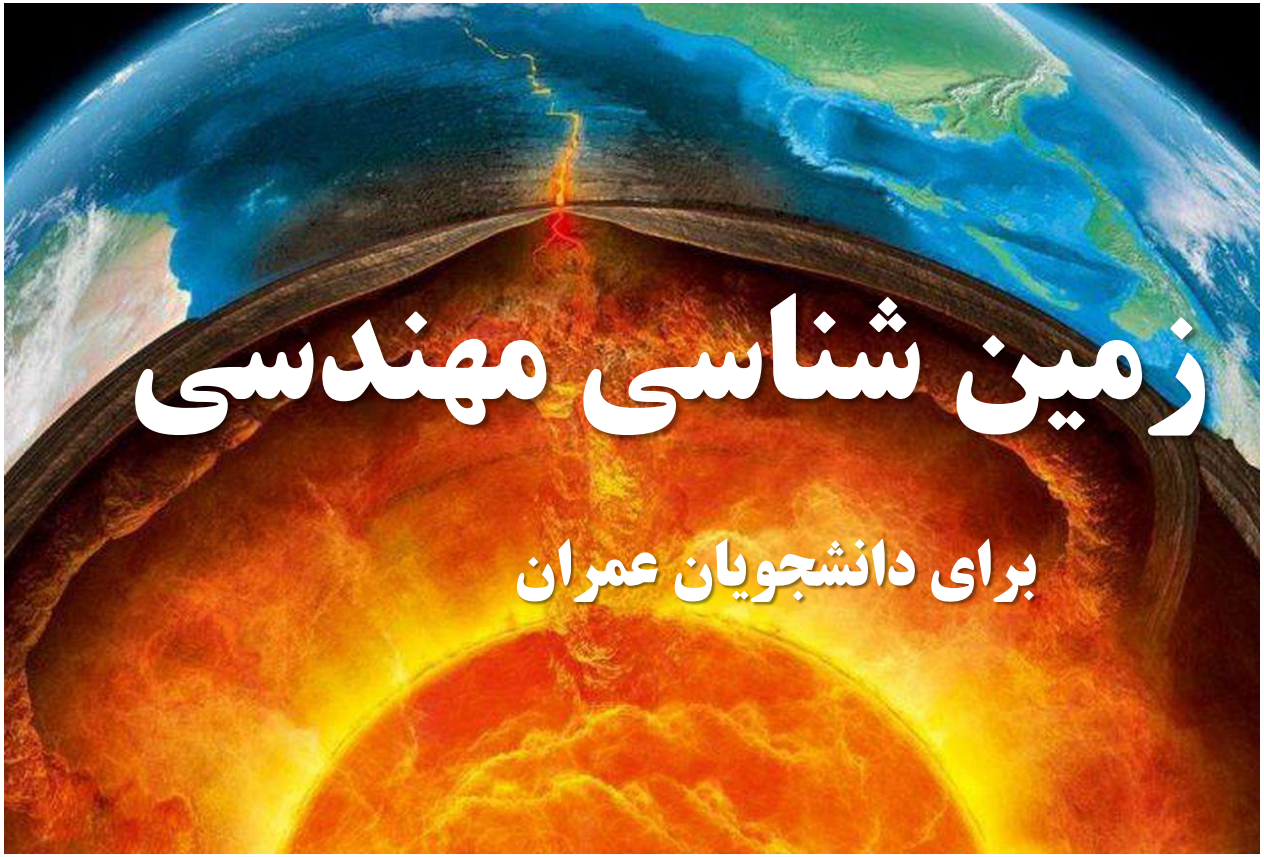
دانشگاه سمنان



زمین شناسی مهندسی

برای دانشجویان عمران

دانشگاه خوارزمی

زمین شناسی مهندسی

برای دانشجویان عمران

تألیف

دکتر سید محمود فاطمی عقدا

دکتر سید محمد حسین رضوی

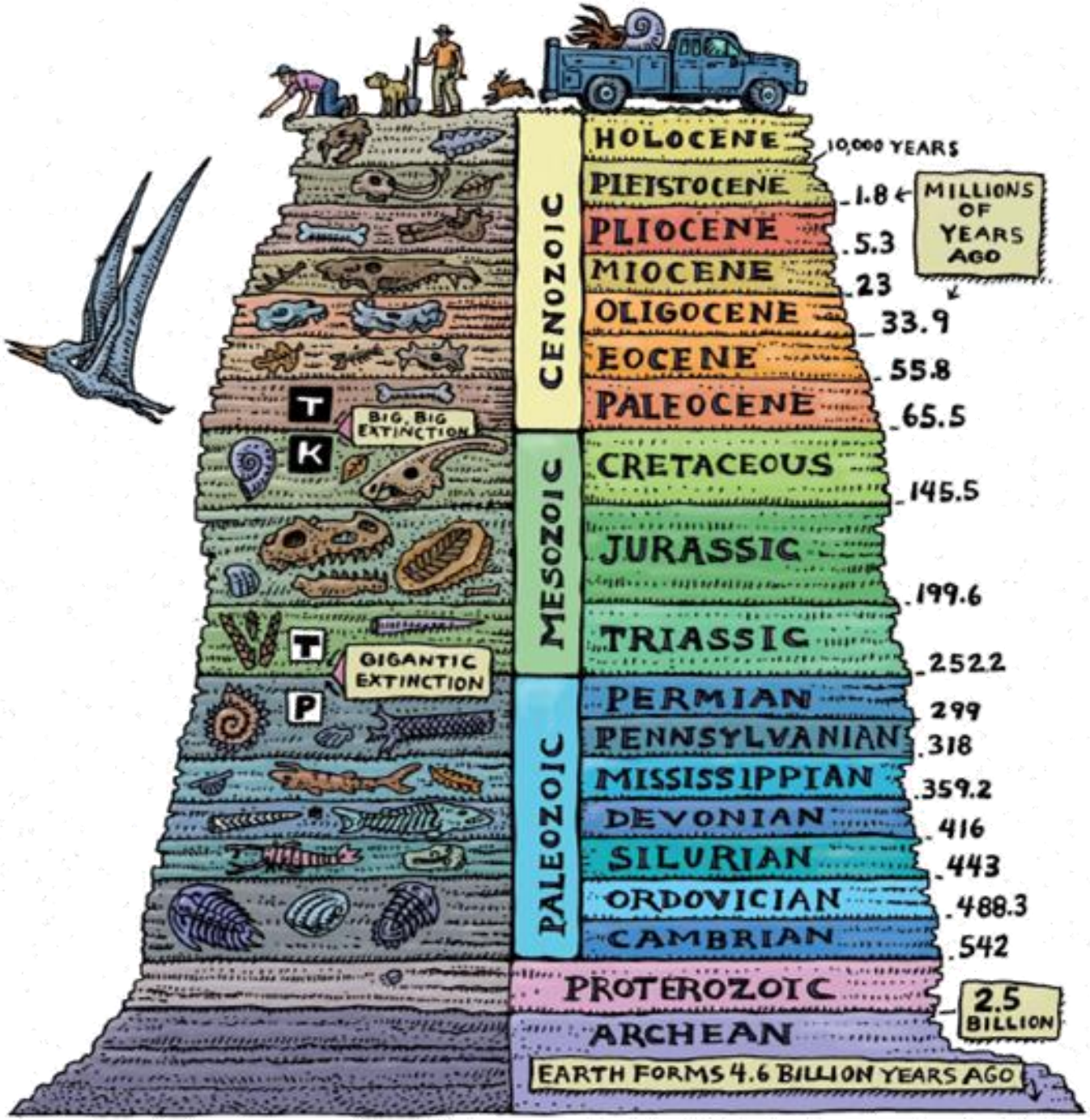
مهندس فاطمه دهقان فاروجی

آشنایی با زمین شناسی

زمین کره‌ای از کره‌های عالم است که شرایط مناسب حیات در آن فراهم می‌باشد. این کره، سیاره‌ای از سیاره‌های منظومه شمسی است که درکهکشان راه شیری قرار دارد. زمین در مقایسه با ستارگان و عالم افلاک ذرّه‌ای بیش نیست، امّا این کره کوچک به خاطر شرایط مناسب زیستی یکی از شگفتی‌های جهان خلقت است. زمین گنجینه‌ای بس عظیم بوده که بشر برای دستیابی به آن تلاش می‌کند. **زمین‌شناسی**[1] علم مطالعه زمین است و شامل دو رشته اصلی زمین‌شناسی فیزیکی و زمین‌شناسی تاریخی می‌باشد.

زمین‌شناسی فیزیکی: درباره ساختار زمین و مواد سازنده آن، مانند کانی‌ها و سنگ‌ها و فرآیندهای تغییردهنده سطح آن بحث می‌کند. این فرآیندها شامل فرآیندهای درونی، مانند کوهزایی، زلزله و ماگماتیسم[۲] و فرآیندهای بیرونی مانند فعالیت‌های آتشفشانی، هوازدگی و فرسایش به وسیله باد، آب و یخچال‌ها می‌باشد.

زمین‌شناسی تاریخی: به‌طورکلی در مورد گذشته، تحوّل و تکامل زمین بحث می‌کند. در این رشته وضع عمومی زمین در دوره‌های مختلف زمانی، زمین‌شناسی گذشته، واقعه‌ها و حادثه‌های مهم زمین‌شناسی، سنگواره‌ها و نیز وضع کلی قاره‌ها، اقیانوس‌ها و آب و هوا را، از بدو تشکیل زیستی تا به امروز، مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد.


HOLOCENE
10,000 YEARS
PLEISTOCENE
1.8
PLIOCENE
5.3
MIOCENE
23
OLIGOCENE
33.9
EOCENE
55.8
PALEOCENE
65.5
CENOZOIC
MILLIONS OF YEARS AGO
T
K
BIG, BIG EXTINCTION
CRETACEOUS
145.5
JURASSIC
199.6
TRIASSIC
252.2
MESOZOIC
T
P
GIGANTIC EXTINCTION
PERMIAN
299
PENNSYLVANIAN
318
MISSISSIPPIAN
359.2
DEVONIAN
416
SILURIAN
443
ORDOVICIAN
488.3
CAMBRIAN
542
PALEOZOIC
PROTEROZOIC
2.5 BILLION
ARCHEAN
EARTH FORMS 4.6 BILLION YEARS AGO

تعریف علم زمین شناسی مهندسی

عبارتست از کاربرد زمین شناسی در طرح های بزرگ مهندسی مانند سدسازی، حفر تونل، جاده سازی، احداث پالایشگاه ها، نیروگاه، کارخانجات و نظایر اینها. به عبارت دیگر از ترکیب دوعلم زمین شناسی و مهندسی(مهندسی عمران)، علم زمین شناسی مهندسی بوجود آمده است که در آن مباحث زمین شناسی را به زبانی که مورد استفاده مهندسین و طراحان پروژه باشد، تعریف می نمایند به طور کلی بدون همکاری مهندسین و زمین شناسان مهندس ممکن است که خسارات و پیامدهای زیان باری در طول عمر مفید سازه ها به بار آید.

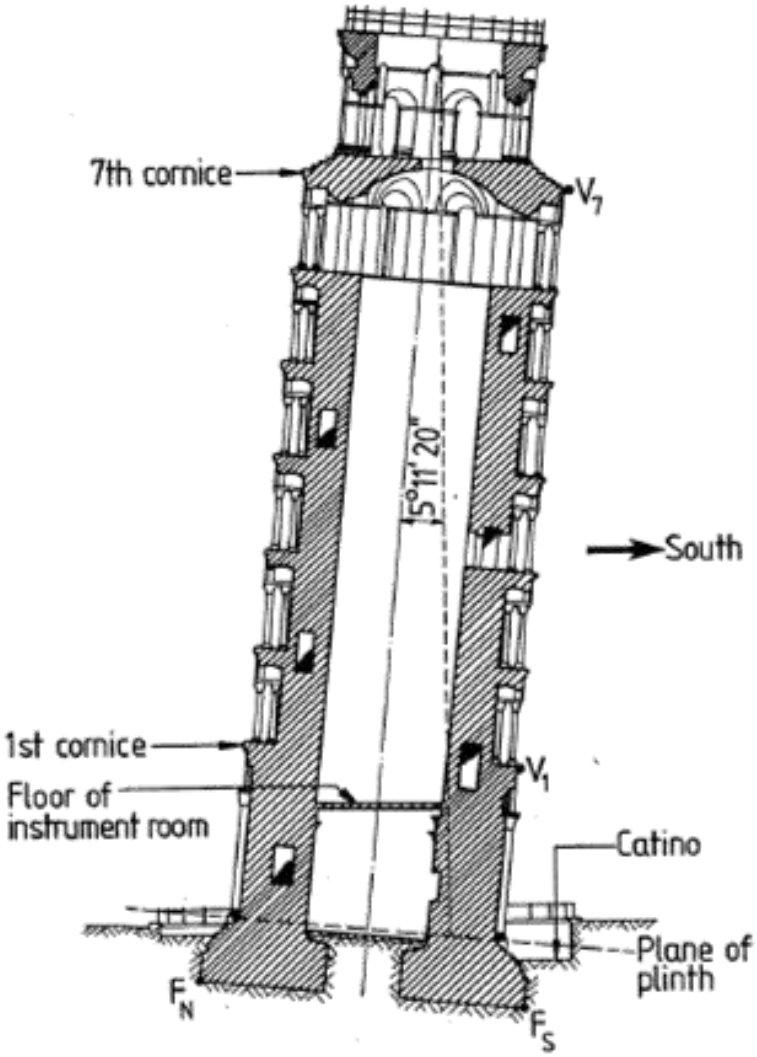
لازمه همکاری بین مهندسین طراح و زمین شناسان دانستن اطلاعات اولیه زمین شناسی توسط مهندسین و دانستن اطلاعات مهندسی توسط زمین شناسان می باشد. که زمین شناسان مهندس دارای چنین قابلیتی می باشند.مقایسه ی دیدگاه های زمین شناسی و مهندسین طراح پروژه ها (مهندسین عمران) از لحاظ نوع فعالیت، برداشت اطلاعات و هدف از مطالعات در زیر آمده است:

مهندسین طراح		زمین شناسی
مطالعات بیشتر جنبه تحلیلی و کمی دارد.	نوع مطالعات	مطالعات بیشتر جنبه توصیفی و کیفی دارد
اطلاعات مهندسین بیشتر از طریق انجام آزمون های در شرایط صحرایی و آزمایشگاهی	برداشت اطلاعات	اطلاعات بیشتر به صورت برداشت های صحرایی، مشاهدات و اندازه گیری بدست می آید
هدف طراحی و اجرای پروژه بر مبنای نتایج آزمایشگاهی و بکارگیری راه حل های ریاضی	هدف از مطالعات	شناخت واقعیت های زمین شناسی و منعکس کردن در گزارش ها و نقشه ها

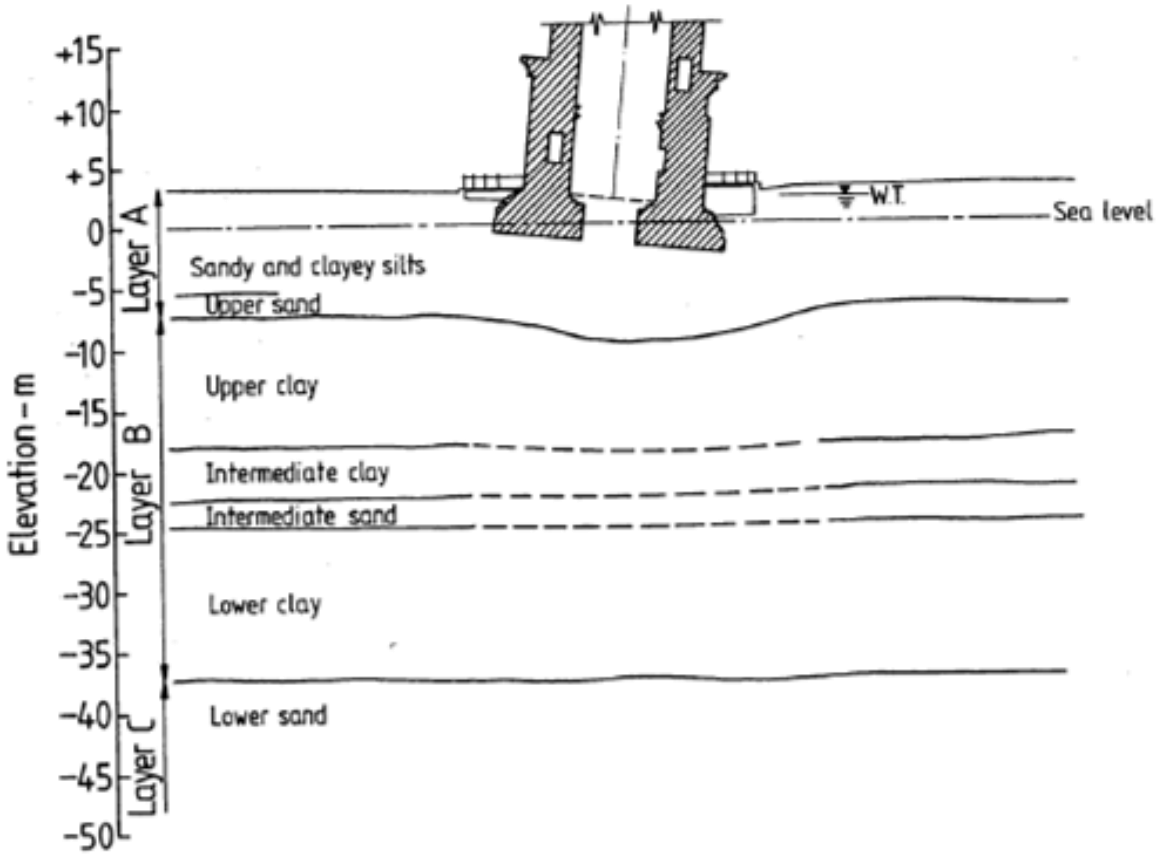
کاربرد علم زمین شناسی مهندسی:

در علم حمل و نقل و راهسازی با حذف نقاط حادثه خیز از نظر ریزش و نشست می توانند اقتصادی ترین مسیر را انتخاب کنند. انتخاب بهترین روش حفاری در جهت احداث تونل، پایدارسازی ریزش ناشی از استخراج معادن، انتخاب مصالح مناسب برای ساخت و ساز، اطلاعات مربوط به منابع قرضه (سنگ، شن، ماسه، رس و سیلت)، ناپایداری شیبهای سنگی و خاکی، پیش بینی رفتار سنگ و خاک در حین اجرای طرح های عمرانی و نیز در مرحله بهره برداری و نگهداری و ... از جمله کاربرد های علم زمین شناسی مهندسی می باشد.

** یک نمونه از سهل انگاری هایی که به دلیل بی توجهی به شرایط زمین شناسی و عدم انجام آزمایش های مکانیک خاک به وقوع پیوست، برج Pisa یا Pizza در ایتالیا می باشد.



پروفیل خاک زیر برج به صورت زیر می باشد:



یکی از اشتباهات در احداث برج پیزا که منجر به کج شدن آن شده مکان یابی نادرست محل احداث آن بوده چرا که خاک زیر برج پیزا را لایه هایی از ماسه و خاک رس تشکیل داده و به دلیل وزن بالای سازه برج نشست نحکیمی در لایه رس اتفاق افتاد.

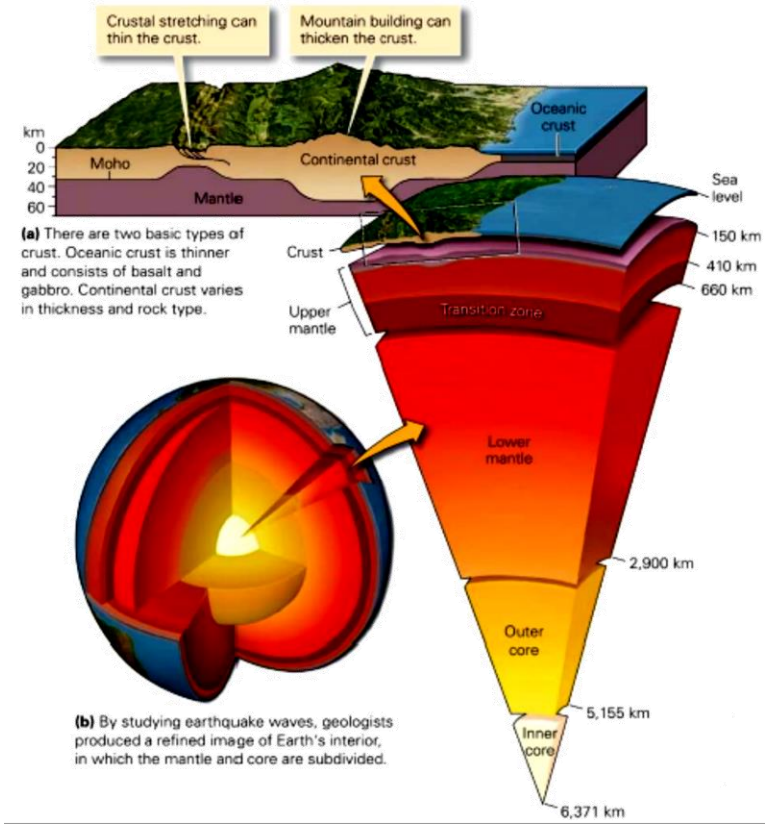
وظایف زمین شناسی مهندسی

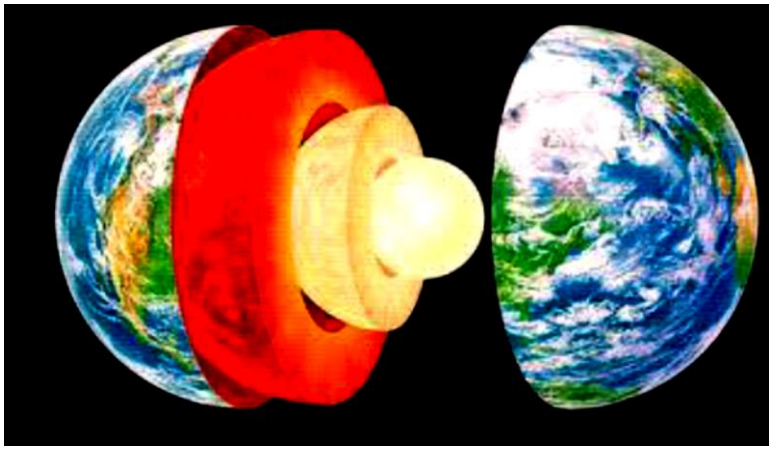
- شناسایی خصوصیات زمین در شرایط حاکم بر منطقه
- بررسی وضعیت آبهای زیرزمین و تاثیر آن بر طرح های مهندسی
- نمونه برداری از مصالح و انجام آزمایش های مناسب جهت ارزیابی ویژگی های مهندسی آن (به طور مثال در سدهای خاکی ...)
- پیش بینی خطرات احتمالی زمین شناسی و ارزیابی روش های مقابله با آن
- بررسی و تحلیل فونداسیون سازه ها مانند سدها، پل ها، دکل ها، ساختمان های مرتفع
- بررسی وضعیت زمین شناسی در طول سازه های خطی مانند تونل ها، جاده ها، خطوط انتقال نیرو، گاز و ...

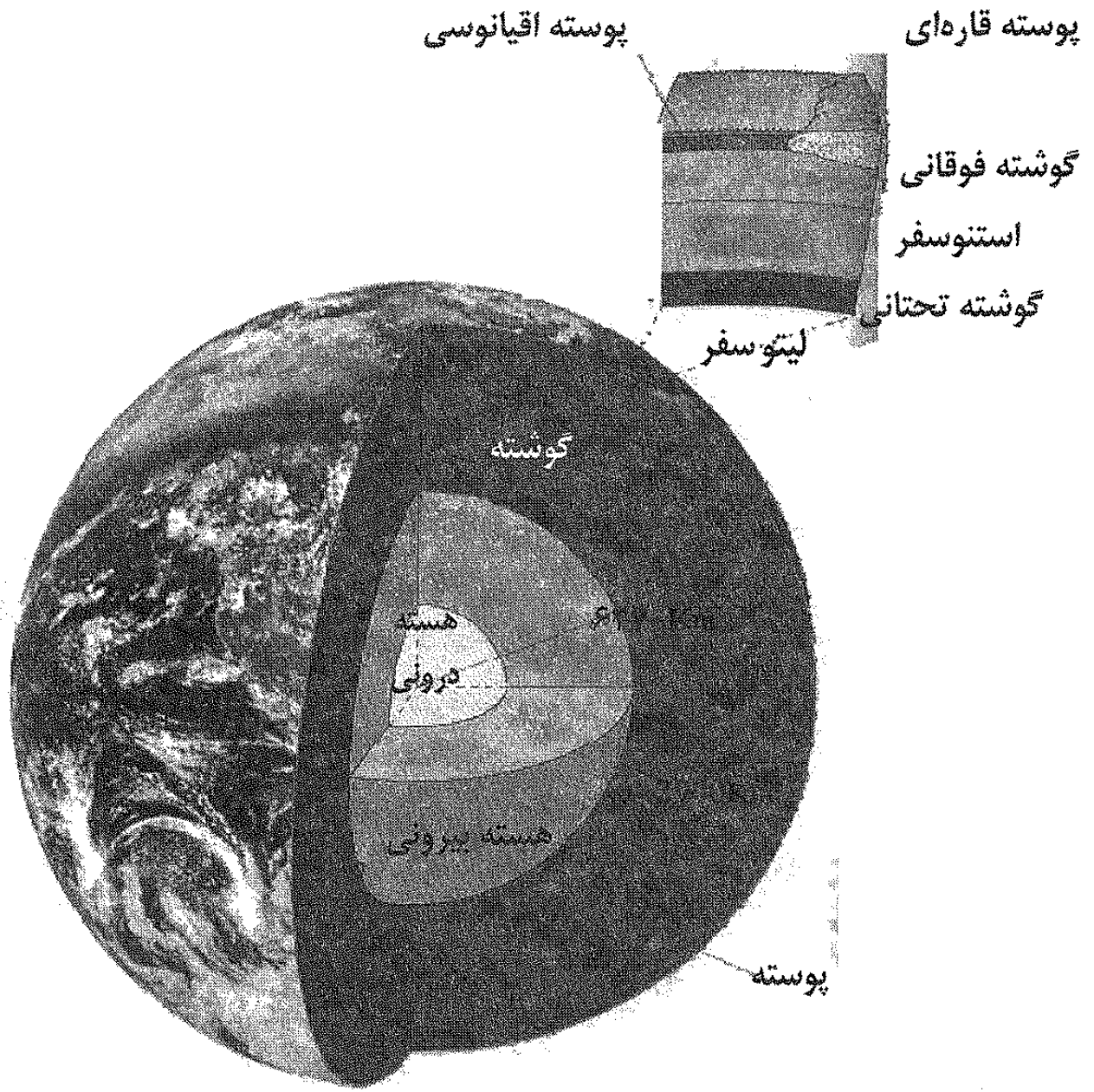
شکل و ساختمان درونی زمین

- کره زمین سومین سیاره منظومه شمسی می باشد. تنها سیاره ایست که به دلیل فاصله مناسب از خورشید، تکامل بخش های داخلی، اقیانوس ها و اتمسفر، حیات در آن وجود دارد.
- شعاع متوسط زمین ۶۳۷۰ km، حجم ۱۰۸۳ میلیارد کیلومتر و مساحت ۵۰۹.۹ میلیون کیلومتر مربع است.
- با توجه به مطالعاتی که تاکنون صورت گرفته، سن زمین ۴.۵۴ میلیارد سال تخمین زده شده است.

- از آنجایی که ساختمان داخلی زمین در هیچ محلی در معرض دید مستقیم نبوده است، با استفاده از امواج زلزله در هنگام عبور از بین سنگ ها می توان به ساختار درونی زمین پی برد.
- براین اساس ساختمان درونی زمین شامل سه لایه گوناگون است. این لایه ها به ترتیب
- پوسته (Crust)
- گوشته (Mantle)
- هسته (Core)





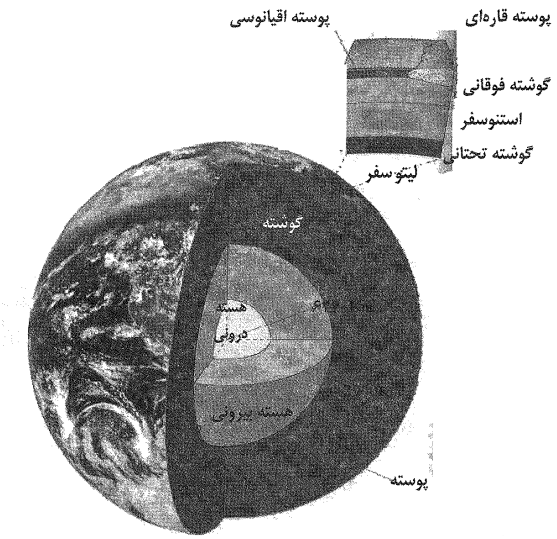


شکل۲-۱: بخش‌های گوناگون درون زمین

۲-۱-۱- پوسته[1]

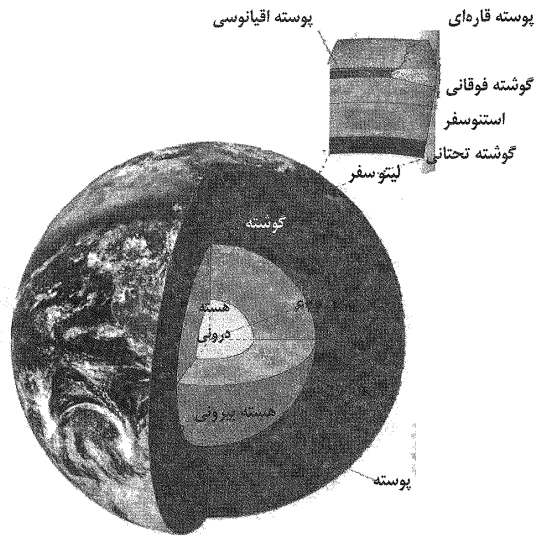
پوسته، خارجی‌ترین قسمت زمین است و حدود یک درصد حجم این کره را تشکیل می‌دهد. پوسته شامل دو بخش، پوسته قاره‌ای و پوسته اقیانوسی می‌باشد. پوسته قاره‌ای با ضخامت ۲۰ تا ۸۰ کیلومتر و چگالی ۲/۷ گرم بر سانتیمتر مکعب، بیشتر از سیلیسیم و آلومینیم تشکیل شده است. پوسته اقیانوسی با ضخامت ۵ تا ۱۰ کیلومتر، چگالی بیشتری از پوسته قاره‌ای دارد و چگالی آن حدود ۳ گرم بر سانتیمتر مکعب می‌باشد. پوسته اقیانوسی از سنگ‌های آذرین بازیک ساخته شده است.

بین پوسته و گوشته یک انفصال یا ناپیوستگی به نام **موهوروویچ**[2] یا به‌طور خلاصه **موهو**[3] وجود دارد. بنابراین، عمق موهو در زیر آب‌ها کم می‌باشد و حداقل ۵ کیلومتر است. امّا عمق آن در زیر کوه‌های جوان زیاد می‌باشد و حداکثر تا ۸۰ کیلومتر می‌رسد.



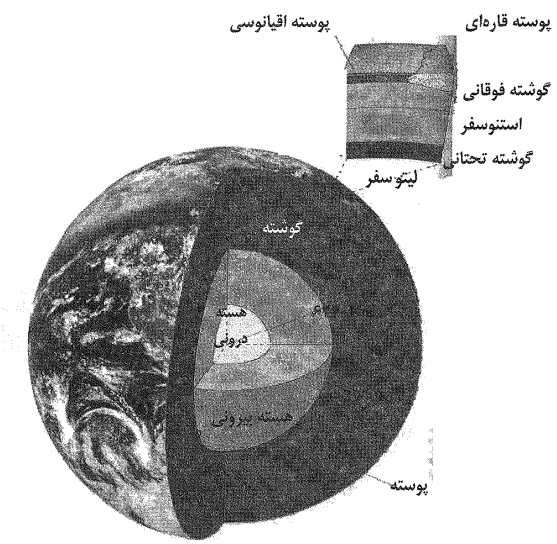
۲-۱-۲- گوشته[۴]

گوشته، در زیر پوسته قرار دارد و اطراف هسته را فرا گرفته است. مرز بالایی آن ناپیوستگی موهو و مرز زیرین آن، در عمق حدود ۲۹۰۰ کیلومتری، **ناپیوستگی گوتنبرگ**[۵] مـی‌باشـد. گوشـته حـدود ۸۳٪ حجم زمین را تشکیل می‌دهد. چگالی آن ۳/۳ تا ۵/۷ گرم بر سانتیمتر مکعب است. این بخـش از آهن و منیزیم ساخته شده است. از نظر مشخصه‌های فیزیکی، گوشـته را بـه سـه بخـش گوشـته فوقانی، گوشته میانی و گوشته زیرین تقسیم می‌کنند. این سه بخش براساس مطالعه‌های ژئوفیزیکی مشخص شده‌اند.



۲-۱-۲-۱- گوشته بالایی

گوشته بالایی در زیرحوضه‌های اقیانوسی حدود ۶۰ کیلومتر و در زیر قاره‌ها تا بیش از ۱۰۰ کیلومتر ضخامت دارد. مرز بالایی آن انفصال موهو و سطح زیرین آن انفصال بین گوشته میانی و بالایی است. مجموع پوسته و گوشته بالایی را سنگ‌کره یا **لیتوسفر**[۶] می‌نامند. از دیدگاه تکتونیک صفحه‌ای، لیتوسفر به‌صورت قطعه‌های جدا از هم می‌باشند که در مرز بین آنها آتشفشان رخ می‌دهد، زمین‌لرزه‌ها به وقوع می‌پیوندند، رشته کوه‌ها تشکیل می‌گردند و حوضه‌های اقیانوسی باز می‌شوند.

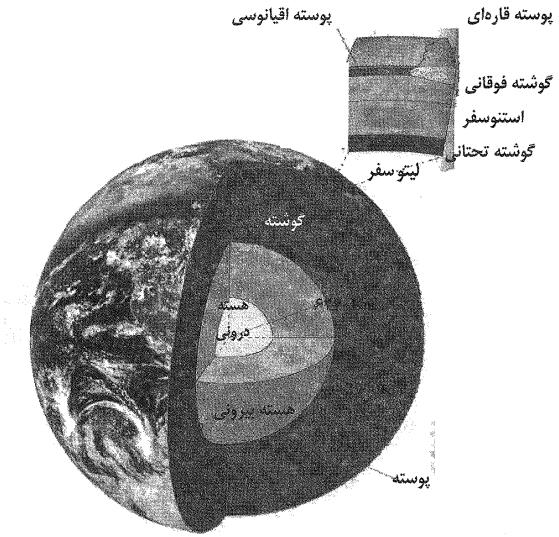


۲-۱-۲-۲- گوشته میانی یا استنوسفر[1]

ترکیب این بخش مشابه سایر بخش‌های گوشته می‌باشد؛ امّا رفتار سنگ‌های آن به‌گونه‌ای است که نسبت به سنگ‌های بالایی و زیرین نرم و سست‌تر می‌باشد و در اثر نیروهای وارده در مدّت زمان طولانی به حالت پلاستیک عمل می‌کنند و به‌کندی جریان می‌یابند. به نظر می‌رسد که دمای سنگ‌های این منطقه نزدیک به دمای ذوب سنگ‌های سازنده آن باشد و احتمال دارد مرحله‌های اوّلیه ذوب در آنها شروع شده است و قشر نازک سنگ‌های ذوب شده در بین دانه‌های کانی‌ها قرار دارد که سبب لغزنده شدن آنها گردیده است. از اینرو، سنگ‌های این منطقه نرم و به آسانی جریان می‌یابند. ذوب بخشی این سنگ‌ها سبب تولید ماگما می‌شود. ماگما چون نسبت به سنگ‌های اطراف چگالی کمتری دارد، از اینرو به سمت بالا حرکت می‌کند و ممکن است تا سطح زمین نیز برسد.

