بسم الله الرحمن الرحیم

علوم زمین و آزمایشگاه

رشتهٔ معدن

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی وحرفه‌ای

شمارهٔ درس ۲۵۸۰

۵۵۱ اسداللهی، عبدالله
۰۲۸/ علوم زمین و آزمایشگاه/ مؤلف :عبدالله اسداللهی. ــ تهران : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های
ع۴۹۷الف درسی ایران، ۱۳۹۴.
۱۳۹۴ ۲۳۴ ص. : مصور. ــ (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۲۵۸۰)
متون درسی رشتهٔ معدن، زمینهٔ صنعت.
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ معدن دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
۱. زمین شناسی ــ آزمایشگاه. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ معدن. ب. عنوان. ج. فروست.

۱۳۹۴

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) **info@tvoccd.sch.ir**

وب‌گاه (وب‌سایت) **www.tvoccd.sch.ir**

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

نام کتاب : **علوم زمین و آزمایشگاه ـ ۳۵۸/۲۶**

مؤلف : **عبدالله اسداللهی**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

رسام : **هدیه بندار**

صفحه‌آرا : **فائزه محسن‌شیرازی**

طراح جلد : **علیرضا رضائی‌کُر**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷جادّهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)**

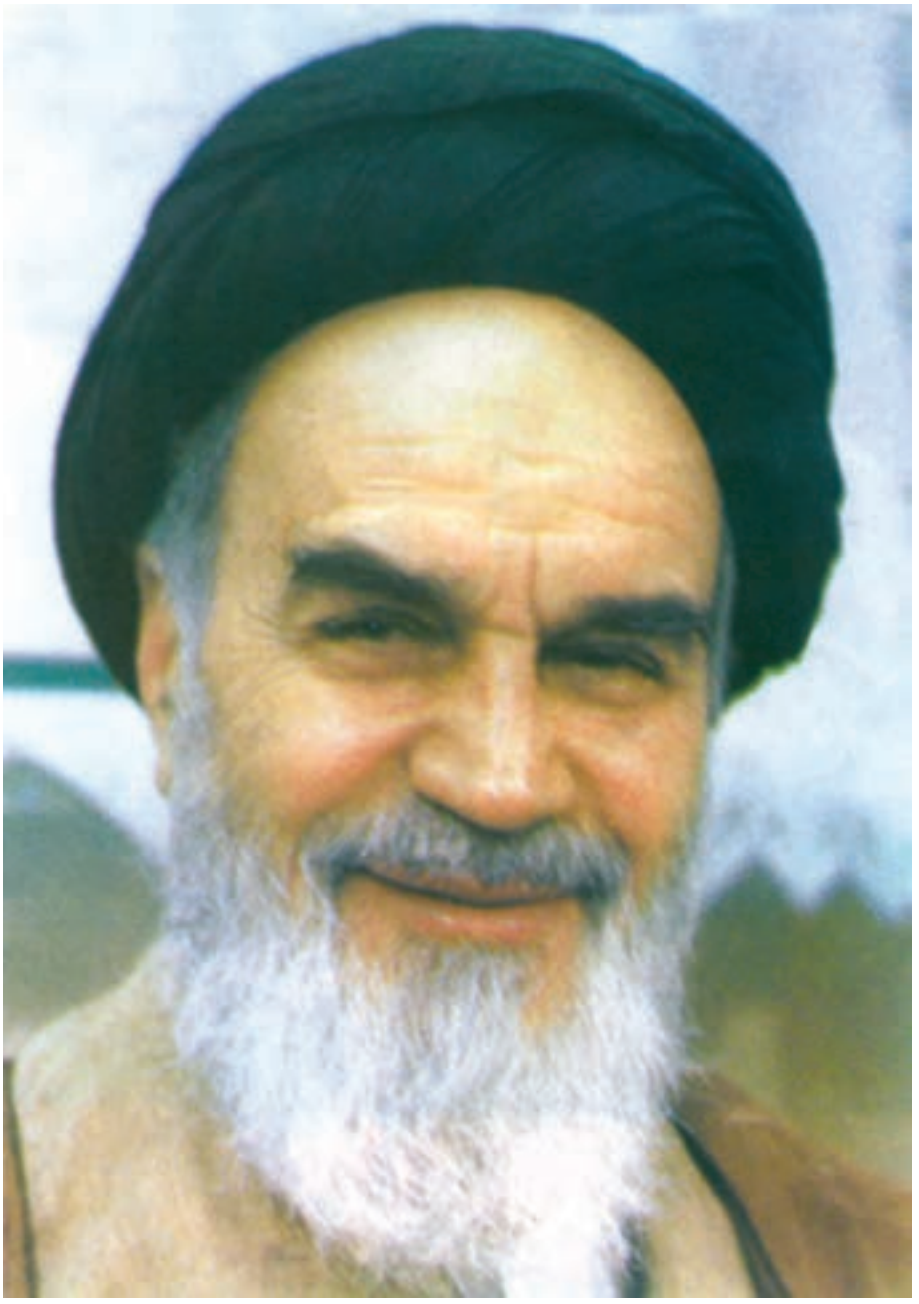
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **نادر**

سال انتشار و نوبت چاپ : **چاپ پنجم ۱۳۹۴**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۳-۱۰۸۲-۰۵-۹۶۴ **ISBN 964-05-1082-3**



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتّکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

فهرست مطالب

بخش اوّل ــ علوم زمین

فصل اوّل ــ کلیات علم زمین‌شناسی ۳

فصل دوّم ــ مشخصات زمین ۸

فصل سوّم ــ هوا کره (آتمسفر) ۱۸

فصل چهارم ــ آب‌کره (هیدروسفر) ۳۰

فصل پنجم ــ آب‌های زیرزمینی ۴۲

فصل ششم ــ سنگ کره ۵۶

فصل هفتم ــ کانی‌ها ۶۱

فصل هشتم ــ شناخت کانی‌های غیر سیلیکاته ۷۰

فصل نهم ــ شناخت کانی‌های سیلیکاته ۸۹

فصل دهم ــ سنگ‌های آذرین ۱۰۰

فصل یازدهم ــ سنگ‌های رسوبی ۱۱۰

فصل دوازدهم ــ سنگ‌های دگرگونی ۱۱۸

فصل سیزدهم ــ فرایندهای تغییردهندهٔ سطح کرهٔ زمین (فرسایش، هوازدگی، حمل و نقل مواد) ۱۲۴

فصل چهاردهم ــ فرایندهای تغییردهندهٔ سطح کرهٔ زمین (رسوب‌گذاری) ۱۳۷

فصل پانزدهم ــ زمین‌لرزه ۱۴۵

فصل شانزدهم ــ ساخت‌های تکتونیکی ۱۵۳

فصل هفدهم ــ تاریخ زمین ۱۶۰

فصل هجدهم ــ زمین در خدمت انسان ۱۷۴

بخش دوم ــ آزمایشگاه و عملیات صحرایی

فصل اوّل ــ مشخصات زمین ۱۸۸

فصل دوم ــ هوا کره ۱۹۲

فصل سوم ــ آب کره ۱۹۶

فصل چهارم ــ بلور و کانی‌ها ۱۹۸

فصل پنجم ــ سنگ‌شناسی عملی ۲۱۰

فصل ششم ــ هوازدگی، فرسایش و رسوب‌گذاری ۲۲۱

فصل هفتم ــ ساخت‌های تکتونیکی ۲۲۵

فهرست منابع ۲۳۴

پیش‌گفتار

امروزه انسان با بهره‌گیری از دانش و فن‌آوری پیش‌رفته به توانایی و قابلیت فراوانی در زمینهٔ شناخت زیستگاه خود، زمین، کهکشان‌ها و محیط پیرامون خویش دست یافته هم‌چنین برای استفاده از منابع مختلف به‌منظور رفع نیازمندی‌های روزافزون خود تلاش نموده است. به یقین در ایجاد بنای تمدن جدید جهانی همهٔ شاخه‌ها و علوم و فنون سهیم هستند، اما نقشی که برای دانش زمین‌شناسی می‌توان درنظر گرفت کاملاً متمایز است، زیرا در عصر حاضر مبنای کار و فعالیت بسیاری از متخصصان در عرصه‌های گوناگون صنعتی، اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی و نظامی، بر پایهٔ داده‌های حاصل از مطالعات زمین‌شناسی است و این موضوع بر اهمیت هرچه بیش‌تر این علم می‌افزاید، از همین رو در سالیان اخیر به سبب پیدایش نوعی نگرش همه جانبه و جهانی در مسائل زمین شناختی، پیشرفت‌های شگفت‌انگیزی در این رشته به‌دست آمده و علوم زمین از جایگاه خاصی در میان سایر عرصه‌های دانش و تخصص برخوردار گردیده است. امروزه اجرای بسیاری از پروژه‌های بزرگ سدسازی، جاده‌سازی، اکتشاف و استخراج معادن، نفت و گاز و فعالیت‌های مربوط به کشاورزی و نظایر آن در گرو بررسی‌های زمین‌شناسی است. طی چند دههٔ اخیر با ورود کامپیوتر و ماهواره به عرصه‌های علمی و فن‌آوری زمین‌شناسی نیز در آستانهٔ رشد و تحولی عظیم‌تر قرار گرفته و احتمال آن می‌رود که روش‌های کلاسیک زمین‌شناسی با دگرگونی‌های جدیدی رو به‌رو گردد. با این همه، اطلاع از اصول اساسی این علم و روش‌های متداول فعلی کماکان به قوت خود باقی خواهد ماند.

برای فراگیرانی که رشتهٔ تحصیلی «استخراج معدن» را انتخاب نموده‌اند آشنایی با علوم زمین ضرورتی انکار ناپذیر است، زیرا میدان فعالیت و کار آن‌ها پوستهٔ زمین و کانسارهای موجود در آن است؛ بنابراین، مطالعات دقیق زمین‌شناسی و شناسایی دقیق مشخصات و ویژگی‌های آن ــ با هدف فعالیت‌های پی‌جویی، اکتشاف و ارزیابی ذخیره معدنی، نیز احداث کارگاه‌های استخراج زیرزمینی و روباز ــ کاملاً ضروری است؛ به گونه‌ای که اولین گام در این زمینه به‌شمار می‌رود بر این اساس، هنرجویان رشتهٔ «استخراج معدن» باید با علوم زمین آشنایی کامل داشته باشند که کتاب حاضر نیز با توجه به اهداف یاد شده فراهم آمده است.

از استادان محترم و صاحب‌نظران گرامی، مدرسان و دبیران ارجمند درخواست می‌گردد با ارسال پیش‌نهادهای خود در زمینهٔ کاستی‌ها و نقایص کتاب زمینهٔ رفع اشکالات و بهبود کیفی محتوای مطالب آن را فراهم آورند. پیشاپیش از توجه شما سپاسگزارم.

مؤلف

هدف کلی کتاب

آشنایی هنرجویان رشته‌ی معدن هنرستان‌های فنی با مبانی، فرایندهای درونی و بیرونی، مواد تشکیل دهنده‌ی زمین شامل : کانی‌ها، سنگ‌ها و دامنه‌ی کاربرد منابع معدنی در زندگی بشر که با عملیات میدانی و فعالیت‌های آزمایشگاهی مهارت‌های لازم نیز به فراگیران انتقال داده می‌شود.

بخش اوّل

علوم زمین

فصل اوّل

کلیات علم زمین‌شناسی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ دانش زمین‌شناسی و چگونگی پرداختن بشر به آن را، شرح دهد.

۲ــ علم زمین‌شناسی را تعریف کند.

۳ــ تقسیمات علم زمین‌شناسی را بیان نماید.

۴ــ اهمیت و کاربرد زمین‌شناسی در زمینه‌ی اکتشاف و استخراج منابع معدنی و زیرزمینی را شرح دهد.

۵ــ ارتباط علم زمین‌شناسی با سایر علوم واسطه را بیان کند.

کلیات علم زمین‌شناسی

مقدمه

بشر بر روی زمین زندگی می‌کند و این سیاره‌ی خاکی زیستگاه اوست که بدون شک یکی از شگفتی‌های جهان خلقت نیز به شمار می‌رود. شکل خارجی و داخلی زمین، مواد مختلفی که جنس آن را تشکیل می‌دهند، تحولات و فرایندهای گوناگونی که در درون و بیرون آن همواره صورت می‌گیرد و علل و چگونگی وقوع آن‌ها، هم‌چنین تاریخ و منشأ زمین از دیرباز زمینه‌ی تحقیق و تفکر بسیاری از دانشمندان بوده که در نتیجه، با مطالعات و بررسی‌های آنان درباره‌ی مقولات ذکر شده، دانش گسترده‌ای به‌نام «زمین‌شناسی» شکل گرفته است. با پیشرفت بشر در طول تاریخ، علم‌زمین‌شناسی نیز توسعه پیدا کرده و از بسیاری از ابهامات و پیچیدگی‌هایی که همواره ذهن انسان را به خود مشغول داشته بود پرده برداشته است. با این همه و به رغم تمام پیشرفت‌های علمی و فن‌آوری، هنوز هم مسائل فراوانی درباره‌ی زمین بدون پاسخ باقی مانده است ؛ از این رو، پژوهشگران و متخصصان می‌کوشند تا تصویر روشن‌تری از نحوه‌ی عملکرد و واقعیت‌های موجود کره زمین به دست آورند. کسب اطلاعات لازم برای مطالعه‌ی زمین نیز اغلب به سادگی امکان‌پذیر نیست و جهت‌گردآوری معلومات برای هر قسمت از آن ابزارهای خاصی مورد نیاز است. زمین‌شناسان مانند پژوهشگران دیگر از روش علمی برای مطالعه‌ی زمین بهره می‌گیرند که بر «مشاهده کردن»، «فرضیه ساختن»، «آزمایش کردن» و «نتیجه‌گیری» استوار است. کاربرد روش علمی درباره‌ی برخی از مسائل مرتبط با زمین مؤثر است، اما در زمینه‌ی بسیاری از پدیده‌های زمین‌شناسی ــ به سبب مشکلات اجرای آزمایش‌ها و عدم امکان عمومیت دادن به بعضی از نتایج و تفسیرها در مقیاس واقعی، آن هم در پهنه‌ی وسیع زمین ــ نمی‌توان عیناً آن را به کاربرد. امروزه با تکیه بر دانش موجود بشری، ضمن بهره‌گیری از کلیه‌ی روش‌های علمی و شناخته شده اعم از مستقیم یا غیرمستقیم، از ابزارها و وسایل تحقیقاتی، نیز از تجهیزات پیچیده و فن‌آوری‌های نوین نظیر کامپیوتر، ماهواره، صنعت هوا و فضا و نظایر آن برای مطالعه‌ی زمین استفاده می‌شود تا به کمک علم زمین‌شناسی انسان بتواند برای رفع نیازهای زندگی مادّی خود از آن بهره ببرد ؛ هم‌چنین برای پی‌بردن به ماهیت رویدادهای ویرانگر طبیعی نظیر زلزله، طوفان، سیل و مانند آن، بتواند با آن‌ها مقابله کند ؛ از همین رو، با گذشت زمان دانش زمین‌شناسی کاربرد وسیع‌تری در عرصه‌های مختلف زندگی بشر پیدا می‌کند و بدون آن بسیاری از طرح‌ها و پروژه‌های صنعتی، عمرانی، کشاورزی و نظایر آن تحقق نمی‌یابد.

تعریف علم زمین‌شناسی

«زمین‌شناسی» علمی است که درباره‌ی زمین و مسائل گوناگون آن از جمله طرز تشکیل، ساختمان فیزیکی و شیمیایی، ساخت‌های سطحی و شکل‌های مختلف آن، جایگاه زمین در فضای بی‌کران، تحولات و رویدادهای تاریخ زمین و فرایندهای درونی و بیرونی کره‌زمین بحث می‌کند.

تقسیمات علم زمین‌شناسی

دانش زمین‌شناسی را از دیدگاه‌های گوناگون می‌توان به روش‌های مختلفی تقسیم‌بندی نمود، اما آن چه حائز اهمیت است این که تمام شعبات این علم به‌گونه‌ای وابسته به‌هم بوده از طرفی شاخه‌های دانش زمین‌شناسی بسیار گسترده و وسیع هستند ؛ به‌همین دلیل در این جا به چند نمونه از آن اشاره می‌کنیم :

زمین‌شناسی معدنی: علمی است که با آن، چگونگی، تشکیل اکتشاف و برآورد ذخایر معدنی مختلف، مطالعه می‌شود.

زمین‌شناسی نفت: در این علم، درباره‌ی اکتشاف ذخایر نفتی بحث می‌شود.

زمین‌شناسی اقتصادی: این بخش از زمین‌شناسی مربوط به بررسی معادن و طرز تشکیل آن‌ها است.

زمین‌شناسی آب‌های زیرزمینی: این علم درباره‌ی ذخایر آب‌های زیرزمینی است.

زمین‌شناسی ساختمانی: این علم مربوط به ساختمان زمین و تغییراتی است که در سطح آن، در نتیجه‌ی عوامل داخلی، رخ می‌دهد ؛ مانند گسل، چین‌خوردگی و نظایر آن.

زمین‌شناسی مهندسی : در این علم، مسائل زیربنایی

کارهای مهندسی مربوط به زمین‌شناسی، نظیر مقاومت زمین‌های مختلف، پایداری دامنه‌ها، وضع آب‌های زیرزمینی، حفر تونل و ترانشه... بحث می‌شود.

اهمیت و کاربرد زمین‌شناسی در زمینه‌ی اکتشاف و استخراج منابع معدنی و زیرزمینی

انسان قسمت اصلی مواد مورد نیاز خود را از درون زمین استخراج می‌کند که از آن جمله است : فلزات، مصالح ساختمانی، نفت گاز و زغال‌سنگ. علم زمین‌شناسی، عامل مؤثری در پیدا کردن محل این منابع در نقاط مختلف زمین است. با مطالعه‌ی انواع مختلف سنگ‌ها و ساخت‌های زمین‌شناسی و مطالعات چینه‌شناسی، هم‌چنین با به کارگیری روش‌های پی‌جویی و اکتشاف می‌توان در زمینه‌ی وجود منابع زیرزمینی به اطلاعات لازم دست‌رسی پیدا کرد ؛ سپس درباره‌ی امکان استخراج، و اقتصادی بودن فعالیت‌های معدن‌کاری ارزیابی نمود.

به‌طور خلاصه، کاربرد زمین‌شناسی در زمینه‌های اکتشاف و استخراج معادن، عبارت‌اند از :

الف ــ حفر تونل‌های زیرزمینی،

ب ــ تعیین جنس و استحکام سنگ‌های اطراف تونل‌های زیرزمینی،

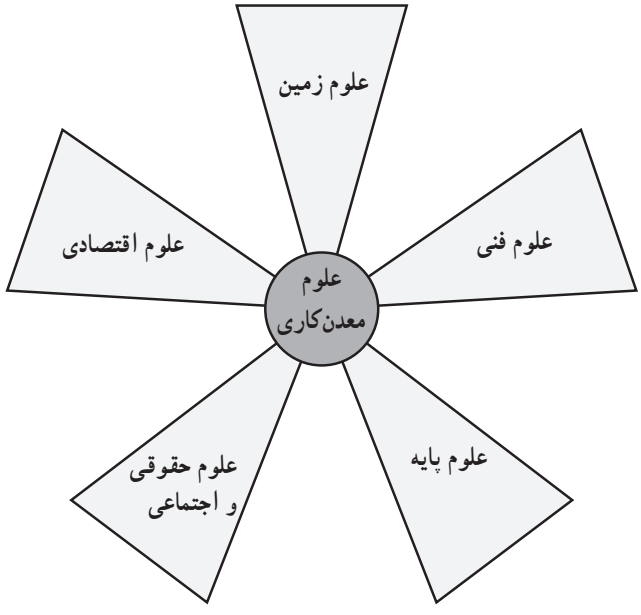
ج ــ تعیین موقعیت گسل‌ها، درزه‌ها و شکستگی‌ها،

د ــ بررسی احتمال ریزش سقف، بررسی لغزش سنگ‌ها و دیواره‌ی تونل‌ها و پله‌های معادن روباز،

هـ ــ تعیین محدوده‌ی کانسارها و ذخایر معدنی،

و ــ جهت‌یابی لایه‌های مواد معدنی.

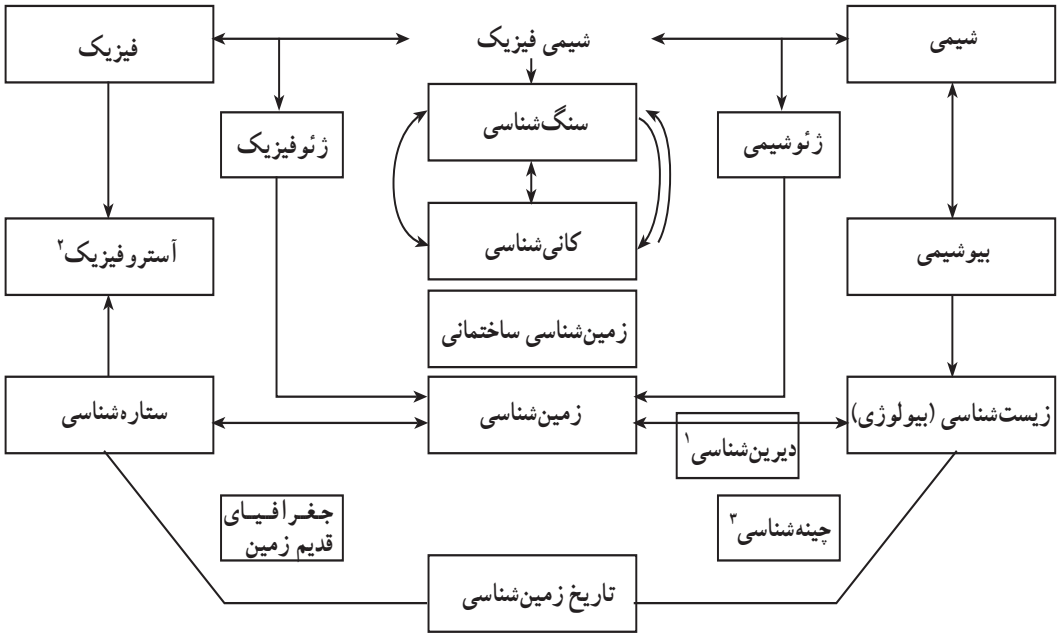
بدیهی است بدون درنظرگرفتن معیارهای علمی و دانش زمین‌شناسی، موفقیت در فعالیت‌های معدن‌کاری، چندان میسّر نخواهد بود. زمین‌شناسان با در اختیار داشتن عکس‌های هوایی و فضایی که از طریق هواپیما یا ماهواره‌ها گرفته می‌شوند، بررسی‌های ژئوفیزیکی را از هوا یا در سطح و زیرزمین آغاز می‌کنند ؛ هم‌چنین با نمونه‌برداری و مطالعات ژئوشیمیایی و سنگ‌شناسی و از همه مهم‌تر، با بررسی‌های محلی زمین‌شناسی صحرایی، منابع معدنی را شناسایی می‌کنند، پس نقشه‌های زمین‌شناسی را تهیه می‌کنند و بدین وسیله، در فعالیت‌های اکتشافی و تعیین ذخیره‌ی کانسار، نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند، بنابراین مطالعات زمین‌شناسی پایه و اساس کارهای مربوط به استخراج معادن به شمار می‌رود. در شکل ۱ــ۱ ارتباط بین علوم زمین و سایر علوم در فعالیت‌های معدن‌کاری مشاهده می‌شود.



شکل ۱ــ۱ــ دامنه‌ی علوم معدن‌کاری و جایگاه علوم زمین در آن

ارتباط علم زمین‌شناسی با سایر علوم واسطه

اصولاً مطالعه‌ی جنبه‌های مختلف مربوط به زمین از طریق برقراری ارتباط بین شاخه‌های گوناگون علوم امکان‌پذیر می‌گردد. زمین‌شناسان در حقیقت با به خدمت گرفتن دانش‌های پایه‌ای نظیر فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی، ستاره‌شناسی نه تنها موفق به حل بسیاری از مسائل ناشناخته زمین شده‌اند بلکه رشته‌ها و شعبات تخصصی خاصی را نیز در علوم زمین به‌وجود آورده‌اند.



شکل ۲ــ۱ــ رابطه‌ی زمین‌شناسی با علوم دیگر*

۱ــ دیرین‌شناسی یا علم مطالعه‌ی فسیل‌ها، رشته‌ای است که با زیست‌شناسی رابطه‌ی نزدیک دارد.

۲ــ آستروفیزیک، علم مطالعه‌ی کیفیات و مشخصات فیزیکی ستارگان و اجرام آسمانی است.

۳ــ چینه‌شناسی علمی است درباره‌ی ترکیب تشکیلات، ترتیب و تطبیق زمانی رسوبات پوسته‌ی زمین.

* این نمودار صرفاً به منظور درک و انتقال مفاهیم علمی و ارتباط آن‌ها با یک‌دیگر درج گردیده از این رو ترسیم آن جزء برنامه‌ی هنرجویان نیست.

خودآزمایی

۱ــ زمین‌شناسان برای مطالعه‌ی زمین از چه روشی استفاده می‌کنند؟ این روش بر چه مبنایی استوار است؟

۲ــ چرا و چگونه روش علمی برای مطالعه‌ی زمین در عمل با مشکلاتی روبه‌رو می‌شود؟

۳ــ زمین‌شناسی را تعریف کنید.

۴ــ زمین‌شناسی معدنی چگونه علمی است و چه تفاوتی با زمین‌شناسی نفتی دارد؟

۵ــ زمین‌شناسی مهندسی چیست؟

۶ــ از چه طریق و براساس چه روش‌هایی می‌توان به‌وجود منابع زیرزمینی و معدنی پی‌برد؟

۷ــ در معدن‌کاری چه مسائلی با علم زمین‌شناسی ارتباط نزدیک و تنگاتنگ دارد؟

۸ــ با ترسیم شکل، جایگاه علوم زمین را در رابطه با معدن‌کاری و سایر علوم مرتبط نشان دهید.

۹ــ چهار دانش پایه‌ای که به خدمت علم زمین‌شناسی درآمده را نام ببرید.

۱۰ــ آستروفیزیک و بیوشیمی از کدام دانش‌ها تلفیق شده‌اند؟

فصل دوّم

مشخصات زمین

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ مشخصات زمین را شرح دهد.

۲ــ منظومه‌ی شمسی را توضیح دهد.

۳ــ نظریه‌های زمین مرکزی و خورشید مرکزی را بیان کند.

۴ــ ابعاد و اندازه‌های زمین را ذکر نماید.

۵ــ حرکات زمین شامل حرکت وضعی، حرکت انتقالی و تأثیر آن را شرح دهد.

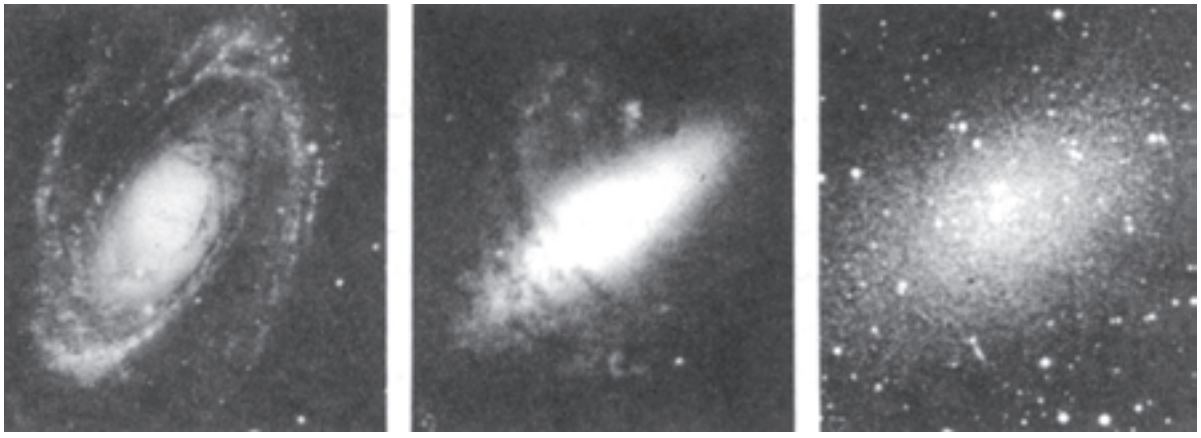
۶ــ کره‌ی ماه و حرکت‌های وضعی و انتقالی آن را توضیح دهد.

۷ــ پدیده‌های جزرومد ماه را بیان کند.

مشخصات زمین

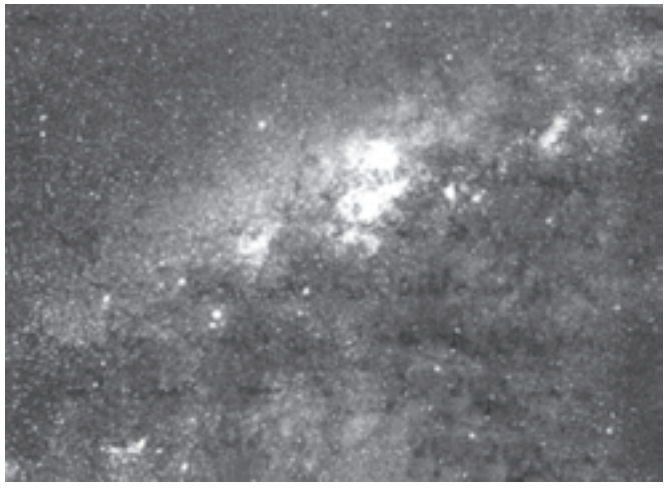
وضعیت و جایگاه زمین در فضا

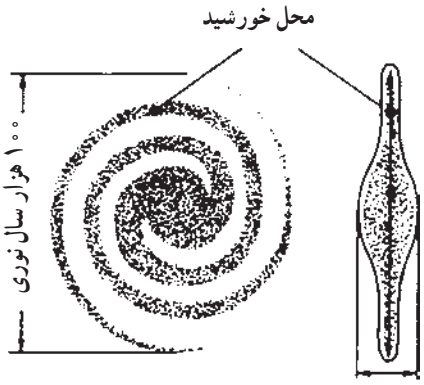
کیهان یا عالم[1]، فضای بی‌پایانی است که میلیاردها میلیارد کرات آسمانی در آن به شکل معلق و در حال حرکت معیّن قرار دارند. براساس برخی از محاسبات، کیهان فضایی دارای شعاع حداقل ۵ میلیارد سال نوری[2] است که در آن اجزای کوچک‌تری به‌نام «کهکشان»[3] وجود دارد. کره‌ی زمین در کهکشانی به‌نام «راه شیری»[4] قرار دارد که در شب‌های صاف و بدون ابر که ماه در آسمان نباشد به‌صورت خطی عریض و روشن در پهنه‌ی آسمان به چشم می‌خورد. کهکشان راه‌شیری در طولی بین ۸۰ تا ۹۰ هزار سال نوری امتداد یافته است و چهارصد میلیارد ستاره در آن وجود دارد. از نظر شکل ظاهری بیش از ۶۰ درصد کهکشان‌ها بیضی گون، ۳۰ درصد آن‌ها به شکل مارپیچ و بقیه نامنظم هستند. وجود وسایل و تجهیزات پیشرفته مانند تلسکوپ‌های قوی، رادیوتلسکوپ‌ها و سفینه‌های فضایی زمینه‌ی اکتشافات جدیدی را در علم ستاره‌شناسی و نجوم فراهم ساخته است.



نامنظم　　بیضی‌گون　　مارپیچ

شکل ۱ــ۲ــ چند نوع کهکشان





شکل ۲ــ۲ــ کهکشان راه شیری

۱ــ Universe

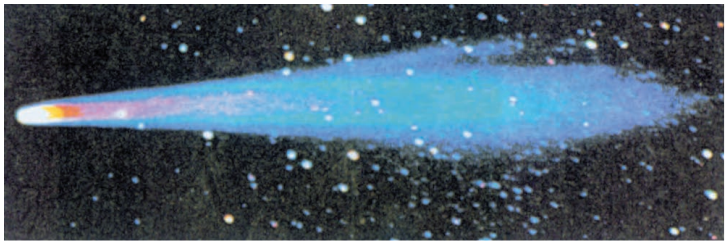
۲ــ هر سال نوری برابر فاصله‌ای است که نور در طول یک سال می‌پیماید.

۳ــ Galaxy　　۴ــ Milky way

شکل ۳ــ۲ــ یک تلسکوپ رادیویی، صفحه‌ی گردان این گیرنده حدود ۴۶ متر قطر دارد و می‌تواند امواج رادیویی دریافت کند.

منظومه‌ی شمسی[۱]

به‌مجموعه‌ی خورشید و سیاراتی که تحت تأثیر نیروی جاذبه‌ی آن در یک مدار دایره‌ای تا بیضی شکل در حال گردش هستند، منظومه‌ی شمسی می‌گویند. زمین نیز یکی از سیارات منظومه‌ی شمسی است. سیاره‌های این منظومه به ترتیب نزدیکی به خورشید عبارت‌اند از : عطارد، زهره، زمین، مریخ، مشتری، زحل، اورانوس، نپتون و پلوتن. این سیاره‌ها به غیر از عطارد، زهره و پلوتون در مجموع دارای ۴۵ قمر هستند. این قمرها به دور سیارات خود در مداری تقریباً دایره‌ای شکل می‌چرخند. در منظومه‌ی شمسی تعداد زیادی «شبه سیاره[۲]» (سیارک) دنباله‌دار[۳] و شهاب‌سنگ[۴] نیز وجود دارند. شبه سیاره‌ها دارای قطر کم‌تر از ۸۰۰ کیلومتر هستند. دنباله‌دارها به مجموعه‌ای از سنگ ریزه، غبار و گازهای منجمد معلق در فضا می‌گویند و شهاب سنگ‌ها نیز به قطعات سرگردان در فضا گفته می‌شود که در صورت برخورد با جو بالایی زمین، در نتیجه‌ی حرارت حاصل از اصطکاک با هوا می‌سوزند و به‌صورت نواری نورانی در آسمان ظاهر می‌شوند.



شکل ۴ــ۲ــ شهاب‌سنگ در برخورد با زمین

۱ــ Solar System ۲ــ Astroid ۳ــ Comet ۴ــ Meteorite

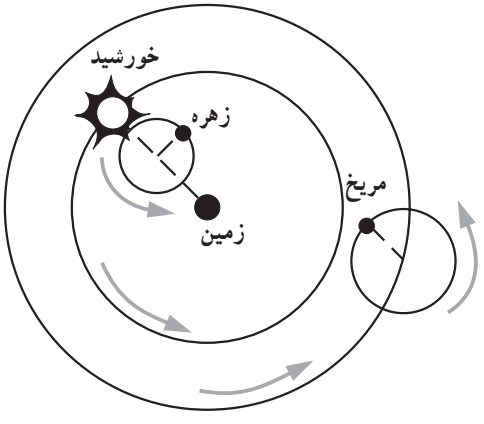
شکل ۵ــ۲ــ موقعیت زمین در منظومه‌ی شمسی

مطالعه‌ی آزاد

نظریه‌هایی تاریخی درباره‌ی وضعیت زمین در منظومه‌ی شمسی

نظریه‌ی زمین مرکزی: دانشمندان قدیم از جمله بطلمیوس اخترشناس و ریاضی‌دان اهل اسکندریه در قرن دوم میلادی، معتقد بودند کره‌ی زمین در مرکز منظومه‌ی شمسی واقع است و ماه، خورشید و سایر سیارگان به گرد آن می‌چرخند. این نظریه را بعدها «کوپرنیک» ــ ستاره‌شناس لهستانی ــ رد کرد.

نظریه‌ی خورشید مرکزی: طبق نظریه‌ی کوپرنیک، خورشید در مرکز منظومه‌ی شمسی قرار داشت و سیارات روی مدارهای دایره‌ای شکل به دور آن گردش می‌کردند.



شکل ۶ــ۲ــ نظریه‌ی زمین مرکزی

ابعاد و اندازه‌های زمین[1]

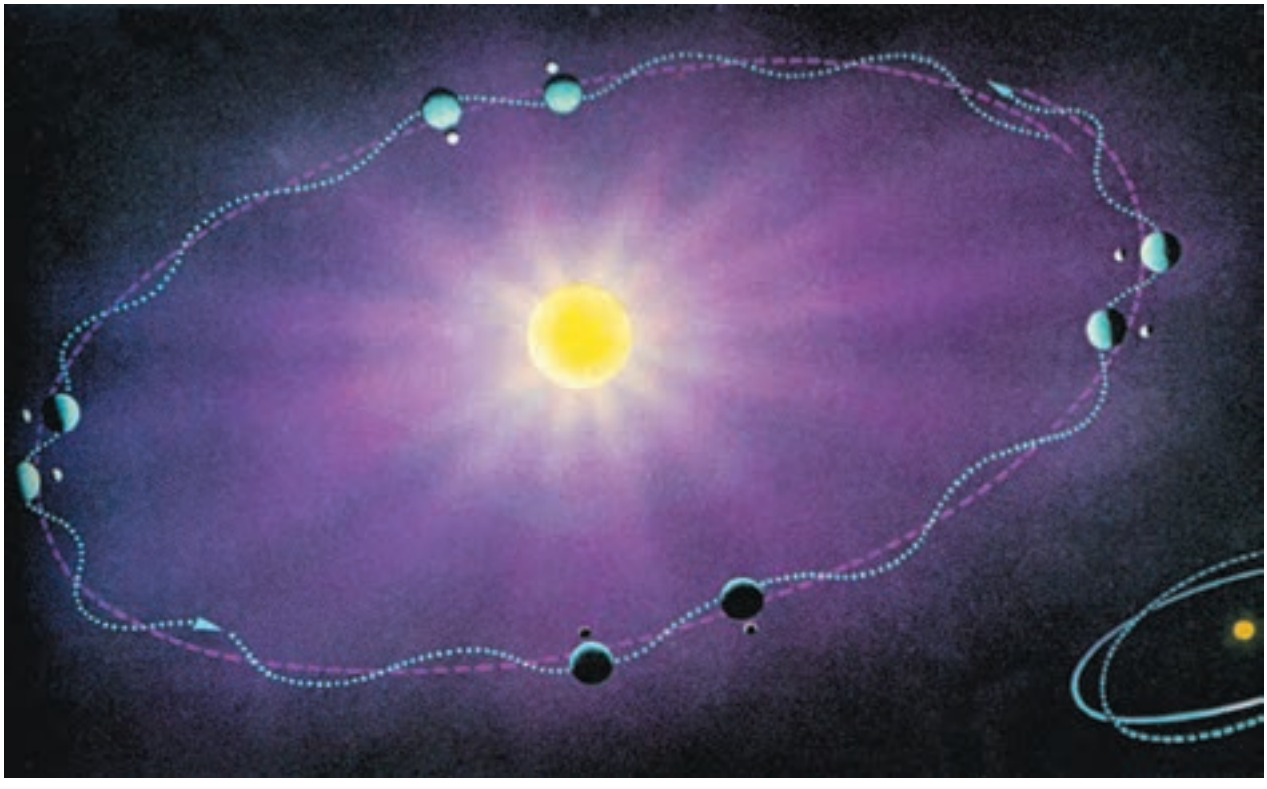
زمین که سومین سیاره‌ی منظومه‌ی شمسی است حدود ۴ تا ۵ میلیارد سال قدمت دارد و هم‌زمان با سایر کرات عالم از تراکم گازها و ذرّات کیهانی به‌وجود آمده است. دانشمندان حجم کره‌ی زمین را ۱۰۸۳ میلیارد کیلومتر مکعب، وزن آن را ۵/۹۷۵×۱۰ تن و سطح زمین را ۵۱۰ میلیون کیلومتر مربع برآورد کرده‌اند. شعاع زمین در منطقه‌ی استوا ۶۳۷۸ کیلومتر و در قطب‌ها ۶۳۵۷ کیلومتر است. وزن مخصوص نسبی زمین ۵/۵۲ است که از کلیه‌ی سیّارات منظومه‌ی شمسی بیش‌تر نشان می‌دهد.

حرکات زمین

زمین سیّاره‌ای است که دایم در حال حرکت است. مهم‌ترین حرکات آن عبارت‌اند از «حرکت وضعی» و «حرکت انتقالی» که مبنای گاه‌شماری و تدوین تقویم قرار گرفته و از نظر زندگی انسان دارای اهمیت است :

۱ــ حرکت وضعی: که به آن حرکت چرخشی نیز می‌گویند، حرکت زمین به دور محور قطب‌های خود است که بر اثر آن شب و روز پدید می‌آید. طول مدت یک دور چرخش کامل زمین حول محورش ۲۴ ساعت است. هر نقطه از زمین به توالی در مقابل خورشید واقع می‌شود و سپس در تاریکی قرار می‌گیرد.

۲ــ حرکت انتقالی: یا حرکت مداری زمین عبارت است از حرکتی که زمین هم‌زمان با حرکت وضعی خود در فضا به دور خورشید انجام می‌دهد. مسیر این حرکت «مدار زمین به دور خورشید» نامیده می‌شود مدار زمین بیضی شکل است و زمین با سرعتی حدود ۳۰ کیلومتر در ثانیه آن را طی می‌کند. زمان یک دور کامل گردش زمین به دور خورشید ۳۶۵ روز و ۶ ساعت به‌طول می‌انجامد.



شکل ۷ــ۲ــ حرکات زمین (وضعی و انتقالی)

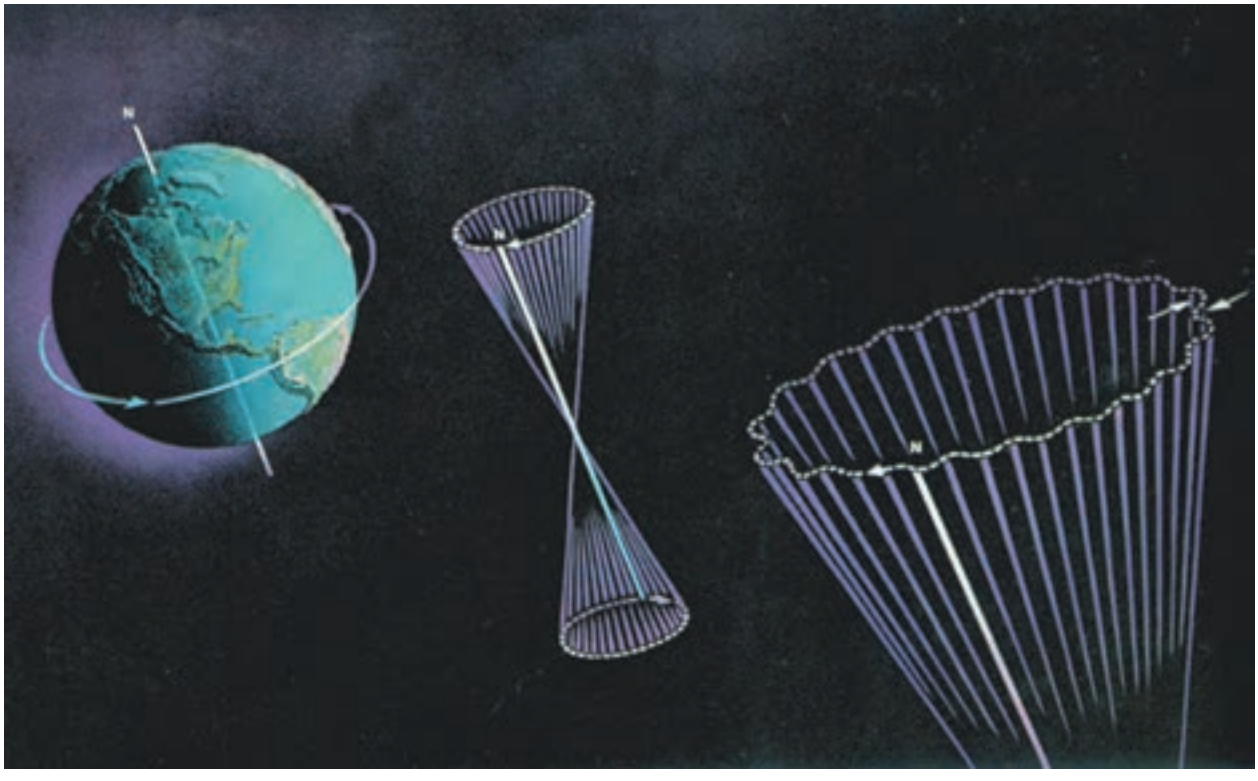
۱ــ هنرجویان ملزم به حفظ کردن اعداد و ارقام ارائه شده نیستند.

حرکات زمین: هر دو حرکت وضعی و انتقالی که مهم‌ترین حرکات زمین هستند از جهات مختلف بر زندگی انسان و پدیده‌های موجود در سطح کره‌ی زمین تأثیر می‌گذارند. اگر زمین به دور محور قطبی خود نمی‌چرخید یک طرف آن همیشه در مقابل تابش نور خورشید قرار داشت و از گرما و روشنایی آن استفاده می‌کرد و طرف دیگر همواره در تاریکی و سرما به‌سر می‌برد در نتیجه اختلاف دمای زیادی که بین این دو نیم‌کره‌ی روشن و تاریک به‌وجود می‌آمد طوفان‌های شدیدی احتمالاً وزیدن می‌گرفت و زندگی در قسمت‌هایی از زمین ناممکن می‌شد.

از سوی دیگر، چنان‌چه زمین به دور خورشید نمی‌چرخید اختلاف فصلی هم به وجود نمی‌آمد و طول روز و شب در همه جای زمین در تمام مدت سال ثابت بود.

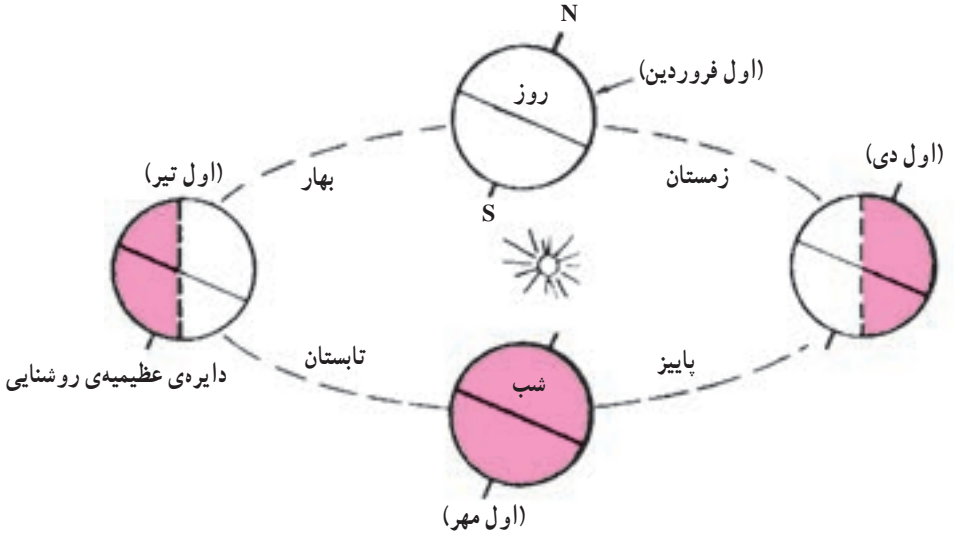
آیا تاکنون توجه کرده‌اید که در ایام مختلف سال طول روز و شب مساوی نیست؟ علت این اختلاف زمان، آن است که محور زمین که از قطب‌ها می‌گذرد برسطح مدار گردش آن به دور خورشید عمود نیست، بلکه با آن زاویه‌ای معادل ۲۳/۵ درجه می‌سازد. این انحراف محور زمین باعث می‌گردد که طول روز و شب در اوقات مختلف سال در یک نقطه یا در یک زمان در مدارهای مختلف نامساوی باشد.

به همین سبب، در آخرین روز خرداد ماه در نیم‌کره‌ی شمالی و از جمله در ایران شاهد طولانی‌ترین روز سال هستیم که در مقابل در نیم‌کره‌ی جنوبی کوتاه‌ترین روز سال است. دلیل این موضوع آن است که قطب شمال به دلیل انحراف ۲۳/۵ درجه‌ی محور قطبی زمین با سطح مدار گردش خورشیدی آن، این قطب، بیش از هر زمان دیگر به سوی خورشید متمایل باشد و در مقابل، در روز آخر آذرماه که خلاف این وضعیت رخ می‌دهد در نیم‌کره‌ی شمالی طولانی‌ترین شب سال (شب یلدا) پدید می‌آید و در نیم‌کره‌ی جنوبی نیز طولانی‌ترین روز سال پدیدار خواهد شد. به زمان‌هایی که خورشید در مسیر ظاهری سالیانه‌ی خود دارای بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع است «انقلابین» می‌گویند که شامل انقلاب تابستانی (اول تیرماه) و انقلاب زمستانی (اول دی‌ماه) است.



شکل ۸ ــ۲ــ چرخش محور زمین

در روزهای اول فروردین ماه و اول مهرماه هر سال نیز طول روز و شب در تمام نقاط کره‌ی زمین یکسان و برابر با ۱۲ ساعت است. این دو روز استثنایی از سال را که مدّت زمان شبانه‌روز در همه جای زمین مساوی است «اعتدالین» می‌نامند. در نتیجه، دو پدیده‌ی اعتدال بهاری و اعتدال پاییزی را مشاهده خواهیم کرد. در اعتدال بهاری، قطب شمال به مدت ۶ ماه دارای آسمان روشن و روز خواهد بود و به عکس، در قطب جنوب به مدّت ۶ ماه شب خواهد بود.

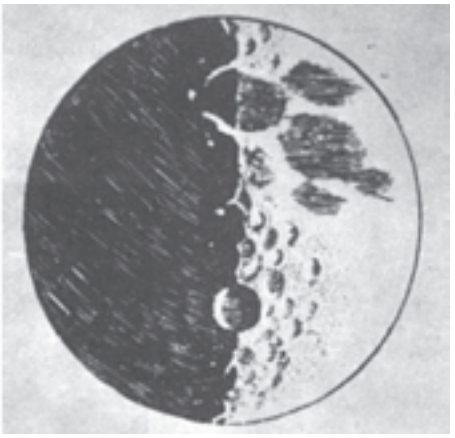


شکل ۹ــ۲ــ موقعیت زمین نسبت به خورشید در طول سال

کره‌ی ماه

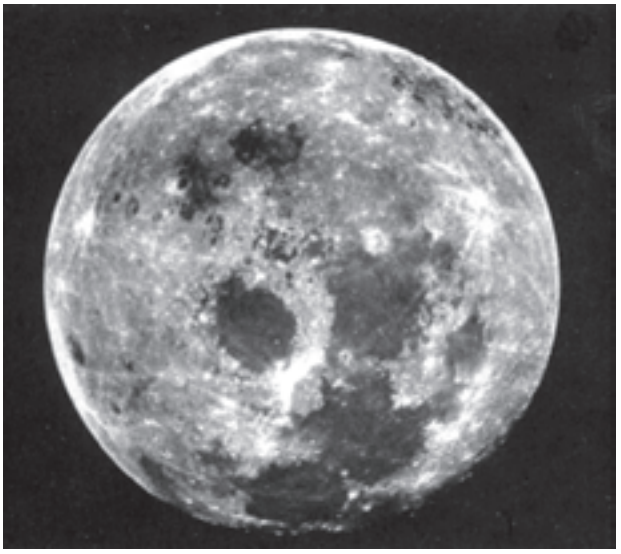
کره‌ی ماه از تمام اجرام آسمانی به زمین نزدیک‌تر بوده به خودی خود، کره‌ای سرد و تاریک است که با پرتو خورشید گرم و درخشان می‌شود. ماه از جهت غرب به شرق در روی مداری بیضی شکل به دور کره‌ی زمین می‌چرخد و همواره یک طرف آن به‌طرف زمین واقع شده و طرف دیگر از نظرها پنهان است. قطر کره‌ی ماه ۳۴۷۶ کیلومتر و جرم آن حدود $\frac{۱}{۱۰۰}$ وزن کره‌زمین است. کره‌ی ماه از دیرباز مورد توجه دانشمندان بوده است. از سال ۱۹۰۶ که «گالیله» نخستین تلسکوپ را به کار برد تا سال ۱۹۵۹ که روسیه‌ی شوروی برای نخستین بار ماهواره‌ی «لونای ۳» را در مدار ماه قرار داد و بیش‌تر دانستنی‌های بشر از طریق تلسکوپ و فرضیه‌های علمی به‌دست می‌آمد، ماهواره‌ی «لونای ۳» و سپس ماهواره‌های آمریکایی «اوربیتر» و «آپولو» با ارسال عکس‌ها و فیلم‌های تلویزیونی، اطلاعات جالبی را در اختیار انسان قرار دادند. در سال ۱۹۶۹ دانشمندان با پرتاب موشک غول‌پیکر «ساتورن ۵» سفینه‌ی «آپولو ۱۱» را با سه نفر سرنشین به‌سوی ماه هدایت کردند. دو ساعت پس از آغاز پرتاب، سفینه‌ی آپولو ۱۱ از ساتورن جدا شد و سرنشینان آپولو بعد از چهار روز مسافرت فضایی بر روی سطح کره‌ی ماه فرود آمدند.

هم‌چنان که در تصاویر مشاهده می‌شود سطح کره‌ی ماه از حفره‌های کوچک و بزرگ بی‌شماری تشکیل شده است. برخی از دانشمندان اعتقاد دارند که این حفره‌ها در نتیجه‌ی آتش‌فشان در سطح ماه به‌وجود آمده است، اما اکثر آنان معتقدند که سقوط سنگ‌های آسمانی فراوان بر روی پوسته‌ی نازک و نرمی از گردهای خاکستری رنگ سطح ماه، در طول میلیاردها سال، موجب پیدایش حفره‌ها شده است.



تصویری که گالیله با مشاهده‌ی کره‌ی ماه در تلسکوپ ترسیم نموده است.

تصویری از کره‌ی ماه که به‌وسیله‌ی دوربین عکاسی از همان بخشی که گالیله ترسیم کرده برداشته شده است.



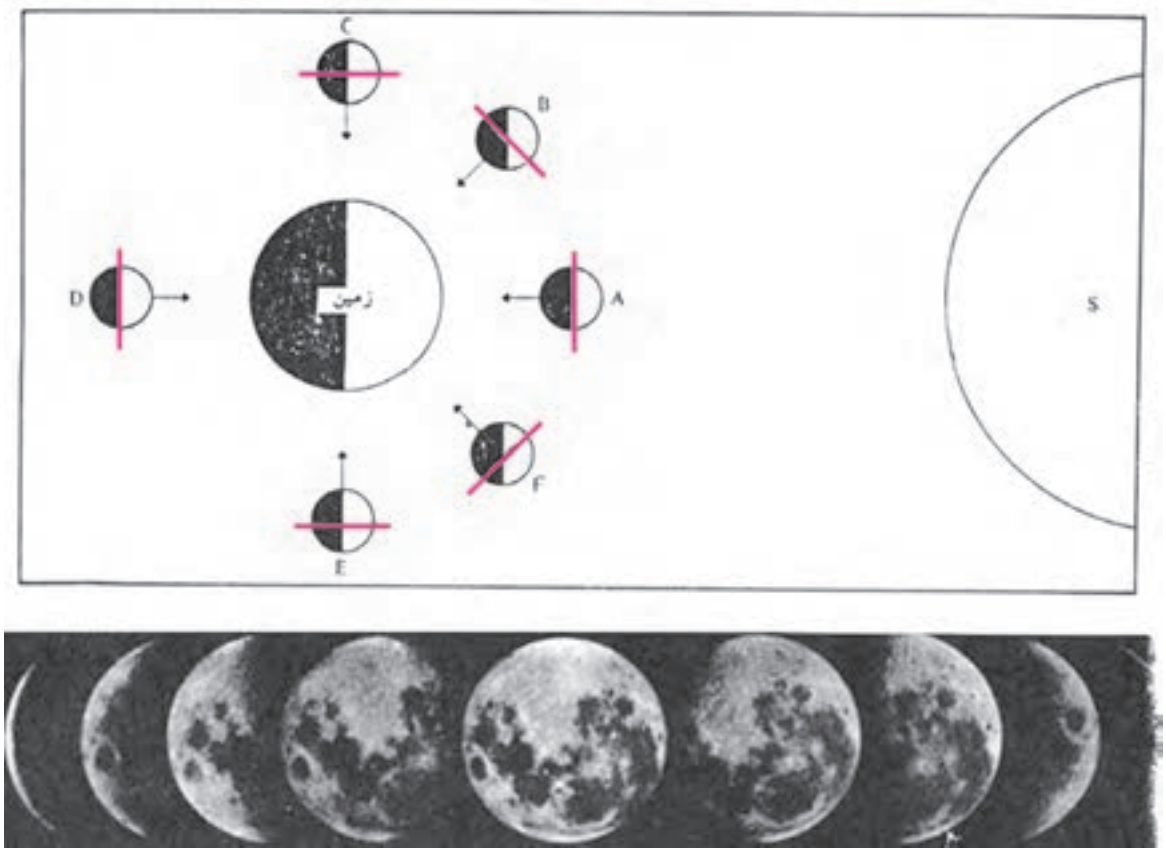
تصویری از کره‌ی ماه در حالت بدر کامل یا در شب چهاردهم که به‌حداکثر درخشش خود رسیده است.

تصویری ارسالی از آپولو۱۱، پستی و بلندی‌های نیمه‌ی پنهان ماه که هرگز از زمین دیده نمی‌شود. گودال بزرگ وسط تصویر حدود ۸۰ کیلومتر قطر دارد.

فضانورد آپولو ۱۱ که در کره‌ی ماه فرود آمده و تخته‌سنگی از سطح آن را آزمایش می‌کند.

شکل ۱۰ــ۲ــ تصاویر گوناگونی از سطح کره‌ی ماه

حرکات وضعی و انتقالی ماه: همان‌گونه که گفته شد ماه در مداری بیضی شکل به دور کره‌ی زمین می‌چرخد و مانند زمین دارای دو حرکت وضعی و انتقالی است، با این تفاوت که مدت زمان حرکت وضعی و انتقالی آن هر دو مساوی و معادل $۲۷\frac{۱}{۳}$ روز است ؛ یعنی، در طی این مدت، ماه یک دور به دور خود و یک دور به دور زمین می‌چرخد. به همین سبب، از طرف کره‌ی زمین همیشه تنها یک نیمه از کره‌ی ماه مشاهده می‌شود و نیمه‌ی دیگر را هرگز نمی‌توان دید. با توجه به این که کره‌ی ماه به دور زمین در گردش است، زاویه‌ی دید نیمه روشن آن مدام در حال تغییر است ؛ از این رو، اشکال گوناگونی را از هلال باریک تا قرص کامل می‌توان رؤیت کرد.

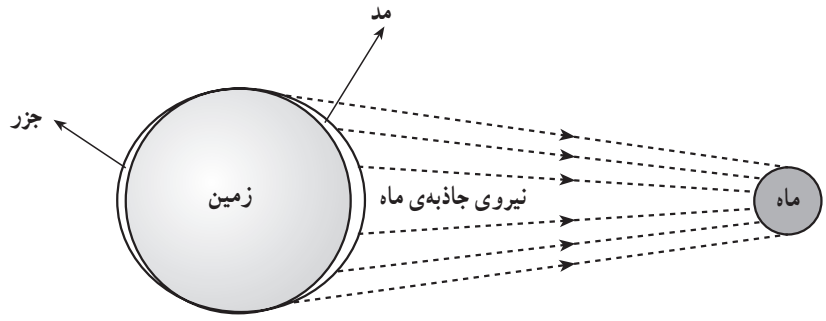


شکل ۱۱ــ۲ــ اهله‌ی قمر

پدیده‌ی جزرومدّ ماه: بشر از روزگاران قدیم بر این عقیده بوده است که صورت‌های مختلف شکل ماه در زندگی او تأثیر فراوانی دارد. اگر چه بسیاری از عقایدی که در این زمینه وجود دارد ظاهراً خرافاتی به نظر می‌رسد امّا تأثیر جاذبه‌ی ماه بر زمین انکار ناپذیر است، زیرا کره‌ی ماه در مقایسه با دیگر ستارگان به‌اندازه‌ای به زمین نزدیک است[۱] که اثر نیروی جاذبه‌ی آن را به‌خوبی در زمین احساس می‌کنیم. تأثیر نیروی جاذبه‌ی ماه عامل مهمی است که آب‌های قسمتی از کره‌ی زمین که به طرف این کره

۱ــ فاصله‌ی زمین و کره‌ی ماه، ۳۸۴۰۰۰ کیلومتر است.

