شمار می رود. در سنگهای هورنبلند گرانیت، گرانودیوریت، سینیت، دیوریت، آندزیت، دیابازالت ها، توف ها، شیبست ها وجود دارد.

**دگرسانی:** این کانی در اثر دگرسانی به کانی های اپیدوت، کلریت و کلسیت تبدیل می شود و با کانی های پلاژیو کلاز، پیروکسن، میکا، کلریت و غیره همراه است.

**موارد مصرف:** موارد مصرف صنعتی ندارد.

3- گلوکوفان (Glaucophane) و ریبکیت (Riebeckite):

فرمول شیمیایی:  $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$  = گلوکوفان (آبی متمایل به بنفش)

$\text{Na}_2\text{Fe}_3\text{Fe}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$  = ریبکیت (آبی رنگ)

نامگذاری: از لغت یونانی به معنی آبی رنگ و ظاهر شده گرفته شده است.

سیستم تبلور: منوکلینیک پریسماتیک

آگرگات: دانه ای، شاخه ای، فیبره، سوزنی، آزبستی

خواص فیزیکی: گلوکوفان به رنگهای آبی کم رنگ تا آبی تند، آبی خاکستری و ریبکیت به رنگهای آبی تند، آبی

آسمانی، آبی متمایل به سبز، رنگ خاکه سفید تا آبی روشن. جلای شیشه ای، سختی 6، وزن مخصوص 3/4-3/1

پیدایش: گلوکوفان مخصوص سنگهای دگرگونی مانند شیست میکا دار، کلریت و مرمر می باشد. وجود گلوکوفان

در سنگ های دگرگونی در شرایط حرارت کم و فشار بالاست. ریبکیت در سنگ های آذرین قلیایی وجود دارد و با

پلاژیو کلاز، اوژیت، کلریت، اپیدوت، کوارتز، آرفدزونیت همراه است.

موارد مصرف: استفاده صنعتی ندارد.

4- آرفدزونیت (Arfvedsonite):

فرمول شیمیایی:  $\text{Na}_2(\text{Mg,Fe})_4(\text{Fe,Al})(\text{Si}_4\text{O}_{22})_2(\text{OH,F})_2$

آگرگات: دانه ای و شاخه ای

خواص فیزیکی: به رنگ های آبی سیر تا آبی متمایل به خاکستری، رنگ خاکه بی رنگ، سبز متمایل به آبی تا آبی

تند، جلای شیشه ای، سختی 6-5/5، وزن مخصوص 3/5-3، این کانی را از جلای نیمه فلزی به رنگ برنز و سختی

نسبتاً زیاد و آگرگات شعاعی می توان شناخت.

پیدایش: در سنگهای آذرین قلیایی چون سینیت ها و با اوژیت، پلاژیو کلاز همراه می باشد.

5- آنتوفیلیت (Anthophyllite):

فرمول شیمیایی:  $(\text{Mg,Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

نامگذاری: ازدو لغت یونانی به نام گل ختمی گرفته شده است زیرا این کانی به رنگ گل ختمی است.

سیستم تبلور: اورتورمبیک بی پیرامیدال

**آگرگات:** شعاعی، فیبره، شاخه ای، سوزنی و متراکم

**خواص فیزیکی:** نیمه شفاف، رنگ زرد خاکستری، سبز و قهوه ای، جلای شیشه ای، سختی 5/5-6، وزن مخصوص 2/85-3/2، از روی سختی زیاد، رنگ گل میخکی و آگرگات شعاعی می توان آن را شناسایی کرد.

**پیدایش:** این کانی مخصوص سنگ های متامورفیک است که در اثر دگرگونی سنگ های غنی از منیزیم مانند الترابازیک ها و شیل های ناخالص دولومیتی، در شیبست ها و گنایس ها وجود دارد. با اوژیت، سرپانتین، هورنبلند، میکا و مرمر همراه می باشد.

**موارد مصرف:** دارای استفاده ای چون آزیست می باشد.

## V - سیلیکات های ورقه ای یا فیلوسیلیکات ها (Phyllosilicates):

فیلوسیلیکات ها یا سیلیکات های ورقه ای دو سری بوده یعنی هر تتراندر  $\text{SiO}_4$  از سه گوشه به سه تتراندر دیگر متصل گشته و گوشه چهارمی آزاد است که در مجموع ایجاد یون  $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{(2-)}$  را نموده، در ترکیبات آن ها مانند رده آمفیبول ها، هیدروکسید (عامل OH) شرکت داشته گاهی نیز  $\text{Li}, \text{Fe}^{+3}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Ni}, \text{Fe}^{+2}, \text{Al}, \text{Cl}, \text{F}$  در تشکیل آنها وارد می شود اگر  $\text{AlO}_6$  به جای  $\text{SiO}_4$  قرار بگیرد در آن صورت کانی های  $\text{Ca}, \text{Na}, \text{K}$  و ملکول های آب وارد ترکیبات می شود در حقیقت این مانند سیمان دو قشر بالا و پایین را به یکدیگر متصل می نماید به همین علت دارای رخ آسان موازی این سطوح می باشد. فیلوسیلیکات ها گرچه در سیستم منوکلینیک متبلور می شوند ولی تقریباً مشابه فرم هگزاگونال و رومبوئدریک هستند. سیلیکات های ورقه ای دارای دو نوع اتصال  $\text{SiO}_4$  هستند و تشکیل طبقات را می دهند.