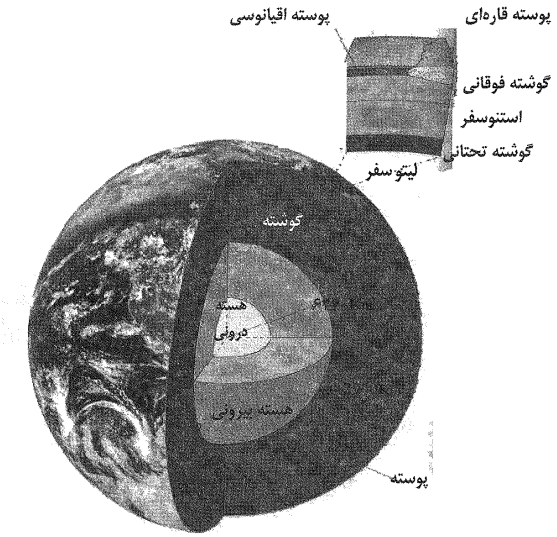
۲-۱-۲-۳- گوشته زیرین

این بخش از گوشته که اطراف هسته را فرا گرفته است، بخش اعظم کره زمین را تشکیل می‌دهد. گوشته زیرین حالت جامد دارد و ضخامت آن تا عمق ۲۹۰۰ کیلومتری، یعنی تا مرز گوتنبرگ، می‌رسد.



۲-۱-۳- هسته[۲]

هسته با شعاع ۳۴۷۰ کیلومتر، از عمق ۲۹۰۰ کیلومتری (انفصال گوتنبرگ) تا مرکز کره زمین را شامل می‌شود. این بخش حدود ۱۶٪ حجم کره زمین را می‌سازد. چگالی هسته ۱۰ تا ۱۳ گرم بر سانتیمتر مکعب است. اطلاعاتی که از موج‌های زلزله به دست آمده است، نشان می‌دهند که هسته شامل دو بخش است. اعتقاد بر این است که بخش اعظم هسته داخلی را آهن و به مقدار کمتر نیکل جامد می‌سازد. هسته بیرونی نیز از آلیاژ این دو فلز به‌صورت گداخته ساخته شده است. چرخش این مواد به‌صورت مذاب، میدان مغناطیسی زمین را به وجود می‌آورد.



تقسیم بندی زمان در زمین شناسی مهندسی

اولین کسی که عمر زمین را میلیاردها سال عنوان کرد شخصی به نام جیمز هاتن(James Hutton) بود که او را پدر زمین شناسی جدید نیز نامیده اند که البته به خاطر این اعتقادش بارها مورد انتقاد قرار گرفت.

زمین 4.6 میلیارد سال عمر دارد که از قسمت اعظم آن اطلاعات کمی در دست است. یعنی از 4.6 میلیارد تا 600 میلیون سال پیش. این دوره 4 میلیارد ساله دوره پرکامبرین نام گرفته است که در واقع هفت هشتم تاریخ زمین را به خود اختصاص می دهد. از این دوره سنگواره هایی شناخته شده است که گاهی یافت می شود. این سنگواره ها بقایای موجودات حقیقی نبوده بلکه موادی هستند که توسط جلبک ها رسوب یافته اند این ساختمان ها استروماتولیت (Stromatolite)نام دارد. اگرچه استروماتولیت ها غالباً ساختمان های نسبتاً بزرگی هستند ولی اکثر سنگواره های دوره پرکامبرین در حد میکروسکوپی اند که با کشف این موجودات میکروسکوپی قدمت حیات به قبل از 3/1 میلیارد سال پیش می رسد. بسیاری از این سنگواره های خیلی قدیمی در سنگ های رسوبی به نام چرت (که نوعی سنگ سخت

و متراکم رسوبی شیمیایی است) محفوظ مانده اند. هنگامیکه دوره بعدی یعنی کامبرین آغاز می شود صحنه برای ظهور موجودات پیچیده تر مهیا می شود .

از *570* میلیون سال پیش برگی جدید در تاریخ زمین ورق می خورد که شامل *4* دوران می شود: **دوران پرکامبرین، دوران پالئوزوئیک (دیرینه شناسی)، دوران مزوزوئیک (میان زیستی) و دوران سنوزوئیک (نوزیستی).**

- **دوران پالئوزوئیک(دیرینه زیستی):** شامل شش دوره که از 570 میلیون سال پیش آغاز شده و در 245 میلیون سال پیش پایان می گیرد می شود؛ این دوران با طول زمانی 325 میلیون سال که شامل کامبرین (Cambrian)، اوردویسین (Ordovician)، سیلورین(Silurian)، دونین(Devonian)، کربونفر(Carboniferous)، پرمین(Permian) می باشد. خزندگان در دوره کربونیفر پا به عرصه حیات می گذارند که زمینه را برای ظهور خزندگان غول پیکر در دوران بعدی یعنی مزوزوییک آماده می کنند .

- **دوران مزوزوئیک (میان زیستی)**: این دوران از 240 میلیون سال پیش آغاز شده تا 65 میلیون سال پیش ادامه دارد و به سه دوره تقسیم می شود: تریاس، ژوراسیک و کرتاسه. این بخش شامل آخرین روزهای پانگه آ و اولین گسستگی و تقسیم شدن آن است. مشخصات این دوره عبارت است از ظهور نخستین تک لپه ها، فراوانی بازدانگان، از تک لپه ای ها نخل و از دو لپه ای ها بید و بلوط. بتدریج ماهیان و دوزیستان خزندگان هوایی و دریایی و نخستین پرندگان (آرکئوپتریکس) ظهور پیدا کردند. قدیمی ترین سنگواره دایناسورها از رسوبات ژوراسیک یافت شده است .

آب و هوا تدریجاً سرد می شود. آب و هوا برای نیمکره شمالی به معتدل و برای نیمکره جنوبی از نیمه استوایی به نیمه حاره ای تبدیل گردیده است. خشکی شمال آمریکای شمالی، آسیا و اروپا بوده و خشکی واحدی به نام انگا را تشکیل می داده اند در اواخر کرتاسه است که با تشکیل اقیانوس اطلس بنظر می رسد که اروپا و آسیا از آمریکای شمالی جدا شده است. خشکی جنوبی گندوانا نام داشته است ؛ ضمناً بین دو خشکی دریای عظیمی به نام تتیس وجود داشته است؛ در طول دوران دوم تقسیمات زیر در آن صورت گرفته است: جدا شدن آمریکای جنوبی در کرتاسه تحتانی با تشکیل اقیانوس اطلس جنوبی که بنظر قدیمی تر از اطلس شمالی بشمار می آید . در اواخر دوران مزوزوییک است که خزندگان غول پیکر انقراض یافتند و زمین را برای ظهور موجودات دیگر یعنی پستانداران خالی کردند. هنوز علل انقراض دایناسورها در پرده ای از ابهام است اما بنابر یک نظر جدید حدود 65 سیارک بزرگی با زمین تصادم کرد و طبق آن فرض شده است که دایناسورهای بزرگ تحت تاثیر این سلسله حوادث واقع شده اند. دانشندانی هستند که با این نظریه مخالفند اینان با بررسی شواهد فسیل شناسی در مرز دوران های مزوزوئیک و سنوزوئیک نتیجه گرفتند که زوال دایناسورها تدریجی بوده است .

- **سنوزوئیک یا دوران حیات جدید:** دورانی است که پرندگان در هوا و پستانداران در روی زمین تنوع و گسترش یافتند و زمین خود را برای فرمانروایی انسان آماده کرد. این دوران شامل تاریخ زمین از پایان کرتاسه به بعد است. محدوده زمانی 65.5 میلیون سال قبل یعنی زمانی معادل 65.5 میلیون سال را دربرمی گیرد ضخامت متوسط رسوبات این دوران حدود 30 کیلومتر تخمین زده شده است .در اواخر کرتاسه دایناسورها ، آمونوئیدها و رودستها Rudists و خزندگان دریایی به کلی نابود شدند و تعدادی از گونه های دیگر موجودات زنده کاهش یافتند . فقط گروههایی از نرمتنان ، ماهیهای استخوانی و گونه هایی دیگر که شبیه نمونه های عهد حاضر باقی ماندند. اغلب گیاهان سنوزوئیک در کرتاسه وجود داشته اند. اما در جانوران خشکی تغییرات مهمی روی داده است. پستانداران که در ابتدای این دوران دارای جثه ای کوچک بوده اند کامل گسترش یافتند و به وضوح کنونی در آمده اند. نهنگها در این دوران ظهور و تکامل یافتند. کوههای جوان که ارتفاعات امروزی را تشکیل می دهند مانند آلپ (Alpe) ، هیمالیا (Himalaya) و راکی (Rockies) در این دوران شکل گرفتند. به سبب یخبندان قسمتی از آبهای دریایی عمیق در اواسط سنوزوئیک آب و هوای نقاط زیادی سرد شد و اقیانوسها محدود شدند . دوران سنوزوئیک به دو دوره ترشیاری (Tertiary) و کواترنری(Quaternary) تقسیم می شود .

- **دوران ترشیاری** (Tertiary) خود شامل دورانهای پالئوژن (Paleogene) و نئوژن (Neogene) می شود.

دوره پالئوژن (Paleogene)

این دوره از 65.5 تا 23.03 میلیون سال قبل را شامل می شود. در پالئوژن موجودات دریایی عهد حاضر که اغلب گروههایی از موجودات زنده تک سلولی هستند گسترش و تکامل یافته اند . از موجودات شاخص پالئوژن می توان نهنگها (Whales) را نام برد که به تعداد زیاد در دریاها می زیسته اند . از دیگر موجودات این دوره می توان به شکم پایان ، ستاره های دریایی و انواع دو کفه ایهای جدید را نام برد که در قسمتهای کم عمق ماسه ای زندگی می کرده اند . پریماتها از پستاندارانی هستند که در این دوره می زیسته اند . حرارت سالیانه در ائوسن میانی حدود 22 درجه سانتی گراد بوده است وجود گیاهان مختلف در جنوب آلاسکا بیانگر این موضوع است .

دوره نئوژن (Neogene)

از 65.5 تا 23.03 میلیون سال قبل را شامل می شود .چارلز داروین طی مطالعات خود پی برد که تکامل مهره داران سریعتر از بی مهره گان صورت می گیرد . در عمر نسبتاً کوتاه نئوژن بی مهرگان تغییر چندانی نیافته اند .تغییرات آب و هوایی باعث پیدایش گروههای جدید گیاهی در خشکی شد مثل گیاه علفی (Herbs)از مهمترین گونه هائی که در این دوه ظهور یافتند می توان گونه های جدید میمونها را نام برد .برخی از تغییرات آب و هوایی در نئوژن را به علت حرکات تکتونیکی در بعضی نقاط زمین دانسته اند . بر اثر این حرکات از میزان بارندگی کاسته شده و جانورانی از قبیل گوزنها ، گاوها ،زرافه ، خرس و خوک افزایش قابل ملاحظه ای یافتند .تغییرات آب و هوایی در این دوره باعث تشکیل یخچالها و پیشروی یخها در قطب شمال شد

کواترنری (Quaternary)

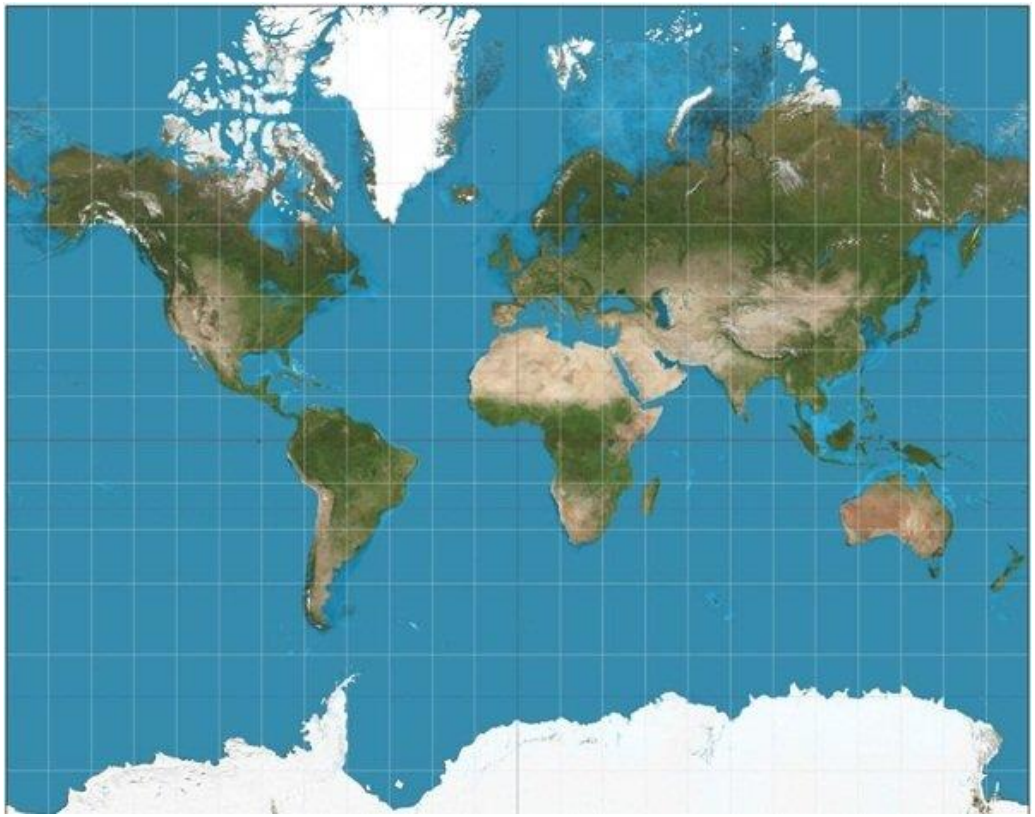
در بین دوره های زمین شناسی این دوره بسیار کوتاه، و بیش از یک وریم میلیون سال از عمر آن می گذرد. بطور کلی دوره کواترنری با عقب نشینی دریا و پیدایش دوره های یخچالی و ه مچنین پیدایش انسان آغاز می گردد. دوره کواترنری به دو زیر سیستم پلیستوسن (Pleistocene) و عصر حاضر (Recent) تقسیم می شود. در نواحی خارج از محیط های یخچالی دوره کواترنری دردریاها دو گروه از موجودات نشخیص داده شده است. یکی مربوط به محیط های گرم و دیگری موجوداتی که مربوط به محیط های سرد هستند. بطور کلی گیاهان کواترنری شبیه گیاهان دوره نئوژن و گیاهان امروزی بوده اند. یکی از مهمترین مراکز آتشفشانی دوره کواترنری آتشفشان ایسلند است که گدازه های بازالتی از آن بیرون رانده شده است .

دوره های زمین شناسی به طور خلاصه:

دوره هاي زمين شناسي		
پالئوزوئيك Paleozoic	کامبرین - Cambrian	از ۵۷۰ الي ۵۰۰ ميليون سال پيش
	اردویسین - Ordovician	از ۵۰۰ الي ۴۳۵ ميليون سال پيش
	سیلورین - Silurian	از ۴۳۵ الي ۴۱۰ ميليون سال پيش
	دیونین - Devonian	از ۴۱۰ الي ۳۶۰ ميليون سال پيش
	کاربونیفروس - Carboniferous	از ۳۶۰ الي ۲۹۰ ميليون سال پيش
	پرمین - Permian	از ۲۹۰ الي ۲۴۰ ميليون سال پيش
مزوزوئيك Mesozoic	تریاس - Teriassic	از ۲۴۰ الي ۲۰۵ ميليون سال پيش
	ژوراسیك - Jurassic	از ۲۰۵ الي ۱۳۸ ميليون سال پيش
	کرتاسه - Cretaceous	از ۱۳۸ الي ۶۵ ميليون سال پيش
سئوزوئيك Cenozoic	ترتیاري - Tertiary	از ۶۵ الي ۱.۶ ميليون سال پيش
	کواترناري - Quaternary	از ۱.۶ ميليون سال پيش تا به حال

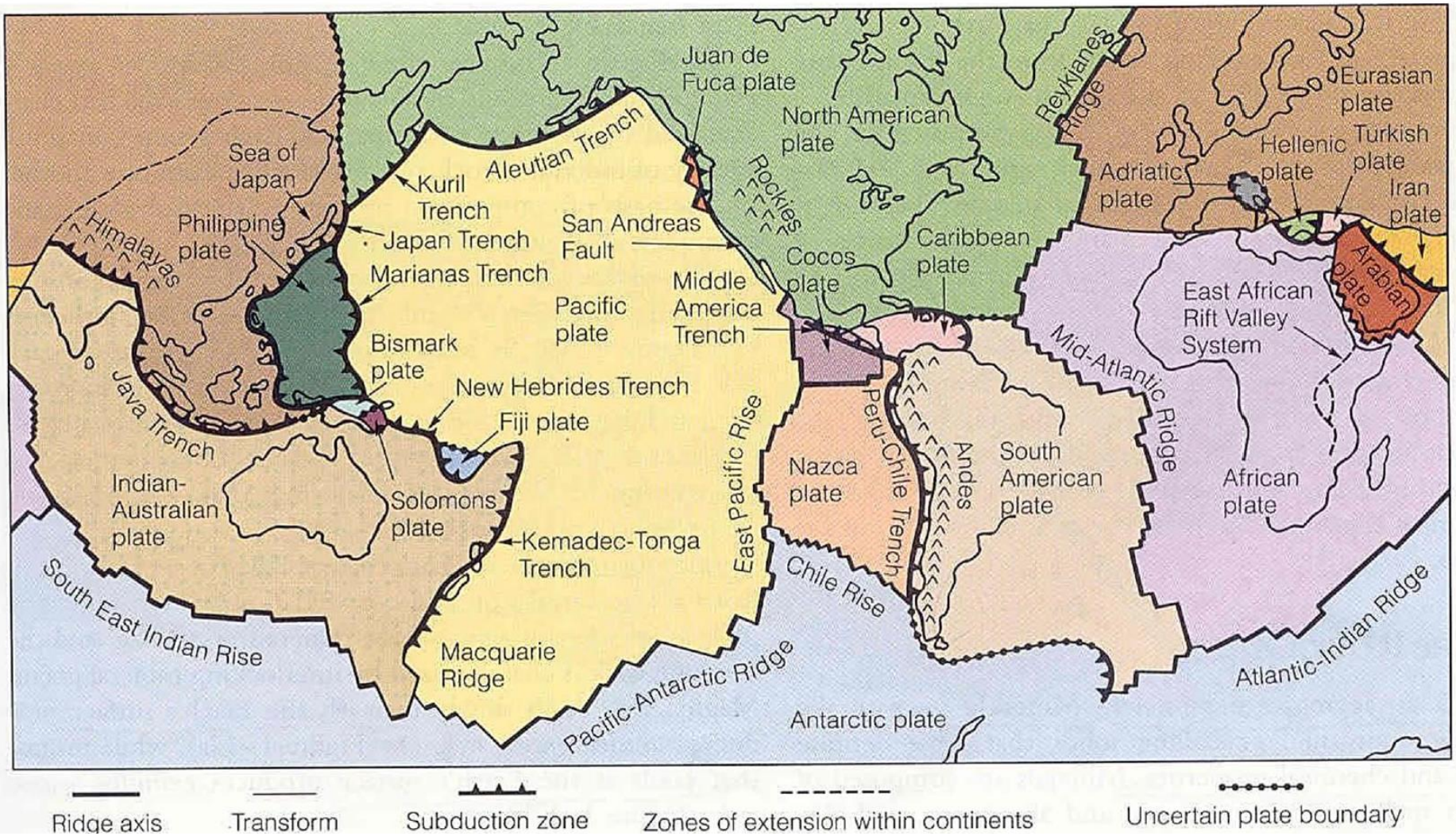
۲-۲- سطح زمین از دیدگاه جغرافیایی

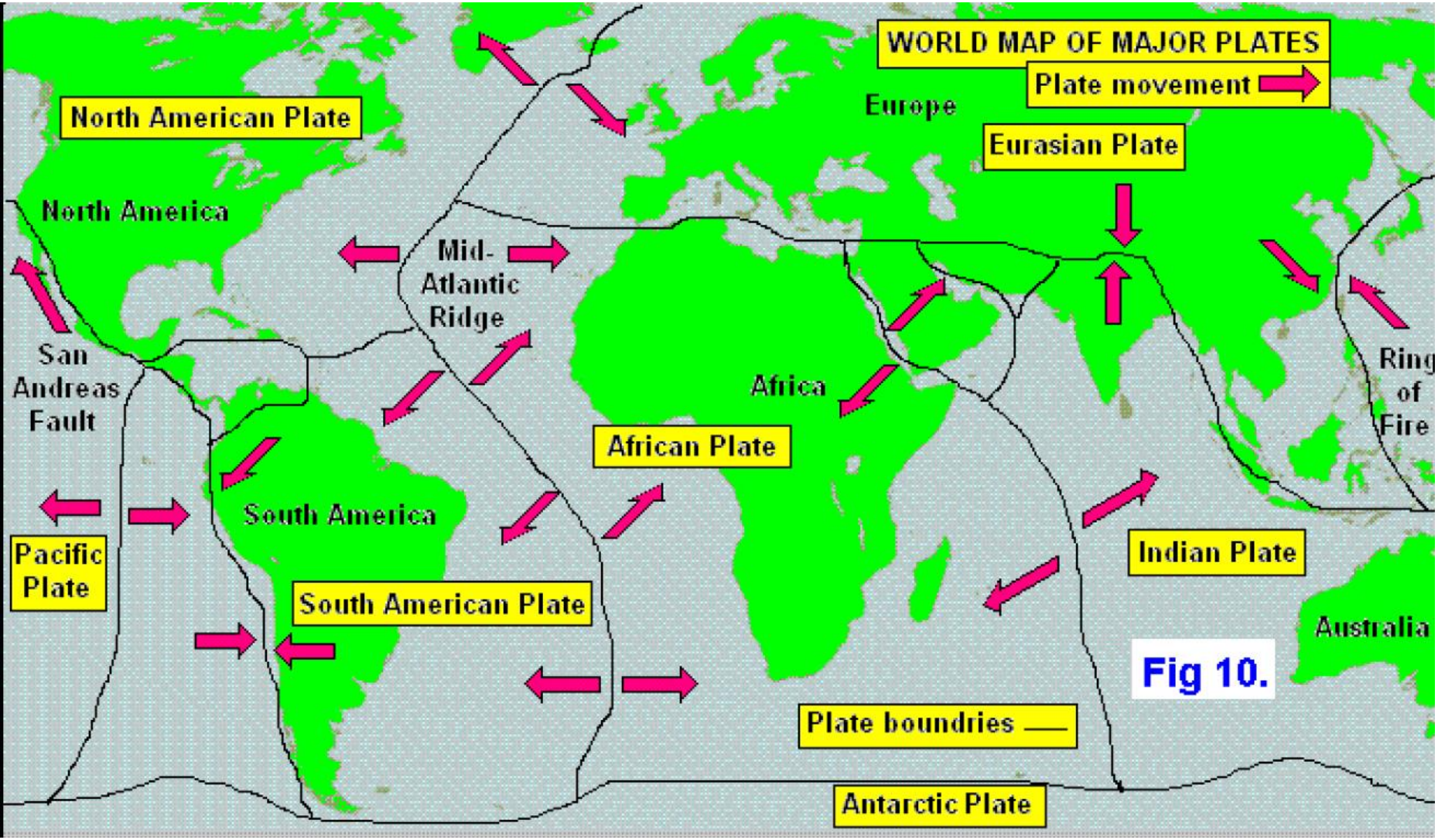
سطح خارجی کره زمین ۵۱۰ میلیون کیلومتر مربع مساحت دارد و شامل خشکی‌ها و آب‌ها می‌باشد. خشکی‌ها حدود ۱۴۸ میلیون کیلومتر مربع مساحت دارند. این مقدار حدود ۲۹٪ کل سطح زمین می‌باشد. پراکندگی خشکی‌ها در سطح کره زمین یکنواخت نیست (شکل ۲-۲). بیش از ۶۵٪ مجموع خشکی‌ها در نیمکره شمالی و ۳۵٪ بقیه در نیمکره جنوبی قرار دارند.

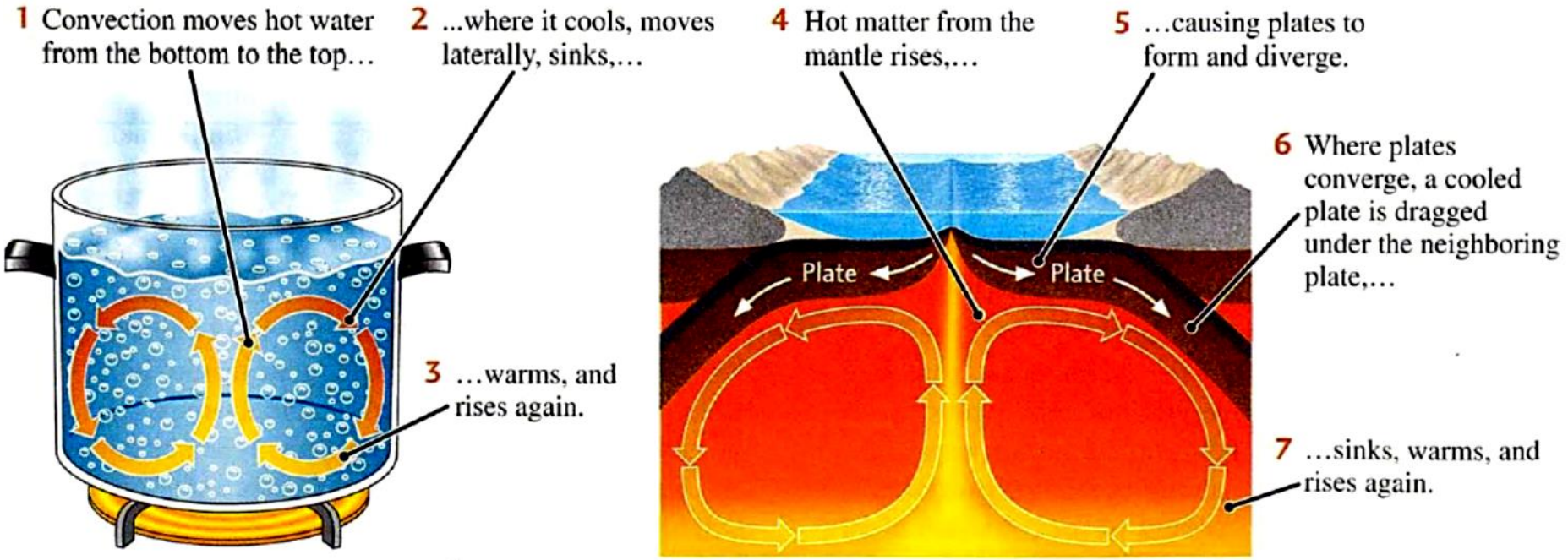


۲-۳- سطح زمین از دیدگاه تکتونیک صفحه‌ای

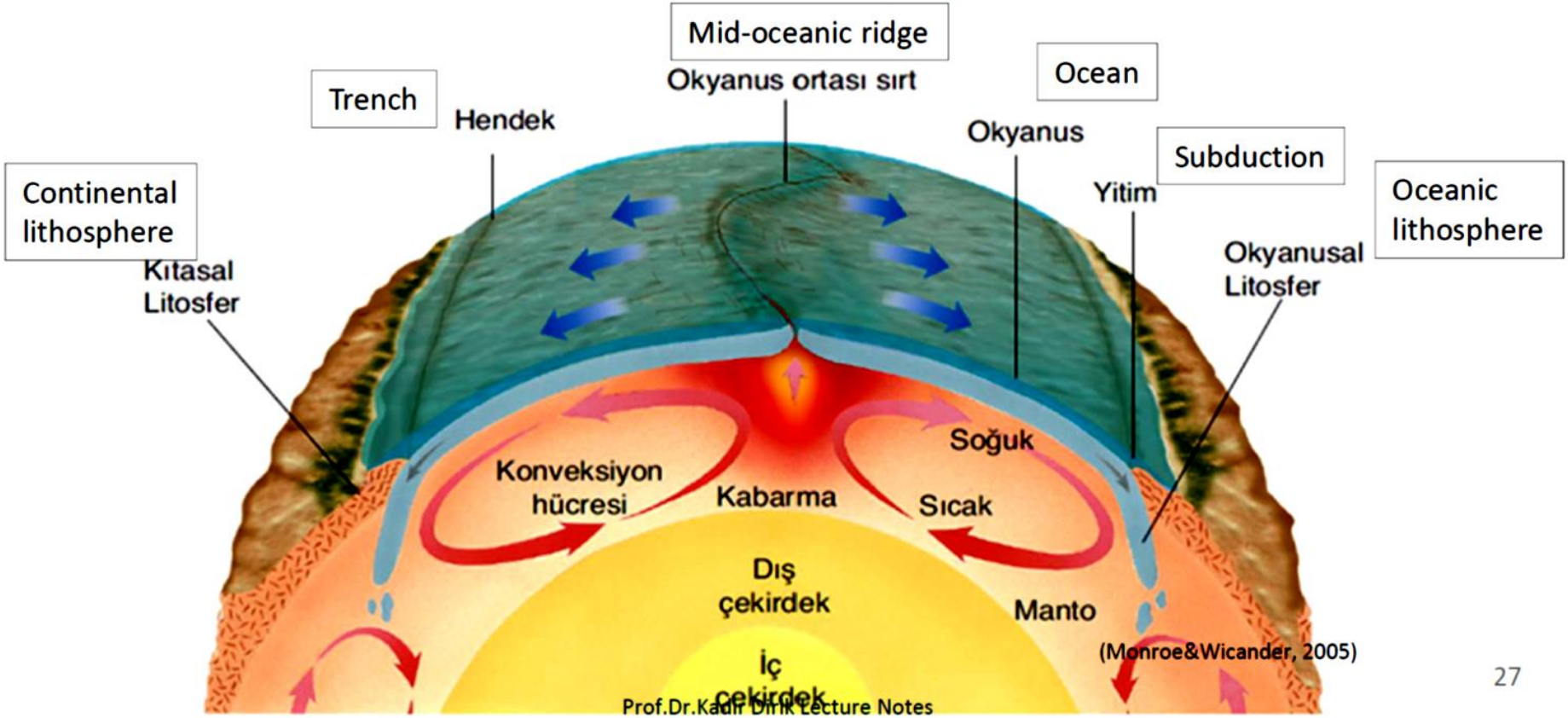
تکتونیک صفحه‌ای ساختار پوسته جامد زمین را توصیف می‌کند. بر اساس تئوری تکتونیک صفحه‌ای، سطح زمین متشکل از چند قطعه لیتوسفری بسیار بزرگ و تعدادی صفحه‌های کوچک می‌باشد. برخی از صفحه‌ها از پوسته قاره‌ای و بعضی از پوسته اقیانوسی و برخی از پوسته اقیانوسی و قاره‌ای ساخته شده‌اند. صفحه‌های قاره‌ای ضخامت زیادی دارند. امّا لیتوسفر اقیانوسی نازکتر و حداکثر تا ۱۰ کیلومتر ضخامت دارد. صفحه‌های بزرگ عبارتند از: صفحه اقیانوس آرام، صفحه آمریکای شمالی و جنوبی، صفحه آسیا، صفحه آفریقا، صفحه هند، صفحه استرالیا و صفحه قطب جنوب (شکل۲-۳). صفحه‌های پوسته بر روی استنوسفر، که داغ‌تر، سست‌تر و تا حدی پلاستیک مانند است، قرار دارند. حرکت‌های همرفتی در استنوسفر سبب حرکت این صفحه‌ها می‌شود (شکل۲-۴). به خاطر این حرکت است که صفحه‌ها در برخی ناحیه‌ها از هم فاصله می‌گیرند و در ناحیه‌های دیگر به هم برخورد می‌کنند. امروزه اغلب فرآیندهای زمین‌شناسی مانند کوهزایی‌ها، آتشفشان‌ها و زلزله‌ها را به حرکت صفحه‌ها نسبت می‌دهند. مرز صفحه‌ها نسبت به هم همگرا، واگرا و یا تبدیلی می‌باشند.