است به سمت بالا بیاید که در این حالت، پدیده‌ی «مَد» اتفاق می‌افتد. در عوض، در طرف مخالف زمین نسبت به ماه نیروی جاذبه‌ی کم‌تری وارد می‌شود و حالت «جزر» در آن رخ می‌دهد. این دو پدیده هر ۶ ساعت و ۱۳ دقیقه تکرار می‌شود. تأثیر جاذبه‌ی کره‌ی ماه آن‌چنان است که سطح اقیانوس‌ها را به سان کوهی از آب نشان می‌دهد و حتی در تغییر ارتفاع خشکی‌های زمین نیز اثر می‌گذارد ؛ برای مثال، در خلیجی در شرق کانادا آب گاهی تا ۲۰ متر بالا و پایین می‌رود. بر اساس آزمایش‌هایی که صورت گرفته سطح آب‌های قاره‌ی آمریکای شمالی هنگامی که ماه بر فراز آن قرار می‌گیرد حدود ۱۰ سانتی‌متر بالا می‌آید.



شکل ۱۲ ــ۲ــ نقش ماه در پدیده‌ی جزر و مد آب دریاها

خودآزمایی

۱ــ کهکشان چیست؟ انواع آن را نام ببرید.
۲ــ منظومه‌ی شمسی شامل چه مجموعه‌ای است؟
۳ــ تفاوت دنباله‌دارها و شهاب سنگ‌ها چیست؟
۴ــ به‌نظر شما برای مطالعات فضایی، سطح کره‌ی زمین مناسب‌تر است یا کره‌ی ماه؟ چرا؟
۵ــ بر اثر حرکت وضعی و انتقالی زمین، کدام واحدهای زمانی تعیین شده‌اند؟ رابطه‌ی بین آن‌ها چیست؟
۶ــ در صورتی که حرکات وضعی و انتقالی زمین وجود نداشت چه وضعیتی بر زمین حاکم می‌شد؟
۷ــ انقلابین و زمان‌های مربوط به آن را شرح دهید.
۸ــ اعتدالین و مدت مربوط به آن را بیان کنید.
۹ــ چرا همواره یک طرف ماه از زمین دیده نمی‌شود؟
۱۰ــ دانشمندان در مورد حفره‌های کوچک و بزرگ سطح ماه چه نظریه‌هایی دارند؟
۱۱ــ حرکت وضعی و انتقالی کره‌ی ماه و زمین چه تفاوتی با یک دیگر دارند؟
۱۲ــ پدیده‌ی جزر و مد چه تأثیری در آب‌ها و خشکی‌های زمین برجا می‌گذارد؟

فصل سوّم

هوا کره (آتمسفر)

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ هوا کره و اهمیت آن را توضیح دهد.

۲ــ ترکیب هوا کره را تشریح کند.

۳ــ ساختار لایه‌ای هوا کره را توضیح دهد.

۴ــ یونوسفر و مگنتوسفر را شرح دهد.

۵ــ لایه‌ی اوزن را از لحاظ اهمیت حیاتی آن شرح دهد.

۶ــ فشار و دمای هوا را شرح دهد.

۷ــ اثر گلخانه‌ای را تشریح کند.

۸ــ جریان هوا، شامل باد و گرد باد و طوفان را بیان کند.

۹ــ رعد و برق و صاعقه را شرح دهد.

۱۰ــ نسیم دریا و نسیم خشکی را شرح دهد.

۱۱ــ رطوبت هوا و انواع رطوبت را بیان کند.

۱۲ــ ابرها و انواع آن‌ها را توضیح دهد.

۱۳ــ آب و هوا و انواع آن را شرح دهد.

هوا کره[1] (آتمسفر)

مقدمه

هوا گازی است بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌طعم که به مقدار اندکی در آب حل می‌شود. وجود هوا برای انسان و کلیه‌ی جانداران ضروری است و زندگی بدون آن امکان‌پذیر نیست. پوشش ضخیمی از هوا اطراف کره‌ی زمین را در برگرفته سبب می‌شود تا وضعیت لازم برای زیستن موجودات زنده در سیاره‌ی خاکی ما فراهم باشد. این پوشش هوای پیرامون زمین را «آتمسفر» یا «جو» می‌نامند. از طرفی، چون آتمسفر یا جو بر اثر کشش گرانشی در اطراف زمین جذب می‌شود و تابع شکل کروی زمین است به آن «هوا کره» نیز می‌گویند.

تا چندی پیش که آگاهی انسان از زمین و فضا محدود بود تصور می‌شد که هوا کره تنها از گازهایی تشکیل شده که برای تنفس انسان، رویش گیاهان و سایر اشکال زندگی سودمند است ؛ در حالی که از طریق پژوهش‌های فضایی ثابت شده که جو مانند سپری نامرئی کره‌ی زمین را در پناه خود قرار داده است و تشعشعات مرگبار کیهانی را که از خورشید یا فضای خارجی به‌سوی زمین می‌آیند و گاه دارای بار الکتریسیته نیز هستند، خنثی می‌کند.

هوا کره هم‌چنین اغلب سنگ‌های آسمانی و شهاب سنگ‌ها را به حالت گداخته و سپس به‌صورت خاکستر درمی‌آورد ؛ طبق برخی برآوردها در هر شبانه‌روز حدود یک صد میلیارد عدد شهاب‌سنگ بر زمین فرو می‌ریزد. این سپر محافظ، افزون بر آن، مانند عایقی مانع از رسیدن سرمای فضای خارج به سطح زمین می‌شود و در عین حال، گرمای خورشید را در خود ذخیره می‌سازد و در مجموع، وضعیت مطلوبی برای زندگی در روی کره‌ی زمین به‌وجود می‌آورد. اگر پوشش هوا سیّاره‌ی خاکی ما را در بر نمی‌گرفت امکان باریدن باران و برف و رویش گیاهان وجود نداشت، جریان بادی وزیدن نمی‌گرفت و ابرها چهره‌ی آسمان را تغییر نمی‌دادند. فقدان آتمسفر در اطراف کره‌ی زمین باعث می‌شد که آسمان تیره و مرده به‌نظر برسد و رنگ آبی آسمانی، مشاهده نگردد. قسمت آبی رنگ نور خورشید بیش‌تر از رنگ‌های دیگر در آتمسفر ظاهر می‌شود.

ترکیب هوا کره

جو زمین از ذرات نامرئی گازهایی مانند نیتروژن، اکسیژن، بخار آب، دود، غبار و نظایر آن پدید آمده که زمین را تا ارتفاع بسیاری احاطه کرده است ؛ هم‌چنین مقادیر اندکی گازهای خنثی، مانند آرگون، نئون، دی‌اکسیدکربن و سایر گازهای دیگر در آن وجود دارد. هر یک از این ذرات و گازها نقش و اهمیت ویژه‌ای دارند. نیتروژن گازی است که تقریباً ۷۸/۱ درصد حجم هوا را تشکیل می‌دهد و هیچ‌گونه نقش فعالی در تنفس جانداران و عمل سوختن اجسام ندارد. اکسیژن نیز در حالت عادی ۲۰/۹ درصد حجم هوا را شامل می‌شود و گازی است که به علت گرایش ترکیبی زیاد، با تعداد بسیاری از عناصر موجود در طبیعت، به ویژه به وسیله‌ی حرارت، ترکیب می‌شود. اکسیژن موجب زنگ‌زدگی فلزات شده نیز به‌راحتی با کانی‌ها ترکیب می‌گردد و موجب تخریب و تجزیه‌ی سنگ‌ها می‌شود. به همین دلیل، در فرایندهای زمین شناسی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند.

بخار آب در هوا به صورت ذرات بسیار ریزی پراکنده است. انرژی اشعه‌ی خورشید روزانه میلیون‌ها متر مکعب از آب دریاها و اقیانوس‌ها را تبخیر می‌کند و به آتمسفر پیرامون خود وارد می‌سازد. حدود نصف انرژی تابیده شده‌ی خورشید به سطح آب منحصراً صرف بخار کردن آن می‌شود ؛ از این رو، می‌توان به حجم عظیم بخار آبی که تولید می‌شود پی برد. هر یک از ذرات بخار آب حجمی حدود یکصد هزارم میلی‌متر مکعب دارند و به علّت سبکی در هوا معلق می‌مانند. بخار آب نیز به سهم خود تأثیر بسیاری در پدیده‌های زمین شناسی و مطبوع بودن هوا باقی می‌گذارد. تشکیل مه، ابر و باران به وجود میزان بخار آب در هوا بستگی دارد.

۱ــ Atmospher

از گازهای دیگر موجود در هوا دی‌اکسیدکربن است که حدود ۰/۰۳ درصد آن را تشکیل می‌دهد. این گاز از نظر فرایند فتوسنتز و رشد پوشش گیاهی سطح زمین و تعادل دمای هوا عمل مهمی را انجام می‌دهد. دی‌اکسیدکربن در نتیجه‌ی ترکیب با آب باران، تولید اسیدکربنیک کرده سبب حل شدن سنگ‌های آهکی پوسته‌ی زمین می‌شود ؛ در نتیجه، در فرایند هوازدگی و فرسایش تأثیرگذار است. گاز اوزن نیز جزو گازهایی است که در هوای تازه‌ی آتمسفر وجود دارد. مقدار اوزن در هر متر مکعب هوای آزاد ۲×۱۰^{-۵} گرم است. پس از تخلیه‌ی الکتریکی ابرها به‌وسیله‌ی رعد و برق، همواره مقداری گاز اوزن به‌وجود می‌آید که بوی مخصوص آن در ارتفاعات بلند و کوهستان‌ها، نیز در مناطق جنگلی به مشام می‌رسد. پیدایش این گاز بر اثر تبدیل اکسیژن به اوزن، تحت تأثیر تابش اشعه‌ی ماورای بنفش و تبخیر آب نیز صورت می‌گیرد. فرایند تشکیل شدن گاز اوزن به این ترتیب است که یک فوتون پر انرژی از تابش‌های ماورای بنفش به یک مولکول اکسیژن ($O_۲$) برخورد می‌کند و اتم‌های آن را آزاد می‌سازد. این اتم‌ها با مولکول‌های اکسیژن مجاور ترکیب شده یک مولکول اوزن ($O_۳$) را به وجود می‌آورند. از خواص اوزن این است که بیش‌تر اشعه‌ی ماورای بنفشی را که از خورشید ساطع می‌شود و به زمین می‌تابد به خود جذب می‌کند و مانع از رسیدن آن‌ها به زمین می‌شود. در چنین فرایندی اوزن تحت تأثیر فوتون‌های ماورای بنفش یا نور مرئی تجزیه می‌شود. این سلسله واکنش‌ها هم‌چنان تکرار می‌شود. در مطالعه‌ی ساختار لایه‌ای هوا، به‌طور جداگانه، از لایه‌ی اوزن بحث خواهد شد.

گازهای دیگری که تحت عنوان گازهای خنثی یا کمیاب در آتمسفر زمین به مقدار بسیار کم وجود دارند عبارت‌اند از آرگون، نئون، هلیوم، کریپتون، گزنون و رادون که هیچ‌گونه نقش فعالی در محیط ندارند.

قسمتی از گرد و غبارهای موجود در هوا نیز از سطح زمین وارد هوا کره می‌شوند که فعالیت‌های آتش‌فشانی، وزش بادها در نواحی خشک و بیابانی عامل آن هستند یا آن که از طریق برخورد شهاب‌سنگ‌ها با هوا کره ایجاد می‌شوند. مقدار گرد و غبار در هوای سطح زمین در نقاط گوناگون متفاوت است. بر اساس تحقیقات، حتی هوای کاملاً پاکیزه‌ی نقاط مرتفع کوهستانی نیز دارای گرد و غبار بوده مقدار آن از ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ذره گرد و غبار در هر سانتی‌متر مکعب متغیّر است پژوهش‌های علمی دیگر حاکی از آن است که مقداری از ذرات رادیواکتیو ناشی از انفجارات هسته‌ای نیز در حال حاضر در هوای کره موجود هستند.

کوه آتش‌فشان

شکل ۱ــ۳ــ بعضی از منابع آلودگی آتمسفر زمین

ساختار لایه‌ای هواکره

امروزه هواشناسان و متخصصان امور هوا ــ فضا با استفاده از فن‌آوری‌های جدید و با مطالعات مستقیم و غیرمستقیم توانسته‌اند وضعیت هواکره را تا صدها کیلومتری بالای زمین مشخص کنند. این دانشمندان، جو زمین را شامل لایه‌های مختلفی می‌دانند که حد فوقانی هر یک از آن‌ها کاملاً مشخص نیست، زیرا ضخامت لایه‌ها در هر لحظه به علت وجود وضعیت آب و هوایی متفاوت و موقعیت جغرافیایی خاص منطقه فرق می‌کند. در این‌جا به اختصار این لایه‌ها را معرفی می‌کنیم.

۱ــ تروپوسفر[۱]: اولین لایه‌ی جو را «تروپوسفر» نامیده‌اند. حد متوسط تروپوسفر در حدود ۱۲ کیلومتر است، اما در منطقه‌ی استوا این ارتفاع بیش‌تر و در دو قطب زمین کم‌تر است؛ بنابراین، چون ابرها در تروپوسفر تشکیل می‌شوند، در اوقات گرم سال ارتفاع تروپوسفر بیش‌تر می‌شود و تغییرات وضع هوا به این لایه ارتباط پیدا می‌کند. از مهم‌ترین ویژگی‌های تروپوسفر کاهش منظم هوا با آهنگ تقریبی ۶ تا ۸ درجه‌ی سانتی‌گراد در هر کیلومتر ارتفاع است.

۲ــ استراتوسفر[۲]: لایه‌ی استراتوسفر در بالای تروپوسفر قرار گرفته است. استراتوسفر لایه‌ای شفاف و رقیق است و تقریباً بخار آب ندارد، زیرا ابرها به آن نمی‌رسند استراتوسفر در قسمت‌های پایین، سرد و در قسمت‌های بالا گرم است. لایه‌ی اوزن در سطح فوقانی استراتوسفر قرار دارد و به سبب جذب اشعه‌ی ماورای بنفش خورشید از اهمیت خاصی برخوردار است.

۳ــ مزوسفر[۳]: این لایه در قسمت فوقانی استراتوسفر قرار دارد که دمای هوا در آن کاهش می‌یابد، زیرا هیچ‌گونه فرایند حرارت‌زایی در آن صورت نمی‌گیرد.

۴ــ ترموسفر[۴]: در این لایه به علت جذب اشعه‌ی ماورای بنفش با افزایش ارتفاع، بر درجه‌ی حرارت افزوده می‌شود، به‌طوری که دما از مرز ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌گذرد و گاه به حدود ۱۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد.

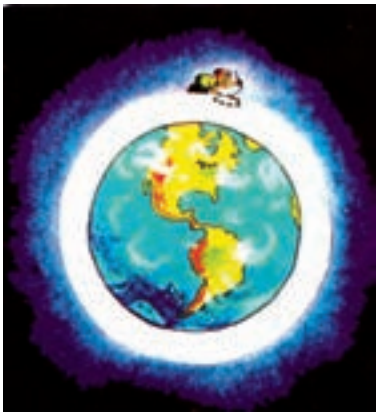
به سبب اهمیت خاصی که هواکره از نظر انعکاس امواج رادیویی، نیز حفاظت زمین در برابر اشعه‌ی خطرناک ماورای بنفش خورشیدی دارد، در این‌جا به دو لایه‌ی «یونوسفر» و لایه‌ی «اوزن» اشاره می‌شود.

لایه‌ی یونوسفر[۵]: لایه‌ی یونوسفر بخشی از هواکره را شامل می‌شود که ارتفاع ۶۵ تا ۱۰۰۰ کیلومتر زمین را احاطه کرده است. در این لایه ــ بر اثر وجود الکترون‌های آزاد یون‌های گازها که در پی تشعشع خورشیدی ایجاد می‌گردد ــ خاصیت هدایت الکتریکی زیاد می‌شود و یونیزاسیون این قسمت موجب می‌گردد که امواج رادیویی شکسته شود و به زمین انعکاس یابد.

لایه‌ی اوزن: همان گونه که قبلاً اشاره شد در لایه‌ی استراتوسفر و در قسمت فوقانی آن لایه‌ای از گاز اوزن (O_3) قرار دارد که زمین را در برابر تابش اشعه‌ی ماورای بنفش محافظت می‌کند و انسان، گیاهان و جانوران را از زیان‌های ناشی از آن محفوظ نگاه می‌دارد. در سال ۱۹۸۵ آتمسفر شناسان انگلیسی گزارش شگفت‌انگیزی انتشار دادند مبنی بر آن که مقدار بهاره‌ی اوزن آسمان خلیج «هالی» از سال ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۴ بیش از ۴۰ درصد کاهش یافته است. با گزارش‌های بعدی پژوهشگران، ضمن تصدیق کاهش لایه‌ی اوزن در آن منطقه، مشخص گردید که منطقه‌ی کاهش اوزن در بالای خشکی قطب جنوب وسیع‌تر است و تقریباً تا ارتفاع ۲۴ کیلومتری زمین ادامه می‌یابد؛ هم‌چنین بیش‌تر استراتوسفر تحتانی را در بر می‌گیرد. این پدیده در واقع یک حفره در لایه‌ی اوزن محسوب می‌شود. این موضوع دانشمندان و عموم مردم را نگران ساخت، زیرا حکایت از آن داشت که لایه‌ی اوزن آتمسفر بیش از آن‌چه پیش‌بینی می‌شد در خطر است. مطالعات مربوط به حفره‌های لایه‌ی اوزن بر دو تئوری استوار بود که برپایه‌ی یکی از آن‌ها حفره‌های لایه‌ی اوزن معلول تغییر طبیعی جریان است که در بهار نیم‌کره‌ی جنوبی هوای پر اوزن را به استراتوسفر قطبی انتقال می‌دهد، و دیگری بیانگر تأثیر آلودگی‌های زیست‌محیطی روی لایه‌ی اوزن است که بعدها پژوهشگران دانشگاه کالیفرنیا در این زمینه نسبت به مصرف ماده‌ی کلروفلوئورکربن (CFC) که به‌صورت خنک‌کننده‌ی یخچال و دستگاه‌های تهویه‌ی مطبوع، اسپری‌ها، و مواد پاک کننده‌ی قطعات وسایل الکترونیکی به کار می‌رود اعلام خطر نمودند. این

۱ــ Troposphere ۲ــ Stratosphere ۳ــ Mesosphere ۴ــ Thermosphere ۵ــ Inosphere

گاز با ورود خود به آتمسفر در هنگام برخورد با مولکول‌های اوزن آن‌ها را متلاشی می‌کند و اکسیژن به‌وجود می‌آورند و نابودی اوزن در آتمسفر زمین نهایتاً حفره‌های لایه‌ی اوزن را به دنبال دارد. کاهش تأثیر حفاظتی لایه‌ی اوزن، زندگی انسان و دیگر موجودات را در معرض خطرات مهلک قرار می‌دهد.



شکل ۲ــ۳ــ سوراخ شدن (نازک‌شدن) لایه‌ی اوزن

فشار هوا

هوای پیرامون ما که گاه وجود آن را احساس هم نمی‌کنیم دارای وزن است و برسطح زمین فشار زیادی نیز وارد می‌کند. هر لیتر هوا ۱/۳ گرم وزن دارد. وزن تمام توده‌ی جو که کره‌ی زمین را احاطه کرده معادل وزن ستون آبی به ارتفاع حدود ۱۰ متر یا ستون جیوه‌ای برابر با ۷۶ سانتی‌متر در سطح دریا است که اصطلاحاً یک آتمسفر خوانده می‌شود. این بدان معنی است که در کنار دریا فشار هوا قادر است جیوه را تا ارتفاع ۷۶ سانتی‌متر و آب را تا ده‌متری بالا ببرد. فشار هوا در ارتفاعات مختلف متفاوت است و هرچه از سطح زمین به طرف بالا حرکت کنیم مقدار آن کاسته می‌شود. در ارتفاع ۵/۵ کیلومتری سطح زمین فشار هوا به نصف کاهش پیدا می‌کند. فشار هوا در بلندترین نقطه‌ی سطح زمین یعنی قله اورست حدود $\frac{۱}{۳}$ فشار هوا در سطح دریاست (۲۸/۴ میلی‌متر جیوه) ؛ از این رو، خلبانان و کوهنوردان برای رفتن به جاهای بلند باید مجهز به دستگاه‌ها و ماسک‌های تنفسی باشند. فشار هوا در معادن زیرزمینی که زیر سطح دریاهای آزاد است بیش‌تر از ۷۶ میلی متر جیوه است. فشار هوا در یک نقطه، در طول شبانه روز، ثابت نیست و تغییر می‌کند. بر این‌اساس، میزان فشار هوا در هر منطقه در فصل‌های مختلف سال نیز متغیّر است. در سطح قاره‌ها در زمستان که هوا سرد است فشار هوا نسبت به تابستان بیش‌تر است. البته باید درنظر داشت که ممکن است در محل خاصی این وضعیت تغییر پیدا کند.

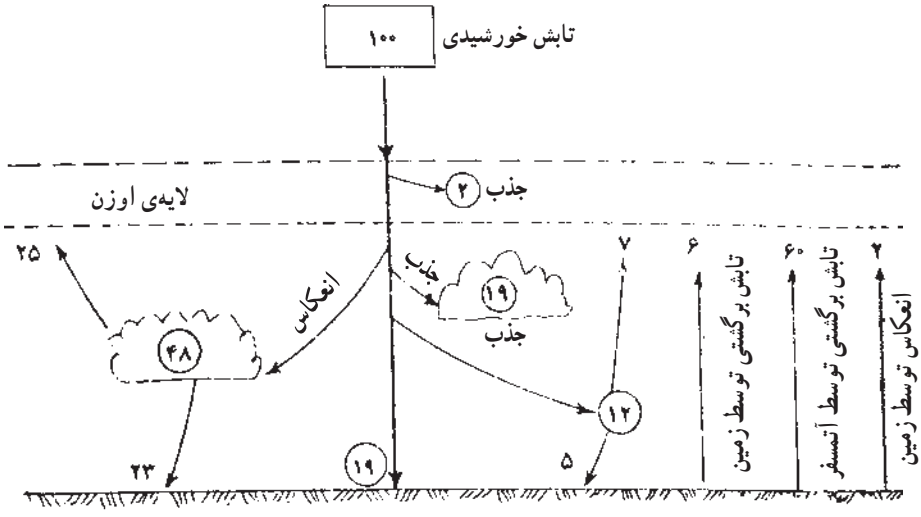
اندازه‌گیری فشار هوا به وسیله‌ی دستگاه‌های فشارسنج صورت می‌گیرد و چنان‌چه قرار باشد به‌طور مداوم عمل اندازه‌گیری انجام شود از دستگاه‌های فشار نگار استفاده می‌کنند.

دمای هوا

خورشید منبع اصلی انرژی حرارتی سطح و جو کره‌ی زمین است ؛ از این رو، تمام تغییرات و تحولات در هواکره عمدتاً به سبب انرژی تابشی خورشید صورت می‌گیرد. کره‌ی زمین نیز یک منبع گرمازاست که از خود انرژی حرارتی به خارج منتشر می‌کند و مقدار آن در مقایسه با انرژی حرارتی خورشید بسیار اندک است.

از مجموع انرژی حرارتی خورشید که به صورت امواج الکترومغناطیسی تابش می‌کند و به کره‌ی زمین می‌رسد در حدود ۳۵ درصد آن به فضا منعکس می‌شود و جذب زمین نمی‌گردد. هوا کره نیز ۲۰ درصد انرژی خورشید را در خود نگاه می‌دارد ؛ در نتیجه، ۸۰ درصد انرژی خورشیدی به‌سطح زمین نمی‌رسد که مجدداً به هوای پیرامون آن منتقل می‌شود. میانگین دمای سطح کره‌ی زمین با گذشت زمان تغییر چندانی پیدا نمی‌کند. اگر زمین گرمایی را که در طول زمان دریافت می‌کند در خود ذخیره می‌کرد دمای آن پس از مدتی به سرعت بالا می‌رفت. اما همان گونه که می‌دانید دمای زمین تقریباً ثابت است و این موضوع ناشی از نقش هوا کره، به مثابه‌ی یک تنظیم کننده‌ی حرارتی برای زمین، است. البته گردش کره‌ی زمین و پیدایش شب و روز نیز در ایجاد این تعادل کاملاً تأثیرگذار است.

با توجه به شکل، میزان تابش انرژی حرارتی‌ای که به آتمسفر و سطح کره‌ی زمین وارد می‌شود برابر است با میزان انرژی‌ای که مجدداً به فضا برمی‌گردد.



شکل ۳ــ۳ــ توازن انرژی در آتمسفر

اثر گلخانه‌ای[1]

کره‌ی زمین پس از دریافت گرمای خورشید، انرژی حرارتی خود را به صورت تشعشع حرارتی مجدداً به اطراف خود منتشر می‌کند. هرگاه در اطراف زمین، هواکره وجود نداشت این انرژی حرارتی به سرعت در فضا پراکنده می‌شد و از میان می‌رفت، اما وجود آتمسفر در پیرامون کره‌ی زمین مانع از خروج دوباره امواج گرمایی به فضا می‌شود. عامل اصلی این پدیده نیز بخار آب ــ به صورت ابر و رطوبت زیاد ــ و گاز CO_2 موجود در هواست که از خروج تشعشات حرارتی جلوگیری می‌کنند و دارای طول موج بلند[2] هستند؛ یعنی در واقع آن‌ها را جذب می‌کنند و در خود نگاه می‌دارند. چنین عملی شبیه گلخانه‌هایی است که سقف آن‌ها با شیشه یا پلاستیک پوشیده شده و هوای داخل آن‌ها دم‌کرده و شرجی است. به‌همین دلیل، این پدیده به نام «اثر گلخانه‌ای» مشهور شده است. افزایش گازهای گلخانه‌ای مانند CO_2 و CH_4 مشکلات جدی در کره‌ی زمین به بار می‌آورد و براساس برخی مطالعات ظرف چهل سال آینده مقدار این گازها، به دلیل افزایش مصرف منابع انرژی فسیلی، ممکن است به دو برابر برسد که در این صورت، احتمالاً دمای هواکره بین ۲ تا ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت.

به یقین شما نیز در سال‌های اخیر، از طریق رسانه‌های گروهی با خبر شده‌اید که پژوهشگران موضوع گرم‌شدن تدریجی کره‌ی زمین را در دست مطالعه دارند و نگرانی‌هایی درباره‌ی ذوب یخ‌های قطبی و یخچال‌های طبیعی و بالا آمدن سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها، هم‌چنین بروز بعضی از خشکسالی‌ها، بیان می‌کنند. واقعیت این است که استفاده‌ی بسیار گسترده‌ی بشر از منابع سوخت و انرژی مانند نفت، گاز، زغال سنگ و انهدام منابع طبیعی نظیر مراتع و جنگل‌ها و برخی عوامل دیگر در مجموع باعث گردیده که متوسط دمای کره‌ی زمین ۰/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد نسبت به یک قرن گذشته بالا برود. اگرچه میزان این افزایش شاید چندان درخور توجه نباشد، اما چنان‌چه این روند در آینده ادامه پیدا کند حیات بشر و نسل صدها گونه‌ی گیاهی و جانوری از این تغییرات به مخاطره خواهد افتاد؛ از این رو به‌نظر می‌رسد موضوع توجه به حفاظت محیط زیست و رعایت استانداردهای زیست‌محیطی در سرتاسر کره‌ی زمین بتواند تا حدودی از بحران خطرناکی که فرا روی ما قرار دارد جلوگیری کند.

بیابان‌زایی، سیل‌های مکرر و طوفان‌های شدید نتایج گرم‌شدن زمین هستند.

۱ــ Green house effect

۲ــ اشعه‌ی مادون قرمز

جریان هوا (باد)

براثر اختلاف فشار هوا که ناشی از اختلاف حرارت آن در دو نقطه‌ی مجاور هم است جریان هوا شکل می‌گیرد که به آن «باد» می‌گوییم. در چنین وضعیتی هوای محیط سردتر که پرفشارتر است به‌طرف محیط گرم کم‌فشار جریان پیدا می‌کند و این جابه‌جا شدن هوا در جو زمین سبب پیدایش باد می‌شود.

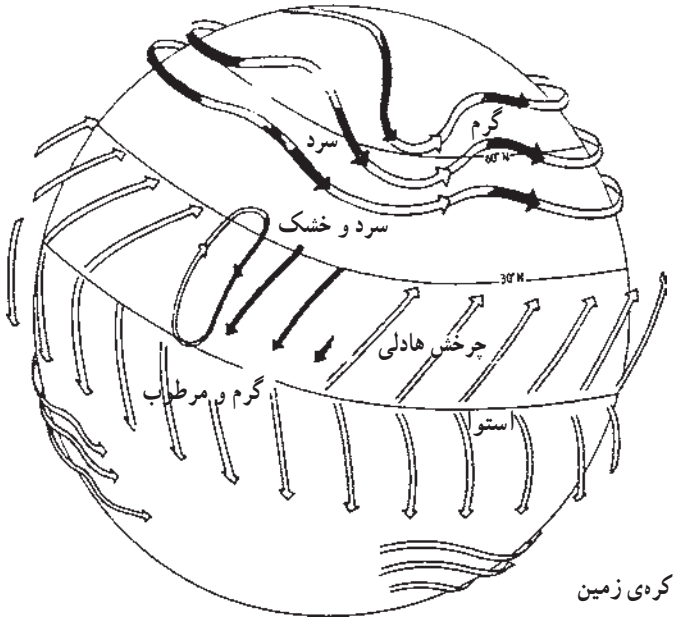
شاید در درجه‌ی اول این تصور پیش آید که هوای گرم مناطق استوایی در سطح کره‌ی زمین باید به طرف بالا برود و جای آن را هوای سرد قطبی بگیرد. این تصور اگر زمین فاقد گردش به دور خود بود کاملاً صحت داشت، اما چرخش زمین باعث می‌گردد که هوای گرم ناحیه‌ی استوا پس از صعود به ارتفاعات نتواند در امتداد یک خط مستقیم به سمت قطب حرکت کند، بلکه به تدریج به سمت مشرق منحرف می‌شود و پس از سردشدن دوباره به‌طرف سطح زمین باز می‌گردد.

باد نیز از عوامل بسیار مهمی است که از طریق فرسایش رسوبات و سنگ‌های سطح زمین و جابه‌جا کردن ذرات ریز ماسه و انباشته کردن آن‌ها در نقاط دیگر، چهره‌ی زمین را تغییر می‌دهد و معمولاً تأثیر آن را در نواحی خشک و بیابانی بهتر و بیش‌تر می‌توان مشاهده کرد.

مطالعه‌ی آزاد

توزیع جهانی باد

بین عرض‌های ۳۰ درجه‌ی شمالی و ۳۰ درجه‌ی جنوبی هوای گرم شده در استوا به بالا صعود می‌کند و هوای سردتری که از شمال و جنوب می‌آید جای‌گزین آن می‌شود. این جریان را «چرخش هادلی[1]» می‌نامند. در سطح کره‌ی زمین این جریان بدین معناست که بادهای سرد به‌طرف استوا می‌وزند. بین عرض‌های جغرافیایی ۳ درجه‌ی شمالی (جنوبی) و ۷۰ درجه‌ی شمالی (جنوبی) عمدتاً بادهای غرب در جریان هستند. این بادها یک چرخش موجی را تشکیل می‌دهند و هوای سرد را به جنوب و هوای گرم را به شمال منتقل می‌سازند. این الگو را جریان «راسبی[2]» می‌نامند.



شکل ۴ــ۳ــ جریان جهانی باد در روی کره‌ی زمین

۱ــ Hadley ۲ــ Rossby

گردباد

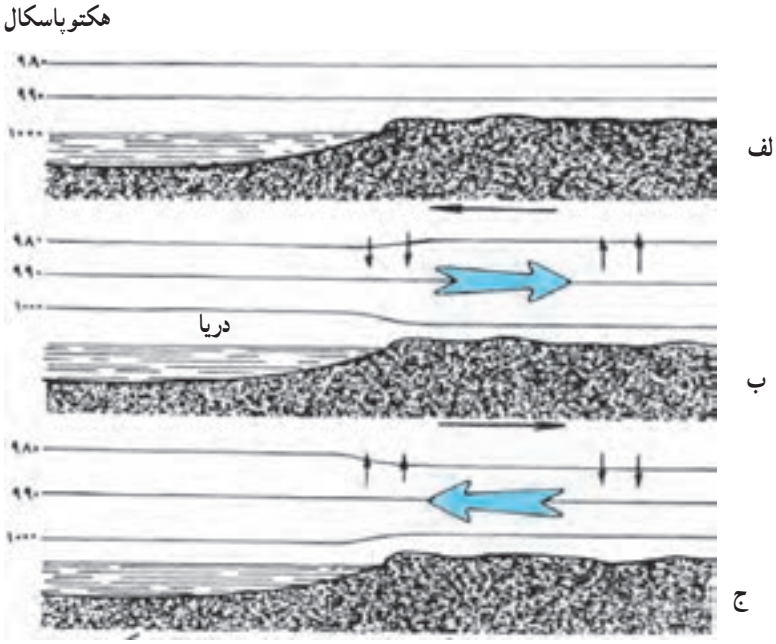
«گردباد» عبارت است از کشمکش شدید حاصل از برخورد و جریان هوای نامشابه در جریان برخورد. اگر این جریان‌های جوی یکی از توده‌های هوای سرد باشد و در داخل هوای گرم نفوذ کند آن را به طرف بالا هدایت نموده خطی که این برخورد را مشخص می‌کند «**جبهه‌ی سرد**» نامیده می‌شود و چنان‌چه خلاف این باشد خط برخورد دو هوا را «**جبهه‌ی گرم**» می‌نامند. در هر صورت، نتیجه‌ی برخورد جریان‌های مذکور، طوفانی شدن هواست. جبهه‌ی سرد سبب طوفان، رعد و برق و رگبار می‌گردد و جبهه‌ی هوای گرم باران‌های ناگهانی و ابر و مه را به همراه می‌آورد.

رعد و برق و صاعقه

ابرها دارای بار الکتریکی و حامل الکتریسیته هستند. هرگاه بارهای الکتریکی مخالف از فضایی به‌فضای دیگر جهش کنند تخلیه‌ی الکتریکی بین ابرها به‌صورت ایجاد جرقه صورت می‌گیرد که صدای حاصل از آن را «رعد» و درخشش جرقه را «برق» و مجموع این پدیده را «رعد و برق» می‌نامند. هرگاه عمل تخلیه‌ی الکتریکی بین ابر و زمین صورت گیرد «صاعقه» رخ خواهد داد که اصابت آن با ساختمان‌های بلند مخرّب، و با انسان و حیوانات مرگ‌آور است.

نسیم دریا و نسیم خشکی

«نسیم» جریان ملایم و مطبوعی است که سبب لطافت هوا می‌گردد. هنگامی که در ساحل دریا قرار می‌گیرید نسیم ملایمی را از دریا به طرف خشکی و نیز از خشکی به دریا مشاهده خواهید کرد. علت این امر، آن است که سطح زمین نسبت به آب دریا زودتر گرم شده در طول روز بر اثر تابش نور خورشید به سرعت گرم می‌شود و لایه‌های هوای بالای آن منبسط می‌گردد و درنتیجه، هوای دریا به طرف خشکی جریان پیدا می‌کند که به آن نسیم دریا می‌گویند. خلاف این جریان در شب رخ می‌دهد ؛ یعنی هنگامی که زمین به سرعت سرد شده لایه‌های هوای بالای آن سرد و متراکم می‌شود ــ در حالی که دریا هنوز گرمای خود را حفظ کرده و هوای بالای آن گرم و منبسط است ــ نسیم از خشکی به‌طرف دریا شروع به‌وزیدن می‌کند.



شکل ۵ــ۳ــ نحوه‌ی تشکیل نسیم‌های دریا و نسیم‌های خشکی

رطوبت هوا[1]

در هوای تمام نقاط زمین همواره مقداری بخار آب وجود دارد که نقش مهمی در تحولات آب و هوایی دارد. به مقدار بخار آب موجود در هوا «رطوبت» می‌گویند. رطوبت هوا در مناطق مختلف زمین متفاوت است؛ به‌گونه‌ای که با دور شدن از دو قطب زمین و نزدیک شدن به خط استوا بر مقدار رطوبت هوا افزوده می‌شود. علت این امر آن است که ظرفیت نگه‌داری بخار آب در هوای گرم نسبت به هوای سرد زیادتر است. به‌منظور بیان رطوبت هوا، از دو تعریف «رطوبت مطلق» و «رطوبت نسبی» استفاده می‌شود:

رطوبت مطلق: مقدار بخار آب موجود در واحد حجم یا واحد جرم هوا را رطوبت مطلق می‌گویند و آن را برحسب «گرم در هر متر مکعب» بیان می‌کنند.

رطوبت نسبی: عبارت است از نسبت بین مقدار رطوبت موجود در هوا بر حداکثر مقدار رطوبتی که هوا می‌تواند در خود نگه دارد و به حد اشباع برسد. رطوبت نسبی را برحسب درصد نشان می‌دهند.

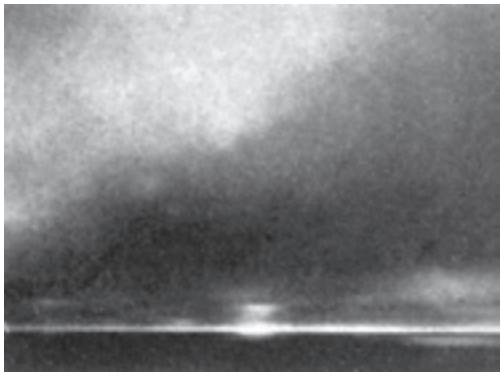
ابرها

ابرها توده‌های بزرگی از ذرات بسیار ریز آب یا بلورهای یخ هستند که در ارتفاعات مختلف هواکره و در مجاورت سطح زمین پدیدار می‌گردند. هنگامی که ابرها با طبقات سرد هوا برخورد می‌کنند قطرات ریز آب متراکم‌تر و درشت‌تر می‌شوند و به صورت باران یا برف ریزش می‌کنند. آن‌چه به‌نام «مِه» خوانده می‌شود نیز همان ابر است که در نزدیکی زمین یا سطح آن تشکیل می‌شود و باعث می‌گردد میدان دید افرادی که در داخل آن قرار می‌گیرند محدودتر شود.

انواع ابرها: ابرها به شکل‌ها و انواع مختلفی در آسمان دیده می‌شوند. شکل ابرها عموماً به جریان هوابستگی دارد هرگاه جریان هوا افقی باشد ابرها لایه لایه می‌شوند و چنان‌چه جریان هوا قائم باشد ابرها توده‌ای شکل خواهند شد. بر حسب ارتفاعی که ابرها از سطح زمین دارند ابرها را به اسامی مختلفی طبقه‌بندی کرده‌اند. ابرهایی که در ارتفاع پایین و به‌صورت توده‌های ضخیم و گنبدی شکل با کناره‌های روشن‌تر دیده می‌شوند، ابرهای «کومولوس» نام دارند.

شکل ۶ــ۳ــ ابرکومولوس، نشانه‌ای از هوای خوب و ملایم

ابرهای لایه لایه‌ای که معمولاً تمام آسمان را می‌پوشانند به‌رنگ خاکستری، شبیه مه و بسیار نزدیک به زمین هستند ابر «استراتوس» نامیده می‌شوند.



شکل ۷ــ۳ــ ابر استراتوس ابر کم ارتفاعی، با نرمه باران احتمالی

ابر دیگری نیز به نام «سیروس» وجود دارد که در ارتفاعات بالا (بین ۷ تا ۱۳ کیلومتر) تشکیل می‌شود و پرمانند است. ابرهای سیروس قبل از طلوع آفتاب ابتدا گُلی و قرمز رنگ هستند و سپس زرد کم‌رنگ می‌شوند و سرانجام به رنگ سفید درمی‌آیند. هنگام غروب نیز به رنگ قبل از طلوع برمی‌گردد و سپس خاکستری رنگ می‌شود.

۱ــ Humidity

شکل ۸ــ۳ــ ابرسیروس همانند لایه‌ای از پر، معرف هوای آرام و خوب است

البته ابرها گاهی به‌صورت مخلوط درمی‌آیند و برای نام‌گذاری اسامی ترکیبی آن‌ها «سیروکومولوس»[1] «استراتوکومولوس»[2] به‌کاربرده می‌شود. هرگاه ابر قدرت بارندگی داشته باشد به آن کلمه‌ی «نیمبوس»[3] اضافه می‌گردد؛ مانند «کومولونیمبوس»[4] و «نیمبواستراتوس»[5].

شکل ۹ــ۳ــ ابر کومولونیمبوس، همراه با رعد وبرق پیام‌آور توفانی‌قریب‌الوقوع

شکل ۱۰ــ۳ــ ابر نیمبواستراتوس با زمینه‌ای تیره و تار نشانه‌ای است از ریزش باران یا برف ممتد

آب و هوا (اقلیم)

آب و هوا مجموعه‌ای از وضعیت غالب جوّی در یک منطقه‌ی جغرافیایی است که با مشاهدات و اندازه‌گیری‌های فراوان، در دوره‌ای طولانی از زمان، مشخص می‌شود. عواملی که در تعیین نوع آب و هوا تأثیرگذار هستند عبارت‌اند از: درجه‌ی حرارت، فشار هوا، رطوبت و ریزش‌های جوی که به وسیله‌ی دستگاه‌های مخصوص اندازه گیری می‌شوند و زمانی که میانگین اندازه‌گیری‌ها در سال‌های متوالی تعیین می‌گردد وضعیت آب و هوای منطقه مشخص می‌شود. آب و هوا در تجزیه‌ی سنگ‌ها و چگونگی فرسایش زمین، هم‌چنین اشکال زندگی گیاهی و جانوری نقش مؤثری دارد. اختلاف آب و هوای مناطق مختلف زمین به اختلاف طول و عرض جغرافیایی، دوری یا نزدیکی به دریاها و اقیانوس‌ها، نیز به پستی و بلندی‌های خشکی بستگی دارد.

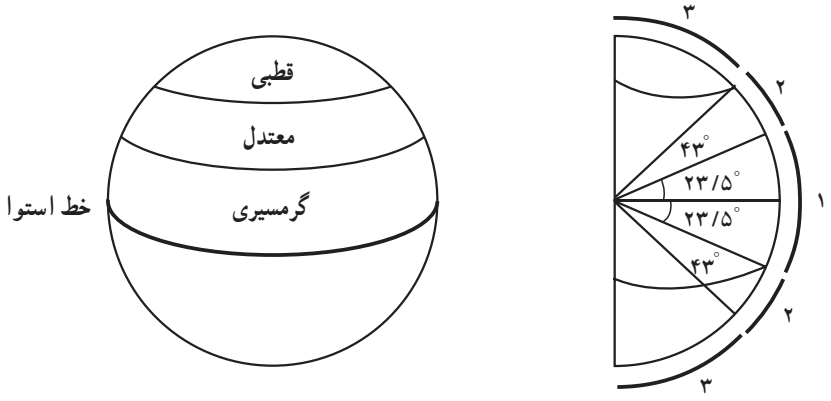
انواع آب و هوا: آب و هوای نواحی مختلف کره‌ی زمین نقش مهمی را در فرایندهای زمین‌شناسی و پدیده‌های هوازدگی و فرسایش ایفا می‌کند. گونه‌های مختلف آب و هوا عبارت‌اند از:

۱ــ *آب و هوای گرمسیری:* این آب و هوا در دو طرف خط استوا و بین مدارهای ۲۳/۵ درجه‌ی شمالی و جنوبی قرار دارد. در مناطقی که دارای این نوع آب و هوا هستند فصل سرما وجود ندارد و هوا در تمام طول سال گرم و مرطوب است.

۲ــ *آب و هوای معتدل:* ویژگی مناطقی که دارای این نوع آب وهوا هستند زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم است، اما در مجموع میانگین دما در طول سال نشان دهنده‌ی معتدل بودن هوا در آن‌هاست. این نوع آب و هوا محدوده‌ی بین مدارهای ۲۳/۵ تا ۶۶/۵ درجه‌ی شمالی و جنوبی را شامل می‌شود.

۱ــ Cirrucumulus
۲ــ Stratucumulus
۳ــ Nimbus
۴ــ Cumulunimbus
۵ــ Nimbu stratus

۳ــ آب و هوای سرد قطبی: این نوع اقلیم ویژه‌ی مناطق قطبی است که در آن‌جا قشرهای ضخیم یخ اقیانوس‌های منجمد شمالی و جنوبی وجود دارد. در آن، سرما و یخ‌بندان همیشگی حاکم است. سرزمین‌های بین ۶۶/۵ درجه‌ی شمالی و جنوبی، و قطب‌های زمین دارای این نوع آب و هوا هستند.



شکل ۱۱ــ۳ــ زاویه‌های مختلف مداری مربوط به انواع آب و هوا

خودآزمایی

۱ــ اگر کشش گرانشی در اطراف کره‌ی زمین وجود نداشت احتمالاً چه تأثیری را روی هواکره شاهد بودیم؟

۲ــ چهار نقش مهم هواکره را در ایجاد وضعیت ایمن و مطبوع برای زندگی جانداران ذکر کنید.

۳ــ کدام یک از گازهای موجود در هواکره نقش مهمی در فرایندهای زمین‌شناسی دارد؟ علت آن چیست؟

۴ــ تفاوت گازهای اکسیژن و دی‌اکسید کربن در فرایند هوازدگی و فرسایش، در چیست؟

۵ــ گاز اوزن چگونه تشکیل می‌شود و از لحاظ نحوه‌ی تبدیل O_2 تحت چه شرایطی به O_3 تبدیل می‌گردد؟

۶ــ علت این که در نوک کوه‌ها و قلّه‌های مرتفع برف‌ها دیرتر ذوب می‌شوند چیست؟

۷ــ لایه‌های مختلف هواکره را از پایین به بالا به ترتیب نام ببرید و ذکر کنید که بین «مزوسفر» و «ترموسفر» از لحاظ درجه‌ی حرارت چه اختلافی وجود دارد؟

۸ــ لایه‌ی اوزن که تأثیر مهمّی در محافظت کره زمین در برابر تابش اشعه‌ی ماورای بنفش خورشید ایفا می‌کند امروزه در معرض چه مخاطره‌ای قرار دارد و پژوهشگران عامل آن را چه می‌دانند؟

۹ــ فشار هوای دو معدن مختلف به ترتیب در محل کارگاه‌های استخراج آن‌ها ۴۵ میلی‌متر جیوه و ۸۰ میلی‌متر جیوه است. این دو کارگاه چه موقعیتی نسبت به یک‌دیگر دارند؟

۱۰ــ می‌دانیم که کره‌ی زمین به طور دایم در معرض تابش انرژی گرمایی خورشید قرار دارد. چرا درجه‌ی حرارت آن در طول زمان به‌طور میانگین تغییر چندانی پیدا نمی‌کند؟

۱۱ــ اثر گلخانه‌ای و نقش آن در آتمسفر کره‌ی زمین چیست؟

۱۲ــ چه عواملی در سال‌های اخیر، سبب افزایش تدریجی دمای کره‌ی زمین شده است؟

۱۳ــ چرخش کره‌ی زمین به دور محور خود چه تأثیری در جریان هوا در جو زمین برجا می‌گذارد؟

۱۴ــ رعد و برق چگونه پدید می‌آید؟

۱۵ــ چه تفاوتی بین جهت وزش باد در ساحل دریا در شب و روز وجود دارد و علت آن چیست؟

۱۶ــ دلیل افزایش رطوبت هوا با دورشدن از قطب‌ها و نزدیک شدن به استوا چیست؟

۱۷ــ رطوبت مطلق و نسبی را تعریف کنید. هر یک از آن‌ها را بر حسب چه میزانی بیان می‌کنند؟

۱۸ــ چگونه ابرهای «کومولوس»، «استراتوس» و «سیروس» را از یک‌دیگر تشخیص می‌دهید؟

۱۹ــ انواع آب و هوا را نام ببرید. علت اختلاف آب و هوای گوناگون در مناطق مختلف زمین چیست؟

فصل چهارم

آب کره (هیدروسفر)

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ آب‌کره را شرح دهد.

۲ــ چرخه‌ی آب در طبیعت را توضیح دهد.

۳ــ وضعیت حاکم بر دریاها و اقیانوس‌ها را بیان کند.

۴ــ وضعیت بستر دریاها و اقیانوس‌ها و ذخایر معدنی موجود آن‌ها را تشریح کند.

۵ــ دریاچه‌ها، باتلاق‌ها و مرداب‌ها را شرح دهد.

۶ــ نقش و عملکرد آب‌های جاری را توضیح دهد.

۷ــ یخچال‌های طبیعی را شرح دهد.

آب کره (هیدروسفر[1])

مقدمه

آب در طبیعت به شکل‌های گوناگونی پراکنده شده است. شکل گازی آب همان بخار آب است که هوا آن را در برمی‌گیرد (در مبحث هواکره درباره‌ی آن بحث شد.) آب به دو شکل دیگر یعنی به صورت مایع و جامد نیز در طبیعت وجود دارد در حالت مایع آب بخش بزرگی از سطح زمین را پوشانده است. ۳۶۱ میلیون کیلومتر مربع از وسعت زمین را اقیانوس‌ها و دریاها فراگرفته است. در مقایسه با ۱۴۹ میلیون کیلومتر مربع سطح خشکی‌ها ملاحظه می‌شود که حدود ۷۰/۷۸ درصد یعنی $\frac{۳}{۴}$ سطح کره‌ی زمین را آب پوشانده است. آب موجود در اقیانوس‌ها و دریاهای آزاد ۹۷ درصد «حجم آب کره» را تشکیل می‌دهد و بقیه‌ی آن در داخل خشکی‌ها قرار دارد.

چرخه‌ی آب در طبیعت

مقداری از آب که در سطح زمین وجود دارد در اثر تابش نور خورشید تبخیر می‌شود و به صورت بخار به آتمسفر زمین راه پیدا می‌کند. بخاری که به این ترتیب وارد هوا کره می‌شود، متراکم می‌گردد و سپس ابرها را تشکیل می‌دهد. این ابرها نیز به صورت باران یا برف دوباره به سطح زمین برمی‌گردند. آب حاصل از بارندگی هم در زمین جریان پیدا می‌کند و به صورت جویبارها، رودخانه‌ها و سیلاب‌ها به حرکت درمی‌آید. قسمتی از این آب‌ها در زمین فرو می‌رود و مجدداً به صورت چشمه‌ها یا از طریق چاه‌های آب به سطح زمین راه می‌یابد و بخشی هم به شکل مخازن آب زیرزمینی باقی می‌مانند. آب‌های جاری سطح زمین به دریاچه‌ها، دریاها و سرانجام رودخانه‌ها می‌پیوندند و بار دیگر، آماده‌ی تبخیر و تکرار این چرخه می‌شوند البته باید در نظر داشت مقدار بارندگی و تبخیر در اقیانوس‌ها و دریاها در حدود شش مرتبه بیش‌تر از خشکی‌هاست.

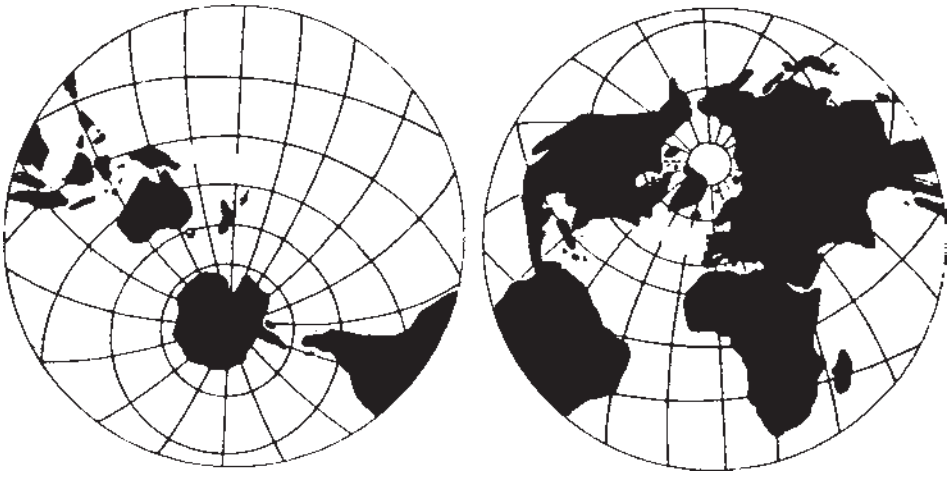
دریاها و اقیانوس‌ها

دریاها و اقیانوس‌ها از نظر زمین‌شناسی از عوامل اصلی و مؤثر در تعدیل آب و هوا و تغییر شکل سطح زمین به شمار می‌آیند. دریاها و اقیانوس‌ها قسمت‌های فرورفته‌ی سطح زمین

شکل ۱ــ۴ــ چرخه‌ی آب در طبیعت

۱ــ Hydrosphere

هستند که آب آن‌ها را پرکرده است و کف آن‌ها مانند سطح خشکی‌ها، فرورفتگی‌ها و برآمدگی‌های فراوانی دارد. در نیمکره‌ی آبی که در نیمکره‌ی جنوبی زمین قرار دارد ۸۰ درصد مساحت آن را آب فراگرفته است، در حالی که در نیمکره‌ی خشکی بخش اعظم آن را خشکی‌ها تشکیل می‌دهند تفاوتی که بین دریاها و اقیانوس‌ها می‌توان قائل شد آن است که اقیانوس‌ها پهنه‌های وسیع و عمیقی از آب هستند که به طور متوسط عمق آن‌ها به ۳۸۰۰ متر می‌رسد در حالی که دریاها از وسعت و عمق کمتری برخوردارند و از طریق خشکی‌های اطراف خود محصور شده‌اند.



الف ــ مرکز نیمکره‌ی آبی

ب ــ مرکز نیمکره‌ی خشکی اروپای مرکزی است

شکل ۲ــ۴

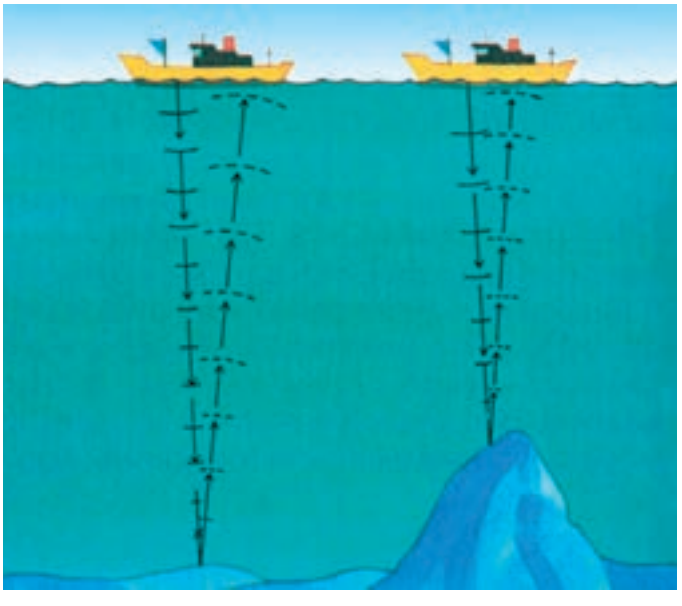
ترکیب آب دریاها و اقیانوس‌ها: اولین موضوعی که توجه انسان را به آب دریاها و اقیانوس‌ها جلب می‌کند مزه‌ی شوری آن‌ها در مقایسه با آب شیرین چشمه‌ها و رودخانه‌هاست. هرگاه یک لیتر از آب دریا بخار شود به طور متوسط ۳۴/۵ گرم نمک از آن باقی می‌ماند. این مقدار البته در نقاط مختلف یکسان نیست، برای مثال در نواحی پر باران یا در مناطق قطبی که ذوب شدن یخ‌ها باعث کم شدن غلظت آب دریا می‌شود شوری آب کم‌تر است، اما در مناطق گرم و خشک به علت کمبود بارندگی و تبخیر زیاد آب دریا، مقدار شوری آب زیادتر می‌شود. برای نمونه، در خلیج فارس مقدار نمک موجود در آب در بعضی از نقاط به بیش‌تر از ۴۰ گرم در لیتر می‌رسد ؛ بنابراین، مقدار نمک محلول در آب اقیانوس‌ها را که برحسب گرم بر کیلوگرم آب بیان می‌شود «درجه‌ی شوری آب» می‌گویند. علاوه بر کلرید سدیم (نمک طعام) که ۷۷/۷ درصد املاح موجود در آب دریا را تشکیل می‌دهد ترکیبات دیگری نیز مانند کلرید منیزیوم، سولفات منیزیوم، سولفات کلسیم، سولفات پتاسیم و کربنات کلسیم، هم‌چنین بسیاری از عناصر دیگر مانند آهن، سیلیسیم، اورانیوم، طلا و نقره در آب دریا وجود دارد. البته مقدار آن‌ها بسیار کم است و فقط با تجزیه‌ی بسیار دقیق می‌توان به وجود آن‌ها پی برد.

مطالعه‌ی آزاد

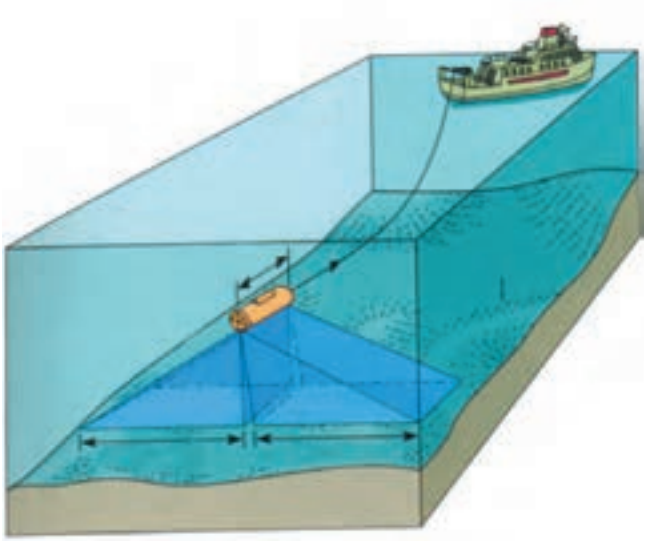
گازهای موجود در آب دریاها و اقیانوس‌ها: تمام گازهای موجود در هوا کره، در آب دریاها و اقیانوس‌ها نیز یافت می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از نیتروژن، اکسیژن و دی‌اکسیدکربن که دو گاز اکسیژن و دی‌اکسیدکربن برای زندگی موجودات دریایی بسیار مهم است. توانایی آب در نگه‌داری یون‌های کربنات $(CO_3)^{-2}$ و بی‌کربنات $(HCO_3)^{-}$ که از واکنش بین گاز CO_2 با آب دریا تولید می‌شوند، درخور توجه است؛ از این رو اقیانوس‌ها نسبت به آتمسفر، مقدار بیش‌تری دی‌اکسیدکربن و اکسیژن دارند. دانشمندان هم‌چنین تخمین زده‌اند که مقدار تبادلات گازها بین اقیانوس‌ها و هواکره بیش‌تر از مبادله‌ی گازها بین آتمسفر و جانوران و گیاهان است. در اعماق بعضی از دریاها به جای اکسیژن، تراکمی از گازهای هیدروژن سولفوره مشاهده می‌شود؛ برای مثال، در عمق ۱۵۰ متری دریای سیاه تقریباً اکسیژنی وجود ندارد و به جای آن سولفید هیدروژن موجود است که سبب تراکم این گاز و مواد اُرگانیکی، رسوبات موجود به رنگ سیاه مشاهده می‌گردد.

درجه‌ی حرارت آب دریا: بر اثر تابش نور خورشید آب دریاها گرم می‌شود و بیش‌تر گرمای آن در نزدیکی سطح آب است. در نواحی استوایی این دما تا حدود ۳۲+ درجه‌ی سانتی‌گراد، و در نواحی قطبی حدود ۳- درجه‌ی سانتی‌گراد است. در عمق بیش‌تر از ۵۰۰ متر دمای آب ثابت و معادل ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد است.

مطالعه‌ی بستر دریاها و اقیانوس‌ها: بستر دریاها و اقیانوس‌ها نیز همانند سطح زمین دارای پستی و بلندی‌های فراوانی بوده از کوه‌ها، دره‌ها، پهنه‌های وسیع و مسطحی تشکیل شده که روی آن‌ها را آب فراگرفته است. امروزه اقیانوس شناسانی که مشغول مطالعه‌ی عوارض بستر اقیانوس‌ها هستند نقشه‌ی کامل این مناطق را تهیه کرده‌اند.