1) طبقات دو بعدی که از چهار تتراندر به صورت حلقه های چهارضلعی تشکیل شده مانند آپوفیلیت که تتراگونال متبلور می شوند. مانند سیلیکات آبدار کلسیم و پتاسیم فلوئوردار.

2) طبقات دوبعدی که از اتصال شش تتراندر به صورت حلقه های شش ضلعی بوجود آمده اند و در سیستم منوکلینیک متبلور می شوند. مانند میکاها.

انواع فیلسیلیکاتها:

1- گروه میکا (Mica group):

- مسکویت (Muscovite)

- فلوگوپیت (Phlogopite)

- بیوتیت (Biotite)

- لپیدولیت (Lepidolite)

- مارگاریت (Margarite)

2- گروه کلریت (Chlorite group):

- کلریت (Chlorite)

- پنین (Pennine)

3- گروه کانیهای رس (Clay mineral group):

- کائولن (Kaolinite)

- تالک (Talc)

- پیروفیلیت (Pyrophyllite)

- مونت موریلونیت (Montmorillonite)

- ورمیکولیت (Vermiculite)

4- گروه سرپانتین (Serpentin group):

- آنتی گوریت (Antigorite)

- لیزاردیت (Lizardite)

- کریزوتیل (Chrysotile)

الف - گروه میکا (Mica group):

1- مسکویت (Muscovite):

فرمول شیمیایی:  $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$

سیستم تبلور: منوکلینیک پریسماتیک

آگرگات: به صورت ورقه ای و صفحه ای در قطعات بزرگ و کوچک پولکی شکل

**خواص فیزیکی:** شفاف تا نیمه شفاف، بی رنگ، سفید نقره ای، سفید خاکستری، زرد روشن. جلای مرواریدی گاهی دارای جلای نقره ای، سختی 2-3، وزن مخصوص 2/78-2/88، رخ در جهت {001}، دارای خاصیت خمیدگی (Elastic) می باشد. از جلای مرواریدی، سختی کم، رنگ روشن و دارای فرم ورقه ای تشخیص داده می شود.

**پیدایش:** این کانی در سنگ های آذرین اکثراً در گرانیت ها، گرازن، گرانیت پگماتیت به صورت ورقه های درشت و در سنگ های دگرگونی، مشاهده میشود. مسکویت و بلورهای ریز آن بنام Serisite در شیست ها و کوارتزها بوجود می آید.

**موارد مصرف:** در ساختن طلق جهت شیشه عینک، به عنوان عایق در صنعت الکترونیک، در ساختن سنگ های نسوز، مقوای نسوز، کاغذ دیواری نسوز، در صنعت کاغذ سازی، رنگ های نسوز، پلاستیک سازی و در سرامیک سازی مورد مصرف قرار می گیرد.

2- فلوگوپیت (Phlogopite):

فرمول شیمیایی:  $KMg_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$

سیستم تبلور: منوکلینیک پریسماتیک

آگرگات: ورقه ای، پولکی و متراکم

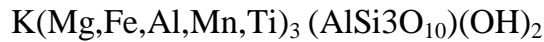
**خواص فیزیکی:** در ورق های نازک شفاف، سبز، قرمز قهوه ای، سیاه، قهوه ای متمایل به زرد، جلای مرواریدی، سختی و وزن مخصوص 2/7-2/9، رخ در جهت {001} دارای مقاومت الکتریکی زیاد است. این کانی را از روی رنگ قرمز و قرمز تیره، جلای مرواریدی، سختی کم و فرم مطبق آن شناسایی می شود.

**پیدایش:** در رگه های پگماتی، در آهک های متامورف شده غنی از Mg، دولومیت، و سنگ های آذرین الترابازیک وجود دارد.

**موارد مصرف:** دارای همان مورد استفاده مسکویت است ولی اکثراً بعنوان عایق نیز مصرف می شود.

3- بیوتیت (Biotite):

فرمول شیمیایی:  $K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$  یا



سیستم تبلور: منوکلینیک پریسماتیک ولی بلورهای آن بصورت پزیدوهگزاگونال است.

آگرگات: ورقه ای، پولکی ریز و درشت و مطبق

خواص فیزیکی: شفاف تا نیمه شفاف، سبز تند، سیاه، قهوه ای سیر، سبز مایل به سیاه، در اثر دگرسانی به بیوتیت،

کلریت تبدیل می شود، این کانی را از روی رنگ تیره تا سیاه و جلای مرواریدی می توان شناخت.

پیدایش: در اکثر سنگ های آذرین، سنگ های متامورف، سنگ های رسی، سنگ های پگماتی و همچنین با کانی

های کوارتز، فلدسپات، مسکویت، آمفیبول ها، پیروکسن و غیره همراه است.

4- لپیدولیت (Lepidolithe):

فرمول شیمیایی:  $K(Li_2Al)_2-3(AlSi_3O_{10})(O,OH,F)_2$  « سیلیکات آبدار لیتیم و پتاسیم دار »

آگرگات: اکثراً دارای فرم پولک مانند در ابعاد ریز و درشت

پیدایش: در پگماتیت ها، گرانیت ها و رگه های هیدروترمالی یافت می شود.