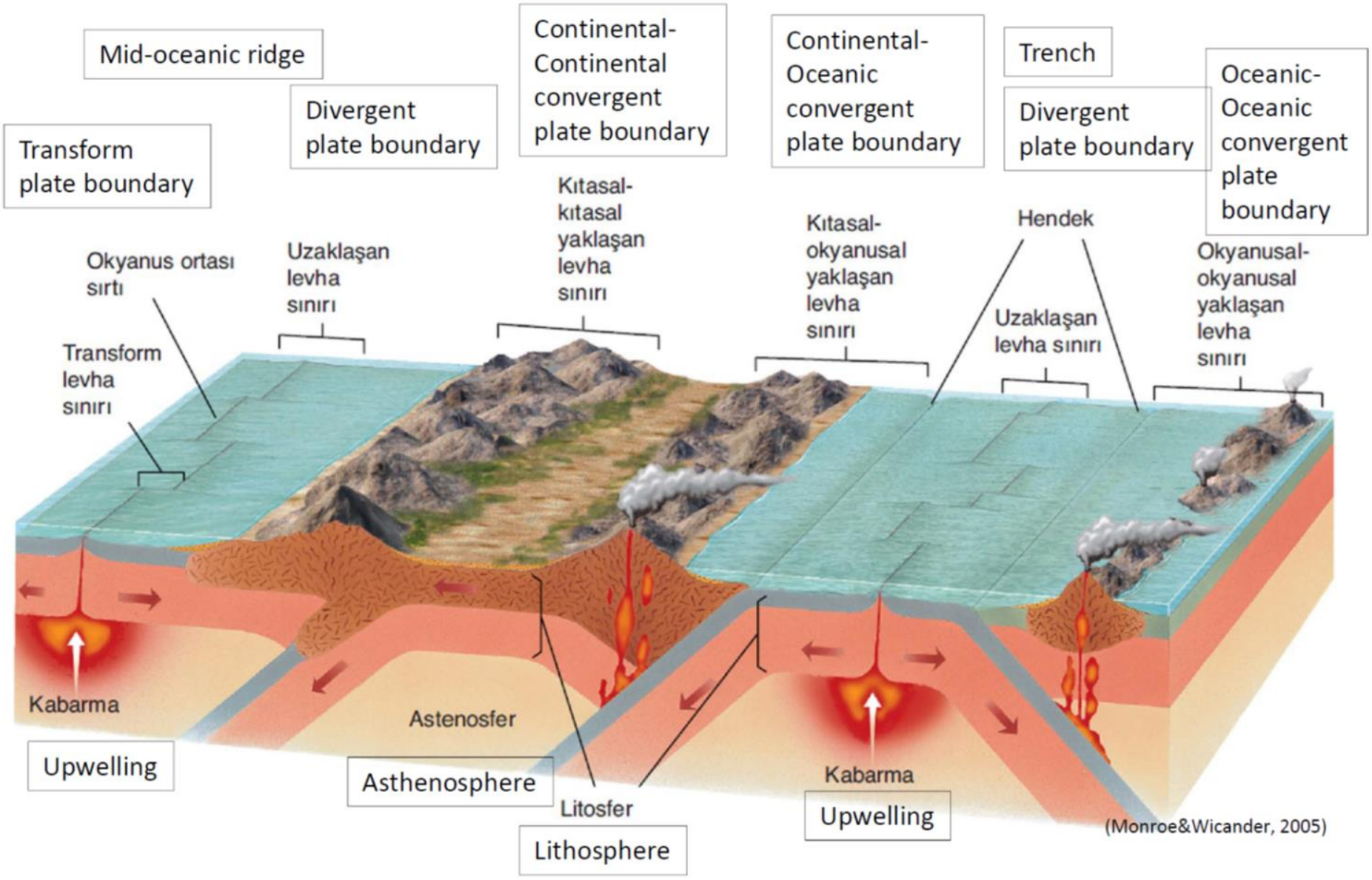

Juan de Fuca plate
North American plate
Reykjanes Ridge
Eurasian plate
Turkish plate
Hellenic plate
Adriatic plate
Iran plate
Arabian plate
Sea of Japan
Aleutian Trench
Kuril Trench
Japan Trench
Marianas Trench
Philippine plate
Himalayas
Rockies
San Andreas Fault
Cocos plate
Caribbean plate
Middle America Trench
Pacific plate
Bismark plate
New Hebrides Trench
Fiji plate
Java Trench
Indian-Australian plate
Solomons plate
Kemadec-Tonga Trench
East Pacific Rise
Nazca plate
Peru-Chile Trench
Andes
South American plate
Mid-Atlantic Ridge
East African Rift Valley System
African plate
South East Indian Rise
Chile Rise
Macquarie Ridge
Pacific-Antarctic Ridge
Antarctic plate
Atlantic-Indian Ridge
Ridge axis
Transform
Subduction zone
Zones of extension within continents
Uncertain plate boundary


WORLD MAP OF MAJOR PLATES
Plate movement
North American Plate
Europe
Eurasian Plate
North America
Mid-
Atlantic
Ridge
San
Andreas
Fault
Africa
African Plate
Ring
of
Fire
South America
Pacific
Plate
Indian Plate
South American Plate
Australia
Fig 10.
Plate boundries
Antarctic Plate


1 Convection moves hot water from the bottom to the top…
2 ...where it cools, moves laterally, sinks,…
3 …warms, and rises again.
4 Hot matter from the mantle rises,…
5 …causing plates to form and diverge.
6 Where plates converge, a cooled plate is dragged under the neighboring plate,…
7 …sinks, warms, and rises again.
Plate
Plate

Convection carries heat upward by the motion of matter

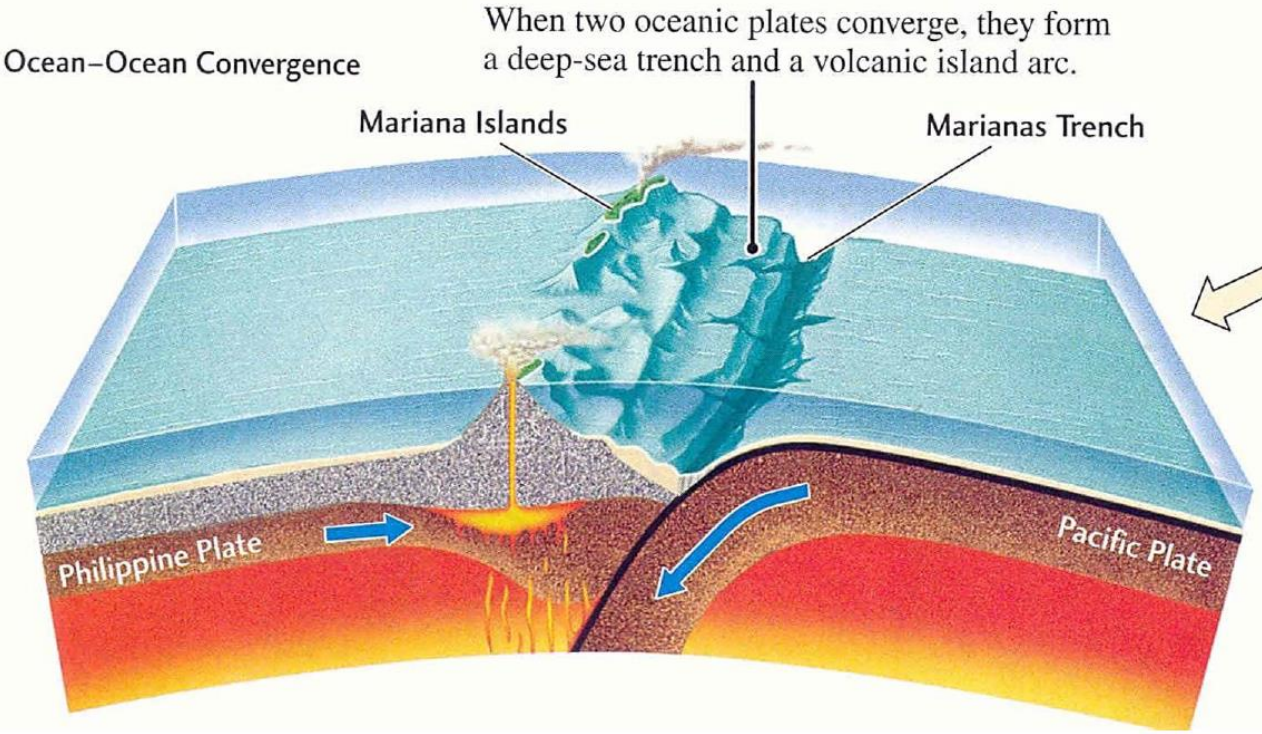


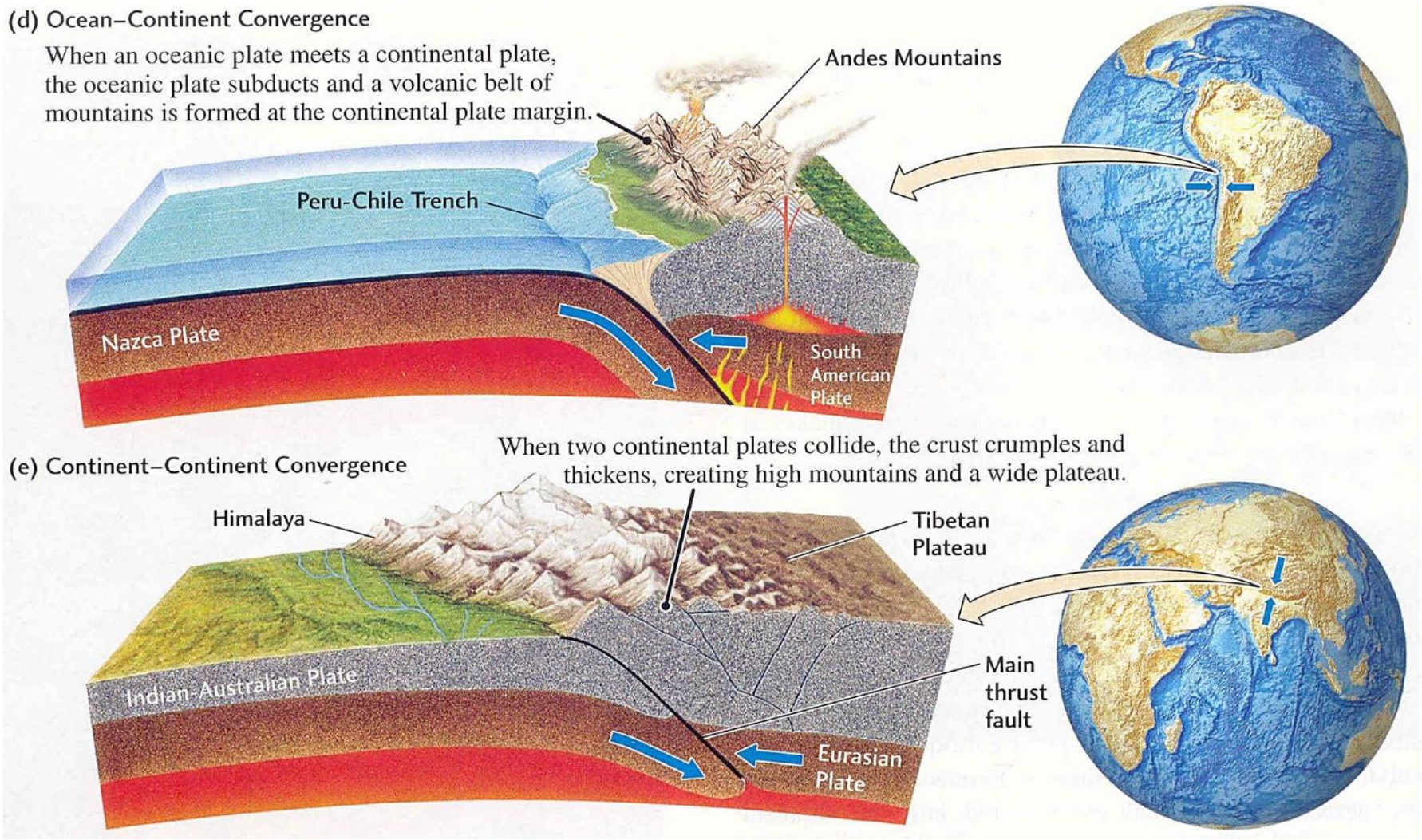

Mid-oceanic ridge
Divergent plate boundary
Continental-Continental convergent plate boundary
Continental-Oceanic convergent plate boundary
Trench
Divergent plate boundary
Oceanic-Oceanic convergent plate boundary
Transform plate boundary
Okyanus ortası sırtı
Uzaklaşan levha sınırı
Kıtasal-kıtasal yaklaşan levha sınırı
Kıtasal-okyanusal yaklaşan levha sınırı
Hendek
Uzaklaşan levha sınırı
Okyanusal-okyanusal yaklaşan levha sınırı
Transform levha sınırı
Kabarma
Astenosfer
Upwelling
Asthenosphere
Litosfer
Kabarma
Upwelling
Lithosphere
(Monroe&Wicander, 2005)

CONVERGENT BOUNDARIES

(c) Ocean–Ocean Convergence

When two oceanic plates converge, they form a deep-sea trench and a volcanic island arc.

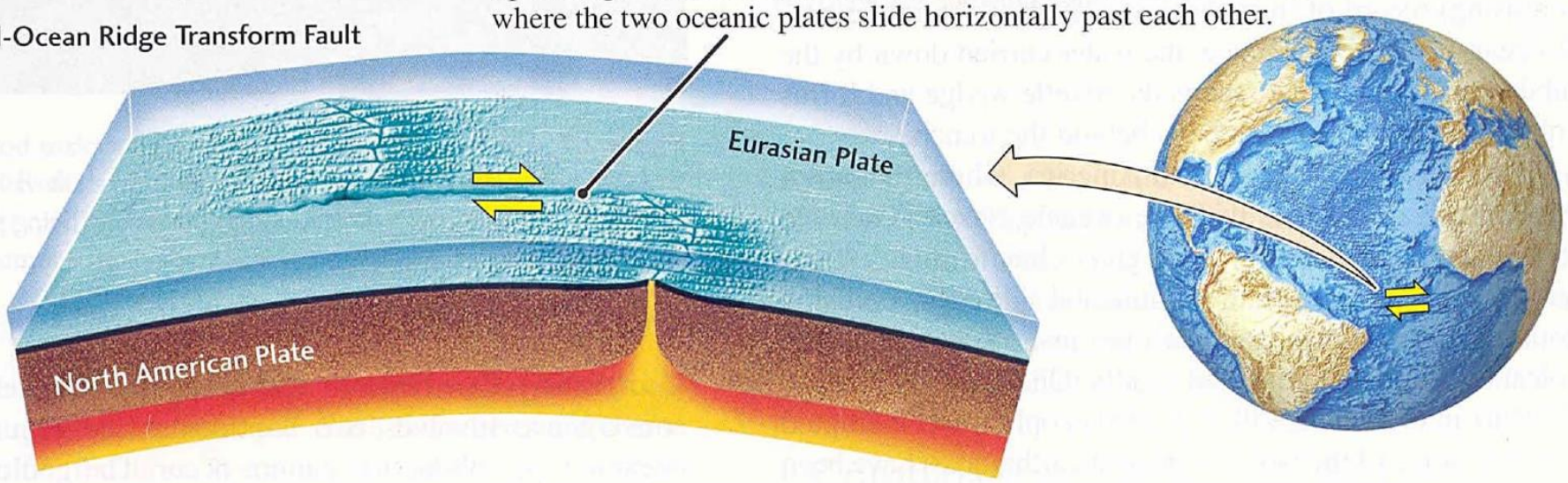



(d) Ocean–Continent Convergence
When an oceanic plate meets a continental plate, the oceanic plate subducts and a volcanic belt of mountains is formed at the continental plate margin.
Andes Mountains
Peru-Chile Trench
Nazca Plate
South American Plate
(e) Continent–Continent Convergence
When two continental plates collide, the crust crumples and thickens, creating high mountains and a wide plateau.
Himalaya
Tibetan Plateau
Indian-Australian Plate
Main thrust fault
Eurasian Plate

TRANSFORM-FAULT BOUNDARIES

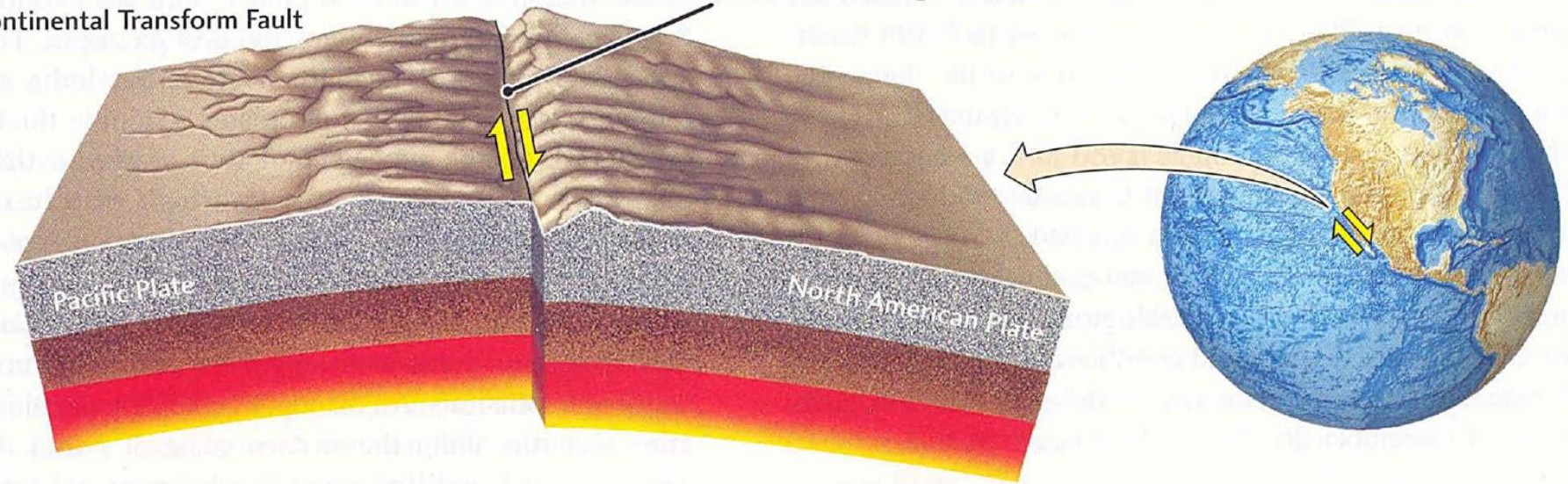
(f) Mid-Ocean Ridge Transform Fault

Spreading centers are offset by mid-ocean ridge transform faults, where the two oceanic plates slide horizontally past each other.



(g) Continental Transform Fault

The San Andreas fault in California, where the Pacific Plate slides past the North American Plate, is an example of a transform fault that offsets continental crust.



کانی ها (Mineral)

دانشگاه سمنان

کانی[1] از نظر فیزیکی و شیمیایی جسمی است طبیعی، همگن، معدنی با فرمول شیمیایی معین، سیستم تبلور و ویژگی‌های فیزیکی مشخص، که سازنده زمین می‌باشد.

سنگ‌ها از اجتماع کانی‌ها تشکیل می‌شوند و به ندرت ممکن است سنگ از یک کانی ساخته شود. زغال سنگ و نفت از نظر ترکیب ناهمگن بوده و جزء مواد آلی هستند، لذا کانی محسوب نمی‌شوند. مواد مصنوعی مانند فولاد، پلاستیک و نیز موادی مانند کهربا نیز جزء کانی‌ها و سنگ‌ها به حساب نمی‌آیند. کانی‌هایی که از نظر اقتصادی با ارزش هستند، به نام **کانه**[2] مشهورند. سنگ‌هایی که دارای کانی‌های قابل استفاده در صنعت هستند، سنگ معدن نامیده می‌شوند.

دانشگاه سمنان

کانی‌شناسی[۳] علم مطالعه کانی‌ها است و درباره نحوه شناسایی و طرز تشکیل آنها بحث می‌کند. برای شناسائی کانی‌ها از روش‌های گوناگونی استفاده می‌شود که از آن جمله می‌توان به شناخت سیستم تبلور، تعیین ترکیب شیمیایی، بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مطالعه ویژگی‌های نوری کانی‌ها اشاره نمود.

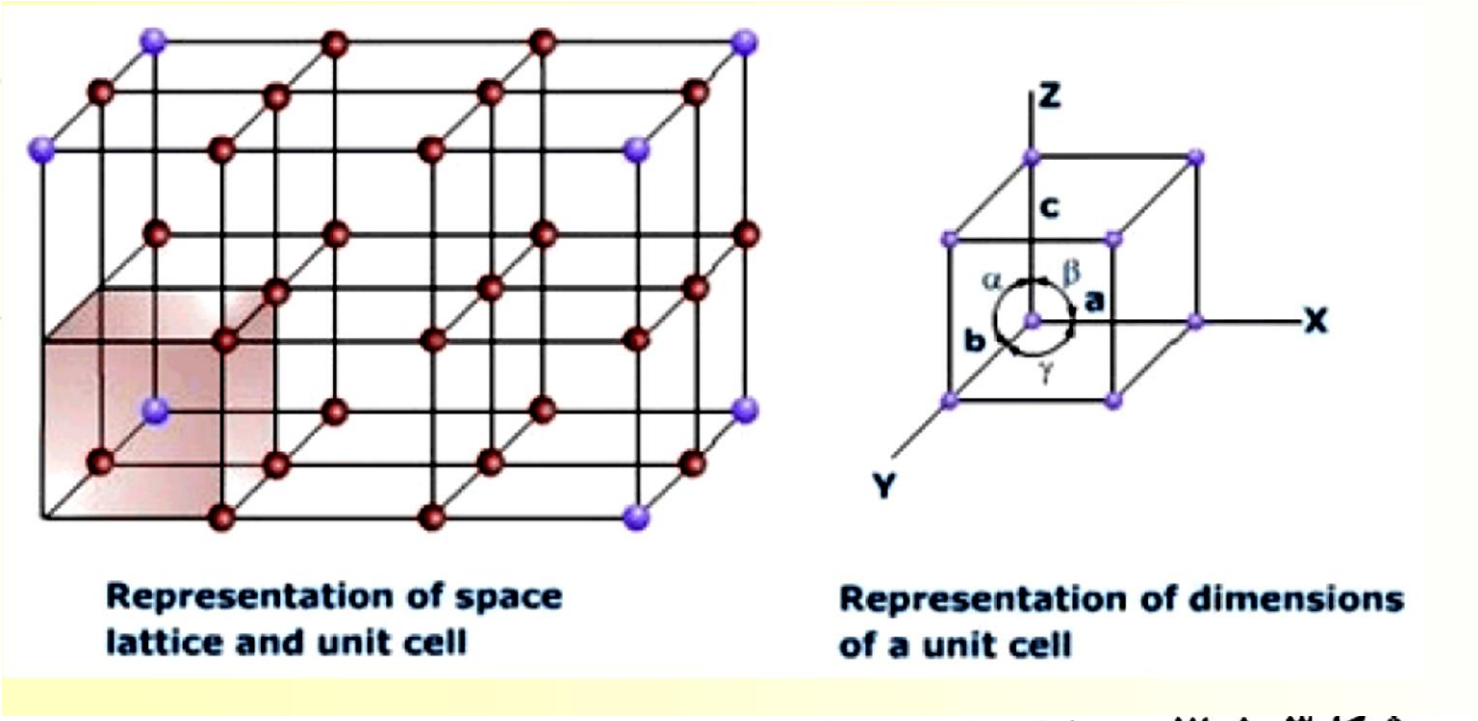
مطالعه و بررسی کانی‌ها در مقیاس ماکروسکپی (نمونه دستی) و میکروسکپی و با استفاده از مطالعه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آنها میّسر می‌باشد. مطالعه کانی‌ها در مقیاس ماکروسکپی بیشتر بر ویژگی‌های فیزیکی کانی‌ها متکی است، در حالی که مطالعه میکروسکپی کانی‌ها بر ویژگی‌های نوری آنها استوار می‌باشد. مطالعه ترکیب شیمیایی کانی‌ها به وسیله تجزیه مرطوب و یا استفاده از وسیله‌هایی چون الکترون میکروپروب و اسپکترومتری امکان‌پذیر است. برای مطالعه دقیق کانی‌ها ساختار و ترکیب درونی جسم‌های متبلور را بررسی می‌کنند.

۳-۱- سیستم‌های تبلور

اتم‌های عنصرهای مختلف برای رسیدن به حالت پایدار با یکدیگر پیوند حاصل کرده و در نتیجه کانی‌های متفاوت به وجود می‌آیند. براساس نوع پیوند و موقعیت عنصرها، اتم‌ها آرایش ویژه و در نتیجه کانی‌ها شکل خارجی معینی پیدا می‌کنند. در طبیعت تعداد محدودی از ترکیب‌ها فاقد این آرایش هستند. این ترکیب‌های بی‌شکل، **شبه کانی**[1] نامیده می‌شوند.

دانشگاه سمنان

قرارگرفتن اتم‌ها در مجاورت یکدیگر و در سه جهت فضایی شبکه‌ای را به وجود می‌آورد که آن را **شبکه فضایی**[۲] می‌نامند. در شبکه فضایی هر بلور، فاصله بین اتم‌ها و زاویه‌های بین اتم‌ها در جهت‌های معین ثابت است. از این‌رو برای اندازه‌گیری زاویه‌ها و ابعاد هر شبکه کوچکترین واحد آن را به عنوان نماینده شبکه انتخاب می‌نمایند که این واحد به نام **سلول اولیه**[۳] و یا شکل ابتدایی بلور نامیده می‌شود. اگر یال‌های سلول اولیه بر محورهای مختصات منطبق باشد و فاصله بین دو اتم در روی محور x برابر a و روی محور y برابر b و روی محور z برابر c در نظر گرفته شود، زاویه بین یال‌ها که در حقیقت زاویه بین محورها است، برابر α (زاویه بین y و z)، β (زاویه بین x و z) و γ (زاویه بین x و y) خواهد بود (شکل۳-۱). فاصله‌های بین اتم‌های (c,b,a) و زاویه‌های بین سطح‌هایی که اتم‌ها در آن قرار گرفته‌اند (α,β,γ)، در هر بلور مقداری مشخص است و در بلورهای گوناگون این فاصله‌ها و زاویه‌ها متفاوت هستند.



شکل۳-۱: الف- سلول اولیه ب- شبکه تبلور هالیت یا نمک طعام (رضوی، ۱۳۸۶)

بر اساس آنکه فاصله‌های بین اتم‌ها و زاویه‌های بین سطح‌هایی که اتم‌ها در آنها قرارگرفته‌اند با هم مساوی و یا نامساوی باشند، حالت‌های گوناگون به وجود می‌آید و در نتیجه سبب تشکیل هفت سیستم تبلور زیر به نام سیستم‌های بلورشناسی می‌شود.

الف- سیستم مکعبی[1]: در این سیستم پارامترهای a، b و c با هم مساوی و زاویه‌های بین آنها نیز با هم برابر و مساوی ۹۰ درجه است. یعنی $a=b=c$ و $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. در این حالت سلول اولیه به شکل مکعب خواهد بود.

ب- سیستم تتراگونال[2]: در این سیستم اندازه a و b با هم برابر و با c نابرابرند. امّا زاویه‌های α، β و γ با هم برابرند، یعنی $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ و $a=b \neq c$. این سیستم به نام ***کوادراتیک***[3] نیز معروف است.

ج- سیستم ارتورومبیک[4]: در این سیستم زاویه‌های α، β و γ با هم برابر و مساوی ۹۰ درجه، امّا اندازه‌های a، b و c نابرابرند. یعنی $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ و $a \neq b \neq c$. این سیستم را **رومبیک**[5] نیز می‌گویند.

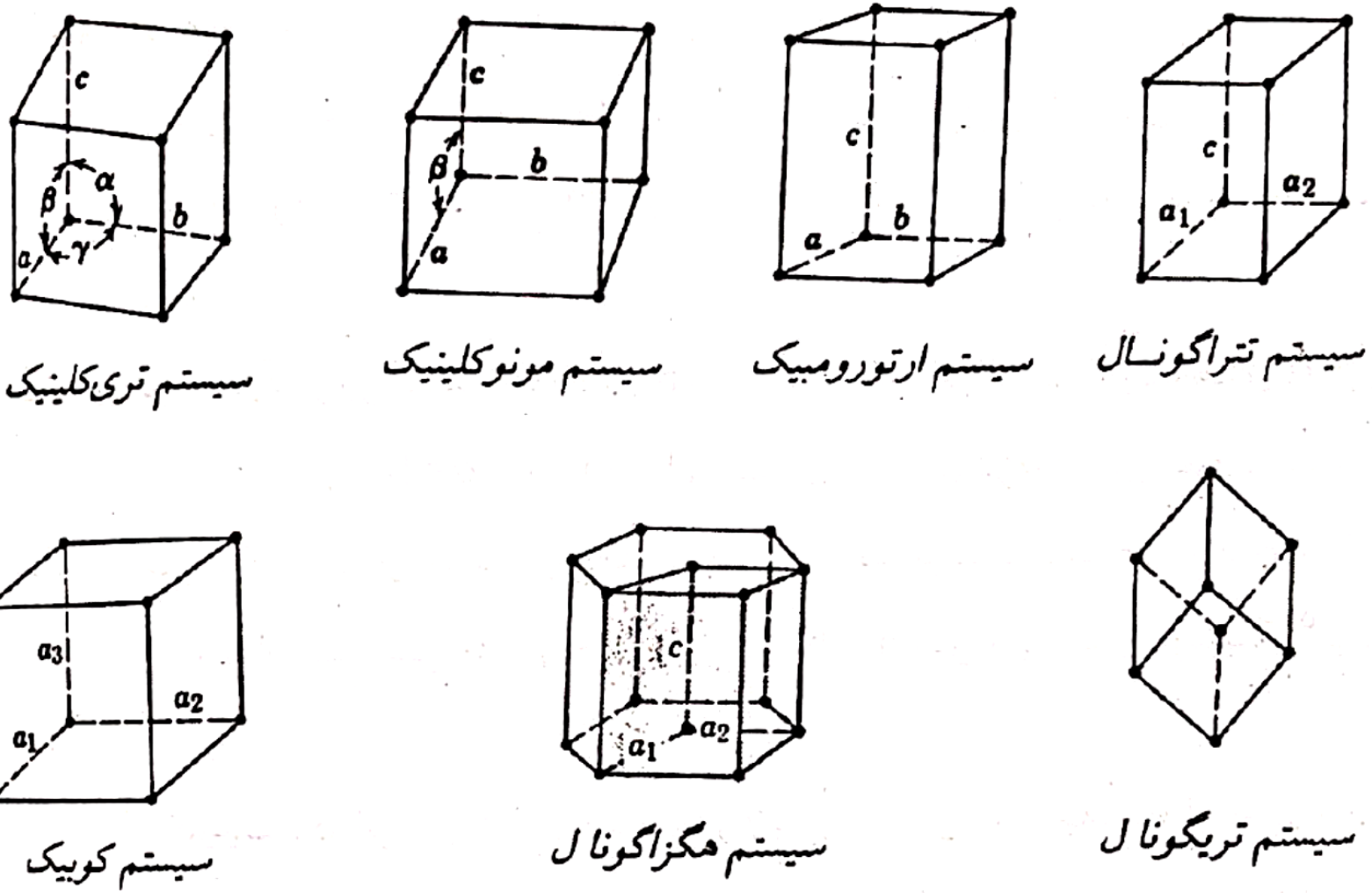
د- *سیستم مونوکلینیک*[6]: در این سیستم زاویه‌های α و γ برابر و معادل ۹۰ درجه، امّا β کمتر و یا بیشتر از ۹۰ درجه است. همچنین a، b و c با هم نابرابرند. یعنی $\alpha = \gamma = 90^\circ$ ، $\beta \neq 90^\circ$ و $a \neq b \neq c$.

هـ- *سیستم تری‌کلینیک*[7]: دراین سیستم هر سه زاویه نامساوی و سه یال نیز نابرابرند. یعنی $a \neq b \neq c$ و $\alpha \neq \beta \neq 90^\circ$.

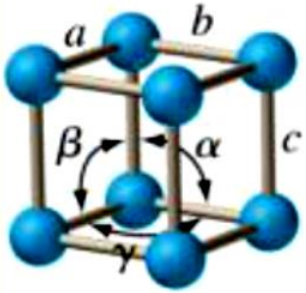
و- *سیستم هگزاگونال*[8]: در این سیستم زاویه‌های α و β با هم مساوی و معادل ۹۰ درجه و γ برابر با ۱۲۰ درجه است. مقدارهای a وb مساوی و با c نابرابر هستند، یعنی $a = b \neq c$ و $\alpha = \beta = 90^\circ$ و $\gamma = 120^\circ$.

ز- *سیستم تریگونال*[9]: در این سیستم مقدارهای a ، b و c با هم مساوی و زاویه‌های γ، β وα نیز با هم مساوی امّا قائمه نیستند. یعنی $a = b = c$ و $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$ این سیستم را **رومبوئدریک**[10] نیز می‌گویند.

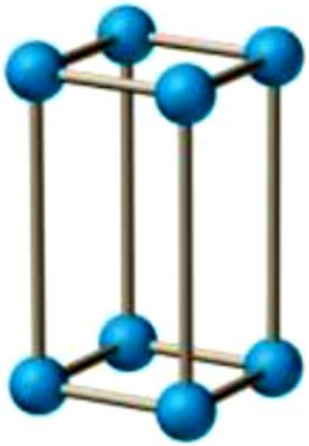
شکل (۳-۲) سلول اولیه سیستم‌های بلورشناسی هفت‌گانه را نشان می‌دهد.



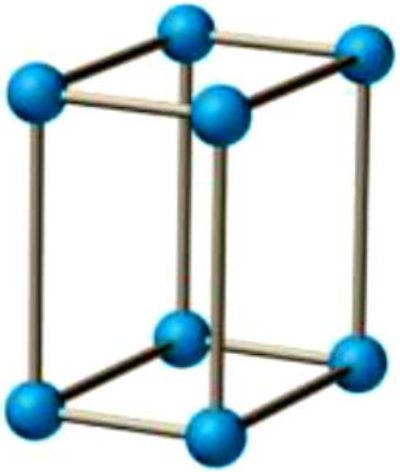
شکل ۳-۲: سیستم‌های تبلور بلورها (Klein et al.,1993)



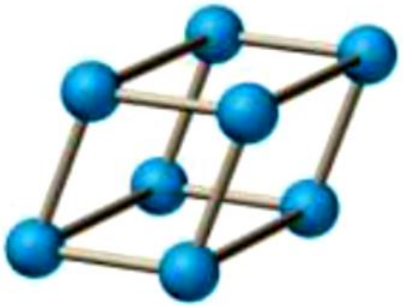
کوبیک
(مکعبی)



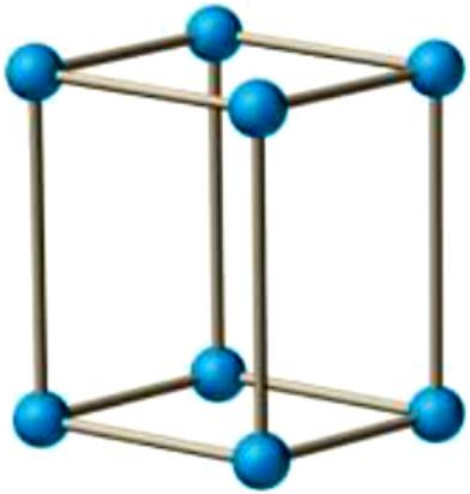
تتراگونال



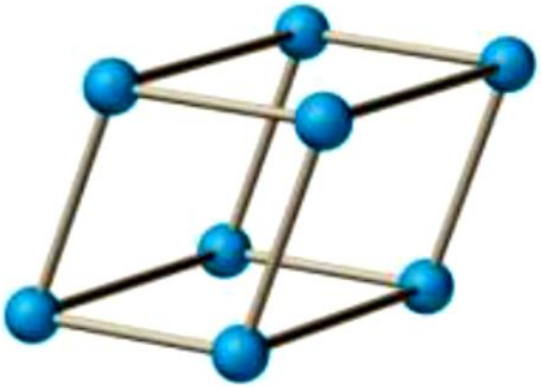
اورتورمبیک



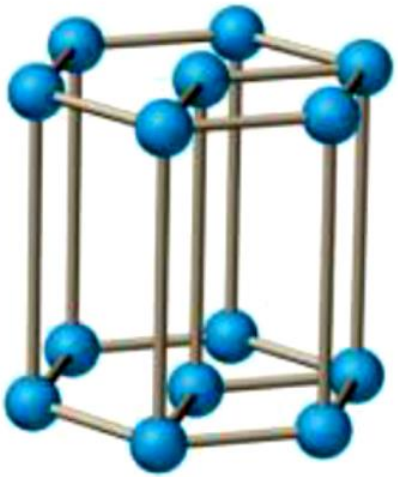
رمبوئدریک



مونوکلین



تری کلین



هگزاگونال

دانشگاه سمنان

۳-۲- شناسایی کانی‌ها با استفاده از ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی

ویژگی‌های فیزیکی شامل شکل بلور، رخ یا کلیواژ، سطح جدایش، شکستگی، سختی، چگالی، جلا، رنگ، ویژگی‌های الکتریکی، مغناطیسی و غیره می‌باشد. این ویژگی‌ها در زیر به‌طور خلاصه آورده می‌شود.