شکل ۳ــ۴ــ الف ــ اندازه‌گیری و ثبت آب عمق اقیانوس‌ها



ب ــ نقشه‌برداری عوارض کف دریاها و اقیانوس‌ها

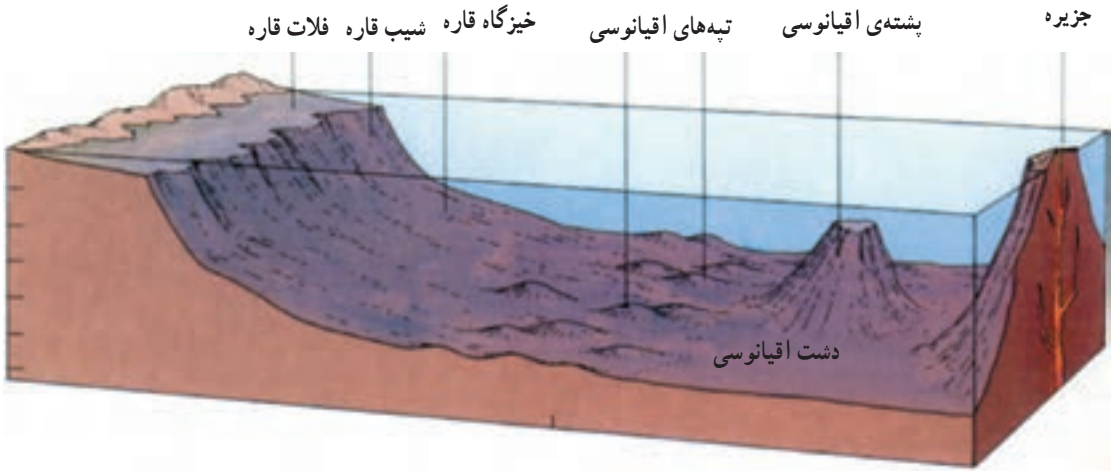
از لحاظ شکل شناسی کرانه‌ها و اعماق اقیانوس‌ها مناطق مختلفی وجود دارند که مهم‌ترین آن‌ها در این‌جا شرح داده می‌شود.

۱ــ *فلات قاره (سکوی قارّه‌ای)*[1]: فلات قاره سطحی است که با شیب ملایم در آب فرو رفته از کنار آب تا حوضه‌ی عمیق‌تری تا حداکثر ۲۰۰ متر را شامل می‌شود. میزان این شیب کم‌تر از یک دهم درجه است از این رو، افقی به نظر می‌رسد. عرض فلات قاره بسیار متفاوت و میانگین آن حدود ۸۰ کیلومتر است، اما گاه این امکان وجود دارد که تا بیش از ۱۵۰۰ کیلومتر در دریا پیش رفته باشد. سکوی قاره‌ای از نظر زمین‌شناسی جزء قاره‌ها به شمار می‌رود.

۲ــ *شیب قاره*[2]: در انتهای فلات قاره، شیب قاره قرار دارد که از شیب و عمق بیش‌تری برخوردار است. عمق منطقه‌ی شیب قاره‌ای بین ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر است. شیب قاره حد دقیق حاشیه‌ی قاره را مشخص می‌کند.

۳ــ *خیزگاه قاره*[3]: خیزگاه قاره، محدوده‌ی اتصال بین شیب قاره‌ای و حوضه‌ی عمیق اقیانوس است که حجم ضخیمی از رسوبات را دربر می‌گیرد.

۴ــ *دشت عمیق اقیانوسی*: پهنه‌ی نسبتاً مسطح کف اقیانوس را «دشت عمیق اقیانوسی» گویند.



شکل ۴ــ۴ــ توپوگرافی بستر دریاها و اقیانوس‌ها

۵ــ *پشته‌های اقیانوسی*[4]: برآمدگی کف اقیانوس که از رشته کوه‌های زیردریایی تشکیل شده و هزاران کیلومتر طول آن‌هاست پشته‌های اقیانوسی نام دارد.

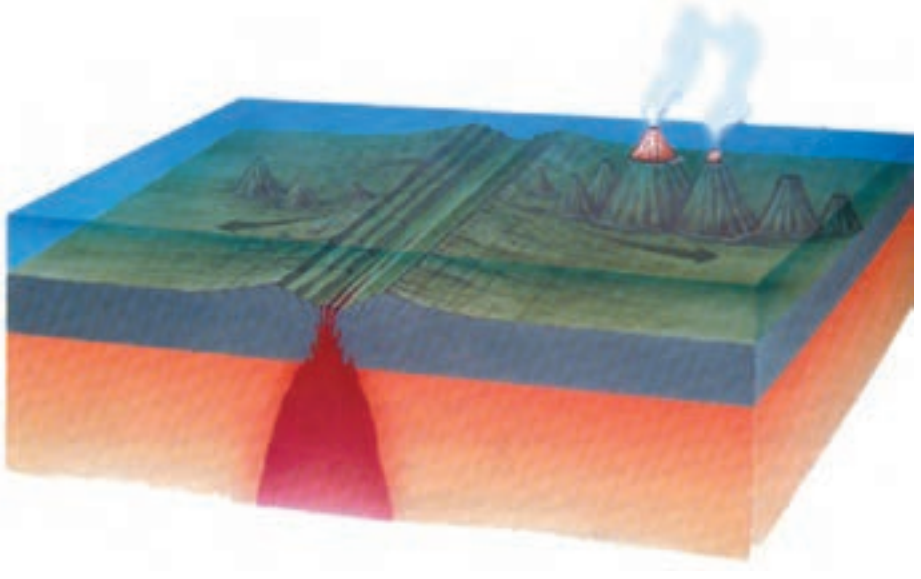
۶ــ *درازگودال‌های ژرف اقیانوسی*: شیارهای طویل و نسبتاً باریک، نمایانگر عمیق‌ترین مناطق اقیانوس هستند و از عوارض مهم زمین‌شناسی به شمار می‌روند، زیرا از آن‌جا صفحات پوسته به داخل گوشته‌ی زمین، فرو رفته از میان می‌روند.

۷ــ *کوه‌های زیردریایی*[5]: در زیر دریاها و اقیانوس‌ها کوه‌های زیردریایی مربوط به پشته‌های اقیانوسی وجود دارد که اغلب مخروطی شکل هستند و بر اثر فعالیت‌های آتش‌فشانی زیردریایی تشکیل شده‌اند. برخی از آتش‌فشان‌های زیردریایی گاهی بر اثر فوران خود موجب می‌شوند جزایر آتش‌فشانی متعدد سر از آب بیرون آورند ؛ برای نمونه، آتش‌فشان «سارتسی[6]» که در چهاردهم نوامبر ۱۹۶۳ در جنوب غربی ایسلند شروع به فوران

۱ــ Shelf Continental
۲ــ Continental Stope
۳ــ Continental Rise
۴ــ Deep Ocean trenches
۵ــ Sea Mounts
۶ــ Surtdey

کرد و دو سال بعد جزیره‌ای به مساحت حدود ۱/۵ کیلومتر مربع و به ارتفاع ۱۵۰ متر در محل آن به وجود آورد.

شکل ۵ــ۴ ــ آتشفشان سارتسی که در چهاردهم نوامبر ۱۹۶۳ در جنوب غربی ایسلند شروع به فوران کرد و دو سال بعد به جزیره‌ای به مساحت یک مایل مربع و ارتفاع ۵۰۰ پا به پوششی گیاهی تبدیل شد.



شکل ۶ــ۴ــ آتشفشان زیردریایی

ذخایر و منابع زیرزمینی بستر دریاها و اقیانوس‌ها: امروزه با توجه به دانش بشر در زمینه‌ی فن‌آوری‌های جدید و پیش‌رفته، و از طریق ماهواره‌ها و نظایر آن، ذخایر عظیمی از کانسارهای مختلف و منابع نفت و گاز در بستر دریاها و اقیانوس‌ها شناسایی شده‌اند. به سبب مشکلات استخراج، از منابع معدنی فلزاتی نظیر قلع، منگنز، کبالت و نیکل در زیر دریاها تاکنون

بهره‌برداری چندانی صورت نگرفته اما برای استخراج نفت و گاز، به ویژه در مناطق فلات قاره و تا عمق ۲۰۰ متری، فعالیت‌های بسیاری انجام شده است و از طریق حفاری‌ها و لوله‌کشی، نفت و گاز به سطح زمین هدایت می‌شود. گستردگی این عملیات به گونه‌ای است که امروزه در حدود ۲۰ درصد نفت خام جهان از چاه‌های حفر شده در زیر اقیانوس‌ها و دریاها به دست می‌آید.

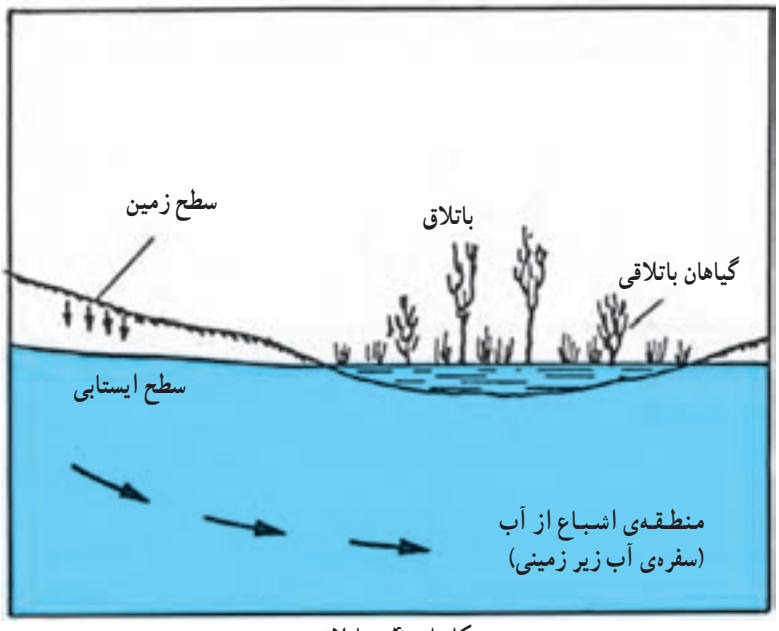
شکل ۷ــ۴ــ یک سکوی چاه نفت دریایی

دریاچه‌ها

دریاچه‌ها حجم بزرگی از آب‌های سطح زمین هستند که درون گودال‌ها و فرورفتگی‌های درون خشکی‌ها را پرکرده‌اند و به راه‌های آزاد هم راه ندارند. آب بسیاری از دریاچه‌ها از طریق بارندگی یا جریان آب رودخانه‌ها تأمین می‌شود، اما برخی از دریاچه‌ها نیز در واقع دریاهای قدیمی خشک شده‌ای هستند که امروزه قسمتی از آن‌ها باقی مانده و بیش‌تر آب آن‌ها تبخیر شده است. بقای دریاچه تا زمانی ادامه می‌یابد که میزان آب‌های ورودی به آن‌ها از طریق رودخانه‌ها، بارندگی و آب‌های زیرزمینی به اندازه‌ای باشد که تبخیر و خروج آب از رودخانه را جبران کند. دریاچه‌ها برخلاف دریاها و اقیانوس‌ها از نظر زمین‌شناسی از پدیده‌های موقتی محسوب می‌شوند، چون به تدریج آب خود را از دست داده خشک می‌شوند. دریاچه‌ها با وسعتی معادل ۲/۵ میلیون کیلومتر مربع در حدود ۱/۸ درصد سطح زمین را تشکیل می‌دهند و نقش مهمی در معتدل کردن آب و هوا ایفا می‌کنند.

باتلاق‌ها

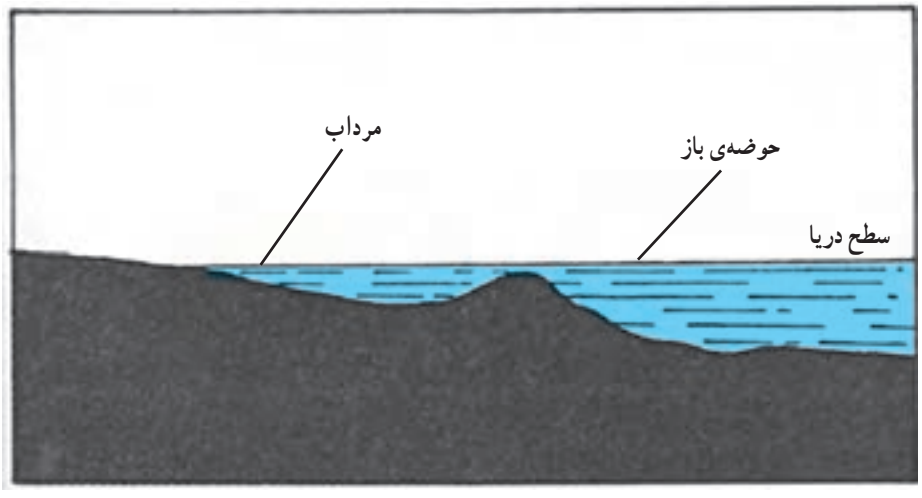
باتلاق‌ها بخش‌های کم عمق و بسیار مرطوب زمین هستند که به وسیله‌ی گیاهان در حال فساد و تجزیه پر شده‌اند. تشکیل باتلاق‌ها در تمام نقاطی که زمینه‌ی مرطوب شدن بیش از حد خاک باشد امکان‌پذیر است. در محل‌هایی که سطح ایستابی در سطح زمین یا خیلی نزدیک به آن، باشد پیدایش باتلاق فراهم می‌شود.



شکل ۸ــ۴ــ باتلاق

مرداب‌ها[1]

توده‌های کم عمقی از آب دریا هستند که بنا به عللی همچون تشکیل زبانه‌های ماسه‌ای طویل از طریق یک سد زیر آبی از دریای اصلی جدا شده‌اند. اغلب مرداب‌ها تقریباً به موازات ساحل امتداد دارند و آب آن‌ها ممکن است ساکن باشد. آب مرداب‌ها از طریق مد آب دریا یا رودخانه‌های اطراف تأمین می‌شود.



شکل ۹ــ۴ــ مرداب

۱ــ Lagon

آب‌های جاری

آب‌های جاری بیش‌ترین تأثیر را بر زندگی انسان دارد، زیرا از ابتدای پیدایش تمدن بشر، موجب پیشرفت و رفاه مردم شده است. تمدن‌های باستانی، اغلب در کنار رودخانه‌های بزرگ شکل پیدا کرده است. انسان برای بسیاری از مقاصد خود مانند کشتی‌رانی، آبیاری مزارع، ماهی‌گیری، تأمین آب مصرفی و تهیه‌ی انرژی به آب‌های جاری نیازمند است. عاملی که سبب جریان آب در طبیعت می‌شود نیروی جاذبه‌ی زمین و اختلاف ارتفاع نقاط مختلف آن است. به همین سبب، آب‌های جاری ابتدا از آب‌راهه‌های کوچک سرازیر می‌شوند و پس از پیوستن به یکدیگر به تدریج جویبارها و رودها را تشکیل می‌دهند.

رواناب سطحی: پس از بارندگی قسمتی از آب باران در زمین فرو می‌رود، اما بخشی از آن در سطح زمین ــ از سمت نقاط مرتفع‌تر به طرف نقاط پست‌تر ــ جریان می‌یابد که به آن «رواناب سطحی» می‌گویند. هر چه شیب زمین بیش‌تر باشد رواناب بیش‌تری در زمین جاری می‌شود، زیرا امکان نفوذ آب باران به داخل زمین فراهم نمی‌آید، اما برعکس هرگاه شیب زمین اندک باشد یا خاک، تراکم کم‌تری داشته باشد، هم‌چنین در زمین شنی که آب بیش‌تری در آن فرو می‌رود رواناب کم‌تری تشکیل می‌گردد. بارش باران روی زمین‌های سفت و سطوح نفوذناپذیر، مانند سطح شهرها، موجب جاری شدن رواناب زیادتری می‌شود. رواناب سطحی موجب پیدایش جویبارها، رودخانه‌ها و سیلاب‌ها می‌شود و عامل مهمی در فرسایش سطح زمین به شمار می‌آید.

حوضه‌ی آب‌ریز: حوضه‌ی آب‌ریز، منطقه‌ای است که از طریق یک رودخانه و تمام شعبات گوناگون آن، اعم از آب‌راهه، جویبار و رودهای کوچک، به صورت یک مجموعه زه‌کشی می‌شود؛ یعنی آب‌های حاصل از بارندگی آن تخلیه می‌گردد. حوضه‌ی آب‌ریز معمولاً به شکل تنه‌ی درخت و شاخه‌های آن است.

شکل ۱۰ــ۴ــ حوضه‌ی آب‌ریز

خط تقسیم: به خطی فرضی که دو حوضه‌ی آب‌ریز مجاور را از یک‌دیگر جدا می‌کند «خط تقسیم» می‌گویند. در شکل خط تقسیم آب به صورت خط چین نمایش داده شده است.

سیلاب: سیلاب‌ها آب‌های روانی هستند که بر اثر بارندگی شدید یا ذوب یخ‌ها و برف‌ها از ارتفاعات بر روی دامنه‌های پرشیب سرازیر می‌شوند، زیرا امکان فرورفتن یا تبخیر آب در آن‌ها وجود ندارد. سیلاب‌ها به سمت نواحی کم ارتفاع و پست حرکت کرده تمام مجرایی را که در آن روان است معمولاً پر می‌کند و سرعت و مقدار آب آن در مراحل اولیه زیاد است؛ از این رو، با قدرت تخریبی بالا قطعات بزرگ سنگ را از جا کنده هرچه در مسیر آن باشد با خود می‌غلتاند و حمل می‌کند. سیلاب و طغیان رودخانه‌ها

شکل ۱۱ــ۴ــ سیلاب

در بسیاری مواقع باعث تلفات جانی و خسارات مالی فراوان می‌شود.

سیلاب‌ها هرگاه به جریان رودها می‌پیوندند باعث می‌شوند که رودخانه بسیار پر آب شود و از بستر خود خارج گردد و در نتیجه، آب زمین‌های اطراف را در بر بگیرد. این حالت را «طغیان آب رودخانه» می‌گویند.

رودخانه‌ها

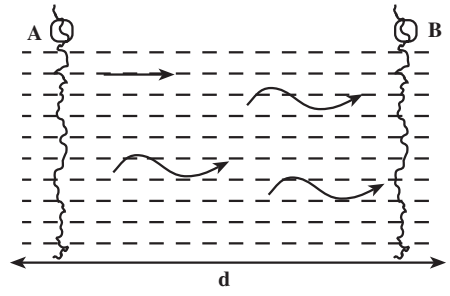
سرعت جریان رودخانه‌ها: آب‌های روان به هم پیوسته‌ای که سرانجام در داخل رودخانه‌ها جریان پیدا می‌کنند تحت تأثیر نیروی جاذبه و شیب مسیر به طرف دریاها رهسپار می‌شوند. مدت زمانی که طول می‌کشد تا آب رودخانه به دریا برسد به سرعت رود بستگی دارد. سرعت آب رودخانه‌ها با یک‌دیگر متفاوت است و در بعضی از آن‌ها بیش‌تر یا کم‌تر است. سرعت آب رودخانه در ایستگاه‌هایی که در آن مقیاس اندازه‌گیری نصب شده سنجیده می‌شود و پس از چند اندازه‌گیری در طول رودخانه میانگین آن را محاسبه می‌کنند. سرعت آب در سطح وسط آب بیش‌تر و در کف و دیواره‌ها به علّت اصطکاک کم‌تر است.

اندازه‌گیری سرعت جریان آب رودخانه: سرعت آب، یعنی فاصله‌ای که هر ذرّه‌ی آب در واحد زمان طی می‌کند، در کف و دیواره‌ی اطراف رودخانه کم‌تر است؛ به همین دلیل، سرعت متوسط آب رودخانه را با محاسبات خاص منظور می‌کنند. برای این کار، در نقطه‌ای مانند A یک جسم شناور را درون آب می‌اندازند و با کرونومتر زمان (t) رسیدن آن را به نقطه‌ی B با فاصله‌ی معین d از نقطه‌ی A اندازه می‌گیرند. در این‌جا سرعت سطحی آب را می‌توان با استفاده از فرمول حرکت یک‌نواخت محاسبه کرد. $d = V.t$

d : فاصله‌ی معین در مسیر رودخانه.

V : سرعت سطحی آب.

t : زمان رسیدن جسم شناور از A به B.



شکل ۱۲ــ۴

$V = \frac{d}{t}$

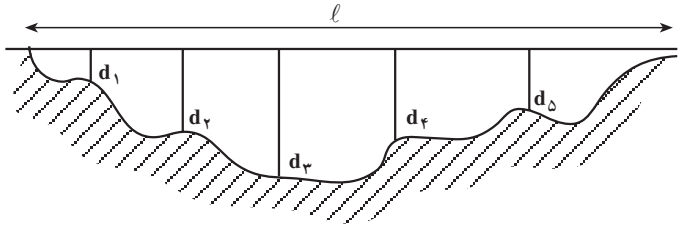
اندازه‌گیری سطح مقطع متوسط رودخانه: برای اندازه‌گیری سطح مقطع متوسط رودخانه ابتدا لازم است که عرض رودخانه را در امتداد مشخصی عمود بر جریان آب اندازه بگیریم؛ سپس آن را در عمق متوسط رودخانه ضرب کنیم.

عمق متوسط به این ترتیب به دست می‌آید که به وسیله‌ی یک میله‌ی مدرّج، میانگین عمق چند نقطه از امتداد عرض رودخانه را نیز تعیین کنیم: $d_m = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5}{5}$

هر چه تعداد اندازه‌گیری‌ها بیش‌تر باشد عمق متوسط دقیق‌تر به دست می‌آید:

عرض رودخانه × عمق متوسط = سطح مقطع متوسط

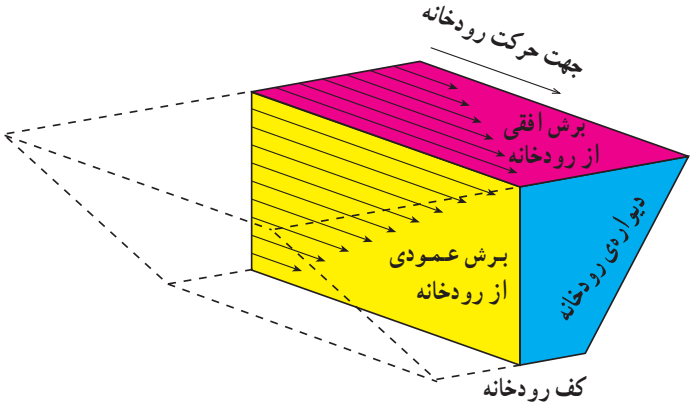
$S_m = d_m \times L$



شکل ۱۴ــ۴

V_m سرعت متوسط $V_m = K.V$ $K = ۰/۸$

$V_m = ۰/۸V$



مقطع جریان آب رودخانه (فلش‌ها جهت و سرعت جریان آب را نشان می‌دهند.)

شکل ۱۳ــ۴ــ جریان آب رودخانه

آب‌گذری یا دبی رودخانه: آب‌گذری یا دبی رودخانه عبارت است از مقدار آبی که در واحد زمان از نقطه‌ی مشخصی عبور می‌کند و مقدار آن در طول سال نیز متفاوت است.

آب‌گذری رودخانه از حاصل‌ضرب سطح مقطع متوسط در سرعت آب محاسبه می‌شود. $Q = S_m \times V_m$

مثال: هرگاه عرض رودخانه‌ای ۱۲ متر، عمق متوسط ۵ متر و سرعت آب در آن ۳۰ متر در ثانیه باشد، دبی آب چند مترمکعب در ثانیه است :

$V_m = V \times K = ۳۰ \times ۰/۸ = ۲۴$ متر

$S_m = ۱۲ \times ۵ = ۶۰$

$Q = V_m \times S_m = ۶۰ \times ۲۴ = ۱۴۴۰$ مترمکعب در ثانیه

یخچال‌های طبیعی

این یخچال‌ها توده‌های عظیمی از برف و یخ هستند که در مناطق سرد و یخ‌بندان که میزان ریزش برف در آن‌ها بیش‌تر از مقدار ذوب و تبخیر آن است به وجود می‌آیند. در این مناطق ضخامت برف گاهی به صدها متر می‌رسد. انباشته شدن و تراکم تدریجی برف‌ها، هم‌چنین نفوذ آب حاصل از ذوب برف‌های سطحی به داخل برف‌های زیرین موجب می‌شود که پس از مدتی برف فشرده و یخ مانندی به نام «یخ برف»[1] تشکیل شود. یخ برف به مقدار زیاد بر روی دامنه‌ی کوه‌ها و دره‌ها مجتمع و متراکم می‌شود و به طور دایم و به آهستگی به طرف پایین می‌لغزد. دانه‌های کوچک یخ به نوبه‌ی خود به یک‌دیگر می‌چسبد و تشکیل دانه‌های بزرگ‌تر می‌دهد. یخچال‌ها در حدود ۱۰ درصد سطح خشکی‌های زمین یعنی ۱۶ میلیون کیلومترمربع هستند و بزرگ‌ترین ذخیره‌ی آب شیرین به شمار می‌آیند. یخچال‌ها در واقع، بخش جامد آب‌کره‌ی زمین هستند و ضخامت یخ آن‌ها در بعضی نقاط، مانند قطب جنوب، به بیش از ۳۰۰۰ متر می‌رسد.

شکل ۱۵ــ۴ــ تصویری از یک یخچال طبیعی

۱ــ NéVé

خودآزمایی

۱ــ چرخه‌ی آب در طبیعت را شرح دهید. در صورت نبودن کدام عامل خارجی در کره‌ی زمین، این گردش آب صورت نمی‌گیرد؟

۲ــ نیمکره‌های آبی و خشکی را با یکدیگر مقایسه کنید.

۳ــ املاح مهم آب دریا را نام ببرید و توضیح دهید که چرا عناصر گران‌بها و باارزشی همچون اورانیوم، طلا و نقره که در آب دریاها و اقیانوس‌ها وجود دارند، استخراج نمی‌شوند؟

۴ــ به چه دلیل می‌گویند که در آب دریاها و اقیانوس‌ها نسبت به آتمسفر زمین مقدار بیش‌تری دی‌اکسید کربن و اکسیژن وجود دارد؟ آیا در اعماق دریای سیاه نیز این وضعیت وجود دارد؟

۵ــ با رسم شکل،عوارض مختلف در بستر اقیانوس‌ها را نشان دهید.

۶ــ ذخایر معدنی و نفتی موجود در بستر دریاها تاکنون چگونه و به چه میزان بهره‌برداری شده‌اند؟

۷ــ دریاچه با دریا چه تفاوت‌های عمده‌ای دارد؟

۸ــ برای تشکیل باتلاق و مرداب چه وضعیتی باید فراهم باشد؟ با رسم شکل توضیح دهید.

۹ــ چه عواملی باعث می‌شوند میزان رواناب سطحی کم‌تر یا زیادتر شود؟

۱۰ــ جریان سیلاب با جریان آب رودخانه چه تفاوت‌هایی دارد؟

۱۱ــ برای این که دبی آب رودخانه‌ای را اندازه‌گیری کنیم چگونه باید عمل کرد؟

۱۲ــ برای تشکیل یخچال‌های طبیعی چه وضعیتی باید فراهم باشد؟ این وضعیت در چه مناطقی فراهم است؟

فصل پنجم

آب‌های زیرزمینی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ آب‌های زیرزمینی را شرح دهد.

۲ــ منشأ آب‌های زیرزمینی را بیان کند.

۳ــ چگونگی تجمع آب در زیرزمین را شرح دهد.

۴ــ نفوذپذیری سنگ‌ها را بیان کند.

۵ــ تخلخل سنگ‌ها و خاک‌ها را محاسبه نماید.

۶ــ سطح ایستابی را توضیح دهد.

۷ــ مخازن آب‌های زیرزمینی و انواع سفره‌های آب‌دار را شرح دهد.

۸ــ حرکت آب‌های زیرزمینی را تشریح نماید.

۹ــ روش‌های بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و نحوه‌ی راه‌یابی مجدد این آب‌ها به سطح زمین را بازگو کند.

آب‌های زیرزمینی

مقدمه

هنگامی که باران می‌بارد مقدار بسیاری از آن به داخل زمین فرو می‌رود که پس از جمع شدن در یک محل، منبع اصلی آب‌های زیرزمینی را تشکیل می‌دهد. آب‌های زیرزمینی بزرگ‌ترین منبع آب‌های شیرین بشر است و از این نظر اهمیت فراوانی دارد. امروزه بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی برای مصارف مختلف کشاورزی، صنعت و آشامیدن در سطح گسترده‌ای از جهان توسعه یافته است. استفاده از آب‌های زیرزمینی به روش حفر قنات از ابداعات ایرانیان باستان است که در عصر خود از شاه‌کارهای مهندسی جهان به شمار می‌رفته است، زیرا آن‌ها با حفر قنات و انتقال آب به سطح زمین، مناطق خشک را به شهرها و روستاهای آباد تبدیل نمودند.

منشأ آب‌های زیرزمینی

بارش برف و باران منشأ اصلی آب‌های زیر زمینی است که مقدار نفوذ آن‌ها به داخل زمین به عوامل مختلفی از جمله شیب، جنس زمین، وجود پوشش گیاهی و نظایر آن بستگی دارد. بخش دیگری از آب‌های زیرزمینی منشأ داخلی دارند ؛ برای مثال، در نواحی آتش‌فشانی، آب‌های زیرزمینی از سرد شدن بخار آب ماگما پدید می‌آیند. این آب‌ها غالباً حاوی مقدار زیادی املاح و مواد معدنی هستند. گاهی نیز آب دریا هم‌زمان با عمل رسوب‌گذاری در منافذ و لابه‌لای مواد رسوبی محبوس می‌شود. این قبیل آب‌های شور در بسیاری از منابع نفتی و همراه آن یافت می‌شوند. آب‌هایی که منشأ آن‌ها از داخل زمین است، چون وارد چرخه‌ی آب در طبیعت نشده‌اند، از کیفیت خوبی برخوردار نیستند.

چگونگی تجمع آب در زیرزمین

آب‌های سطحی بر اثر نیروی ثقل به داخل زمین نفوذ می‌کنند و فضای بین خلل و فرج سنگ‌ها را پر می‌کنند. این خلل و فرج، اغلب کوچک و در ارتباط با هم هستند. این آب‌ها آن‌قدر در داخل زمین فرو می‌روند تا به یک لایه‌ی نفوذناپذیر برسند و پس از پر کردن تمام فضاهای خالی اطراف خود در آن‌جا جمع شوند. گاهی نیز ممکن است آب‌های فرورو در غارهای آهکی زیرزمین جمع شوند.

نفوذپذیری سنگ‌ها[1]

اصولاً وجود منابع آب‌های زیرزمینی در یک ناحیه به نفوذپذیری زمین‌های آن ناحیه بستگی دارد. زمین‌های شنی و آبرفتی بسیار نفوذپذیر هستند و آب به راحتی از آن‌ها عبور می‌کند، اما زمین‌هایی که از سنگ‌های متراکم آذرین، رسوبی و دگرگونی تشکیل شده باشند نفوذناپذیر هستند.

«نفوذپذیری» عبارت است از توانایی سنگ در انتقال آب یا مایعات دیگر که به تخلخل[2] سنگ و بزرگی فضاهای بین ذرات آن بستگی دارد.

«تخلخل» نیز عبارت است از درصد فضای خالی سنگ نسبت به کل حجم آن از لحاظ نحوه‌ی تشکیل تخلخل در سنگ، آن را به دو نوع «تخلخل اولیه» و «تخلخل ثانویه» تقسیم می‌کنند. تخلخل اولیه به طور هم زمان با تشکیل سنگ در آن به وجود می‌آید ؛ مانند تخلخل سنگ پا. اما تخلخل ثانویه شامل درزها، شکاف‌ها و شکستگی‌هایی است که پس از تشکیل سنگ در آن پدیدار می‌شود. اگر در سنگی که تخلخل زیاد دارد منافذ سنگ به هم راه نداشته باشند چنین سنگی نفوذناپذیر خواهد بود ؛ مانند رس‌ها که دارای تخلخلی در حدود ۵۰ درصد هستند. رس‌ها به علت ساختمان خاص خود که از فلس‌های بسیار ریز کانی‌های رسی تشکیل شده تقریباً نفوذناپذیر بوده، اما رسوبات شن و ماسه‌ای به دلیل تخلخل کم‌تر بسیار نفوذپذیر هستند.

محاسبه‌ی تخلخل سنگ‌ها و خاک‌ها

همانگونه که بیان شد تخلخل عبارت است از حجم فضای

۱ــ Permeability of Rocks

۲ــ Prosity

خالی سنگ و خاک یا آبرفت به حجم کلی آن. اگر حجم فضای خالی را که با آب پر می‌شود V_W و حجم کل را با V نمایش دهیم می‌توان تخلخل کل را با رابطه‌ی $P = \frac{V_W}{V} \times ۱۰۰$ نشان داد.

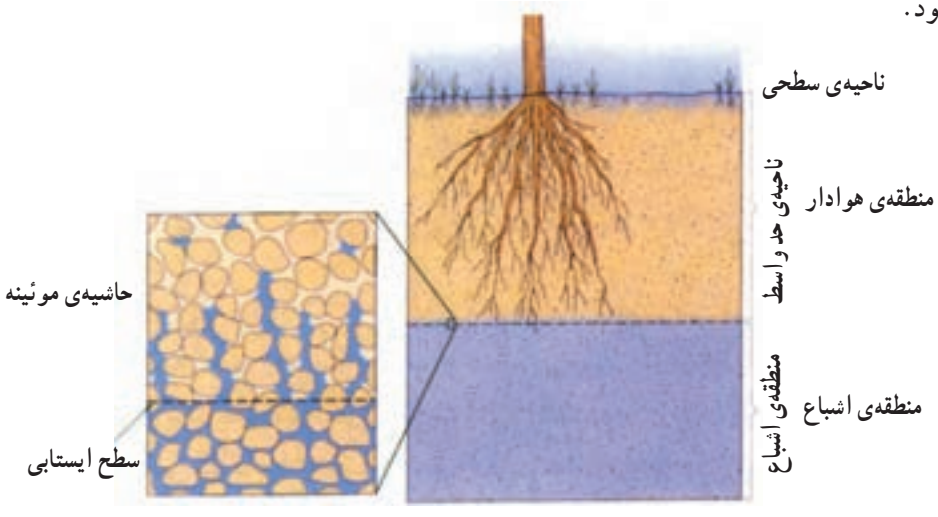
تخلخل را با درصد بیان می‌کنند. اگر در یک متر مکعب ماسه ۰/۳ متر مکعب آب در میان ذرات آن جای گیرد می‌گویند درجه‌ی تخلخل آن ۳۰ درصد است، یعنی ۰/۳ از حجم ماسه را فضای خالی اشغال می‌کند. میزان تخلخل در سنگ‌ها و رسوبات مختلف متفاوت است و از نزدیک صفر تا بیش از ۵۰ درصد تغییر می‌کند. هرگاه تخلخل بیش‌تر از ۲۰ درصد باشد میزان تخلخل «زیاد»، اگر بین ۵ تا ۲۰ درصد باشد «متوسط» و چنان‌چه کم‌تر از ۵درصد باشد میزان تخلخل «کم» محسوب می‌شود.

درصد تخلخل بعضی سنگ‌ها و رسوبات

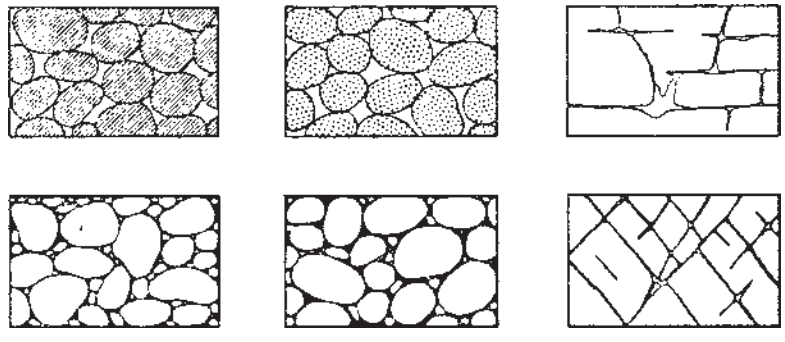
ماده/ سنگ	تخلخل٪
خاک	۶۰ـ۵۰
رس	۵۵ـ۴۵
لای	۵۰ ـ ۴۰
گراول	۴۰ـ۳۰
ماسه سنگ	۲۰ـ۱۰
شیل	۱۰ـ۱
آهک	۱۰ـ۱

سطح ایستابی[1]

سطحی را که آب در زیر زمین در امتداد آن می‌ایستد «سطح ایستابی» می‌گویند. در زیر این سطح تمام فضاهای موجود در سنگ که به هم راه داشته باشند پر از آب است و به همین علت آن را منطقه‌ی اشباع[2] می‌نامند ؛ یعنی، از آب سیر شده است. همین منطقه است که منابع آب‌های زیرزمینی را در هر ناحیه تشکیل می‌دهد. بالای سطح ایستابی که تا سطح زمین امتداد پیدا می‌کند منطقه‌ی غیر اشباع یا منطقه‌ی هوادار[3] نام دارد و خلل و فرج آن با هوا پر شده است.



شکل ۲ـ۵ـ مناطق اشباع و غیراشباع



شکل ۱ـ۵ـ چند نوع تخلخل در سنگ‌ها

۱ـ Water table ۲ـ Zone of Saturation ۳ـ Aeration Zone

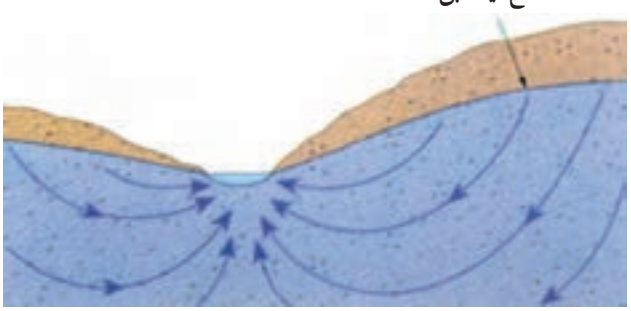
منطقه‌ی غیراشباع یا هوادار نیز به سه ناحیه‌ی کوچک‌تر تقسیم می‌شود.

۱ــ ناحیه‌ی سطحی: این ناحیه بلافاصله در زیر زمین قرار گرفته آب لازم را در اختیار گیاهان قرار می‌دهد.

۲ــ ناحیه‌ی حد واسط: در زیر ناحیه‌ی سطحی قرار دارد و آب در آن به علت جاذبه‌های مولکولی به صورت معلق است و ریشه‌ی گیاهان نمی‌توانند از آن استفاده کنند.

۳ــ ناحیه‌ی موسوم به «حاشیه‌ی موئینه»: این ناحیه بین نواحی حدواسط و منطقه‌ی اشباع قرار دارد و آب، تحت خاصیت نیروی موئینه از خلال مجاری نازک موجود در سنگ‌ها و خاک‌ها به طرف بالا کشیده می‌شود. هر چه منافذ باریک‌تر باشد آب بیش‌تر به طرف بالا خواهد آمد.

سطح ایستابی به ندرت در فاصله‌ی ثابتی از سطح زمین باقی می‌ماند، بلکه همیشه بالا و پایین می‌رود. از طرف دیگر این سطح، سطحی افقی نبوده شکل سطح زمین به خود می‌گیرد. معمولاً سطح ایستابی در نقاط مرتفع و دامنه‌ی کوه‌ها در عمق بیش‌تر و در دره‌ها و نقاط پست در عمق کم‌تر قرار دارد.



شکل ۳ــ۵ــ سطح ایستابی

مخازن آب‌های زیرزمینی

با وجود آن‌که در بسیاری از نقاط جهان آب آشامیدنی و کشاورزی از آب‌های سطح زمین، مانند رودخانه‌ها تأمین می‌شود، آب‌های زیرزمینی در بسیاری از مناطق دنیا از منابع مهم آبی به‌شمار می‌رود و از ارزش فراوانی برخوردار است. در سرزمین‌هایی که انسان به آب‌های جاری سطحی دسترسی ندارد ناگزیر از مخازن آب‌های زیرزمینی استفاده می‌کند و به روش‌های مختلف آن را به سطح زمین منتقل نموده از آن بهره‌برداری می‌کند. این منابع دارای گسترش وسیعی هستند و از طریق نفوذ آب‌های سطحی به طور طبیعی تغذیه می‌شوند و تخلیه‌ی این آب‌ها نیز در نتیجه‌ی نیروی ثقل و راه‌یابی به سطح زمین یا پمپاژ از طریق چاه‌ها صورت می‌گیرد. عموماً مقدار آبی که به طور سالیانه به این مخازن وارد می‌شود و یا از آن‌ها خارج می‌گردد درصد ناچیزی از ذخیره‌ی اصلی آن‌ها را تشکیل می‌دهد. حجم آب‌های زیرزمینی قابل استفاده حدود ۰/۳ درصد آب‌کره را تشکیل می‌دهد، اما همین مقدار تقریباً معادل ۳۵ سال بارندگی در سطح قاره‌های زمین است با این فرض که تمام باران به داخل زمین فرو برود.

سفره‌های آب زیرزمینی (آکیفر[1])

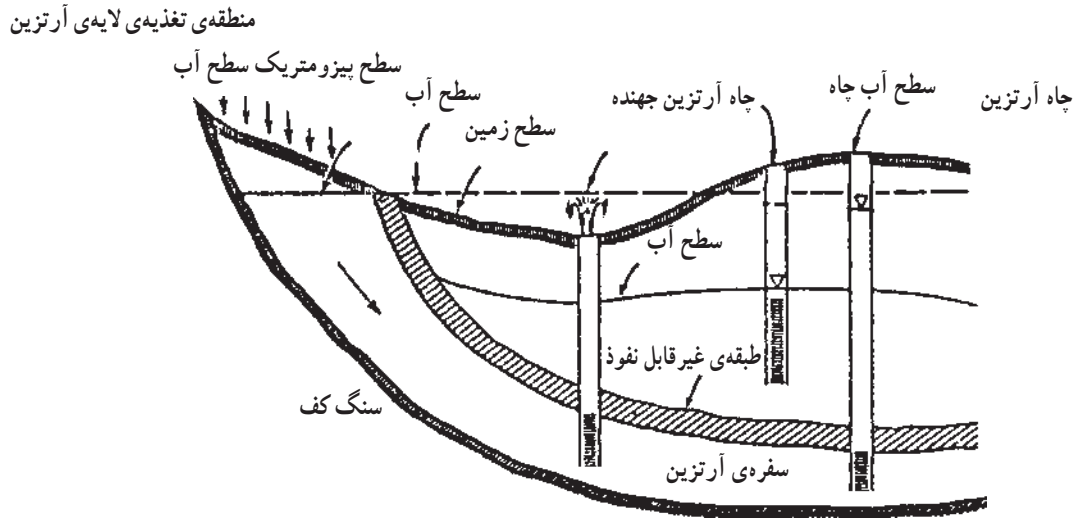
سفره‌ی آب عبارت است از قسمت‌های متخلخل و نفوذپذیر زمین که آب در داخل آن قادر به تجمع است و هم آن که در درون آن حرکت می‌کند و جابه‌جا می‌شود. به سفره‌ی آب، «آب‌خیز» یا «آب‌خوان» نیز گفته می‌شود. رسوبات سخت نشده‌ی ماسه، شن، ریگ و نظایر آن معمولاً از لحاظ تشکیل آب‌خوان مناسب هستند. سفره‌های آب زیرزمینی را برحسب وجود یا عدم وجود سطح ایستابی به دو نوع «سفره‌های آزاد[2]» و «سفره‌های تحت فشار[3]» تقسیم می‌کنند.

سفره‌های آزاد: در این نوع سفره‌های آب زیرزمینی، سطح ایستابی بالاترین سطح منطقه‌ی اشباع را تشکیل می‌دهد. اگر در یک سفره‌ی آب‌دار آزاد چاهی حفر شود سطح آب چاه معادل سطح ایستابی در همان نقطه است. فشار سطح آب در سفره‌های آزاد با فشار هوا یکسان است. این سفره‌ها از سطح زیرین به منطقه‌ی نفوذناپذیر و از سطح بالایی به طبقات نفوذپذیر محدود می‌شوند.

سفره‌های تحت فشار: این سفره‌ها در جاهایی تشکیل می‌شوند که آب زیرزمینی از طریق لایه‌ای نسبتاً نفوذناپذیر از بالا محدود شده باشد ؛ بنابراین، آب زیرزمینی در تحت فشاری بیش

۱ــ Aquifers ۲ــ Unconfind aquifier ۳ــ Confind aquifer

از فشار آتمسفر قرار دارد. هنگامی که در چنین سفره‌هایی چاه آبی حفر شود سطح آب از سطح لایه‌ی نفوذناپذیر بالاتر خواهد آمد.



شکل ۴ــ۵ــ سفره‌های آزاد و تحت فشار

درباره‌ی سفره‌های آب زیرزمینی تحت فشار، سطح ایستابی به مفهوم سفره‌های آزاد مطرح نیست ؛ از این رو، برای این نوع سفره‌ها سطحی به نام «پیزومتریک»[1] در نظر می‌گیرند. سطح «پیزومتریک» سطحی فرضی است که تابع فشار آب درون سفره است. سطح آب داخل چاهی که در یک سفره‌ی تحت فشار حفر می‌شود ارتفاع سطح پیزومتریک را در آن نقطه نشان می‌دهد. هرگاه سطح پیزومتریک بالاتر از سطح زمین قرار گیرد چاه فوران می‌کند.

حرکت آب‌ها زیرزمینی

پس از آن‌که سفره‌ی آب زیرزمینی تشکیل شد و آب درون آن جمع گردید به تدریج آب در جهت شیب سطح ایستابی به حرکت درمی‌آید. البته حرکت آب زیرزمینی چندان سریع نیست و سرعت آن معمولاً بین چند سانتی‌متر در روز و حتی سال تغییر می‌کند. آب از جایی که ارتفاع و فشار بیش‌تری دارد به سمت منطقه‌ای که ارتفاع و فشار آن کم‌تر است حرکت می‌کند. علت کندی سرعت حرکت آب‌های زیرزمینی آن است که آب باید در زیر زمین راه خود را از میان درزها و شکاف‌های باریک پیدا کند. سرعت حرکت آب‌های زیرزمینی به تخلخل و نفوذپذیری سنگ مخزن این آب‌ها نیز بستگی دارد. برای مثال، مقدار حرکت آب‌های زیرزمینی در شن ۶ تا ۹ متر و گاه تا ۱۵ متر در روز است ؛ هم‌چنین در ماسه‌ها ۱ تا ۴ متر در روز و در ماسه‌های خیلی ریز مقدار حرکت ۴ تا ۵ متر در سال است.

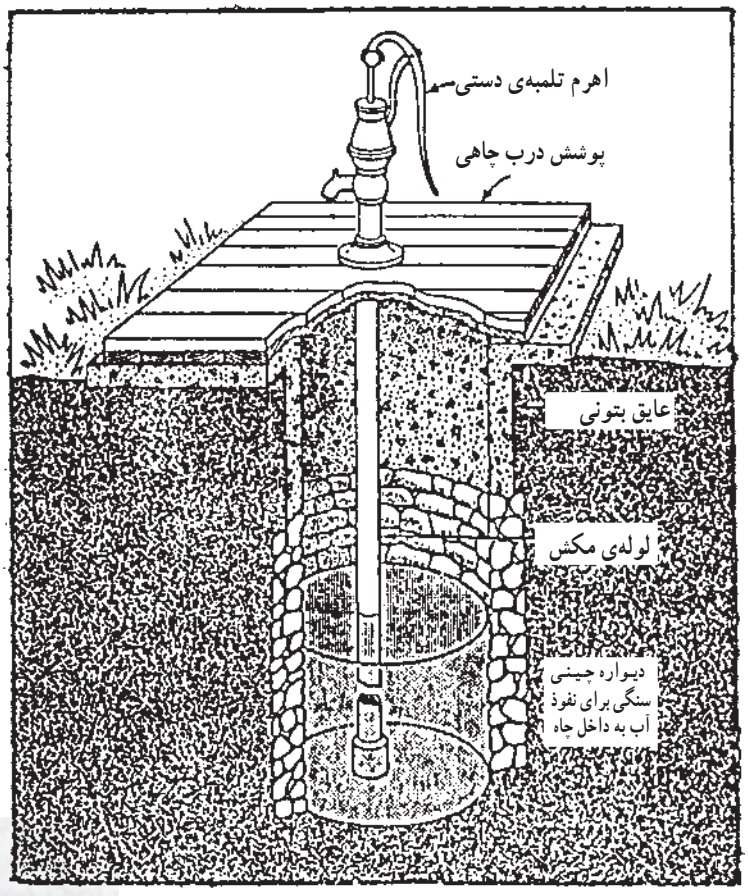
روش‌های بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی

همان‌گونه که گفته شد آب‌های زیرزمینی از منابع مهم تأمین آب شیرین برای آشامیدن، کشاورزی و صنعت است ؛ از این رو، باید آن را از زیرزمین به سطح زمین انتقال داد تا امکان بهره‌برداری از آن‌ها برای بشر فراهم باشد. مقادیر آب موجود در ذخیره‌ی بعضی از سفره‌های آب‌های زیرزمینی به حدّی زیاد است که در طول مدت چند سال بهره‌برداری و تخلیه‌ی آب از سفره، به راحتی مقادیر زیادی از پایین آمدن سطح آب را تحمل می‌کند ؛ بنابراین،

۱ــ Piezometric Surface

چنانچه بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی مستلزم سرمایه‌گذاری زیادی نیز باشد از انجام آن فروگذار نخواهد شد. زمین‌شناسان و متخصصان آب‌های زیرزمینی از روش‌ها و فنون مختلفی برای پی‌جویی و اکتشاف منابع آب‌های زیرزمینی استفاده می‌کنند که گاه پرهزینه بوده اما چون در دراز مدت با بهره‌برداری از این منابع هزینه‌های انجام شده جبران می‌شود فعالیت‌های بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی همواره ادامه دارد که در این جا به روش‌هایی که به وسیله‌ی انسان یا به طور طبیعی صورت می‌گیرد اشاره می‌شود.

حفر چاه آب: چاه، حفره یا سوراخی است که از سطح زمین تا محل سفره‌ی آب‌های زیرزمینی حفر می‌شود و چون با لایه‌های آب‌دار برخورد می‌کند به تدریج آب زیرزمینی در داخل آن جمع می‌شود ؛ سپس آن را به روش‌های مختلفی مانند تلمبه‌ی دستی، پمپ، نیروی انسان یا نیروی موتورهای دیزلی یا برقی به سطح زمین منتقل می‌کنند.

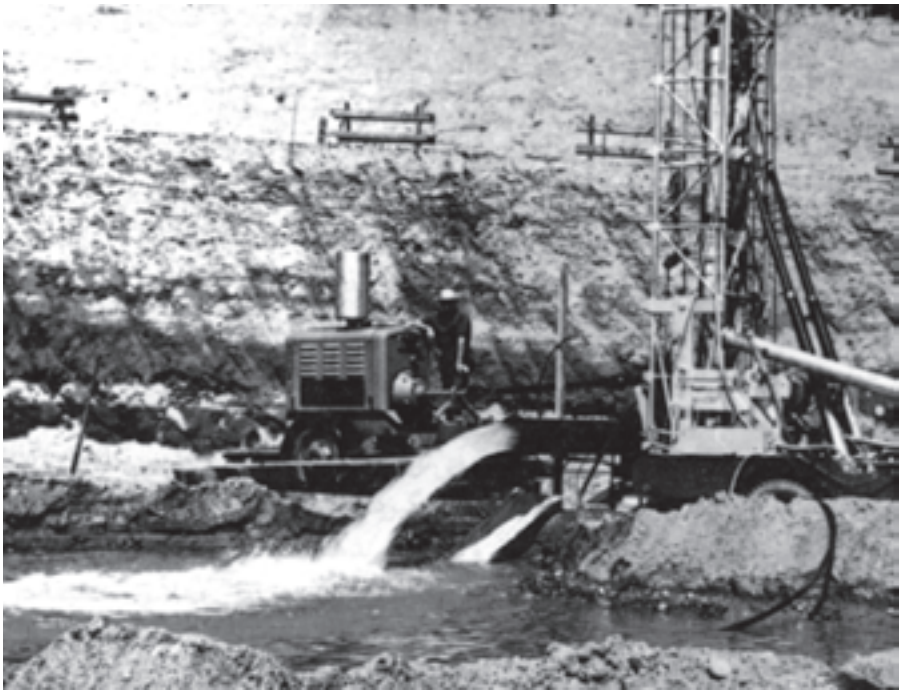


شکل ۵ــ۵ــ مقطع قائم یک چاه دستی مجهز به تلمبه‌ی برداشت با دیواره چینی سنگی برای نفوذ آب به داخل چاه

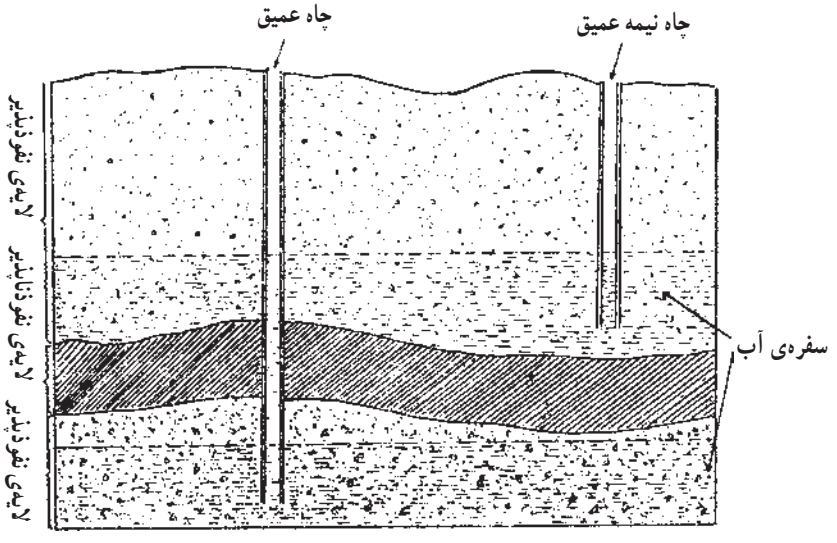
شکل ۶ــ۵ــ چاه آب با ظرفیت آب‌دهی ۳۰۰۰ گالن در دقیقه، آب چاه کاملاً صاف و بدون شن است.

امروزه استفاده از حفر چاه برای بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در همه‌ی نقاط دنیا متداول شده است. عمومی‌ترین نوع چاه که در روستاها با ابزارهای دستی ساده حفر می‌شود چاه‌هایی است که آب آن‌ها به وسیله‌ی تلمبه‌های دستی یا الکتروپمپ‌های کوچک و متوسط، چرخ چاه یا نیروی انسان و حیوان به سطح منتقل می‌شود.

نوع دیگر، چاه‌های نیمه عمیق است که سطح ایستابی آن‌ها در فاصله‌ی نسبتاً اندکی از سطح زمین قرار دارد. حفر این چاه‌ها با دستگاه‌های حفاری انجام می‌شود و آب آن‌ها نیز اغلب با موتور پمپ‌های گریز از مرکز به سطح زمین انتقال می‌یابد. چاه‌های عمیق نیز چاه‌هایی هستند که با دستگاه‌های ضربه‌ای روتاری حفر می‌شوند و آب آن‌ها به وسیله‌ی پمپ‌های توربینی با موتور دیزل یا الکتروپمپ‌های شناور به سطح زمین منتقل می‌گردد.



شکل ۷ــ۵ــ چاه عمیق با عمق بیش از ۳۰۰ متر

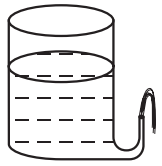


شکل ۸ــ۵ــ چاه عمیق و نیمه عمیق

از چاه‌های عمیق برای تأمین آب آشامیدنی شهرهای بزرگ، آبرسانی مزارع کشاورزی و مصرف قطب‌های صنعتی استفاده می‌شود. چاه‌های عمیق را «چاه‌های لوله‌ای» نیز می‌گویند، زیرا در داخل آن‌ها لوله‌های جداری مشبکی تعبیه می‌شود که علاوه بر انتقال آب داخل لایه‌ی آبدار زیرزمینی به درون چاه، مانع ریزش دیواره‌ی چاه و سبب بسته شدن آن می‌گردد.

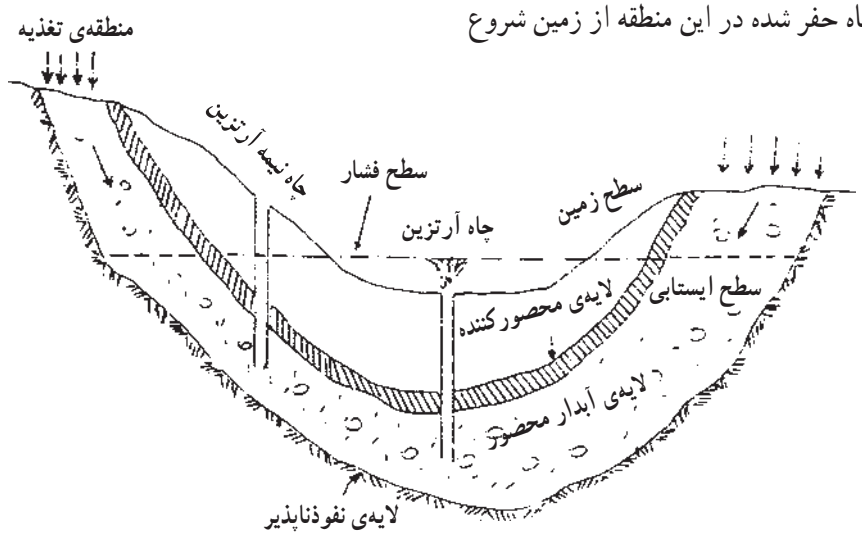
چاه دستی یا معمولی: این گونه چاه‌ها که عمومی‌ترین نوع چاه‌ها در روستاها به شمار می‌آید برای استفاده از مخازن آب‌دار سطحی هر ناحیه حفر می‌گردد. این قبیل چاه‌ها را مقنّی با ابزارهای دستی و ادوات چاه‌کنی حفاری می‌کند. عمق متوسط این چاه‌ها ۳۰ متر و گاه در حدود ۱۰۰ متر است. این چاه‌ها در معرض ریزش‌های جوی قرار دارند و سطح آب آن‌ها تغییرات زیادی پیدا می‌کند.

چاه آرتزین[1]**:** نام این چاه‌ها از «آرتویز[2]» که نام استانی در کشور فرانسه است گرفته شده است. در ماه آوریل سال ۱۲۲۶ میلادی آب نخستین چاه حفر شده در این منطقه از زمین شروع به فوران کرد. می‌دانیم که براساس قانون ظروف مرتبطه، هرگاه سطح آب منبعی بالاتر از دهانه‌ی خروجی آب باشد، آب به صورت جهنده از مخزن خارج خواهد شد.



شکل ۹ــ۵

چنانچه آب زیر زمینی بین دو لایه‌ی نفوذناپذیر قرار گیرد و منطقه‌ی تغذیه‌ی آب نیز در ارتفاعات بلند واقع شده باشد آب محبوس بین دو لایه‌ی تحت فشار واقع می‌شود. هرگاه در چنین محل‌هایی چاه حفر شود به هر صورت سطح آب داخل چاه تا سطح ایستابی آب زیرزمینی به صورت جهنده فوران می‌کند. این قبیل چاه‌ها را «چاه آرتزین» می‌گویند.



شکل ۱۰ــ۵ــ سفره‌ی تحت فشار و چاه آرتزین

قنات یا کاریز: قنات یکی از ابداعات ایرانیان باستان در آبیاری به شمار می‌رود که با حفر آن، در مناطق خشک و کم‌باران، آب را به سطح زمین هدایت می‌کرده‌اند. امروزه هنوز در بعضی نقاط کویرمرکزی کشور از آن استفاده می‌شود. اصولاً قنات نوعی کانال یا مجرای زیرزمینی است که به وسیله‌ی چاه‌هایی با فواصل نسبتاً مساوی با سطح زمین ارتباط دارد. به این چاه‌ها «میله» نیز می‌گویند.

بهره‌برداری از مخازن آب‌دار در دامنه‌های آبرفتی و نواحی

۱ــ Artesian ۲ــ Artois

کوهستانی با حفر قنات امکان‌پذیر است. شیب کانال قنات معمولاً کم است تا بر اثر سرعت زیاد، آب کف کانال شسته و عمیق نشود. آب قنات تنها تحت تأثیر نیروی ثقل جریان پیدا می‌کند و به هیچ‌گونه انرژی دیگری نیاز ندارد.

طول قنات‌ها متناسب با وضعیت زمین، شیب، امتداد ناحیه و سطح آب زیرزمینی متفاوت است و معمولاً از یک کیلومتر بیش‌تر است و گاه به ده‌ها کیلومتر می‌رسد.