موارد مصرف: جهت تهیه فلز Li و در شیشه های مقاوم در برابر حرارت، در صنعت عینک سازی و فولاد سازی

استفاده می شود.

5- مارگاریت (Margarite):

فرمول شیمیایی:  $CaAl_2[(OH)_2Al_2Si_2O_{10}]$  سیلیکات آبدار کلسیم

ب - گروه کلریت (Chlorite group):

1- کلریت (Chlorite):

فرمول شیمیایی:  $(\text{Mg,Fe})_3(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

سیستم تبلور: منوکلینیک پریسماتیک

نامگذاری: کلریت از لغت یونانی به نام سبز گرفته شده است.

آگرگات: ورقه ای، پولکی

**خواص فیزیکی:** سبز با طیف متفاوت، به ندرت زرد، سفید، قرمز گلی، جلای شیشه ای، سختی 2-2/5، وزن مخصوص 2/6-3/3، رخ در جهت {001} دارای مقاومت الکتریکی زیاد است. این کانی را از روی رنگ سبز در فرم میکایی (تورق و کلیواژ) شناسایی می کنند.

**پیدایش:** در فاز دگرسانی کانی های غنی از یون Fe و Mg مانند پیروکسن، آمفیبول، بیوتیت و گارنت به وجود می آید. رنگ سبز بعضی از سنگ های آذرین و متامورف به دلیل دگرسانی کانی های فرومیزین به کلریت می باشد.

2- پنین (pennine):

این کانی سیلیکات آبدار منیزیم و آلومینیوم بوده که از روی سبز تیره، رخ کامل، سختی کم و خاصیت پلاستیسته می-توان آنرا شناخت.

**موارد مصرف:** در صنعت کاغذ سازی استفاده می شود به کاغذ جلای مخصوص می دهد.

ج - گروه کانیهای رس (Clay minerals):

اصطلاح رس به تعدادی از کانی ها اطلاق می شود که از نظر اندازه بسیار ریزدانه هستند (در حد میکرون) و وقتی که با آب تماس حاصل نمایند دارای خاصیت پلاستیک می شوند اینگونه کانی ها توسط روش X-ray شناخته شده و اینها سیلیکات های آبدار آلومینیوم میباشند که گاهی عناصر قلیایی (K, Na, Mg, Fe) جایگزین بخشی از Al می شوند. کانی های رس از قبیل کائولن، تالک، پیروفیلیت، مونتوریونیت و میکاهای آبدار (هیدرومسکویت، گلو کونیت، ورمیکولیت) می باشد.



## 1- کائولن (Kaolinite):

فرمول شیمیایی:  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$

سیستم تبلور: منوکلینیک پیناکوئیدال

نامگذاری: به خاک چینی نیز معروف است.

آگرگات: توده ای، پولکی، جریان، دانه ای ریز، متراکم و خاکی

**خواص فیزیکی:** شفاف، سفید، بی رنگ، زرد سفید، زرد، (به طور کلی دارای رنگ سفید است ولی بدلیل ناخالصی دارای طیف رنگی متفاوت میگردد)، جلای مرواریدی، سختی 1، وزن مخصوص 2/6، رخ در جهت {001} سطح شکست صدفی، در زیر انگشتان چرب حس می گردد. این کانی را از خاصیت چرب، خاصیت پلاستیسیته، آب گرفتن خیلی زیاد و سختی کم می توان شناسایی کرد.

**پیدایش:** در اثر تخریب و فرسایش سنگ های آذرین حاوی آلومینیم مانند گرانیت، فلدسپاتوئیدها، میکاها، گنایس، در اثر نفوذ چشمه های آب گرم بر سنگ های مجاور خود کائولن تشکیل می گردد. گاهی در شرایط حرارت پایین هیدروترمال این کانی تشکیل می شود. این کانی با کوارتز، فلدسپات ها، میکاها و مواد رسوبی خاکی همراه است.

**موارد مصرف:** در سرامیک سازی بخصوص در ساختن چینی، در صنعت کاغذ سازی به منظور تهیه کاغذهای جلادار، در تصفیه نفت، در شمع سازی، در رنگ سازی مورد استفاده قرار می گیرد.

## 2- تالک (Talc):

فرمول شیمیایی:  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$

سیستم تبلور: منوکلینیک پریسماتیک

آگرگات: ورقه ای، پولکی ریز و درشت و متراکم (توده ای)

**خواص فیزیکی:** شفاف تا نیمه شفاف، گاهی بی رنگ، سبزروشن، سفید، قرمز، خاکستری، صورتی، جلای مرواریدی، سختی 1، وزن مخصوص 2/7-2/8، کلیواژ در جهت {001}، از سختی کم، رنگ روشن، جلای مرواریدی، رخ کامل که در زیر انگشتان خاصیت چرب مانند دارد شناخته می شود.

**پیدایش:** تالک یک محصول دگرسانی سیلیکات های منیزیم است از قبیل کانی هایی مانند الیون، پیروکسن، آمفیبول. این کانی در سنگ های دگرگونی ضعیف نیز وجود دارد. با کانی هایی مانند هماتیت، کلسیت، مگنتیت، آپاتیت، کرومیت و سیدریت همراه است.