۳-۲-۱- شکل بلور

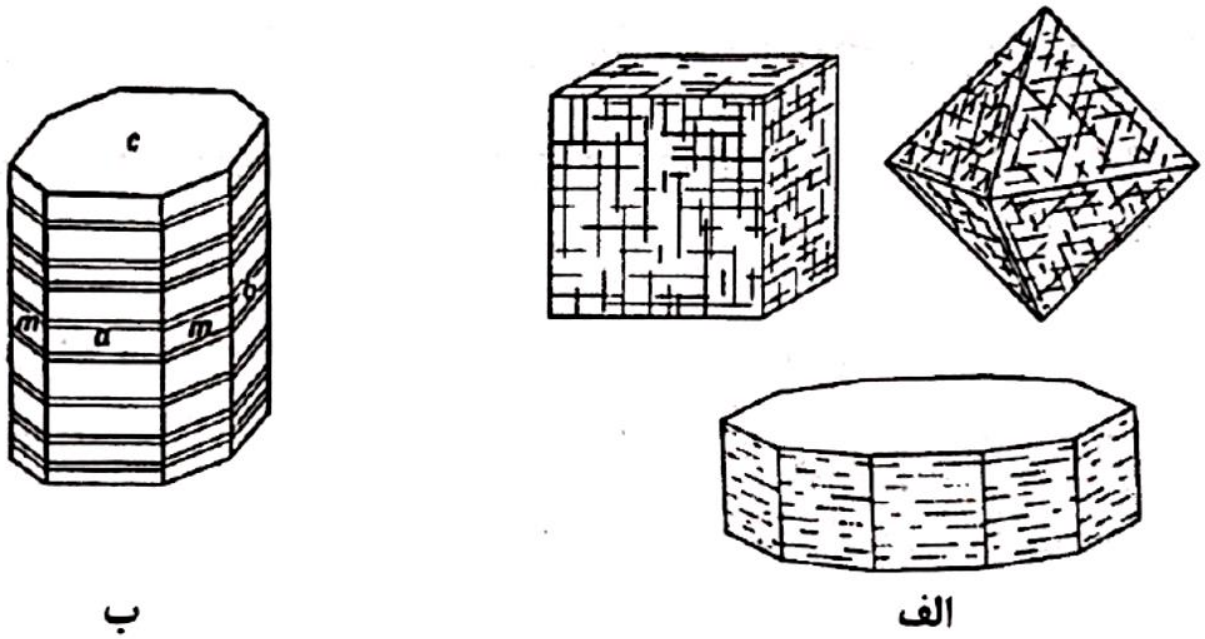
اغلب کانی‌ها دارای شکل هندسی هستند و با اندازه‌گیری زاویه‌های بین سطح‌های آن می‌توان شکل بلورین و سیستم تبلور آنها را به دست آورد.

۳-۲-۲- رخ یا کلیواژ[1]

اگر یک کانی در امتداد سطح یا سطح‌های معینی تحت اثر ضربه شکسته شود، آن سطح یا سطوح، رخ یا کلیواژ هستند. بعضی از کانی‌ها مانند میکاها رخ کامل دارند، یعنی به آسانی در جهت سطح رخ شکسته می‌شوند. برخی از کانی‌ها دارای رخ ناقص هستند. برخی از کانی‌ها یک سری و یا دو سری رخ دارند. بعضی از کانی‌ها نیز فاقد رخ می‌باشند (شکل ۳-۳ الف).

۳-۲-۳- سطح جدایش[2]

موقعی‌که یک کانی در امتداد سطح‌های ساختاری سست بشکند، دارای سطح جدایش است. این سستی ممکن است نتیجه فشار و یا اجتماع بلورها باشد. این جداشدگی، موازی با جهت‌های بلورشناسی است و شبیه به کلیواژ می‌باشد (شکل۳-۳ ب).



شکل ۳-۳: الف- چند نوع کلیواژ ب- سطح جدایش

(Klein et al.,1993)

دانشگاه سمنان

۳-۲-۴- سطح شکست[3]

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

انواع سطح شکست عبارتند از:

- **سطح شکست صدفی**[۱]: در این حالت سطح شکست، صیقلی و محدب و مقعر است.
- **سطح شکست رشته‌ای**[۲]: در این نوع سطح شکست بلور به‌صورت رشته‌ای دیده می‌شود.
- **سطح شکست صاف**[۳]: در این حالت بلور تا حدی در سطح صاف می‌شکند.
- **سطح شکست ناصاف یا نامنظم**[۴]: اغلب کانی‌ها دارای سطح شکست ناصاف هستند.
- **سطح شکست تیز**[۵]: در این حالت در اثر شکستگی لبه‌های نوک تیز ایجاد می‌شود.

دانشگاه سمنان

۳-۲-۵- سختی[۶]

سختی عبارت است از مقاومتی که سطح کانی نسبت به خراش، سایش و ضربه نشان می‌دهد. سختی نیز مانند سایر ویژگی‌های فیزیکی، بستگی به ساختار بلور دارد، یعنی هر قدر نیروی بین اتم‌ها قویتر باشد، سختی کانی زیادتر است. سختی کانی‌ها را به‌طور معمول نسبت به هم و یا به وسیله چاقو (سختی ۵)، سکه (سختی ۳)، ناخن (سختی ۲/۵)، شیشه (سختی ۵/۵) و غیره معین می‌کنند. ده کانی زیر براساس افزایش سختی ردیف شده و به نام مقیاس **سختی موس**[۷] معروف است:

۱- تالک	۲- ژیپس	۳- کلسیت	۴- فلوئورین	۵- آپاتیت
۶- ارتوز	۷- کوارتز	۸- توپاز	۹- کرندوم	۱۰- الماس

در این مقیاس هرکانی به وسیله کانی سخت‌تر از خود خط برمی‌دارد و به کانی نرمتر از خود خط می‌اندازد. سختی بقیه کانی‌ها را نسبت به این کانی‌ها می‌سنجند. در این جدول مقدار سختی نسبی کانی‌ها فوق‌العاده نامساوی است. به‌عنوان‌مثال؛ سختی مطلق الماس ۱۱۷۰ برابر کوارتز و ۱۴۰ برابر کرندوم می‌باشد. امروزه گرچه روش‌های گوناگون سختی سنجی ارائه شده است، امّا علیرغم ایرادهای این مقیاس، زمین‌شناسان هنوز هم از مقیاس سختی موس استفاده می‌کنند.

۳-۲-۶- تناسیته[۱]

بعضی از مواد معدنی در برابر ضربه عکس‌العمل نشان می‌دهند و ممکن است شکسته، خرد، خم، پهن و یا پاره شوند. به این ویژگی تناسیته گویند.

۳-۲-۷- چگالی[۲] و وزن ویژه[۳]

جرم واحد حجم هر ماده را چگالی گویند. وزن ویژه هر کانی عبارت است از وزن ماده به وزن آب هم حجم آن در۴ درجه سانتیگراد. وزن ویژه یک ماده متبلور بستگی به نوع و آرایش اتم‌های سازنده آن دارد. هر قدر وزن اتمی عنصرهای سازنده کانی بیشتر باشد، وزن ویژه آن نیز بالاتر است. وزن ویژه رابطه مستقیمی با ترکیب شیمیایی کانی‌ها دارد. به این صورت که هر قدر یون‌های سنگین‌تر، در ترکیب شیمیایی کانی زیادتر باشد، وزن ویژه کانی نیز بیشتر خواهد بود. برای جدایش کانی‌ها از طریق چگالی از مواد شیمیایی ویژه مانند بروموفرم (با چگالی ۲/۸۹)، تترابروموراستیلن (چگالی ۳)، مایع متیلن (چگالی ۳/۳۳) و غیره استفاده می‌شود.

۳-۲-۸- شفافیت[۴]

هنگامی‌که نور به جسمی بتابد ممکن است تمام و یا بخشی از آن به وسیله جسم جذب شود. اگر مقدار جذب خیلی جزئی باشد، کانی یا جسم مورد نظر **شفاف**[۵] است. در این حالت از پشت آن می‌توان اشیاء را دید. اگر مقدار جذب زیاد باشد، در این حالت کانی **کدر**[۶] می‌باشد و بنابراین نور از آن عبور نمی‌کند. اگر مقدار جذب متوسط باشد، نور از کانی عبور می‌کند؛ امّا از پشت آن اشیاء دیده نمی‌شوند، در این حالت کانی مورد نظر نیمه شفاف خواهد بود.

۳-۲-۹- جلا[۷]

جلا، عبارت است از ظاهر عمومی سطح یک کانی در مقابل نوری که منعکس می‌کند. جلا ممکن است فلزی یا غیرفلزی باشد. جلای فلزی، مانند پیریت و کالکوپیریت.

جلای غیرفلزی انواع گوناگون دارد و عبارتند از:

- جلای شیشه‌ای، مانند کوارتز.
- جلای مرواریدی یا صدفی، مانند موسکویت.
- جلای صمغی، مانند اسفالریت.
- جلای چرب، مانند کوارتز توده‌ای.
- جلای ابریشمی، مانند ژیپس فیبری و آزبست.
- جلای الماسی، مانند الماس.
- جلای خاکی، مانند کائولن.

۳-۲-۱۰- رنگ[۱]

موقعی‌که نور سفید به سطح کانی برخورد می‌کند، بخشی از آن منعکس و بخشی منکسر می‌شود. اگر کانی نور را جذب نکند، بی‌رنگ است؛ امّا اغلب کانی‌ها رنگی هستند. زیرا طول موج‌های معینی از نور به وسیله کانی جذب می‌شود و رنگ آن در نتیجه الحاق بقیه طول موج‌هایی که به چشم می‌رسد، به وجود می‌آید. برخی از کانی‌ها رنگ ثابت و مشخصی دارند. بعضی از کانی‌ها، به علت وجود ناخالصی،رنگ ثابت و مشخصی ندارند. بعضی از کانی‌ها در جهت‌های گوناگون بلورشناسی رنگ‌های متفاوت نشان می‌دهند. برخی از کانی‌ها در اثر انعکاس و انکسار نور در سطح‌های داخلی و خارجی بلور آثار ویژه‌ای مانند تلالو، تموّج، انکسار صدفی شکل و غیره را به وجود می‌آورند.

۳-۲-۱۱- رنگ خاکه[۲]

رنگ خاکه کانی‌ها به وسیله سایش آن روی قطعه‌ای از چینی بی‌لعاب به دست می‌آید. یک کانی ممکن است رنگ‌های گوناگونی داشته باشد، امّا رنگ خاکه آن همواره ثابت است.

۳-۲-۱۲- پدیده لومینسانس[۱]

کانی‌هایی که در حالت عادی طول موج را تغییر داده و نور دیگری از خود خارج می‌کنند، دارای پدیده لومینسانس می‌باشند. به کانی‌هایی که در نور عادی تا ماوراء بنفش و پرتو X و پرتو کاتدی دارای پدیده لومینسانس هستند، **فلورسانت**[۲] گویند. اگر بعد از قطع نور باز هم ویژگی لومینسانس ادامه پیدا کند به آن **فسفورسانس**[۳] می‌گویند.

۳-۲-۱۳- ویژگی‌های الکتریکی

در برخی از بلورها، اگر فشاری در یک طرف به محور بلور وارد شود، جریانی از الکترون‌ها به سمت دیگر محور حرکت می‌کند و قطب منفی را به وجود می‌آورد و سمتی که به آن فشار وارد آمده، قطب مثبت خواهد شد. به عنوان مثال؛ اگر بلور کوارتز تحت تأثیر جریان برق متناوب قرار گیرد، مرتعش می‌شود. از این ویژگی در تبدیل ارتعاش‌های صوتی به الکتریکی و نیز اندازه‌گیری فشار استفاده می‌شود.

۳-۲-۱۴- ویژگی‌های مغناطیسی

برخی از کانی‌ها جذب آهنربا می‌شوند. کانی‌های حاوی آهن از این گروه می‌باشند.

۳-۲-۱۵- ویژگی رادیواکتیویته

در جدول طبقه‌بندی عناصر، عنصرهایی وجود دارد که پایدار نمی‌باشند و با ساطع‌کردن پرتو به نوع پایدار تبدیل می‌شوند. این عناصر را رادیواکتیو نامند. پرتو ساطع شده می‌تواند از نوع آلفا، بتا و یا گاما باشد. برای تشخیص مواد رادیواکتیو از وسیله‌هایی مانند **شمارنده گایگر**[۴] استفاده می‌شود.

۳-۲-۱۶- قابلیت ذوب

برخی از کانی‌ها در اثر حرارت ذوب می‌شوند. دمای ذوب هر کانی ثابت است، از این رو اطلاع از نقطه ذوب کانی‌ها می‌تواند در شناسایی آنها کمک کند. بعضی از کانی‌ها قبل از رسیدن به مرحله ذوب تجزیه می‌شوند، مانند کلسیت. برخی از کانی‌ها در اثر حرارت تصعید می‌شوند، مانند کربن. برخی از کانی‌ها مانند گوگرد در اثر افزایش دما می‌سوزند.

۳-۲-۱۷- قابلیت هدایت حرارت

قابلیت هدایت حرارت در کانی‌ها متفاوت است. کانی‌هائی که در سیستم کوبیک متبلور می‌شوند، سرعت انتقال حرارت در تمام ابعاد آنها یکسان است. امّا در سایر کانی‌ها سرعت انتقال حرارت در جهت‌های گوناگون متفاوت می‌باشد. در جهت‌هایی از شبکه فضائی بلور که فاصله اتم‌ها کمتر است، سرعت هدایت حرارت بیشتر می‌باشد. در برخی بلورها، تغییرهای حرارت ممکن است سبب پیدایش بار الکتریکی در دو قطب یک محور شود.

۳-۲-۱۸- قابلیت انحلال

برخی از کانی‌ها در آب حل می‌شوند. شدت انحلال بستگی به سردی، گرمی، PH آب و غیره دارد. برخی از کانی‌ها در دمای بالا بهتر محلولند. در حالی‌که برخی در دمای پائین بیشتر حل می‌شوند. اثر PH نیز در انحلال کانی‌ها در آب متفاوت می‌باشد. بعضی از کانی‌ها در محیط اسیدی، برخی در محیط قلیایی و برخی در محیط خنثی محلولند. اغلب کانی‌ها در آب نامحلول می‌باشند.

۳-۲-۱۹- بو، مزه و لمس

کانی‌ها در شرایط عادی بی‌بو هستند؛ امّا برخی از آنها در اثر ضربه، حرارت، مالش یا رطوبت، بوی ویژه‌ای می‌دهند. به‌عنوان‌مثال؛ ترکیب‌های آرسنیک در اثر حرارت بوی سیر می‌دهند. همچنین اغلب کانی‌ها فاقد مزه هستند؛ امّا برخی ممکن است مزه شور (نمک طعام)، شیرین (براکس)، تلخ (اپسونیت)، گس (گچ) و یا مزه ویژه‌ای داشته باشند. بعضی از کانی‌ها لمس چرب دارند، مانند تالک. برخی از کانی‌ها مانند رس به زبان می‌چسبند.

۳-۳- شناسایی کانی‌ها با معرف‌های شیمیایی

با استفاده از این روش می‌توان وجود عنصر یا عنصرهای ویژه‌ای را در ترکیب یک کانی مشخص نمود. در روش شیمیایی ممکن است کانی‌ها را به روش مرطوب و یا خشک مورد مطالعه قرار داد. در روش مرطوب کانی‌ها را در حلالی مانند آب، اسید یا حلال‌های دیگر به‌صورت محلول در آورده و سپس برای شناسایی آنها از معرف‌ها استفاده می‌کنند.

اغلب کانی‌ها، به ویژه سیلیکات‌ها، نامحلولند. لذا به روش خشک مورد مطالعه قرار می‌گیرند. مطالعه کانی‌ها به روش خشک متنوع است. در روش خشک از معرف‌های خشک مانند کربنات سدیم و دی‌اکسید سدیم استفاده می‌شود. این مواد سبب پائین آمدن نقطه ذوب کانی‌ها می‌شود و از مخلوط کانی مورد نظر با این مواد و ذوب آنها، **پرل**[1] یا مروارید کانی‌ها ایجاد می‌گردد.

برای ذوب کانی‌ها ممکن است از فوتک یا شعله مستقیم و یا آون استفاده شود. شعله ممکن است اکسید کننده یا احیا کننده باشد. در اصل هر شعله از سه قسمت تشکیل می‌شود. قسمت خارجی شعله که آبی یا بی‌رنگ است، شعله اکسیدان نامیده می‌شود و برای عمل اکسایش مناسب می‌باشد. قسمت وسط شعله، رنگ زرد روشن دارد و در واقع بخش اعظم شعله را تشکیل می‌دهد. این قسمت شعله برای انجام عمل احیا مناسب می‌باشد. به‌طورکلی برای شناسایی کانی‌ها از راه خشک ممکن است از طریق مشاهده رنگ، مروارید کانی‌ها، رنگ شعله، تغییر وضع کانی در لوله‌های باز و بسته، طیف سنج، آزمایش روی زغال و غیره استفاده شود.

۳-۴- ترکیب شیمیایی کانی‌ها

در ساختار اتمی هر کانی عنصر یا عنصرهایی شرکت دارند که ترکیب کانی‌شناسی آن را به وجود می‌آورند. به عنوان مثال؛ الماس یک کانی است که نشانه شیمیایی آن C می‌باشد و در ساختار اتمی آن فقط یک نوع عنصر یعنی کربن وجود دارد. درکوارتز با فرمول شیمیایی SiO_2 دو عنصر سیلیسیم و اکسیژن و در ساختار کلسیت با فرمول شیمیایی $CaCO_3$ سه عنصر کربن، اکسیژن و کلسیم شرکت دارند. در بعضی از کانی‌ها عنصرهایی که شعاع یونی مشابه دارند، ممکن است جانشین یکدیگر شوند، به عنوان مثال؛ در **الیوین**[۱] با فرمول شیمیایی $(Mg, Fe)_2 SiO_4$ آهن و منیزیم می‌توانند جانشین یکدیگر شوند. گاهی یک ترکیب شیمیایی تحت شرایط گوناگون در سیستم‌های متفاوت متبلور می‌شود، به این گونه کانی‌ها که ترکیب شیمیایی یکسان دارند و در سیستم‌های متفاوت متبلور می‌شوند، **پلیمرف**[۲] و این ویژگی را **پلیمرفیسم**[۳] یا چند شکلی گویند.

برای شناخت عنصرها یا یون‌های موجود در یک کانی و در نتیجه شناخت کانی‌ها از تجزیه شیمیایی کانی‌ها به روش مرطوب و یا روش‌های دستگاهی مانند اسپکترومتری (طیف سنجی) استفاده می‌شود.

دانشگاه سمنان

۳-۵- طبقه‌بندی کانی‌ها

در طبیعت بیش از ۴۰۰۰ کانی تشخیص داده شده است که تعداد کمی از آنها فراوانند و اغلب نادر می‌باشند.

کانی‌ها تاکنون به روش‌های گوناگون طبقه‌بندی شده‌اند. امّا طبقه‌بندی براساس ترکیب شیمیایی متداول‌تر است. زیرا کانی‌هایی که دارای آنیون یا آنیون‌های مشترک هستند، به‌طور معمول دارای شباهت زیاد می‌باشند. افزون بر آن، این نوع کانی‌ها به‌طور معمول شرایط تشکیل یکسان و مشابه‌ای را نشان می‌دهند. امروزه افزون بر ترکیب شیمیایی و ساختار داخلی، نحوه تشکیل و منشاء کانی‌ها نیز در شناخت و طبقه‌بندی آنها اهمیت ویژه دارند. به دلیل فراوانی سیلیکات‌ها، به‌طورکلی می‌توان کانی‌ها را به دو دسته سیلیکات‌ها و غیر سیلیکات‌ها طبقه‌بندی نمود.

۳-۵-۱- گروه کانی‌های غیر سیلیکاته

گروه کانی‌های غیر سیلیکاته عبارتند از:

۱- عنصرها
۲- سولفیدها
۳- سولفوسالت‌ها
۴- اکسیدها و هیدروکسیدها
۵- نمک‌ها
۶- کربنات‌ها
۷- نیترات‌ها
۸- بُرات‌ها
۹- سولفات‌ها
۱۰- کرومات‌ها
۱۱- فسفات‌ها
۱۲-آرسنات‌ها
۱۳- وانادات‌ها
۱۴- تنکستات‌ها

۳-۵-۱-۱- عنصرهای طبیعی

در طبیعت تعداد محدودی عنصر آزاد وجود دارد که اغلب آنها فلز و برخی غیرفلز هستند. عنصرهای طبیعی موجود در پوسته جامد زمین عبارتند از: طلا، نقره، مس، پلاتین، آهن، آرسنیک، بیسموت، گوگرد، الماس و گرافیت. برخی از این کانی‌ها جنبه زینتی دارند. امّا همه آنها در صنعت کاربرد دارند.

طلا استاندارد پولی جهان است و در ساخت وسیله‌های علمی، آبکاری و زینت‌آلات نیز مصرف می‌شود. نقره و ترکیب‌های آن در صنعت‌های عکاسی، آبکاری، ساخت وسیله‌های الکتریکی، زینت‌آلات و سکه‌ها کاربرد دارد. مس به‌صورت طبیعی کمیاب است؛ امّا سولفیدهای مس منبع اصلی تأمین مس جهان می‌باشند. مهمترین کاربرد آن در ساخت لوازم الکتریکی به ویژه سیم برق می‌باشد. پلاتین به خاطر نقطه ذوب بالا و نیز پایداری در مقابل مواد شیمیایی مصرف دارد. آهن به‌صورت خالص بسیار کمیاب است. آهن اغلب از اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن تهیه می‌شود. گوگرد در طبیعت فراوان است و به ویژه در دهانه‌های آتشفشان‌ها رسوب می‌کند. گوگرد در تهیه اسید سولفوریک، صنایع لاستیک، صابون، رنگ، دباغی، چرم، کود و غیره مصرف می‌شود. الماس سخت‌ترین کانی شناخته شده است و در صنعت و جواهرسازی کاربرد دارد. به دلیل گران بودن، الماس را به‌طور مصنوعی نیز می‌سازند. گرافیت مانند الماس فقط از کربن ساخته شده است. امّا بر عکس الماس نرمترین کانی‌ها می‌باشد. علت این امر طرز قرار گرفتن اتم‌ها در ساختار آنها می‌باشد. الماس در سیستم کوبیک متبلور می‌شود. در حالی‌که سیستم تبلور گرافیت، هگزاگونال است. گرافیت در ساخت بوته‌های نسوز، صنایع الکتریکی و نیز مخلوط آن با خاک رس در ساخت مغزه مداد مصرف دارد.

سنگ مس

سنگ طلا

سنگ نقره

نمونه‌هایی از عنصرهای طبیعی

۳-۵-۱-۲- سولفیدها

سولفیدها گروه زیادی از کانی‌ها را شامل می‌شوند. برخی از آنها کمیاب هستند. امّا سولفیدهای مس، آهن، سرب و روی فراوان هستند. این کانی‌ها به‌طور معمول تیره رنگ، جلای فلزی و چگالی بالا دارند و اغلب در اثر ضربه به سادگی خرد می‌شوند. مهمترین آنها عبارتند از:

- **گالن**[1]: به فرمول شیمیایی PbS، یکی از فراوان‌ترین سولفیدها است. این کانی که رنگ و رنگ خاکه خاکستری سربی دارد، تنها منبع تهیه سرب است. سرب در صنایع باطری‌سازی، شیشه سازی، لعاب، کاشی و سرامیک و نیز تهیه صفحه‌ها، گلوله‌ها و لوله‌های سربی مصرف دارد.
- **بلند یا اسفالریت**[2]: به فرمول شیمیایی ZnS، مانند گالن از نظر منشاء تشکیل مشابه می‌باشد و به‌طور معمول با هم دیده می‌شوند. این کانی مهمترین کانی روی است. روی در ساخت آهن گالوانیزه (آهن سفید)، برنج (آلیاژ مس و روی)، در باطری‌سازی و غیره مصرف دارد.

- **کالکوپیریت**[1]: سولفید آهن و مس دارای فرمول شیمیایی $CuFeS_2$ به رنگ زرد برنجی است. کالکوپیریت فراوان‌ترین کانی سولفیدی مس می‌باشد و از آن مس استخراج می‌شود.

- **سینابر**[2] **یا سولفید جیوه:** به فرمول شیمیایی HgS، در حالت خالص به رنگ قرمز شنگرفی است. این کانی تنها منبع استخراج جیوه است. جیوه در ساخت ابزارهای صنعتی و الکتریکی، تهیه رنگ، ضد زنگ، صنعت‌های داروئی و کشاورزی و غیره کاربرد دارد.

- **رالگار**[3] **یا زرنیخ قرمز:** سولفید آرسنیک دارای فرمول شیمیایی AsS است. این کانی در عملیات آتشبازی و انفجاری مصرف می‌شود.

- **پیریت**[4]: به فرمول شیمیایی FeS_2، رنگ زرد برنزی کم رنگ و جلای فلزی دارد. این کانی شبیه طلا می‌باشد. از این‌رو به آن طلای دروغی می‌گویند. امّا به علت سختی بالا (تقریباً سخت ترین سولفیدهاست) و شکنندگی آن از طلا مشخص می‌شود. این کانی از فراوانترین سولفیدها است. در صنعت برای تهیه اسید سولفوریک و زاج سبز مصرف دارد. زاج در رنگرزی، ساخت جوهر و نیز به عنوان ماده ضدعفونی‌کننده، برای نگهداری چوب، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

گالن

کالکوپیریت

پیریت

اسفالریت

شکل ۳-۵: چند نمونه از سولفیدها

۳-۵-۱-۳- سولفوسالت‌ها[۱]

سولفوسالت‌ها، نمک‌های تولید شده از اسیدهایی است که در آنها به جای اکسیژن، گوگرد وجود دارد. کانی‌های این گروه از نظر ساختاری به‌طور کامل متفاوت با سولفیدها می‌باشند. یکی از فراوانترین کانی‌های این گروه **بورنونیت**[۲] به فرمول شیمیایی $PbCuSbS_2$ است که به عنوان سنگ معدن مس، سرب و آنتیموان مصرف دارد.

۳-۵-۱-۴- اکسیدها و هیدروکسیدها

در ترکیب کانی‌های این گروه اکسیژن با یک یا چند فلز ترکیب شده است. این کانی‌ها در دو گروه اکسیدها و هیدروکسیدها قرار دارند.

۳-۵-۱-۴-۱- اکسیدها

اکسیدها به‌صورت ساده یا مضاعف وجود دارند. اکسیدها سختی بالا و چگالی زیاد دارند و دیرگداز هستند. مهمترین آنها عبارتند از:

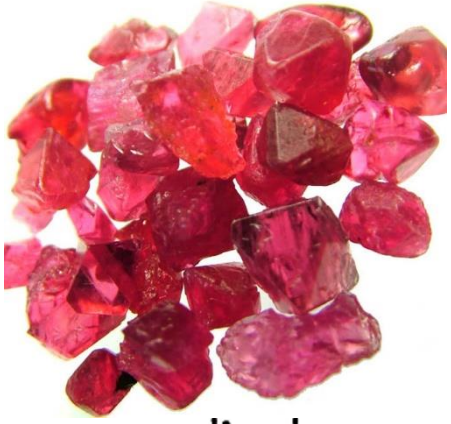
- **کرندوم**[۱]: با فرمول شیمیایی Al_2O_3 رنگ‌های گوناگون دارد. انواع شفاف و قرمز رنگ آن را یاقوت، انواع آبی رنگ آن را یاقوت کبود و انواع تیره رنگ آن را سنگ سمباده گویند. این کانی با داشتن سختی ۹، بعد از الماس سخت‌ترین کانی‌ها است. از این‌رو، به عنوان ماده ساینده مصرف دارد.
- **هماتیت**[۲]: به فرمول شیمیایی Fe_2O_3 رنگ قرمز دارد. انواع ورقه‌ای و با جلای فلزی تیره رنگ آن را **الیژیست**[۳] گویند. انواع خاکی آن به گِل اُخری مشهور است. این کانی علاوه بر مصرف در صنایع تهیه آهن، به عنوان رنگ قرمز در صنایع گوناگون دیگر از جمله رنگ‌سازی مصرف دارد.

- **پیرولوزیت**[۴]: به فرمول شیمیایی MnO_2 سیاه رنگ است. این کانی مهمترین کانی منگنز می‌باشد. منگنز با عنصرهای دیگر به‌صورت آلیاژ مصرف دارد.
- **کاسیتریت**[۵]: به فرمول شیمیایی SnO_2 رنگ قهوه‌ای تا سیاه دارد و رنگ خاکه آن سفید است. کاسیتریت کانی اصلی قلع می‌باشد.
- **مگنتیت**[۶]: به فرمول شیمیایی Fe_3O_4 به شدت دارای ویژگی مغناطیسی است. جلای فلزی و رنگ خاکه سیاه دارد و یکی از کانه‌های مهم آهن است.
- **کرومیت**[۷]: به فرمول شیمیایی $FeCr_2O_4$ رنگ قهوه‌ای تا سیاه دارد، کرومیت تنها کانی کُرُم می‌باشد.
- **اسپینل**[۸]: به فرمول شیمیایی $MgAl_2O_4$ یا لعل به رنگ‌های گوناگون دیده می‌شود. انواع شفاف آن در جواهرسازی مصرف دارد.

هماتیت

کاسیتریت

کرومیت



اسپینل

شکل ۳-۶: چند کانی از گروه اکسیدها

۳-۵-۱-۴-۲- هیدروکسیدها

کانی‌های این گروه نسبت به اکسیدها سختی کمتر و چگالی پائین‌تر دارند. عموم کانی‌های این گروه ثانوی هستند. مهمترین هیدروکسیدها عبارتند از:

- **ژیبسیت**[۱]: به فرمول شیمیایی $Al(OH)_3$ به‌طور معمول به رنگ سفید است و یکی از کانی‌های تشکیل‌دهنده بوکسیت می‌باشد و از آن آلومینیوم استخراج می‌شود.

-**گوتیت**[۲]: به فرمول شیمیایی FeOOH یکی از کانه‌های آهن است که محصول هوازدگی کانی‌های آهن‌دار می‌باشد.

- **لیمونیت**[۳]: به فرمول شیمیایی $FeO.OH.nH_2O$ هیدروکسید آهن آبدار است که به‌صورت اسفنجی، نخودی، قلوه‌ای و یا پودر مانند دیده می‌شود. رنگ آن به‌طور معمول زرد است. رنگ زرد خاک‌ها بر اثر وجود لیمونیت می‌باشد.

3-۵-۱-۵- نمک‌ها

نمک‌ها گروهی از کانی‌ها هستند که در آنها عنصرهای هالوژن به‌صورت آنیون وجود دارد. این گروه گرچه تعداد زیادی از کانی‌ها را شامل می‌شوند، امّا مهمترین آنها نمک طعام یا هالیت، سیلوین و فلوئورین می‌باشد.

- **هالیت**[1]: به فرمول شیمیایی $NaCl$ به‌طور معمول بی‌رنگ است. امّا به دلیل داشتن ناخالصی به رنگ‌های گوناگون دیده می‌شوند. این کانی با مزه شور از سایر کانی‌ها متمایز می‌شود. هالیت افزون بر مصرف خوراکی، یکی از منبع‌های مهم تهیه ترکیب‌های سدیم و اسید کلریدریک می‌باشد.

- **سیلویت**[2]: به فرمول شیمیایی KCl به‌طور معمول همراه با هالیت تشکیل می‌شود. این کانی با مزه شور زننده و تلخ از هالیت قابل تشخیص است. سیلوین منبع مهم تهیه پتاسیم می‌باشد.

- **فلوئوریت**[3]: به فرمول شیمیایی CaF_2 رنگ‌های متنوعی دارد و اغلب به رنگ سبز روشن و سبز متمایل به آبی است. این کانی به عنوان مادّه گدازآور در ذوب آهن و نیز در شیشه‌سازی، عینک‌سازی و تهیه اسید فلوئوریک مصرف دارد.

فلوئورین

سیلوین

هالیت

شکل ۳-۷: کانی‌های هالیت، سیلویت و فلوئوریت

۳-۵-۱-۶- کربنات‌ها

کربنات‌ها گروهی از کانی‌ها هستند که در آنها بنیان CO_3 وجود دارد. مهمترین کربنات‌ها عبارتند از:

- **کلسیت**[1]: به فرمول شیمیایی $CaCO_3$ ، سختی ۳ و چگالی ۴/۷۱ دارد. کلیواژ آن کامل است. شکننده است و به راحتی در سطح کلیواژ می‌شکند. بی‌رنگ تا سفید رنگ است؛ امّا گاهی به علّت داشتن ناخالصی به رنگ‌های قهوه‌ای تا سیاه دیده می‌شود. کلسیت با اسید هیدروکلریک رقیق می‌جوشد. این کانی یکی از کانی‌های فراوان سنگ‌های رسوبی و دگرگونی است. سنگ آهک، تراورتن و مرمر از کلسیت ساخته شده‌اند. این سنگ‌ها در تهیه سیمان، آهک و سنگ ساختمانی مصرف دارند.

- **دولومیت**[۲]: به فرمول شیمیایی $CaMg(CO_3)_2$ دارای سختی ۴-۳/۵ و چگالی ۲/۸۵ می‌باشد. مانند کلسیت کلیواژ کامل دارد. بی‌نگ تا سفید است. این کانی با اسید کلریدریک سرد نمی‌جوشد، امّا با اسید گرم می‌جوشد (تفاوت با کلسیت). دولومیت نیز یکی از کانی‌های فراوان سنگ‌های رسوبی است و به عنوان سنگ ساختمانی و نیز به عنوان سنگ معدن منیزیم و دیرگداز مصرف می‌شود.
- **آراگونیت**[۳]: فرمول شیمیایی مشابه کلسیت دارد. امّا سختی و چگالی آن بیشتر از کلسیت می‌باشد. به‌طور معمول رشته‌ای شکل است و به رنگ سفید، سبز و صورتی دیده می‌شود. رنگ خاکه آن سفید است. مانند کلسیت با اسید هیدروکلریک رقیق می‌جوشد. با نیترات کبالت به رنگ بنفش در می‌آید. این کانی در محل چشمه‌های آب گرم تشکیل می‌شود. از نظر تجاری به سنگ‌هایی که از آراگونیت تشکیل شده‌اند، مرمر گفته می‌شود.

کلسیت

دولومیت

آراگونیت

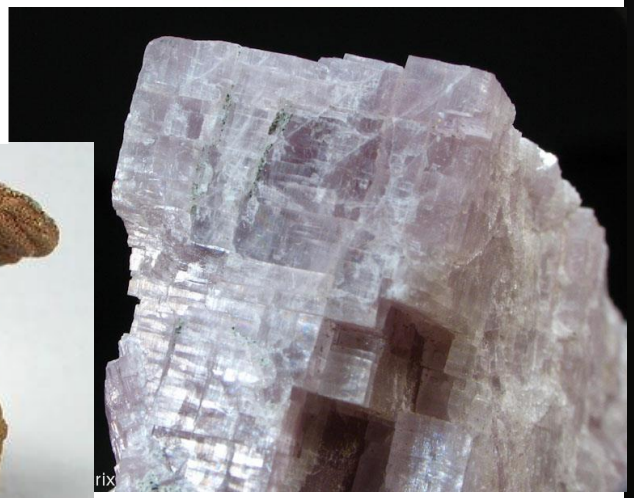
شکل ۳-۸: سه نمونه از کربنات‌ها

۳-۵-۱-۷- سولفات‌ها

گروهی از کانی‌ها هستند که بنیان آنها SO_4 می‌باشد و تعداد محدودی از آنها در طبیعت فراوان می‌باشند. سولفات‌ها ممکن است بی‌آب و یا آبدار باشند. از سولفات‌های بی‌آب، باریت و انیدریت و از سولفات‌های آبدار، ژیپس را می‌توان نام برد.