مشخصات قنات

۱ــ به اولین چاهی که به داخل لایه‌ی آب‌دار زیرزمینی از سطح زمین حفر می‌شود «مادر چاه» می‌گویند.

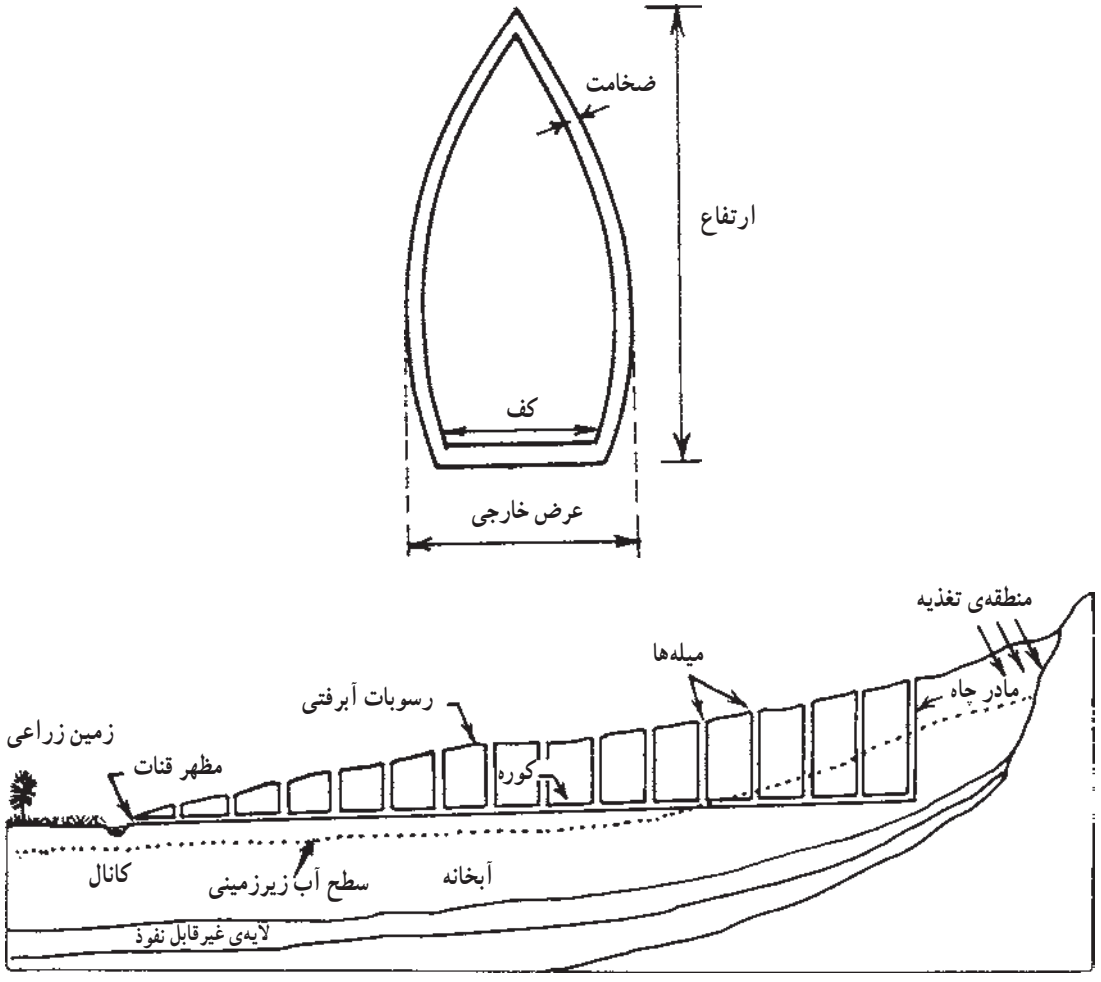
۲ــ محل خروج آب از دهانه‌ی قنات «مظهر قنات» نامیده می‌شود.

۳ــ کانال یا مجرای افقی عبور آب را «کوره» می‌گویند.

۴ــ حدفاصل بین چاه‌های قنات یا دو میله‌ی متوالی را «پشته» می‌نامند.

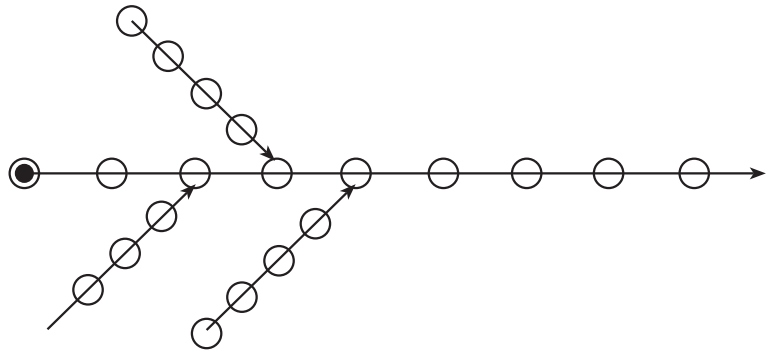
۵ــ حلقه‌های سیمانی یا گلی که برای جلوگیری از ریزش کانال به کار می‌رود اصطلاحاً «کَوَل» نام دارد.

۶ــ بخشی از طول کانال که از لایه‌ی آب‌دار می‌گذرد «تره کار» و قسمت دیگر «خشکه کار» خوانده می‌شود.



شکل ۱۱ــ۵ــ مقطع طولی قنات

گاهی برای افزایش میزان آب‌دهی قنات چند رشته‌ی فرعی قنات را حفر کرده امتداد آن‌ها را به قنات اصلی وصل می‌کنند.



شکل ۱۲ــ۵ــ اتصال انشعابات فرعی به قنات اصلی

قنات چنان‌چه پیوسته لایروبی و مرمت شود تقریباً به طور مداوم آب‌دهی خواهد داشت. البته تغییرات آب‌دهی در طول سال به طور متوسط ۲۰ تا ۲۵ درصد است و برحسب بالا و پایین بودن سطح آب زیرزمینی تغییر می‌یابد.

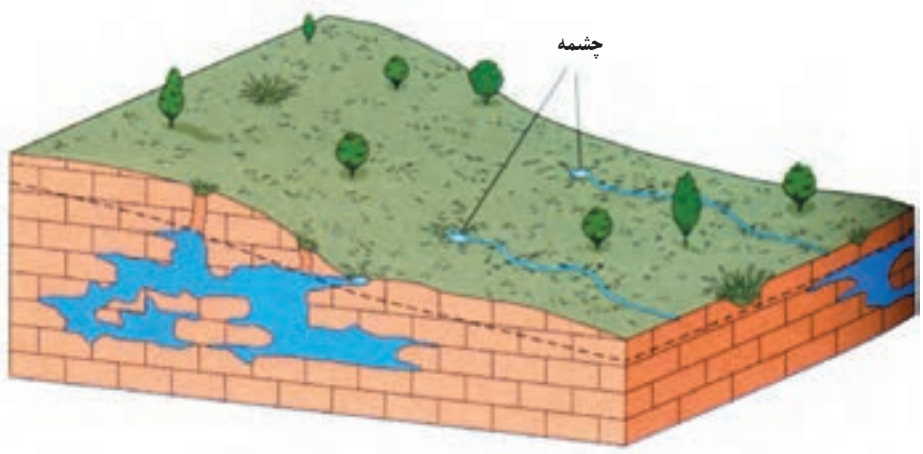
حفر قنات کاری بسیار پرزحمت بوده که در زمین‌های سست نیز خطرناک است، زیرا بر اثر ریزش دیواره، کانال‌های آن خراب می‌شود و از طرفی سنگ‌چینی دیواره‌ها و سقف قنات به منظور جلوگیری از ریزش نیز بسیار پر هزینه و گران تمام می‌شود.

شکل ۱۳ــ۵ــ منظره‌ی هوایی چند رشته قنات

چشمه[1]: هرگاه سفره یا مخزن آب زیرزمینی به طور طبیعی به سطح خارجی زمین راه پیدا کند چشمه پدید می‌آید. به دیگر سخن، چشمه به مکانی گفته می‌شود که قشر خارجی زمین و سطح آب‌های زیرزمینی یک‌دیگر را قطع کرده باشند. بعضی از چشمه‌ها برای همیشه یا تمام مدت سال و بعضی از انواع دیگر برای زمان کوتاه یا به صورت متناوب جاری هستند. مقدار آب چشمه‌ها در فصل‌های سال متغیر است و بستگی به آب و هوا، به‌ویژه وضعیت زمین‌شناسی ناحیه دارد. اکثر چشمه‌ها دارای مواد معدنی محلول در آب هستند و این مواد محلول در آب پس از رسیدن به «مظهر چشمه» در کناره‌ها رسوب می‌کنند. انواع چشمه‌های آهکی، گوگردی و مانند آن در اطراف چشمه‌ی رسوبی، این مواد را برجا می‌گذارند.

آب چشمه‌ها اغلب شیرین است، اما در بعضی از نواحی مزه‌ای تلخ و شور دارد و گاهی به اندازه‌ای تلخ و شور است که نه تنها انسان بلکه حتی حیواناتی نظیر شتر از نوشیدن آن خودداری می‌کنند. این قبیل چشمه‌ها در نواحی بیابانی و نیمه‌بیابانی یافت می‌شوند. در صحراهای آفریقا، عربستان و ترکمنستان این‌گونه چشمه‌ها را می‌توان مشاهده کرد. چشمه‌ها را از لحاظ کلی به دو

۱ــ Spring



شکل ۱۴ــ۵ــ چشمه

گروه تقسیم می‌کنند : «چشمه‌های معمولی» و «چشمه‌های معدنی».

۱ــ *چشمه‌های معمولی:* این دسته از چشمه‌ها انواعی هستند که املاح موجود در آب آن‌ها در حد آب آشامیدنی است. برخی از این چشمه‌ها که در تمام فصل‌های سال دارای آب‌دهی تقریباً ثابت هستند و از منابع آب زیرزمینی غنی تغذیه می‌شوند «چشمه‌های دایمی» نام دارند. گروهی دیگر چشمه‌های فصلی هستند که میزان آب‌دهی آن‌ها به ریزش‌های جوی در فصل‌های مختلف مربوط است و در فصل تابستان که سطح آب‌های زیرزمینی پایین می‌رود خشک می‌شوند.

۲ــ *چشمه‌های معدنی:* این گروه از چشمه‌ها دارای آب حاوی املاح و گاز است. از حبابهایی که از آب این چشمه‌ها برمی‌خیزد به سهولت می‌توان به وجود گاز در آب پی برد. آب این چشمه‌ها گاه صاف یا زردرنگ یا گل‌آلود و گاهی نیز مانند شیر سفید رنگ هستند. بعضی از انواع چشمه‌های معدنی به علت داشتن املاح کم و گازکربنیک طعمی مطبوع و خاصیت ملیّن و گوارایی دارند، اما در انواع دیگر وجود مزه شور در آب، هم‌چنین گاز هیدروژن سولفوره و گاهی داشتن املاح آهن سبب می‌گردد که بیش‌تر برای مصارف درمانی و استحمام به کار بروند. چشمه‌های معدنی برخلاف چشمه‌های معمولی دارای حرارتی زیاد هستند و آب آن‌ها ولرم، گرم و یا خیلی داغ است. گاهی نیز آب این چشمه‌ها حتی در حال جوش هستند. حرارت زیاد این چشمه‌ها نشان می‌دهد که آب از عمقی زیاد بالا می‌آید.

رسوبات حاصل از آب چشمه‌ها: چشمه‌های معمولی و چشمه‌های معدنی اغلب حاوی مقداری املاح گوناگون هستند ؛ از این رو، در محل خروج آب از چشمه گاهی مقادیری از این املاح رسوب می‌کند. کربنات کلسیم، هیدروکسید آهن، اکسید منگنز، گوگرد و کربنات سدیم و ژیپس از موادی هستند که رسوبات آن‌ها را می‌توان در کنار چشمه‌ها مشاهده کرد. رسوب کربنات کلسیم دهانه‌ی چشمه‌ها را که معمولاً متراکم و به رنگ‌های مختلف دیده می‌شود «تراورتن»[1] می‌گویند. تراورتن در دهانه‌ی بیش‌تر چشمه‌های معدنی ایران، مانند اطراف کوه دماوند دیده می‌شود. تراورتن سنگی معمولاً شیری رنگ و سوراخ‌دار است که آن را پس از برش به صورت سنگ نما در ساختمان‌ها به کار می‌برند.

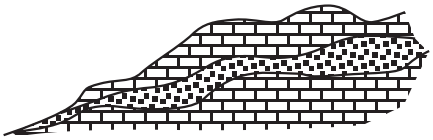
تقسیم‌بندی چشمه‌ها از لحاظ منشأ پیدایش و زمین‌شناسی منطقه :

۱ــ *چشمه‌های کنتاکتی:* این چشمه‌ها از محل فصل مشترک تشکیلات نفوذپذیری که روی تشکیلات نفوذناپذیر قرار دارند خارج می‌شوند. آب‌هایی که از طبقات نفوذپذیر به پایین فرو می‌روند در برخورد به لایه‌های نفوذناپذیر جمع شده، پس از جاری شدن به بیرون راه پیدا می‌کنند.

شکل ۱۵ــ۵

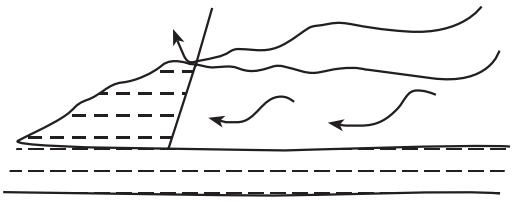
۱ــ Travertin

۲ــ چشمه‌های آرتزین: در صورتی که در طبقات آهکی، سطح آب زیرزمینی بالاتر از دهانه‌ی چشمه قرار گیرد در این صورت آب چشمه فوران می‌کند.



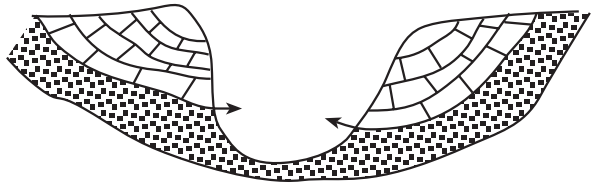
شکل ۱۶ــ۵ــ چشمه‌ی آرتزین

۳ــ چشمه‌ی گسلی: این چشمه‌ها از محل وقوع گسل و حدفاصل دو قسمت جدا شده به وسیله‌ی گسل پدید می‌آیند.



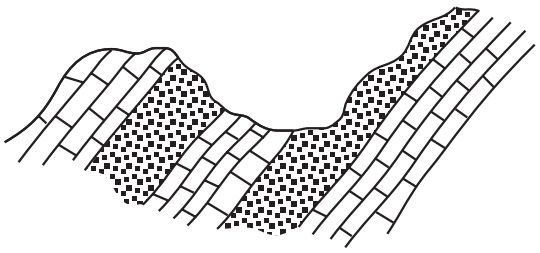
شکل ۱۷ــ۵ــ چشمه‌ی گسلی

۴ــ چشمه‌ی درّه‌ای: گاهی محل دهانه‌ی چشمه در نقطه‌ای از کف یک دره قرار گرفته و طبقات نفوذناپذیر شکل تشتکی به خود گرفته‌اند. این نوع چشمه‌ها را دره‌ای می‌گویند.



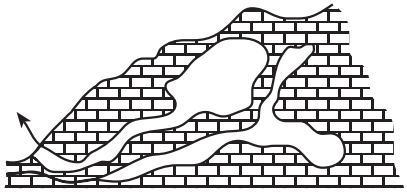
شکل ۱۸ــ۵ــ چشمه‌ی دره‌ای

۵ــ چشمه‌ی دامنه‌ای: این نوع چشمه‌ها در دامنه‌ی کوه‌ها یا دره‌ها به سطح زمین راه پیدا می‌کنند.



شکل ۱۹ــ۵ــ چشمه‌ی دامنه‌ای

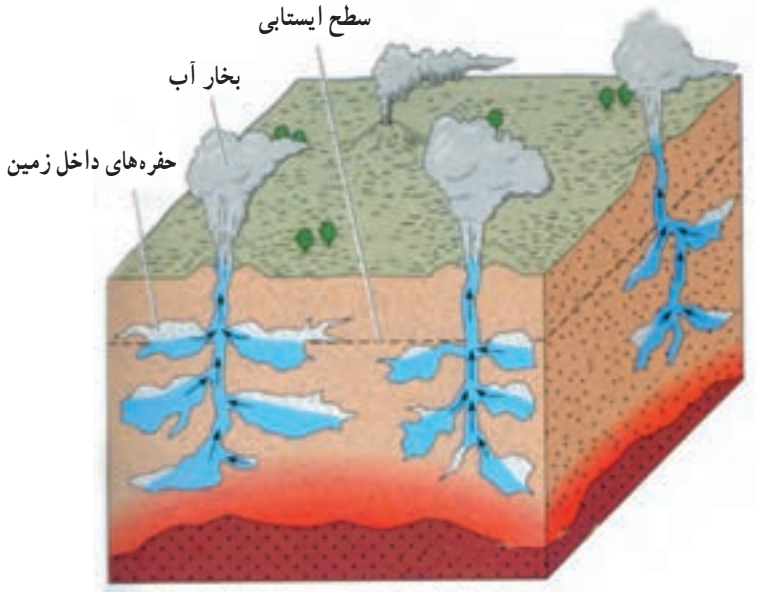
۶ــ چشمه‌ی کارستیک: غارهای آهکی محل مناسبی برای تجمع آب‌های زیرزمینی هستند. هرگاه چشمه از چنین منابعی تغذیه شود به آن «چشمه‌ی کارستیک» می‌گویند.



شکل ۲۰ــ۵ــ چشمه‌ی کارستیک

آب‌فشان: چشمه‌های آب گرمی که از آن‌ها در فواصل زمانی معین آب داغ همراه با بخار آب فوران می‌کند را «آب‌فشان» می‌گویند. درجه‌ی حرارت آب‌فشان در نواحی مختلف بین ۸۰ تا ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است و ارتفاع بخار آب گاهی تا ۵۰ متر می‌رسد. آب‌فشان‌ها عموماً دارای مواد آهکی و سیلیسی هستند که گاهی ماده‌ی سیلیس در کنار آب‌فشان رسوب می‌کند و نوعی سیلیس بی‌شکل به نام «اوپال» را تشکیل می‌دهد. به این نوع رسوبات «جی‌سریت[1]» می‌گویند. عمل آب‌فشان‌ها به این ترتیب در زمین صورت می‌گیرد که مجاری و منافذ زمین از آب جوش تحت فشار پر می‌شود. هنگامی که فشار به حد معینی می‌رسد آب از طریق منافذ بالا می‌آید و فشار کاهش می‌یابد. در نتیجه‌ی کاهش فشار مقداری آب بخار می‌شود و آب داغ همراه با بخار بر اثر فشار به بیرون فوران می‌کند و این عمل به صورت پیاپی تکرار می‌شود.

۱ــ Geyserit



شکل ۲۱ ــ۵ــ آب‌فشان

خودآزمایی

۱ــ آب‌های زیرزمینی با منشأ بیرونی و درونی چگونه تشکیل می‌شوند و چه تفاوتی بین آن‌ها وجود دارد؟

۲ــ نفوذپذیری یعنی چه؟ تفاوت چند نوع زمین و سنگ را با نفوذپذیری‌های مختلف بیان کنید؟

۳ــ آیا ممکن است سنگی با وجود تخلخل فراوان نفوذناپذیر هم باشد؟ مثالی بزنید.

۴ــ تخلخل سنگ‌ها و خاک‌ها را چگونه محاسبه می‌کنند؟ سنگ آهک، ماسه و گراول و رس کدام یک دارای بیش‌ترین و کم‌ترین درصد تخلخل هستند؟

۵ــ سطح ایستابی را تعریف کنید و مشخصه‌ی اصلی آن را بیان نمایید.

۶ــ چه تفاوت‌ها و ویژگی‌هایی در منطقه‌ی غیراشباع بین سه ناحیه‌ی مختلف آن وجود دارد؟

۷ــ با تغییر وضعیت توپوگرافی منطقه آیا در سطح ایستابی نیز تغییراتی مشاهده می‌شود؟

۸ــ سفره‌های آب زیرزمینی چه مشخصه‌ای دارند؟ انواع آن‌ها را نام ببرید.

۹ــ چه تفاوتی بین سفره‌های آزاد و تحت فشار وجود دارد؟ با حفر چاه در هر یک از این سفره‌ها، وضعیت ایستابی چگونه خواهد بود؟

۱۰ــ حرکت آب‌های زیرزمینی چه تفاوتی با حرکت آب رودخانه دارد؟

۱۱ــ با توجه به محدود بودن ذخیره‌ی آب‌های زیرزمینی آیا سرمایه‌گذاری در زمینه‌ی بهره‌برداری از آن‌ها مقرون به صرفه است؟ علت آن چیست؟

۱۲ــ عمومی‌ترین روش دست‌رسی به آب‌های زیرزمینی چیست؟ برای انتقال آب به سطح زمین از چه وسایلی استفاده می‌شود؟

۱۳ــ در کدام یک از انواع چاه‌ها لوله‌گذاری می‌شود و علت انجام دادن این کار چیست؟

۱۴ــ چاه آرتزین چگونه فوران می‌کند؟ برای تشریح موضوع شکلی رسم کنید.

۱۵ــ استفاده از قنات در چه مناطقی امکان‌پذیر است و برای هدایت آب در آن از چه نیرو یا انرژی خاصی استفاده می‌شود؟

۱۶ــ شکلی از یک قنات را رسم کنید و موقعیت مادر چاه، کوره، پشته و مظهر قنات را در آن مشخص نمایید.

۱۷ــ چشمه چگونه تشکیل می‌شود و آب آن چه ویژگی‌هایی دارد؟

۱۸ــ چگونه می‌توان آب چشمه‌ی معمولی و چشمه‌ی معدنی را از یک‌دیگر تشخیص داد؟ تفاوت آب این دو نوع چشمه را بیان کنید.

۱۹ــ در محل خروج آب از چشمه‌ها اصولاً چه نوع رسوباتی دیده می‌شود؟ آیا این رسوبات را می‌توان بهره‌برداری کرد؟

۲۰ــ چه تفاوتی بین چشمه‌های آرتزین با سایر چشمه‌ها وجود دارد؟

۲۱ــ چشمه‌ی دره‌ای و گسلی را با رسم شکل نشان دهید.

۲۲ــ چشمه‌ی کارستیک را با رسم شکل تعریف کنید.

۲۳ــ فرق بین چاه آرتزین و آب‌فشان چیست؟

۲۴ــ تراورتن و اوپال از لحاظ نوع تشکیل چه فرقی با یک‌دیگر دارند؟

سنگ کره

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ خاصیت امواج نورانی را با امواج زلزله مقایسه کند.

۲ــ استفاده از روش غیرمستقیم را در مطالعه‌ی ساختمان درونی زمین بیان نماید.

۳ــ ساختار یک‌نواخت و غیر یک‌نواخت زمین را مقایسه کند.

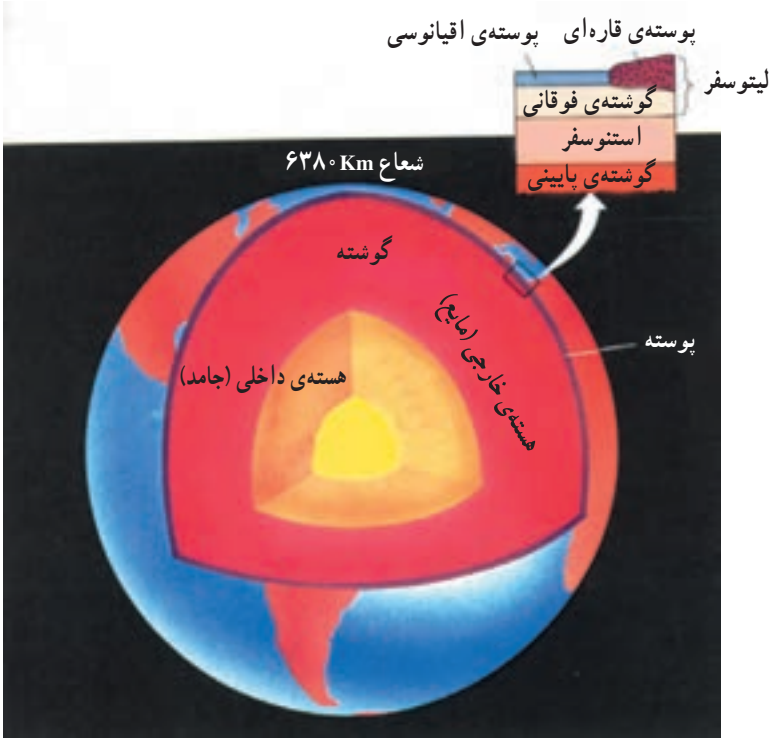
۴ــ پوسته‌ی زمین را توضیح دهد.

۵ــ گوشته یا جبّه‌ی زمین را شرح دهد.

۶ــ هسته‌ی زمین را توضیح دهد.

۷ــ پوسته‌ی قاره‌ای را تعریف نماید.

۸ــ نظریه‌ی ایزوستازی را توضیح دهد.

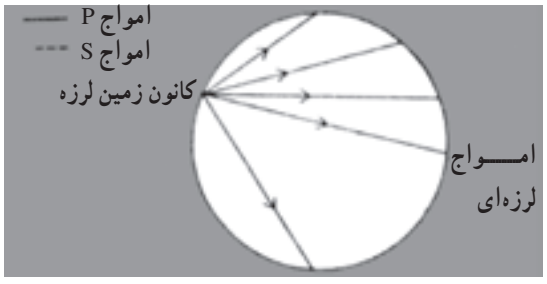


سنگ کره

ساختمان درونی زمین

مطالعه‌ی بخش‌های سطحی زمین از طریق نمونه‌برداری از سنگ‌ها و تجزیه‌ی شیمیایی در آزمایشگاه‌ها عملی است. دست‌یابی به قسمت‌های درونی زمین به‌طور مستقیم امکان‌پذیر نیست، اما با استفاده از امواج زلزله مطالعه‌ی این بخش امکان‌پذیر شده است. امواج زلزله به امواج نورانی شباهت زیادی دارند. به‌خوبی می‌توان قوانین مربوط به بازتابش و شکست نور را برای امواج زلزله به کار بست. در ضمن، ارتعاشات نورانی و لرزه‌ای فاصله‌ی بین دو نقطه را در کوتاه‌ترین فاصله طی می‌کنند. به‌شکل ۱ ــ۶ توجه کنید.

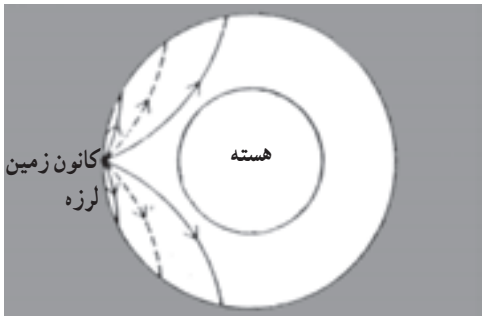
اگر زمین ساختمان یک‌نواخت داشت، امواج زلزله به‌گونه‌ای که در شکل نشان داده شده است انتشار می‌یافت.



شکل ۱ــ۶ــ عبور امواج زلزله در ساختار یک‌نواخت

مشاهدات زمین‌شناسی و بررسی خواص فیزیکی داخل زمین از طریق دریافت و مطالعه‌ی امواج لرزه‌ای نشانگر این واقعیت است که مسیر آن‌ها به‌طور کلی منحنی شکل است و نشان‌دهنده‌ی این است که زمین حالت لایه لایه دارد و هر لایه دارای خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت است (شکل ۲ــ۶).

نتایج حاصل از بررسی امواج، سه لایه‌ی پوسته، گوشته و هسته را مشخص می‌کند.



شکل ۲ــ۶ــ رفتار عبور امواج زلزله از داخل کره‌ی زمین

لایه‌های تشکیل دهنده‌ی زمین

پوسته[1]: بخش نازک لایه‌ی لیتوسفر[2]، «پوسته» نامیده می‌شود. ضخامت متوسط این قسمت در بخش قاره‌ای ۲۰ تا ۶۰ کیلومتر و در بخش اقیانوسی ۸ تا ۱۲ کیلومتر است.

بر پایه‌ی مطالعات زمین‌شناسی، پوسته بر حسب جنس سنگ‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن، به دو قسمت تقسیم می‌شود :

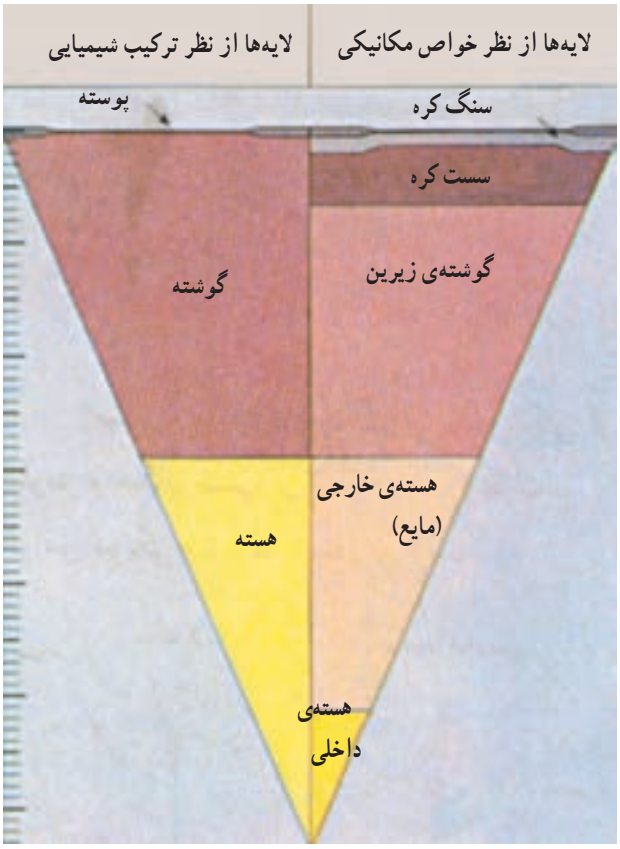
الف ــ پوسته‌ی قارّه‌ای با ترکیب شیمیایی شبیه به گرانیت که چگالی آن در حدود ۲/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

ب ــ پوسته‌ی اقیانوسی با ترکیب شیمیایی بازالتی که چگالی آن در حدود ۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب است دارد. مرز بین پوسته و گوشته «سطح انفصال موهو» نامیده می‌شود. شکل ۳ــ۶ نشان‌دهنده‌ی لایه‌های زمین است.

گوشته[3] **(جبّه)** : این لایه بعد از پوسته قرار داشته تا عمق ۲۹۰۰ کیلومتری درون زمین ادامه دارد. چگالی متوسط جبّه ۴/۵ تا ۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. بخش فوقانی گوشته سخت و سنگی است و به‌همراه پوسته‌ی زمین «لیتوسفر» نامیده می‌شود. ضخامت این قسمت از سطح زمین بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلومتر است. در عمق ۱۰۰ تا ۳۵۰ کیلومتری درون گوشته دما و فشار به اندازه‌ای است که سنگ‌های تشکیل دهنده حالت خمیری دارد و به همین

---

۱ ــ Crust ۲ ــ Lithosphere ۳ ــ Mantle



شکل ۳ــ۶ــ لایه‌های زمین

دلیل «سست کره»[1] نامیده می‌شود. بعد از آن، گوشته حالت جامد به خودگرفته تا مرز هسته‌ی خارجی ادامه می‌یابد.

هسته[2]: هسته از عمق ۲۹۰۰ کیلومتری تا مرکز زمین ادامه دارد. چگالی هسته‌ی زمین حدود ۱۱ گرم برسانتی‌متر مکعب برآورد شده است. و با توجه به رفتار امواج لرزه‌ای این لایه به دو بخش «هسته‌ی خارجی»[3] و «هسته‌ی داخلی»[4] تقسیم می‌شود.

هسته‌ی خارجی حالت مایع و هسته‌ی داخلی حالت جامد دارد.

با مقایسه‌ی ترکیب شهاب سنگ‌ها با هسته‌ی زمین، جنس زمین را نیکل و آهن می‌دانند.

رویه‌ی سنگ کره

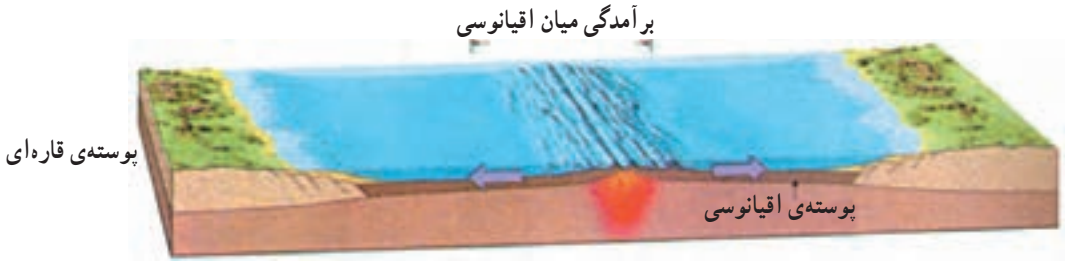
سطح زمین از دو قسمت متمایز «پوسته‌ی قاره‌ای» و «پوسته‌ی اقیانوسی» تشکیل شده که هر یک دارای مشخصات خاص خود هستند در شکل۴ــ۶، مقطع پوسته‌ی قاره‌ای و اقیانوسی را مشاهده می‌کنید.

پوسته‌ی قاره‌ای: قطعات بزرگ مرتفعی که از میلیون‌ها سال قبل از زیر آب خارج شده در شمار خشکی‌های زمین درآمده‌اند «پوسته‌ی قاره‌ای» زمین نامیده می‌شوند. در سطح قاره‌ها پستی و بلندی‌های مختلف وجود دارد که بر اثر فرایندهای گوناگونی به‌وجود آمده‌اند.

کوه‌ها: کوه‌ها قسمت‌هایی از سطح زمین هستند که از زمین‌های مجاور خود به نحو چشمگیری بلندتر هستند. تشکیل رشته کوه‌ها را براساس نظریه‌ی تکتونیک صفحه‌ای[5]، حاصل برخورد صفحه‌های قاره‌ای می‌دانند ؛ مانند کوه‌های هیمالیا که از برخورد صفحه‌ی هندوستان با قاره‌ی آسیا به وجود آمده است.

کوه‌های زاگرس نیز باید حاصل برخورد صفحه‌ی عربستان به قاره‌ی آسیا باشد.

درباره‌ی چگونگی تشکیل ریشه‌ی کوه‌ها در زیر سطح زمین، دانشمندان فرضیه‌هایی را مطرح ساخته‌اند که از نتیجه‌ی مطالعه‌ی آن‌ها چنین برمی‌آید که عوارض سطح کره‌ی زمین برروی قسمت‌های زیرین خود در حال تعادل است.

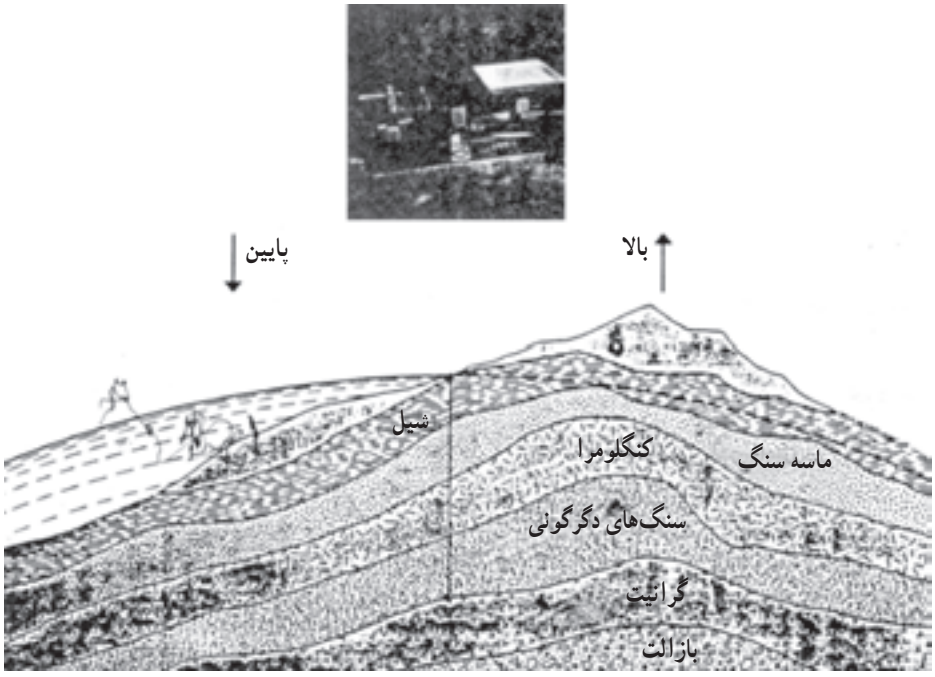


شکل ۴ــ۶ــ مقطع پوسته‌ی قاره‌ای و اقیانوسی

---

۱ ــ Astenosphere ۲ ــ Core ۳ ــ Outer Core
۴ ــ Inner Core ۵ ــ Plate tectonic زمین ساخت صفحه‌ای

ایزوستازی[1]: براساس اصل ایزوستازی، در طول زمان و در پی‌فرسایش، از ارتفاع کوه‌ها کاسته شده با پرشدن دریا از رسوبات، وزن این قسمت از پوسته، فزونی می‌یابد و در نتیجه، تعادل بین توده‌های قشر جامد زمین به‌هم می‌خورد. کف دریا به‌علت سنگینی فرومی‌نشیند و کوه به خاطر سبک شدن، بالاتر می‌آید تا تعادل مجددی برقرار شود.



شکل ۵ــ۶ــبراساس اصل ایزوستازی پوسته‌ی جامد زمین در زیر قاره‌ها و اقیانوس‌ها همواره در حال تعادل است.

کمربندهای کوه‌زایی: پدیده‌ای که بر اثر آن کوه‌ها پدید می‌آیند «کوه‌زایی» نام دارد. مطالعه‌ی سنگ‌های تشکیل دهنده‌ی کوه‌ها بیانگر این واقعیت است که براثر نیروهای بسیار عظیم چین‌خوردگی گسل، فعالیت‌های آذرین، ایجاد شده است. کمربندهای کوه‌زایی آلپ، البرز و هیمالیا که در زمان نسبتاً جدید حاصل شده‌اند و فرسایش کم‌تری داشته‌اند، مرتفع هستند.

پوسته‌ی اقیانوسی: در بستر اقیانوسی فقط یک لایه از بازالت[2] و گابرو[3] موجود است. (اختصاصات و تحولات این بخش از پوسته در بخشی از علوم زمین تحت عنوان «تکتونیک صفحه‌ای» بررسی می‌شود.)

شکل ۶ــ۶ــ کمربندهای مهّم کوه‌زایی جهان

۱ ــ Isostasy

۲ و ۳ ــ از سنگ‌های آذرین هستند که در فصل سنگ‌شناسی توضیح داده می‌شود.

خودآزمایی

۱ــ امواج لرزه‌ای با امواج نورانی چه شباهت‌هایی دارند؟ علت ارزشمند شدن امواج لرزه‌ای را در مطالعه‌ی زمین توضیح دهید.

۲ــ جنس مواد تشکیل دهنده‌ی پوسته، گوشته و هسته را تعیین کنید.

۳ــ چگالی لایه‌های پوسته، گوشته و هسته را با یک‌دیگر مقایسه کنید. از این مقایسه به چه نتایجی می‌رسید؟

۴ ــ روش مطالعه‌ی این پدیده‌ها را توضیح دهید :

الف ــ تجزیه‌ی شیمیایی انواع سنگ‌های حاصل از پوسته‌ی جامد زمین.

ب ــ لایه‌های مختلف تشکیل دهنده‌ی زمین.

ج ــ جنس هسته‌ی زمین و وجود سست کره.

۵ــ شاید عده‌ای اعتقاد بر یک‌نواخت بودن ساختار زمین داشته باشند، با چه دلایلی اعتقاد آن‌ها را رد یا قبول می‌کنید؟

فصل هفتم

کانی‌ها

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ عناصر عمده‌ی تشکیل دهنده‌ی پوسته را نام ببرد.

۲ــ کانی‌شناسی را تعریف کند.

۳ــ کانی را با ذکر مثال شرح دهد.

۴ــ منشأ کانی‌ها را توضیح دهد.

۵ــ شکل بلوری کانی‌ها را توضیح دهد.

۶ــ سختی کانی‌ها را تعریف کنید.

۷ــ رنگ و رنگ خاکه‌ی کانی‌ها را با ذکر مثال توضیح دهد.

۸ــ جلای کانی‌ها را توضیح دهد.

۹ــ انواع جلا را طبقه‌بندی کند.

۱۰ــ جلاهای مختلف را با ذکر مثال توضیح دهد.

۱۱ــ سطح شکست کانی‌ها را تعریف کند.

۱۲ــ خاصیت مغناطیسی کانی‌ها را برشمارد.

۱۳ــ لومینسانس و انواع آن را در کانی‌ها شرح دهد.

۱۴ــ خاصیت رادیواکتیویته‌ی کانی‌ها را بیان کند.

۱۵ــ استفاده از اسید را در شناسایی کانی‌ها توضیح دهد.

۱۶ــشیوه‌های مختلف شناسایی کانی‌ها را توضیح دهد.

۱۷ــ چگونگی نام‌گذاری کانی‌ها را بیان کند.

کانی‌ها[1]

شکل ۱ــ۷

مقدمه

پوسته‌ی زمین ساختمان یک‌نواختی ندارد بلکه ۹۸/۵ درصد عناصر تشکیل دهنده‌ی آن عبارت‌اند از : اکسیژن، سیلیسیم، آلومینیم، آهن، کلسیم، سدیم، پتاسیم و منیزیم. ۱/۵ درصد باقی‌مانده را عناصر دیگر تشکیل می‌دهد(جدول ۱ــ۷).

جدول ۱ــ۷ــ فراوانی نسبی عناصر اصلی در پوسته‌ی زمین

عنصر		درصد وزنی
اکسیژن	O	۴۶/۶
سیلیسیم	Si	۲۷/۷
آلومینیم	Al	۸/۱
آهن	Fe	۵
کلسیم	Ca	۳/۶
پتاسیم	K	۲/۶
سدیم	Na	۲/۸
منیزیم	Mg	۲/۱
جمع		۹۸/۵

تعریف کانی

کانی جسمی است طبیعی، جامد، غیرآلی و دارای ترکیب شیمیایی خاصی که در وضعیت معین متبلور می‌شوند، اما اغلب ساختمان بلورین ندارند.

منشأ کانی‌ها

سنگ‌های آذرین از سرد شدن مواد مذاب به‌وجود آمده‌اند. کانی‌های تشکیل دهنده‌ی این نوع سنگ‌ها از انواع دیگر در پوسته‌ی جامد زمین فراوان‌ترند.

گازهای حاصل از مواد مذاب براثر نفوذ در درزها، شکاف سنگ‌ها و تبلور، کانی‌های متنوعی ایجاد می‌کنند.

مواد حاصل از تخریب سنگ‌های پوسته‌ی زمین از طریق آب‌های جاری به حوضه‌های رسوب‌گذاری حمل و در دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها ته‌نشین می‌شوند. برخی از کانی‌ها ابتدا در آب‌های جاری محلول‌اند ؛ سپس بر اثر تبخیر آب یا واکنش‌های دیگر در دریاها و دریاچه‌ها کانی‌های رسوبی را ایجاد می‌کنند. کانی‌های سنگ‌های آذرین و رسوبی بر اثر فشار لایه‌های بالایی و دمای زیاد تغییر شکل و حالت داده به‌صورت کانی‌های دگرگونی متبلور می‌شوند.

شناسایی کانی‌ها

با توجه به تعریف کانی چون تعیین ساختمان داخلی و ترکیب شیمیایی کانی‌ها بدون آزمایش و ابزار پیچیده مشکل است. برای این منظور از خواص فیزیکی و برخی از خواص شیمیایی که به آسانی قابل تشخیص است، استفاده می‌کنند.

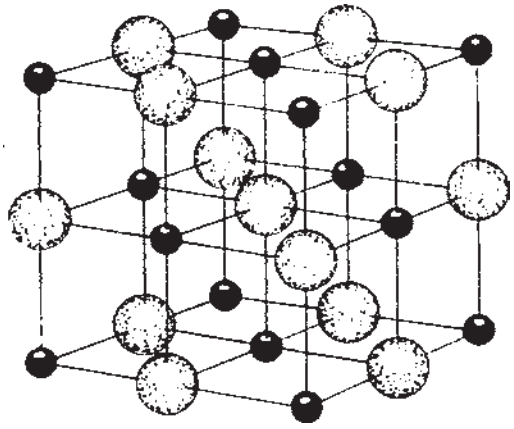
شکل بلور: بسیاری از اجسام غیرآلی از بلور ساخته

---

۱ ــ Minerals

شده‌اند. شکل بلوری نشان‌دهنده‌ی آرایش منظم اتم‌ها در داخل بلور است. نظم درونی در سه جهت فضایی بلور وجود دارد، مانند آرایش منظم اتم‌های سازنده‌ی نمک طعام (شکل ۶ــ۶).

استقرار منظم اتم‌های سازنده به کانی شکل هندسی منظم می‌دهد.



یون‌های بزرگ کلر و یون‌های کوچک سدیم هستند.

شکل ۲ــ۷ــ آرایش اتمی در سه جهت فضایی در بلور مکعبی نمک طعام

بلورها در اندازه‌های مختلف تشکیل می‌شوند. انواع بلورهای درشت با چشم مشاهده می‌گردند و اجزای آن‌ها (زوایا، سطوح و اضلاع) قابل اندازه‌گیری هستند.

اندازه‌ی بلورها به وضعیت تشکیل آن‌ها بستگی دارد. در شکل۳ــ۷ شکل‌های اصلی بلوری در کانی‌های مختلف مشاهده می‌شود.

شکل ۳ــ۷ــ شکل‌های اصلی بلوری

مشخصات فیزیکی کانی‌ها

جلا[1]: نشانگر ظاهر یا کیفیت بازتاب، شکست، جذب یا پخش نور به وسیله‌ی کانی است.

انواع جلا

۱ــ *جلای فلزی*[2]: این جلا کانی انعکاسی نور را همانند فلزات انجام می‌دهد، مانند پیریت (سولفید آهن) و گالن (سولفید سرب) (شکل ۴ــ۷).

شکل ۴ــ۷ــ جلای فلزّی در گالن

۲ــ *جلای شبه فلزی:* برخی از کانی‌های تیره با ضریب شکست نوری زیاد، جلای شبه فلزّی[3] دارند. مانند گرافیت، منیتیت (اکسید مغناطیسی آهن) و هماتیت (اکسید آهن) در جلای غیر فلزی[4] از اصطلاحات ویژه‌ای استفاده می‌شود که عبارت‌اند از :

الف ــ جلای الماسی: جلای کانی‌های شفّاف هستند که ضریب شکست نوری زیاد دارند. در داخل این نوع کانی‌ها پخش نور انجام می‌گیرد ؛ مانند الماس.

ب ــ جلای شیشه‌ای: در کانی‌های شفاف که ضریب شکست کمی دارند و درخششی همانند شیشه از خود نشان می‌دهند ؛ مانند کوارتز و کلسیت.

جلای شیشه‌ای در کوارتز

شکل ۵ــ۷ــ جلای شیشه‌ای دُرّکوهی (کوارتز)

ج ــ جلای ابریشمی : بر اثر خاصیت موجی بودن نور حاصل از بازتابش کانی جلای ابریشمی ایجاد می‌شود ؛ مانند آزبست (پنبه‌ی نسوز) (شکل ۶ــ۷).

شکل ۶ــ۷ــ کانی آزبست با رشته‌های نخ مانند

رنگ[5] **کانی:** در نگاه اول، رنگ کانی توجه بیننده را جلب می‌کند به علت متنوع بودن رنگ کانی‌ها، شناخت آن‌ها از روی رنگ دشوار است ؛ برای نمونه، کوارتز خالص بی‌رنگ است، اما در این کانی رنگ‌های متنوعی ایجاد می‌کند. وقتی کانی‌ای مانند کوارتز، رنگ‌های گوناگون از خود نشان می‌دهد، دارای رنگ‌آمیزی بیگانه[6] است.

کانی‌های دیگری نیز وجود دارند که دارای رنگ ثابت هستند ؛ مانند گوگرد که عموماً زردرنگ یا فیروزه که به رنگ آبی است. این کانی‌ها دارای رنگ موروثی[7] هستند و از طریق رنگ شناسایی می‌شوند.

رنگ خاکه[8]: رنگ کانی از بارزترین ویژگی‌های کانی است، اما از نمونه‌ای به نمونه‌ی دیگر تغییر می‌کند ؛ حال آن که

---

۱ ــ Luster
۲ ــ Metalic luster
۳ ــ Sub metalic
۴ ــ Non metalic
۵ ــ Color
۶ ــ Allochoromatic
۷ ــ Idio choromatic (Inherent)
۸ ــ Streak

رنگ خاکه معمولاً ثابت است. رنگ خاکه، رنگ پودر کانی است و از کشیدن آن بر سطح چینی بدون لعاب به‌وجود می‌آید (شکل ۷ــ۷).

شکل ۷ــ۷ــ انواع رنگ خاکه

سختی[1]: سختی، مقاومت کانی است در برابر خراشیده شدن با اجسام دیگر. «سختی» یک خاصیت نسبی است و از کشیدن یک کانی با سختی نامشخص روی کانی یا اجسام مشخص، تعیین می‌شود. کانی‌های با درجه‌ی سختی بالاتر برروی کانی‌های نرم‌تر خراش ایجاد می‌کنند. به منظور تعیین سختی کانی‌ها و مقایسه‌ی سختی، از مقیاس سختی «موس[2]» استفاده می‌شود. این مقیاس شامل ۱۰ کانی است که نرم‌ترین آن‌ها تالک با سختی ۱ و سخت‌ترین آن‌ها الماس (سختی ۱۰) است.

مثال: کوارتز دارای سختی ۷ است. این ماده می‌تواند کانی‌های دیگر را که سختی آن‌ها از هفت کم‌تر است خراش دهد جدول ۲ــ۷ جدول سختی موس و شکل ۸ــ۷ شکل کانی‌های «اشل موس» را نشان می‌دهد.

جدول ۲ــ۷ــ جدول سختی موس

نام کانی	درجه‌ی سختی
تالک	۱
ژیپس	۲
کلسیت	۳
فلوئوریت	۴
آپاتیت	۵
اورتوز	۶
کوارتز	۷
توپاز	۸
کروندوم	۹
الماس	۱۰

۱ ــ Hardness ۲ ــ Mohs

شکل ۸ــ۷ــ کانی‌های «اشل موس»

رخ (کلیواژ)[1]: رخ عبارت است از تمایل یک کانی به شکستن بر اثر فشار یا ضربه در امتداد سطوح پیوند ضعیف. هرقدر پیوند اتمی در امتداد سطوحی ضعیف‌تر باشد کانی در آن جهت آسان می‌شکند.

ساده‌ترین نوع «رخ» در میکاها یافت می‌شود که هرگاه شکسته می‌شوند در یک جهت ورقه‌های نازک و مسطحی به‌وجود می‌آورند (شکل ۹ــ۷). این نوع کانی‌ها دارای رخ یک جهتی هستند. بعضی از کانی‌ها دارای سطوح رخ متعددی هستند که وقتی می‌شکنند، سطوح صافی را به‌وجود می‌آورند. برخی دیگر دارای رخ‌های ضعیف و تعدادی نیز فاقد رخ هستند.

شکل ۹ــ۷ــ رخ یک جهتی در میکا

۱ ــ Cleavage

شکستگی[1]: کانی‌هایی نظیر کوارتز در هنگام شکسته‌شدن، به صورت سطوح ناصاف درمی‌آیند و به همین سبب، اصطلاح «شکستگی» برای آن‌ها به کار می‌رود. کانی‌هایی که شکل شکستگی آن‌ها شبیه پوسته‌ی صدف شکسته بوده از منحنی‌های متحدالمرکز تشکیل شده باشند، دارای شکستگی صدفی[2] هستند.

برخی از کانی‌ها به شکل رشته‌ای و برخی دیگر نیز دارای شکستگی نامنظم هستند.

شکستگی صدفی در اوپال

شکل ۱۰ــ۷ــ اوپال

وزن مخصوص[3]: عبارت است از وزن یک کانی نسبت به وزن آب هم حجم آن. وزن مخصوص براساس این رابطه محاسبه می‌شود.

$$\text{وزن مخصوص کانی} = \frac{\text{وزن کانی در هوا}}{\text{وزن آب هم حجم}}$$

طبقه‌بندی کانی‌ها از نظر وزن مخصوص :

ــ کانی‌های سبک که وزن مخصوص آن ها از $2\ gr/cm^3$ کم‌تر است.

ــ کانی‌های نیمه‌سنگین که وزن مخصوص آن ها بین ۲ تا $4\ gr/cm^3$ قرار دارد.

ــ کانی‌های سنگین که وزن مخصوص آن‌ها بین $6\ gr/cm^3$ ــ ۴ قرار دارد.

ــ کانی‌های فوق سنگین که وزن مخصوص آن‌ها از $6\ gr/cm^3$ بیش‌تر است.

بیش‌تر کانی‌ها وزن مخصوص بین ۲ تا ۴ دارند. وزن مخصوص باریت (سولفات باریم) ۴/۵ و وزن مخصوص گالن (سولفید سرب) ۷/۵ است. بالا بودن وزن مخصوص این کانی‌ها به عناصر سنگین، مانند باریم و سرب بستگی دارد.

ــ خاصیت مغناطیسی[4]: کانی مگنتیت (اکسید مغناطیس طبیعی آهن) دارای خاصیت مغناطیسی است ؛ از این‌رو بر عقربه‌ی قطب‌نما اثر می‌گذارد. از خاصیت دفعی عقربه قطب‌نما می‌توان خاصیت مغناطیسی کانی را تعیین کرد.

لومینسانس[5] **کانی‌ها:** توانایی درخشش برخی از کانی‌ها را در مقابل اشعه‌ی X یا در برابر کاتودیک یا ماورای بنفش، «لومینسانس» گویند. اگر درخشش به‌وسیله‌ی اشعه‌ی ماورای بنفش باشد به آن «فتولومینسانس» گویند. در کانی‌شناسی از خاصیت فتولومینسانس استفاده می‌شود.

فلوئورسانس: پس از قطع نور به کانی، درخشش آن نیز پایان می‌یابد، مانند فلوئوریت.

فسفر سانس: پس از قطع تابش نور به کانی، درخشش آن مدت‌ها پایدار می‌ماند. از خاصیت لومینسانس در شناخت کانی‌ها استفاده می‌شود.

خاصیت رادیواکتیویته‌ی[6] **کانی‌ها:** کانی‌های رادیواکتیو تشعشعاتی دارند که به‌وسیله‌ی دستگاه‌های بسیار حسّاس ردیابی و شناسایی می‌شوند. این فرایند هنگامی رخ می‌دهد که نیروی پیوند هسته‌ی اتم‌ها برای نگاه‌داری آن‌ها کافی نباشد. از طریق قراردادن کانی به روی فیلم عکاسی سالم در طی چند ساعت اثر پرتوها به‌صورت نقاط سفید (پس از ظهور فیلم) نمایان می‌شود.

واکنش برخی کانی‌ها نسبت به اسید: اسید کلریدریک با فرمول HCl بر کانی کلسیت با فرمول $CaCO_3$ در دمای معمولی اثر می‌گذارد و گاز دی‌اکسید کربن CO_2 متصاعد می‌کند.

واکنش کلسیت با اسید کلریدریک با فرمول زیر نشان داده شده است :

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 \uparrow + H_2O$$

۱ ــ Fracture
۲ ــ Conchoidal Fracture
۳ ــ Specific gravity
۴ ــ Magnetic property
۵ ــ Luminecence
۶ ــ Radio activity property

کانی پودر شده دولومیت (کربنات مضاعف کلسیم و منیزیم با فرمول $(Ca,Mg(CO_3)_2)$ با اسیدکلریدریک گرم و غلیظ واکنش نشان می‌دهد و گاز CO_2 ایجاد می‌کند.

ــ شیوه‌های دیگر برای شناسایی کانی‌ها:

هالیت (نمک طعام NaCl) مزّه‌ی شور دارد.

ــ سیلویت (کلرید پتاسیم KCl) مزّه‌ی تلخ دارد.

ژیپس (سولفات کلسیم آبدار $CaSO_4$ و $2H_2O$) با ناخن دچار خراش می‌شود.

ــ کائولن (از کانی‌های رسی) به زبان می‌چسبد.

ــ گرافیت و تالک دارای لمس چرب هستند.

نام‌گذاری کانی‌ها: کانی‌ها براساس ضوابط خاص نام‌گذاری شده‌اند که شرح آن در پی‌می‌آید :

الف ــ نام عده‌ای از کانی‌ها از نام محل‌هایی گرفته شده است که برای اولین بار کانی در آن‌جا یافت شده است ؛ برای نمونه، کانی «آندالوزیت» از نام ناحیه‌ی اندلس (جنوب اسپانیا)، «تالمسیت» از معدن «تالمسی» واقع در «انارک» ایران، «مسکویت» از شهر «مسکو» و «دولومیت» از کوه‌های «دولومیت» آلپ گرفته شده است.

ب ــ نام بعضی از کانی‌ها منسوب به رنگ آن‌هاست و معمولاً از زبان یونانی گرفته شده است، مانند هماتیت (رنگ قرمز خونی)، آزوریت (آبی) و کلریت (سبز).

ج ــ بعضی از کانی‌ها به نام محققان که نخستین بار آن را یافته‌اند نام‌گذاری شده‌اند ؛ مانند بیرونیت (از نام ابوریحان بیرونی) سیلیمانیت (از نام سیلیمان[1])

د ــ نام برخی از کانی‌ها برگرفته از خواص دارنده‌ی آن کانی‌هاست ؛ مانند : باریت (سنگین) و پیروپ (آتشین).

---

۱ ــ Siliman کانی شناس قرن نوزدهم

خودآزمایی

۱ــ پنج عنصر آلومینیم، اکسیژن ؛ آهن، سیلسیم و کلسیم را به ترتیب فراوانی در طبیعت، بازگو کنید.

۲ــ با توجه به تعریف کانی، کدام‌یک از این مواد در شمار کانی‌ها هستند (با ذکر دلیل توضیح دهید) : آب، یخ، نمک، آهن، نبات، طلا، نفتالین، اکسیژن مس و پیریت؟

۳ــ نقش و اهمیت رنگ کانی و رنگ خاکه را در شناسایی کانی‌ها توضیح دهید کدام‌یک برای شناسایی مطمئن‌تر است؟

۴ــ اگر یک کانی شبیه شیشه باشد و گمان بردید که الماس است، چگونه می‌توانید با آزمایش ساده‌ای آن را مشخص کنید؟

۵ــ اگر وزن نوعی کانی در هوا ۵۰ گرم باشد و وزن همان کانی در آب ۳۰ گرم شود وزن مخصوص آن‌را تعیین کنید.

۶ــ رخ را تعریف کرده شکستگی صدفی و نامنظم را توضیح دهید.

۷ــ خاصیت لومینسانس (نوردهی) کانی‌ها را توضیح دهید. فتولومینسانس چیست؟

۸ــ تأثیر اسید کلریدریک و چگونگی واکنش را بر کلسیت و دولومیت توضیح دهید.

فصل هشتم

شناخت کانی‌های غیر سیلیکاته

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ اصول طبقه‌بندی کانی‌ها را براساس ترکیب شیمیایی توضیح دهد.

۲ــ ویژگی‌های فیزیکی، صفات خاص و کاربرد عناصری مانند : طلا، نقره، مس، آهن، سولفور، گرافیت و الماس را بازگو کند.

۳ــ ویژگی‌های فیزیکی، صفات خاص و کاربرد این اکسیدها را شرح دهد : کوپریت، کروندوم، کرومیت، کاستریت، منیتیت و هماتیت.

۴ــ ویژگی‌های فیزیکی، صفات خاص و کاربرد هالوژن‌ها، هالیت، سیلویت و فلوئوریت را توضیح دهد.

۵ــ ویژگی‌های فیزیکی، صفات خاص و کاربرد سولفید کالکوزیت، کالکوپیریت، پیریت، گالن، اسفالریت، سینابر، آلگار و اورپیمان را تشریح کند.

۶ــ ویژگی‌های فیزیکی، صفات خاص و کاربرد فسفات‌ها، آپاتیت و فیروزه را توضیح دهد.

۷ ــ ویژگی‌های فیزیکی، صفات خاص و کاربرد کربنات‌ها را تشریح نماید.