**موارد مصرف:** از کانی تالک به عنوان پودر بهداشتی استفاده می شود، در سرامیک، لاستیک سازی، کاغذ سازی، در پارچه بافی برای سفید کردن پنبه و گرفتن روغن آن به علت جذب سطحی از این کانی استفاده میشود.

### 3- پیروفیلیت (Pyrophyllite):

**فرمول شیمیایی:**  $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$

**سیستم تبلور:** منوکلینیک پریسماتیک

**آگرگات:** صفحه ای، پولکی، متراکم، شعاعی

**خواص فیزیکی:** به رنگ سفید نقره ای، سفید، سبز روشن، زرد روشن، جلای مرواریدی، سختی 1/5، وزن مخصوص 2/9-2/6، این کانی با خصوصیتی از قبیل: سختی کم، رنگ روشن، جلای مرواریدی شناخته می شود. **پیدایش:** در رگه های هیدروترمالی و در سنگ های دگرگونی وجود دارد. با کانی هایی مثل هماتیت، کلسیت، دیستن و کاستریت همراه است.

**موارد مصرف:** از این کانی در صنعت سرامیک سازی، لاستیک سازی، کاغذ سازی استفاده می شود.

### 4- مونت موریلونیت (Montmorillonite):

اختلاف مونت موریلونیت با تالک و پیروفیلیت در اینست که بجای یون Mg و یا Al بین دو قشر، مولکول  $H_2O$  وجود دارد بنابراین وجود این مسئله باعث کاهش سختی کانی شده است.

در شرایط گرما این آب به سهولت از بین می رود و شکل کرم یا فرم باد کرده پیدا می کند که در بعضی از کتب به آن ورمیکولیت گویند.

### 5- میکاهای آبدار (Hydromuscovites):

کانی های رده میکا می توانند در شرایطی آب جذب نمایند که این امر با از دست دادن عناصر قلیایی و تبدیل  $Fe^{2+}$  به  $Fe^{3+}$  همراه است. آب جذب شده در مابین طبقات قرار می گیرد. البته می توان این آب جذب شده را پس گرفت که در این صورت کانی در امتداد محور C بصورت کرم چین می خورد.

## انواع میکاهای آبدار:

1- **هیدرومסקویت**: بجای یون K در مسکویت، مولکول  $H_2O$  جانشین می شود. در سنگ های رسوبی در اثر تخریب مواد میکا دار حاصل می شود.

2- **گلاکونیت**: سیلیکات آبدار آلومینیم، آهن و پتاسیم دار است. در سیستم منوکلینیک متبلور می شود دارای رنگ سبز اکثراً در فرم آگرگات دانه ای، بی شکل (آمورف) در ابعاد گرد شده و پودر مانند می باشد.

**پیدایش**: این کانی از رسوبات دریایی در اعماق کم وجود دارد، کربنات ها، فسفریت ها، رس ها و مارن ها همراه است.

**استفاده در صنعت**: بواسطه وجود پتاسیم در کود شیمیایی به کار می رود. بواسطه رنگ سبز در رنگ سازی مصرف دارد. بعلت کاهش دادن سختی آب در تصفیه آب نیز بکار می رود.

## د- گروه سرپانتین (Serpentine):

**فرمول شیمیایی**:  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$

گروه سرپانتین شامل سه کانی است:

1- آنتی گوریت (Antigorite)

2- کریزوتیل (Chrysotile)

3- لیزاردیت (Lizardite)

**نامگذاری**: از لغت لاتین Serpentinies به معنای مار گرفته شده چون این کانی دارای لکه هایی مانند پوست مار دارد.

**سیستم تبلور**: منوکلینیک پریسماتیک

**آگرگات**: آنتی گوریت و لیزاردیت بصورت ورقه ای توده ای و ریز دانه و کریزوتیل یافی (فیبره) است.

**خواص فیزیکی**: نیمه شفاف تا کدر، سبزی تیره، سبز مایل به زرد، قرمز قهوه ای، زرد، جلای چرب تا چینی، سختی 4-3، وزن مخصوص 2/6-2/5، رخ در جهت {001} کامل این کانی، از سختی کم، رنگ سبز تیره، جلای چرب و سطح لغزشی که در آنها دیده می شود شناخته می گردد.

**پیدایش**: این کانی در طی فرآیند دگرسانی سنگ های آذرین بازیک حاوی منیزیم (مانند الیوین) بوجود می آید. اینگونه سنگ ها شامل دونیت، پریدوتیت ها می باشد، همچنین در شرایط هیدروترمال نیز حاصل می شود.

**موارد مصرف:** سرپانتین اکثراً بعنوان سنگ رو بنا استفاده می شود. در ساختن آجرهای نسوز با منیزیت و گاهی جهت تهیه فلز منیزیم استفاده می شود. بعلت فرم الیافی (فیبره) در کریزوتیل و عدم سهولت در ذوب شدن کریزوتیل استفاده های خیلی زیادی دارد. از الیاف 8 میلیمتری در پارچه بافی ساختن پرده های سینما و تئاتر و لباس نسوز، پارچه های نسوز، لنت ترمز، فتیله ها و فیلتر استفاده می شود از الیاف های کوچکتر در ساختن کارتن های نسوز، پوشش سقف ها و ساختمان ها، برای ساختن آجرهای نسوز. نوع خیلی کوتاه آن در ساختن آجرهای نسوز مصرف می شود.