- **باریت**[1]: به فرمول شیمیایی $BaSO_4$ دارای سختی ۳/۵-۳ و چگالی ۴/۵، یکی از کانی‌های غیرفلزی سنگین است. این کانی خیلی ترد و شکننده می‌باشد. به‌طور معمول بی‌رنگ یا سفید است. دیر گداز می‌شود و رنگ شعله را سبز مایل به زرد می‌کند. این کانی یکی از کانی‌های فراوان در طبیعت است و همراه با سرب و روی دیده می‌شود. بیش از ۸۰٪ آن به عنوان گل حفاری در چاه‌های نفت و گاز مصرف دارد، همچنین در رنگ‌سازی و صنایع شیمیایی کاربرد دارد.

ژیپس



انیدریت

باریت

شکل ۳-۹: باریت، انیدریت و ژیپس

- **انیدریت**[1]: به فرمول شیمیایی $CaSO_4$ دارای سه سری کلیواژ است و از اینرو بلورهای آن اغلب مکعبی شکل است. سختی ۳ تا ۳/۵ و چگالی حدود ۲/۹ دارد. جلای شیشه‌ای و در سطح کلیواژ جلای مرواریدی دارد. به آسانی ذوب می‌شود و رنگ شعله را قرمز مایل به نارنجی می‌کند. این کانی در اثر جذب آب به ژیپس تبدیل می‌شود. به این کانی گچین نیز می‌گویند.
- **ژیپس**[2]: به فرمول شیمیایی $CaSO_4 . 2H_2O$ با سختی ۲، جلای شیشه‌ای یا ابریشمی، رنگ و رنگ خاکه سفید مشخص می‌شود و دارای کلیواژ است. ژیپس یکی از فراوانترین سولفات‌ها است. این کانی در اثر حرارت ۱/۵ مولکول آب خود را از دست می‌دهد و تبدیل به گچ ساختمانی می‌شود.

۳-۵-۱-۸- نیترات‌ها

در طبیعت فقط هفت نوع نیترات شناخته شده است که مهمترین آنها نیترات سدیم و نیترات پتاسیم می‌باشد. این دو کانی به آسانی ذوب می‌شوند. نیترات سدیم رنگ شعله را زرد و نیترات پتاسیم بنفش می‌کند. هر دو به آسانی در آب حل می‌شوند. از این‌رو فقط در منطقه‌های کویری تشکیل می‌شوند.

۳-۵-۱-۹- بُرات‌ها

کانی‌های این گروه نیز جزء کانی‌های تبخیری هستند و در محیط‌های تبخیری همراه با گچ و نمک تشکیل می‌شوند. یکی از فراوانترین آنها بُراکس است که سختی ۲/۵-۲ و چگالی ۱/۷ دارد. به‌طور معمول بی‌رنگ یا سفید و ترد است. مزه قلیایی شیرین دارد و به وسیله مزه از سایر کانی‌ها مشخص می‌شود. رنگ شعله را زرد می‌کند. از این کانی و سایر برات‌ها، بُر استخراج می‌شود.

شکل ۳-۱۰: کانی بُراکس

دانشگاه سمنان

۳-۵-۱-۱۰- فسفات‌ها، آرسنات‌ها و وانادات‌ها

کانی‌های این گروه اغلب نادر هستند. یکی از فراوانترین کانی‌های گروه فسفات‌ها، آپاتیت می‌باشد.

آپاتیت[1]: به فرمول شیمیایی $Ca_5(PO_4)_3(Cl,OH,F)$، سختی ۵ و چگالی ۳/۲۰ دارد. رنگ آن اغلب سفید، گاهی سبز، آبی و زرد است. این کانی ترد و شکننده و جلای شیشه‌ای دارد و رنگ خاکه آن سفید است. آپاتیت در تهیه کود شیمیایی مصرف دارد. فیروزه یک فسفات حاوی مس و آلومینیم است که به رنگ سبز یا آبی دیده می‌شود.

شکل۳-۱۱: بلور آپاتیت

۳-۵-۱-۱۱- کرومات‌ها، تنگستات‌ها و مولیبدات‌ها

کانی‌های این گروه با تعداد محدود، به مقدار کم در طبیعت وجـود دارنـد. عنصـرهای مولیبـدن و تنگستن گرچه عنصرهای کمیابی هستند، امّا در تکنولوژی با ارزش می‌باشند.

۳-۵-۲- گروه کانی‌های سیلیکاته

این گروه حدود ۲۵٪ کانی‌های شناخته شده و حدود ۴۰٪ کانی‌های فراوان سنگ‌ها را شامل می‌شوند. سنگ‌های آذرین به‌طور معمول از کانی‌های سیلیکاته ساخته شده‌اند. بیش از ۹۰٪ پوسته زمین را سنگ‌های آذرین تشکیل می‌دهد. با توجه به تجزیه شیمیایی سنگ‌های پوسته جامد زمین، دریافته‌اند که از هر ۱۰۰ اتم سازنده پوسته جامد زمین، حدود ۶۲ اتم اکسیژن، ۲۱ اتم سیلیسیم و ۶ تا ۷ اتم آلومینیم است و بقیه، اتم‌های آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و غیره می‌باشند.

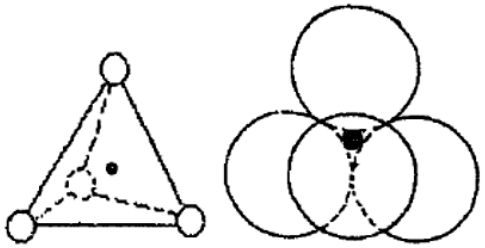
سیلیکات‌ها در محیط‌های متفاوتی تشکیل می‌شوند. در سنگ‌های آذرین این کانی‌ها اغلب در اثر تفریق ماگما به وجود می‌آیند. در محیط‌های دگرگونی در طی واکنش‌های دگرگونی از کانی‌های دیگر تشکیل می‌شوند. سیلیکات‌ها همچنین در سنگ‌های رسوبی تخریبی که حاوی قطعه‌هایی از سنگ‌های آذرین و دگرگونی تخریب یافته قبلی هستند، نیز یافت می‌شوند.

سیلیکات‌ها دارای بنیان SiO_4 هستند. به این معنی که هر اتم سیلیسیم با چهار اتم اکسیژن مشارکت می‌نماید و واحدهای چهار وجهی را به وجود می‌آورد که به وسیله اکسیژن یا یون‌هایی مانند منیزیم و آهن به واحدهای مجاور متصل می‌گردد.

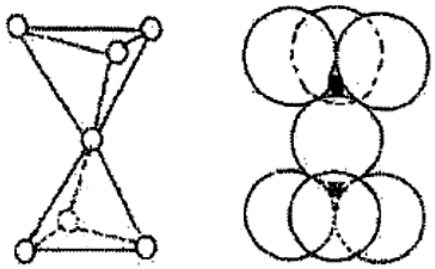
در جدول (۳-۱) انواع سیلیکات‌ها، ترتیب قرار گرفتن چهار وجهی‌ها، نسبت Si:O و بنیان آنها آورده شده است.

جدول شماره ۳-۱: انواع سیلیکات‌ها

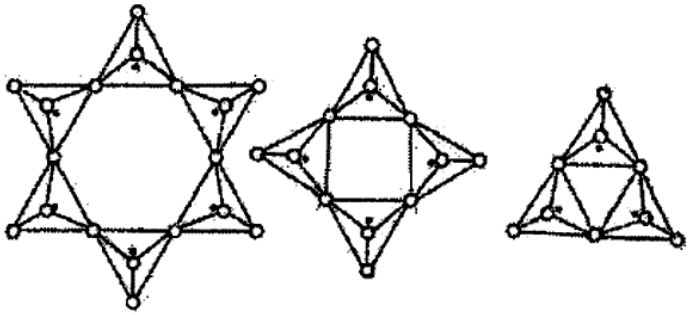
ردیف	نام رده	ترتیب قرار گرفتن چهار وجهی	نسبت Si:O	بنیان
۱	نزوسیلیکات‌ها[۱]	منفرد	۱:۴	$(SiO_4)^{-4}$
۲	سوروسیلیکات‌ها[۲]	دوتایی	۲:۷	$(Si_2O_7)^{-6}$
۳	سیکلوسیلیکات‌ها[۳]	حلقه‌ای	۱:۳	$(Si_6O_{18})^{-12}$
۴	اینوسیلیکات‌ها[۳]	زنجیری ساده زنجیری دوتایی	۱:۳ ۴:۱۱	$(SiO_3)^{-2}$ $(Si_4O_{11})^{-6}$
۵	فیلوسیلیکات‌ها[۵]	صفحه‌ای	۲:۵	$(Si_2O_5)^{-2}$
۶	تکتوسیلیکات‌ها[۶]	داربستی	۱:۲	(SiO^2)



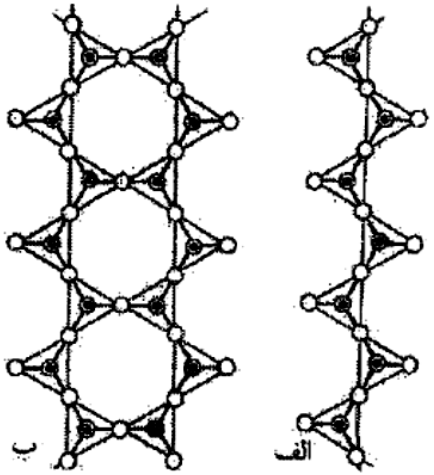
ساختار نزوسیلیکات‌ها



ساختار سوروسیلیکات‌ها

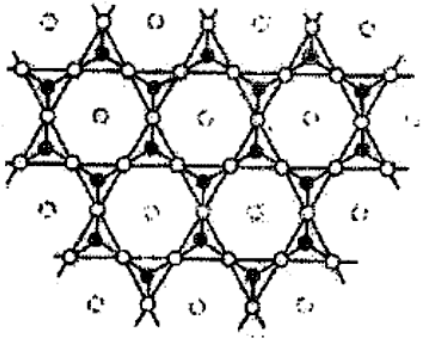


ساختار سیکلوسیلیکات‌ها

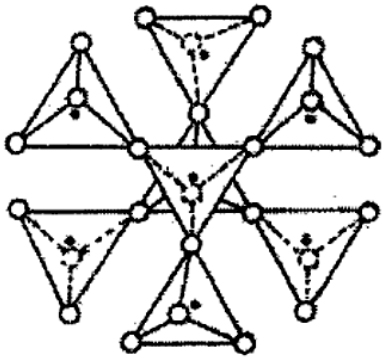


ساختار اینوسیلیکات‌ها

الف- ساده، ب- دوتائی



ساختار فیلوسیلیکات‌ها



ساختار تکتوسیلیکات‌ها

شکل۳-۱۲: ساختار مولکولی انواع سیلیکات‌ها(رضوی،۱۳۸۲)

۳-۵-۲-۱- الیوین[1]

نام الیوین به خاطر رنگ سبز زیتونی آن است. در فارسی به آن شامقصود گویند. فرمول شیمیایی آن $(Mg,Fe)_2SiO_4$ و سیستم تبلور آن ارتورومبیک می‌باشد. سختی آن ۷-۵ و چگالی آن حدود ۴ است (با افزایش آهن مقدار چگالی زیاد می‌شود). دارای دو سری کلیواژ می‌باشد. جلای آن شیشه‌ای است. رنگ سبز زیتونی، سبز مایل به زرد و قهوه‌ای دارد که با افزایش آهن تیره‌تر می‌شوند. سطح شکست آن صدفی و بلورهای شفاف تا نیمه شفاف دارد. در اسیدهای معدنی مانند HCl حل می‌شود و باقیمانده آن به‌صورت ماده سیلیسی ژلاتینی در می‌آید.

الیوین در سنگ‌های آذرین بازیک و اولترابازیک مانند گابرو، پریدوتیت، دونیت و بازالت دیده می‌شود. الیوین در اثر دگرگون شدن دولومیت‌های ناخالص نیز تشکیل می‌شود.

نمونه‌های شفاف و خوش رنگ آن در جواهرسازی مصرف دارد. از الیوین‌های منیزیم‌دار به خاطر مقاومت در برابر حرارت، ممکن است در صنعت به عنوان نسوز استفاده شود.

الیوین در اثر تجزیه به کانی‌هایی مانند سرپانتین و تالک تبدیل می‌شود. تالک به علت داشتن لمس چرب در صنعت موارد استفاده زیادی دارد که از جمله می‌توان به مصرف آن در تهیه رنگ، سرامیک، لاستیک، کاغذ، حشره‌کش و پودرهای آرایشی اشاره نمود. همچنین به عنوان عایق حرارتی و الکتریکی مصرف می‌شود. سرپانتین نیز اغلب به‌صورت رشته‌ای است و بیش از ۹۰٪ پنبه نسوز را تامین می‌کند.

شکل۳-۱۳: بلور الیوین

۳-۵-۲-۲- گروه پیروکسن‌ها[1]

ترکیب شیمیایی پیروکسن‌ها را با فرمول شیمیایی XYZ_2O_6 می‌توان نشان داد که در آن X ممکن است شامل Na، Ca، Mn، Fe^{2+}، Mg، Li و Y شامل Fe^{3+}، Al، Cr، Ti، Ni، Li، Mn، Fe^{2+}، Mg و z شامل Si و Al باشد. پیروکسن‌ها در دو سیستم مونوکلینیک (کلینوپیروکسن‌ها) و ارتورومبیک (ارتوپیروکسن‌ها) متبلور می‌شوند. آنها دو سری کلیواژ تقریباً عمود بر هم دارند.

دانشگاه سمنان

الف- ارتوپیروکسن‌ها

ارتوپیروکسن‌ها گرچه از نظر تعداد از کلینوپیروکسن‌ها کمتر هستند، امّا نسبت به کلینوپیروکسن‌ها درصد فراوانی بیشتری دارند. ارتوپیروکسن‌ها رنگ‌های روشن دارند، امّا انواع غنی از آهن آنها سیاه رنگ می‌باشند.

کانی‌های گروه ارتوپیروکسن سختی ۶-۵/۵ و چگالی ۳/۹۶-۳/۲۱ دارند که با افزایش آهن زیاد می‌شود. جلا در سطح کلیواژ شیشه‌ای یا مرواریدی است. انواع غنی از منیزیم آن بی‌رنگ، خاکستری، سبز و زرد و انواع غنی از آهن آن سبز یا قهوه‌ای تیره هستند. بلور آنها نیمه شفاف بوده و به‌طور معمول توده‌ای، رشته‌ای یا تیغه‌ای شکل و گاهی منشوری می‌باشند.

ب- کلینوپیروکسن‌ها

پیروکسن‌های منوکلینیک یا کلینوپیروکسن‌ها بسیار متنوع هستند. دارای سختی ۶/۵-۵/۵ و چگالی ۳/۵۵- ۳/۴۴ می‌باشند. جلای آنها شیشه‌ای است. رنگ آنها سفید، سبز کم رنگ تا تیره، قهوه‌ای تا سیاه است که با افزایش آهن تیره‌تر می‌شوند. بلورهای آنها شفاف تا نیمه شفاف می‌باشد.

کلینوپیروکسن‌ها در سنگ‌های آذرین و دگرگونی دیده می‌شوند. اوژیت یکی از فراوانترین پیروکسن‌ها است که در سنگ‌های آذرین بازیک مانند بازالت، گابرو، پریدوتیت و آندزیت تشکیل می‌گردد.

شکل ۳-۱۴: بلورهای پیروکسن

دانشگاه سمنان

۳-۵-۲-۳- گروه آمفیبول‌ها

آمفیبول‌ها نیز مانند پیروکسن‌ها شامل تعدادی از کانی‌های مهم هستند. ترکیب شیمیایی آنها را می‌توان به صورت $W_{-1}X_{2}Y_{5}Z_{8}O_{22}(OH,F)_{2}$ نشان داد که در آن W شامل یون‌های K،Na و X شامل یون‌های Mn, Na,Ca ،Li, Mg, Fe^{+2} و Y شامل Al،$^{+4}$ Mg, Mn, Ti،Fe^{+2} ،Fe^{+3} و Z شامل Si و Al می‌باشد.

آمفیبول‌ها نیز در دو سیستم ارتورومبیک و منوکلینیک متبلور می‌شوند. در آنها نیز مانند پیروکسن‌ها دو سری رخ لوزی شکل، موازی با سطح‌های منشوری دیده می‌شود و زاویه بین رخ آمفیبول‌ها ۵۶ درجه و ۱۲۴ درجه است. شکل آنها اغلب به‌صورت بلورهای طویل و باریک با مقطع عرضی لوزی شکل یا ۶ ضلعی است. در حالی که در پیروکسن‌ها، بلورها کوتاه و قطور هستند و مقطع عرضی آنها مربعی یا هشت ضلعی می‌باشد.

آمفیبول‌های ارتورومبیک یا ارتوآمفیبول‌ها بسیار اندک هستند. از نظر ترکیب شیمیایی، کانی‌های این گروه غنی از منیزیم می باشند. این کانی‌ها فقط در سنگ‌های دگرگونی دیده می‌شوند. فراوانترین آمفیبول‌های مونوکلینیک یا کلینوآمفیبول‌ها، هورنبلند با فرمول شیمیایی $(OH,F)_{2}$ $(Ca,Na)_{2-3}$ $(Mg,Fe,Al)_{5}$ Si_{6} $(Si,A)_{2}$ O_{22} است. جلای آن شیشه‌ای است. امّا انواع رشته‌ای آن جلای ابریشمی دارد. رنگ هورنبلند، سبز، قهوه‌ای تا سیاه و بلورهای آن نیمه شفاف می‌باشد.

شکل۳-۱۵: بلور آمفیبول

هورنبلند یکی از کانی‌های فراوان در سنگ‌های آذرین و دگرگونی می‌باشد. در سنگ‌های دگرگونی، به ویژه در آمفیبولیت‌ها، هورنبلند همراه با پلاژیوکلاز، کانی‌های اصلی سنگ را تشکیل می‌دهد. همچنین در سنگ‌های آذرین، هورنبلند یکی از کانی‌های اصلی تشکیل دهنده سینیت‌ها و دیوریت‌ها می‌باشد.

دانشگاه سمنان

۳-۵-۲-۴- گروه کانی‌های رسی[۱]

کانی‌های رسی در گروه فیلوسیلیکات‌ها قرار دارند. فیلوسیلیکات‌ها یا سیلیکات‌های ورقه‌ای نیز گروه مهمی از کانی‌ها را شامل می‌شوند.کانی‌های این گروه به‌طور عمده ورقه‌ای نرم و تا حدودی چگالی کم دارند و اغلب دارای یک سری رخ مشخص می‌باشند. ممکن است انعطاف‌پذیر و حتی در جهت سطح کلیواژ قابلیت ارتجاعی داشته باشند.

کانی‌های رسی شامل تعداد کانی با ویژگی‌های گوناگون می‌باشد. این کانی‌ها در اصل سیلیکات‌های آلومینیم و منیزیم آبدار هستند و مطالعه آنها اغلب با پرتو X امکان‌پذیر است. کانی‌های رسی ممکن است متبلور یا بی‌شکل، صفحه‌ای یا رشته‌ای باشند و به‌طور معمول بسیار ریز بلورند.

کائولینیت[۲]: مهمترین کانی رسی با فرمول شیمیایی $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ است. کائولینیت سختی ۲ تا ۲/۵ و چگالی ۲/۶ تا ۲/۶۸ دارد. جلای آن به‌طور معمول خاکی تیره است، امّا بلورهای ورقه‌ای آن جلای مرواریدی از خود نشان می‌دهند. رنگ آن سفید و اغلب به خاطر وجود ناخالصی رنگ‌های گوناگونی مانند قرمز کم رنگ، قهوه‌ای کم رنگ و آبی کمرنگ دارد. کائولینیت به‌طور معمول چرب، نرم و انعطاف‌پذیر است. این کانی ثانوی است و از هوازدگی و یا تجزیه سیلیکات‌های آلومینیوم به وجود می‌آید. کائولینیت قسمت اعظم کائولن را تشکیل می‌دهد.کائولینیت اغلب به وسیله آب حمل می‌شود و در محیط‌های رسوبی مانند رودخانه‌ها و دریاچه‌ها همراه با کوارتز یا دیگر کانی‌ها رسوب کند و لایه‌های رسی را به وجود می‌آورد.کائولینیت به صورت خالص در صنایعی مانند کاغذ، لاستیک و چینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. انواع ناخالص آن در ساخت سرامیک، ظروف گلی و غیره مصرف دارد.

بنتونیت[1]: سنگی است که تقریباً از **مونتموریونیت**[2] تشکیل شده است. این سنگ در اثر جذب آب چندین برابر حجیم می‌شود. بنتونیت به خاطر شکل‌پذیری، چسبندگی، جذب آب و غیره مصرف‌های زیادی دارد که از جمله به عنوان گل حفاری، جلوگیری از نفوذ آب در دیواره استخرها و کانال‌ها، شفاف کردن مایع‌ها به ویژه آب میوه، و نیز صنایع رنگ، کاغذ، صابون سازی، تهیه سرامیک، لعاب، سموم کشاورزی و داروسازی مصرف می‌شود.

ورمیکولیت[3]: از کانی‌های رسی است که در اثر دما (دمای ۸۰۰ الی ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد) تغییر حجم می‌دهد و ۶ تا ۲۰ برابر افزایش حجم می‌یابد. این ویژگی سبب شده است که ورمیکولیت به عنوان عایق صدا و گرما، در حد فاصل دیوارها و نیز در یخچال و آبگرمکن مورد استفاده قرار گیرد. این کانی در تهیه بتن سبک نیز مصرف دارد.

دانشگاه سمنان

۳-۵-۲-۵- گروه میکاها[۴]

میکاها گروهی از فیلوسیلیکات‌ها یا سیلیکات‌های ورقه‌ای هستند که مشخص به داشتن یک سری رخ خیلی کامل می‌باشند که به راحتی در امتداد سطح‌های رخ جدا می‌شوند. مهمترین انواع آنها موسکویت و بیوتیت است.

موسکویت[۱]: با فرمول شیمیایی $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ و شکل تبلور مونوکلینیک، کلیواژ کامل دارد که به علت وجود آن، کانی را می‌توان در امتداد سطح‌های کلیواژ به صورت ورقه‌های خیلی نازک در آورد. انعطاف‌پذیر و الاستیک است. سختی آن در جهت موازی با سطح کلیواژ ۲/۵ و در جهت عمود بر آن تا ۴ می‌رسد. چگالی آن ۲/۸۸-۲/۷۶ است و جلای شیشه‌ای، ابریشمی یا مرواریدی دارد. لایه‌های نازک آن شفاف و بی‌رنگ است؛ امّا لایه‌های ضخیم آن نیمه شفاف و به رنگ‌های زرد، قهوه‌ای، سبز روشن، قرمز و یا بی‌رنگ دیده می‌شود. رنگ‌های متنوع به خاطر جانشینی یونی در آن است.

موسکویت یکی از کانی‌های اصلی و فراوان سنگ‌های آذرین به ویژه پگماتیت‌های گرانیتی است. در پگماتیت‌ها، موسکویت بیشتر با کوارتز و فلدسپات همراه است. همچنین این کانی در سنگ‌های دگرگونی یافت می‌شود.

موسکویت عایق الکتریسیته و گرما و نیز متورق و شفاف می‌باشد. از این‌رو در صنعت مصرف زیادی دارد، که می‌توان به استفاده از آن در دستگاه‌های الکتریکی و گرمایی اشاره نمود.

بیوتیت[۲]: با فرمول شیمیایی $K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ و سیستم تبلور مونوکلینیک، مشخصه‌های تا حدودی مشابه موسکویت دارد. کلیواژ آن کامل و ورقه‌های آن انعطاف‌پذیر و الاستیک است. سختی آن ۲/۵ تا ۳ و چگالی آن ۳/۲–۲/۸ می‌باشد. جلای درخشان دارد. رنگ آن سبز تیره، قهوه‌ای تا سیاه و به ندرت زرد روشن است و ورقه‌های نازک آن به‌طور معمول دودی رنگ می‌باشد. بیوتیت یکی از کانی‌های اصلی و فراوان سنگ‌های آذرین و دگرگونی است.

شکل ۳–۱۶: بلورهای موسکویت و بیوتیت

دانشگاه سمنان

۳-۵-۲-۶- گروه سیلیس[۱]

کانی‌های گروه سیلیس در گروه **تکتوسیلیکات‌ها**[۲] یا **سیلیکات‌های داربستی**[۳] قرار دارند. قریب به سه چهارم سنگ‌های پوسته جامد زمین از سیلیکات‌های داربستی تشکیل شده است. افزون بر گروه سیلیس، گروه فلدسپات‌ها، گروه فلدسپاتوئیدها و گروه زئولیت نیز در گروه سیلیکات‌های داربستی قرار دارند.

کانی‌های گروه سیلیس با فرمول شیمیایی SiO_2 مشخص می‌شوند و ممکن است حداقل به ۹ شکل متفاوت شناخته شده، ظاهر شوند که تنها یکی از شکل‌های سیلیس به طریق مصنوعی ساخته شده است. مهمترین کانی این گروه کوارتز است

سیلیس ممکن است **ریزبلور**[۴] یا آبدار نیز باشد. مهمترین نوع سیلیس ریز بلور **کالسدونی**[۵] و **چرت**[۶] است. نوع سیلیس آبدار را **اُپال**[۷] گویند.

دانشگاه یزد

کوارتز: با فرمول شیمیایی SiO_2، و با سیستم تبلور هگزاگونال، سختی ۷، چگالی ۲/۶۵ و سطح شکست صدفی دارد. جلای آن شیشه‌ای و در برخی انواع چرب و درخشان است. فاقد کلیواژ می‌باشد. به‌طور معمول نمونه خالص آن بی‌رنگ یا سفید است. امّا می‌تواند به وسیله مواد دیگر به رنگ‌های گوناگون دیده شود. بلورهای شفاف تا نیمه شفاف دارد. در روی سطح‌های منشوری آن شیارهای افقی ملاحظه می‌شود، که نتیجه اجتماع موازی بلورهاست. کوارتز یکی از کانی‌های معمولی و فراوان است که در سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی دیده می‌شود. در سنگ‌های دگرگونی و رسوبی گاهی تمام سنگ را کوارتز می‌سازد، که به آن کوارتزیت گویند.

شکل۳-۱۷: چند نمونه از بلورهای کوارتز

کوارتز موارد استفاده بی‌شماری دارد. انواع گوناگون آن در جواهرسازی مصرف می‌شود. در صنعت، در ساخت وسیله‌های علمی، از جمله ساخت عدسی، منشور و دیگر وسیله‌های نوری کاربرد دارد. به خاطر ویژگی الکتریکی در فرستنده‌ها و گیرنده‌های رادیویی، برای کنترل فرکانس‌ها، و نیز ساعت و در اندازه‌گیری‌های فشارهای زودگذر، مانند انفجارها و غیره به کار می‌رود. کوارتز به صورت ماسه سیلیسی در ساخت شیشه و آجر سیلیسی و نیز به صورت پودر در صنعت‌های چینی، رنگ‌سازی، ساخت کاغذ سمباده کاربرد دارد. افزون بر این، کوارتزیت و ماسه سنگ که به‌طور معمول از کوارتز تشکیل شده‌اند به عنوان سنگ ساختمانی مصرف می‌شوند. امروزه کوارتز را به صورت مصنوعی برای مصارف گوناگون از جمله وسیله‌های نوری، مقیاس اندازه‌گیری فشار و نیز به عنوان جواهر می‌سازند.

۳-۵-۲-۷- گروه فلدسپات‌ها[1]

فلدسپات‌ها سیلیکات‌های آلومینیوم همراه با پتاسیم، سدیم، کلسیم و به ندرت باریم می‌باشند. این گروه فراوانترین کانی‌های سازنده سنگ‌های آذرین هستند. از اینرو، در طبقه‌بندی و نامگذاری سنگ‌های آذرین نقش دارند. این کانی‌ها در دو سیستم مونوکلینیک و تری‌کلینیک متبلور می‌شوند. آنها دو سری رخ خوب تا حدودی عمود بر هم دارند. سختی آنها ۶/۵-۶ و چگالی آنها ۲/۵۵-۲/۶۳ می‌باشد.

فلدسپات‌ها با توجه به ترکیب شیمیایی در سه گروه فلدسپات‌های آلکالن، فلدسپات‌های کالکوآلکالن یا پلاژیوکلازها و فلدسپات‌های سنگین یا باریم دار قرار دارند. گروه فلدسپات‌های سنگین بسیار کمیاب هستند. ترکیب‌های بین فلدسپات پتاسیم دار با فرمول شیمیایی $KAlSi_3O_8$ به نام **ارتوز**[1]، و فلدسپات سدیم دار به فرمول شیمیایی $NaAlSi_3O_8$ به نام **آلبیت**[2] به نام فلدسپات‌های آلکالن می‌نامند. همچنین بین دو قطب سدیم دار $NaAlSi_3O_8$ به نام آلبیت و کلسیم دار با فرمول شیمیایی $CaAl_2Si_2O_8$ به نام **آنورتیت**[3] را فلدسپات‌های پلاژیوکلاز می‌نامند. پلاژیوکلازها یک سری محلول جامد را تشکیل می‌دهند.

نوع دمای بالای فلدسپات‌های پتاسیم دار سانیدین نامیده می‌شود و در شکل مونوکلینیک تبلور دارد. نوع دمای متوسط آن به نام اورتوکلاز یا اورتوز با شکل تبلور مونوکلینیک و نوع دمای پائین فلدسپات های پتاسیم‌دار، **میکروکلین**[۴] است که در شکل تری‌کلینیک متبلور می‌شود.

ارتوز، سانیدین[۵] و میکروکلین: ترکیب شیمیایی یکسان دارند و فرمول شیمیایی آنها به صورت $KAlSi_3O_8$ و شکل تبلور آنها مونوکلینیک می‌باشد. این کانی‌ها دارای کلیواژ، سختی ۶، چگالی ۲/۵۵ -۲/۶۳ و جلای شیشه‌ای دارند. بی‌رنگ، سفید، خاکستری و قرمز روشن هستند. رنگ خاکه آنها سفید می‌باشد.

شکل۳-۱۸: دو نمونه از فلدسپات‌ها

ارتوز یکی از کانی‌های اصلی تشکیل دهنده بعضی از سنگ‌های آذرین درونی اسیدی به ویژه گرانیت‌ها و سینیت‌ها است. این کانی در سنگ‌های رسوبی و نیز در سنگ‌های دگرگونی یافت می‌شود. سانیدین در سنگ‌های آذرین بیرونی اسیدی، مانند ریولیت‌ها و تراکیت‌ها و توف‌های اسیدی دیده می‌شود. میکروکلین در سنگ‌های آذرین درونی یافت می‌شود.

فلدسپات‌های پلاژیوکلاز[1]: شامل یکی سری کانی‌های پیوسته‌ای بین آلبیت خالص به فرمول شیمیایی $NaAlSi_3O_8$ و آنورتیت خالص به فرمول شیمیایی $CaAl_2Si_2O_8$ هستند و در دماهای متفاوت تشکیل می‌شوند.

پلاژیوکلازها کلیواژ کامل دارند. سختی آنها ۶ تا ۶/۵ و چگالی در آلبیت ۲/۶۲ و در آنورتیت ۲/۷۶ می‌باشد. بی‌رنگ، سفید و خاکستری رنگ هستند و گاهی رنگ زرد کم رنگ و قرمز روشن دارند. جلای آنها شیشه‌ای یا مرواریدی است. بلورهای آنها شفاف تا نیمه شفاف می‌باشد. پلاژیوکلازها فروانترین کانی‌ها و حتی بیش از فلدسپات‌های آلکالن می‌باشند. این کانی‌ها در سنگ‌های آذرین، دگرگونی و نیز در سنگ‌های رسوبی یافت می‌شوند.

۳-۵-۲-۸- گروه زئولیت[۲]

زئولیت‌ها گروهی از کانی‌های آبدار هستند. کانی‌های این گروه ترکیب شیمیایی مشابه دارند و به‌طور معمول همراه با یکدیگر به صورت کانی ثانوی حفره‌های سنگ‌های آذرین را پر می‌کنند. فرمول شیمیایی آنها به صورت $(Na_2,K_2,Ca,Ba)\ [(Al,Si)\ O_2\ ]_n,xH_2O$ می‌باشد. در ترکیب آنها Ca، Al، Na، K و به مقدار متغیر آب وجود دارد. برخی از کانی‌های این گروه رشته‌ای و برخی غیررشته‌ای هستند. شکل تبلور آنها اغلب به صورت مونوکلینیک یا ارتورومبیک است. اغلب دارای کلیواژ کامل هستند. سختی آنها برحسب نوع کانی برابر ۳/۵ تا ۵/۵ می‌باشد. چگالی آنها نیز با توجه با یون‌های گوناگون متفاوت است و بین ۲/۴ تا ۲/۸ می‌باشد. اغلب جلای شیشه‌ای دارند. رنگ آنها متنوع است و به رنگ‌های سفید، زرد، صورتی، قرمز، قهوه‌ای یا بی‌رنگ دیده می‌شوند. بلورهای شفاف تا نیمه شفاف می‌باشد.

زئولیت‌ها بسیار متنوع هستند و به خاطر ساختار ویژه‌ای که دارند، می‌توانند برخی مولکول‌ها را جذب کنند و یا با مواد دیگر تبادل یونی انجام دهند. همچنین می‌توانند یون‌های ویژه‌ای را از خود عبور دهند. از این‌رو در صنعت به عنوان مواد تصفیه کننده و نیز الک مولکولی مصرف دارند.

شکل۳-۱۹: دو نمونه از زئولیت‌ها

دانشگاه سمنان

سنگ ها آذرین

سنگ‌های آذرین سنگ‌هایی هستند که از تبلور یا انجماد مواد مذاب سیلیکاته تولید می‌شوند. به این مواد مذاب که به‌طور طبیعی در درون زمین به وجود می‌آید، ماگما می‌گویند. حرارت ماگما ۱۵۰۰ تا حداقل ۵۰۰ درجه سانتیگراد است. درصورتی‌که دمای ماگما پائین باشد، ماگما در اعماق متوقف و منجمد شده و سنگ‌های آذرین درونی را می‌سازد. امّا اگر دمای آن بیش از ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد باشد، می‌تواند به سطح زمین برسد. در این حالت ماگما ممکن است حاوی بلورهای معلقی از کانی‌های با نقطه ذوب یا انجماد بالاتر و نیز مقادیر قابل ملاحظه‌ای گاز محبوس باشد. ماگمای مذاب ممکن است در سطح زمین، به‌صورت گدازه، جاری و منجمد شود و یا به طریقی در سطح زمین انجماد یابد. در این حالت سنگ‌های آذرین بیرونی را به وجود می‌آورد. همچنین، ممکن است در هوا یا آب منفجر و پراکنده شود و به‌صورت قطعه‌های بلوری یا شیشه‌ای فرو ریزد. این مواد، اجزاء اصلی سنگ‌های آذرآواری را فراهم می‌نمایند.