۸ــ ویژگی‌های فیزیکی، صفات خاص و کاربرد سولفات‌ها را توضیح دهد.

طبقه‌بندی کانی‌ها براساس ترکیب شیمیایی

در این تقسیم‌بندی کانی‌ها را به دو دسته «کانی‌های ساده» یا عناصر[1] و «کانی‌های مرکب[2]» گروه‌بندی کرده‌اند.

کانی‌های ساده که به حالت آزاد در طبیعت یافت می‌شوند، شامل عناصر فلزّی و غیر فلزّی هستند که به علت فراوانی و خلوص در طبیعت همواره مورد توجه بوده‌اند.

کانی‌های مرکّب را به صورت اکسیدها، هالوژن‌ها، سولفیدها، فسفات‌ها، کربنات‌ها ــ سولفات‌ها و سیلیکات‌ها که از پیوند دو یا چند عنصر با یک‌دیگر ترکیب پایدار شیمیایی را تشکیل می‌دهند بررسی می‌کنیم.

جدول ۱ــ۸ــ کانی‌ها

عناصر	عناصر	عناصر	عناصر	عناصر	عناصر	عناصر	عناصر
+	+	+	+	+	+	+	+
بنیان SiO_4	بنیان SO_4	بنیان CO_3	بنیان PO_4	S	Cl	O	
سیلیکات‌ها	سولفات‌ها	کربنات‌ها	فسفات‌ها	سولفیدها	هالوژن‌ها	اکسیدها	اجسام ساده
اولیوین	ژیپس	کلسیت	آپاتیت	کالکوزیت	هالیت	کوپریت	طلا
گرونا	انیدریت	دولومیت	فیروزه	کالکوپیریت	سیلویت	کروندوم	نقره (فلزی)
تورمالین	باریت	سیدریت		پیریت	فلوئوریت	کرومیت	مس
آمفیبول‌ها	آلونیت	آزوریت		گالن		کاستریت	گوگرد (غیر
تالک		مالاکیت		اسفالریت		منیتیت	گرافیت فلزی)
میکای سیاه		سمیت زونیت		سینابر		هماتیت	الماس
میکای سفید		منیزیت		رآلگار			
فلدسپات‌ها		سروزیت		اورپیمان			
کوارتز							

عناصر

الف ــ عناصر فلزّی

شامل : طلا، نقره، مس، آهن و پلاتین

۱ــ طلا: با علامت شیمیایی Au، دارای رنگ زرد طلایی و رنگ خاکه‌ی زرد و جلای فلزّی است (شکل ۱ــ۸).

شکل ۱ــ۸ــ طلای طبیعی

۱ ــ Elements ۲ ــ Compound

این کانی دارای خاصیت چکش‌خواری است. وزن مخصوص زیاد دارد و در حالت خالص دارای ۱۹/۳ گرم برسانتی‌متر مکعب است که در صورت داشتن نقره و مس تغییر می‌کند. طلا فاقد رخ است. دارای سطح شکست دندانه‌دار و تیز بوده جریان الکتریسیته را به خوبی هدایت می‌کند.

کاربرد: در جواهرسازی، الکترونیک و ضرب سکه.

۲ــ نقره: نقره با علامت شیمیایی Ag . با رنگ سفید نقره‌ای و رنگ خاکه‌ی سفید درخشان است. جلای کانی فلزّی بوده، سطح شکست آن ناصاف و دندانه‌ای است. نقره، چکش‌خوار و هادی الکتریسیته و گرما است (شکل ۲ــ۸). در مقابل اسیدکلریدریک واکنش نشان می‌دهد و رسوب «AgCl» کلرید نقره‌ی سفید رنگ را برجا می‌گذارد.

کاربرد: در جواهرسازی، ساخت ظروف و ضرب سکه.

شکل ۲ــ۸ــ نقره

۳ــ مس: این فلز با علامت شیمیایی Cu. به رنگ قرمز مسی و رنگ خاکه‌ی قرمز با جلای فلزّی است (شکل ۳ــ۸). مس بدون رخ بوده، دارای خاصیت چکش‌خواری و هادی خوب حرارت و الکتریسیته است. این فلز دارای حالت قوس و قزحی است.

کاربرد: در صنایع الکتریکی و الکترونیکی.

شکل ۳ــ۸ــ مس طبیعی

۴ــ پلاتین[1]: پلاتین با علامت شیمیایی Pt. دارای بلورهای مکعبی شکل که معمولاً به صورت دانه‌ای و توده‌ای یافت می‌شود. رنگ آن خاکستری نقره‌ای یا سفید، یا خاکه‌ی سفید تا خاکستری نقره‌ای است. جلای فلزّی داشته، در مجاورت عوامل هوازدگی تغییر نمی‌کند. بدون رخ و شکستگی آن نامنظم است در صورت داشتن ناخالصی آهن، خاصیت مغناطیسی ضعیفی نشان می‌دهد.

کاربرد : در مصارف پزشکی، جواهرسازی، و صنایع شیمیایی.

شکل ۴ــ۸ــ پلاتین

۱ ــ Platinum

۵ــ آهن[1]: آهن با علامت شیمیایی Fe. به رنگ سیاه خاکستری و رنگ خاکه‌ی سیاه و جلای فلزّی است. این فلز دارای یک رخ و چکش‌خوار است و به شدت مغناطیسی می‌شود.

کاربرد: کاربرد وسیع در صنعت راه‌آهن، کشتی‌سازی و امثال آن.

ب ــ عناصر غیر فلزّی

شامل گوگرد (سولفور)، گرافیت و الماس

۱ــ گوگرد (سولفور)[2]: گوگرد با علامت شیمیایی S که رنگ آن زرد و رنگ خاکه‌ی سفید است. دارای جلا بوده، فاقد رخ است (شکل ۵ــ۸).

شکل ۵ــ۸ــ گوگرد

کاربرد: مصرف عمده‌ی گوگرد در صنعت، تهیه‌ی اسیدسولفوریک است. برای تهیه‌ی کبریت و باروت و صنایع شیمیایی نیز از آن استفاده می‌شود.

۲ــ گرافیت[3]: گرافیت با علامت شیمیایی C. و رنگ سیاه و رنگ خاکه‌ی سیاه است. کانی دارای جلای شبه فلزّی است. سختی کانی برابر«۱» در جدول موس است. گرافیت رخ کامل دارد. به علت دارا بودن ساختمان خاص بلوری، هادی جریان الکتریسیته است گرافیت چرب است و روی کاغذ رنگ سیاه باقی می‌گذارد (شکل ۶ــ۸).

کاربرد: از گرافیت در ساخت مداد، زغال دینام و الکتروموتورها، بوته‌های ریخته‌گری، و پیل‌های خشک استفاده می‌شود.

شکل ۶ــ۸ــ گرافیت

۳ــ الماس[4]: الماس با علامت شیمیایی C. نوع خالص بی‌رنگ است. دارای جلای الماسی و سختی آن «۱۰» است. الماس بر اثر اشعه‌ی ماورای بنفش دارای خاصیت لومینسانس به رنگ آبی و گاهی سبز است (شکل ۷ــ۸).

شکل ۷ــ۸ــ بلور الماس

۱ ــ Iron ۲ ــ Sulfur ۳ ــ Graphite ۴ ــ Diamond

اکسیدها

اکسیدهای طبیعی کانی‌های فراوانی را به‌وجود می‌آورند که از نظر اختصاصات فیزیکی بسیار متفاوت هستند. برخی از آن‌ها به علت سخت بودن، با ثبات بودن و در عین حال کمیاب بودن بسیار ارزشمند هستند.

۱ــ کوپریت[1]: کوپریت با فرمول Cu_2O، رنگ قرمز تا سُربی و رنگ خاکه‌ی قرمز رنگ دارد. جلای آن الماسی تا شبه‌فلزّی و دارای رخ آشکار است (شکل ۸ــ۸).

کاربرد: شهرت الماس در کانی‌شناسی، سختی آن است که مقدار آن خیلی بیش‌تر از سایر کانی‌های موجود در طبیعت است. الماس در جواهرسازی و صنعت استفاده می‌شود. از مصارف صنعتی این کانی تهیه‌ی انواع اره‌های سنگ‌بری و مته‌های حفاری را می‌توان نام برد که از انواع زرد و قهوه‌ای و سیاه هستند. از الماس در صنایع الکترونیکی نیز استفاده می‌شود. انواع شفاف الماس در جواهرسازی، به کار می‌رود.

شکل ۸ــ۸ــ کوپریت

کاربرد: کوپریت بهترین کانی است که برای استخراج مس به شمار می‌رود.

۲ــ کروندوم[2]: کروندوم با فرمول شیمیایی Al_2O_3 به‌رنگ آبی خاکستری و قرمز بوده، خاکه‌ی آن بی‌رنگ است. کروندوم دارای جلای شیشه‌ای بوده، درجه‌ی سختی آن در مقیاس موس برابر ۹ است. از ویژگی‌های بارز آن سختی زیاد است (شکل ۹ــ۸).

شکل ۹ــ۸ــ کروندوم

۱ ــ Cuprite

۲ ــ Corrundum

یاقوت[1]: این‌گونه کروندوم به علت داشتن کروم (Cr) به‌رنگ قرمز و قیمتی است (شکل ۱۰ــ۸).

شکل ۱۰ــ۸ــ یاقوت

شکل ۱۱ــ۸ــ سافیر

سافیر[2] ***(یاقوت آبی)***: سافیر به علت داشتن تیتان (Ti) به‌رنگ آبی است و به همراه یاقوت ارزش جواهرسازی دارد (شکل ۱۱ــ ۸).

کاربرد کروندوم معمولی: کروندوم معمولی به صورت سنگ سمباده مصرف می‌شود.

۳ــ کرومیت[3]: کرومیت با فرمول شیمیایی Cr_2O_3 . به‌رنگ سیاه و با رنگ خاکه‌ی قهوه‌ای است. جلای آن فلزّی و بدون رخ است (شکل ۱۲ــ۸).

شکل ۱۲ــ۸ــ کرومیت

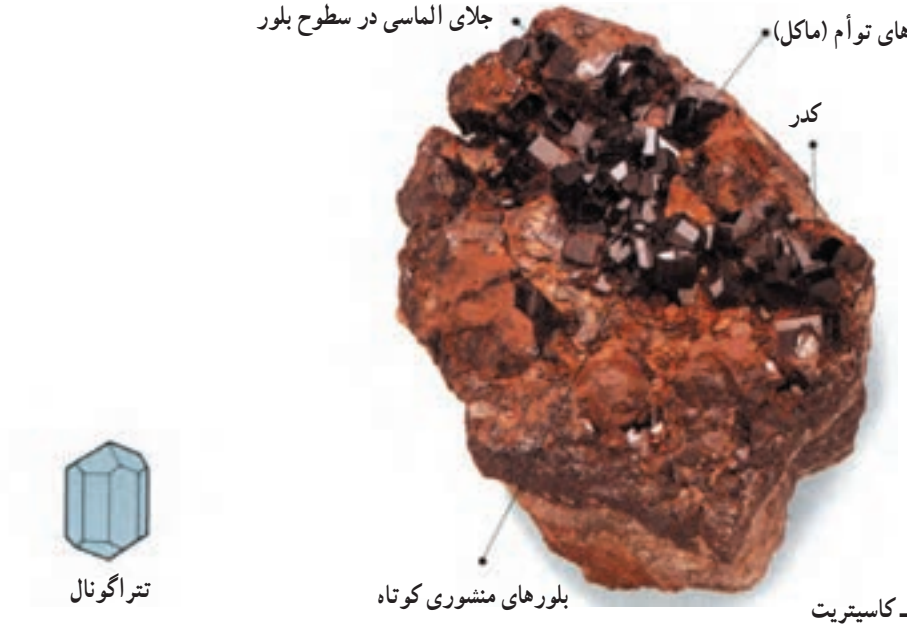
۱ــ Ruby ۲ــ Saphire ۳ــ Choromite

بعضی از کرومیت‌ها که دارای اکسیدآهن دو ظرفیتی FeO و سه ظرفیتی Fe_2O_3 هستند خاصیت مغناطیسی دارند.

کاربرد: کرومیت تنها کانی، برای تهیه‌ی فلز کروم است. در صنعت آب کاری پوشاندن فلزّات از یک قشر کروم برای جلوگیری از زنگ‌زدن استفاده می‌شود. (مانند سپر اتومبیل)

۴ــ کاسیتریت[1]: کاسیتریت با فرمول SnO_2 و با رنگ قهوه‌ای تیره تا سیاه بوده، رنگ خاکه‌ی آن قهوه‌ای روشن است. جلای کاسیتریت، الماسی و دارای شکستگی صدفی است (شکل ۱۳ــ۸).

کاربرد: کاسیتریت مهم‌ترین کانی تهیه‌ی قلع است.



شکل ۱۳ــ۸ــ کاسیتریت

۵ــ منیتیت[2]: منیتیت با فرمول Fe_3O_4 . به رنگ کانی سیاه آهنی و رنگ خاکه‌ی کانی سیاه است. دارای جلای شبه‌فلزّی و بدون رخ است و خاصیت مغناطیسی قوی‌ای دارد (شکل ۱۴ــ۸).

کاربرد: منیتیت از مهم‌ترین کانی‌ها و اصلی‌ترین کانی‌های آهن محسوب می‌شود.

شکل ۱۴ــ۸ــ منیتیت

۱ ــ Cassiterite

۲ ــ Magnetite

۶ــ هماتیت[1]: هماتیت با فرمول Fe_2O_3 ، به رنگ سیاه آهنی متمایل به قرمز و رنگ خاکه‌ی قهوه‌ای بوده، جلای آن شبه‌فلزّی و بدون رخ است. هماتیت از کانی‌های دیگر آهن به‌شمار می‌آید و با اثر قرمز و نداشتن خاصیت مغناطیسی، شناخته می‌شود (شکل ۱۵ــ۸).

کاربرد: هماتیت در تهیه‌ی آهن و فولاد، کانی اصلی به‌شمار می‌آید. ماده‌ی رنگی هماتیت در صنعت کاربرد دارد.

شکل ۱۵ــ۸ــ هماتیت

هالوژن‌ها[2]

ترکیبات هالوژن‌ها از آنیون‌های کلر، فلوئور، و عناصر فلزّی سدیم، پتاسیم و کلسیم تشکیل شده است.

۱ ــ هالیت[3]: هالیت (نمک طعام) با فرمول NaCl، دارای بلورهای مکعبی است. در حالت خالص بی‌رنگ و شفّاف بوده، در صورت داشتن ناخالصی به رنگ زرد، قرمز، سیاه و آبی دیده می‌شود. رنگ خاکه‌ی آن سفید بوده، دارای جلای شیشه‌ای و رخ کامل است. مزه‌ی شور هالیت بهترین وسیله‌ی شناسایی این کانی است. هالیت در آب حل می‌شود.

کاربرد: هالیت در صنایع غذایی و شیمیایی استفاده می‌شود.

شکل ۱۶ــ۸ــ بلورهای نمک

۱ ــ Hematite ۲ ــ Halogens ۳ ــ Halit

۲ــ سیلویت[1]: سیلویت با فرمول KCl، انواع خالص آن بی‌رنگ و شفّاف است. در صورت داشتن ناخالصی به‌رنگ‌های سفید، قرمز و صورتی دیده می‌شود. رنگ خاکه‌ی سیلویت بی‌رنگ بوده دارای جلای شیشه‌ای، رخ کامل و مزه‌ی تلخ است (شکل ۱۷ــ۸).

کاربرد: سیلویت برای ساخت کودهای شیمیایی (پتاسیم‌دار) کاربرد دارد.

شکل ۱۷ــ۸ــ سیلویت

۳ــ فلوئوریت[2]: فلوئوریت با فرمول CaF_2، به ندرت بی‌رنگ و شفاف است. بیش‌تر به رنگ‌های زرد، سبز، آبی و بنفش یافت می‌شود. فلوئوریت رنگ خاکه‌ی سفید دارد و جلای آن شیشه‌ای است. سختی کانی فلوئوریت در مقیاس موس ۴ بوده، دارای خاصیت فتولومینسانس است (شکل ۱۸ــ۸).

شکل ۱۸ــ۸ــ فلوئوریت

کاربرد: فلوئوریت در صنایع ذوب فلزّات برای تسریع در امر ذوب به‌کار می‌رود. در صنایع شیمیایی نیز برای تهیه‌ی اسیدفلوریک استفاده می‌شود.

سولفیدها

سولفید از ترکیب گوگرد با فلزّات به‌وجود می‌آید.

۱ــ کالکوزیت[3]: کالکوزیت با فرمول Cu_2S . و رنگ کانی سُربی و رنگ خاکه‌ی خاکستری است. جلای آن فلزّی بوده، شکست ناصاف و صدفی دارد. سولفید دارای خاصیت چکش‌خواری و هادی الکتریسیته است.

کاربرد: سولفید کانی با ارزش مس به شمارمی‌آید.

---

۱ ــ Silvit ۲ ــ Fluorite ۳ ــ Chalcocite

۲ــ کالکوپیریت[1]: کالکوپیریت با فرمول $CuFeS_2$. به‌رنگ کانی زرد متمایل به سبز و رنگ ِخاکه‌ی سیاه متمایل به سبز است. جلای فلزّی دارد (شکل ۱۹ــ۸). دارای سطح شکست ناصاف بوده، حالت قوس و قزحی دارد و کانی سنگ اصلی مس محسوب می‌شود.

کاربرد: کالکوپیریت برای تولید مس استفاده می‌شود.

شکل ۱۹ــ۸ــ کالکوپیریت

۳ــ پیریت: پیریت با فرمول FeS_2 ، با رنگ زرد و رنگ خاکه‌ی سیاه، دارای جلای فلزّی است. بلورهای این کانی مکعبی شکل است. بر اثر اکسیده‌شدن، لایه‌ی تیره‌ای به روی آن تشکیل می‌شود و شکستگی این کانی به‌صورت نامنظم است (شکل ۲۰ــ۸).

کاربرد: پیریت برای تهیه‌ی اسید سولفوریک استفاده می‌شود.

۴ــ گالن[2]: گالن با فرمول PbS، به رنگ کانی سُربی و رنگ خاکه‌ی سیاه مایل به خاکستری است. دارای جلای فلزّی بوده رخ آن به موازات سطوح بلوری مکعبی است (شکل ۲۱ــ۸). وزن مخصوص کانی ۷/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

شکل ۲۰ــ۸ــ پیریت

شکل ۲۱ــ۸ــ گالن

۱ ــ Chalcopyrite

۲ ــ Galena

گالن از کانی‌های با وزن مخصوص سنگین بوده، مهم‌ترین کانی سُرب به شمار می‌آید.

کاربرد: گالن مهم‌ترین کانی سرب است و تقریباً تمامی محصول سرب جهان از این کانی به دست می‌آید.

۵ــ اسفالریت[1]: اسفالریت (بلاند) با فرمول ZnS، به‌رنگ سفید یا بی‌رنگ است و در صورت ناخالص بودن به رنگ سیاه، قهوه‌ای و زرد دیده می‌شود. اسفالریت دارای جلای کانی الماسی بوده رخ کامل دارد.

کاربرد: اسفالریت کانی اصلی روی بوده برای تهیه‌ی روی از آن استفاده می‌شود.

شکل ۲۲ــ۸ــ اسفالریت بلورین

۶ــ سینابر[2]: سینابر با فرمول HgS، به رنگ قرمز و حالت قوس و قزحی که رنگ خاکه‌ی آن قرمز است. جلای این کانی شبه فلزی بوده دارای رخ کامل است (شکل ۲۳ــ۸).

کاربرد: اسفالریت کانی اصلی جیوه است.

شکل ۲۳ــ۸ــ سینابر

۷ــ رآلگار[3]: رآلگار (زرنیخ قرمز) با فرمول AsS، و به رنگ قرمز نارنجی و رنگ خاکه‌ی نارنجی روشن است. رآلگار دارای جلای الماسی در سطوح بلوری است و در شکستگی‌ها دارای جلای چرب و رزینی بوده، رخ آن کامل است. داشتن بوی سیر از ویژگی اصلی شناخت این کانی است (شکل ۲۴ــ۸).

کاربرد: رآلگار برای تهیه‌ی آرسنیک که ماده‌ای سمی است به‌کار می‌رود.

شکل ۲۴ــ۸ــ رآلگار

۱ ــ Sphalerite (Blende)
۲ ــ Cinaber
۳ ــ Realgar

۸ــ اورپیمان[1]: اورپیمان با فرمول As_2S_3 ، زرنیخ زرد و به رنگ زرد و لیمویی و رنگ خاکه‌ی زرد روشن است. جلای اورپیمان الماسی و شبه فلزی است.

فسفات‌ها

رسوب فسفات‌ها ممکن است در خشکی ایجاد شود، در این‌حال، منحصر به بقایای جانوران و استخوان‌های آن‌هاست، یا آن که در دریا ایجاد می‌گردد و غالباً منشأ معدنی دارد و از تخریب آپاتیت حاصل می‌شود.

۱ــ آپاتیت[2]: آپاتیت فسفات کلسیم با اندکی کلر یا فلوئور[3]، بلورهای آن به رنگ زرد و سبز مایل به زرد است و رنگ خاکه‌ی بی‌رنگ دارد. دارای جلای شیشه‌ای است و در مقیاس موس سختی ۵ دارد. دارای شکستگی نامنظم بوده در اسید نیتریک، سولفوریک و اسید کلریدریک حل می‌شود.

کاربرد: از آپاتیت برای تهیه‌ی اسید فسفریک و تهیه‌ی کودهای فسفاته استفاده می‌شود.

۲ــ فیروزه[4]: فیروزه، فسفاتی است به رنگ آبی، سبز، خاکستری مایل به سبز و به‌طور کلی فیروزه دارای فسفات آب‌دار مس و آلومینیم است و رنگ آبی آن به علت وجود یون مس در ترکیب کانی است.

رنگ آبی آسمانی، مرغوبیت فیروزه را نشان می‌دهد و برعکس سبز مایل به زرد، نشانگر نامرغوبی آن است. جلای فیروزه مومی و معمولاً نور از آن عبور نمی‌کند. این کانی به‌علت رنگ جالب از دیرباز مورد توجه بوده است. فیروزه دارای شکستگی دندانه‌ای است (شکل ۲۷ــ۸).

کاربرد: فیروزه در جواهرسازی استفاده می‌شود.

شکل ۲۵ــ۸ــ اورپیمان

شکل ۲۶ــ۸ــ آپاتیت

شکل ۲۷ــ۸ــ فیروزه

---

۱ ــ Orpiment ۲ ــ Apatite ۳ ــ $Ca_5(PO_4)_3Cl$, $Ca_5(PO_4)_3F$ زرد رنگ ۴ ــ Turquoise

کربنات‌ها

کربنات‌ها در طبیعت گسترش وسیع دارند. به صورت رسوبات دریایی در همه‌جا دیده می‌شوند.

کلسیت[1]: کلسیت با فرمول $CaCO_3$، غالباً بی‌رنگ یا شیری است، اما به علت ناخالصی ممکن است به رنگ‌های زرد، قهوه‌ای، قرمز یا سیاه باشد. رنگ خاکه‌ی این کانی سفید است. جلای آن شیشه‌ای و درجه‌ی سختی ۳ در مقیاس موس دارد. از مشخصات اصلی این کانی این است که بر اثر ترکیب با اسید کلریدریک می‌جوشد و تولید گاز CO_2 می‌کند که این عمل روش شناسایی کانی نیز به شمار می‌آید. کلسیت دارای رخ کامل در سه جهت بوده، برخی از آن‌ها خاصیت لومینسانس دارند.

کاربرد: از انواع شفاف کلسیت برای ساختن وسایل نوری استفاده می‌کنند ؛ هم‌چنین برای مصالح ساختمانی نیز کاربرد دارد.

شکل ۲۸ــ۸ــ بلورهای کلسیت

۲ــ دولومیت[2]: دولومیت با فرمول $CaMg(CO_3)_2$، به رنگ سفید متمایل به خاکستری و رنگ خاکه‌ی بی‌رنگ است. جلای شیشه‌ای دارد و در سه جهت دارای رخ است. پودر دولومی با اسید کلریدریک می‌جوشد و CO_2 تولید می‌کند.

کاربرد: از دولومیت در صنایع ذوب فلز به صورت ماده‌ی نسوز استفاده می‌شود.

شکل ۲۹ــ۸ــ دولومیت

۳ــ سیدریت[3]: سیدریت با فرمول $FeCO_3$، به رنگ قهوه‌ای و رنگ خاکه‌ی سفید است. جلای شیشه‌ای دارد و در اسیدکلریدریک گرم و غلیظ به رنگ زرد متمایل به سبز درمی‌آید.

کاربرد: کاربرد سیدریت در تهیه‌ی آهن است.

۴ــ آزوریت[4]: آزوریت با فرمول $2CuCO_3 - Cu(OH)_2$، دارای رنگ آبی و رنگ خاکه‌ی آبی است. جلای شیشه‌ای دارد. در اسید کلریدریک می‌جوشد و حل می‌شود و با محلول آمونیاکی، رنگ آبی تولید می‌کند.

کاربرد: کاربرد آزوریت در تهیه‌ی مس، تهیه‌ی رنگ آبی و جواهرسازی است.

۱ ــ Calcite ۲ ــ Dolomite ۳ ــ Siderite ۴ ــ Azurite

شکل ۳۰ــ۸ــ آزوریت

۵ــ مالاکیت[1]: مالاکیت با فرمول $CuCO_3-Cu(OH)_2$، به رنگ سبز، رنگ خاکه‌ی سبز با جلای شیشه‌ای و رخ کامل است با اسیدکلریدریک سرد و رقیق می‌جوشد و حل می‌شود و اگر در این حالت به آن آمونیاک اضافه کنیم محلولی به رنگ آبی تولید می‌کند.

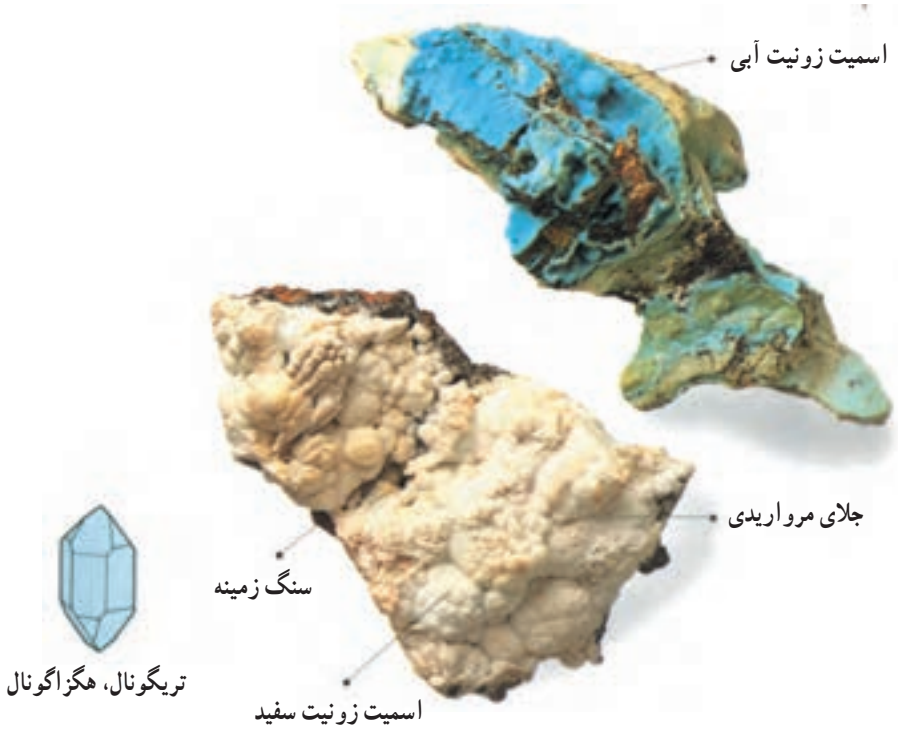
شکل ۳۱ــ۸ــ مالاکیت

---

۱ ــ Malachite

۶ــ اسمیت زونیت[1]: با فرمول $ZnCO_3$ ، به رنگ سفید یا متمایل به سبز است. رنگِ خاکه‌ی سفید و جلای شیشه‌ای دارد. دارای رخ کامل است، در اسیدکلریدریک حل می‌شود (شکل ۳۲ــ۸).

کاربرد: از اسمیت زونیت برای تهیه‌ی روی استفاده می‌شود.



شکل ۳۲ــ۸ــ اسمیت زونیت

۷ــ منیزیت[2]: منیزیت با فرمول $MgCO_3$ دارای رنگ سفید و رنگ خاکه‌ی سفید است. جلای آن شیشه‌ای و دارای رخ کامل است. با اسیدکلریدریک گرم و رقیق می‌جوشد.

کاربرد: در داروسازی سولفات منیزیم را از منیزیت می‌سازند. مصرف عمده‌ی منیزیت برای تهیه‌ی مواد نسوز است.

شکل ۳۳ــ۸ــ منیزیت

۱ ــ Smithsonit

۲ ــ Magnesite

۸ــ سروزیت[1]: سروزیت با فرمول $PbCO_3$ ، به رنگ سفید است و در صورت داشتن ناخالصی به رنگ قهوه‌ای، زرد و سیاه، با رنگ خاکه‌ی بی‌رنگ است. دارای جلای الماسی است و بر اثر ضربه صدای خرده شیشه می‌دهد. با اسید کلریدریک و نیتریک سرد و رقیق می‌جوشد (شکل ۳۴ــ۸).

کاربرد: سروزیت کانی سرب به شمار می‌آید.

شکل ۳۴ــ۸ــ سروزیت

سولفات‌ها[2]

سولفات‌ها بر اثر تبخیر آب حوضه‌های رسوبی بسته و کولابی، به صورت لایه‌هایی ته‌نشین می‌شوند. سولفات‌ها به‌طورکلی از کانی‌های نرم به‌شمار می‌آیند.

۱ــ ژیپس[3]: ژیپس با فرمول $CaSO_4$ و $2H_2O$ ، در صورت خالص بودن، بلورهای ژیپس بی‌رنگ و شفاف است ؛ در غیراین‌صورت به رنگ‌های سفید، زرد، قرمز، قهوه‌ای و سیاه یافت می‌شود. دارای رنگ خاکه‌ی سفید، با جلای شیشه‌ای و رخ کامل است. سختی درجه‌ی ۲ در مقیاس موس دارد و اسیدکلریدریک بر آن تأثیر ندارد (شکل ۳۵ــ۸).

کاربرد: برای تهیه‌ی گچ ساختمان و قالب‌گیری گچی از ژیپس استفاده می‌شود.

شکل ۳۵ــ۸ــ ژیپس

۱ ــ Cerrusite ۲ ــ Sulphats ۳ ــ Gypsum

۲ــ انیدریت[1]: انیدریت با فرمول $CaSO_4$، به رنگ سفید بوده، هم‌چنین تنوع رنگ دارد. رنگ خاکه‌ی آن سفید و دارای جلای شیشه‌ای است. رخ آن در سه جهت عمود بر هم است و اسیدکلریدریک بر آن تأثیری ندارد (شکل ۳۶ــ۸).

کاربرد: از انیدریت در تهیه‌ی انواع گچ استفاده می‌شود.

شکل ۳۶ــ۸ــ انیدریت

۳ــ باریت[2]: باریت با فرمول $BaSO_4$، بلورهای خالص آن بی‌رنگ و شفاف است. اما غالباً سفید، خاکستری و صورتی رنگ است. رنگ خاکه‌ی آن سفید بوده، جلای شیشه‌ای دارد. دارای رخ کامل است. وزن مخصوص باریت سنگین، یعنی ۴/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

کاربرد: از باریت برای تهیه‌ی گل حفاری استفاده می‌شود.

شکل ۳۷ــ۸ــ باریت

۴ــ آلونیت[3]: کانی به رنگ سفید متمایل به خاکستری و رنگ خاکه‌ی سفید است و جلای شیشه‌ای دارد.

۵ــ سلستین[4]: با ترکیب شیمیایی $SrSO_4$، بی‌رنگ، سفید و رنگ‌های متنوع دارد. رنگ خاکه‌ی آن سفید است. جلای این کانی شیشه‌ای است و رخ کامل دارد. کانی دارای خاصیت فلوئورسانس بوده، در برابر امواج ماورای بنفش و اشعه‌ی کاتدیک می‌درخشد.

کاربرد: از این کانی برای تهیه‌ی صفحات نمایش تلویزیون استفاده می‌شود.

شکل ۳۸ــ۸ــ سلستین

---

۱ ــ Anhydrit ۲ ــ Baryt (Barite) ۳ ــ Alunite $KAl_3(OH)_6[(SO_4)_2]$ ۴ ــ Celestine

خودآزمایی

۱ــ کانی‌های ساده و کانی‌های مرکّب را از نظر عناصر سازنده با یک‌دیگر مقایسه کنید.

۲ــ عناصر فلزی و غیرفلزی موجود در این قسمت از کتاب را طبقه‌بندی کنید.

۳ــ موارد استفاده از کانی‌های ساده‌ی گرافیت، نقره، آهن و الماس را برشمارید.

۴ــ روشی که طی آن طلا را از پیریت می‌توان تشخیص داد توضیح دهید.

۵ــ مهم‌ترین کانی‌های مناسب برای استخراج مس، تهیه‌ی فلز کروم، قلع و کانی آهن را از بین اکسیدها بیان کنید.

۶ــ کانی‌های بی‌رنگ از ژیپس، کلسیت، هالیت و کوارتز که از نظر شکل ظاهری مانند یک‌دیگر باشند، چگونه از هم بازشناخته می‌شوند؟

۷ــ براساس چه خواصی باریت و کلسیت را می‌توان از یک‌دیگر تشخیص داد؟

۸ــ فتولومینسانس در چه کانی‌هایی به‌وجود می‌آید و چه ویژگی به کانی می‌دهد؟

۹ــ این مواد در صنعت از چه کانی‌هایی تهیه می‌شوند :

اسید فسفریک، کودپتاس، اسیدفلوئیدریک، مداد، اره‌های سنگ‌بری، آرسنیک و گل‌حفاری.

۱۰ــ ژیپس و انیدریت چه تفاوت‌ها و چه شباهت‌هایی با یک‌دیگر دارند؟

۱۱ــ مشخصاتی که ذکر می‌شود مربوط به کدام کانی‌هاست؟

الف ــ کانی بر اثر ضربه صدایی شبیه به خرده شیشه ایجاد می‌کند.

ب ــ بر اثر HCl سرد و رقیق می‌جوشد و با اضافه کردن آمونیاک به محلول به دست‌آمده رنگ آبی تولید می‌کند.

ج ــ پودر کانی با HCl می‌جوشد و گاز کربنیک (CO_2) تولید می‌کند.

د ــ کانی دارای خاصیت فسفرسانس است و بر روی کانی فلوئوریت خراش ایجاد می‌کند.

فصل نهم

شناخت کانی‌های سیلیکاته

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ کانی‌های ماگمایی را توضیح دهد.

۲ــ ساختمان و ترکیب شیمیایی بنیان سیلیکات‌ها را بیان کند.

۳ــ ویژگی‌های فیزیکی، صفات خاص، و کاربرد سیلیکات‌های تیره و روشن «اولیوین»، «گرونا»، «تورمالین»، «پیروکسن»، «آمفیبول»، «تالک»، «بیوتیت»، «سکویت»، «کائولینیت»، «فلدسپات‌ها» و «کوارتز» را توضیح دهد.

سطوح بلوری

کوارتز شیری

سیلیکات‌ها

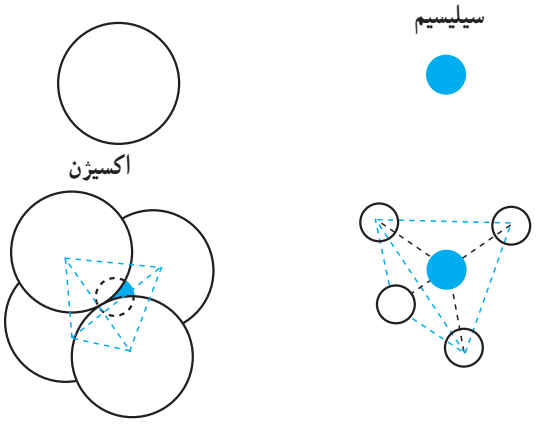
کانی‌های ماگمایی[1]

نتیجه‌ی مطالعه‌ی ترکیب شیمیایی سنگ‌های آذرین و آتشفشان‌های فعال نشان می‌دهد که ماگما[2] ترکیب سیلیکاتی با اکسیدهای فلزی و بخار آب و مواد فرّار است که از اعماق به قسمت‌های بالایی پوسته راه می‌یابد و با از دست دادن گرمای خود، کانی‌های آذرین متبلور می‌شود و سنگ‌های آذرین پدید می‌آید. قسمتی از ماگما که به سطح زمین راه پیدا می‌کند «گدازه»[3] نامیده می‌شود و سنگ‌های آذرین بیرونی را تشکیل می‌دهد.

ساختمان سیلیکات‌ها

سیلیکات‌ها از اجتماع بنیان‌های $[SiO_4]^{-4}$ تشکیل شده است. در این بنیان ظرفیت سیلیسیم Si برابر ۴ و ظرفیت اکسیژن ۲– است و چهار اتم اکسیژن در فرمول وجود دارد ؛ بنابراین : ۸ = ۴ × ۲– که در مجموع، هشت ظرفیت منفی محاسبه می‌شود. با جمع جبری ظرفیت سیلیسیم و کل ظرفیت اکسیژن، ۴ = ۸ – ۴ چهار ظرفیت منفی برای بنیان محاسبه می‌گردد.

در شکل ۱ــ۹، یک بنیان چهاروجهی، که از چهار مثلث متساوی‌الاضلاع ساخته شده، سیلیسیم Si در وسط این ساختار و چهار اکسیژن در چهار رأس آن، نشان داده شده است.



شکل ۱ــ۹ــ بنیان چهاروجهی

در ساختمان بلورین کانی‌ها، بنیان‌ها به‌وسیله‌ی یون‌های مثبت چون آلومینیم، آهن، منیزیم، سدیم، پتاسیم و کلسیم به‌گونه‌ای به هم پیوند داده شده است که واحد سازنده‌ی بلور در مجموع دارای بار خنثی است. رنگ کانی به ترکیب شیمیایی آن ارتباط دارد. هرگاه در ترکیب آن‌ها آهن و منیزیم باشد دارای انواع تیره هستند. درحالی که انواع روشن فاقد این دو عنصر هستند.

انواع کانی‌های سیلیکاته

اقسام مهم کانی‌های سیلیکاتی عبارت‌اند از :

۱ــ اولیوین[4]: دارای ساختمان سیلیکاتی مستقل (شکل ۲ــ۹)، رنگ کانی سبز زیتونی بوده و خاکه‌ی آن، بی‌رنگ است. جلای کانی شیشه‌ای است و شکستگی صدفی دارد.

کاربرد: برخی از انواع اولیوین که نوعی سنگ قیمتی است در جواهرسازی کاربرد دارد.

شکل ۲ــ۹

شکل ۳ــ۹ــ پریدوت

---

۱ ــ Silicates ۲ ــ Magma

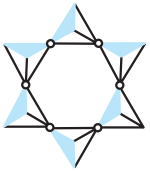
۳ــ Lava ماده‌ی مذاب درونی زمین که حاصل ذوب سنگ‌ها است.

۴ ــ Olivine

گرونا[1]: گرونا از انواع سیلیکات‌ها با رنگ یاقوتی، سبز، سیاه و خاکه‌ی بی‌رنگ است. دارای جلای شیشه‌ای بوده، فاقد رخ است. سختی این کانی در مقیاس موس ۷/۵ است.

کاربرد: از انواع شفاف گرونا در جواهرسازی استفاده می‌شود ؛ هم‌چنین به‌علت سختی زیاد در تهیه‌ی کاغذ سمباده مصرف دارد (شکل۴ــ۹). گرونا روی سنگ مشخص است.

۳ــ بریل[2]: از ساخت‌های حلقوی بسته تشکیل شده است (شکل۵ــ۹).



شکل ۵ــ۹

بریل به رنگ کانی سبز زمرّدی و رنگ‌های متنوع بوده، روی چینی بدون لعاب بدون رنگ است، هم‌چنین جلای کانی، شیشه‌ای و شکستگی نامنظم دارد (شکل ۶ــ۹).

کاربرد: انواع رنگین و شفاف بریل در جواهرسازی به‌کار می‌رود، که گران‌ترین نوع آن زمرّد[3] به رنگ سبز است (شکل ۷ــ۹).

شکل ۴ــ۹ــ بلورهای گرونا روی میکاشیست

شکل ۶ــ۹ــ بلور شفاف بریل

شکل ۷ــ۹ــ زمرّد

---

۱ ــ Garnet. گرونا برگرفته از کلمه یونانی گراناتوس به معنای دانه است

۲ ــ Beryl

۳ ــ Emerlade

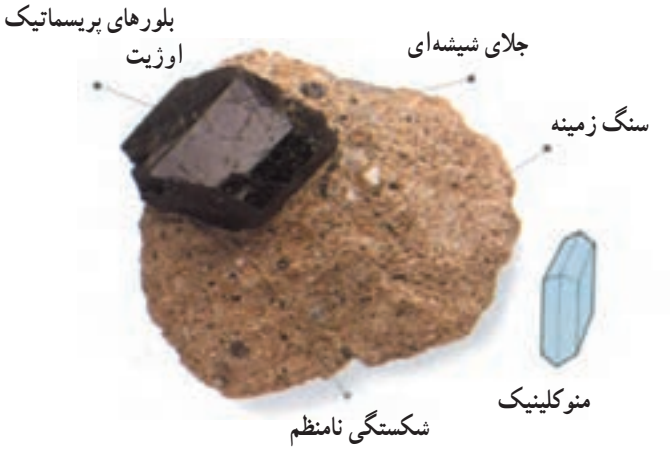
۴ــ تورمالین[1]: تورمالین رنگ‌های متنوعی دارد. نوع سیاه آن بیش‌تر معمول است. رنگ خاکه‌ی آن بی‌رنگ بوده جلای کانی شیشه‌ای و شکستگی نامنظم دارد. سطح مقطع بلورهای تورمالین به شکل مثلث است (شکل ۸ــ۹).

کاربرد: نوع رنگین تورمالین در جواهرسازی استفاده می‌شود. در صنایع الکترونیک نیز کاربرد دارد.

شکل ۸ ــ۹ــ تورمالین دورنگ، شورل سیاه رنگ

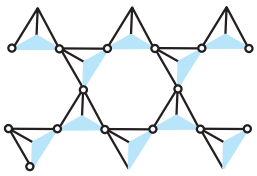
۵ ــ پیروکسن: پیروکسن دارای ساختمان زنجیره‌ای ساده بوده(شکل ۹ــ ۹) و مهم‌ترین نوع آن «اوژیت[2]» نام دارد. رنگ این کانی سبز خاکستری تا سیاه بوده و رنگ خاکه‌ی آن بی‌رنگ و جلای آن شیشه‌ای است (شکل ۱۰ــ ۹).

شکل ۹ــ۹



شکل ۱۰ــ۹ــ اوژیت

۶ــ آمفیبول[3]: آمفیبول‌ها به‌صورت بلورهای منشوری طویل، باریک و سوزنی شکل و به حالت مجتمع یا مستقل در رنگ‌های متنوع وجود دارند. نوع مهم آمفیبول‌ها «هورنبلاند» است. آمفیبول به رنگ سبز تیره تا سیاه است ؛ هم‌چنین رنگ خاکه‌ی این کانی بی‌رنگ بوده جلای شیشه‌ای و رخ کامل دارد.

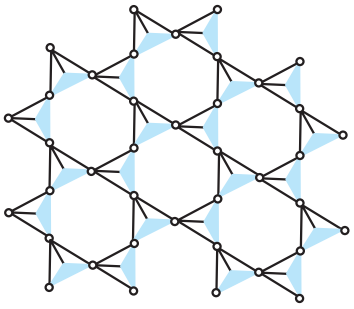


شکل ۱۱ــ۹ ــ ساختمان آمفیبول

۱ ــ Tourmaline ۲ ــ Augite ۳ ــ Amphiboles

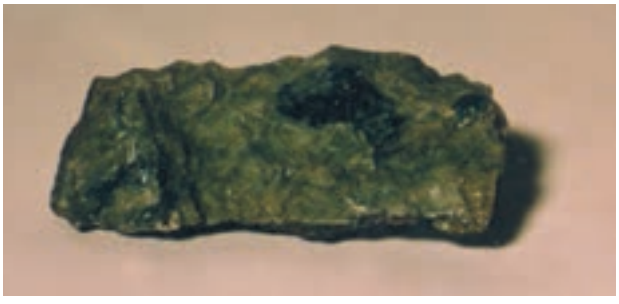
شکل ۱۲ــ۹ــ بلورهای سوزنی شکل هورنبلاند

۷ــ تالک[1]: تالک دارای ساختمان ورقه‌ای(شکل ۱۳ــ۹) است وحالت صابونی داشته و به رنگ سفید، سبز و رنگ‌های دیگر است. تالک دارای جلای شیشه‌ای و سختی۱ بوده، با ناخن خراش برمی‌دارد و حالت چرب از صفات بارز این کانی است.



شکل ۱۳ــ۹

کاربرد: معمولاً به توده‌ی تالک سنگ صابون می‌گویند. در صنایع کاشی و سرامیک و تهیه‌ی پودر بچه کاربرد دارد.



شکل ۱۴ــ۹ــ تالک

۸ــ میکای سیاه (بیوتیت)[2]: دارای ساختمان ورقه‌ای و به رنگ سیاه یا قهوه‌ای است. رنگ خاکه‌ی آن بی‌رنگ بوده دارای جلای شیشه‌ای است.

۹ــ میکای سفید[3] **(مسکویت)**: میکای سفید دارای ساختمان ورقه‌ای، بی‌رنگ و شفاف بوده، رنگ خاکه‌ی آن نیز بی‌رنگ است و جلای شیشه‌ای دارد (شکل ۱۵ــ۹).

ورقه‌های الاستیک و انعطاف‌پذیر

شکل ۱۵ــ۹ــ مسکویت

کاربرد: از میکای سفید در صنایع الکتریکی و الکترونیکی استفاده می‌شود. از ورقه‌های میکا در ساختن پنجره‌های کوره‌های ذوب فلز استفاده می‌کنند.

---

۱ ــ Talc ۲ ــ Biotite ۳ ــ Muscovite

۱۰ــ کلریت[1]: رنگ این کانی سبز و رنگ خاکه‌ی آن سبز روشن است. کلریت جلای شیشه‌ای دارد و انعطاف‌پذیر است (شکل ۱۶ــ۹).

شکل ۱۶ــ۹ــ کلریت

کاربرد: شاموزیت (کلریت آهن‌دار)، از کانه‌های آهن به‌شمار می‌آید (شکل ۱۷ــ۹).

شکل ۱۷ــ۹ــ شاموزیت

۱۱ــ کائولینیت[2]: کائولن براثر هوازدگی فلدسپات‌ها به‌وجود می‌آید. رنگ آن سفید و گاه متنوع است. دارای رنگ خاکه‌ی بی‌رنگ و جلای کانی خاکی[3] است و سختی آن حدود «۱» بوده که با لمس بین انگشتان به‌سادگی پودر می‌شود. کائولینیت رطوبت را جذب می‌کند.

کاربرد: کاربرد کائولینیت در صنایع چینی‌سازی و سرامیک‌سازی است.

شکل ۱۸ــ۹ــ کائولینیت

۱۲ــ فلدسپات‌ها: فلدسپات‌ها از فراوان‌ترین کانی‌های پوسته‌ی جامه‌ی زمین هستند. مهم‌ترین نوع فلدسپات «اورتوکلاز» و «پلاژیوکلاز» بوده که رنگ «پلاژیوکلاز» سفید تا خاکستری کم‌رنگ، و رنگ «اورتوکلاز» کرم روشن تا صورتی است.

اثر خاکه در هر گروه از کانی‌های ذکر شده بی‌رنگ است و هردو دارای جلای شیشه‌ای هستند. در شکل‌های ۱۹ــ۹ تا ۲۱ــ۹ آنورتیت، آلبیت از پلاژیوکلازها و اورتوکلاز را نشان می‌دهد.

کاربرد : استفاده در صنایع سرامیک، چینی و کاشی‌سازی.

شکل ۱۹ــ۹ــ آنورتیت

---

۱ ــ Chlorite ۲ ــ Kaolinite ۳ ــ Earthy

شکل ۲۰ــ۹ــ آلبیت

۱۳ــ زئولیت‌ها: زئولیت‌ها آلومینیم سیلیکات‌های سدیم و کلسیم آب‌دار هستند و در درون حفره‌های گدازه‌های آتش‌فشانی تشکیل می‌شوند. آب موجود در ترکیب زئولیت‌ها بر اثر حرارت خارج شده پس از سردشدن دوباره آب را جذب می‌کنند که به این‌گونه آب موجود در ترکیب «آب زئولیتی» گویند.

کانی‌های گروه زئولیت متنوع بوده، بلورهایی به رنگ سفید و شفاف تشکیل می‌دهند و اغلب به شکل رشته‌ای یا الیافی هستند. (شکل‌های ۲۲ــ۹ و ۲۳ــ۹).

شکل ۲۲ــ۹ــ ناترولیت

شکل ۲۱ــ۹ــ اورتوکلاز

شکل ۲۳ــ۹ــ اسکولسیت

کوارتز[1]: کوارتز از نظر فرمول شیمیایی یک اکسید است. اختصاصات فیزیکی، شیمیایی و ساختمان داخلی آن به گونه‌ای است که آن را جزو سیلیکات‌ها به‌حساب می‌آورند.

فرمول شیمیایی کوارتز SiO_2 و معمولاً بی‌رنگ است.

جلای کوارتز شیشه‌ای است. فاقد رخ بوده شکستگی آن از نوع صدفی است.

---

۱ ــ Quartz

کوارتز بر روی شیشه خط می‌اندازد و شماره‌ی سختی آن ۷ است. مقاومت کوارتز در مقابل هوازدگی، بسیار است.

کاربرد: از کوارتز در صنعت شیشه‌سازی، تهیه‌ی کاغذ سمباده و ابزارهای نوری و الکترونیکی استفاده می‌شود.

انواع کوارتز: این کانی که به‌آن دُرّ کوهی[1] نیز می‌گویند در حالت خالص بی‌رنگ است (شکل ۲۴ــ۹). در صورت داشتن ادخال‌های مختلف به رنگ‌های متنوع ظاهر می‌شود.

شکل ۲۴ــ۹ــ درّ کوهی

کوارتز دودی[2]: نوعی از کوارتز با رنگ سیاه یا دودی بوده دارای ادخال تیتان (Ti) است (شکل۲۵ــ۹).

آمتیست[3] : آمتیست جواهری است که به علت داشتن منگنز (Mn) رنگ بنفش زیبایی دارد (شکل۲۶ــ۹).

سیترین[4]: نوع بلورهای این کوارتز به رنگ زرد است.

شکل ۲۵ــ۹ــ کوارتز دودی

شکل ۲۶ــ۹ــ آمتیست

شکل ۲۷ــ۹ــ سیترین

۱ ــ Rock Crystal ۲ ــ Smoky. Q ۳ ــ Amethyst ۴ ــ Citrine

پراز[1]: وجود آکتینوت سبز در کوارتز باعث به‌وجود آمدن کوارتز سبز یا پراز می‌شود.

کالسدون[2]: کوارتز بسیار ریز بلورین است و اغلب به رنگ خاکستری طوسی است.

شکل ۲۸ــ۹ــ کالسدون

اونیکس[3]: به‌صورت نوارهای رنگی (طوسی، قهوه‌ای، قرمز و سفید) تشکیل می‌شود.

شکل ۲۹ــ۹ــ اونیکس

۱ ــ Prase ۲ ــ Chalcedoine ۳ ــ Onyx

آگات[1] ***(عقیق):*** نوعی اونیکس قرمز است و به گونه‌ی سنگ نیمه‌قیمتی در جواهرسازی کاربرد دارد.

شکل ۳۰ــ۹ــ عقیق قرمز

اوپال[2]***:*** اوپال، کوارتزی است که در آن ۱ تا ۵ درصد آب وجود دارد و گاهی نیز به ندرت تا ۳۴ درصد آب دارد.

اوپال مانند کوارتز بی‌رنگ است، اما در نتیجه‌ی ادخال عناصر شیمیایی از انواع رنگی فراوانی تشکیل شده است. جلای این کانی چرب و سطح شکست آن صدفی است. سختی آن به علت وجود چند مولکول آب کم‌تر از کوارتز است. از نوع قرمز آن در جواهرسازی استفاده می‌شود(شکل‌های ۳۱ــ۹ و۳۲ــ۹).

شکل ۳۱ــ۹ــ اوپال قیمتی

شکل ۳۲ــ ۹ــ اوپال قرمز

---

۱ ــ Agate ۲ ــ Opal SiO_2, nH_2O

خودآزمایی

۱ــ گدازه و ماگما را با یک‌دیگر مقایسه کنید.

۲ــ کانی‌های مربوط به این گروه‌ها را نام ببرید.

الف ــ کانی‌های محتوی Si　　ب ــ کانی‌های محتوی Na و Ca

ج ــ کانی‌هایی که خاصیت تورّق دارند.　　د ــ کانی‌هایی که ارزش جواهرسازی دارند.

۳ــ در این‌جا سه کانی فرضی A ، B و C را نام ببرید.

کانی A بر روی شیشه خط می‌اندازد و در تهیه‌ی سمباده به‌کار می‌رود.

کانی B بر چینی بدون لعاب خط سیاه انداخته، در اثر ترکیب با اسید بوی سولفیدهیدروژن می‌دهد و شکل تبلور آن مکعبی (کوبیک) است.

کانی C ساختمان سیلیکاتی دارد و رنگ آن سبز زیتونی است.

۴ــ موارد استفاده از فلدسپات‌های مختلف را توضیح دهید.

۵ــ زئولیت‌ها چگونه ترکیباتی هستند؟

۶ــ انواع کوارتز را با رنگ‌های مربوط به هریک، نام ببرید.

۷ــ مقطع عرضی تورمالین در محل شکستگی، چه شکل هندسی‌ای دارد؟ کاربرد آن را ذکر کنید.

۸ــ انواع بریل، رنگ‌های هریک و کاربرد آن‌ها را توضیح دهید.

فصل دهم

سنگ‌های آذرین

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ کلیات و اهمیت سنگ‌های آذرین را توضیح دهد.

۲ــ سنگ، سنگ‌شناسی و سنگ‌شناسی توصیفی را تشریح کند.

۳ــ مفاهیم سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی ، ماگما و گدازه را توضیح دهد.

۴ــ سنگ‌ها را به سه دسته (آذرین، رسوبی و دگرگونی) طبقه‌بندی کند.

۵ــ ترکیب و انواع ماگما (سنگ‌های آذرین اسیدی، خنثی، بازیک و اولترابازیک) را توضیح دهد.

۶ــ سری واکنش‌های بوون را شرح دهد.

۷ــ ساخت و بافت سنگ‌های آذرین را بیان نماید.

۸ــ خانواده‌ی سنگ‌های آذرین (گرانیت ــ ریولیت) آپلیت، ابسیدین، گرانودیوریت و پگماتیت را برشمارد.

۹ــ خانواده‌ی سنگ‌های آذرین (سینیت، تراکیت) و پوکه‌ی معدنی را نام ببرد.

تعاریف

الف ــ تعریف سنگ : سنگ عبارت از جسم طبیعی ناهمگن است که از یک کانی یا مجموعه‌ای از چند کانی تشکیل شده است.

ب ــ سنگ شناسی: سنگ‌شناسی بخشی از علم زمین‌شناسی است که در آن راجع به طرز تشکیل، منشأ، هم‌چنین توصیف، طبقه‌بندی و ترکیب سنگ‌ها صحبت می‌شود.

ج ــ سنگ‌شناسی توصیفی[1]: بخشی از سنگ شناسی و مربوط به ترکیب مشخصات و طبقه‌بندی سنگ‌هاست. در سنگ‌شناسی توصیفی، از چشم غیرمسلح (حداکثر با ذره‌بین دستی)، میکروسکوپ، تجزیه‌ی شیمیایی و اشعه‌ی X استفاده می‌شود.

طبقه‌بندی سنگ‌ها

سنگ‌ها را به سه دسته تقسیم کرده‌اند :

«سنگ‌های آذرین»، «سنگ‌های دگرگونی» و «سنگ‌های رسوبی».

شکل ۱ــ۱۰ــ ماگما یا گدازه

سنگ‌های آذرین[2]

سنگ‌های آذرین از سرد شدن و متبلور شدن ماگما[3] یا گدازه[4] به‌وجود می‌آیند. مواد مذاب که از ذوب سنگ‌های پوسته یا گوشته پدید می‌آیند، ماگما نامیده می‌شوند. ترکیب شیمیایی ماگما متفاوت بوده عمدتاً دارای ترکیب سیلیکاتی، بخار آب و گازهای مختلف است. هرگاه ماگما به سطح زمین راه پیدا کند، بیش‌تر گازهای خود را ازدست داده تشکیل «گدازه» می‌دهد.

سنگ‌های آذرینی که در اعماق زمین و از سرد شدن ماگما حاصل می‌شوند «سنگ‌های آذرین درونی[5]» نامیده می‌شوند. سنگ‌هایی که حاصل سرد شدن گدازه در سطح زمین هستند «سنگ‌های آذرین بیرونی[6]» نام دارند.

ترکیب و انواع ماگما

در ترکیب ماگما، همان ۸ عنصر اکسیژن، آلومینیوم، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم یافت می‌شوند که در ترکیب پوسته‌ی زمین نیز فراوان‌ترین عناصر به‌شمار می‌آیند.

اگر عناصر را به‌صورت اکسید درنظر بگیریم درخواهیم یافت که SiO_2 (سیلیس) از همه فراوان‌تر است. سنگ‌های آذرین را برحسب مقدار سیلیس به‌چهار گروه تقسیم‌بندی می‌کنند.

ــ SiO_2 بیش‌تر از ۶۶ درصد : سنگ‌های آذرین اسیدی

ــ SiO_2 بین ۵۲ تا ۶۶ درصد : سنگ‌های آذرین خنثی یا حدواسط.

ــ SiO_2 بین ۴۵ تا ۵۲ درصد : سنگ‌های آذرین بازیک

ــ SiO_2 کم‌تر از ۴۵ درصد : سنگ‌های آذرین خیلی بازیک[7]

در این طبقه‌بندی، عناوین اسیدی، بازیک و خیلی بازیک براساس رنگ ظاهری و ترکیب کانی‌شناسی سنگ است.[8] سنگ‌های اسیدی، کوارتز و فلدسپات فراوان، نیز ظاهر روشن دارند. سنگ‌های آذرین بازیک و خیلی بازیک به‌علت فراوانی کانی‌های آهن و منیزیم‌دار رنگ تیره از خود نشان می‌دهند. در این نوع بررسی‌ها سطح تازه شکسته‌شده‌ی سنگ درنظر گرفته می‌شود.

---

۱ ــ Petrography ۲ــ Ignous Rocks ۳ ــ Magma ۴ ــ Lava ۵ ــ Intrusive rocks
۶ ــ Extrusive rocks

۷ــ به سنگ‌های خیلی بازیک اولترابازیک نیز گفته می‌شود.

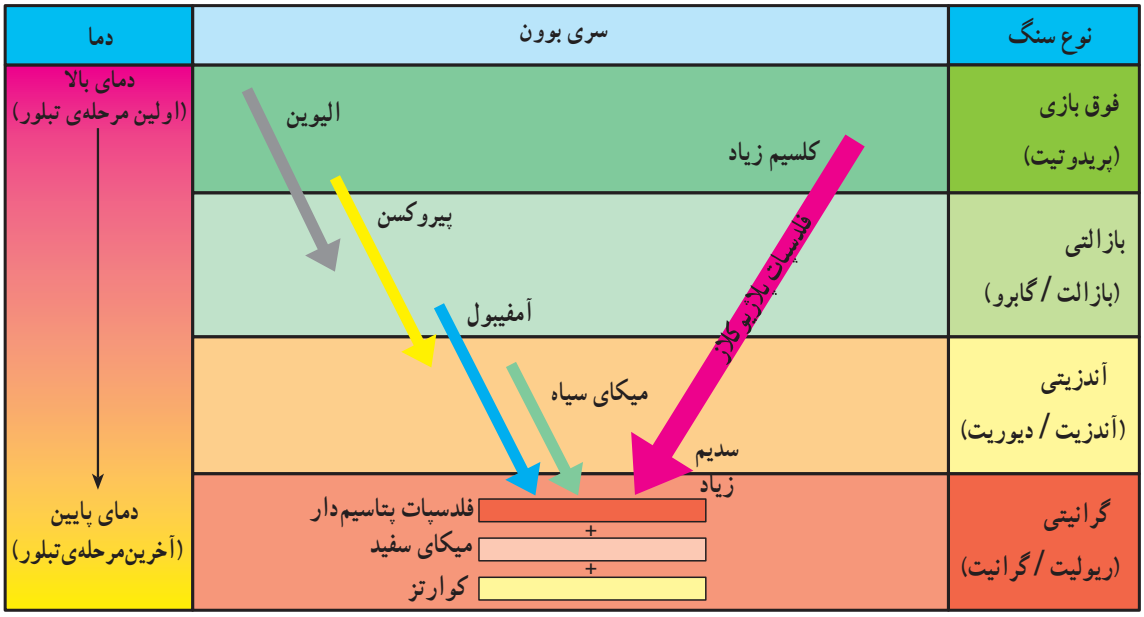
۸ ــ اصطلاحات اسیدی و بازیک و... در زمین‌شناسی با اصطلاح شیمی آن تفاوت دارد.