## VI - سیلیکات های سه بعدی یا سیلیکاتهای داربستی (Tectosilicate):

تکتوسیلیکات ها تقریباً 3/4 کانیهای بخش سنگی پوسته زمین را بخود اختصاص داده اند. تتراندروهای  $SiO_4$  در تکتوسیلیکات ها از هر گوشه با چهار تتراندر دیگر مربوط می شوند، البته در این سری  $AlO_4$  می تواند با  $SiO_4$  ایجاد ترکیب آلوموسیلیکات را بنماید. نسبت  $Al:Si$  بین 1:1 و 1:3 می باشد. در آلایت  $NaAlSi_3O_8$  (1:3) و در آنورتیت  $CaAl_2Si_2O_8$  (1:1) و نسبت  $Si:O$  و  $Al:O$  در تمام تکتوسیلیکات ها (1:2) است، مثل  $SiO_2$ . در ترکیبات شیمیایی این رده یونهای  $OH$ ,  $F$ ,  $Cl$  شرکت نموده و با سیلیسیم و آلومینیم ترکیب می گردند. آب نیز در ترکیب تکتوسیلیکات ها شرکت کرده و کانی های سری زئولیت را تشکیل می دهد.

تکتوسیلیکات ها به دلیل فقدان عناصر فرو منیزین دارای رنگ های روشن هستند. همچنین دارای وزن مخصوص کم و بجز کوارتز دارای کلیواژ می باشند.

انواع تکتوسیلیکاتها:

-گروه کوارتز (Quartz Group):

1- کوارتز (Quartz) به فرمول:  $\text{SiO}_2$

2- تریدیمیت (Tridymite) به فرمول:  $\text{SiO}_2$

3- کریستوبالیت (Cristobalite) به فرمول:  $\text{SiO}_2$

4- اوپال (Opal) به فرمول:  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

-گروه فلدسپات (Feldspar Group) شامل تقسیم بندی زیر می باشد:

1- اورتوکلاز (Orthoclase)

- فلدسپات پتاسیک (K-Feldspar) به فرمول:  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$

- میکروکلین (Microcline) به فرمول:  $(\text{K},\text{Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$

- سانیدین (Sanidine) به فرمول:  $(\text{K},\text{Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$

۲- پلاژیوکلاز (Plagioclase) شامل:

- آلایت (Albite) به فرمول:  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ، اولیژکلاز، آندزین، لابرادور، بایتونیت و آنورتیت

(Anorthite) به فرمول:  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

-گروه فلدسپاتوئید (Feldspathoid Group):

1- لویسیت (Leucite) به فرمول:  $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$

2- نفلین (Nepheline) به فرمول:  $(\text{Na},\text{K})\text{AlSiO}_4$

3- سودالیت (Sodalite) به فرمول:  $\text{Na}_8(\text{AlSiO}_4)_6\text{Cl}_2$

4- آنالسیم (Analcim) به فرمول:  $\text{Na}(\text{AlSi}_2\text{O}_6) \cdot \text{H}_2\text{O}$

-گروه زئولیت (Zeolite Group):

1- ناترولیت (Natrolite) به فرمول:  $\text{Na}_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

2- شابازیت (Chabazite) به فرمول:  $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

3- هولاندیت (Heulandite) به فرمول:  $\text{CaAl}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

4- استیلیت (Stilbite) به فرمول:  $\text{CaAl}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

### الف - گروه کوارتز:

1- کوارتز (Quartz):

فرمول شیمیایی:  $\text{SiO}_2$

سیستم تبلور: کوارتز آلفا (حرارت توسط 573 درجه) در سیستم هگزاگونال تراپزوهدرال و کوارتز بتا (حرارت بالا 867 درجه) در سیستم تریگونال تراپزوهدرال متبلور می شود.

آگرگات: اغلب کوارتزها بر طبق یک یا دو تا از قانون ماکل کوارتز، ماکله می شوند کوارتز اکثراً در اشکال دانه ای، ماسیو (توده ای)، شاخه ای وجود دارد.

خواص فیزیکی: این کانی اغلب بدون رنگ یا سفید است اما توسط ناخالصی به رنگ های مختلف ظاهر می شود جلای شیشه ای، سختی 7، وزن مخصوص 2/65، شکست صدفی دارد و دارای خاصیت پیزوالکتریک و پیروالکتریک است.

### انواع کوارتزهای رنگی:

1- کوارتزی رنگ (دُر کوهی) (Colorless Quartz)

2- آمیتیست (Amethyst) کوارتز بنفش بعلت وجود مقدار  $\text{Fe}^{3+}$

3- رز کوارتز (Rose Quartz) کوارتز قرمز یا صورتی بعلت وجود  $\text{Ti}^{4+}, \text{Mn}^{3+}$

4- کوارتز دودی (Smoky Quartz) تحت تاثیر مواد رادیواکتیو قرار گرفته و هیچ ناخالصی ندارد یعنی همان کوارتز شفاف و بی رنگ است.

5- کوارتز زرد روشن (Citrine Quartz)

6- کوارتز شیری (Milky Quartz) بعلت وجود حباب هوا و آب بصورت ادخال.