۴-۱- منشاء ماگما و ویژگی‌های آن

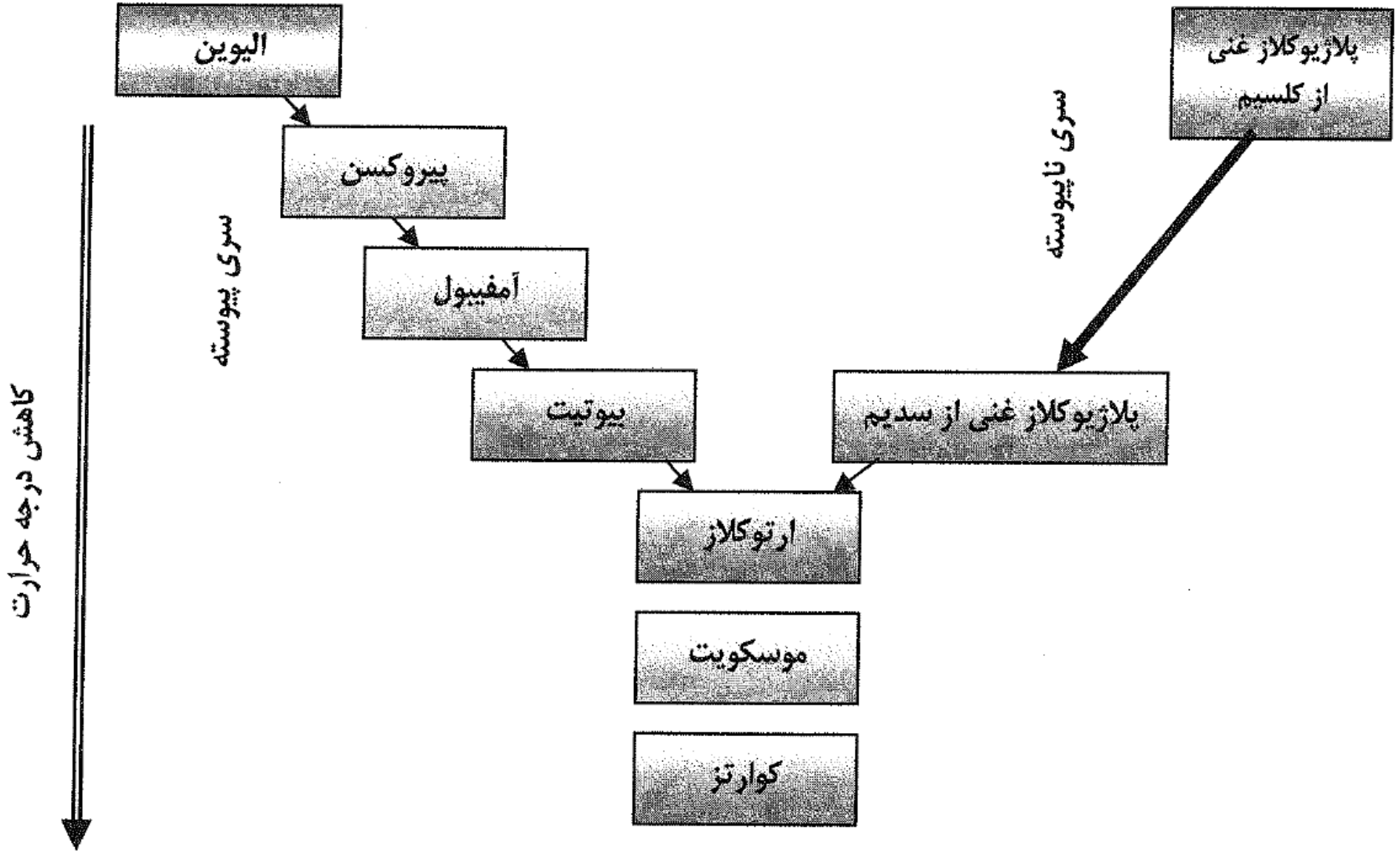
تشکیل ماگما با توجه به تئوری تکتونیک صفحه‌ای در محیط‌های گوناگون زمین‌ساختی، مانند منطقه‌های فرورانش، منطقه‌های کافت و نیز در داخل صفحه‌ها تشکیل می‌شود. به‌طورکلی همان‌طورکه در تکتونیک صفحه‌ای اشاره شد، ماگما در منطقه استنوسفر به وجود می‌آید. وقتی سنگ‌ها ذوب شدند، چگالی کمتری نسبت به سنگ‌های جامد اطراف دارند و در نتیجه مواد مذاب یعنی ماگما به سمت بالا حرکت می‌کند و پس از تبلور و انجماد در درون زمین و یا در سطح زمین سنگ‌های آذرین را تشکیل می‌دهد. این سنگ‌ها از کانی‌های سیلیکاته گوناگون ساخته شده‌اند که بیشتر شامل فلدسپات‌ها، پیروکسن‌ها، آمفیبول‌ها، میکاها، کوارتز و به مقدار کمتر اولیوین و به ندرت شبه فلدسپات‌ها یا فلدسپاتوئیدها می‌باشند.

در ترکیب شیمیایی ماگما حدود ۳۵ تا ۷۵ درصد سیلیس وجود دارد. در صورتی‌که درصد سیلیس بیش از ۶۵ درصد باشد، آن را ماگمای اسیدی گویند. این نوع ماگما غلظت بالایی دارد. سنگ‌های به دست آمده از انجماد این نوع ماگما را سنگ‌های آذرین اسیدی می‌نامند. اگر درصد سیلیس بین ۵۲ تا ۶۵ درصد باشد، ماگما و سنگ‌های به دست آمده از آن را حد واسط گویند. چنانچه درصد سیلیس ماگما بین ۴۵ تا ۵۲ درصد باشد، ماگما و سنگ به دست آمده را بازیک نامند. اگر ماگما و سنگ‌های به وجود آمده کمتر از ۴۵ درصد سیلیس داشته باشند، سنگ‌های به دست آمده تحت اشباع و فوق بازیک خواهند بود. هر چه مقدار سیلیس ماگما کمتر باشد، ماگما سیال‌تر است.

۴-۲- تبلور ماگما

تبلور ماگما بیشتر بر اساس جدول توالی واکنش **بوون**[۱] استوار است. در اثر سرد شدن ماگما، تمام کانی‌های سیلیکاته به‌طور همزمان متبلور نمی‌شوند. بلکه طی سرد شدن و کاهش دما از ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به تدریج متبلور می‌گردند. به این ترتیب که در بین کانی‌های آهن و منیزیم‌دار، ابتدا الیوین، سپس پیروکسن، بعد آمفیبول و در نهایت بیوتیت متبلور می‌گردد. از آن‌جایی که این کانی‌ها حاوی آهن و منیزیم هستند، به آنها **کانی‌های فرومنیزین**[۲] گویند. همچنین چون فرمول شیمیایی و ساختار آنها گوناگون است (در کانی‌های سیلیکاته توضیح داده شده است)، این سری را **سری ناپیوسته**[۳] نیز گویند. این کانی‌ها همه تیره رنگ هستند، از این رو به آنها **سری کانی‌های تیره**[۴] نیز گفته می‌شود.

هم‌زمان با تبلور کانی‌های فرومنیزین، پلاژیوکلازها نیز متبلور می‌شوند. به این ترتیب که ابتدا پلاژیوکلازهای غنی از کلسیم متبلور می‌شود و به تدریج مقدار کلسیم کاهش می‌یابد و در نهایت پلاژیوکلازهای فقیر از کلسیم، که در واقع غنی از سدیم هستند، متبلور می‌گردند. چون این کانی‌ها فرمول شیمیایی مشابه دارند. لذا به این گروه **سری کانی‌های پیوسته**[1] گفته می‌شود. به‌علت تشکیل کانی‌های فوق، مقدار زیادی از عنصرهای منیزیم، آهن، کلسیم که در ساختار این کانی‌ها وارد می‌شوند، از ماگما گرفته می‌شود و ماگما از این عناصر فقیر می‌گردد. در نتیجه در ماگمای باقیمانده سیلیسیم، سدیم، پتاسیم و عنصرهای کمیاب و فرّار باقی می‌مانند. از این رو، پس از تشکیل این کانی‌ها فلدسپات‌های آلکالن و سپس کوارتز متبلور می‌گردد. سری پلاژیوکلازها، فلدسپات‌های آلکالن و کوارتز، به خاطر رنگ روشن آنها، به **کانی‌های روشن**[2] معروف هستند. لازم به ذکر است که این قاعده تبلور موقعی رعایت می‌گردد که کانی‌ها به محض تشکیل از ماگمای باقیمانده جدا شوند. این عمل را **تبلور بخشی**[3] گویند. نمودار۴-۱ ترتیب تبلور ماگمای اشباع از سیلیس را نشان می‌دهد.



نمودار۴-۱: توالی واکنش بوون

۴-۳- چگونگی تبلور ماگما در درون زمین

تبلور ماگما در اعماق زمین سبب تشکیل سنگ‌های آذرین درونی می‌گردد. سرعت سرد شدن ماگما به عمق و محل جایگزینی ماگما بستگی دارد. هر قدر عمق جایگزینی بیشتر باشد، ماگما در مدت زمان بیشتری سرد می‌گردد. در طی سردشدن ماگما ابتدا تمام کانی‌های سیلیکاته که در توالی واکنش بوون از آن نام برده شد، متبلور می‌گردند. مایع باقیمانده،که اشباع از سیلیس، آلومین، قلیایی‌ها، مواد فرّار ، و تحت فشار است به سمت بالا و منطقه‌های کم فشار حرکت می‌کند و در شکاف‌های موجود در خود توده نفوذی و یا در درزه و شکاف‌های سنگ‌های دربرگیرنده جایگزین می‌شود. پس از جایگزینی به‌صورت رگه‌هایی متشکل از بلورهای درشت فلدسپات و کوارتز همراه با کانی‌هایی مانند موسکویت و کانی‌های حاوی یون‌هایی مانند بُر، فسفر و فلوئور متبلور می‌شود.

در ادامه سرد شدن ماگما مواد باقیمانده که شامل گازها و بخارهای داغ است در آخرین درزه‌ها و حفره‌های سنگ‌های آذرین جایگزین می‌شوند. برخی از مواد و عنصرها مانند مس، قلع، مولیبدن در شکستگی‌ها و حفره‌های سنگ‌های اطراف بر جای می‌مانند و مواد معدنی یا **کانه‌ها**[1] به وجود می‌آیند.

۴-۴- تبلور ماگما در سطح زمین

سنگ‌های آذرین بیرونی در اثر انجماد ماگما در سطح زمین به وجود می‌آیند. بخش کمی از مواد مذاب، که به صورت آتشفشان در سطح زمین ظاهر می‌شود، ممکن است حاوی بلورهای متبلور شده در اعماق باشد. این بلورها کانی‌هایی با نقطه انجماد بالا هستند. امّا بخش اعظم مواد مذاب در سطح زمین سرد می‌شود. چون سرعت انجماد در سطح زمین زیاد است، لذا مواد فرصت تبلور ندارند و مواد فرّار نیز در حفره‌ها و شکستگی‌های توده سنگ‌های آتشفشانی باقی می‌مانند. در نتیجه، این سنگ‌ها بافت شیشه‌ای دارند و گاهی حفره‌دار هستند.

۴-۵- شکل توده‌های آذرین

مواد مذاب بر حسب این‌که در عمق یا در سطح زمین منجمد شوند، شکل‌های متفاوتی را به وجود می‌آورند.

۴-۵-۱- شکل توده‌های آذرین درونی

درصورتی‌که ماگما در اعماق زمین متوقف، سرد و متبلورگردد، توده‌های سنگ‌های آذرین درونی یا نفوذی را می‌سازد. این توده‌های نفوذی با توجه با بزرگی و طرز قرارگیری نسبت به سنگ درونگیر آن که به‌طور معمول سنگ‌های رسوبی یا دگرگونی می‌باشند، شکل‌های گوناگون دارند و عبارتند از: باتولیت، استوک، لاکولیت، فاکولیت، دایک و سیل.

باتولیت[1]: باتولیت‌ها توده‌های آذرین نفوذی بسیار بزرگی هستند که قطر بیش از ۱۰ کیلومتر دارند و وسعتی بیش از صد کیلومتر مربع را اشغال می‌کنند. وسعت باتولیت‌ها با افزایش عمق زیاد می‌شود. سطح فوقانی آنها به‌طور معمول نامنظم است . توده گرانیتی الوند در همدان یک باتولیت می‌باشد.

استوک[2]: استوک یک نوع باتولیت کوچک است که رخنمون آن کمتر از صد کیلومتر مربع می‌باشد و مانند باتولیت، شکل خارجی نامنظم دارد.

لاکولیت[3]: توده نفوذی عدسی شکل است و با سنگ‌های درونگیر هم شیب می‌باشد. قطر آن در حدود چند کیلومتر و ضخامت آن حداکثر حدود یک کیلومتر است. شکل کلی آن دایره‌ای و کف آن به‌طور نسبی مسطح و بخش فوقانی آن گنبدی شکل می‌باشد.

لوپولیت[۴]: لوپولیت‌ها توده‌های نفوذی پیاله مانند هستند که احتمال دارد بر اثر نشست زمین پس از تزریق مواد ایجاد شوند و با سنگ‌های درونگیر خود هم شیب باشند.

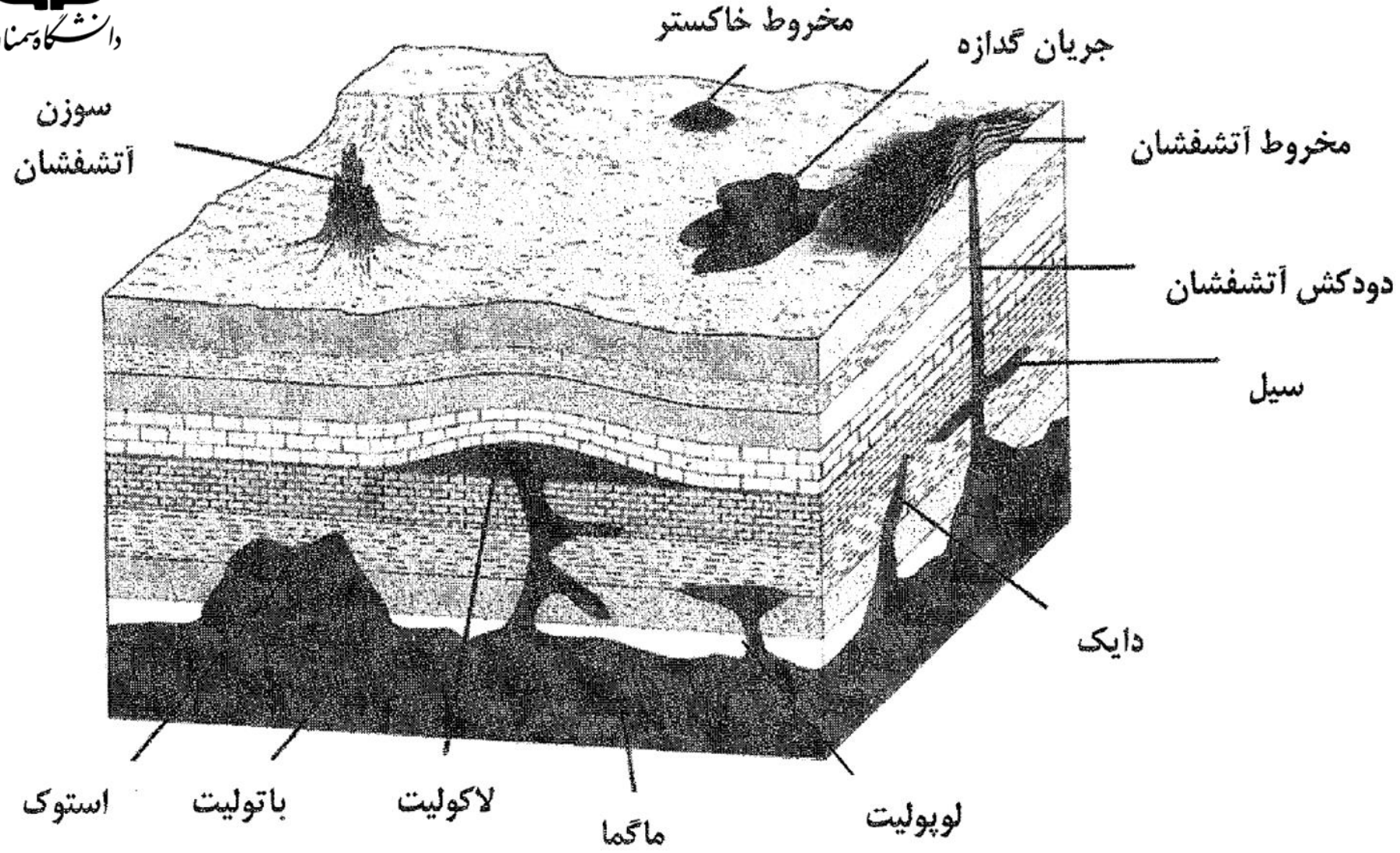
فاکولیت[۵]: درصورتی‌که مواد مذاب در مناطق چین خورده و در محل محور چین‌ها جایگزین گردد، فاکولیت به وجود می‌آید.

دایک[۱]: دایک‌ها توده‌های نفوذی لایه‌ای شکل هستند که با لایه‌ها و سنگ‌های درونگیر خود متقاطع می‌باشند. ضخامت دایک‌ها ممکن است از حد چند سانتیمتر تا ده‌ها متر، و طول آنها از ده‌ها متر تا ده‌ها کیلومتر برسد.

سیل[۲]: سیل‌ها توده‌های نفودی لایه‌ای شکل هستند که در سنگ‌های رسوبی به موازات چینه‌بندی و در سنگ‌های دگرگونی، به موازات شیستوزیته تزریق شده‌اند.

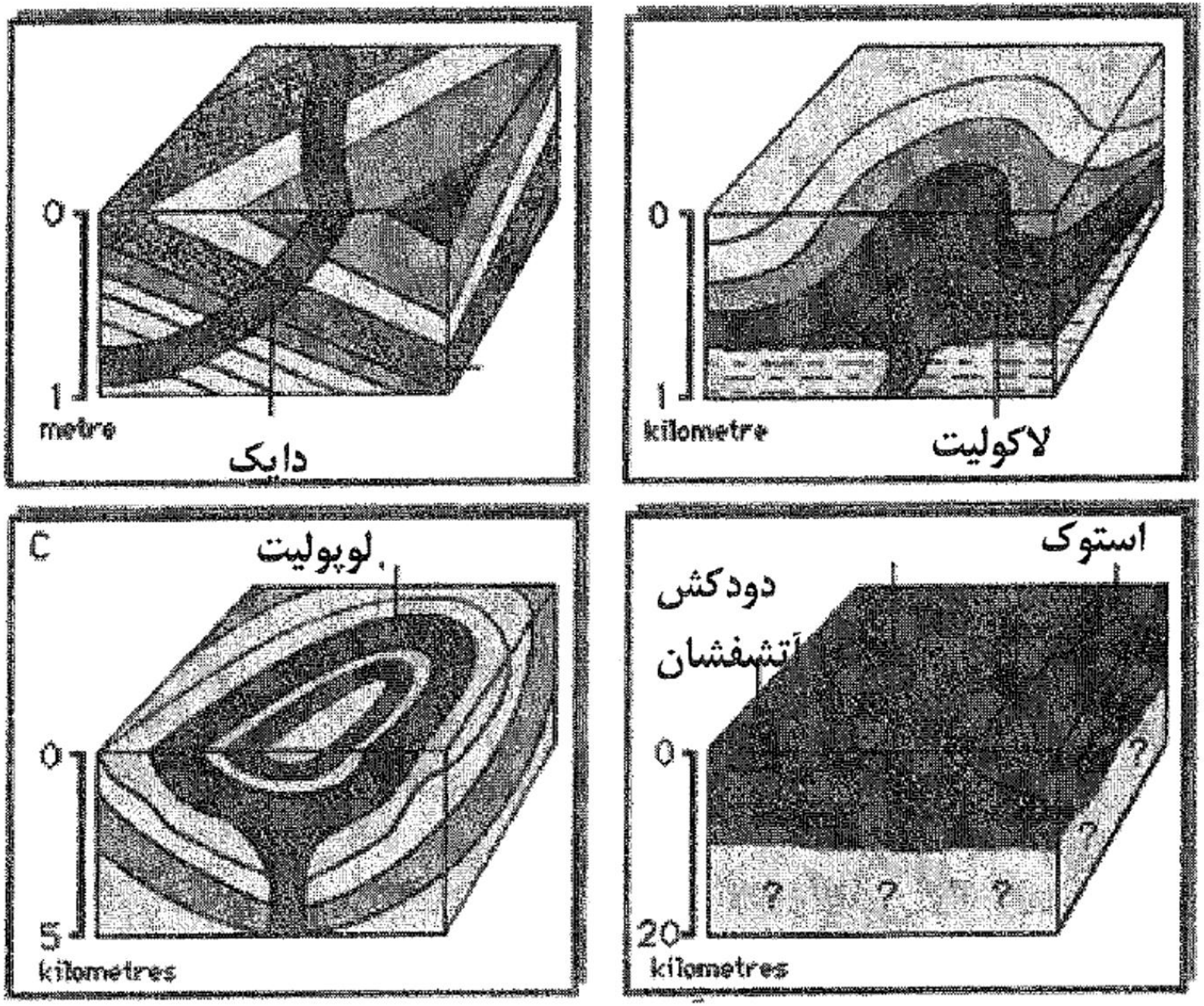
۴-۵-۲- اشکال توده‌های آذرین بیرونی

درصورتی‌که ماگما در سطح زمین سرد شود، مخروط آتشفشانی را به وجود می‌آورد. مخروط‌های آتشفشانی از گدازه یا از مواد آذرآواری و یا هر دو تشکیل می‌شوند. مخروط‌های آتشفشانی از لحاظ شکل به‌طور معمول به صورت مخروطی ساده، مخروط‌های هم مرکز یا مخروط‌های شعاعی و غیره دیده می‌شوند. مخروط ممکن است در اثر عوامل اقلیمی فرسایش یابد و دودکش آتشفشان با سنگ‌های مقاوم در مقابل فرسایش به صورت ستونی مرتفع ظاهر گردد. به این نوع ساختار **نک**[۳] یا سوزن آتشفشانی گفته می‌شود. شکل‌های ۴-۱ و ۴-۲ اشکال گوناگون توده‌های آذرین را نشان می‌دهد.



شکل۴-۱: نمایش شکل‌های گوناگون توده‌های آذرین روی نمودار سه بعدی

(Wicander and Monroe, 2008)



شکل۴-۲: نمایش شکل‌های گوناگون توده‌های آذرین در مقایسه با عمق

(Encyclopedia Britannica.Inc,1994)

۴-۶- ساخت و بافت سنگ‌های آذرین

برای بیان ویژگی‌های ماکروسکپی یعنی مشخصاتی که باچشم غیر مسلح روی نمونه دستی می‌توان دید، **ساخت**[۱] و در مقیاس میکروسکپی **بافت**[۲] به کار می‌رود. این ویژگی‌ها شامل اندازه بلورها، آرایش کانی‌ها، مقدار کانی‌های روشن و تیره، تراکم بلورها، تخلخل، استحکام، رنگ و غیره می‌باشد. چنانچه بلورهای کانی‌های اصلی در نمونه دستی با چشم غیر مسلح قابل مشاهده باشند، سنگ را تمام بلورین یا **هولوکریستالین**[۳] یا **فانریتیک**[۴] گویند. به سنگ‌هایی که بخش عمده آنها از مواد شیشه‌ای یا کانی‌هایی‌که بلورهای آنها در نمونه دستی قابل مشاهده نیستند، تشکیل شده است، سنگ‌های نهان بلور یا **آفانیتیک**[۵] گفته می‌شود.

سنگ‌های آذرین درونی ساخت و بافت تمام بلوری دارند. در این صورت سنگ به‌طور کامل متبلور می‌شود و تمام بلورها در یکدیگر تداخل می‌نمایند و سنگی متراکم را به وجود می‌آورند که کانی‌های آن با چشم غیر مسلح قابل تشخیص است. این سنگ‌ها با توجه به اندازه آنها، به دانه ریز (کوچکتر از یک میلیمتر)، دانه متوسط (۱ تا ۵ میلیمتر)، دانه درشت (۵ تا ۱۰ میلیمتر) و بسیار دانه درشت[123] یا پگماتیتی (بیش از یک سانتیمتر) تقسیم می‌شوند.

سنگ‌های آذرین بیرونی ساخت و بافت‌های متنوعی دارند. در صورتی‌که تمام یا بیشتر سنگ از شیشه تشکیل شده باشد، به آن بافت تمام شیشه‌ای یا **هولوهیالین**[۶] گویند. بلورهای ریزی که فقط با کمک میکروسکوپ می‌توان آنها را دید، ممکن است در متن شیشه‌ای وجود داشته باشد. به این نوع بافت **هیالومیکرولیتی**[۷] گفته می‌شود. در صورتی‌که در متن شیشه‌ای یا میکرولیت، بلورهای به نسبت درشتی وجود داشته باشد، واژه **پورفیری**[۸] به دنبال آن آورده می‌شود. مانند بافت میکرولیتی پورفیری. گاهی زمینه سنگ را بلورهای ریز میکروسکوپی تشکیل می‌دهد. به این نوع بافت **میکرولیتی**[۹] گویند.

گدازه‌هایی‌که از دهانه آتشفشان خارج می‌شوند، به سرعت سرد می‌گردند و حباب‌های گاز در آنها محبوس می‌شود. سپس به علت خروج حباب‌های گاز، حفره‌هایی در سنگ ایجاد می‌شود. ساخت و بافت این نوع سنگ را حفره‌ای می‌گویند. این حفره‌ها ممکن است با کانی‌هایی مانند کلسیت، زئولیت، کوارتز، کلریت و غیره پر شود که در این صورت آن را **بادامکی**[۱] می‌نامند.

۴-۷- تقسیم‌بندی سنگ‌های آذرین

در تشکیل سنگ‌های آذرین عوامل گوناگون نقش دارند. بر اثر این عوامل سنگ‌ها ممکن است دارای بافت‌ها و کانی‌های متفاوت گردند. برای طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین روش‌های گوناگونی ارائه شده است که مهمترین آنها عبارتند از:

۴-۷-۱- رده‌بندی بر مبنای بافت

در این نوع رده بندی که در واقع بستگی به عمق سرد شدن ماگما دارد، سنگ‌ها به سه دسته سنگ‌های آذرین خروجی یا بیرونی، سنگ‌های آذرین نیمه عمیق و سنگ‌های آذرین درونی یا نفوذی تقسیم می‌شوند.

۴-۷-۲- رده بندی براساس کانی شناسی کیفی

در این روش به وجود و یا نبود برخی از کانی‌ها توجه می‌شود. کانی‌هایی که در این رده بندی مورد توجه قرار می‌گیرند، بسیار محدود هستند و در اصل همان کانی‌های موجود در جدول توالی واکنشی بوون می‌باشند. به‌طورکلی کانی‌ها به دو دسته تیره و روشن تقسیم می‌شوند. کانی‌های تیره همان کانی‌های فرومنیزین، یعنی الیوین، پیروکسن، آمفیبول و بیوتیت می‌باشند. کانی‌های روشن شامل کوارتز، فلدسپات‌ها و شبه فلدسپات‌ها است. طبقه بندی سنگ‌ها بر اساس کانی‌های اصلی عملی‌ترین راه طبقه بندی سنگ‌های آذرین است. امروزه بنا به پیشنهاد اتحادیه بین المللی علوم زمین شناسی (IUGS) تقسیم بندی سنگ‌ها بر اساس محاسبه درصد حجمی کانی‌های موجود در سنگ و در زیر میکروسکوپ پلاریزان و به وسیله دستگاه نقطه شمار صورت می‌گیرد.

۴-۷-۳- رده بندی براساس ترکیب شیمیایی

این رده بندی براساس تجزیه شیمیایی سنگ‌ها صورت می‌گیرد. در این رده بندی با روش‌های ویژه و براساس نتایج تجزیه شیمیایی، مقدار درصد و نوع کانی تعیین می‌شود.

۴-۸- نامگذاری ماکروسکپی سنگ‌های آذرین (شناخت نمونه‌های دستی)

الف) سنگ‌های آذرین درونی: در این سنگ‌ها تمام کانی‌ها متبلور هستند و فاقد متن شیشه‌ای می‌باشند. بلور کانی‌ها در سنگ‌های آذرین درونی آن قدر درشت شده است که با چشم غیر مسلح نوع آنها را می‌توان تشخیص داد.

ب) سنگ‌های آذرین بیرونی: این سنگ‌ها یا به‌طورکامل شیشه‌ای و فاقد بلور هستند و یا بلورهای درشتی که با چشم غیر مسلح قابل تشخیص است، در متن شیشه‌ای و فاقد بلور قرار دارند. در حالت اول ماگما در سطح زمین سرد شده است. در حالت دوم تبلور و انجماد ماگمای تشکیل‌دهنده این سنگ‌ها در دو مرحله صورت گرفته است. بخشی در درون زمین متبلور شده و بخش اعظم آن در سطح زمین سرد شده است. همچنین ممکن است سنگ‌های آذرین بیرونی حفره‌دار باشند.

۴-۸-۱- نامگذاری سنگ‌های آذرین درونی

شناسایی انواع سنگ‌های آذرین درونی در نمونه ماکروسکوپی براساس ترکیب کانی‌شناسی و نسبت کانی‌های روشن و تیره صورت می‌گیرد. کانی‌های روشن شامل کوارتز، فلدسپات‌ها و فلدسپاتوئیدها است. کانی‌های تیره یا رنگی یا فرومنیزین شامل بیوتیت، آمفیبول، پیروکسن و الیوین می‌باشد. با توجه به کانی‌های تیره و روشن، سنگ‌های آذرین را در سه گروه می‌توان قرار داد.

گروه اول: سنگ‌های آذرینی که از کانی‌های روشن ساخته شده‌اند و در صورت وجود کانی‌های تیره، مقدار آنها کم می‌باشد. بنابراین، کانی‌های تشکیل دهنده این سنگ‌ها کوارتز و فلدسپات است. گرانیت‌ها در این گروه قرار دارند.

گروه دوم: سنگ‌هایی که از کانی‌های روشن و تیره ساخته شده‌اند. در این سنگ‌ها نوع کانی‌های روشن فقط فلدسپات است و کوارتز به‌طور معمول وجود ندارد و در صورت وجود مقدار آن کم می‌باشد. در این گروه مقدار درصد کانی‌های تیره و روشن با چشم غیر مسلح تا حدودی قابل تشخیص است. با توجه به درصد کانی‌های روشن و تیره، سنگ‌های آذرین در سه خانوادهٔ سینیت‌ها، دیوریت‌ها و گابروها قرار می‌گیرند. اگر مقدار کانی‌های روشن بیش از کانی‌های تیره باشد، سنگ را **سینیت** گویند. اگر مقدار کانی‌های روشن به‌طور تقریب معادل کانی‌های تیره باشد، نام سنگ **دیوریت** است. درصورتی‌که مقدار کانی‌های روشن کمتر از کانی‌های تیره باشد، **گابرو** نامیده می‌شود. سینیت‌ها نسبت به دیوریت‌ها و گابروها بسیار کم هستند، از این‌رو در شکل ۴-۳ آورده نشده است.

گروه سوم: سنگ‌های آذرینی هستند که فاقد کانی‌های روشن می‌باشند و فقط از کانی‌های تیره تشکیل شده‌اند. سنگ‌های فاقد کانی‌های روشن با توجه به نوع کانی تیره نامگذاری می‌شوند. مانند پریدوتیت‌ها که عمدتاً از الیوین ساخته شده‌اند، پیروکسنیت‌ها از پیروکسن و آمفیبولیت‌ها از آمفیبول تشکیل شده‌اند.

۴-۸-۲- نامگذاری سنگ‌های آذرین بیرونی

از آنجایی‌که تشخیص کانی‌ها در سنگ‌های آذرین بیرونی و در نمونه دستی میّسر نیست، نامگذاری آنها براساس رنگ صورت می‌گیرد. در این نامگذاری، سنگ‌ها را می‌توان به چهار گروه کلی تقسیم کرد:

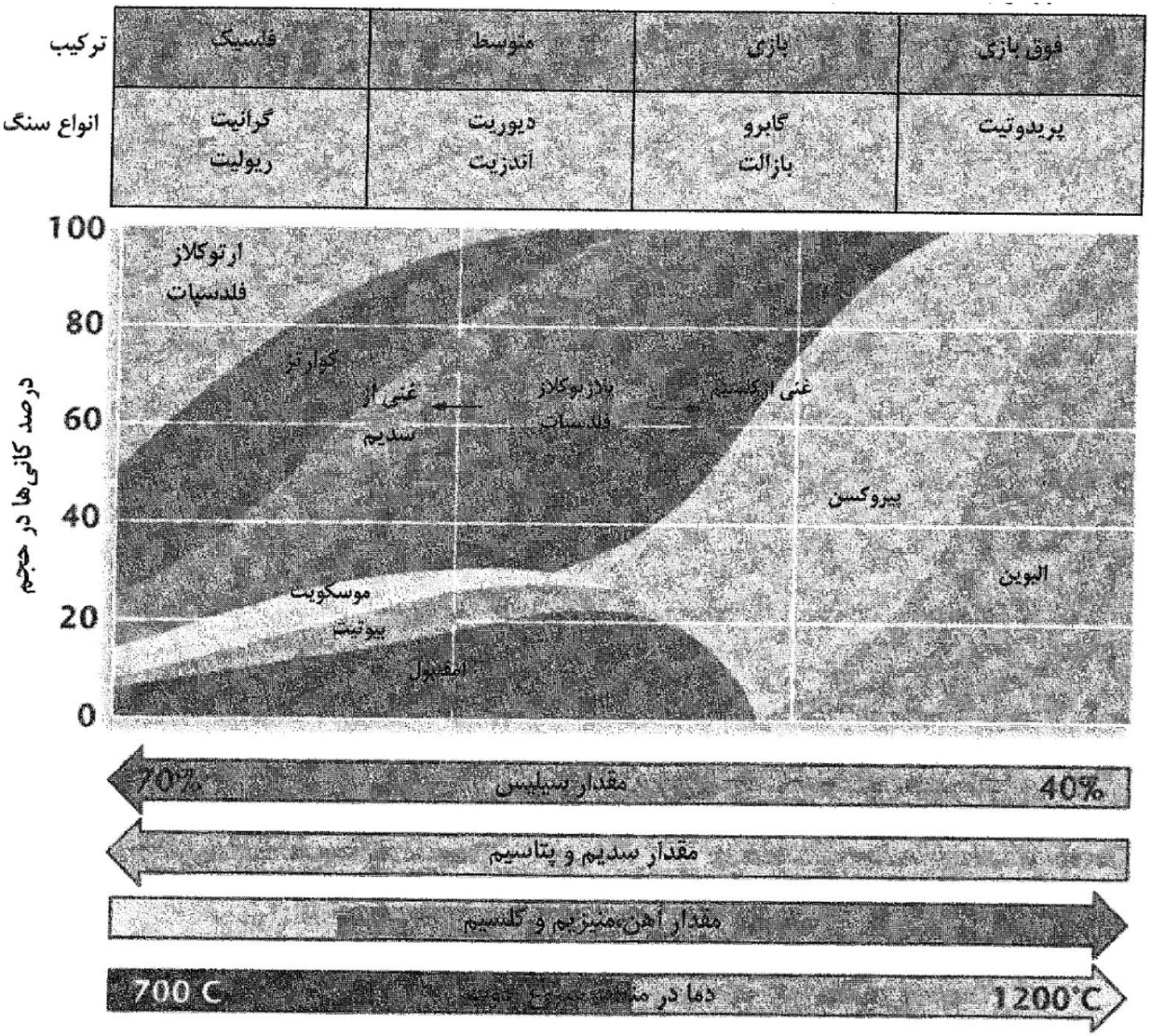
گروه اول: سنگ‌های آذرینی که سفید رنگ هستند. به‌طور مسلم این سنگ‌ها فقط از کانی‌های روشن، یعنی کوارتز و فلدسپات بسیار دانه‌ریز تشکیل شده‌اند و سنگ اسیدی است. ریولیت‌ها در این گروه قرار دارند. ریولیت‌ها معادل خروجی گرانیت‌ها هستند.