نوع کانی‌ها

در صورتی که برخی از کانی‌های سیلیکاتی فصل «۶» را براساس رنگ (از تیره تا روشن) و ترکیب کانی (افزایش میزان SiO_2 موجود در کانی) مرتب کنیم، جدول ۱ــ۱۰ پدید می‌آید :

این جدول نشان‌دهنده‌ی سری واکنش‌هایی است که در ماگما از دمای بالا (اولین مرحله‌ی تبلور) تا دمای پایین (آخرین مرحله‌ی تبلور) صورت می‌گیرد و کانی‌های متفاوت متبلور می‌شوند. واکنش‌ها را «مجموعه واکنش‌های بوون[1]» نیز گویند. «بوون» دانشمندی است که اولین‌بار نحوه‌ی تبلور کانی‌ها را در آزمایشگاه تحقیق کرد و در جدول یادشده تنظیم نمود.

جدول ۱ــ۱۰ــ واکنش‌هایی که براساس نظریه‌ی بوون در ماگمای بازالتی صورت می‌گیرد.



به عقیده‌ی وی بیش‌تر ماگماها ترکیب بازالتی دارند که ضمن سردشدن تدریجی، کانی‌های مختلف و در نتیجه سنگ‌های آذرین متفاوت به‌وجود می‌آید.

ساخت[2] سنگ‌های آذرین

ساخت سنگ‌های آذرین در نمونه‌های کوچک عبارت‌اند از : «ساخت توده‌ای[3]» و «ساخت جریانی[4]». سنگ‌های آذرین درونی معمولاً به‌صورت توده‌ای هستند. هرگاه بخواهیم آن‌ها را از معادن استخراج کنیم در هیچ جهتی ساده‌تر از جهتی دیگر نخواهد شکست.

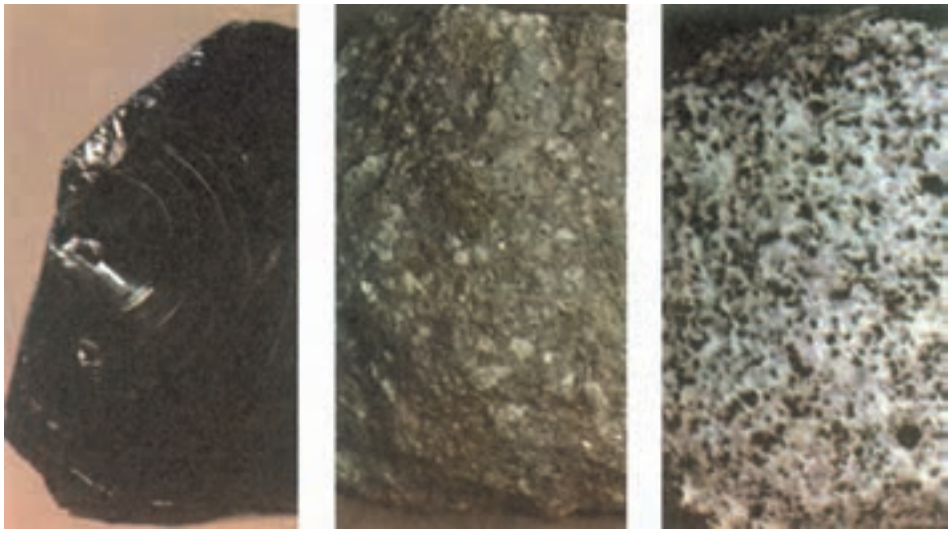
سنگ‌های آذرین بیرونی دارای ساخت مشخص جریانی هستند. این سنگ‌ها بر اثر جریان یافتن و سرد شدن مواد مذاب به‌وجود می‌آیند. در ساخت جریان سطحی، مانند میکاهای موازی، سنگ‌ها در امتداد این صفحات خیلی آسان‌تر شکسته می‌شوند و ساخت جریانی خطی، کانی‌های منشوری شکل، مانند آمفیبول‌ها، موازی یک‌دیگر قرار می‌گیرند.

۱ــ Bowen ۲ــ Structure ۳ــ Massive ۴ــ Flow

بافت[1] سنگ‌های آذرین

بافت سنگ آذرین مربوط به اندازه، شکل و آرایش کانی‌های موجود در آن است.

بافت نشان‌دهنده‌ی درجه‌ی سرد شدن ماده‌ی مذاب و تبلور کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ آذرین است. بافت دانه درشت نشان‌دهنده‌ی سرد شدن کُند و بافت دانه‌ریز نشان‌دهنده‌ی سرد شدن سریع است. بافت پورفیری نیز بیانگر هردو گونه است (شکل ۲ــ۱۰).



بافت دانه درشت　　بافت پورفیری　　بافت شیشه‌ای

شکل ۲ــ۱۰ــ انواع بافت دانه درشت، پورفیری و شیشه‌ای

بافت سنگ‌های آذرین به انواع «درشت بلور»، «وسط‌بلور»، «ریزبلور» و «شیشه‌ای» طبقه‌بندی می‌شود.

بافت پورفیری: در این نوع بافت، بلورهای درشت در زمینه‌ای ریز بلور یا شیشه‌ای قرار دارند. اختلاف بین اندازه‌های بلور در سنگ نشان‌دهنده‌ی تبلور در دو مرحله است.

در بعضی از سنگ‌ها هیچ بلوری دیده نمی‌شود ؛ مانند ابسیدین[2] که از شیشه‌های طبیعی و فراوان است و رنگ آن شبیه شیشه‌ی شکسته و معمولاً سیاه است ؛ هم‌چنین بافت سنگ تماماً شیشه‌ای است.

بسیاری از سنگ‌های آتش‌فشانی، دارای بافت حفره‌ای هستند که در نتیجه‌ی خروج گاز از ماگمای نیمه‌جامد، پدید آمده‌اند ؛ مانند سنگ‌پا[3] و پوکه‌ی معدنی[4].

طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین: سنگ‌های آذرین براساس این مشخصات طبقه‌بندی می‌شوند :

۱ــ ترکیب شیمیایی سنگ‌های آذرین از اسیدی تا بازیک تغییر می‌کند (این نکته در صفحات قبل توضیح داده شد).

۲ــ نوع کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ.

۳ــ بیرونی و درونی بودن (بافت سنگ).

خانواده‌های مهم سنگ‌های آذرین در این کتاب بررسی می‌شوند خانواده‌های گرانیت ــ ریولیت ــ پگماتیت، سینیت ــ تراکیت، دیوریت ــ اندزیت، گابرو ــ بازالت، است.

هرماده‌ی مذاب ممکن است در عمق یا در سطح زمین سرد شود. بنابراین، دو نوع سنگ که از نظر شیمیایی و کانی‌شناسی به‌هم شبیه بوده اما ازنظر بافت باهم فرق دارند، تشکیل می‌شود ؛ از این‌رو، هر سنگ آذرین درونی یک معادل بیرونی نیز دارد. سنگ‌های آذرین درونی معمولاً به‌صورت سنگ تزیینی و نما به‌کار می‌روند.

---

۱ ــ Texture　　۲ ــ Obsidian　　۳ ــ Scoria　　۴ ــ Pumice

خانواده‌های مهم سنگ‌های آذرین

خانواده گرانیت ــ ریولیت

گرانیت[1]: از فراوان‌ترین سنگ‌های آذرین درونی است. بافت سنگ دانه‌ای، ودرشت بلور تا ریزبلور است. کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده‌ی سنگ، فلدسپات، کوارتز و میکاها هستند (شکل ۳ــ۱۰).

رنگ گرانیت بستگی به نوع فلدسپات آن‌ها دارد.

شکل ۳ــ۱۰ــ گرانیت صورتی و گرانیت سفید

شکل ۴ــ۱۰ــ گرانیت و رگه‌ی آپلیتی

ریولیت: ریولیت عبارت از یک سنگ بیرونی، با بافت ریزبلور است. کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ همانند گرانیت از کوارتز، فلدسپات و میکای سیاه به‌وجود آمده است.

شکل ۵ــ۱۰

---

۱ ــ Granite

ابسیدین: ابسیدین، شیشه‌های طبیعی بوده که دارای ترکیب کانی‌شناسی ریولیت هستند. ابسیدین سنگی سیاه و شیشه‌ای است که ظاهر قیرمانند دارد. سرعت سردشدن در آن به حدی سریع بوده که کانی‌های آن فرصت تبلور نداشته در نتیجه، مواد آن به‌صورت غیرمتبلور در سنگ وجود دارد.

شکل ۶ــ۱۰ــ ابسیدین

خانواده‌ی گرانودیوریت

در گرانیت‌ها فلدسپات‌های «اورتوز» از«پلاژیوکلاز»ها بیش‌تر است. اگر پلاژیوکلازها بیش‌تر از اورتوز بوده وکوارتز نیز موجود باشد، سنگ «گرانودیوریت» نامیده می‌شود.

شکل ۷ــ۱۰ــ گرانودیوریت

پگماتیت[1]: پگماتیت‌ها حاصل فرایندهای ماگمایی هستند. از مشخصات پگماتیت‌ها وجود بلورهای درشت کانی‌های مختلف در بخش‌های داخلی آن‌هاست. کانی‌های تشکیل دهنده‌ی سنگ از کوارتز، تورمالین، بلور بریل، ورقه‌های میکا، و فلدسپات‌های بسیار درشت است. در شکل ۸ــ۱۰ دو تصویر از پگماتیت را مشاهده می‌کنید.

شکل ۸ــ۱۰ــ پگماتیت

۱ ــ Pegmatite

خانواده‌ی سینیت ــ تراکیت[1]

سینیت: سینیت سنگ آذرین درونی تمام بلورینی است که معمولاً فاقد کوارتز بوده، مقدار فلدسپات‌های پتاسیم‌دار آن از فلدسپات‌های دیگر[2] بیش‌تر است. در سینیت ۵ تا ۴۰ درصد کانی‌های فرّومنیزین (آهن و منیزیم‌دار) مانند میکای سیاه، هم‌چنین گاه ممکن است هورنبلاند در آن دیده شود.

شکل ۹ــ۱۰ــ سینیت

تراکیت: تراکیت سنگ‌آذرین بیرونی دانه‌ریز و ترکیب کانی‌شناسی آن شبیه به سینیت است، یعنی فاقد کوارتز بوده فلدسپات‌های پتاسیم در آن بیش‌تر از پلاژیوکلازهاست.

شکل ۱۰ــ۱۰ــ تراکیت

پوکه‌ی معدنی: پوکه‌ی معدنی نوعی از تراکیت‌های متخلخل و پرحفره است که ظاهری اسفنجی دارد و سبک وزن است. در صنایع ساختمانی به‌صورت عایق رطوبت و صدا از آن استفاده می‌شود.

شکل ۱۱ــ۱۰ــ پوکه‌ی معدنی

خانواده‌ی دیوریت ــ آندزیت[3]

دیوریت: دیوریت‌ها سنگ‌های آذرین درونی تمام بلورین هستند. این سنگ فاقد کوارتز بوده مقدار فلدسپات‌های پلاژیوکلاز آن از فلدسپات‌های پتاسیم‌دار بیش‌تر است. دیوریت دارای کانی‌های آهن و منیزیم‌دار مانند هورنبلاند و میکای سیاه است (شکل ۱۲ــ۱۰).

کاربرد دیوریت‌ها: این سنگ‌ها چون نسبتاً سخت و متراکم هستند در کارهای ساختمانی از آن‌ها استفاده می‌شود.

شکل ۱۲ــ۱۰ــ دیوریت

---

۱ ــ Syenite - Trachyte

۲ــ فلدسپات پلاژیوکلاز (فلدسپات سدیم و کلسیم‌دار)

۳ ــ Diorite - Andesite

آندزیت: آندزیت سنگی است بیرونی، با بافت تمام بلورین تا نیمه بلورین و بافت پورفیری، که از نظر کانی‌شناسی به دیوریت شبیه است. این سنگ از پلاژیوکلاز و میکای سیاه یا هورنبلاند و به‌ندرت از کوارتز به‌وجود آمده است.

شکل ۱۳ــ۱۰ــ آندزیت

خانواده‌ی گابرو ــ بازالت[1]

گابرو: سنگی است درونی، تمام بلورین و درشت بلور که کانی‌های تشکیل دهنده‌ی آن از کانی‌های آهن و منیزیم‌دار، مانند اوژیت (نوعی پیروکسن) اولیوین و پلاژیوکلازها هستند. رنگ سنگ‌های گابرویی به سبب فراوانی کانی‌های تیره، اغلب تیره، خاکستری تیره یا متمایل به سیاه است.

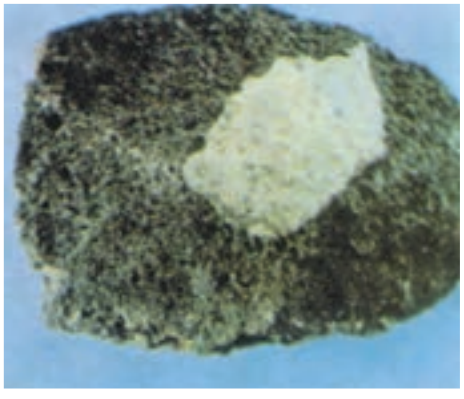
شکل ۱۴ــ۱۰ــ گابرو

بازالت: سنگ آذرین بیرونی تمام بلورین تا نیم‌بلورین و گاهی شیشه‌ای که ترکیب کانی‌شناسی آن همانند گابرو بوده، رنگ آن تیره و اغلب سیاه است. بازالت از فراوان‌ترین سنگ‌های آذرین بیرونی است و در کف اقیانوس‌ها گسترش وسیع دارند. کانی‌های موجود در این سنگ، پلاژیوکلاز و کانی‌های آهن و منیزیم‌دار (پیروکسن، اولیوین) هستند (شکل ۱۵ــ۱۰).

شکل ۱۵ــ۱۰ــ بازالت

پریدوتیت[2]

پریدوتیت، سنگ‌های درونی، با بافت بلورین و تمام تیره رنگ هستند که قسمت زیاد آن از کانی‌های اولیوین تشکیل شده است. این سنگ‌ها تجزیه می‌شوند و ازآن سنگ‌های سرپانتین با رنگ سبز به‌وجود می‌آیند.



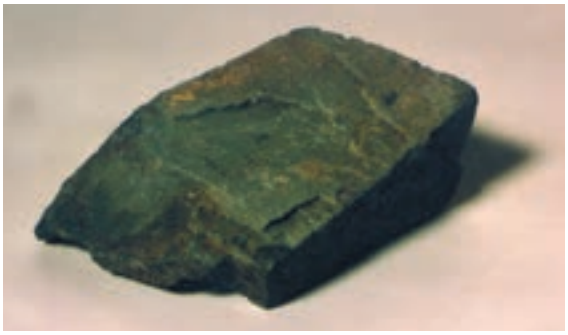
شکل ۱۶ــ۱۰ــ پریدوتیت

۱ ــ Gabro - Basalte

۲ ــ Pridodite

سنگ‌های آذرآواری[1] (پیروکلاستیک)

سنگ‌های آذرآواری متشکل از ذرات ریز و درشت سنگ‌های آتش‌فشانی هستند که به هوا پرتاب شده، سپس دچار رسوب شده‌اند. نوعی از این رسوبات که از دانه‌های ریز تشکیل می‌شود «توف آذرین» نامیده می‌شود.



شکل ۱۷ــ۱۰ــ توف سبز البرز

جدول ۲ــ۱۰ــ طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین[2]

رنگ تیره یا وزن سنگین (کانی‌های اصلی: فلدسپات، پیروکسن، آمفیبول، اولیوین)	رنگ حد واسط (کانی‌های اصلی: فلدسپات، آمفیبول، بیوتیت، پیروکسن)	رنگ روشن یا وزن سبک (کانی‌های اصلی: فلدسپات و کوارتز)	بافت
گابرو متوسط بلور : دولریت = دیاپاز اولیوین : دونیت پیروکسن : پیروکسینیت اولیوین و پیروکسن : پریدوتیت	دیوریت کوارتزدار : کوارتزدیوریت یا دیوریت کوارتزدار = تونالیت	گرانیت درشت بلورتر : پگماتیت ریزبلور : آپلیت بدون کوارتز : سینیت	درشت بلور
بازالت	فلسیت (شامل ریولیت، تراکیت، فنولیت، آندزیت، داسیت، لاتیت، کوارتز لاتیت)		ریز بلور
بازالت شیشه‌ای متخلخل : اسکوری	ابسیدین پیچ‌استون (سنگ قیری) مرواریدی : پرلیت متخلخل : پومیس		شیشه‌ای
بازالت پورفیری	دیوریت پورفیری، فلسیت پورفیری	گرانیت پورفیری سینیت پورفیری فلسیت پورفیری ابسیدین پورفیری = ویترو پورفیری (پورفیری شیشه‌ای)	بلورهای درشت و ریز
	ریز : توف	درشت : برش آتش‌فشانی	درهم

۱ ــ Pyroclastic

۲ــ این جدول جنبه‌ی کاربردی دارد و لزومی به حفظ کردن آن نیست.

خودآزمایی

۱ــ سنگ‌شناسی توصیفی چیست؟ ابزار مورد نیاز برای سنگ‌شناسی توصیفی کدام‌اند؟

۲ــ سنگ آذرین درونی و بیرونی، ماگما و گدازه را توضیح دهید.

۳ــ سنگ‌های آذرین اسیدی، قلیایی، مافوق قلیایی را با ذکر ترکیب شیمیایی ممکن و رنگ ظاهری تشریح کنید.

۴ــ بافت سنگ آذرینی که هم دارای بلورهای درشت و هم دارای بلورهای ریز همراه با شیشه باشد، چه نام دارد؟

۵ــ سنگ‌پا چرا حفره‌دار و متخلخل است؟

۶ــ گرانیت، ریولیت و پگماتیت را از نظر ترکیب شیمیایی (کانی‌شناسی) مقایسه کنید.

۷ــ به چه دلیل سنگ ابسیدین به رنگ سیاه است؟

۸ــ پوکه‌ی معدنی چگونه حاصل می‌شود؟ کاربرد آن را ذکر کنید.

۹ــ انواع کانی‌های شرکت‌کننده در گرانیت و بازالت را برشمارید.

۱۰ــ سنگ‌های آذرآواری یا پیروکلاستیک چگونه تشکیل می‌شوند، و چه کاربردی دارند؟

۱۱ــ خانواده‌ی سنگ‌های آذرین (دیوریت ــ آندزیت) را بیان کنید.

۱۲ــ خانواده‌ی سنگ‌های آذرین (گابرو ــ بازالت) را معرفی نمایید.

۱۳ــ سنگ آذرین پریدوتیت را توضیح دهید.

۱۴ــ اهمیت و کاربرد سنگ‌های آذرین را شرح دهید.

فصل یازدهم

سنگ‌های رسوبی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ کلیات سنگ‌های رسوبی را توضیح دهد.

۲ــ ویژگی‌های مهمّ سنگ‌های رسوبی را برشمارد.

۳ــ اهمیت سنگ‌های رسوبی را به منزله‌ی منابع مهمّ توضیح دهد.

۴ــ ساخت موجود در سنگ‌های رسوبی (افقی بودن لایه‌ها، لایه‌بندی متقاطع، ریپل‌مارک و ترک‌های گلی) را توضیح دهد.

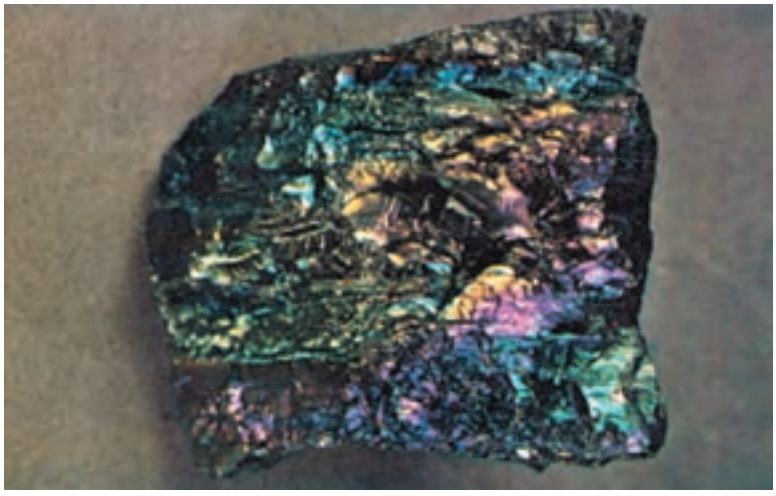
۵ــ بافت‌های موجود در سنگ‌های رسوبی (بافت آواری، بافت بلورین و بافت اسکلتی) را تشریح نماید.

۶ــ سنگ‌های رسوبی را به سنگ‌های «رسوبی آواری»، «رسوبی شیمیایی غیرآلی» و «رسوبی شیمیایی آلی» طبقه‌بندی کند.

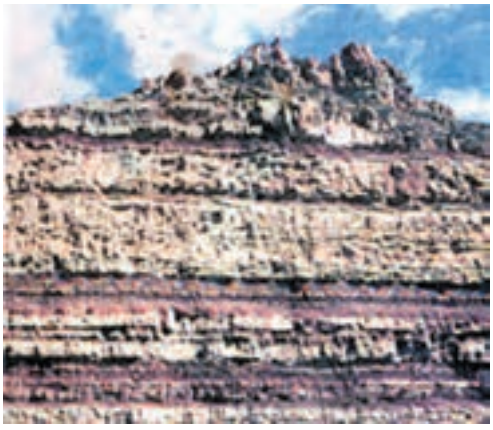
۷ــ انواع سنگ‌های رسوبی آواری (شیل، ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومرا) را توضیح دهد.

۸ــ انواع سنگ‌های رسوبی شیمیایی غیرآلی (آهک، هالیت، ژیپس، دولومیت و چرت) را نام ببرد.

۹ــ سنگ‌های آهکی بیوشیمیایی (گل سفید، چرت آلی و زغال‌سنگ) را توضیح دهد.



سنگ‌های رسوبی



شکل ۱ــ۱۱

آشنایی

فرایند هوازدگی مواد خام سنگ‌های رسوبی را فراهم می‌کند. رودخانه‌ها ذرات هوازده را به حوضه‌های رسوبی مانند دریاها، دریاچه‌ها، درّه‌های رودخانه‌ای و دیگر حوضه‌ها به‌صورت لایه‌لایه ته‌نشین می‌سازد. سنگ‌های رسوبی ۵ درصد از حجم پوسته‌ی زمین را تشکیل می‌دهد. این سنگ‌ها دارای فسیل هستند که یکی از ابزارهای مهم در مطالعه‌ی تاریخ گذشته‌ی زمین به‌شمار می‌آید.

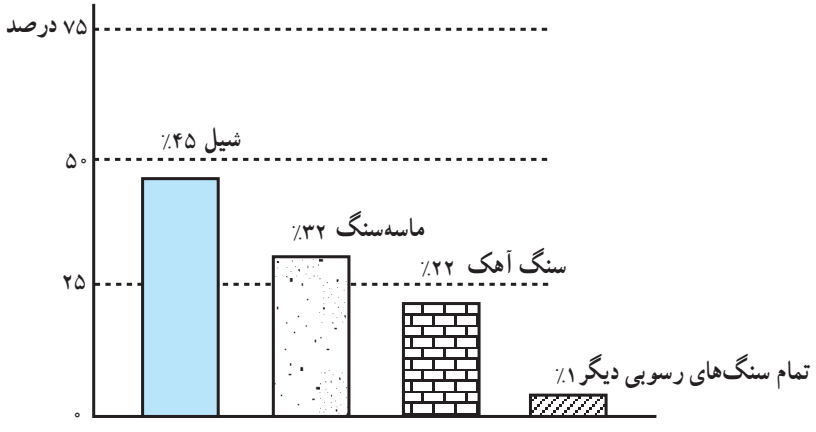
بسیاری از سنگ‌های رسوبی از نظر اقتصادی اهمیت دارند. زغال‌سنگ و سایر منابع انرژی مانند نفت و گاز طبیعی به‌سنگ‌های رسوبی ارتباط دارد.

گروهی از سنگ‌های رسوبی منبع مهمّی از آهن، آلومینیوم، منگنز، کود و مواد لازم دیگر برای صنعت به‌شمار می‌آیند. سنگ‌های رسوبی محل ذخیره و انتقال آب‌های زیرزمینی است که از نظر مصارف صنعتی، کشاورزی و آب آشامیدنی اهمیت فراوان دارد.

ساخت‌های موجود در لایه‌های رسوبی

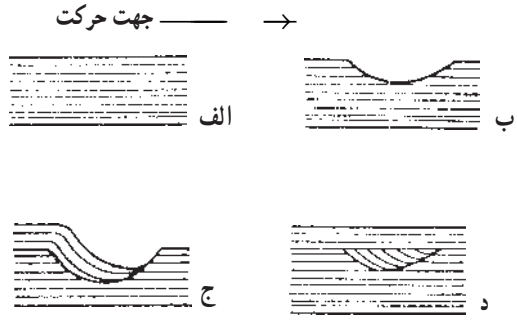
در حوضه‌های رسوبی، رسوبات به‌صورت لایه‌لایه و افقی روی هم ته‌نشین می‌شوند. پس از سخت شدن لایه‌ها، سنگ‌های رسوبی به‌وجود می‌آید.

لایه یا طبقه، جسم ورقه مانندی است که طول و عرض آن در مقایسه با ضخامت لایه، زیاد است. ضخامت هر لایه ممکن است از یک سانتی‌متر کم‌تر تا چندین متر تغییر کند و به‌وسیله‌ی سطحی به‌نام «سطح لایه‌بندی» از لایه‌ی مجاور جدا شود. هر لایه، از طبقات رویی و زیرین خود به‌وسیله‌ی تغییرات سنگ‌شناسی، رنگ و اندازه‌ی دانه‌ها متمایز است.



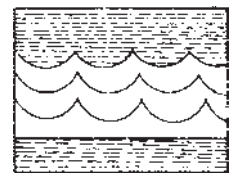
شکل ۲ــ۱۱ــ نسبت فراوانی سنگ‌های رسوبی در روی زمین

لایه‌بندی متقاطع[1]: این لایه‌بندی ساختی است که درنتیجه‌ی موقعیت ویژه‌ی رسوب‌گذاری و لایه‌بندی نازک و شیب‌دار در داخل لایه‌های سنگی ضخیم به‌وجود می‌آید. لایه‌بندی متقاطع در تپه‌های ماسه‌ای، دلتاها و رودخانه‌ها تشکیل می‌شود.



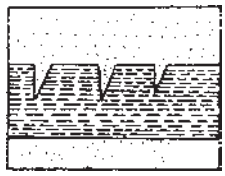
شکل ۳ــ۱۱ــ لایه‌بندی متقاطع ــ طرز تشکیل لایه‌بندی متقاطع: الف ــ لایه‌های اولیه، ب ــ ایجاد فرورفتگی به‌وسیله‌ی جریان‌های شدید، ج ــ ته‌نشین شدن لایه‌ها در مسیر شیب‌دار، د ــ ته‌نشین شدن لایه‌های اولیه بعد از پرشدن فرورفتگی

ریپل مارک یا موج‌نشان[2]: ریپل‌مارک سطح موج‌دار یا چین و شکن‌هایی است که به‌وسیله‌ی رودخانه یا جریان‌های جزر و مدی در یک بستر ماسه‌ای ساخته می‌شود، این ساخت بر اثر حرکت باد در تپه‌های ماسه‌ای یا در اعماق کم دریاها، بر اثر حرکت موج به‌وجود می‌آید.



شکل ۴ــ۱۱ــ ریپل مارک

ترک‌های گلی[3]: وقتی ترک‌های گلی در رسوباتی پیدا شوند، نشان‌دهنده‌ی آن است که آن‌ها به‌طور متناوب تر و خشک می‌شده‌اند. گِل‌های تر وقتی در معرض هوا قرار گیرند خشک شده ترک‌هایی در آن‌ها ایجاد می‌شود. ترک‌های گلی در محیط‌های کم‌عمق مانند دریاچه‌ها، بستر رودخانه‌ها و نظایر آن تشکیل می‌شوند.



۵ــ۱۱ــ ترک‌های گلی

بافت سنگ‌های رسوبی

بافت به اندازه‌ی ذرات تشکیل‌دهنده‌ی سنگ‌ها گفته می‌شود. «بافت‌های آواری» یا تخریبی (کانی‌ها و خرده‌سنگ‌ها)، و «بافت غیرآواری»، دو نوع بافت اصلی در سنگ‌های رسوبی به‌شمار می‌آیند.

۱ــ بافت آواری: اندازه‌ی ذرات در سنگ‌های رسوبی متفاوت بوده دارای بافت دانه درشت بزرگ‌تر از ۲ میلی متر، دانه متوسط ۲ تا $\frac{۱}{۱۶}$ میلی متر و دانه‌ریز کم‌تر از $\frac{۱}{۱۶}$ میلی‌متر است. مواد تشکیل‌دهنده‌ی سنگ‌های رسوبی شامل دو دسته‌ی «دانه[4]» و «سیمان[5]» است. میزان سیمان‌شدگی از ویژگی‌های مهمّ سنگ‌های رسوبی آواری به‌شمار می‌آید. سیمان اصلی این گونه بافت‌ها، آهک، سیلیس، اکسیدهای آهن و رس است.

۲ــ بافت بلورین (غیرآواری): کانی‌های تشکیل‌دهنده در آب‌ها به‌صورت محلول درمی‌آیند ؛ سپس براثر تبخیر یا واکنش‌های شیمیایی در دریاچه‌ها و دریاها ته‌نشست حاصل کرده، بافت بلورین را تشکیل می‌دهند. این بافت ازنظر اندازه شامل سه دسته‌اند. «بافت درشت بلور بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر»، «بافت متوسط بلور ۲ تا $\frac{۱}{۱۶}$ میلی‌متر» و «بافت ریزبلور کم‌تر از $\frac{۱}{۱۶}$ میلی‌متر».

بافت اسکلتی: بافت اسکلتی عبارت است از تجمع پوسته‌ی بی‌مهرگان دریایی که بعد از مرگ آنان در بستر دریا ته‌نشین می‌شود. این بافت شبیه بافت آواری است.

---

۱ ــ Crossing bedding ۲ ــ Ripple mark ۳ ــ Mud craks ۴ ــ Grain ۵ ــ Matrix

۶ــ۱۱ــ بافت اسکلتی

انواع سنگ‌های رسوبی

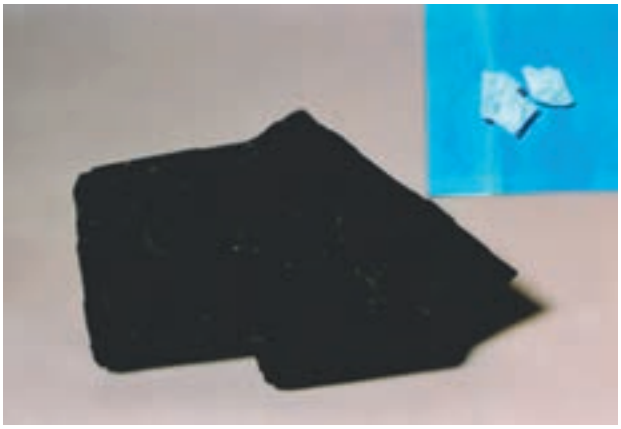
سنگ‌های رسوبی را به سه گروه «آواری»، «شیمیایی» و «آلی» طبقه‌بندی می‌کنند. اما هریک از این گروه‌ها، شامل اقسام مختلفی از سنگ‌ها می‌شوند و از لحاظ طرز انتقال، رسوب‌گذاری و سنگ شدن باهم فرق دارند.

سنگ‌های رسوبی آواری: این سنگ‌ها بیش‌ترین نوع سنگ‌های رسوبی هستند که از سیمان شدگی خرده‌سنگ‌های حاصل از سنگ‌های قبلی به‌وجود آمده‌اند. براساس طبقه‌بندی، خرده‌سنگ‌ها شامل شن، ریگ، قلوه‌سنگ و مانند آن بوده که شیل‌ها دانه‌ریزترین سنگ‌های آواری، ماسه‌سنگ‌ها، دانه متوسط، و کنگلومراها دانه درشت‌ترین این گروه از سنگ‌ها هستند.

جدول ۱ــ۱۱ــ طبقه‌بندی سنگ‌های تخریبی براساس اندازه‌ی دانه‌ها

اندازه برحسب میلی‌متر	نام ذرات	رسوبات	نام عمومی رسوبات	سنگ رسوبی تخریبی
بیش‌تر از > ۲۵۶	درشت سنگ	دانه درشت	گراول	کنگلومرا
۶۴ تا ۲۵۶	قلوه‌سنگ			یا
۴ــ ۶۴	ریگ			برش
۴ تا ۴	شن			
$\frac{۱}{۱۶}$ ــ ۲	ماسه	دانه متوسط	ماسه	ماسه‌سنگ
$\frac{۱}{۱۶}$ تا $\frac{۱}{۲۵۶}$	سیلت	دانه ریز	گل	سیلت سنگ
کوچک‌تر از < $\frac{۱}{۲۵۶}$	سیلت + رس			گِل سنگ
	رس			شَیل

شیل[1]: شیل سنگ رسوبی است و از ذرّاتی به اندازه‌ی رس ساخته شده است. این سنگ‌ها بیش از نصف تمام سنگ‌های رسوبی است. شیل‌ها از نوعی رس و میکا هستند که حالت ورقه‌ای دارند و به آسانی خرد می‌شوند. این سنگ‌ها در محیط‌های رسوبی نسبتاً آرام و جریان‌های غیرآشفته رسوب کرده‌اند رنگ شیل‌ها متفاوت بوده به نوع کانی‌های موجود در سنگ بستگی دارند.



شکل ۷ــ۱۱ــ شیل (در بالا سمت راست، تصویر تورق شیل را نشان می‌دهد).

شیل‌های سیاه دارای مقدار زیادی مواد آلی هستند. شیل‌های قرمز اکسیدآهن دارند.

از انواع دیگر سنگ‌های رسوبی تخریبی دانه‌ریز، «سیلتستون» است که از ذرات سیلت که درشت‌تر از ذرات رس است تشکیل شده است.

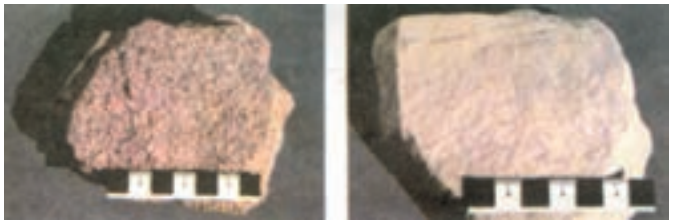
شکل ۸ــ۱۱ــ سیلتستون

ماسه‌سنگ[2]: به سنگی که اندازه‌ی دانه‌های آن به اندازه‌ی ماسه باشد، «ماسه‌سنگ» می‌گویند. ماسه‌سنگ‌ها بعد از شیل فراوان‌ترین سنگ های رسوبی به‌شمار می‌آیند. دانه‌های ماسه‌سنگ‌ها به‌وسیله‌ی سیمانی از جنس سیلیس یا کربنات به‌هم چسبیده‌اند.

ماسه‌سنگ کوارتزی[3]، بیش از ۹۰٪ کوارتز و اندکی سیمان دارد.

«آرکوز»، ماسه‌سنگی است که حداقل ۲۵٪ فلدسپات دارد و کوارتز از ذرات اصلی آن است. اندازه‌ی ذرات در آرکوز اغلب بزرگ و زاویه‌دار است، از این‌رو، ذرات کم‌تر در معرض جریان آب بوده مسافت کمی را طی کرده‌اند.

در ماسه‌سنگ کوارتزی دانه‌ها در معرض جریان آب، مسافت زیادی را طی کرده‌اند ؛ بنابراین، دانه‌ها حالت گردشدگی دارند.



ب الف

شکل ۹ــ۱۱ــ الف ــ ماسه سنگ کوارتزی، ب ــ آرکوز

کنگلومرا[4]: کنگلومراها از سیمان‌شدگی ذرات درشت رسوبی بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر ــ با گردشدگی خوب و ماده‌ی زمینه‌ای از سیلیس و رس ــ تشکیل شده‌اند. دانه‌ها ممکن است از هر جنس باشند، اما کوارتز از کانی‌های مقاوم در کنگلومراها به‌حساب می‌آید(شکل ۱۰ــ۱۱).

شکل ۱۰ــ۱۱ــ کنگلومرا

۱ ــ Shale ۲ ــ Sandstone ۳ ــ Quartz Sandstone ۴ ــ Conglomerate

برش[1]: برش از سیمان شدگی ذرات درشت و زاویه‌دار، با زمینه‌ای از ذرات ریزتر تشکیل شده است.

دانه‌های برش زاویه‌دار بوده، نشان‌دهنده‌ی طی مسافت کم است.

۱۱ــ۱۱ــ برش

سنگ‌های رسوبی شیمیایی غیرآلی: این رسوبات از موادّی پدید آمده‌اند که به‌صورت محلول به دریاچه‌ها و دریاها وارد شده‌اند. مواد همیشه به‌حالت محلول باقی نمی‌مانند، بلکه قسمتی از آن به‌صورت ذرّاتی رسوب نموده روی هم انباشته می‌شوند و رسوبات شیمیایی را به‌وجود می‌آورند. مواد محلول در آب بر اثر تغییر یا تغییرات شدید دما رسوب می‌کنند.

سنگ‌های آهکی: سنگ آهک از کانی کلسیت ($CaCO_3$) تشکیل شده که در نتیجه‌ی فرایندهای شیمیایی به‌وجود می‌آید. میزان رسوب آهک در حوضه‌های رسوبی به میزان CO_2 بستگی دارد. آهک در آب‌های گرم، به علت خروج CO_2 زودتر رسوب می‌کند.

«تراورتن» نوعی سنگ آهک است که در دهانه‌ی چشمه‌ها با خارج شدن گاز CO_2 از آب، تشکیل می‌شود. سنگ آهک پرحفره‌ی تراورتن و ستون‌های آهکی درون غارها به همین شکل به‌وجود آمده‌اند.

شکل ۱۲ــ۱۱ــ تراورتن

سنگ‌های تبخیری: گروهی از سنگ‌های رسوبی، حاصل تبخیر آب مناطق کم‌عمق و گرم هستند و در محیط‌هایی مانند دریاچه‌ها که مقدار تبخیر بیش‌تر از مقدار آب‌های ورودی است پدید می‌آیند ؛ مانند هالیت و ژیپس. «هالیت» سازنده‌ی اصلی سنگ نمک[2] و «ژیپس» سازنده‌ی اصلی سنگ گچ[3] که هردو دارای ارزش اقتصادی هستند، در حوضه‌های تبخیری رسوب می‌کنند.

سنگ نمک: سنگ نمک در حالت خاص بی‌رنگ است، و در صورت وجود ناخالصی به رنگ‌های مختلف دیده می‌شود و در صورت داشتن اکسید آهن به رنگ قرمز روشن درمی‌آید. مزه‌ی شور، ویژگی اصلی شناخت این سنگ است.

سنگ گچ آب‌دار(ژیپس): این سنگ اغلب به رنگ سفید دیده می‌شود و در صورت داشتن اکسیدآهن به رنگ قرمز روشن درمی‌آید. بهترین معرف آن میزان سختی آن است (با ناخن خراش برمی‌دارد). این سنگ بدون مزه بوده، اسید بر آن تأثیر ندارد. سنگ گچ بی‌آب را «انیدریت»[4] گویند که سختی آن بیش‌تر از سختی سنگ گچ آب‌دار است و با ناخن خراش برنمی‌دارد.

دولومیت: دولومیت بسیار شبیه به سنگ آهک است و

---

۱ ــ Breccias ۲ ــ Rock Salt ۳ ــ Rock gypsum ۴ ــ Anhydrite

از کانی دولومیت یعنی کربنات کلسیم و کربنات منیزیم ساخته شده است. دولومیت‌ها هنگامی تشکیل می‌شوند که منیزیم جانشین کربنات کلسیم سنگ آهک شود.

چرت (Chert) : چرت به سنگ‌های متراکم سختی اطلاق می‌شود که از سیلیس بسیار ریز ساخته شده‌اند. نوع شیمیایی آن محصول رسوب کردن سیلیس در آب‌هایی است که از این ماده اشباع گشته‌اند(شکل ۱۳ــ۱۱).

شکل ۱۳ــ۱۱ــ چرت

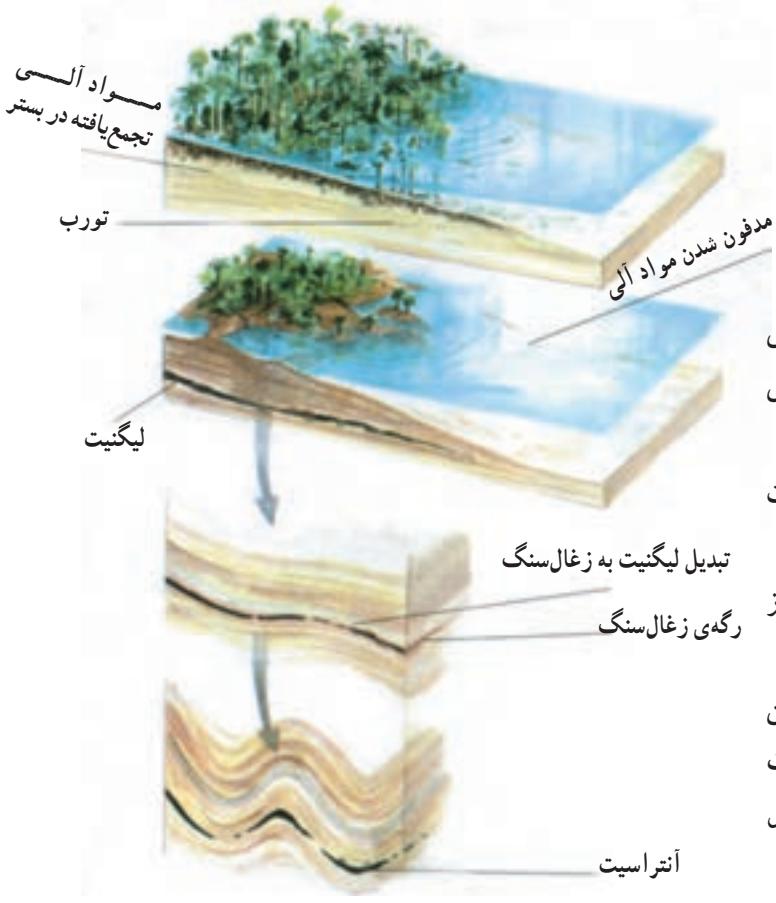
سنگ‌های رسوبی شیمیایی آلی: مهم‌ترین سنگ‌های این گروه عبارت است از سنگ آهک آلی و چرت که از بقایای اسکلت جانوران و گیاهان دریازی حاصل شده‌اند.

گل سفید: گل سفید سنگی است که از پوسته‌ی موجودات ریز میکروسکوپی تشکیل شده است.

چرت آلی: نوعی سنگ رسوبی شیمیایی آلی است که از سیلیس باقی مانده‌ی جانداران دریایی تشکیل می‌شود.

زغال‌سنگ: با بررسی دقیق یک تکه زغال‌سنگ با ذرّه‌بین مشخص می‌شود که ساختمان‌های گیاهی، مانند برگ‌ها، پوست درخت و چوب در آن وجود دارد ؛ بنابراین، زغال‌سنگ محصول نهایی دفن مواد گیاهی در دوره‌های طولانی است.

مرحله‌ی اصلی تشکیل زغال‌سنگ، تجمع و انباشتگی بقایای گیاهی به‌مقدار زیاد است. با وجود این، برای تجمع باید وضعیت خاصّی فراهم شود، مهم‌ترین محیط مناسب برای حفظ موادّ گیاهی محیط باتلاقی است. این محیط فاقد اکسیژن است و تجزیه‌ی کامل مواد گیاهی در آن انجام نمی‌شود. مواد گیاهی تحت تأثیر عمل باکتری‌ها قرار می‌گیرند و مواد آلی آن‌ها تا اندازه‌ای تجزیه شده، اکسیژن و هیدروژن آزاد می‌شود. با خروج این عناصر، درصد کربن به‌تدریج افزایش می‌یابد. تجزیه‌ی ناقص موادگیاهی در محیط باتلاقی، ایجاد لایه‌ای از «تورب[1]» می‌شود که مادّه‌ای نرم و قهوه‌ای است با افزایش تدریجی فشار و گرما مواد فشرده‌تر و سخت‌تر حاصل می‌شود. این مواد به ترتیب درجه‌ی خلوص لیگنیت، زغال‌سنگ و آنتراسیت هستند.



شکل ۱۴ــ۱۱ــ تشکیل زغال‌سنگ از رسوبات مردابی

۱ ــ Peat

خودآزمایی

۱ــ دو ویژگی مهمّ سنگ‌های رسوبی را توضیح دهید.

۲ــ هر لایه با کدام ویژگی از لایه‌های دیگر جدا می‌شود؟

۳ــ لایه‌بندی متقاطع، ریپل‌مارک و ترک‌های گلی را با مثال توضیح دهید.

۴ــ اندازه‌ی ذرات در بافت آواری را با اندازه‌ی بلورهای سنگ‌های رسوبی شیمیایی مقایسه کنید.

۵ــ علت تورّق در سنگ شیل چیست؟

۶ــ «کنگلومرا» و «برش» را از نظر شکل ذرّات و اندازه‌ی ذرات تشکیل‌دهنده، گردشدگی و مسافت طی شده مقایسه کنید.

۷ــ هریک از این توضیحات مربوط به چه سنگی است؟

۱ــ سنگ رسوبی آواری دانه ریز.

۲ــ سنگ متبلور که با ناخن خراش برمی‌دارد.

۳ــ نوعی سنگ رسوبی دارای بقایای گیاهی فراوان.

۴ــ سنگی که با اسید می‌جوشد.

فصل دوازدهم

سنگ‌های دگرگونی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ فرایند دگرگونی را توضیح دهد.

۲ــ عوامل مؤثر در دگرگونی را بیان نماید.

۳ــ دگرگونی مجاورتی را شرح دهد.

۴ــ دگرگونی عمومی را توضیح دهد.

۵ــ انواع بافت سنگ‌های دگرگونی را برشمارد.

۶ــ اقسام سنگ‌های دگرگونی را طبقه‌بندی کند.

۷ــ اقسام سنگ‌های دگرگونی دارای جهت‌یافتگی و فاقد جهت‌یافتگی را توصیف کند.

سنگ‌های دگرگونی[1]

۱ــ۱۲ــ دگرگونی

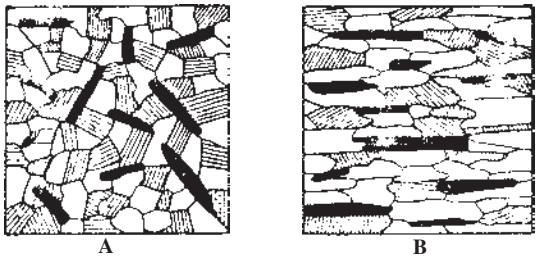
فرایند دگرگونی شامل تغییر حالت سنگ‌های موجود در زمین است. سنگ‌های رسوبی، آذرین، و حتی سنگ‌های دگرگونی، براساس وضعیت خاص زمین‌شناسی به سنگ‌های دگرگونی تبدیل می‌شوند. عوامل تغییردهنده‌ی سنگ‌ها شامل حرارت و فشار است ؛ بنابراین، دگرگونی عبارت است از «مجموعه‌ی فرایندهای درونی که براساس موقعیت خاص باعث تغییر ساختمان و ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌ها می‌شود و یک سنگ را در حالت جامد به سنگ دیگری تبدیل می‌کند».

عوامل دگرگونی

عوامل دگرگونی شامل حرارت و فشار بوده، سنگ‌ها اغلب تحت تأثیر هردو عامل قرار می‌گیرند، امّا درجه‌ی دگرگونی از یک محیط به محیط دیگر متفاوت است.

حرارت: مهم‌ترین عامل دگرگونی، حرارت است، اگر سنگ‌های نواحی مختلف پوسته‌ی زمین تحت تأثیر حرارت زیاد قرار گیرند، دگرگون می شوند. انتقال حرارت به سنگ‌های اطراف ممکن است بر اثر نفوذ توده‌ی مذاب (ماگما) به سنگ‌های درون‌گیر ایجاد شود یا سنگ‌های درون زمین تحت تأثیر درجه‌ی زمین گرمایی[2] قرار گیرند.

فشار: سنگ‌های درون زمین تحت فشار طبقات رویی قرار می‌گیرند سنگ‌های اعماق زمین کاملاً نرم و در هنگام تغییر شکل حالت خمیری دارند. اگر فشار و نیروهای وارده به اطراف سنگ‌ها متفاوت باشند، کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ «جهت‌یافتگی» پیدا می‌کنند.



۲ــ۱۲ــ در قسمت A بلورها هیچ‌گونه جهتی ندارند، اما در قسمت B بلورها بر اثر دگرگونی کشیده و جهت‌دار شده‌اند.

۱ ــ Metamorphic rocks

۲ــ افزایش دما به اندازه‌ی ۳۰ درجه‌ی سانتیگراد در هر کیلومتر است.

انواع دگرگونی

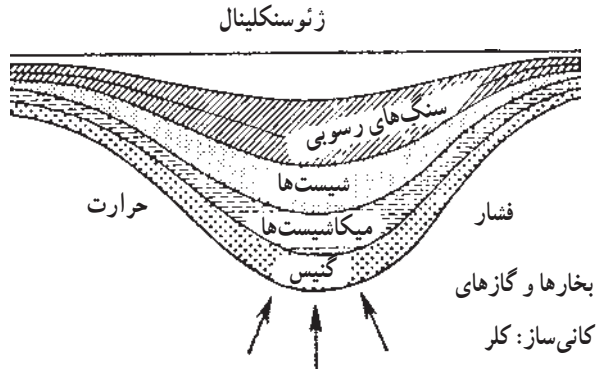
دگرگونی در وضعیت‌های مختلف صورت می‌گیرد.

دگرگونی مجاورتی[1]: این نوع دگرگونی براثر نفوذ ماگما در سنگ‌های تشکیل‌دهنده‌ی پوسته‌ی زمین پدید می‌آید. سنگ‌های درون‌گیر به ترتیب فاصله تحت تأثیر اعمال مختلف ماگما قرار می‌گیرند و دگرگون می‌شوند. مقدار تغییر به دمای ماگما و طول زمانی که با سنگ‌های اطراف در تماس است بستگی دارد. هنگام دگرگونی مجاورتی، منطقه‌ی تغییر شکل یافته‌ای به نام «هاله[2]ی دگرگونی» در اطراف توده‌ی ماگمایی تشکیل می شود.

۱ــ هورنفلس
۲ــ میکاشیست
۳ــ شیست
۴ــ سنگ‌های رسی

شکل ۳ــ۱۲ــ دگرگونی مجاورتی

دگرگونی ناحیه‌ای[3]: در صورتی که سنگ‌ها در وسعت زیاد، تحت تأثیر حرارت و فشار قرار گیرند و تغییرشکل یابند، دگرگونی ناحیه‌ای به‌وجود می‌آید. مناطق مهمّ دگرگونی در قاره‌ها از نوع دگرگونی ناحیه‌ای هستند.



شکل ۴ــ۱۲ــ دگرگونی ناحیه‌ای

بافت

درجه‌ی دگرگونی در بافت و ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌های دگرگونی نمایان می‌شود. نحوه‌ی رشد و استقرار کانی‌ها براثر فشار، بافت‌های متنوعی را در سنگ‌های دگرگونی ایجاد می‌کند.

اندازه‌ی دانه‌ها: فشار زیاد باعث تبلور دوباره‌ی دانه‌های کانی موجود در سنگ می‌شود. آب نیز در این فرایند موجب رشد کانی‌ها می‌گردد.

شکل دانه‌ها: بعضی از کانی‌ها مانند میکا، با ساختمان ورقه‌ای، هورنبلاند با بلورهای طویل و سوزنی و کوارتز و فلدسپات در سنگ، با جهت‌یافتگی مشخصی متبلور می‌شوند. نحوه‌ی جهت‌یافتگی کانی‌ها به‌صورتی است که به سنگ منظره‌ی لایه‌ای یا نواری می‌دهد اگر تنها با رشد کانی‌های ورقه‌ای، سنگ به شکل ورقه ورقه یا به‌صورت فلس باشد، به آن «شیستوزیته»[4] می‌گویند و سنگ دارای چنین نامی را «شیست»[5] می‌نامند.

انواع سنگ‌های دگرگونی

سنگ‌های دگرگونی را به دو گروه عمده طبقه‌بندی می‌کنند :

۱ــ انواعی که دارای جهت‌یافتگی هستند ؛ از این‌گروه «سنگ لوح»، «شیست‌ها» و «گنیس» را می‌توان نام برد.

سنگ لوح[6]: این دسته از سنگ‌ها از دگرگونی خفیف سنگ‌های رسی (شیل) به‌وجود می‌آید. در این سنگ نوعی تورّق ساده و خوب وجود دارد که باعث می‌شود سنگ به شکل صفحات

---

۱ ــ Contact metamorphism
۲ ــ Aureole
۳ ــ Regional metamorphism
۴ ــ Schistosity
۵ ــ Schist
۶ ــ Slate

تقریباً صاف و منظّم شکسته شود. رنگ سنگ لوح خاکستری یا سیاه است و برحسب وجود کانی‌های مختلف، به رنگ‌های متنوعی مانند قرمز و سبز درمی‌آید. «فیلیت»[1] نوعی سنگ لوح است که به علت فراوانی میکا، ظاهری برّاق پیدا می‌کند.

شکل ۵ــ۱۲ــ سنگ لوح

شکل ۶ــ۱۲ــ فیلیت

شیست‌های دگرگونی[2]: این سنگ‌ها دارای کانی‌های ورقه‌ای یا سوزنی و کانی‌های فرعی مانند «گرونا» هستند و از دگرگونی شیل‌ها به‌وجود می‌آیند، درجه‌ی دگرگونی این سنگ‌ها شدیدتر از سنگ لوح است.

شیست‌ها را براساس ترکیب کانی‌شناسی نام‌گذاری می‌کنند.

میکاشیست‌ها[3]: عمدتاً از مسکویت (میکای سفید) و میکای سیاه، ترکیب یافته‌اند و دارای مقدار کمی کوارتز و فلدسپات هستند.

شکل ۷ــ۱۲ــ مسکویت شیست

گارنت شیست[4]: کانی اصلی این سنگ‌ها گرونا است.

شکل ۸ــ۱۲ــ دانه‌های گرونا در سنگ نمایان است.

آمفیبولیت شیست[5]: سنگ‌های دگرگونی با بلورهای سوزنی هورنبلاند تشکیل شده است.

---

۱ ــ Phillite ۲ ــ Metamorphic Schists ۳ ــ Micaschists ۴ ــ Garnet Schist ۵ ــ Amphibolite Schist

گنیس[1]: بیشتر کانی‌های این سنگ به‌جای ورقه‌ای از نوع دانه‌ای است.

گنیس‌ها ترکیب گرانیتی دارند. کانی‌های اصلی گنیس همان انواعی است که در گرانیت یافت می‌شود و دارای جهت‌یافتگی هستند.

۲ــ سنگ‌های دگرگونی که فاقد جهت‌یافتگی هستند : مرمر، کوارتزیت و هورنفلس از انواع این سنگ‌ها به‌شمار می‌آیند.

شکل ۹ــ۱۲ــ گنیس

مرمر[2]: سنگ‌های آهکی هنگامی که تحت تأثیر حرارت و فشار قرار می‌گیرند سنگی به‌وجود می‌آید که به آن «مرمر» گویند.

شکل ۱۰ــ۱۲ــ مرمر آبی

«مرمر خالص» سفید است و فقط از کانی کلسیت تشکیل یافته است. سنگ‌های آهکی تشکیل‌دهنده‌ی مرمر ممکن است با داشتن ناخالصی‌ها رنگ‌های متنوع در مرمر ایجاد کند.

کوارتزیت : ماسه‌ی سنگی دگرگون شده است که فاصله‌ی تمام ذرات آن را خمیری متبلور شده از جنس کوارتز، پرکرده است.

شکل ۱۱ــ۱۲ــ کوارتزیت

هورنفلس[3]: از دگرگونی مجاورتی شیل‌ها و یا شیست‌ها حاصل می‌شوند. اصولاً به علت دمای بسیار در هاله‌ی دگرگونی، سنگ‌های سخت، دانه‌ریز، متراکم و غالباً سیاه رنگ ــ فاقد هر نوع جهت‌یافتگی ــ به‌وجود می‌آید.

شکل ۱۲ــ۱۲ــ هورنفلس گرونادار

۱ ــ Gneiss ۲ ــ Marble ۳ ــ Hornfels

خودآزمایی

۱ــ فرایند دگرگونی را تعریف کنید.

۲ــ عوامل مؤثّر در دگرگونی را نام ببرید.

۳ــ انواع بافت سنگ‌های دگرگونی را توضیح دهید.

۴ــ دگرگونی مجاورتی و دگرگونی ناحیه‌ای را از نظر موقعیت منبع حرارتی مقایسه کنید.

۵ــ سنگ گرانیت و گنیس را از نظر ترکیب کانی‌شناسی و تفاوت ظاهری مقایسه کنید.

۶ــ علت تنوع رنگ در مرمرها و سنگ لوح را توضیح دهید.

فرایندهای تغییردهنده‌ی سطح کره‌ی زمین
(فرسایش، هوازدگی، حمل و نقل مواد)

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ درباره‌ی فرایندهای تغییردهنده‌ی سطح کره‌ی زمین توضیح دهد.

۲ــ فرسایش را شرح دهد.

۳ــ هوازدگی و انواع آن، شامل هوازدگی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی را تشریح کند.

۴ــ پایداری سنگ‌ها و کانی‌ها در برابر هوازدگی را شرح دهد.

۵ــ حمل و نقل مواد هوازده و عوامل مؤثر در آن را بیان کند.

۶ــ تغییر شکل فرسایشی پوسته‌ی جامد زمین را شرح دهد.

۷ــ عمل فرسایشی آب‌های جاری را شرح دهد.

۸ــ عمل فرسایشی باد را بیان کند.

۹ــ عمل فرسایش دریاها و اقیانوس‌ها را شرح دهد.

۱۰ــ عمل فرسایش یخچال‌ها را شرح دهد.

فرایندهای تغییردهنده‌ی سطح کره‌ی زمین

مقدمه

کره‌ی زمین در طول چهار میلیارد سالی که از عمر آن می‌گذرد همواره دست‌خوش تحوّلات و تغییرات بسیاری در درون و بیرون خود گردیده و چهره‌ی آن به‌طور دایم تحت تأثیر عوامل گوناگون تغییر یافته است. انسان با توجه به عمر کوتاهی که در مقایسه با سن زمین دارد ممکن است تصور کند که وضعیت پستی و بلندی‌ها و عوارض سطح زمین همواره به همین شکل بوده، هیچ‌گونه تغییری در آن‌ها صورت نگرفته است. در حالی که امروزه می‌دانیم که چه‌بسا کوه‌های بلند و سربه‌فلک کشیده‌ای، تحت تأثیر هوازدگی و فرسایش درطول زمان به تپه‌های کم‌ارتفاع و زمین‌های مسطح تغییر شکل داده‌اند یا دره‌های عمیقی که در گذشته‌های دور وجود نداشته‌اند به مرور زمان درسطح زمین ظاهر شده‌اند یا این که دریاها و دریاچه‌هایی در دوران قدیم وجود داشته‌اند که امروزه هیچ اثری از آن‌ها باقی نمانده است. تمام این نکات بیانگر آن است که عوامل گوناگونی همواره موجب پیدایش تغییراتی در پوسته‌ی زمین می‌شوند ؛ پدیده‌هایی نظیر زلزله، آتش‌فشان و فشارهای داخلی زمین باعث برآمدگی سطح آن می‌شوند و فرایندهایی مانند هوازدگی و فرسایش به‌طور پیوسته در جهت مخالف پدیده‌های یادشده عمل می‌کنند و فعالیت آن‌ها باعث می‌گردد ارتفاعات و بخش‌های برآمده سطح زمین فرسوده شوند و بلندی‌های قاره‌ها تا حد تراز دریاها پایین بیایند. در کنار عوامل یادشده فرایندهایی نیز براثر عملکرد نیروهای خارجی، سنگ‌ها و مواد و قطعات تخریب شده را از محل اوّلیه به‌حرکت درآورده پس از جابه‌جا کردن و طی مسافتی معین به‌مکان دیگری انتقال می‌دهند. با توجه به آن چه گذشت اینک شرح سه پدیده‌ی فرسایش هوازدگی و حمل و نقل مواد درپی خواهد آمد.