7- کوارتزهای حاوی بلورهای ادخال:

1- کوارتز حاوی بلورهای سوزنی روتیل ( $\text{TiO}_2$ ) به رنگ آبی درآمده و با ادخال بلورهای سوزنی تورمالین به رنگ سبز مشاهده می شود.

2- بلورهای سوزنی میکای کروم دار و یا هماتیت در درون کوارتز ایجاد رنگ های سبز یا قرمز قهوه ای می نماید.

8- **کوارتز الیافی**: گاهی کوارتز به صورت پزیدومورف جایگزین بلورهای الیافی می شود و تشکیل کوارتز الیافی را می دهد. اگر به رنگ سبز تا خاکستری، چشم گربه ای (Cat's eyes) و اگر به رنگ قهوه ای طلایی مشاهده شود چشم ببری (tiger's eyes) نامیده می شود.

**پیدایش**: در تمام شرایط سنگ شناسی از قبیل آذرین، دگرگونی و رسوبی، همچنین در شرایط هیدروترمال، پگماتیت و غیره بوجود می آید.

**موارد مصرف**: در صنعت شیشه سازی، کاغذ سازی و از خاصیت پیزوالکتریک در فرستنده ها و گیرنده های رادیویی استفاده می شود.

## 2- **تری‌دیمیت (Tridymite):**

**فرمول شیمیایی**:  $\text{SiO}_2$

**سیستم تبلور**: تری‌دیمیت آلفا (پایدار) (اورترومیک) ، تری‌دیمیت بتا (ناپایدار) (هگزگونال)

**خواص فیزیکی**: تری‌دیمیت آلفا بی رنگ تا سفید و دارای ماکل گوه ای است. جلای شیشه ای، سختی 7، وزن مخصوص 2/26، شناسایی این کانی فقط از طریق مشاهدات میکروسکوپی صورت می گیرد.

**پیدایش**: این کانی در سنگ های آتشفشانی مانند ریولیت و همچنین در داخل حفرات آن ها حاصل می شود.

## 3- **کریستوبالیت (Cristobalite):**

**فرمول شیمیایی**:  $\text{SiO}_2$

**کریستوبالیت آلفا (ناپایدار) (تتراگونال) ، کریستوبالیت بتا (پایدار) (کوبیک)**

کوارتز آلفا → کوارتز بتا → تری‌دیمیت آلفا → کریستوبالیت بتا → ماده مذاب

**خواص فیزیکی**: کریستوبالیت حرارت بالا (β) پایدار است. جلای شیشه ای، سختی 6/5، وزن مخصوص 2/32، بی رنگ، دارای آگرگات شعاعی در حفره سنگها است.

**پیدایش**: در اکثر سنگ های آذرین بیرونی در درون حفرات آن ها و با کانی های تری‌دیمیت در گدازه ها وجود دارد.

## 4- **اوپال (Opal):**

**فرمول شیمیایی**:  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

**سیستم تبلور**: آمورف (بی شکل) آثار تبلور در آن ها دیده نمی شود.

**آگرگات:** توده ای، در فرم استلاگتیت

**خواص فیزیکی:** بی رنگ، سبز، سفید، قرمز، زرد کم رنگ، خاکستری و آبی، جلای شیشه ای، سختی 5-6، وزن مخصوص 2-2/25، سطح شکست صدفی. اوپال دارای انواع مختلف است شامل: اوپال چوبی، اوپال آتشین، هیالیت، دیاتومیت، اوپال معمولی (اینها از نظر رنگ و میزان آب متفاوت می باشند).

**پیدایش:** اوپال ممکن است توسط چشمه های آبگرم در اعماق کم رسوب نماید، همچنین می تواند محصول محلول های هیپوژن با درجه حرارت کم، آب های متثوریته باشد و یا در حفرات سنگ ها و در توفهای ولکانیکی نیز وجود داشته باشد.

5- **کلسدون (Chalcedony):** کوارتز رشته ای دارای آگرگات شعاعی با سیستم تبلور هگزاگونال.

6- **جاسپ (Jasp):** یک سنگ سیلیسی آهن دار به رنگ قرمز قهوه ای تا قرمز تیره.

7- **آگات (Agatt):** آگات کلسدون هایی است با ساختمان منطقه ای رنگی که ترکیبات اکسید منگنز با اکسید آهن فرم زونه ای در آن ایجاد می کنند این کانی در حفره های حاصل از خروج گازها در سنگهای آتشفشانی تشکیل می شود.

## ب - گروه فلدسپات ها

کانی های گروه فلدسپات حدود 60 درصد کل کانی های پوسته زمین را تشکیل می دهد این سری کانی ها در کلیه سنگ ها از جمله سنگ های آذرین، دگرگونی و رسوبی شرکت می نمایند.