گروه دوم: سنگ‌هایی که به رنگ خاکستری روشن، کِرِم و دیگر رنگ‌های روشن دیده می‌شوند. در ترکیب شیمیایی این سنگ‌ها کانی‌های روشن بیش از کانی‌های تیره است. تراکیت‌ها در این گروه قرار دارند. این سنگ‌ها معادل خروجی سینیت‌ها می‌باشند و مانند آنها کمیاب می‌باشند.

گروه سوم: سنگ‌هایی که رنگ خاکستری تیره، سبز، قهوه‌ای و قرمز دارند. در ترکیب شیمیایی و کانی شناسی این سنگ‌ها، کانی‌های روشن و تیره به‌طور تقریب برابر هستند. آندزیت‌ها در این گروه قرار دارند. آندزیت‌ها معادل خروجی دیوریت‌ها هستند.

گروه چهارم: سنگ‌هایی که رنگ‌های تیره، مانند سبز تیره، دارند و یا سیاه هستند. در ترکیب شیمیایی این نوع سنگ‌ها مقدار کانی‌های روشن بسیار کم است. بازالت‌ها در این گروه قرار دارند. بازالت‌ها معادل خروجی گابروها می‌باشند.

همان‌طورکه نمودار (۴-۳) نیز نشان می‌دهد، پریدوتیت‌ها همردیف خروجی ندارند، زیرا ماگمایی با ترکیب پریدوتیت به دلیل داشتن چگالی بالا نمی‌تواند به سطح زمین برسد.



شکل۴-۳: سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی در مقایسه با کانی‌های اصلی

(Wicander and Monroe, 2008)

۴-۹- توصیف خانواده‌های سنگ‌های آذرین

۴-۹-۱- سنگ‌های کوارتز و فلدسپات‌دار

الف) گرانیت‌ها: در این سنگ‌ها کانی‌های روشن شامل کوارتز و فلدسپات وکانی‌های فرومنیزین آن شامل بیوتیت و آمفیبول می‌باشد. این کانی‌ها به صورت بلورهای دانه درشت دیده می‌شوند. کوارتز ۱۰ تا ۳۰ درصد از حجم سنگ را شامل می‌شود. فلدسپات‌ها ممکن است از نوع فلدسپات‌های پتاسیم‌دار، به‌طور معمول ارتوز و پلاژیوکلاز غنی از سدیم باشد. مقدار و نوع فلدسپات‌ها در انواع گرانیت‌ها متفاوت است. گرانیت‌ها اغلب به‌صورت باتولیت، لاکولیت و استوک ظاهر می‌شوند. از جمله توده‌های گرانیتی می‌توان از گرانیت الوند در همدان، شیرکوه در جنوب غرب یزد، گرانیت مشهد و گرانیت قصر فیروزه در شرق تهران نام برد.

ب) پگماتیت‌ها: کانی‌های تشکیل‌دهنده آنها کوارتز و فلدسپات آلکالن است و کانی‌های فرومنیزین در آنها بسیار کمیاب می‌باشد. تفاوت آن با گرانیت‌ها وجود کانی‌هایی مانند موسکویت و تورمالین می‌باشد. در آنها بلورها درشت و به مراتب بزرگتر از بلورهای سنگ گرانیت است.

ج) آپلیت‌ها: این سنگ‌ها نیز مانند پگماتیت‌ها از کوارتز و فلدسپات آلکالن تشکیل شده‌اند و مقدار کانی‌های فرومنیزین در آنها ناچیز است. اندازه بلورهای آن برخلاف پگماتیت‌ها بسیار ریز و یکنواخت می‌باشد. پگماتیت‌ها و آپلیت‌ها اغلب به صورت دایک در توده‌های نفوذی گرانیتی دیده می‌شوند. به‌عنوان‌مثال؛ در توده گرانیتی الوند همدان رگه‌های آپلیتی و پگماتیتی به مقدار زیاد وجود دارد.

د) ریولیت‌ها: این سنگ‌ها در سری سنگ‌های آذرین خروجی قرار دارند و خمیره آنها ممکن است به‌طور کامل شیشه‌ای باشد. ترکیب کانی‌شناسی آنها به‌طور تقریب مشابه گرانیت‌ها است. این سنگ‌ها رنگ سفید دارند. ریولیت‌ها به‌صورت گدازه، سیل یا دایک در سطح زمین ظاهر می‌شوند. در ایران ریولیت در بسیاری از منطقه‌ها یافت می‌شود. ابسیدین یک نوع ریولیت غیر متبلور می‌باشد که به صورت شیشه طبیعی سیاه رنگ دیده می‌شود.

۴-۹-۲- سنگ‌های فلدسپات‌دار فاقد کوارتز

الف) سینیت‌ها: این سنگ‌ها نیز تمام بلورین هستند. کانی‌های تشکیل‌دهنده آنها فلدسپات‌های آلکالن و پلاژیوکلاز و کانی‌های تیره آنها بیوتیت، آمفیبول و به ندرت پیروکسن می‌باشد. کانی‌های دیگری نیز به صورت فرعی در آنها دیده می‌شوند. در این سنگ‌ها فلدسپات آلکالن بیش از پلاژیوکلازها و حدود دو برابر آنها است. فلدسپات‌های آلکالن اغلب از نوع ارتوز می‌باشد. بیوتیت یکی از فراوان‌ترین کانی‌های فرومنیزین آنها است. آمفیبول آنها اغلب از نوع هورنبلند می‌باشد.

سینیت‌ها نسبت به گرانیت‌ها بسیار کمتر و به نسبت کمیاب می‌باشند. این سنگ‌ها اغلب به صورت استوک، سیل و دایک و نیز در مجاورت توده‌های گرانیتی دیده می‌شوند. به عنوان مثال: می‌توان سینیت‌های لواسان و نیز سینیت‌های کوه آلموقولاغ در شمال غرب همدان و سینیت‌های آذربایجان را نام برد.

ب) تراکیت‌ها: این سنگ‌ها همردیف خروجی سینیت‌ها هستند. کانی‌های آنها به‌طور معمول با میکروسکوپ قابل تشخیص است. کانی‌های سازنده آنها مانند سینیت‌ها شامل فلدسپات آلکالن، پلاژیوکلاز، کانی‌های فرومنیزین و کانی‌های فرعی می‌باشد. کوارتز به مقدار بسیار کم در بعضی از انواع آن یافت می‌شود. این سنگ‌ها به رنگ خاکستری روشن ،کِرِم و دیگر رنگ‌های روشن دیده می‌شوند. تراکیت به صورت دایک و سیل و توده‌های خروجی دیده می‌شود.

ج) دیوریت‌ها: دیوریت‌ها سنگ‌های آذرین نفوذی و متبلور هستند. کانی‌های روشن آنها شامل پلاژیوکلاز و کانی تیره آن به‌طور عمده آمفیبول نوع هورنبلند است. بیوتیت نیز در آنها وجود دارد. امّا پیروکسن و الیوین به ندرت در آنها دیده می‌شود. کانی‌های فرعی نیز در آنها وجود دارند.

د) آندزیت‌ها: سنگ‌های آتشفشانی هستند که از نظر ترکیب مشابه دیوریت‌ها می‌باشند. بنابراین، فاقد فلدسپات آلکالن و کوارتز هستند. پلاژیوکلازها تنها کانی روشن این سنگ‌ها می‌باشند. کانی‌های فرومنیزین آنها نیز شامل هورنبلند و بیوتیت است. آندزیت‌ها نیز به صورت گدازه‌های آتشفشانی وگاهی به‌صورت سیل و دایک دیده می‌شوند. اغلب سنگ‌های آتشفشانی دوران سوم ایران، آندزیتی می‌باشند.

هـ) گابروها: گابروها سنگ‌های نفوذی تمام متبلور هستند. کانی روشن آنها، پلاژیوکلاز است. کانی‌های تیره آنها به طور معمول پیروکسن، الیوین و به مقدار کمتر آمفیبول و بیوتیت می‌باشد. با توجه به درصد کانی‌های روشن و تیره، رنگ آن تا حدی تیره می‌باشد. این سنگ‌ها ممکن است در حاشیه باتولیت‌ها و گاهی به صورت توده‌های نفوذی مستقل دیده شوند. به‌عنوان‌مثال؛ می‌توان گابرو مبارک‌آباد در شمال آبعلی، گابرو کامیاران در کرمانشاه و گابرو مجاور توده گرانیتی الوند را نام برد.

و) بازالت‌ها: بازالت‌ها ممکن است متبلور، ریز بلور، نیمه متبلور و یا شیشه‌ای باشند. رنگ آنها به‌طور معمول سیاه است و کانی‌های روشن آنها نیز مانند گابروها، پلاژیوکلاز و کانی‌های تیره آنها پیروکسن و الیوین می‌باشد.

بازالت‌ها فراوان‌ترین سنگ‌هایی آذرین خروجی هستند که به صورت جریان‌های گدازه‌ای می‌باشند. گدازه‌های آتشفشانی جوان مانند دماوند، بزمان، سهند و سبلان اغلب بازالتی هستند. گدازه‌های کوه آرارات واقع در ترکیه به صورت جلگه‌های بازالتی در شمال آذربایجان دیده می‌شوند. بازالت‌های قدیمی را **ملافیر**[1] گویند.

دلریت‌ها[۲] یا **دیابازها**[۳] در واقع بازالت‌هایی هستند که اغلب به‌صورت سیل و دایک دیده می‌شوند. شکل ۴-۴ تعدادی از سنگ‌های آذرین را نشان می‌دهد.

گرانیت

ریولیت

گابرو

بازالت

شکل۴-۴: چند نمونه از سنگ‌های آذرین (Wicander and Monroe, 2008)

دانشگاه سمنان

۴-۹-۳- سنگ‌های فلدسپاتوئیددار

فلدسپاتوئیدها در سنگ‌هایی‌که کمبود سیلیس دارند، مشاهده می‌گردند. مهمترین فلدسپاتوئیدها لوسیت و نفلین است. تقسیم بندی سنگ‌های فلدسپاتوئیددار مشابه تقسیم بندی سنگ‌های فلدسپات‌دار می‌باشد. زیرا تمام سنگ‌های فلدسپات‌دار ممکن است دارای فلدسپاتوئید باشند. بنابراین تقسیم بندی این گروه از سنگ‌ها نیز همان تقسیم‌بندی سنگ‌های فلدسپات‌دار است و فقط به آخر نام سنگ، کلمه فلدسپاتوئید و یا نام نوع فلدسپاتوئید را اضافه می‌کنند. مانند سینیت فلدسپاتوئیددار، سینیت‌های نفلین‌دار، تراکیت‌های لوسیت‌دار و غیره. لازم به ذکر است که برخی از این نوع سنگ‌ها نام ویژه‌ای دارند. به عنوان مثال: به آندزیت‌های فلدسپاتوئیددار، **تفریت**[۱] نیز گفته می‌شود. بعضی از سنگ‌ها ممکن است فقط حاوی کانی فلدسپاتوئید باشند. به عنوان مثال: **نفلینیت**[۲] سنگی است که کانی روشن آن فقط نفلین می‌باشد. **لوسیتیت**[۳] سنگی است که فقط از لوسیت تشکیل شده است.

۴-۹-۴- سنگ‌های فاقد کانی‌های روشن

سنگ‌های فاقد کانی‌های روشن را سنگ‌های اولترابازیک یا فوق قلیایی گویند. مهمترین آنها پریدوتیت‌ها و در مرحله بعد پیروکسنیت‌ها و آمفیبولیت‌ها می‌باشند. این سنگ‌ها از نوع آذرین نفوذی و تمام بلورین هستند. کانی‌های تیره آنها الیوین، پیروکسن و به مقدار کمتر آمفیبول می‌باشد. در این سنگ‌ها پلاژیوکلاز به مقدار کمتر از ۵٪ وجود دارد. کانی‌های فرعی این سنگ‌ها به نسبت زیاد است و مهمترین آنها کرومیت، ایلمنیت و مگنتیت می‌باشد.

این سنگ‌ها هم ردیف خروجی ندارند. زیرا ماگمای مادر این سنگ‌ها بسیار سنگین است. لذا ماگمای سازنده آنها نمی‌تواند به سطح زمین برسد. سنگ‌های اولترابازیک در اعماق زمین، در فشار و دمای زیاد متبلور می‌شوند. این سنگ‌ها به آسانی تحت تأثیر هوازدگی قرار می‌گیرند و از تجزیه کانی‌های سازنده آنها کانی‌های ثانوی مانند سرپانتین، تالک و منیزیت به وجود می‌آید. انواع رشته‌ای سرپانتین به عنوان پنبه نسوز مصرف دارد.

سنگ‌های اولترابازیک از نظر اقتصادی بسیار با ارزش هستند. اکسیدها و سولفیدهای برخی از فلزها در این سنگ‌ها دیده می‌شوند. یکی از مهمترین اکسیدها در ایران کرومیت است که در سنگ‌های اولترابازیک دیده می‌شود. سنگ‌های اولترابازیک در ایران فراوان هستند. این سنگ‌ها در منطقه سبزوار (شرق ایران)، منطقه اسفندقه (جنوب ایران). شمال نائین (ایران مرکزی) و جنوب ماکو (آذربایجان) دیده می‌شوند.

۴-۱۰- سنگ‌های آذرآواری

در آتشفشان‌ها خروج مواد مذاب اغلب به صورت گدازه است. گدازه‌ها، مواد مذاب رقیق هستند که مانند نهرها و رودخانه‌ها از دهانه آتشفشان سرازیر می‌شوند و در مسیر خود سبب تخریب ساختمان‌ها و منطقه‌های مسکونی و فراگرفتن زمین‌های زراعی می‌شوند. گدازه‌ها اغلب به کندی حرکت می‌کنند و به سرعت سرد می‌شوند. در اغلب آنها پس از سرد شدن ترک‌های ستونی، ایجاد می‌شود که به آنها **درزه‌های منشوری** گویند (شکل ۴-۵). قاعده این منشورها اغلب شش ضلعی می‌باشد. در مواردی که ماگما غلظت زیاد دارد، ماگما در مجرای خروجی آتشفشان جامد می‌شود. براثر افزایش فشار گاز در بخش زیرین مجرای آتشفشان، ممکن است انفجاری کم و بیش شدید رخ دهد و این مواد بر اثر فعالیت آتشفشان به خارج پرتاب شوند.

بازالت با درزه‌های منشوری

گازهای آتشفشانی شامل ۵۰ تا ۸۰ درصد بخار آب است و بقیه آن دی‌اکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد، سولفید هیدروژن و به مقدار ناچیز منواکسید کربن، هیدروژن، کلرورها و غیره می‌باشد. مواد آذرین خارج شده به‌صورت قطعات بزرگ تا ذرات بسیار ریز می‌باشند که پس از پرتاب در محیط خشکی و یا در دریا فرو می‌ریزند. سنگ‌های حاصل از این‌گونه مواد را سنگ‌های آذرآواری یا **پیروکلاستیک**[1] می‌نامند. سنگ‌های آذرآواری را براساس اندازه مواد، جنس و ترکیب شیمیائی ماگمای مولد آنها طبقه‌بندی می‌کنند.

۴-۱۰-۱- مواد منفصل سازنده سنگ‌های آذرآواری

مواد سازنده این سنگ‌ها با توجه به اندازه آنها به نام قطعه سنگ، بمب، پومیس، اسکوری، لاپیلی، خاکستر و گرد و غبار نامیده می‌شوند.

قطعه سنگ[۲]: قطعات درشت و گوشه‌دار سنگ‌های آذرین است که در اثر انفجار به هوا پرتاب می‌شوند و در محل انفجار فرو می‌ریزند. وزن این قطعات ممکن است از چند کیلوگرم تا ده‌ها تن برسد. این قطعه‌ها ممکن است گدازه‌های قدیمی اطراف دهانه آتشفشان باشند و یا سنگ‌هایی باشند که دودکش آتشفشان را به وجود آورده‌اند.

بمب[۳]: قطعاتی از گدازه است که در لحظه پرتاب مایع و خمیری می‌باشد و اندازه آنها بیش از ۶۴ میلیمتر است. این مواد ضمن چرخش در هوا به‌طور کامل یا بخشی از آن جامد می‌شود. شکل آنها تابع غلظت گدازه است. بمب‌ها پس از برخورد به زمین به شکل‌های گوناگون مانند دوکی، گرد، قشر نانی و غیره در می‌آیند.

پومیس[۴]: قطعه‌های جامد شیشه‌ای سبک وزن، اسفنجی و حفره‌دار است که به وسیله فوران‌های شدید به خارج پرتاب می‌شوند. قطر پومیس ممکن است تا ۱۰ سانتیمتر نیز برسد.

اسکوری[۵]: قطعاتی از گدازه و در اندازه پومیس است که به‌صورت مایع به هوا پرتاب و منجمد می‌شود. اسکوری نسبت به پومیس حفره‌های کمتری دارد و در نتیجه سنگین‌تر است.

لاپیلی[۱]: نوعی مواد آتشفشانی است که به صورت انفجاری از دهانه آتشفشان پرتاب می‌شود و اندازه ذرات آنها در حد ۲ تا ۶۴ میلیمتر است. رنگ آنها متنوع می‌باشد.

خاکستر[۲]: به مواد آتشفشانی دانه‌ریز کوچکتر از ۲ میلیمتر گفته می‌شود. مواد بسیار دانه ریز آن را غبار گویند. پخش و انتشار خاکستر و مواد آتشفشانی به شدت انفجار و وزش باد بستگی دارد. این مواد به دلیل سبک بودن توسط جریان هوا ممکن است تا فاصله‌های بسیار دور از دهانه آتشفشان حمل شوند و حتی ممکن است چند هزارکیلومتر از دهانه آتشفشان دور شوند. گاهی خاکسترهای آتشفشانی به صورت ابرهای سوزان با سرعتی بیش از صد کیلومتر در ساعت حرکت می‌کنند.

۴-۱۰-۲- انواع سنگ‌های آذرآواری

مهمترین سنگ‌های آذرآواری عبارتند از:

برش آتشفشانی[۳]: این سنگ‌ها از تجمع مواد و قطعه‌های آتشفشانی گوشه‌دار به وجود می‌آیند. برش‌های آتشفشانی در محدوده مخروط آتشفشان‌ها دیده می‌شوند.

آگلومرا[۴]: از انباشته شدن بمب‌ها و قطعه‌های گرد شده، سنگ‌های آتشفشانی و سیمانی شدن آنها به وسیله مواد آتشفشانی به وجود می‌آیند. مواد آتشفشانی که به عنوان سیمان بین مواد منفصل را پر می‌کند، گدازه‌هایی هستند که از دهانه آتشفشان خارج شده‌اند. قطر قطعه‌های سازنده آلگومرا بیش از ۶۴ میلیمتر می‌باشد و مدور است. اگر اندازه دانه‌ها بین ۴ و ۶۴ میلیمتر باشد به آن لاپیلی- توف گویند.

تـوف[5]: توف سنگ‌های حاصـل از خاکسـترهای آتشفشـانی اسـت. تـوف‌هـا ممکـن اسـت منظـره ماسه‌سنگی یا لای‌سنگ را داشته باشند. رنگ توف‌ها بسیار متنوع می‌باشد. خاکسـترهای آتشفشـانی چنانچه در محیط دریایی رسوب کنند، با رسوب‌های دریایی مخلوط می‌شوند. در این صـورت سـنگ حاصل را **توفیت**[6] گویند. کوه‌های شمال تهران که به رنگ سبز دیده می‌شوند، توفیت می‌باشند.

ایگنمبریت[1]: نوعی توف سیلیسی است که ذرات آن به‌صورت متراکم به هم چسبیده است. تصّور بـر این است که خاکسترهای آتشفشانی که در هنگام فوران ماگماهای اسیدی به صورت ابرهای آتشـین و سوزان از دهانه آتشفشان خارج می‌شوند، مولد این سنگ‌ها باشند. ایـن خاکسـترهای داغ بـه طـور عمده از ذرّات شیشه‌ای با ترکیب ریولیتی هستند که به هم جوش می‌خورند و به صورت متـراکم بـه هم می‌چسبند.

دانشگاه سمنان

سنگ های رسوبی

سنگ‌های آذرین و دگرگونی حدود ۹۵٪ پوسته زمین را تشکیل می‌دهند، امّا از نظر سطحی، ۷۵٪ سطح زمین را رسوبات و سنگ‌های رسوبی می‌پوشاند. در اثر هوازدگی فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها تخریب می‌شوند و در اثر این تخریب‌ها، مواد اولیه خاک‌ها و سنگ‌های رسوبی فراهم می‌گردند. مواد به دست آمده بر اثر هوازدگی تحت عنوان رسوب‌های تخریبی نامیده می‌شوند.

ساخت های رسوبی

ساخت‌های رسوبی شامل اشکالی است که در توده‌های سنگی وجود دارد. این ساخت‌ها معمولاً همزمان با رسوبگذاری و یا کمی بعد از آن و قبل از سنگ‌شدگی رسوب‌ها تشکیل می‌گردند.

لایه‌بندی Bedding

مواد به دست آمده از تخریب سنگ‌ها و یا واکنش‌های شیمیایی در محیط‌های رسوبی، اغلب در محیط آبی رسوب می‌کنند. تغییر در شرایط محیط رسوب‌گذاری نظیر وقفه در ته‌نشست مواد، رنگ، اندازه ذرّات و جنس موجب می‌شود تا لایه‌ای رسوبی در این سنگ‌ها پدید آید. این ساخت رسوبی با عنوان لایه‌بندی یا **چینه‌بندی**[۲] شناخته می‌شود.

دانشگاه سمنان

برای تشخیص یک لایه و تفکیک آن از سایر لایه ها

- تفاوت در اندازه دانه ها
- تفاوت در ترکیب و جنس
- تفاوت در رنگ
- تفاوت در سختی

لایه ها دارای ضخامت های گوناگونی هستند. ضخامت، فاصله عموی بین دو سطح بالایی و پایینی لایه است.

دانشگاه سمنان

تقسیم بندی لایه های سنگ های رسوبی برحسب ضخامت

بسیار نازک لایه: ضخامت لایه بین ۱ تا ۳ سانتیمتر می‌باشد.

نازک لایه: ضخامت لایه بین ۳ تا ۱۰ سانتیمتر است.

متوسط لایه: ضخامت آن ۱۰ تا ۳۰ سانتیمتر است.

ضخیم لایه: ضخامت آن ۳۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر است.

بسیار ضخیم لایه: ضخامت آن ۱ تا ۳ متر می‌باشد.

توده‌ای: در این حالت ضخامت لایه بیش از ۳ متر می‌باشد.

دیگر ساخت های اولیه رسوبی

- چینه بندی مورب یا لایه بندی چلیپایی
- ریپل مارک
- دانه بندی تدریجی
- ترک های گلی

چینه‌بندی مورب[1] یا لایه‌بندی چلیپائی: یک نوع چینه‌بندی داخلی در یک لایه رسوبی است و طرز قرارگیری لایه‌ها به گونه‌ای است که معمولاً در قسمت زیرین با کف لایه مماس می‌باشد. امّا در قسمت بالا با شیب تند توسط لایه فوقانی قطع می‌گردد. این نوع ساخت اغلب در رسوب‌های رودخانه‌ای و دلتایی و نیز در رسوب‌های بادی (تلماسه‌ها) دیده می‌شود ، ضخامت طبقه‌بندی مورب ممکن است از چند میلیمتر تا ده‌ها متر تغییر کند.

ریپل‌مارک[۲]: در سطح رسوب‌های منفصل که ذره‌های آن در حد ماسه و سیلت است، در خشکی یا در مناطق کم عمق دریا در اثر جریان آب و یا باد، تحت تأثیر عمل یکنواخت رفت و برگشت، شکل‌های موج‌مانند ایجاد می‌شود. این شکل‌های موج‌مانند که نوک تیز آنها به سمت بالا است، ریپل مارک نامیده می‌شوند. ریپل مارک ممکن است متقارن یا نامتقارن باشد. انواع متقارن آن در محیط ساحلی بر اثر تغییر جهت باد و محیط‌های دریایی بر اثر رفت و برگشت موج‌ها ایجاد می‌شود. امّا انواع نامتقارن آنها در محیط رودخانه‌ای یا بادی که همواره جریان آب یا باد در یک جهت است، ایجاد می‌شود |

دانه‌بندی تدریجی[1]: این ساخت رسوبی در سنگ‌های رسوبی تخریبی دیده می‌شود. در این نوع ساخت ممکن است ذرّه‌های درشتتر در قسمت پائین قرار گیرد و به سمت بالا اندازه ذرّه‌ها به‌تدریج کوچکتر شود، که در این صورت به سمت بالا ریز شونده (معمولی) گفته می‌شود . بر عکس، اگر اندازه ذرّه‌ها به سمت بخش بالا درشتتر گردد، در این حالت به سمت بالا درشت شونده (معکوس) گویند. ضخامت این طبقات ممکن است از یک سانتیمتر تا چندین متر تغییر کند.

ترک‌های گلی[1]: نهشته‌های بسیار دانه‌ریز مانند رس‌ها در اثر از دست دادن آب و خشک شدن، در سطح فوقانی منقبض می‌شوند و ترک بر می‌دارند. ترک‌های گلی ممکن است به وسیله رسوب‌های بخش‌های فوقانی پر شوند

بافت سنگ های رسوبی:

- اندازه دانه

دانه‌های رسوبی ممکن است در اندازه‌های مختلف از قطر چند میکرون تا چندین سانتیمتر باشند.

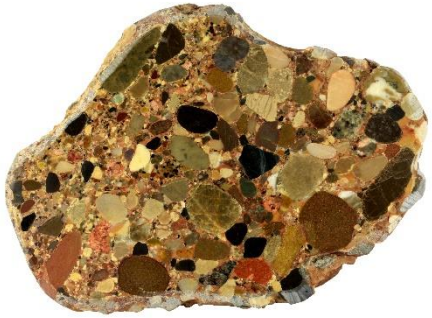
- شکل دانه

شکل دانه عبارت از توصیف فرم هندسی دانه در رسوب و یا سنگ می‌باشد. دانه‌ها ممکن است کروی، صفحه‌ای، تیغه‌ای یا میله‌ای باشند.

- آرایش و جهت یافتگی دانه ها

جهت یافتگی دانه‌ها در هنگام رسوب‌گذاری تابع عوامل رسوبگذاری مانند آب، باد، یخچال و نوع رسوب می‌باشد. آرایش دانه‌ها به طرز قرارگیری و فضای بین دانه‌های تشکیل دهنده سنگ گفته می‌شود و بستگی به فشردگی، سیمانی شدن و خرده سنگ‌های تشکیل دهنده سنگ دارد.

سنگ های رسوبی تخریبی



- کنگلومرا و برش
- ماسه سنگ
- لای سنگ
- رس سنگ

سایر سنگهای رسوبی تخریبی

مارن[۲]: یک نوع سنگ رسی است که ۲۵ تا ۵۰ درصد کلسیت (کربنات کلسیم) دارد.

شیل[۳]: سنگ‌های متورق و بسیار نازک لایه هستند که از به هم پیوستن و سنگ شدن ذرّه‌های رس و لای ساخته می‌شوند. شیل‌ها اغلب به‌صورت لایه‌ای با ماسه‌سنگ‌ها و لای‌سنگ‌ها دیده می‌شوند. رنگ آنها در صورت وجود اکسیدهای آهن، قرمز رنگ است. اگر حاوی مواد آلی باشند، به رنگ‌های خاکستری تا سیاه دیده می‌شوند.

گل‌سنگ[۴]: سنگ‌هایی هستند که میانگین اندازه ذرّه‌های آن در حد سیلت و رس می‌باشد.

سنگ های رسوبی غیرتخریبی (غیرآواری)

- سنگ های آهکی

- دولومیت ها

- سنگ های تبخیری

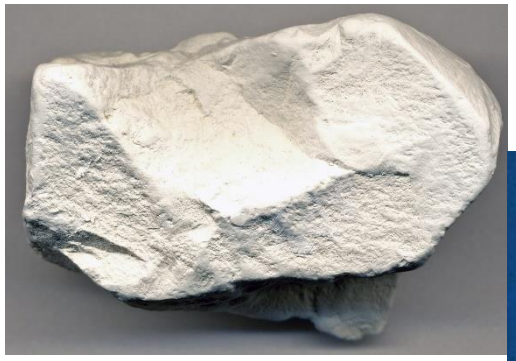
- چرت

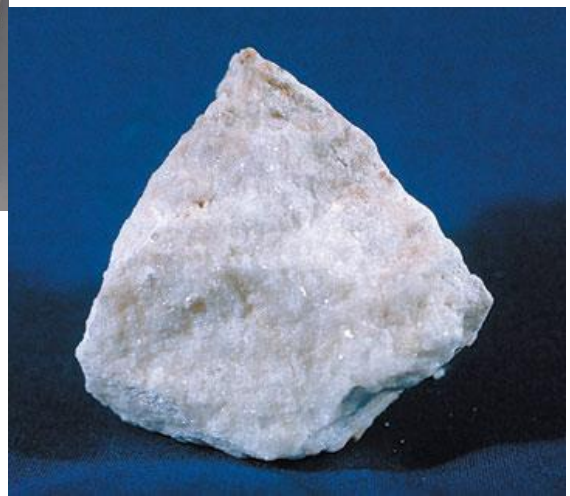
- سنگ های سوختنی

سنگ‌های آهکی

سنگ‌های آهکی فراوانترین سنگ‌های رسوبی شیمیایی هستند. در ترکیب این سنگ‌ها، بیش از ۵۰ درصد کربنات کلسیم، به‌صورت کلسیت و گاهی آراگونیت، وجود دارد. سایر کانی‌های سنگ که تحت عنوان ناخالصی نامیده می‌شوند، ممکن است شامل کوارتز، کانی‌های رسی، ترکیب‌های آهن و غیره باشند. ویژگی تشخیص این سنگ‌ها داشتن سختی ۳ است. همچنین با اسید کلریدریک رقیق می‌جوشند و گاز CO_2 متصاعد می‌کنند.

انواع سنگ های آهک





- کوکوئینا
- سنگ های آهکی ریفی
- چاک
- تراورتن

دولومیت‌ها

دولومیت‌ها سنگ‌هایی هستند که از کربنات مضاعف کلسیم و منیزیم (دولومیت) تشکیل شده‌اند. دولومیت‌ها ممکن است به‌صورت اولیه باشند، در این صورت دولومیت به‌طور مستقیم در محیط رسوبی تشکیل می‌شود و سنگ دولومیت را به وجود می‌آورد.

سنگ‌های تبخیری

سنگ‌های تبخیری به‌طور معمول به‌صورت لایه‌های منظم با طبقه‌بندی خوب در محیط‌های تبخیری مانند دریاچه‌های شور و مرداب‌ها تشکیل می‌شوند. امّا ممکن است توده‌های تبخیری به‌صورت عدسی شکل و توده‌های نامنظم در بین سنگ‌های تخریبی و یا سنگ‌های آهکی نیز تشکیل گردند. نهشته‌های تبخیری که به‌صورت ته‌نشست‌های شیمیایی است، شامل کلرورها، کربنات‌ها، سولفات‌ها، برات‌ها، نیترات‌ها و غیره می‌باشند. مهمترین سنگ‌های تبخیری، سنگ گچ و سنگ نمک است.

سنگ نمک

ژیپس

چرت[۲]

سنگ سیلیسی است که بر اثر واکنش شیمیایی و یا فعالیت موجودهـای زنـده تشـکیل و رسـوب می‌کند. چرت به طور معمول در سنگ‌های کربنات دار به‌صورت لایه‌ای و یا عدسی‌ها و یا ندول‌های کوچک یافت می‌شود. ندول قطعه‌های گردکروی شکل فاقد ساختار لایه‌ای است که جنس آن کـانی یا سنگ می‌باشد. سختی چرت ۷ و سطح شکست آن صدفی است.

سنگ‌های سوختنی

سوخت‌های فسیل شامل زغال سنگ‌ها، شیل‌های نفتی، نفت، گازهای طبیعی سوختنی، قیر، آسفالت و غیره می‌باشند. این سنگ‌ها از مواد آلی، به ویژه مواد آلی گیاهی منشاء می‌گیرند.

دانشگاه سمنان

سنگ های دگرگونی

دانشگاه سمنان

عامل‌های موثر در دگرگونی

فشار، دما، سیّال‌ها و ترکیب شیمیائی سنگ اولیه عامل‌هایی هستند که سبب می‌شوند سنگ‌ها در محیط فیزیکی و شیمیائی جدید قرار گیرند. افزون بر چهار عامل فوق، زمان نیز در گرگونی نقش عمده‌ای دارد. فشار و دما به‌طور معمول منجر به محیط فیزیکی جدیدی می‌شود. به عبارت دیگر تغییر در دما و فشار و یا عملکرد تنش‌های نامتعادل سبب دگرشکلی و تبلور دوباره سنگ‌ها و یا ایجاد بافت‌های جدید می‌شود. ورود سیّال‌ها به داخل سنگ‌ها، سبب واکنش سیّال‌ها با کانی‌ها می‌شود و محیط شیمیائی دیگری را به وجود می‌آورد.

دمـــا Temperature

عامل‌هایی که سبب جریان گرمایی و تغییر دمای سنگ‌هـای موجـود در پوسـته زمـین می‌شوند عبارتند از:

الف) گرمایی که از استنوسفر به قاعده پوسته راه می‌یابد. **حرکت‌های همرفتـی**[۲] در گوشـته سبب تغییر منحنی‌های هم دما می‌گردد.