فرسایش

به عواملی که موجب تغییراتی در پوسته‌ی زمین و فرسوده شدن آن می‌شوند «فرسایش» می‌گویند. آب و هوا در تغییر شکل زمین و متلاشی کردن سنگ‌ها تأثیر بسیار مهمی دارد. کوه‌ها و رودخانه‌ها، دره‌ها و سواحل دریاها، بستر رودخانه‌ها، هم‌چنین کف اقیانوس‌ها همواره تحت تأثیر فرسایش و عوامل آن قرار دارند. علاوه بر عوامل طبیعی فرسایش، انسان نیز با احداث جاده‌ها، ساختمان‌ها، سدها، استخراج معادن و نظایر آن باعث تخریب زمین و تغییر سطح پوسته‌ی آن می‌گردد. از لحاظ کلی در فرایند فرسایش زمین، دو مرحله‌ی جداگانه مطرح هستند که عبارت‌اند از «هوازدگی»[1] و «حمل و نقل مواد تخریب شده»[2].

در فرایند هوازدگی با پدیده‌هایی آشنا می‌شویم که براثر آن‌ها تخریب سطح زمین با سهولت و سرعت بیش‌تری انجام می‌شود و حمل و نقل مواد فرسایش یافته در واقع دربرگیرنده‌ی عواملی است که موجبات جابه‌جا شدن و آمادگی مواد را برای رسوب‌گذاری و ته‌نشینی[3] فراهم می‌آورد.

هوازدگی

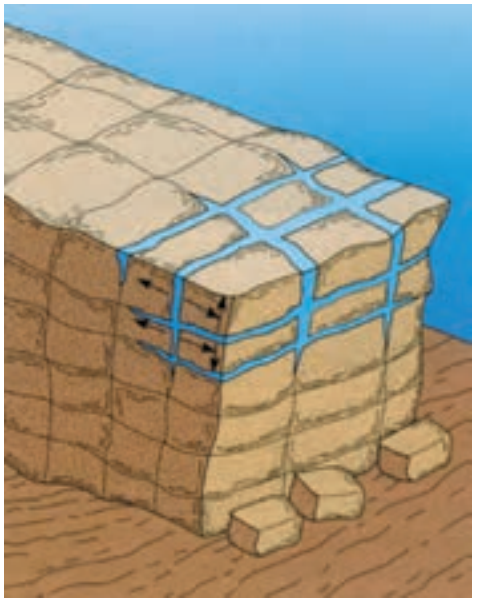
هوازدگی عبارت است از مجموعه‌ی فرایندهایی که سبب خرد شدن فیزیکی و تجزیه‌ی شیمیایی و بیولوژیکی سنگ‌ها و کانی‌ها در سطح یا نزدیک سطح زمین می‌شوند بی‌آن که مواد از محل خود جابه‌جا شوند. همان‌گونه که از نام هوازدگی برمی‌آید «هوا» و یا «آب و هوا» عامل اصلی تغییراتی است که عوامل فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی نیز برای تخریب و تجزیه‌ی سنگ‌ها به آن افزوده می‌شود. برای مثال، تغییراتی که در نمای ظاهری یک ساختمان درطول زمان رخ می‌دهد و آن را با یک ساختمان جدید که با همان مصالح ساخته شده متمایز می‌سازد حاصل پدیده‌ی هوازدگی است. برحسب این که هوازدگی تحت تأثیر کدام دسته از عوامل صورت بگیرد هوازدگی را به سه نوع تقسیم می‌کنند. «هوازدگی فیزیکی»، «هوازدگی شیمیایی» و «هوازدگی بیولوژیکی[4]».

---

۱ ــ Weathering
۲ ــ Transportation
۳ ــ Sedimentation
۴ ــ Physical, Chemical and Biological Weathering

هوازدگی فیزیکی: در هوازدگی، توده‌های بزرگ سنگ‌ها و صخره‌ها به‌طور مکانیکی خرد می‌شوند و به قطعات بزرگ و کوچک تا ذرات ریز تبدیل می‌شوند که هریک از آن‌ها دارای ویژگی‌های مواد اصلی خود بوده تغییری در ترکیب شیمیایی و نظام مولکولی آن‌ها صورت نمی‌گیرد. برای ایجاد این نوع هوازدگی نیروهای فیزیکی مختلفی مؤثر واقع می‌شوند که از آن جمله‌اند : یخ بستن آب در شکاف سنگ‌ها، تغییرات درجه‌ی حرارت محیط و رشد بلورهای کانی.

ـــ یخ بستن آب در شکاف صخره‌ها و سنگ‌ها: براساس آزمایش‌های علمی ثابت شده که هرگاه آب یخ بزند تقریباً ۹ درصد بر حجم آن افزوده می‌شود. هنگامی که آب جمع شده در لابه‌لای شکاف‌ها و حفره‌های صخره‌ها و کوه‌ها یخ بزند بر اثر افزایش حجم به دیواره‌ی خود فشار می‌آورد و باعث شکستن سنگ‌های اطراف خود و خرد کردن آن‌ها می‌شود. هرچه تعداد دفعات یخ بستن و ذوب شدن آن در شکاف کوه‌ها و صخره‌ها بیش‌تر باشد میزان خرد شدن و قطعه قطعه شدن سنگ‌ها بیش‌تر می‌شود. فشار وارد بر دیواره‌ی سنگ‌ها گاهی تا هزاران کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع تخمین زده شده است[1]. چنین فشاری ممکن است سخت‌ترین و مقاوم‌ترین سنگ‌ها را درهم بشکند.



شکل ۱ـ۱۳ـ تخریب صخره‌ها در اثر انجماد آب در حفره‌ها و شکاف سنگ‌ها

ـــ تغییرات متناوب درجه‌ی حرارت سنگ‌ها: همان‌گونه که می‌دانید تغییرات دما در اجسام باعث انبساط و انقباض آن‌ها می‌شود. صخره‌ها و کوه‌ها نیز درنتیجه‌ی تغییرات شبانه‌روزی یا سالیانه‌ی درجه‌ی حرارت، چنین واکنشی نشان می‌دهند که تکرار آن باعث تولید درزهای کوچک در سنگ‌ها می‌شود که به تدریج عمق و اندازه‌ی آن‌ها بیش‌تر می‌گردد و سرانجام، باعث خرد شدن سنگ‌ها و تبدیل آن‌ها به قطعات کوچک‌تر می‌شود.

ـــ رشد بلوری کانی‌ها: بر اثر نفوذ آب‌های حاوی نمک‌ها و املاح مختلف مانند کلرورها، کربنات‌ها و سولفات‌ها به داخل شکاف‌ها، منافذ سنگ‌ها و تبخیر تدریجی آب، عمل تبلور املاح صورت می‌گیرد که با انجام آن فشار رشد بلوری به دیواره‌ی سنگ‌ها وارد می‌شود و تکرار این عمل پس از مدتی باعث خرد شدن سنگ‌ها می‌گردد. این پدیده در مناطق کویری به چشم می‌خورد.

ـــ پوسته پوسته شدن : هرگاه در اثر فرسایشِ طبقات، سنگ‌های فوقانی و سنگ‌های زیرین در سطح زمین ظاهر شوند، حذف فشار طبقات فوقانی باعث انبساط تدریجی قسمت بیرون زده می‌شود و در نتیجه درزهایی بر روی آن‌ها پیدا می‌گردد که به پوسته پوسته شدن قسمت‌های سطحی توده‌ی سنگ می‌انجامد و به‌عبارتی، لایه‌های نازک متوالی در طول زمان از توده‌ی اصلی جدا می‌شود.

شکل ۲ـ۱۳ـ پوسته پوسته شدن سنگ‌ها در نتیجه‌ی هوازدگی فیزیکی

۱ـ برای مثال فشار حاصل از انجماد آب در دمای حدود $-22^{\circ}C$ برابر $2100 kg/cm^2$ است.

علاوه بر عوامل یادشده تخریب مکانیکی سنگ‌ها به‌وسیله‌ی باد، ریشه‌ی درختان و یخچال‌های طبیعی نیز صورت می‌گیرد که از شرح آن‌ها در این‌جا صرف نظر می‌شود.

هوازدگی شیمیایی: در این نوع هوازدگی، کانی‌های سنگ از نظر شیمیایی تغییر می‌کنند هوازدگی شیمیایی بیش‌تر در مناطقی رخ می‌دهد که دارای آب و حرارت کافی باشند. افزون بر آن، وجود انیدریدکربنیک، اکسیژن و دیگر گازهای موجود در هواکره بر هوازدگی شیمیایی تأثیرگذار هستند. در میان کانی‌های معمولی موجود در سنگ‌ها تنها کانی کوارتز است که تحت تأثیر هوازدگی شیمیایی قرار نمی‌گیرد. هوازدگی شیمیایی انواع مختلفی دارد که شرح آن‌ها در پی خواهد آمد :

***انحلال*[1]:** برخی از کانی‌ها به راحتی در آب حل می‌شوند قابلیت انحلال کانی‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است ؛ برای مثال، میزان حل شدن نمک طعام درآب ده‌ها برابر کانی‌های کربناته مانند سنگ آهک است. آب خالص به تنهایی در انحلال چندان مؤثر نیست، اما هنگامی که گازهایی مانند دی‌اکسیدکربن، دی‌اکسید گوگرد و گازهای ناشی از مناطق صنعتی، در آب باران حل می‌شود اسیدهایی را تشکیل می‌دهند که خورندگی بیش‌تری دارند و مواد و کانی‌های بیش‌تری را در خود به صورت شیمیایی حل می‌کنند.

شکل ۳ــ۱۳ــ انحلال صخره‌ها به‌وسیله‌ی باران

***هیدراته شدن*[2]:** تغییر شیمیایی در بعضی از کانی‌ها با جذب آب ایجاد می‌شود که به این عمل «هیدراته شدن» می‌گویند ؛ برای مثال، سولفات کلسیم بدون آب (انهیدریت) بر اثر جذب دو مولکول آب به سولفات کلسیم آب‌دار (ژیپس) تبدیل می‌شود :

$$CaSO_4 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \ , \ 2H_2O$$

انهیدریت ژیپس

***دهیدراتاسیون*[3]:** دهیدراتاسیون عکس عمل هیدراته شدن است ؛ به این ترتیب که تغییر شیمیایی با خروج مولکول‌های آب از کانی‌های خاصی صورت می‌گیرد :

$$CaSO_4 \ , 2H_2O \rightarrow CaSO_4 + 2H_2O$$

ژیپس انهیدریت

***هیدرولیز*[4]:** عمل هیدرولیز عبارت از واکنش شیمیایی بین یک کانی و آب است، به دیگر سخن، واکنش شیمیایی بین یون‌های کانی و یون‌های H^+ و OH^- است که در سیلیکات‌ها اهمیت بسیاری دارد ؛ برای نمونه، در فرمول شیمیایی فلدسپات‌های پتاسیم‌دار یون هیدروژن، یون پتاسیم را از شبکه‌ی بلوری خارج می‌کند و جایگزین آن می‌شود. بر اثر این واکنش فلدسپات پتاسیم‌دار به‌نوعی خاک رس خالص به نام «کائولن» یا خاک چینی تبدیل می‌شود.[5] البته نقش آب را در این فعل و انفعال نباید از نظر دور داشت.

اکسیداسیون: در این پدیده‌ی شیمیایی اکسیژن هوا با انجام واکنش شیمیایی روی کانی‌ها و سنگ‌ها ترکیب آن‌ها را تغییر می‌دهند. واکنش‌های اکسیداسیون در مجاورت آب و با همراهی گرما بهتر صورت می‌گیرد ؛ بنابراین، در مناطق حارّه و گرم و مرطوب بیش‌تر دیده می شود در معادن سنگ آهن، هوازدگی شیمیایی اکسیداسیون تا اعماق نسبتاً زیادی صورت می‌گیرد و قشری از اکسیداسیون به‌صورت نوعی پوشش روی تمام ماده‌ی معدنی را می‌پوشاند که به اصطلاح به این پوشش «کلاهک آهنی»[6] می‌گویند.

---

۱ ــ Solution ۲ ــ Hydratation ۳ ــ Dehydratation ۴ ــ Hydrolysis

فلدسپات پتاسیم‌دار — یون پتاسیم

۵ــ $KAlSi_3O_8 + 2H^+ + 2H_2O \rightarrow 2K^+ + Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 4SiO_2$

آب — یون هیدروژن — کائولن — سیلیس

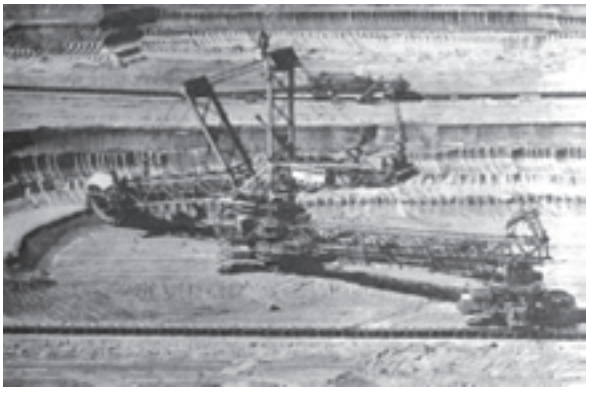
۶ ــ Iron hat

تبدیل کانی پیریت (سولفورطبیعی آهن) به هماتیت (اکسیدآهن Fe_2O_3) تحت تأثیر پدیده اکسیداسیون است.[1]

کربناته شدن[2]: کربناته شدن از مراحل مهم هوازدگی شیمیایی است که به موجب آن انیدریدکربنیک موجود در هوا و آب باران با یک‌دیگر ترکیب شده تشکیل اسیدکربنیک[3] می‌دهند سنگ‌های آهکی در نتیجه‌ی تماس با اسیدکربنیک با آن، فعل و انفعال شیمیایی انجام می‌دهد[4] و سبب حل کردن کامل آن می‌شود. حفره‌های موجود در سنگ‌های آهکی و غارهای آهکی زیرزمینی به این ترتیب شکل می‌گیرند.

شکل ۴ــ۱۳ــ حفره‌های انحلالی در سنگ آهک

هوازدگی بیولوژیکی (زیستی): موجودات زنده نیز در فرایند هوازدگی و ایجاد تغییرات در سطح کره‌ی زمین مؤثرند و به‌دو طریق فیزیکی و شیمیایی در تخریب سنگ‌ها و پوسته‌ی زمین وارد عمل می‌شوند :



شکل ۵ــ۱۳ــ نقش انسان در ایجاد تغییرات در پوسته‌ی زمین

روش فیزیکی: انسان با انجام فعالیت‌هایی مانند راه‌سازی، سدسازی، احداث ساختمان‌ها، مسطح کردن اراضی و تخریب جنگل‌ها، خاک‌برداری و خاک‌ریزی، استخراج معادن روباز و زیرزمینی، به‌گونه‌ی فیزیکی و مکانیکی تغییرات فراوانی در پوسته ایجاد می‌کند. جانوران نیز با حفر سوراخ‌ها و دهلیزهای زیرزمینی و زیرورو کردن خاک‌ها در تخریب سنگ‌ها و خاک‌ها مؤثر واقع می‌شوند. از سوی دیگر گیاهان نیز با فشار ناشی از رشد و نمو ریشه‌های خود که نیروی زیادی به سنگ‌های اطراف وارد می‌کنند، باعث تخریب فیزیکی سنگ‌ها و کانی‌ها می‌شوند.

روش شیمیایی: گیاهان و جانوران در هوازدگی شیمیایی به این ترتیب تأثیر می‌گذارند که گیاهان در حال فساد اسیدهایی تولید می‌کنند که می‌توانند سنگ‌ها را تخریب کنند. هرچه گیاهان بیش‌تری در منطقه وجود داشته باشند هوازدگی شیمیایی تا عمق بیش‌تری عمل می‌کند. باکتری‌ها نیز که از طریق اکسیداسیون و فاسدکردن بقایای گیاهان و جانوران که اسیدهای خورنده‌ای برای تخریب سنگ‌ها و کانی‌ها تولید می‌کنند در هوازدگی شیمیایی نقش مهمی برعهده دارند. بعضی از باکتری‌ها انرژی لازم را برای ادامه‌ی حیات خود، از اکسیداسیون گوگرد، آهن، منگنز و غیره به‌دست می‌آورند. اکسیداسیون گوگرد به‌وسیله‌ی باکتری‌ها موجب تشکیل اسیدسولفوریک می‌شود. این اسید می‌تواند در هوازدگی بیش‌تر کانی‌ها مؤثر واقع شود.

مطالعه‌ی پایداری سنگ‌ها و کانی‌ها در برابر هوازدگی

سنگ‌ها و کانی‌های مختلف در برابر هوازدگی مقاومت‌های مختلفی از خود نشان می‌دهند. اغلب سنگ‌های آذرین در برابر هوازدگی تخریب می‌شوند ؛ برای مثال، اگر گرانیت‌ها در معرض هوازدگی شیمیایی قرار گیرند فلدسپات آن‌ها به کائولن و میکای سیاه آن‌ها به کانی‌های رستی تغییر حالت می‌دهند، اما کوارتز موجود در آن‌ها تغییری نمی‌یابد. سنگ بازالت که دارای کانی‌های فرومنیزین و فلدسپات‌های کلسیم و سدیم‌دار است در نتیجه‌ی هوازدگی شیمیایی به کانی‌های رستی همراه با اکسیدهای آهن،

۱ــ براساس رابطه‌ی : $2FeS_2 + 4H_2O + \frac{15}{2}O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + 4H_2SO_4$

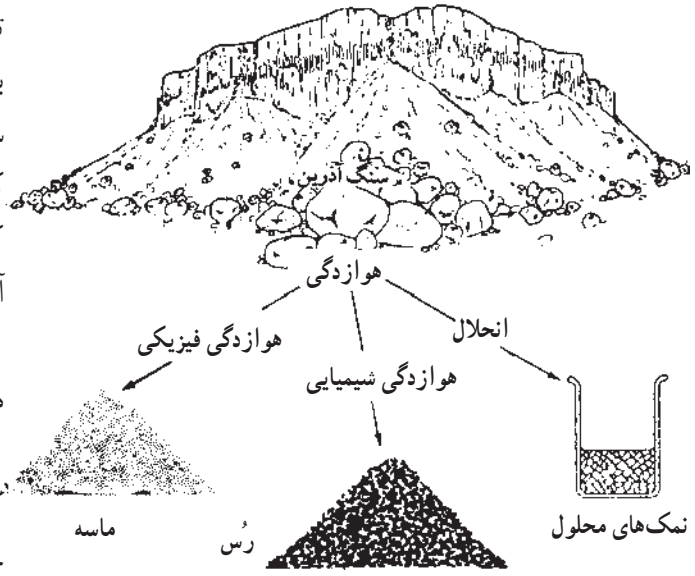
۲ ــ Carbonation

۳ــ H_2CO_3

۴ــ طبق رابطه‌ی : بی‌کربنات کلسیم $CaCO_3 + H_2CO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)$

تبدیل می‌شود. مقاومت ماسه سنگ‌ها در برابر هوازدگی نیز به جنس ماده‌ی سیمانی که ذرات ماسه را به‌هم چسبانده است. بستگی دارد. هرگاه سیمان از نوع سیلیس باشد ماسه‌سنگ مقاومت بیش‌تری نشان خواهد داد، اما سیمان آهکی به سادگی با آب‌های اسیدی حل می‌شود و دانه‌های ماسه آزاد و جدا می‌گردند. ماسه‌سنگ‌های دارای سیمان، اکسیدآهن و رس نیز مقاومت چندانی در برابر هوازدگی ندارند وبه راحتی تخریب می‌شوند.

کانی‌های فلدسپات، میکا، هورنبلاند و کلسیت در نتیجه‌ی هوازدگی شیمیایی به ذرات ریزی درحد رس تبدیل می‌شوند.



شکل۶ــ۱۳ــ نتایج حاصل از هوازدگی فیزیکی و شیمیایی سنگ‌های آذرین

حمل و نقل مواد هوازده[1]

هنگامی که هوازدگی سنگ‌ها و کانی‌ها رخ می‌دهد اگر سطح زمین شیب اندکی داشته باشد یا پوشش گیاهی زیاد باشد مواد فرسایش یافته در محل خود باقی می‌ماند. در این صورت، این مواد به تدریج به شن، ماسه و خاک تبدیل می‌شوند یا آن که برحسب کانی‌های با ارزش ذخیره‌ای از یک ماده‌ی معدنی تشکیل می‌گردد. حالت دیگر این است که مواد هوازده بر اثر نیروهایی خارجی، مانند آب‌های جاری، باد و نیروی جاذبه‌ی زمین حرکت کرده در محل دیگری تجمع پیدا کند که در این حالت نیز گاه ذخایر مواد معدنی جدیدی تشکیل می‌شود.

عوامل مؤثر در حمل و نقل مواد هوازده: جابه‌جایی سنگ‌ها و کانی‌های هوازده از محلی به محل دیگر درپی عوامل طبیعی گوناگونی انجام می‌شود که آب‌های جاری، باد، نیروی جاذبه‌ی زمین و یخچال‌های طبیعی از عوامل اصلی آن به شمار می‌آیند.

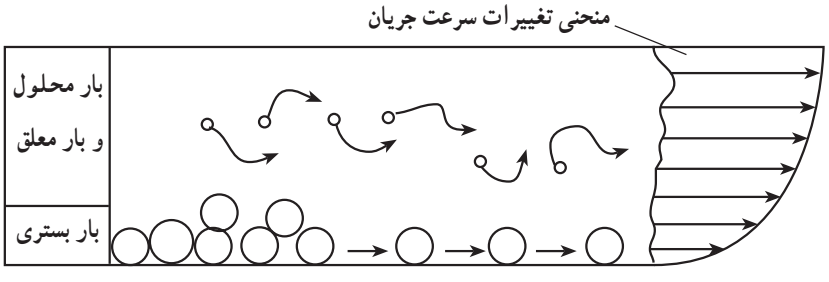
آب‌های جاری: آب‌های جاری مهم‌ترین عامل تغییردهنده‌ی خشکی‌های سطح زمین هستند. در ابتدای بارش برف و باران و آغاز جریان یافتن آب، ذرات ریزی مانند رس، سیلت[2] و خاک‌های نرم به‌وسیله‌ی آن حمل می‌شوند. به‌تدریج که آب‌های جاری به‌هم می‌پیوندند و به‌صورت جویبار، نهر و کانال‌های طبیعی و رودخانه‌ها درمی‌آیند قدرت حمل مواد در آن‌ها بیش‌تر می‌شود.

موادی که با رودخانه حمل می‌شوند، شامل سه قسمت هستند :

۱ــ باربستری: عبارت است از سنگ‌ها و موادی که در کف رودخانه قرار دارند و روی هم در حال غلتیدن، لغزیدن یا جهیدن هستند.

۲ــ بار معلق: شامل ذرات ریز و شناوری است که با آب در جریان است.

۳ــ بار محلول: موادی هستند که در آب رودخانه انحلال یافته‌اند.



شکل ۷ــ۱۳ــ مقطع طولی رودخانه و وضعیت بارهای محلول معلق و بستری در آن

۱ ــ Transportation

۲ ــ Silt

هنگامی که بر اثر سیلاب، گذر و شدت آب رودخانه‌ها افزایش می‌یابد بر قدرت حمل مواد هوازده نیز به میزان چشم‌گیری اضافه می‌شود و در چنین حالتی در رودخانه قطعات بزرگ‌تر و مواد بیش‌تر جابه‌جا می‌گردد. رودخانه‌های جهان هر ساله میلیاردها تن سنگ و خاک و مواد محلول را جابه‌جا می‌کنند و بخش اعظم آن‌ها را به دریاها و اقیانوس‌ها می‌ریزند. این مواد نیز سرانجام تحت فرایندهایی دوباره به سنگ تبدیل می‌شوند.

باد: گسترده‌ترین عامل تغییردهنده‌ی سطح زمین «باد» است، زیرا در تمام کره‌ی زمین باد می‌وزد. باد مواد موجود در سطح زمین را با توجه به سرعت و قدرت خود از محلی به محل دیگر منتقل می‌کند و در آن‌جا انباشته می‌سازد. چگونگی حمل مواد از طریق باد تا حدودی به آب جاری شباهت دارد. در این‌جا نیز ذرات به بار معلق و بار بستری تقسیم می‌شوند که بار معلق حاوی ذرات سبک وزن و بار سنگین شامل ذرات و دانه‌های درشت‌تری است که در سطح زمین جابه‌جا می‌شوند و اغلب در حد ماسه هستند. ذرات معلق می‌توانند به مدت زیاد و تا مسافت‌های طولانی حمل شوند.

نیروی جاذبه‌ی زمین: این نیرو را می‌توان یک نیروی ذاتی زمین دانست که حرکت آب، حرکت و لغزش سنگ‌ها و خاک‌ها از نقاط بلند به سطوح پایین‌تر به‌وسیله‌ی آن صورت می‌گیرد ؛ بنابراین، نقش آن کاستن از ارتفاعات و پرکردن نقاط گود و عمیق است. در دامنه‌ی کوه‌ها نیروی جاذبه‌ی زمین کاملاً در فرسایش، تأثیرگذار است. سقوط سنگ‌های بزرگ و کوچک از بالای کوه‌ها و دامنه‌های پرشیب به پایین تقریباً در هر دامنه‌ای رخ می‌دهد و آثار آن را در همه‌جا می‌توان مشاهده کرد.

گاهی ممکن است سنگ‌های فرسایش‌یافته‌ای که در مدت زمان طولانی در دامنه‌ی کوه جمع شده‌اند براثر فشار زیاد به‌طور ناگهانی به‌طرف پایین ریزش کنند. این پدیده گاه منجر به مسدود شدن جاده در نقاط کوهستانی می‌شود. ریزش کوه در یکی از شهرهای سوئیس در سال ۱۸۸۱ منجر به آن شد که در حدود ۱۰ تا ۱۱ میلیون متر مکعب سنگ به یک‌باره ریزش کند و خساراتی را به‌بار آورد.

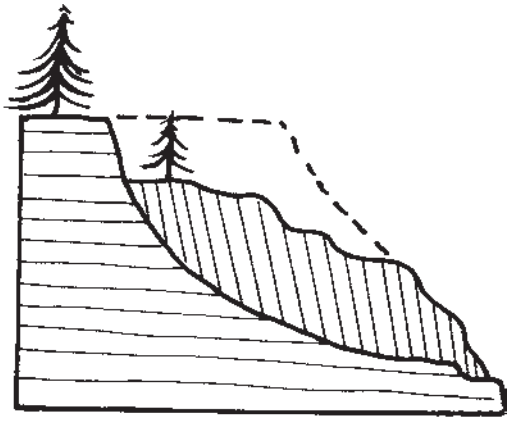
شکل ۸ــ۱۳ــ ریزش قطعات سنگ بر اثر نیروی جاذبه‌ی زمین

پدیده‌ی دیگری که بر اثر نیروی جاذبه‌ی زمین رخ می‌دهد «لغزش»[۱] نام دارد. در چنین حالتی توده‌ای از سنگ و خاک یا قطعه‌ی بزرگی از زمین در امتداد یک سطح لغزنده، مانند یک لایه‌ی رسی خیس، به سمت پایین شیب حرکت می‌کند که گاه به‌وقوع حوادث زیان‌باری منجر می‌شود. این پدیده « زمین[۲] لغزه» نام دارد.

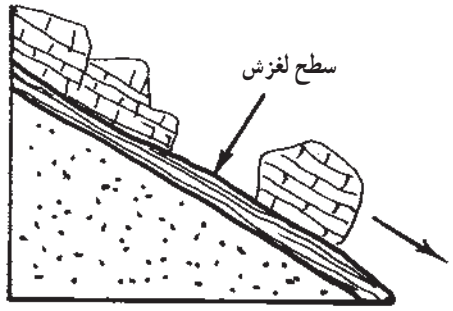
نیروی جاذبه‌ی زمین به‌گونه‌های دیگری در فرسایش سطح آن مؤثر واقع می‌شود. از جمله آن که یخچال‌های طبیعی تحت تأثیر وزن خود و شیب زمین از نقاط مرتفع به‌طرف نقاط پایین‌تر به حرکت درمی‌آیند. درحین این حرکت درسرازیری‌ها، یخچال با نیروی عظیم خود سنگ‌های بستر یخچال و گذرگاه آن را از جا کنده با خود حمل می‌کند. این سنگ‌ها را «مورن»[۳] می‌گویند. قدرت حمل یخچال‌ها در مقایسه با آب‌های جاری بسیار بیش‌تر است و می‌تواند قطعات بزرگ‌تری از سنگ‌ها را حمل کند، اما در این جابه‌جایی قطعات ریز و درشت باهم و به‌طور همزمان صورت می‌گیرد.

---

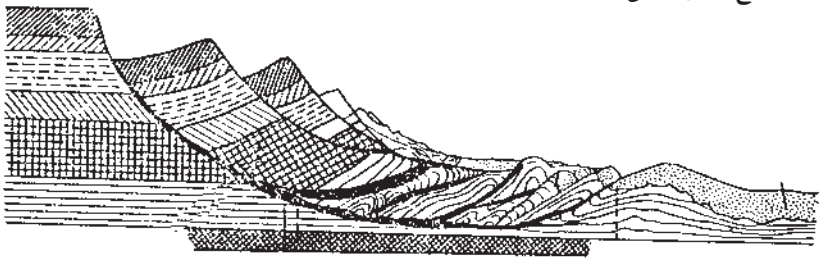
۱ ــ Sliding ۲ــ Land Sliding ۳ ــ Moraine



الف) زمین‌لغزه‌ای که در آن سطح لغزش منحنی است.



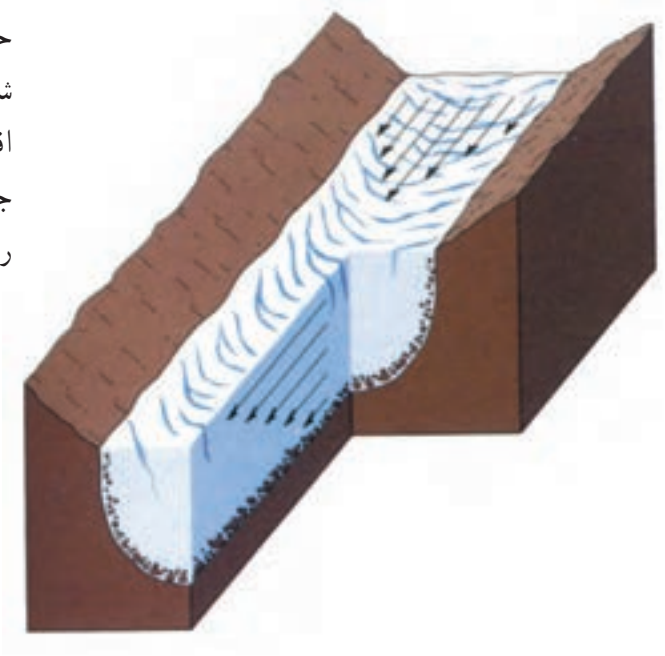
ب) وجود لایه‌ی رسی که سبب لغزش سنگ‌ها و قطعات بالایی می‌شود.



ج) تصویری از یک لغزش مرکب[1]

شکل ۹ــ۱۳ــ پدیده‌ی زمین‌لغزه

«جریان‌های گل»[2] نیز از دیگر آثار نیروی جاذبه زمین در حمل مواد به‌شمار می‌رود. این جریان‌ها عموماً پس از بارندگی‌های شدید در دره‌ها شروع به حرکت نموده هر لحظه بر غلظت آن‌ها افزوده می‌شود تا آن که در نواحی مسطح متوقف می‌شوند. جریان‌های گل همراه خود مقدار زیادی از ذرات و خرده سنگ‌ها را نیز حمل می‌کنند.



شکل ۱۰ــ۱۳ــ جابه‌جایی یخچال‌ها بر اثر نیروی ثقل

شکل ۱۱ــ۱۳ ــ شکل جریان گل

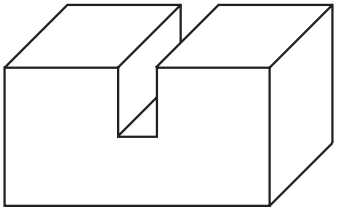
---

۱ ــ Composit Land slide ۲ ــ Mudflow

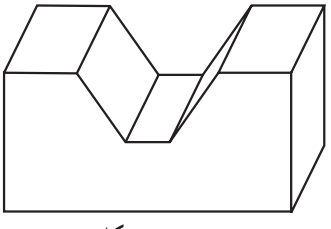
تغییرشکل فرسایشی پوسته‌ی جامد زمین

تاکنون دیدیم که پوسته‌ی جامد زمین بر اثر عوامل گوناگونی که به آن‌ها اشاره شد همواره در حال تغییر و تحول است. براساس بررسی‌های زمین‌شناسی این موضوع، نه تنها در طی دوران گذشته بلکه در عصر حاضر نیز مصداق دارد. در این قسمت به نقش فرسایشی آب‌های جاری، باد و عمل دریاها و اقیانوس‌ها می‌پردازیم :

عمل فرسایشی آب‌های جاری: آب‌های جاری حجم بسیاری از سنگ‌ها و خاک‌های بستر خود را جابه‌جا می‌کنند. این عمل که به سرعت، مقدار آب و جنس زمین‌های مسیر بستگی دارد، در طی سالیان بسیار طولانی سبب می‌شود که درّه‌های عمیقی در کوه‌ها و دشت‌ها ایجاد شود. آب‌های جاری به هر شکلی که در سطح زمین جریان پیدا کنند، ابتدا سطح بستر خود را تخریب می‌کنند ؛ چنان‌چه عمل حفر و کنده شدن بستر رودخانه بدون دخالت سایر عوامل تخریبی صورت بگیرد تنها کف رودخانه پایین می‌آید و درّه‌هایی به شکل U تشکیل می‌دهد. با دخالت سایر فعالیت‌های فرسایشی مانند هوازدگی، ریزش و سقوط دیواره‌های اطراف، رودخانه از شکل U خارج شده و به‌شکل V تبدیل می‌شود.



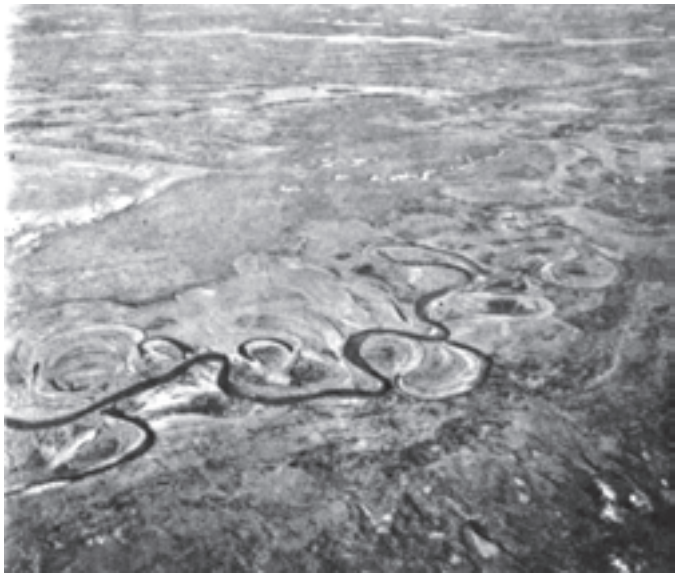
درّه‌ی U شکل



درّه‌ی V شکل

شکل ۱۲ــ۱۳

مئاندر[1] ***(رود پیچ)*** : در زبان یونانی «مئاندر» به معنی خمیدگی است. ضمن آن که مئاندر نام رودی در یونان نیز هست که از خمیدگی‌های زیادی تشکیل شده است. بدین ترتیب، این اصطلاح از آن‌جا پیدا شده که رودخانه‌ها همواره در مسیر خود و هم‌زمان با عمل پهن‌تر کردن بستر خود اشکال مارپیچی به‌خود می‌گیرند و هلالی‌های خمیده و تقریباً منظمی را به‌وجود می‌آورند.

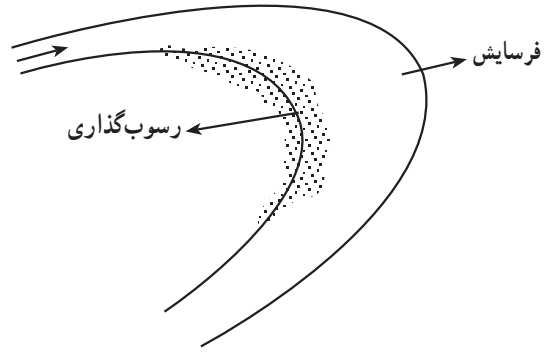


شکل ۱۳ــ۱۳ــ مئاندر تشکیل شده در رودخانه‌ی «سن جون» در ایالت یوتا در امریکا

۱ ــ Meandire

آن‌چه در مسیر خمیدگی‌های جریان آب صورت می‌گیرد بسیار مهم است، زیرا سرعت آب در محل انحنا برای دو دیواره‌ی اطراف رودخانه یکسان نیست و در سمت محدّب پیچ رودخانه سرعت عبور آب از سمت مقعر آن کم‌تر است و در آن عمل رسوب‌گذاری صورت می‌گیرد.

کانسارهای فلزات سنگین مانند طلا و پلاتین، نیز بعضی از کانسارهای الماس به این نحو تشکیل می‌شوند.

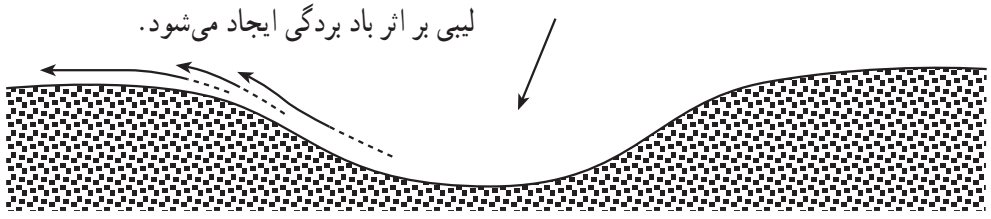


شکل ۱۴ــ۱۳

با توجه به سرعت متفاوت آب و فرسایش نابرابر دیواره‌ی رودخانه در محل‌های محدّب و تقعّر رودخانه، انحنای پیچ پیوسته در حال افزایش است و گاهی این خمیدگی‌ها چنان به‌هم نزدیک می‌شوند که سرانجام، جریان آب در دوسوی آن، باعث پیدایش مسیر و بستر جدیدی می‌شود. در چنین حالتی که ارتباط یک هلال با جریان آب قطع می‌شود دریاچه‌ی هلالی شکلی پدید می‌آید و به آن «دریاچه‌ی شاخ گاوی[1]» نیز گفته می‌شود.

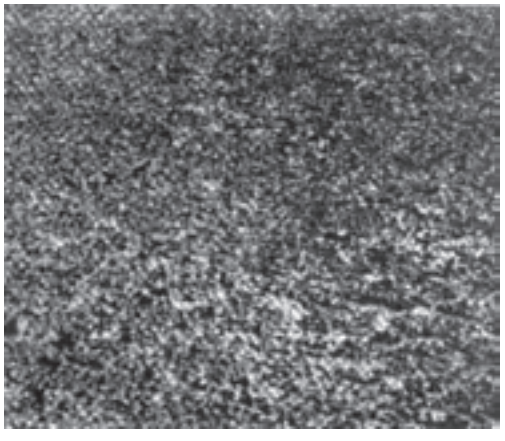
عمل فرسایشی باد: هرچند باد ازنظر فرسایش در مقایسه با آب از اهمیت کم‌تری برخوردار است، نقش مهمی در فرسایش صحراها و مناطق بدون پوشش گیاهی ایفا می‌کند وسعت عمل باد نیز از سایر عوامل بیش‌تر است، زیرا در اغلب نقاط زمین در ایام مختلف سال درحال وزیدن است. عمل فرسایشی باد روی پوسته‌ی زمین به دو گونه صورت می‌گیرد.

۱ــ *باد بردگی*[2]: عمل از جاکندن وحرکت دادن ذرات و دانه‌های ریز از زمین را «بادبردگی» می‌گویند. در نتیجه‌ی بادبردگی، گاهی قسمت‌هایی از زمین‌های یک منطقه و گاه تا عمق بیش از ۱۰۰ متر گود می‌شود، مانند گودال‌هایی که در صحرای لیبی بر اثر باد بردگی ایجاد می‌شود.



شکل ۱۵ــ۱۳ــ ایجاد گودال به‌وسیله‌ی عمل باد در صحرا

در بعضی مناطق نیز که سطح زمین از سنگ ها و ذرات ریز و درشت پوشیده شده باشد باد با عمل فرسایشی خود می‌تواند تنها ذرات ریز و سبک را جابه‌جا کند، اما سنگ‌ها و قطعات بزرگ‌تر درجای خود باقی می‌مانند و اطراف آن‌ها خالی می‌شود. منظره‌ای که از حاصل این فعالیت فرسایشی باد ایجاد می‌شود به سنگ‌فرش شباهت دارد از این‌رو، آن را «سنگ‌فرش بیابان[3]» می‌نامند.



شکل ۱۶ــ۱۳ــ پدیده سنگ‌فرش بیابان

۱ ــ Oxbow lake ۲ ــ Deflation به آن دفلاسیون هم می‌گویند ۳ ــ Desert Pavement

ساییدگی[1]: ذراتی که با باد حمل می‌شوند بر اثر برخورد با یک‌دیگر یا برخورد با هرگونه مانعی در مسیر خود موجبات ساییدگی را فراهم می‌کنند. ذرات یا دانه‌های ماسه‌ای که باد آن‌ها را جابه‌جا می‌کند به دلیل سختی زیاد، کوه‌ها، صخره‌ها و ساختمان‌ها را سایش می‌دهند. سنگ‌ها و قلوه‌سنگ‌هایی که در سطح زمین پراکنده هستند نیز ممکن است بر اثر چنین فرسایشی سطحی صاف پیدا کنند. گاه اتفاق می‌افتد که یک قطعه سنگ ناصاف اوّلیه به سنگی تبدیل شود که دارای چند سطح صاف و صیقلی باشد. این امر در نتیجه‌ی چرخیدن سنگ در مکان اولیه‌ی خودیا تغییر جهت باد است. سنگ‌هایی که با باد ــ به علت خاصیت ساییدگی ذرات ماسه ــ به‌صورت صیقلی، نقطه‌نقطه یا شیاردار درمی‌آیند سنگ‌های «بادساب» نامیده می‌شوند.

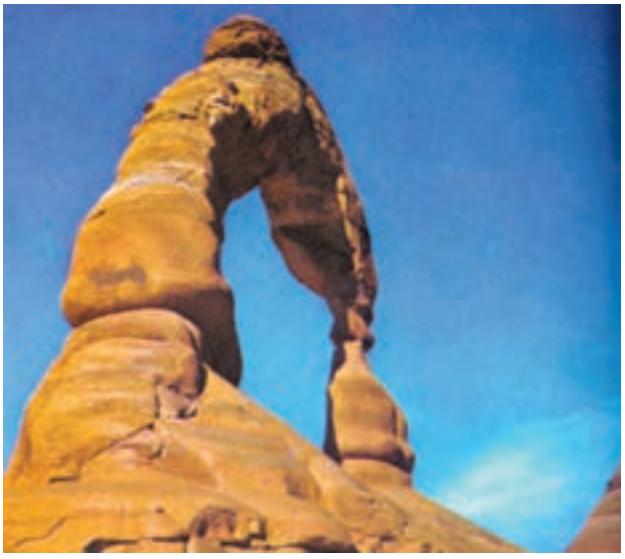
گاهی فرسایش بادی در مناطق صحرایی سبب تشکیل

شکل ۱۷ــ۱۳ــ سنگ بادساب

شیارهایی در امتداد وزش بادهای اصلی منطقه می‌شود که در رسوبات نرم فرورفتگی‌های عمیق و طویلی را به‌وجود می‌آورد این شیارها را «بادکند» می‌نامند. به دیواره یا تیغه‌های بین شیارها نیز یاردانگ[3] گفته می‌شود. در شرق استان کرمان و قسمت‌هایی از دشت لوت باد در رسوبات نرم رسی و گچی شیارهایی به عمق ۸۰ سانتی‌متر ایجاد کرده است.

عمل فرسایش دریاها و اقیانوس‌ها: آب دریاها و اقیانوس‌ها به سبب حرکات تند و خفیف امواج در فرسایش سواحل

شکل ۱۸ــ۱۳ــ منظره‌ی حاصل از بادبردگی باقی ماندن قطعات بزرگ



شکل ۱۹ــ۱۳ــ شکل یک طاق طبیعی که بر اثر باد تراشیده شده و به حال تعادل روی پاهای خود ایستاده است.

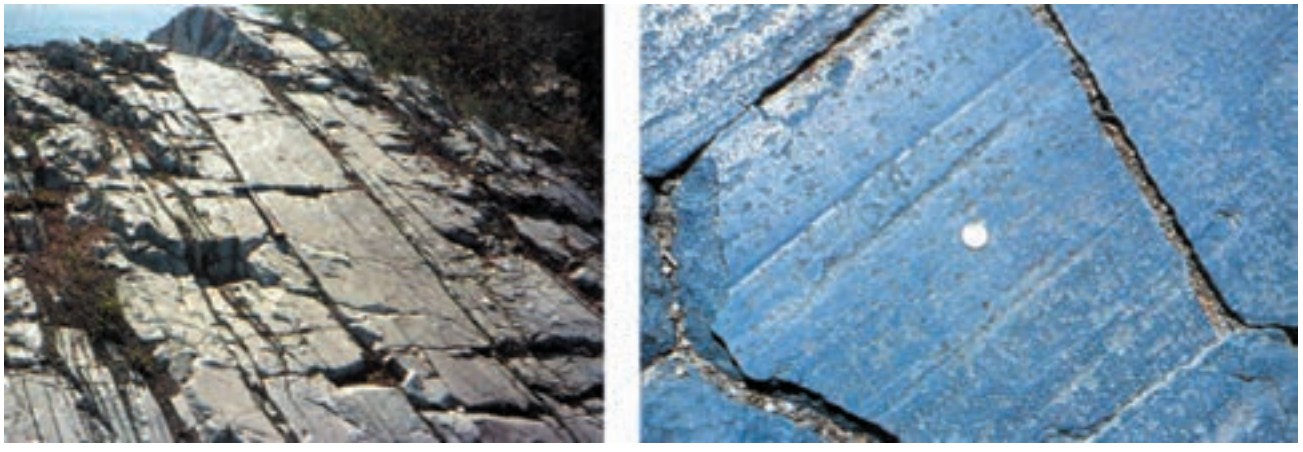
نقش مهمی دارد. امواج دریا از نیرومندترین عوامل فرسایش است. نیروی زیاد امواج وقتی به ساحل سنگی وارد می‌شود باعث ریزش و تخریب آن می‌شود. فشار موجی که بر اثر طوفان پدید می‌آید ممکن است به بیش از هزار کیلوگرم نیرو بر مترمربع برسد. چنین نیرویی صخره‌های بزرگ سنگی را به‌ویژه در سواحلی که عمق آب در کناره‌ها زیاد است، به تدریج متلاشی می‌کند و دیواره‌ی آن‌ها را فرو می‌ریزد. به این ترتیب، ساحل رفته‌رفته دچار عقب‌نشینی می‌شود. قطعات بزرگ مواد تخریبی نیز بر اثر امواج آب کم‌کم به قطعات کوچک‌تری تبدیل می‌شوند که با امواج دریا و جریان‌های دریایی حمل می‌شوند و به تدریج رسوب می‌کنند، اما هرچه از ساحل به طرف دریا جلوتر برویم از قدرت امواج به‌تدریج کاسته می‌شود ؛ از این‌رو، قطعات درشت و سنگین در

۱ ــ Abrasion ۲ ــ Ventifact Rocks ۳ ــ Yardang

نزدیکی ساحل برجا می‌مانند و قطعات کوچک‌تر و دانه‌های شن و ذرات رسی به قسمت‌های عمیق‌تر دریا کشانده شده در آن‌جا رسوب می‌کنند.

فرسایش یخچال‌ها: یخچال‌ها نیز مانند رودخانه‌ها باعث تغییر پوسته‌ی جامد زمین می‌شوند. براساس مطالعاتی که درباره‌ی یخچال‌های طبیعی در کشور سوئیس صورت گرفته هر مترمربع از بستر یخچال وزنی معادل ۱۵۰ تن تحمل می‌کند و بر این اساس، معمولاً تخریب در قسمت کف یخچال شدید است. یخچال‌ها با حمل سنگ‌های درشت و خرد در طول مسیر که به آن‌ها «مورن» می‌گویند، عمل تخریب را تشدید می‌کنند. در کوهستان‌های سوئیس گاهی یخچال‌ها تا خیابان‌ها و دهکده‌های اطراف آن پیش می‌آیند.

الف) تصویری از توده‌های برف و یخ که در اثر نیروی ثقل به سمت پایین لغزش نموده‌اند.



ب

ج

شکل ۲۰ــ۱۳ــ فرسایش یخچالی

خودآزمایی

۱ــ هوازدگی را تعریف کنید و انواع آن را نام ببرید.

۲ــ آب تحت تأثیر چه عاملی و چگونه در هوازدگی فیزیکی عمل می‌کند؟

۳ــ هیدراته شدن و دهیدراته شدن چه تفاوتی دارند؟ مثالی بزنید.

۴ــ کلاهک آهنی چیست؟ تحت تأثیر کدام عامل هوازدگی کلاهک آهنی بوجود می‌آید؟

۵ــ گیاهان و جانوران چگونه به طریق شیمیایی در پدیده‌ی هوازدگی عمل می‌کنند؟

۶ــ چرا ماسه سنگ‌ها درمقابل هوازدگی مقاومت‌های مختلفی از خود نشان می‌دهند؟ مثالی بزنید.

۷ــ کانی‌های موجود در سنگ گرانیت بر اثر هوازدگی به چه کانی‌های دیگری تبدیل می‌شوند؟

۸ــ پدیده‌ی زمین لغزه چه تفاوتی با پدیده‌ی ریزش قطعات سنگ در دامنه‌ی کوه‌ها دارد؟ چه تشابهی بین این دو پدیده وجود دارد؟

۹ــ مورن چیست؟

۱۰ــ تفاوت درّه‌های U شکل و V شکل از کجا ناشی می‌شود؟

۱۱ــ مئاندر چیست؟ چگونگی تبدیل مئاندر به دریاچه‌ی شاخ گاوی را توضیح دهید.

۱۲ــ بادبردگی چیست؟ چگونه این پدیده سنگ‌فرش بیابان را شکل می‌دهد؟

۱۳ــ بادکند و یاردانگ چیست؟

۱۴ــ حمل و نقل مواد از طریق آب‌های جاری و باد چه تفاوتی باهم دارند؟

۱۵ــ ترتیب نشست قطعات فرسایش یافته از طریق دریاها و اقیانوس‌ها، چگونه است؟

فصل چهاردهم

فرایندهای تغییردهنده‌ی سطح کره‌ی زمین
(رسوب‌گذاری)

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ رسوب‌گذاری را شرح دهد.

۲ــ رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها را تشریح نماید.

۳ــ رسوب‌گذاری مواد در دریاها و اقیانوس‌ها را توضیح دهد.

۴ــ رسوب‌گذاری مواد از طریق جریان باد را تشریح کند.

۵ ــ رسوب‌گذاری به‌وسیله‌ی آب‌های زیرزمینی را توضیح دهد.

۶ ــ دیاژنز را شرح دهد.

۷ــ خاک را توصیف کند.

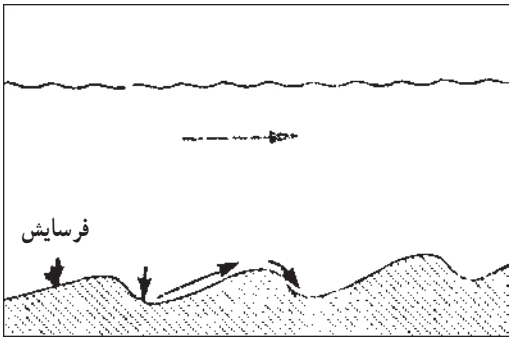
رسوب‌گذاری[1]

هنگامی که قدرت حمل مواد از طریق نیروهای جابه‌جا کننده‌ای که به آن‌ها اشاره شد رو به کاهش بگذارد عمل رسوب‌گذاری یا ته‌نشین شدن مواد صورت می‌گیرد. برحسب نیروهایی که باعث حمل مواد تخریبی می‌شوند رسوب‌گذاری انواع مختلفی دارد که شرح آن‌ها در پی خواهد آمد.

رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها

با کاهش سرعت آب رودخانه‌ها به تدریج مواد و ذرات سنگین‌تر آن ته‌نشین می‌شوند. برای حمل هر ذره، آب رودخانه باید سرعت معینی داشته باشد که درغیر این صورت، قادر به حمل ذره نبوده در نتیجه در کف بستر رودخانه رسوب می‌کند. اغلب رودخانه‌ها به دریاها و اقیانوس‌ها می‌ریزند ؛ بنابراین، قسمت اعظم موادی که با آب حمل می‌شوند در بستر دریاها و اقیانوس‌ها رسوب می‌کنند ؛ اما بخشی از مواد موجود در آب رودخانه‌ها در طول مسیر و در خشکی‌های زمین ته‌نشین می‌شود. به این رسوبات «آبرفت» می‌گویند.

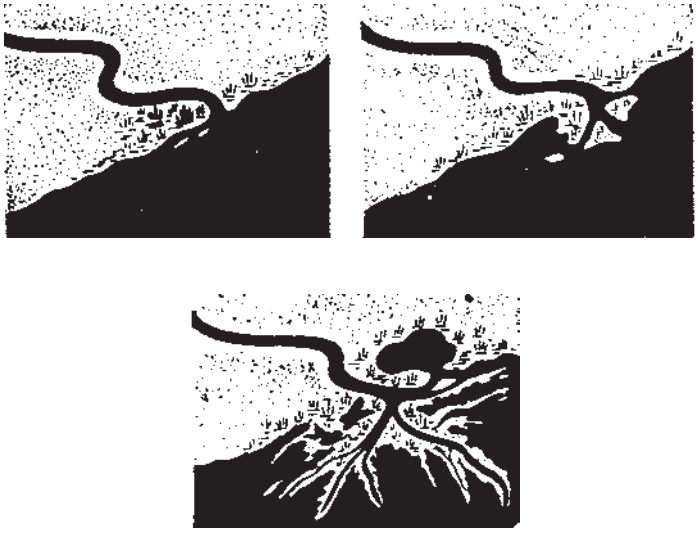
ذرات رسوبی در بستر رودخانه‌ها به شکل‌های گوناگون جمع می‌شوند. هرگاه شکل این رسوبات به‌حالت فرورفتگی و برجستگی‌های موج مانند باشد به آنها «اثر موجی[2]» می‌گویند.



شکل ۱ــ۱۴ــ تشکیل اثر موجی در بستر رودخانه

ذرات سنگ در حین حمل در رودخانه، به علت برخورد با ساییده شدن گوشه‌ها و لبه‌های آن‌ها صاف می‌شود.

تشکیل دلتا: هنگامی که آب رودخانه‌ها به دریا، دریاچه یا خلیج می‌ریزد سرعت آن کاملاً از دست می‌رود و در نتیجه، بار همراه خود را بر جای می‌گذارد. این مواد به گونه‌ای روی هم رسوب می‌کنند که پس از مدتی مثلث‌هایی به شکل حرف یونانی دلتا (Δ) پدید می‌آورند. رأس دلتا به سمت خشکی و قاعده‌ی آن به طرف دریاست.



شکل ۲ــ۱۴ــ چگونگی تشکیل دلتا

مخروط‌افکنه[3]: هرگاه رودخانه‌ای که از مسیر کوهستانی پرشیبی می‌گذرد ناگهان وارد دشت مسطح و همواری شود، سرعت آب آن کاسته می‌شود. از این‌رو، در همان‌جا قسمتی از بار خود را ته‌نشین می‌کند. با توجه به شکل این رسوبات که شبیه مخروط باز شده‌ی پهن و کوتاه است به آن‌ها «مخروط‌افکنه» می‌گویند. مخروط افکنه محل مناسبی برای ذخیره و تشکیل مخازن آب زیرزمینی است. در مخروط‌افکنه از طرف رأس به پایین ابعاد ذرات ریز می‌شود.

۱ــ Sedimentation ۲ــ Ripple Mark ۳ــ Alluvial Fan

شکل ۳ــ۱۴ــ مخروط افکنه در پای کوه

رسوب‌گذاری مواد در دریاها و اقیانوس‌ها[1]

بیش‌تر مواد تخریبی و هوازده‌ای که به‌وسیله‌ی آب رودخانه‌ها حمل می‌شوند سرانجام به دریاها می‌ریزند و در آن‌جا ته‌نشین می‌شوند. این مواد ته‌نشین شده را «رسوبات» می‌نامند که بر اثر سخت شدن آن‌ها سنگ‌های رسوبی تشکیل می‌شوند. هر چه عمق آب دریا کم‌تر باشد یعنی رسوبات به ساحل نزدیک‌تر باشند مقدار آن‌ها نیز بیش‌تر خواهد بود. اما این رسوبات ضخیم نیز تحت تأثیر امواج ساحلی قرار می‌گیرند و ترتیب آن‌ها به هم می‌خورد. دانشمندان مقدار رسوباتی را که در طول یکسال از طریق رودخانه‌ها در دریاها و اقیانوس‌ها ته‌نشین می‌شوند در حدود ۱۰ میلیارد تن تخمین زده‌اند.

علاوه بر آن‌چه ذکر شد اقیانوس‌ها و دریاها با نیروی عظیم امواج خود، سنگ‌های ساحلی را نیز متلاشی می‌کنند. حاصل این تخریب، رسوباتی است که همراه با سایر رسوبات در محل‌های مختلفی در بستر باقی می‌ماند. اگر مقدار موادی که با امواج جابه‌جا می‌شوند بیش‌تر از توان حمل آن‌ها باشد این مواد در نزدیکی ساحل رسوب می‌کنند. در محیط‌های ساحلی، در میان رسوبات دانه ریز و دانه درشت مقداری بقایای نرم‌تنان و اسکلت آهکی مرجان‌ها نیز دیده می‌شود. در قسمت‌های عمیق دریا، علاوه بر رسوبات تخریبی دانه‌ریزی که به دریا حمل شده‌اند، رسوبات حاصل از بقایای جانوران دریایی و پلانکتون‌ها[2] که جنس آهکی و سیلیسی دارند، نیز خاکسترهای آتش‌فشانی، گل‌رس قرمز حاوی ترکیبات آهن و منگنز، وجود دارد. وسعت دریاها و اقیانوس‌ها بخش اعظم سطح کره‌ی زمین است؛ از این‌رو، شهاب‌سنگ‌ها و غبارهایی که از فضا بر زمین می‌بارند به درون دریاها و اقیانوس‌ها نیز ریخته می‌شوند و به علت مقدار و حجم زیادشان رسوباتی را تشکیل می‌دهند که به آن‌ها «رسوبات غیرزمینی[3]» می‌گویند.

شکل ۴ــ۱۴ــ رسوبات ساحلی

۱ــ Sedimentation

۲ــ پلانکتون‌ها : جانوران شناور ذرّه‌بینی موجود در آب دریاها هستند.