### تقسیم بندی فلدسپات ها:

1- فلدسپات پتاسیم (ارتوکلاز) به فرمول:  $KAlSi_3O_8$

2- فلدسپات سدیم (آلبیت) به فرمول:  $NaAlSi_3O_8$

3- فلدسپات کلسیم (آنورتیت) به فرمول:  $CaAl_2Si_2O_8$

فلدسپات ها در دو سیستم تبلور تریکلینیک و مونوکلینیک متبلور می شوند فلدسپات های سدیم و پتاسیم دارای تتراندراهای منظم هستند و نسبت  $Al:Si$  1:3 می باشد و در حرارت کم متبلور میشوند، درحالیکه فلدسپات های کلسیم در سیستم مونوکلینیک متبلور شده دارای تتراندراهای نامنظم هستند نسبت  $Al:Si$  1:1 بوده و در حرارت بالا این سری کانی ها متبلور می شوند (نظم و عدم نظم در آرایش و ترتیب تتراندرها بستگی به حرارت تشکیل دارند هر چه حرارت بالاتر باشد بی نظمی زیادتر است).



**الف - فلدسپات های پتاسیک یا اورتوکلازها: (Orthoclase)**

انواع اورتوکلازها (فلدسپات آلکالی) K- Feldspars شامل:

فلدسپات پتاسیک  $KAlSi_3O_8$

آدولار  $KAlSi_3O_8$

میکروکلین  $(K,Na)AlSi_3O_8$

سانیدین  $(K,Na)AlSi_3O_8$

آنورتوکلاز  $(Na,K)AlSi_3O_8$

**میکروکلین (Microcline):**

فرمول شیمیایی:  $(K,Na)AlSi_3O_8$

سیستم تبلور: تری کلینیک پیناکوئیدال

آگرگات: توده ای، دانه ای

**خواص فیزیکی:** سفید تا زرد کم رنگ و به ندرت قرمز و سبز، میکروکلین سبز رنگ را آمازونیت (Amazonite) گویند. جلای شیشه ای، سختی 6، وزن مخصوص 2/54-2/57، میکروکلین دارای ماکل میکروکلین بوده یعنی مجموعه ماکل آلپیت و پریکلین.

**پیدایش:** میکروکلین اکثراً در سنگ های آذرین مانند گرانیت، در سنگ های رسوبی، و در سنگهای متامورف مانند گنایس ها وجود دارد.

**سانیدین (Sanidine):**

فرمول شیمیایی:  $(K,Na)AlSi_3O_8$

سیستم تبلور: منوکلینیک پریسماتیک

آگرگات: توده ای، دانه ای

**خواص فیزیکی:** در دو جهت کلیواژ خوب دارد، بیرنگ و معمولاً شیشه ای، سختی 6، وزن مخصوص 2/56-2، دارای ماکل های دوقلوی کارلسباد است.

**پیدایش:** این کانی در اکثر سنگ های آذرین بیرونی وجود دارد.

**ب - پلاژیو کلاز (Plagioclase):**

کانی های موجود در گروه پلاژیو کلازها از دو سری ایزومورف بین دو عنصر Ca, Na تشکیل یافته اند. انواع کانی های گروه پلاژیو کلازها با درصد آنورتیت شامل:

- آلپیت: 0-10 % (An)

- اولیژ کلاس: 10-30 % "

- آندزین: 30-50 % "

- لابرادور: 50-70 % "

- بیتونیت: 70-90 % "

- آنورتیت: 90-100 % "

بطور کلی آنورتیت در حرارت 1550 درجه و آلپیت در حرارت 1100 درجه متبلور می شوند، پلاژیو کلازهای بازیگ (کلسیم دار) مربوط به حرارت بالاست و بی نظمی داخلی آن در حرارت بالا تولید می شود.

**سیستم تبلور:** پلاژیو کلازها در رده تری کلینیک متبلور می شود ولی کانی هایی که نقطه ذوب بالایی دارند منو کلینیک متبلور می شوند.

**خواص فیزیکی:** پلاژیو کلازها به رنگ سفید هستند ولی به رنگ های سفید مایل به خاکستری، سفید مایل به زرد، سفید مایل به سبز نیز مشاهده می شود. جلای شیشه ای و مرواریدی، سختی 6-6/6، وزن مخصوص آلپیت 2/62 و آنورتیت 2/76، کلیواژ در دو جهت می باشد. پلاژیو کلازها طبق قانون ماگل آلپیت، ماکله می شوند. آلپیت با اسید کلریدریک واکنش نشان نمی دهد ولی آنورتیت در HCl تجزیه می شود.

**پیدایش:** پلاژیو کلازهای اسیدی در سنگ های آذرین اسیدی وجود دارند و پلاژیو کلازهای بازیگ در سنگ های آذرین بازیگ شرکت می کنند. در ماسه سنگ ها و در سنگ های متامورف نیز وجود دارند.

**موارد مصرف:** صنعت شیشه سازی، سرامیک و چینی سازی.

### ج - گروه فلدسپاتوئیدها (Feldspatoides or Foids):

فلدسپاتوئیدها مشابه فلدسپات ها می باشند با این تفاوت که  $\text{SiO}_2$  کمتری دارند بعبارت دیگر فلدسپاتوئیدها در محیط های کم سیلیس بوجود می آیند ولی به علت اینکه حاوی کاتیون های  $\text{K}$ ,  $\text{Na}$ ، زیادی هستند در سنگ هایی وجود دارند که از نظر سیلیس فقیر ولی از نظر عناصر قلیایی ( $\text{K}$ ,  $\text{Na}$ ) غنی می باشند.