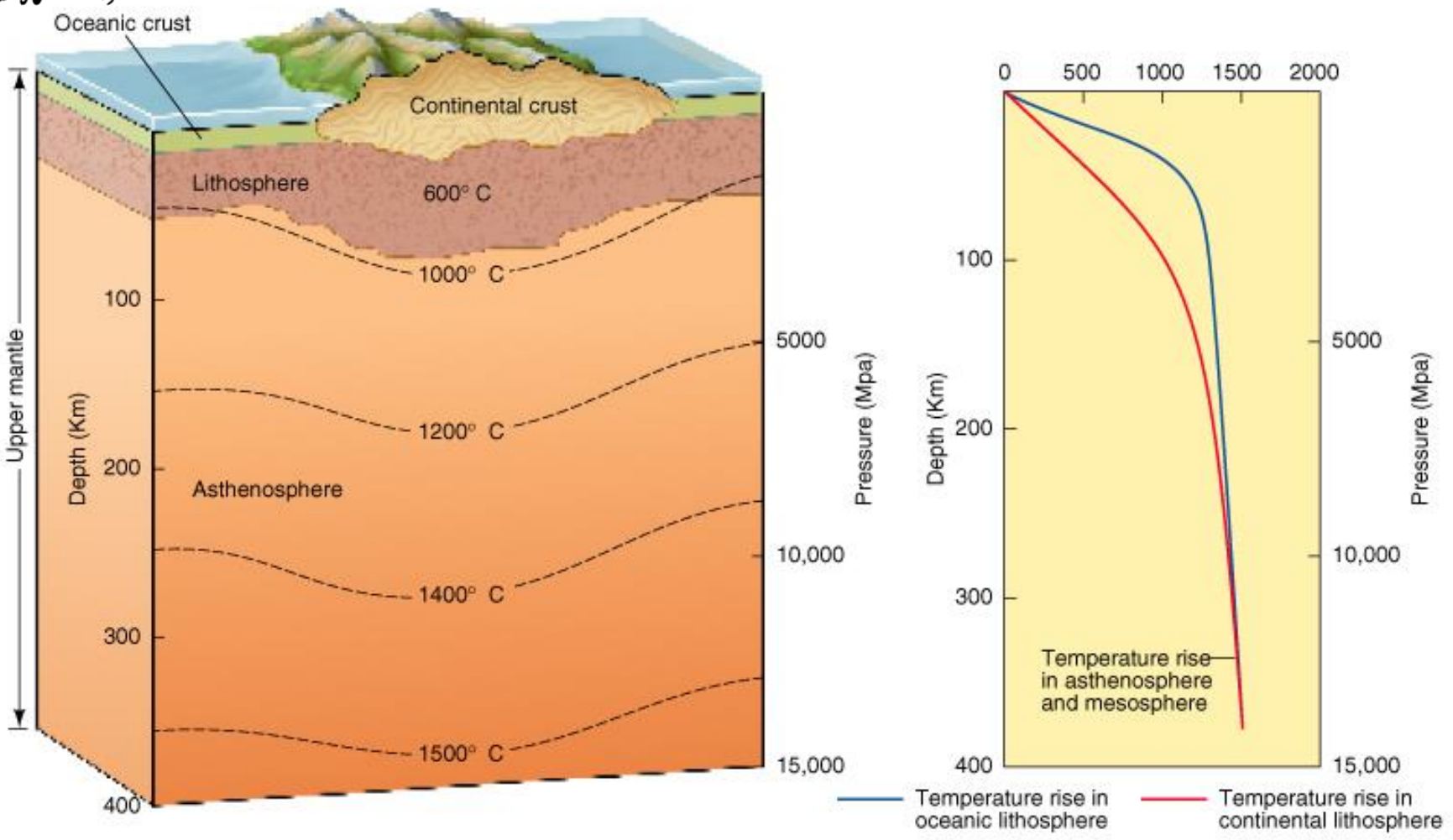
ب) گرمایی‌که از متلاشی شدن عنصرهای رادیواکتیو در داخل پوسته به دست می‌آید.

ج) گرمایی‌که بر اثر تزریق توده‌های ماگمایی در پوسته تولید می‌شود.

د) گرمایی‌که در اثر کوهزایی به وجود می‌آید.

هـ) کشیدگی پوسته، فشردگی رسوب‌ها و جذب گرمـا بـه وسـیله رسـوب‌هـا نیـز در جریـان گرمایی و تغییر دما موثر می‌باشند.

با توجه به عامل‌های فوق می‌توان دریافت که با زیاد شدن عمق ، دما افزایش می‌یابـد. افـزایش دما نسبت به عمق را **گرادیان زمین‌گرمایی**[۳] می‌گویند. بنابراین گرادیان زمین گرمـایی بـا جریـان حرارتی درون پوسته در ارتباط می‌باشد. به ازاء هر ۳۰ متر عمق، دمای پوسته یـک درجـه سـانتیگراد افزایش می‌یابد. در منطقه‌های آتشفشانی افزایش دما ممکن است به ازاء هـر سـه متـر، یـک درجـه سانتیگراد نیز باشد.



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

فشار Pressure

فشارهای موثر در دگرگونی عبارتند از: **فشار لیتوستاتیک**[1]، **فشار کوهزایی**[2]، فشار فاز سیال و فشار بر اثر نفوذ ماگما.

فشار لیتوستاتیک

وزن سنگ‌های فوقانی که به هر نقطه وارد می‌شود به فشار لیتوستاتیک معروف است. این فشار متناسب با عمق یا ضخامت سنگ‌ها، چگالی سنگ‌ها و شتاب جاذبه زمین می‌باشد.

فشار کوهزایی

گاهی سنگ‌ها در اثر نیروهای تکتونیکی فشار متفاوتی را تحمّل می‌کنند. این نوع فشار، که جانبی و جهت‌دار است، به فشار کمپرسیونی یا کوهزایی معروف است. در اثر این نوع فشار به علت عملکرد تنش‌های نابرابر در سنگ‌ها، دگرشکلی رخ می‌دهد.

سیّال‌های شیمیایی

سیّال مایع‌ها و گازهایی مانند آب و گازکربنیک هستند.

ترکیب شیمیایی سنگ اولیه

چون سنگ‌های دگرگونی از دگرگون شدن سنگ‌های آذرین و رسوبی حاصل می شوند و این سنگ-ها ترکیب شیمیایی متفاوت دارند، لذا کانی‌های متفاوتی در سنگ به وجود می‌آید.

زمان

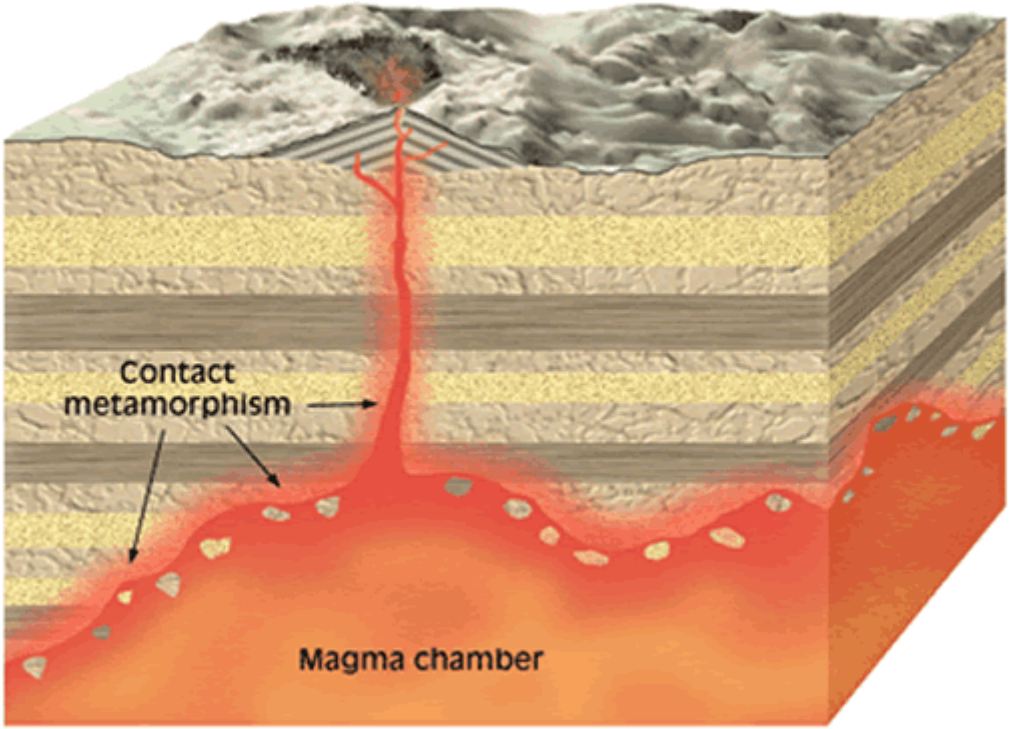
گذشت زمان سبب افزایش دما و در نتیجه افزایش شدت دگرگونی و رشد کانی‌ها می‌گردد.

انواع دگرگونی

- دگرگونی مجاورتی
- دگرگونی حرارتی
- درگونی ناحیه ای
- دگرگونی تدفینی
- دگرگونی دینامیکی
- دگرگونی هیدروترمال
- دگرگونی ضربه ای
- دگرگونی مرکب

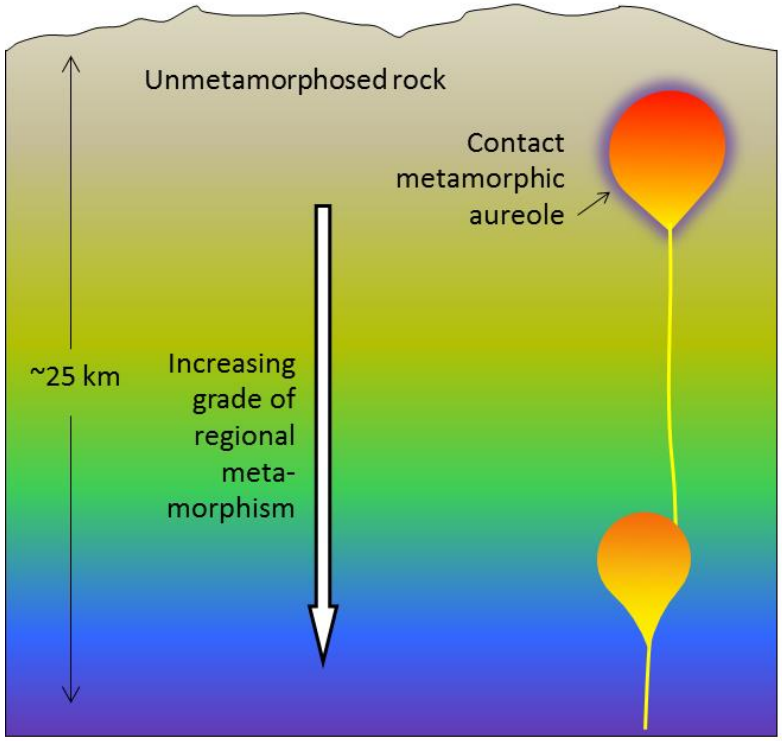
دگرگونی مجاورتی Contact metamorphism

این نوع دگرگونی در مجاورت توده‌های آذرین و در داخل سنگ‌های میزبان در اثر افزایش دما رخ می‌دهد.



دگرگونی حرارتی Thermal metamorphism

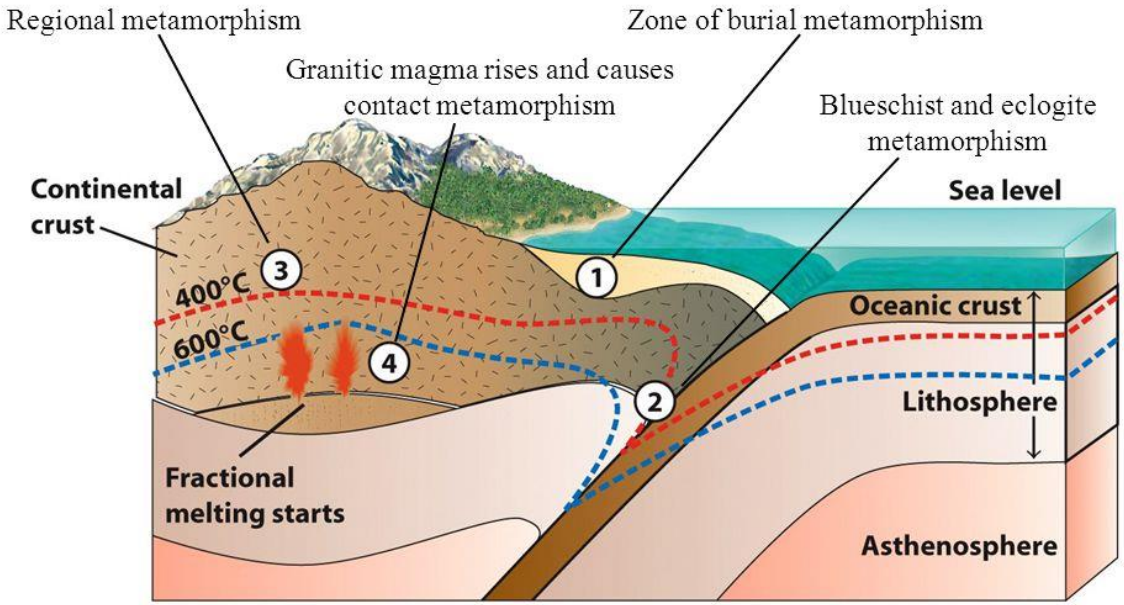
گدازه‌های آتشفشانی گاهی روی سنگ‌ها اثر می‌گذارند. این نوع اثر روی سنگ‌های رسوبی، بیشتر از سایر سنگ‌ها می‌باشد. افزایش دما سبب از دست دادن آب تبلور کانی‌ها و یا پخته شدن سنگ‌ها می‌گردد. نمونه این نوع دگرگونی را می‌توان در اطراف کوه آتشفشانی دماوند ملاحظه نمود.



دگرگونی ناحیه ای Regional metamorphism

دگرگونی ناحیه‌ای در رشته کوه‌ها و جایی‌که صفحه‌های لیتوسفری به هم برخورد می‌کنند، رخ می‌دهد. در این نوع دگرگونی فشار و دما نقش عمده‌ای دارند. این سنگ‌ها به طور معمول با دگرشکلی و چین خوردگی همراه هستند.

Tectonics and Metamorphism



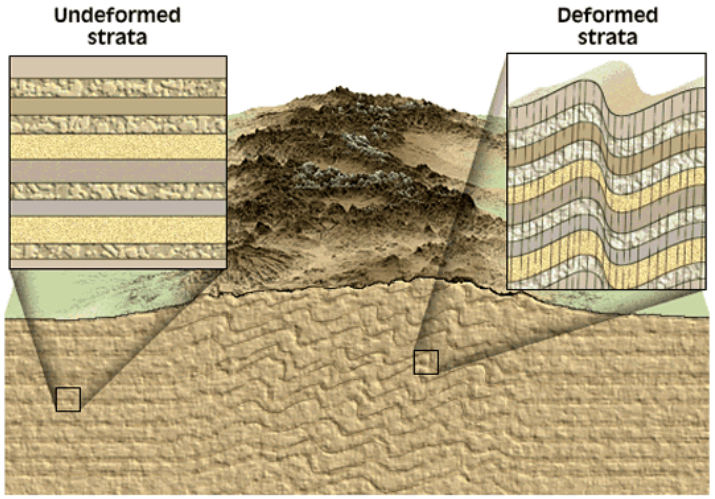
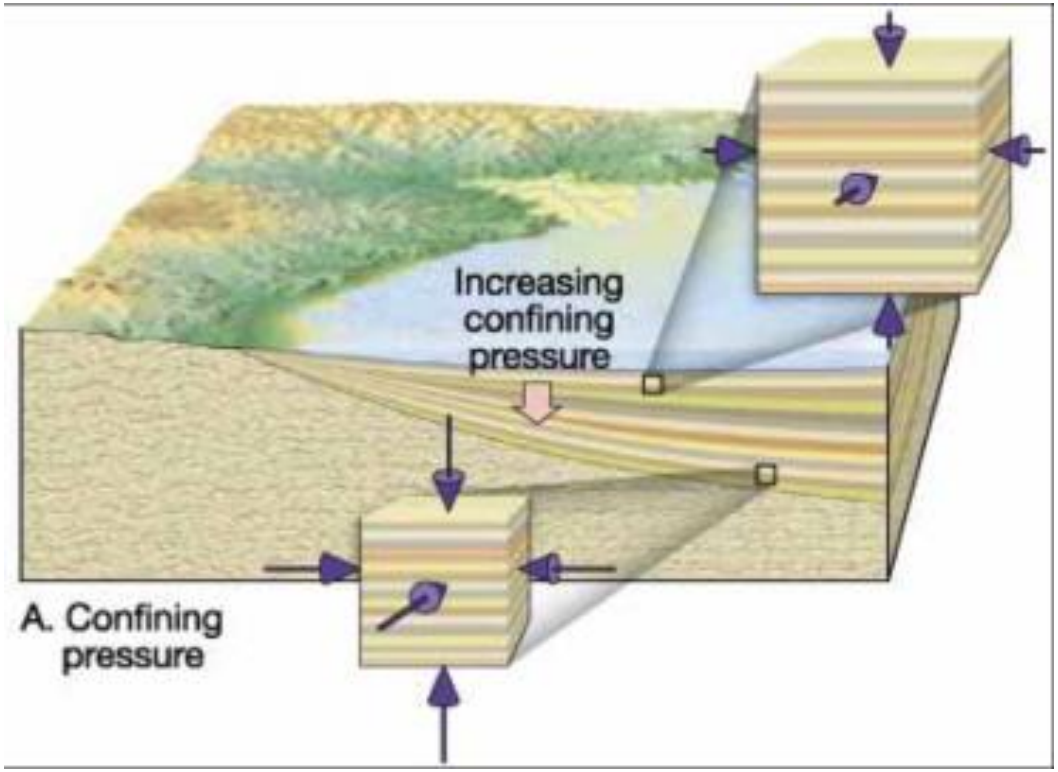


Figure 10.13

© 2008, John Wiley and Sons, Inc.

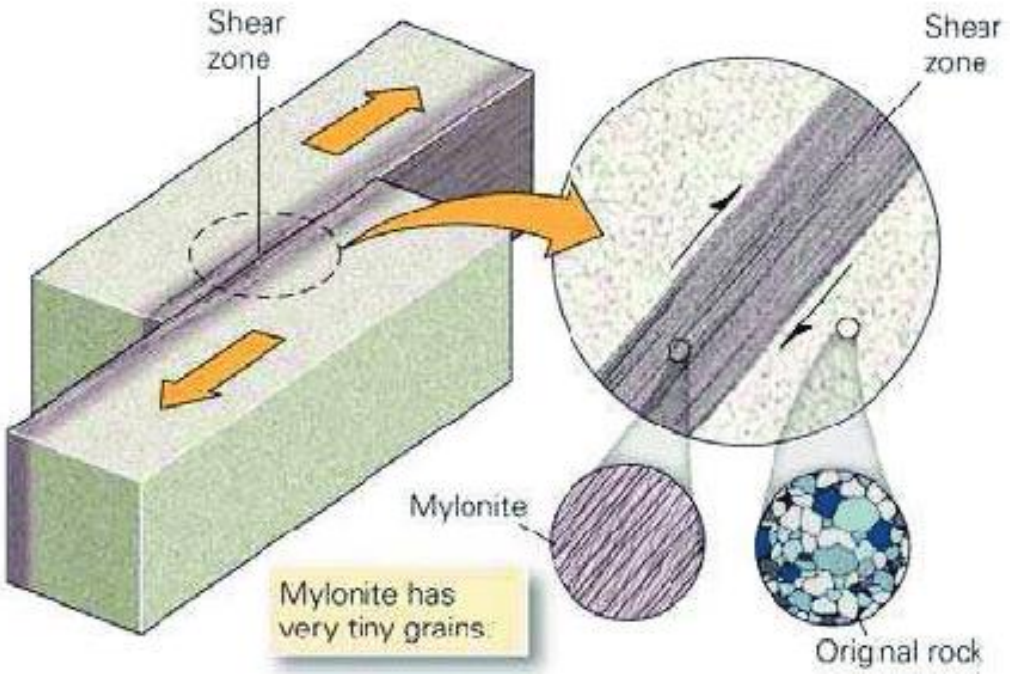
دگرگونی تدفینی Burial metamorphism

دگرگونی تدفینی در واقع یک نوع دگرگونی ناحیه‌ای است، که در یک حوضه در حال فرونشینی، که ضخامت زیادی از رسوب‌های آواری روی هم انباشته می‌شود، به وجود می‌آید.



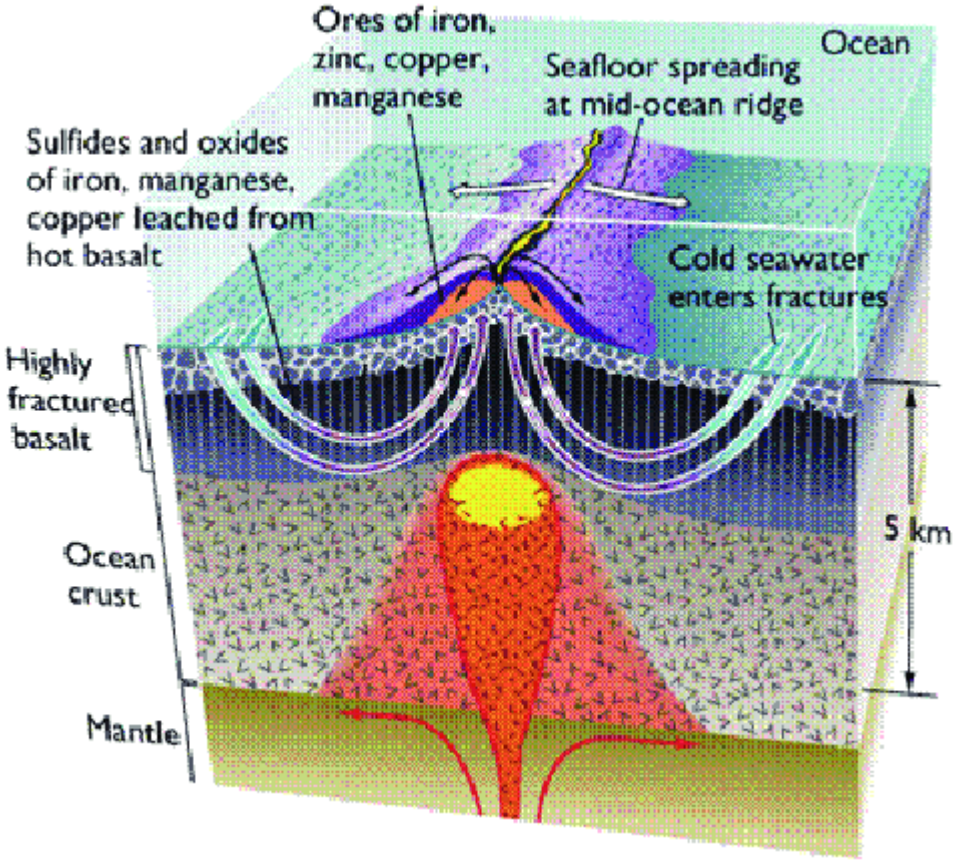
دگرگونی دینامیکی Dynamic shear

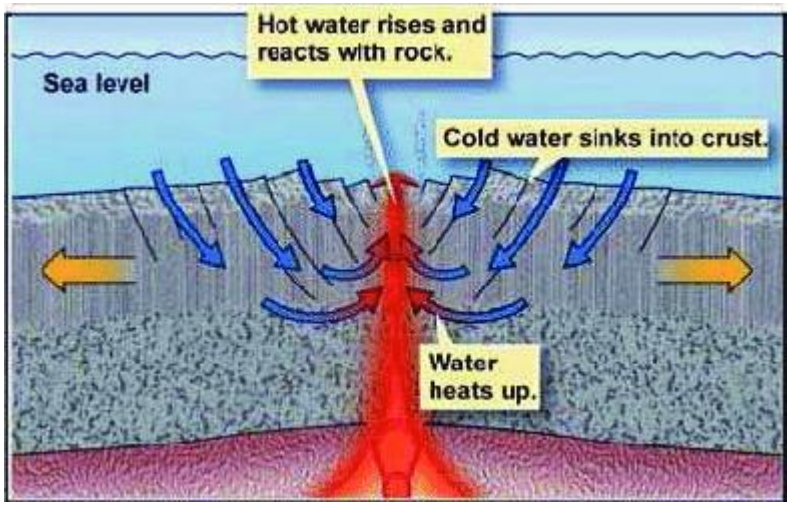
این نوع دگرگونی نتیجه دِگرشکلی شدید سنگ‌ها در سطح گسل‌ها و روراندگی‌ها است. دگرگونی دینامیکی با شکسته شدن و خرد شدن مکانیکی سنگ‌ها همراه است. در امتداد گسل‌ها و یا ناحیه‌های گسلی و در نزدیک سطح زمین، سنگ‌ها ترد و شکننده هستند و به راحتی شکسته و خرد می‌گردند و به‌صورت **بِرِش**[۳] (قطعات درشت زاویه‌دار)، **میلونیت**[۴] (ذرات ریز) و یا **گوژ**[۵] (ذرات بسیار ریز پودر مانند) در می‌آیند.



دگرگونی هیدروترمال Hydrothermal metamorphism

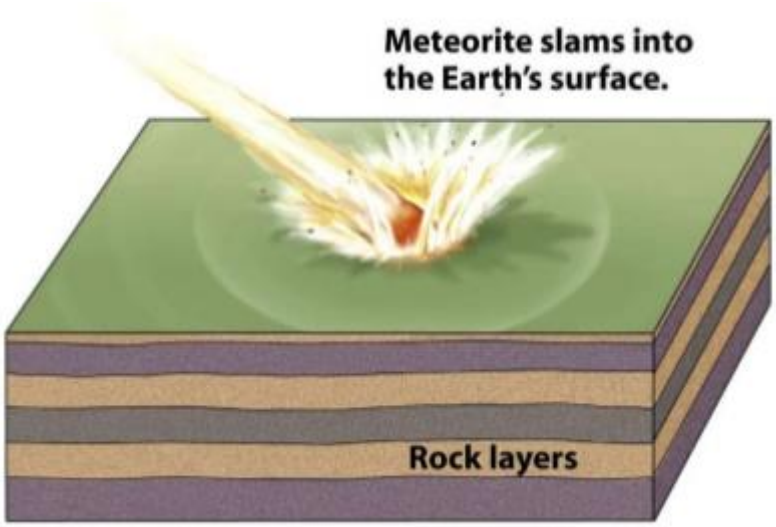
در اثر نفوذ محلول‌های هیدروترمال در امتداد درزه و شکاف‌های موجود سنگ‌ها، فرآیند شیمیایی و تبادل یونی صورت می‌گیرد و در نتیجه تغییر ترکیب شیمیایی در سنگ اولیه صورت می‌گیرد. این نوع دگرگونی اغلب در ارتباط با ماگماتیسم است.





دگرگونی ضربه ای Impact metamorphism

دگرگونی ضربه‌ای در اثر برخورد سنگ‌های آسمانی با سطح زمین رخ می‌دهـد.



دگرگونی مرکب Polymetamorphism

گاهی سنگ‌های دگرگونی قدیمی در اثر دگرگونی‌هایی، مانند دگرگونی حرارتی، مجاورتی و یا ناحیه‌ای دوباره دگرگون می‌شوند.

با توجه به تشخیص کانی‌هایی که متعلق به یک فاز دگرگونی نیستند، می‌توان به دگرگونی مرکب پی برد.

ساخت و بافت سنگ‌های دگرگونی

ساخت[۲]، عبارت از ویژگی‌هایی است که در مقیاس روی زمین و یا روی نمونه دستی در سنگ‌ها قابل مشاهده است.

بافت[۳]، برای توصیف نمونه در مقیاس میکروسکوپی به کار می‌رود. بافت عبارت است از ارتباطی که بین کانی‌های تشکیل دهنده سنگ، از نظر شکل، ابعاد، طرز قرار گرفتن و غیره وجود دارد. با مطالعه بافت سنگ‌های دگرگونی می‌توان مسیر رخدادهایی که یک سنگ متحمّل شده است، را دریافت.

واژه **فابریک**[۴] که در سنگ‌های دگرگونی بکار می‌رود نیز شامل بافت، ساخت و جهت یافتگی سنگ می‌باشد.

طبقه‌بندی سنگ‌های دگرگونی

طبقه‌بندی براساس برگوارگی:

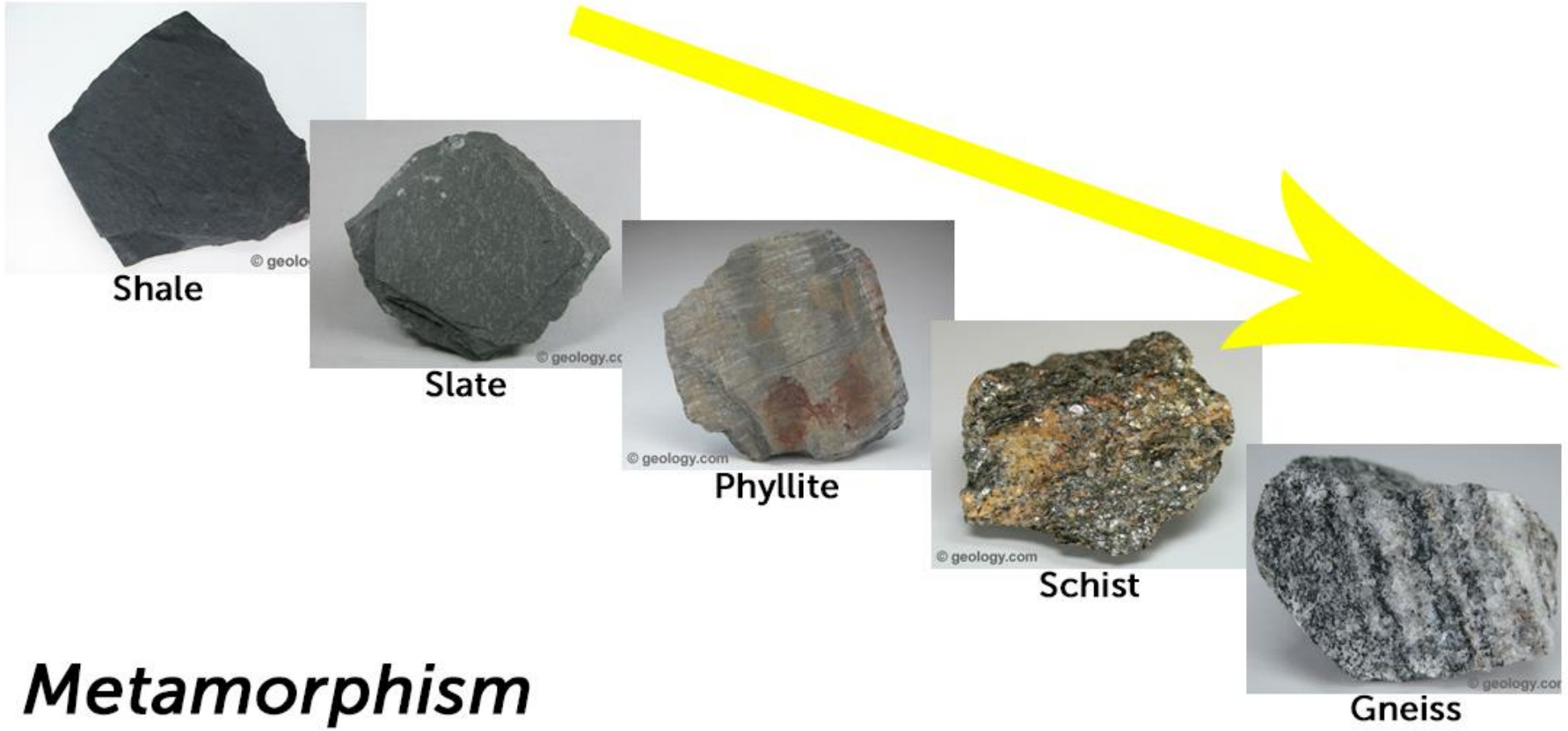
طبقه‌بندی براساس ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی سنگ اولیه:

انواع سنگ های دگرگونی

- اسلیت
- فیلیت
- شیست
- گنیس
- گرانولیت
- هورنفلس
- کوارتزیت
- سنگ های دگرگونی کربناته
- آمفیبولیت
- پیروکسنیت
- میگماتیت
- گرانیت آناتکسی
- سرپانتینیت

اسلیت‌ها

این سنگ‌ها در نمونه دستی فاقد بلورهای قابل رؤیت می‌باشند. امّا گاهی بلورهای ریز میکا، کوارتز و پیریت در متن سنگ دیده می‌شود. اسلیت‌ها دانه ریز می‌باشند و در اثر ضربه به‌صورت ورقه‌های نازک از هم جدا می‌شوند. این سنگ‌ها تیره رنگ هستند و رنگ آنها تابع کانی‌های همراه آنها می‌باشد و ممکن است به رنگ‌های قرمز (به خاطر وجود هماتیت)، سبز (به دلیل وجود کلریت) و خاکستری تا سیاه (به علت وجود گرافیت) دیده شوند. سنگ مادر اِسلیت‌ها اغلب شیل و گِل‌سنگ می‌باشد.

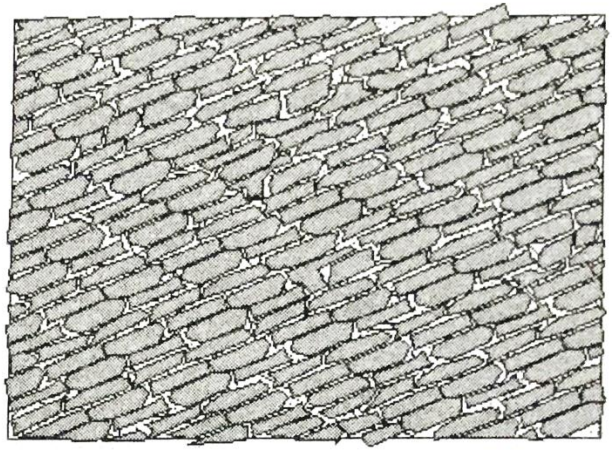


Metamorphism

اسلیت

کانی‌های دگرگون شده

ریز دانه با برگوارگی

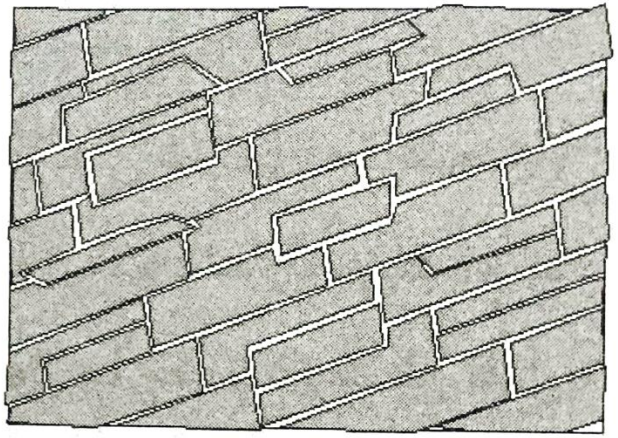


فیلیت

کانی‌های دگرگون شده درشت‌تر

اما همچنان میکروسکپی با

برگوارگی



شیست

کانی‌های دگرگون شده با برگوارگی

که با چشم قابل مشاهده است