#### انواع فلدسپاتوئیدها:

##### 1- لویسیت (Leusite):

فرمول شیمیایی:  $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$

سیستم تبلور: لویسیت در حرارت پایین (زیر 605 درجه) تتراگونال و در حرارت بالا (بالای 605 درجه) کوبیک می باشد.

آگرگات: دانه ای در فرم تراپزوهدر (تتراگونال تراپزوهدرال)

خواص فیزیکی: سفید تا خاکستری، جلای شیشه ای، سختی 5/5-6، وزن مخصوص 2/27، از مشخصات لویسیت اینست که در چندین جهت دارای ماکل پلی سنتیک می باشد و اکثراً شبیه توپ فوتبال به نظر می آید.

پیدایش: در لویسیت کانی نسبتاً کمیابی است و هرگز در سنگ های دارای کوارتز یافت نمی شود. لویسیت در سنگ های آذرین بیرونی قلیایی و توف ها وجود دارد.

##### 2- نفلین یا الئولیت (Nepheline or Eleolite):

فرمول شیمیایی:  $(\text{Na}, \text{K})\text{AlSi}_3\text{O}_8$

سیستم تبلور: هگزاگونال پیرامیدال.

آگرگات: دانه ای، توده ای و متراکم

خواص فیزیکی: بی رنگ، سفید یا سفید مایل به زرد در فرم های توده ای سبز خاکستری، خاکستری متمایل به سبز و قرمز، جلای شیشه ای، سختی 5/5-6، وزن مخصوص 2/60-2/65 می باشد.

پیدایش: در سنگ های آذرین قلیایی با کوارتز همراه می باشد و در آنجا  $\text{SiO}_2$  به فلدسپات تبدیل می شود.

موارد مصرف: در صنعت شیشه سازی، عینک سازی جهت تهیه شیشه های سبز و چینی سازی و تهیه  $\text{Al}_2\text{O}_3$  استفاده می شود.

3- آنالیم (Analcime):

فرمول شیمیایی:  $\text{NaAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)\text{H}_2\text{O}$ .

سیستم تبلور: کویک

خواص فیزیکی: بی رنگ، سفید، سبز، خاکستری و گاهی در اثر ناخالصی آهن به رنگ قرمز قهوه ای می باشد، جلای شیشه ای، سختی 5-5/5، وزن مخصوص 2/2 می باشد.

پیدایش: در حفرات سنگهای آذرین بیرونی بخصوص در بازالت یافت می شود.

د- گروه زئولیت ها (Zeolite Group):

تعداد زیادی کانی در این گروه قرار می گیرد که جزء سیلیکات های آبدار هستند و دارای ترکیب شیمیایی، نحوه پراکندگی و پیدایش مشابه می باشند. میانگین سختی آنها بین 3/5-5/5 و وزن مخصوص آنها بین 2/4-3 است.

کانی های گروه زئولیت براساس آگرگات به انواع زیر تقسیم می شود:

1- زئولیت های الیافی: مانند ناترولیت

2- زئولیت های مکعبی: مانند شابازیت

3- زئولیت های ورقه ای: مانند هولاندیت

4- زئولیت های تیغه ای: مانند استیلیت

1- ناترولیت (Natrolite):

فرمول شیمیایی:  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}$

سیستم تبلور: اورتورمبیک

آگرگات: بصورت کریستال های شعاعی، دانه ای، فایبره، توده ای و متراکم

خواص فیزیکی: بی رنگ، سفید، به ندرت به رنگ زرد تا قرمز، جلای شیشه ای، سختی 5-5/5، وزن مخصوص 2/25 می باشد.

پیدایش: در سنگ های آذرین قلیایی مانند فونولیت، بازالت و در شیست ها مشاهده می شود.

2- شابازیت (Chabazite):

فرمول شیمیایی:  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$

سیستم تبلور: تری گونال رومبوئدرال

**خواص فیزیکی:** بی رنگ ، سفید، زرد، قهوه ای کم رنگ، جلای شیشه ای، سختی 4-4/5 ، وزن مخصوص 2/1

**پیدایش:** در حفرات سنگ هایی مثل فونولیت ها ، بازالت ها و گرانیت ها بوجود می آید.

3- هولاندیت (Heulandite):

**فرمول شیمیایی:**  $\text{CaAl}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

**سیستم تبلور:** منوکلینیک

**خواص فیزیکی:** بی رنگ، سفید، زرد، قرمز، جلای شیشه ای، سختی 4-3/5 ، وزن مخصوص 2/2-2/18 ، کلیواژ

کامل در جهت {۰۱۰}

**پیدایش:** در حفرات سنگ های آذرین بازیک به همراه انواع مختلف زئولیت و کلسیت یافت می شود.

4- استیلبیت (Stilbite):

**فرمول شیمیایی:**  $\text{CaAl}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

**سیستم تبلور:** منوکلینیک پریسماتیک

**آگرگات:** تیغه ای

**خواص فیزیکی:** سفید، بندرت زرد، قرمز، قهوه ای. جلای شیشه ای، سختی 4-3/5 ، وزن مخصوص 2/2-2/1

**پیدایش:** در حفرات سنگ های آذرین بیرونی (بازالت) یافت می شود.

**موارد مصرف زئولیت ها:** مورد مصرف مهم آن، استفاده در تهیه ی سیمان بتون سبک و نیز در کشاورزی است.