۳ــ Extraterrestrial Sediments

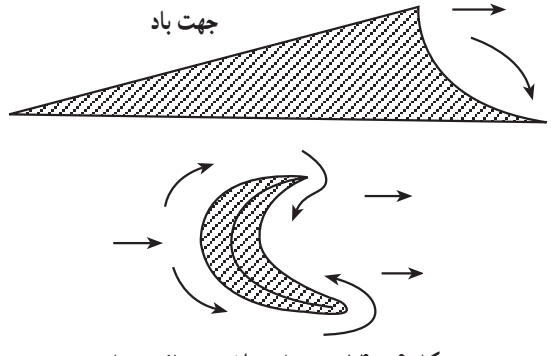
رسوب‌گذاری مواد از طریق جریان باد

پیش از این اشاره شد که باد قادر است ذرات موجود در سطح زمین را با توجه به میزان سرعت و قدرت خود از جایی به‌جای دیگر حمل کند. هم‌چنان که باد سرعت و قدرت حمل ذرات را به تدریج از دست می‌دهد مواد حمل شده نیز با توجه به ابعاد و اندازه‌ی خود، روی زمین سقوط کرده و به اصطلاح رسوب می‌کنند. این مواد را در اصطلاح زمین‌شناسی «رسوبات بادی[1]» می‌گویند. به‌طورکلی ذراتی که به اندازه‌ی ماسه هستند معمولاً به شکل تپه‌های ماسه‌ای[2] و دانه‌های ریزتر به‌صورت لایه‌های افقی موسوم به «لُس[3]» ته‌نشین می‌شوند.

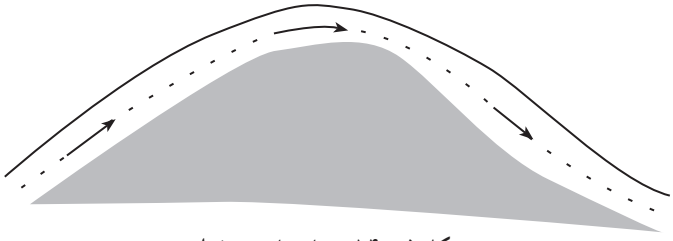
تپه‌های ماسه‌ای

از آثار مهم باد تشکیل تپه‌های ماسه‌ای یا شنی است. این تپه‌ها به این صورت تشکیل می‌شوند که باد در مسیر عبور خود با موانعی مانند گیاهان، سنگ‌ها یا موانع طبیعی دیگر برخورد می‌کند و از سرعت آن کاسته می‌شود که در نتیجه‌ی آن ذرات شن و ماسه رسوب می‌کند. این رسوب‌گذاری به تدریج به افزایش ابعاد مانع منجر می‌شود و سرانجام توده‌ی بسیار بزرگی که همان تپه‌ی ماسه‌ای است به‌وجود می‌آید.

شرط اساسی برای تشکیل تپه‌های ماسه‌ای وجود باد و مقدار کافی ماسه است؛ از این‌رو، این تپه‌ها اغلب در مناطقی مانند صحراها، سواحل دریاها و دریاچه‌ها که ماسه فراوان است تشکیل می‌شود. ارتفاع تپه‌های ماسه‌ای متغیر است و از یک تا دو متر تا چند صد متر می‌رسد. این تپه‌ها در صحراهای عربستان،



شکل ۶ ــ۱۴ــ تصاویر افقی و قائم برخان



شکل ۵ ــ۱۴ــ جابه‌جا شدن ذرات شن

آفریقا، و دشت لوت در جنوب کشورمان با وسعت و ارتفاع زیاد مشاهده می‌شود. جنس تپه‌های شنی اغلب کوارتز و گاهی گچ، آهک، رس، خاکسترهای آتش‌فشانی و مواد دیگر است.

محل تپه‌های ماسه‌ای براثر ادامه‌ی جریان باد جابه‌جا می‌شود؛ به این صورت که در جهت باد به طرف جلو رانده می‌شوند. سرعت جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای در وضعیت عادی به ۱۰ تا ۲۰ متر درسال می‌رسد و به تدریج که پیش می‌روند جنگل‌ها، چمنزارها، مزارع و روستاها را فرا می‌گیرند و آن‌ها را مدفون می‌سازند. برای جلوگیری از حرکت شن‌های روان اقداماتی نظیر کاشتن گیاهان در مسیر باد، ساختن دیواره‌های بادشکن یا پاشیدن مالچ‌های نفتی صورت می‌گیرد.

انواع تپه‌های ماسه‌ای: شکل تپه‌های ماسه‌ای به عوامل گوناگونی چون سرعت وزش باد، مقدار ذرات شن و نوع مانع موجود در مسیر باد بستگی دارد که دراین‌جا به چند نوع آن‌ها اشاره می‌شود.

بَرخان[4]: به تپه‌ی ماسه‌ای هلالی شکلی که قسمت محدب آن در جهت وزش باد باشد برخان می‌گویند. برخان‌ها در بیابان‌های قره‌قوم ــ مغولستان‌شرقی، بیابان‌های آسیای مرکزی، صحراهای آفریقا، عربستان، ایران، استرالیا و جاهای مشابه مشاهده می‌شود.

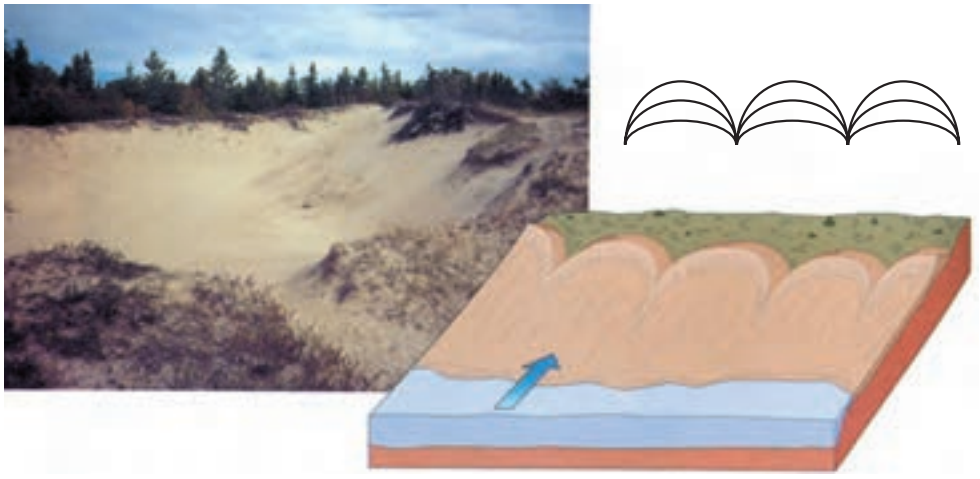
شکل ۷ــ۱۴ــ برخان

۱ــ Eolian ۲ــ Dune تپه‌های ماسه‌ای را «تلماسه» نیز می‌گویند. ۳ــ Loess

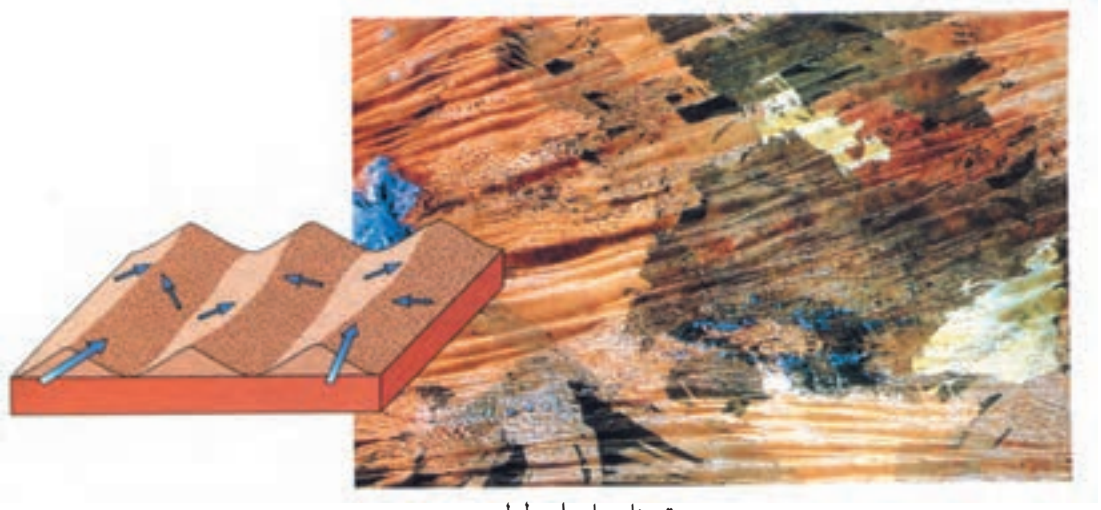
۴ــ Barchan (Barkhan) برخان نامی است که اقوام ترک بیابان‌نشین برای این تپه‌ها گذاشته‌اند و امروزه یک نام علمی پذیرفته شده است.

تپه‌های ماسه‌ای طولی و عرضی: بسته به این‌که رشته تپه‌های ماسه‌ای در جهت باد یا عمود بر امتداد آن تشکیل شوند این تپه‌ها را به انواع «طولی» و «عرضی» نیز تقسیم‌بندی می‌کنند.

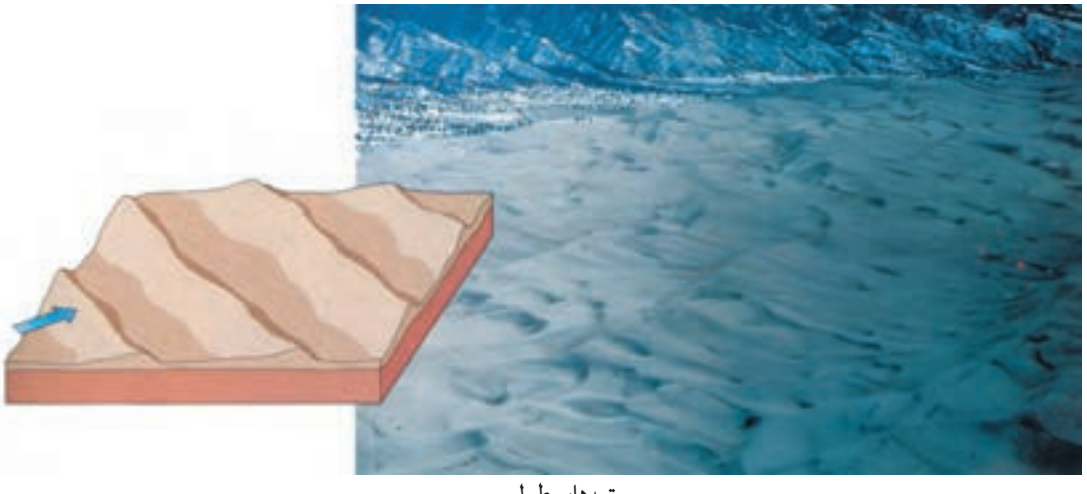
تپه‌های سهمی شکل: این تپه‌ها، در جهت عکس برخان‌ها شکل می‌گیرند و قسمت محدب آن‌ها پشت به باد است.



تپه ماسه‌ای عرضی



تپه‌های ماسه‌ای طولی



تپه‌های طولی

شکل ۸ ــ۱۴ــ تپه‌های ماسه‌ای

لُس

لُس یکی دیگر از رسوبات بادی است که از ذرات ریز و گوشه‌دار کانی‌هایی مانند کوارتز، فلدسپات، میکا، کلسیت، دولومیت و رس تشکیل شده است. رنگ لُس به علت هوازدگی شیمیایی کانی‌های آهن‌دار و ایجاد اکسیدهای آهن معمولاً زرد یا قهوه‌ای است و به سبب ترکیب مناسبی که دارد برای کشاورزی خاک مرغوبی به‌شمار می‌آید. منشأ لس‌ها ممکن است یخچالی یا صحرایی باشد. رسوبات لسی در ایران در«دشت گرگان» و غرب «کپه‌داغ» و تپه ماهورهای دامنه‌ی شمالی البرز در استان‌های گیلان، مازندران و گلستان مشاهده می‌شود. رسوبات لس فاقد لایه‌بندی و سیمان است.

شکل ۹ــ۱۴ــ رسوبات لسی

رسوب‌گذاری توسط آب‌های زیرزمینی

غارهای آهکی: مناطق وسیعی از خشکی‌های سطح زمین را سنگ‌های کربناتی مانند سنگ آهک و دولومیت پوشانده‌اند. در نتیجه‌ی انحلال این سنگ‌ها به‌وسیله‌ی آب‌های زیرزمینی، غارها به‌وجود می‌آیند. ابعاد غارها بسیار متفاوت است. برخی از آن‌ها کوچک، برخی نیز بسیار بزرگ و استثنایی هستند.

اگر آب‌های زیرزمینی حاوی کربنات کلسیم از سقف غار بچکد از تبخیر آب و رسوب کردن آهک محلول آن در سقف و در کف غار اغلب ستون‌هایی آهکی ایجاد می‌شود. به قسمت بالایی ستون «استالاکتیت»[1] و به قسمت پایینی «استالاگمیت»[2] می‌گویند.

شکل ۱۰ــ۱۴ــ تشکیل استالاکتیت و استالاگمیت در داخل غار

سیمان‌سازی: آب‌های زیرزمینی نقش مؤثری در سیمان‌سازی بین اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سنگ‌ها دارد هنگامی که آب زیرزمینی حاوی مواد معدنی در میان دانه‌های جدا از هم نفوذ کند پس از مدتی آن‌ها را به هم می چسباند. ماسه‌های جدا از هم به‌وسیله‌ی این سیمان‌ها به ماسه‌سنگ سخت تبدیل می‌شوند. این قبیل مواد سیمانی بیش‌تر از جنس کلسیت، سیلیس واکسید آهن است.

رگه‌ها[3]: هنگامی که آب‌های زیرزمینی اشباع شده از مواد معدنی در بین شکاف‌ها و درزهای زمین نفوذ کند به تدریج مواد معدنی خود را به‌صورت رگه‌هایی در داخل زمین برجا می‌گذارد. کلسیت و کوارتز از رگه‌های فراوان هستند. علاوه بر آب‌های زیرزمینی، آب‌های حاصل از ماگما نیز به همین ترتیب می‌توانند رگه‌هایی از مواد معدنی را به‌وجود آورند.

دندریت[4]: گاهی نیز اکسیدمنگنز به‌طور ناقص بر روی دیواره‌ی شکاف‌ها رسوب می‌کند وتصویری خزه مانند به‌نام «دندریت» بر روی سنگ ظاهر می‌سازد.

شکل ۱۱ــ۱۴ــ دندریت اکسید منگنز

۱ــ Stalactite ۲ــ Stalagmite ۳ــ Veins ۴ــ Dendrite

جانشینی: در نتیجه‌ی هم‌زمانی عمل انحلال و ته‌نشینی ممکن است یک کانی حل شود و کانی دیگری جای آن را بگیرد ؛ برای مثال، ممکن است سولفید آهن حل شود و جای آن را اکسیدآهن پُر کند این جانشینی درباره‌ی مواد آلی نیز امکان‌پذیر است که طی آن اندام‌های بدن گیاه یا حیوان با حفظ شکل ظاهری به سنگ مبدل می‌شود.

شکل ۱۲ــ۱۴ــ ساقه‌ی درخت سنگ شده که بر اثر عمل جانشینی، مواد آلی آن حل شده و مواد آهکی جانشین آن گردیده است.

دیاژنز[1] (سنگ شدگی)

مواد هوازده و فرسایش‌یافته‌ای که بر اثر جابه‌جا شدن در محیط‌های رسوب‌گذاری روی هم انباشته می‌شوند تحت تأثیر عواملی که شامل تغییرات فیزیکی و شیمیایی هستند از حالت رسوبات نرم و آب‌دار و ناپیوسته به سنگ‌های سخت و متراکم تبدیل می‌شوند این فرایند را در اصطلاح «دیاژنز» یا «سنگ‌شدگی» می‌گویند. دیاژنز شامل دو مرحله‌ی «متراکم شدن» و «سیمانی شدن» است.

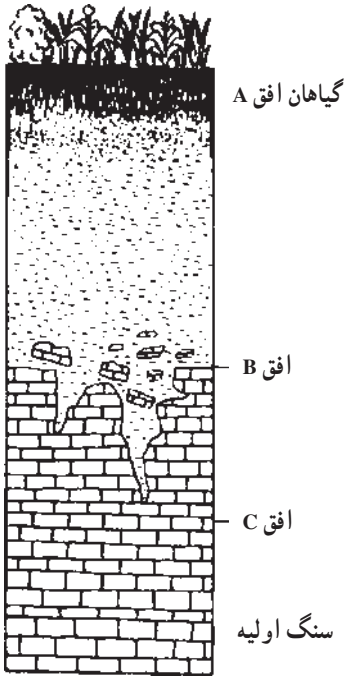
متراکم شدن[2]: طی این مرحله رسوبات بر اثر فشار طبقات بالایی، فشرده شده آب آن‌ها خارج می‌شود. در نتیجه‌ی این عمل، حجم فضای میان دانه‌ها و ذرات کاهش می‌یابد ؛ سرانجام، ذرات و دانه‌ها متراکم شده به یک‌دیگر می‌چسبند.

سیمان شدن[3]: با نفوذ آب‌های حاوی مواد کلوئیدی و محلول‌های مختلف به فضای خالی بین رسوبات آواری، این محلول‌ها یا کلوئیدهای معدنی با از دست دادن آب متبلور می‌شوند و فضای خالی بین دانه‌ها و ذرات را پر می‌کنند. در نتیجه، رسوبات ناپیوسته بر اثر سیمان شدن به سنگ تبدیل می‌شوند. در بسیاری موارد، ماده‌ی سیمانی از انحلال خود رسوب تولید می‌شود. کانی‌های کلسیت، دولومیت، اکسیدآهن، انیدریت و پیریت از جمله‌ی این مواد هستند.

خاک

خاک بزرگ‌ترین منبع طبیعی تولید غذا برای انسان، گیاهان و جانوران است. افزون بر آن، خاک مهم‌ترین اثر حیاتی و اقتصادی فرایند هوازدگی به‌شمار می‌رود. مهم‌ترین عوامل مؤثر در تشکیل خاک همان عوامل مؤثر در هوازدگی است و در این میان عوامل زیستی، به‌ویژه پوسیدن اندام‌های گیاهی نباتات اهمیت فراوانی دارد. اصولاً خاک‌ها مخلوطی از مواد معدنی و آلی هستند و مواد تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها عبارت‌اند از : موجودات زنده مانند باکتری‌ها، کرم‌ها و حلزون‌ها، هم چنین آب، هوا و کانی‌های سخت.

افق‌های خاک: هرگاه بخواهیم نیم‌رخ عمومی خاک‌ها را مشخص کنیم آن را به سه افق جداگانه‌ی A، B و C تقسیم می‌کنیم. افق A بالاترین افق خاک است و فعالیت‌های حیاتی در آن بیش از سایر افق‌هاست. مواد آلی این افق فراوان است. رس و مواد معدنی محلول با آب‌های نافذ شسته شده‌اند. افق B معمولاً از مواد رسی، ماسه و شن‌های ریز و درشت و مقدار اندکی بقایای گیاهی تشکیل شده است. اکسیدآهن و آلومینیوم در این افق متمرکز شده است. افق C افقی است که در آن مواد سنگی به میزان بسیار اندکی تخریب و تجزیه شده و بدین ترتیب، مخلوطی است از قطعات سنگ‌های اولیه و مواد تجزیه شده.



شکل ۱۳ــ۱۴ــ نیم‌رخ عمومی خاک‌ها

۱ــ Diagenes ۲ــ Compaction ۳ــ Cementation

خودآزمایی

۱ــ آبرفت چیست؟ چه تفاوتی بین آبرفت و دلتا وجود دارد؟

۲ــ مخروط‌افکنه چگونه تشکیل می‌شود و اهمیت آن چیست؟

۳ــ رسوبات غیرزمینی چگونه رسوباتی هستند؟

۴ــ برخان چگونه تشکیل می‌شود؟ ضمن رسم شکل توضیح دهید که آیا عارضه‌ای وجود دارد که از لحاظ شکل‌گیری در جهت عکس برخان ایجاد شده باشد؟

۵ ــ برای جلوگیری از حرکت شن‌های روان چه اقداماتی صورت می‌گیرد؟

۶ ــ لُس چیست؟ چرا رنگ آن معمولاً زرد یا قهوه‌ای است؟

۷ــ استالاکتیت و استالاگمیت چه تفاوتی با یک‌دیگر دارند؟

۸ ــ دندریت چیست؟

۹ــ دیاژنز را تعریف کنید. مراحل آن کدام هستند؟

۱۰ــ با رسم شکل افق‌های خاک را نشان دهید.

فصل پانزدهم

زمین‌لرزه

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ زلزله را شرح دهد.

۲ــ منشأ زلزله را تشریح کند.

۳ــ عمق‌های مختلف کانون زمین‌لرزه را گروه‌بندی نماید.

۴ــ امواج زمین‌لرزه، شامل امواج درونی و امواج سطحی را تشریح کند.

۵ ــ دستگاه‌های ثبت امواج زمین‌لرزه را شرح دهد.

۶ ــ بزرگی زمین‌لرزه را بیان کند.

۷ــ آثار حاصل از زمین‌لرزه را تشریح نماید.

زمین‌لرزه[1]

مقدمه

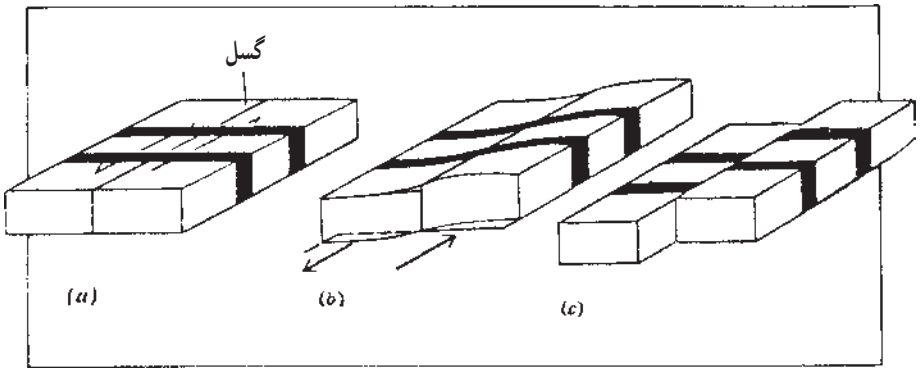
امروزه به‌وسیله‌ی دستگاه‌ها و تجهیزات علمی پیشرفته ثابت شده است که پوسته‌ی زمین به‌گونه‌ای خفیف و تقریباً به‌طور دایم در تمام نقاط می‌لرزد، اما انسان آن را احساس نمی‌کند. برخی گزارش‌ها نشانگر آن است که زمین هر سال ۱۵۰ هزار بار می‌لرزد.

خوشبختانه بسیاری از این زمین‌لرزه‌ها هیچ‌گونه خطری برای انسان ندارد اما گاه معدودی از این زلزله‌ها بسیار شدید و مخرب بوده تلفات بسیار سنگینی برجای می‌گذارد. تا کنون میلیون‌ها نفر قربانی وقوع زلزله‌های شدید در نقاط مختلف جهان شده‌اند. کشور ما نیز روی یکی از کمربندهای فعال زمین‌لرزه‌ی کره زمین قرار گرفته است و متأسفانه زلزله‌های ویران‌کننده‌ای در آن روی می‌دهد.

منشأ زلزله

علت اصلی زلزله را امروزه نیروهایی می‌دانند که اغلب از درون زمین اعمال می‌شوند و پس از تجمع، باعث شکسته شدن ناگهانی لایه‌های سنگی مناطق مجاور شده بدین ترتیب، زلزله رخ می‌دهد. وقتی مجموعه‌ی سنگی زمین می‌شکند انرژی ذخیره شده در آن که در طول زمان به تدریج جمع شده به‌طور ناگهانی آزاد می‌شود و به صورت امواج زلزله به اطراف حرکت می‌کند. با رسیدن امواج به سطح زمین لرزش و تخریب بناها، ریزش کوه‌ها ایجاد ترک‌ها و شکاف‌های عمیق و امواج سهمگین دریاها، به‌وقوع می‌پیوندد.

براساس فرضیه‌های موجود توده‌های سنگی زیر سطح زمین از هر طرف تحت تأثیر فشارهای مداوم قرار می‌گیرند و اندکی خم می‌شوند و پس از شکسته شدن دوباره به وضعیت اوّلیه باز می‌گردند. در چنین حالتی بعد از شکسته شدن سنگ‌ها و بازگشت به حالت اوّلیه، امواج لرزه‌ای ایجاد می‌شود.



۱ــ ۱۵ــ تغییر شکل طبقات زمین هنگام بروز زلزله

همان‌گونه که در شکل ۱ــ۱۵ نمایان است وجود گسل و شکستگی در طبقات می‌تواند در تشخیص و بررسی مناطق زلزله‌خیز، با توجه به تاریخچه‌ی پیدایش و فعالیت آن‌ها، مؤثر واقع گردد.

زمین‌لرزه اگر چه در سطح زمین احساس می‌شود، کانون آن یعنی ناحیه‌ای که از آن‌جا زمین لرزه تولید می‌شود در اعماق زمین قرار دارد و در سطح یا فضایی واقع می‌شود که حدود آن برای ما نامعلوم است. تکان زمین‌لرزه از کانون یا مرکز درونی[2] زمین‌لرزه آغاز می‌شود و در حال انتشار در همه‌ی جهت‌ها به‌همه‌ی ذرات، حرکتی نوسانی می‌دهد و این حرکت با دور شدن از مرکز درونی ضعیف‌تر می‌شود. نقطه‌ای که درست در بالای نقطه‌ی مرکز درونی قرار دارد «مرکز بیرونی زلزله[3]» نام دارد. هر اندازه از

۱ــ Earthquake ۲ــ Hypocenter ۳ــ Epicenter

مرکز بیرونی یا سطحی زلزله دورتر شویم نوسانات زلزله ضعیف‌تر می‌شود و سرانجام برای انسان نامحسوس می‌گردد.

شکل ۲ــ ۱۵ــ کانون زلزله و مرکز سطحی آن

عمق کانون زمین‌لرزه

زمین‌لرزه‌ها را براساس عمق کانون آن‌ها به سه گروه تقسیم می‌کنند :

الف ــ زمین‌لرزه‌های کم عمق: همان زمین‌لرزه‌های سطحی است که عمق کانون آن‌ها حداکثر در ۷۰ کیلومتری زیر زمین است.

ب ــ زمین‌لرزه‌های باعمق متوسط: کانون این زمین‌لرزه‌ها بین ۷۰ تا ۳۰۰ کیلومتری از سطح زمین واقع است.

ج ــ زمین‌لرزه‌های عمیق: کانون این زمین‌لرزه‌ها در عمقی بیش از ۳۰۰ کیلومتری سطح زمین قرار دارد.

کانون بیش از ۸۰ درصد زمین‌لرزه‌ها در عمق ۵۰ تا ۶۰ کیلومتری زمین واقع است. تعداد بسیار کمی از زلزله‌ها کانون آن‌ها در عمق ۳۰۰ تا ۷۰۰ کیلومتر قرار دارد. اگر منطقه‌ی زمین لرزه وسیع باشد نشانگر عمق زیاد کانون آن است.

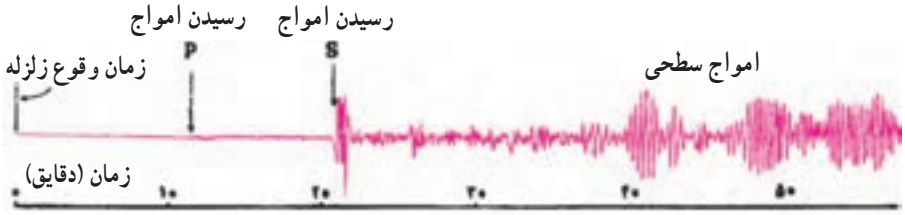
امواج زمین لرزه

امواج زمین‌لرزه به‌طورکلی به دو دسته‌ی «امواج درونی[1]» و «امواج بیرونی[2]» تقسیم می‌شوند.

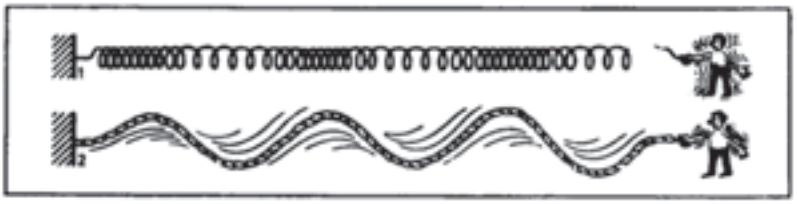
امواج درونی: این امواج در کانون زمین لرزه ایجاد می‌شوند و در درون زمین‌انتشار می‌یابند. امواج درونی خود شامل دو دسته‌اند که عبارت‌اند از : «امواج طولی[3]» و «امواج عرضی[4]».

امواج طولی: امواج طولی امواجی هستند که ذرات مسیرشان را در جهت حرکت خود، به جلو و عقب حرکت می‌دهند (مانند باز و بسته شدن فنر).

امواج عرضی: امواج عرضی به امواجی می‌گویند که



الف ــ امواج زلزله‌ای که از فاصله‌ی ۸۴۶۰ کیلومتری محل کانون آن (معادل قوسی ۷۶/۴ درجه‌ای از محیط زمین) ثبت شده‌اند.



ب ــ مفهوم موج طولی و عرضی را در این مثال‌ها می‌توانید بیابید.

شکل ۳ــ ۱۵ــ مفهوم تصویری امواج طولی و عرضی

۱ــ Body Waves ۲ــ Surface Waves ۳ــ Longitudinal Waves ۴ــ Trausverse Waves

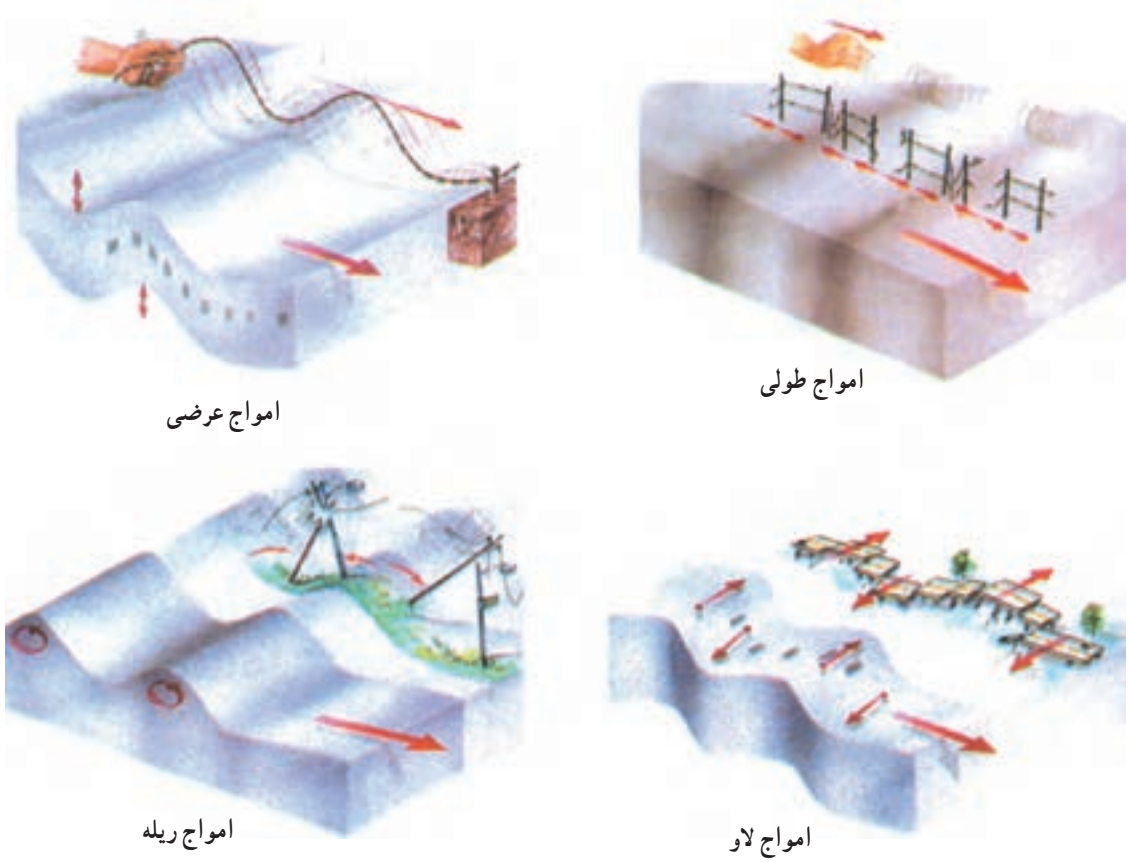
جهت ارتعاش ذرات، عمود بر امتداد انتشار آن است.

امواج سطحی: امواج سطحی بر اثر برخورد امواج درونی زمین‌لرزه با فصل مشترک لایه‌ها، نیز در سطح زمین تولید می‌شوند. این امواج سرعت کم‌تری از امواج درونی دارند و شامل «امواج لاو[1]» و «امواج ریله[2]» هستند.

امواج لاو: این امواج جابه‌جایی قائم ندارند، بلکه در صفحه‌ای موازی سطح زمین جابه‌جا می‌شوند. حرکت امواج لاو به‌صورت ارتعاش ذرات عمود بر امتداد انتشار است.

امواج ریله: حرکتی مشابه حرکت امواج دریا دارند و ذرات را در یک مدار دایره‌ای به ارتعاش درمی‌آورند. (جهت حرکت دایره مخالف جهت حرکت امواج است.)

عامل اصلی خرابی‌های حاصل از زمین‌لرزه امواج سطحی هستند. تأثیر موج لاو به شکل تکان‌های افقی، پی‌ساختمان‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و منجر به تخریب آن‌ها می‌شود.

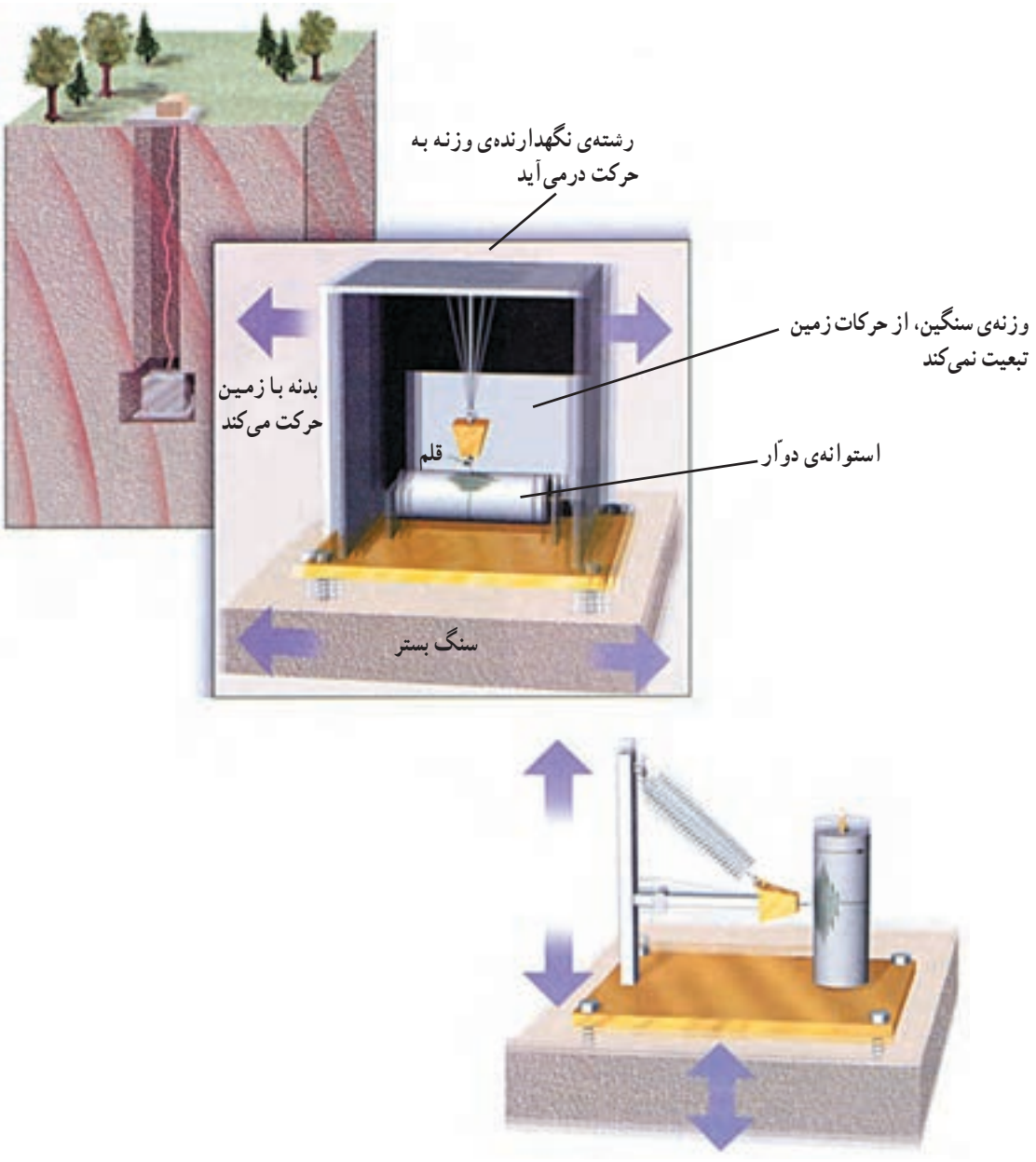


شکل ۴ــ ۱۵ــ چهار نوع امواج زمین‌لرزه

دستگاه‌های ثبت امواج زمین‌لرزه

امروزه دستگاه‌های بسیار دقیق و حساسی برای ثبت امواج زمین‌لرزه ساخته شده و در ایستگاه‌های لرزه‌شناسی نصب شده‌اند. اساس کار این دستگاه‌ها مبتنی است بر ثبت امواج افقی و قائم، به‌وسیله‌ی یک قلم بر روی صفحه‌ای استوانه‌ای دوّار. این دستگاه‌ها را «لرزه‌نگار» می‌گویند.

۱ــ Love Waves ۲ــ Reyligh Waves



شکل ۵ ــ ۱۵ــ دو نوع دستگاه لرزه‌نگار ویژه‌ی ثبت زمین‌لرزه

بزرگی زمین‌لرزه

امروزه بزرگی زمین‌لرزه را در مقیاس «ریشتر[۱]» بیان می‌کنند. واحد بزرگی زمین‌لرزه ریشتر است که با یک عدد صحیح و جزء اعشاری همراه است. شدیدترین زمین‌لرزه‌ای که تاکنون در جهان گزارش شده ۸/۶ درجه‌ی ریشتر بوده و در سال ۱۹۰۶ در کشور کلمبیا رخ داده است. در مقیاس ریشتر اگر دامنه‌ی موج زمین‌لرزه ده برابر شود یک درجه بر مقیاس ریشتر اضافه خواهد شد. در جدول۱ــ۱۵، تأثیری که زمین‌لرزه‌هایی با بزرگی تقریبی مختلف در مقیاس ریشتر، در نواحی مسکونی برجا می‌گذارند، فراهم آمده است.

۱ــ چارلز ریشتر C.F.Richter در سال ۱۹۳۵ به‌جای اصطلاح شدت زمین‌لرزه، مقیاس بزرگی را برای اوّلین بار به‌کار برد. این مقیاس حسابی نیست، بلکه لگاریتمی است.

جدول ۱ــ ۱۵[1]

بزرگی زمین‌لرزه	اثرات درنواحی مسکونی
۲/۰ ــ ۳/۴	محسوس نیست و فقط به‌وسیله‌ی دستگاه‌ها ثبت می‌شود.
۳/۵ ــ ۴/۲	بعضی‌ها آن را احساس می‌کنند.
۴/۳ ــ ۴/۸	بیش‌تر مردم آن را احساس می‌کنند.
۴/۹ ــ ۵/۴	همه آن را احساس می‌کنند.
۵/۵ ــ ۶/۱	خسارات اندک به ساختمان‌ها وارد می‌شود.
۶/۲ ــ ۶/۹	خسارات نسبتاً زیاد به ساختمان‌ها وارد می‌شود.
۷/۰ ــ ۷/۳	خسارات شدید ــ خم شدن راه‌آهن.
۷/۴	خرابی زیاد
۸	ویرانی درهمه جا

مطالعه‌ی آزاد

متأسفانه هنوز دانش انسان نتوانسته است زمان زمین‌لرزه را قبل از وقوع پیش‌بینی کند. اما تجربیات مختلف بیانگر رابطه‌ای بین زمین‌لرزه و پدیده‌های دیگر طبیعت است ؛ برای نمونه، هنگامی که کره‌ی ماه بیش از هر زمان دیگر به زمین نزدیک می‌شود[2] یا به هنگام هلال و بدر کامل یا هنگامی که ماه بر روی نصف‌النهار محل موردنظر باشد تکان‌های زمین‌لرزه بیش‌تر و شدیدتر است ؛ هم‌چنین رابطه‌ای بین زمین‌لرزه و باد، بارش و تغییرات جوی نیز وجود دارد.

جانوران نیز نسبت به علایم خاصی که قبل از وقوع زمین‌لرزه ممکن است پدیدار گردد بسیارحساس هستند. چهارپایان، مرغ‌ها و حیوانات خانگی به هیجان درمی‌آیند. جانوران وحشی مانند شیر و پلنگ در جنگل‌ها مخفی می‌شوند و می‌غرند. این قبیل عکس‌العمل جانوران، قبل از وقوع آتش‌فشان نیز مشاهده شده است به نظر می‌رسد جانورانی که حس شنوایی دقیق و حساسی دارند صداها و علایم مربوط به وقوع زمین‌لرزه را زودتر از انسان دریافت کرده از روی غریزه‌ی طبیعی خود احساس خطر می‌کنند.

۱ــ اعداد مربوط به بزرگی زمین‌لرزه برای آشنایی هنرجویان آمده است و نیازی به حفظ کردن آن‌ها نیست.

۲ــ دراصطلاح نجوم به این حالت حفیض می‌گویند.

آثار حاصل از زمین‌لرزه

نتایج حاصل از زمین‌لرزه عبارت‌است از ویرانی و تخریب کامل ساختمان‌ها و تأسیسات مختلفی که به‌وسیله‌ی انسان ساخته شده است. این موضوع عموماً با تلفات جانی بسیاری نیز همراه است. ریزش کوه‌ها و سقوط بهمن در مناطق کوهستانی، پیدایش شکاف‌ها و گسل‌ها و جدا شدن طبقات پوسته‌ی زمین از یک‌دیگر و بسیاری آثار مخرّب دیگر نیز از نتایج وقوع زمین‌لرزه است. رخداد زمین‌لرزه در شب بر تلفات انسانی به شدت می‌افزاید. قطع برق، آب و گاز شهری، و وقوع حریق بر دامنه‌ی خسارات زلزله می‌افزاید و کمک‌رسانی به آسیب‌دیدگان را دشوار می‌سازد.

شکل ۶ ــ ۱۵ــ زلزله

خودآزمایی

۱ــ منشأ اصلی زمین‌لرزه چیست؟ چگونگی وقوع آن را شرح دهید.

۲ــ تکان زمین‌لرزه از کجا آغاز می‌شود؟ این محل از لحاظ عمق چگونه طبقه‌بندی شده است؟

۳ــ مرکز سطحی زمین‌لرزه کجاست؟ با رسم شکلی موقعیت آن را نسبت به کانون زمین‌لرزه نشان دهید.

۴ــ امواج درونی شامل چه امواجی هستند؟ با رسم شکل مفهوم آن‌ها را نشان دهید.

۵ ــ امواج سطحی چگونه تولید می‌شوند؟ انواع آن را نام ببرید.

۶ ــ کدام امواج درونی و سطحی از لحاظ نوع حرکت با هم شبیه هستند؟

۷ــ حرکت امواج ریله چگونه است؟

۸ ــ امواج زلزله با چه دستگاه‌هایی ثبت می‌شوند؟ اساس کار آن‌ها چیست؟

۹ــ امروزه بزرگی زمین‌لرزه را با چه مقیاسی اندازه‌گیری می‌کنند؟ در این مقیاس، زمین‌لرزه از چه درجه‌ای باعث خسارات شدید و خم شدن راه‌آهن می‌شود؟

۱۰ــ پنج نمونه از آثار مخرب زلزله را نام ببرید.

فصل شانزدهم

ساخت‌های تکتونیکی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ کلیات ساخت‌های اولیه و ثانویه و علم تکتونیک را توضیح دهد.

۲ــ مکانیسم چین‌خوردگی را با مثال تشریح کند.

۳ــ مشخصات هندسی چین را بازگو کند.

۴ــ انواع چین را توضیح دهد.

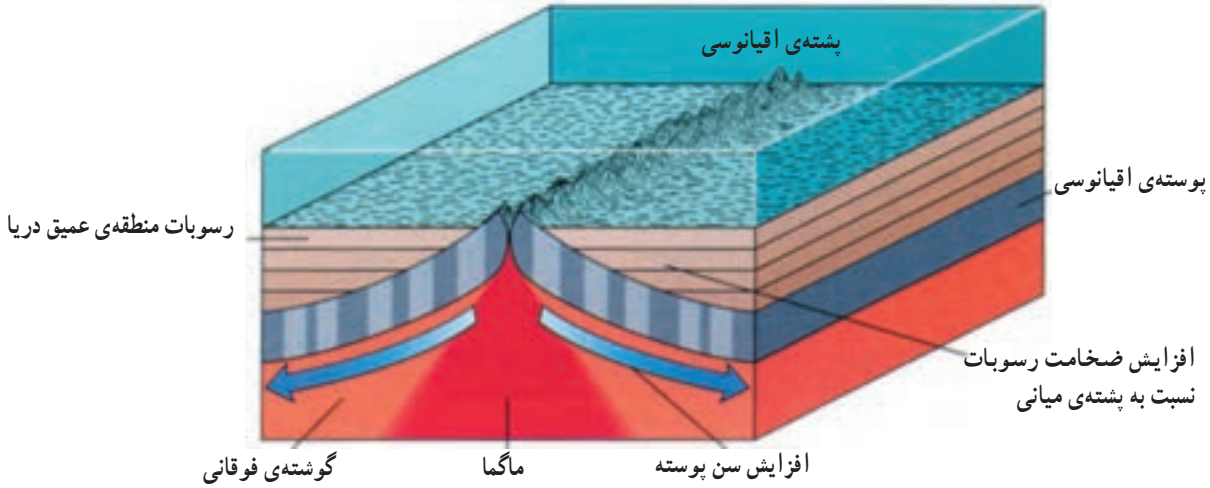
۵ ــ نیروهای مؤثر در تغییر شکل شکستگی را شرح دهد.

۶ ــ درز و انواع آن را توضیح دهد.

۷ــ گسل را تعریف کند.

۸ ــ مشخصات هندسی گسل را توضیح دهد.

۹ــ انواع گسل را نام ببرد.



ساخت‌های تکتونیکی

رشته کوه‌های عظیم دنیا چگونه تشکیل شده‌اند؟

شکل ۱ــ۱۶

با توجّه به نحوه‌ی رسوب‌گذاری و تشکیل سنگ‌های رسوبی، انتظار می‌رود که سنگ‌ها به‌صورت لایه‌لایه، افقی و بدون جابه‌جایی تشکیل شوند. اگر ماسه‌سنگ‌ها و دیگر سنگ‌های رسوبی تپه‌ها و کوهستان‌ها را تشکل داده باشند، نشانگر آن است که مواد رسوبی تشکیل‌دهنده‌ی تپه‌ها و کوهستان‌ها، در کف دریا به‌صورت افقی ته‌نشین شده‌اند و در شکل جدید باید پدیده‌های غیرعادی را تحمل کرده باشند.

بنابراین، در طبیعت علاوه بر حالت افقی لایه‌ها، شکل‌های غیرافقی نیز دیده می‌شود که نشان‌دهنده‌ی حرکات پوسته‌ی زمین و تأثیر آن در سنگ‌های رسوبی است. «تکتونیک[1]» یا «زمین‌ساخت» بخشی از علم زمین‌شناسی که با آن، فرایند تغییر شکل سنگ‌ها و ساخت‌های حاصل از آن‌ها بررسی می‌شود.

کوهستان‌ها و دیگر ارتفاعات ممکن است حاصل این پدیده‌ها باشند :

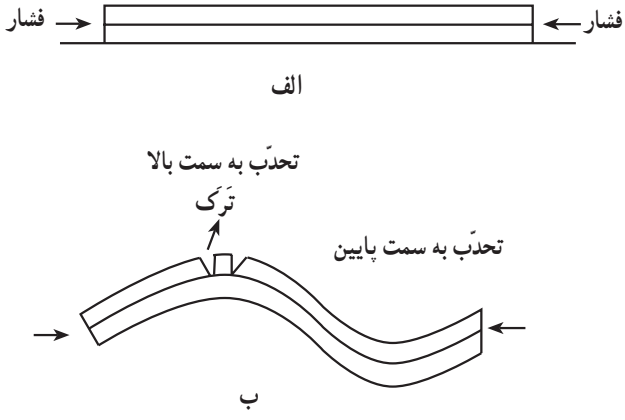
۱ــ براساس فرایندی که چین‌خوردگی نامیده می‌شود، به‌وجود بیایند.

۲ــ از طریق فرایند شکستگی و گسل به‌وجود بیایند.

۳ــ از طریق پدیده‌ای نظیر آتش‌فشان‌ها تشکیل شوند.

۱ــ چین‌خوردگی[2]

اگر چند لایه‌ی گل رُسی را روی سطح صافی قرار دهید (شکل ۲ــ۱۶ــ الف) و به‌تدریج از دو انتها لایه‌ها را فشار هید، در قسمت میانی خمیدگی به‌وجود می‌آید (شکل ۲ــ۱۶ــ ب).

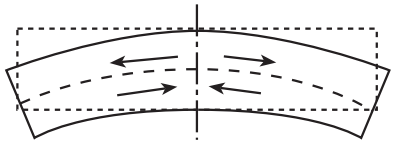


شکل ۲ــ۱۶ــ لایه‌های گل رُس در حالت افقی (الف). لایه‌های گل‌رُس در اثر فشارهای جانبی (ب) تحدّب لایه‌ها به سمت بالا، تشکیل تَرَک، تحدّب لایه‌ها به سمت پایین.

۱ــ Tectonic

۲ــ Folding

جسمی که تحت تأثیر تغییر شکل خمش[1] قرار بگیرد (شکل ۳ــ۱۶)، بخش بالایی آن تحت تأثیر نیروهای کششی است ؛ در حالی که بخش زیرین آن نیروهای فشردگی را تحمّل می‌کند و قسمت میانی تغییر شکل می‌یابد.



شکل ۳ــ۱۶ــ تغییر شکل خمش لایه‌ها

مشخصات هندسی چین: (شکل ۴ــ۱۶)

مرکز[2]: درونی‌ترین بخش چین‌خوردگی «مرکز» نام دارد.

سطح محوری: سطحی است فرضی که از همه‌ی لایه‌های چین می‌گذرد و تا حدی آن را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کند. سطح محوری ممکن است «قائم»، «مایل» و «افقی» باشد.

محور: فصل مشترک سطح محوری با هر یک از لایه‌های چین را «محور چین» گویند.

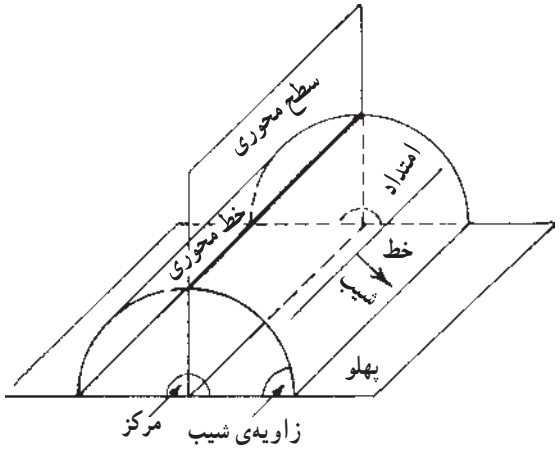
پهلو: هر طرف چین شامل یک پهلو است ؛ بدین ترتیب، هر چین دو پهلو دارد.

امتداد لایه: به فصل مشترک سطح لایه با صفحه‌ی افقی، «امتداد لایه» گویند.

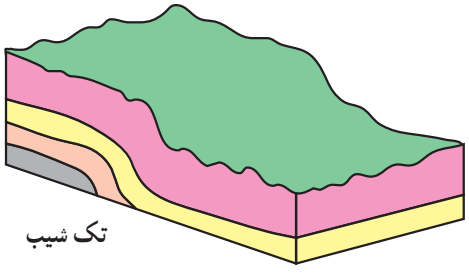
شیب لایه: زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق می‌سازد. بر روی لایه، پاره‌خط عمود بر امتداد لایه را «شیب» می‌نامند و آن را با شیب‌سنج اندازه می‌گیرند.

انواع چین

۱ــ چین تک شیب[3]: چین تک شیب عبارت از آن است که قسمتی از لایه‌ها از حالت افقی خارج شده بالاتر یا پایین‌تر از سطح اولیه قرار گیرد (شکل ۵ ــ۱۶).



شکل ۴ــ۱۶ــ عناصر یک چین

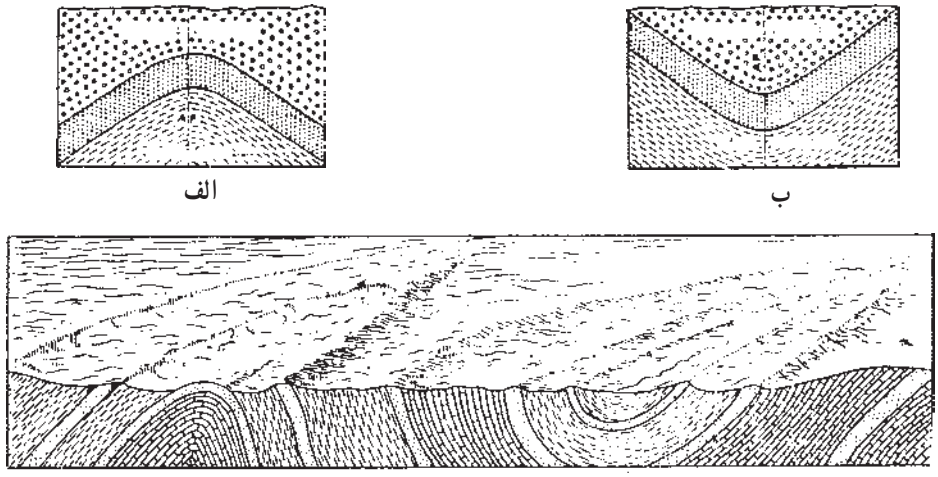


شکل ۵ ــ۱۶ــ چین تک شیب

۱ــ Bending ۲ــ Core ۳ــ Monocline

۲ــ *تاقدیس*[1]: تاقدیس چینی است که تحدّب لایه‌ها به سمت بالا باشد. یا هر چه از مرکز آن دورتر شویم، سن سنگ‌ها کم‌تر می‌شود (شکل ۶ــ۱۶ــ الف).

۳ــ *ناودیس*[2]: چینی است که تحدّب لایه‌ها به سمت پایین یا هر چه از مرکز آن دورتر شویم، سنگ‌ها قدیم‌تر می‌شوند (شکل ۶ ــ۱۶ــ ب).



شکل ۶ ــ۱۶ــ یک تاقدیس و ناودیس و عمل فرسایش بر آن‌ها

۴ــ *چین متقارن:* چینی است که سطح محوری آن قائم است (شکل ۷ــ۱۶ــ الف). شیب هر دو پهلو یکسان است.

۵ ــ *چین نامتقارن:* در این چین، سطح محوری مایل است. شیب دو پهلو در دو جهت مخالف بوده زاویه‌ی شیب دو پهلو متفاوت است (شکل ۷ــ۱۶ــ ب).

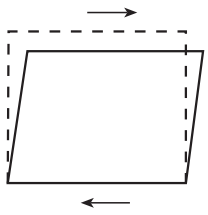
۶ ــ *چین خوابیده:* چینی است که در آن سطح محوری معمولاً افقی است (شکل ۷ــ۱۶ــ ج).

شکل ۷ــ۱۶

۲ــ شکستگی‌ها

هرگاه سنگ‌ها تحت تأثیر نیروهای کششی یا برشی قرار گیرند (شکل ۸ ــ۱۶ــ الف و ب). تغییر شکل‌های ایجاد شده در سنگ‌ها به‌صورت «شکستگی» نمایان می‌شود. حاصل شکستگی سنگ‌ها به‌صورت «درز» و «گسل» است.

الف ــ افزایش ابعاد در امتداد نیروی کششی



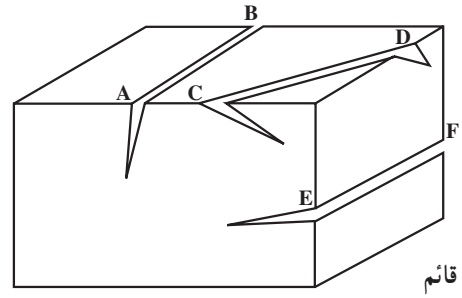
ب ــ نیروهای زوج در یک سطح تأثیر گذاشته نقش مهم در پدیده‌ی شکستگی دارد.

شکل ۸ ــ۱۶

۱ــ Anticline ۲ــ Syncline

درزها و گسل‌ها از نظر تشکیل کانسارها و تجمع آب‌های زیرزمینی، نیز احداث تونل‌ها و سازه‌های مهندسی اهمیت دارند.

درز: نوعی شکستگی است که در بین بخش‌های شکستگی، هیچ گونه جابه‌جایی انجام نشده است. درز ممکن است به‌صورت «قائم»، «مایل» یا «افقی» باشد. طول درز ممکن است از چند سانتی‌متر تا چندین صدمتر تغییر کند.



AB: درز قائم
CD: درز مایل
EF: درز افقی

شکل ۹ــ۱۶

گسل‌ها[1]: گسل‌ها شکستگی‌هایی هستند که در آن‌ها دو دیواره‌ی سطح شکستگی نسبت به‌هم حرکت کرده است. میزان جابه‌جایی گسل‌ها از چند سانتی‌متر تا چند کیلومتر تغییر می‌کند.

مشخصات هندسی گسل

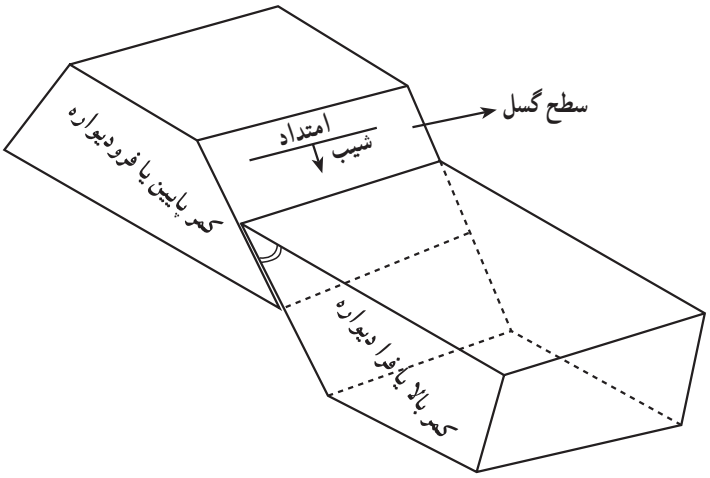
سطح گسل: سطحی است که شکستگی و جابه‌جایی در امتداد آن انجام گرفته است. سطح گسل ممکن است «قائم»، «مایل» یا «افقی» باشد.

امتداد گسل: فصل مشترک بین سطح گسل و سطح افقی را «امتداد گسل» نامند.

شیب گسل: زاویه‌ی بین سطح گسل و سطح افق را شیب گسل گویند.

کمر بالا[2] (فرادیواره): به طبقات سنگی روی سطح گسل، کمر بالا یا فرادیواره می‌گویند.

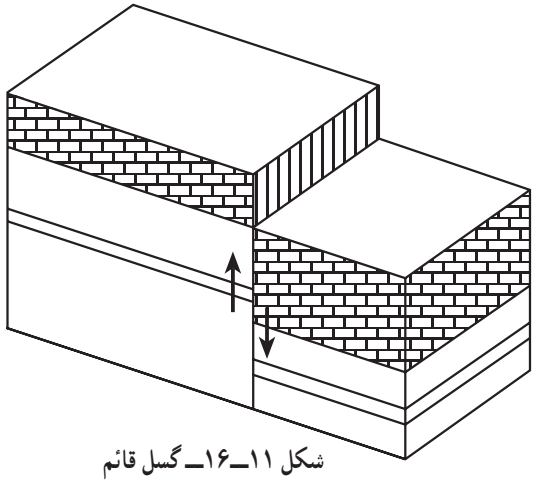
کمر پایین[3] (فرودیواره): طبقات سنگی زیر سطح گسل، کمر پایین یا فرودیواره نام دارد.



شکل ۱۰ــ۱۶ــ مشخصات هندسی گسل

انواع گسل

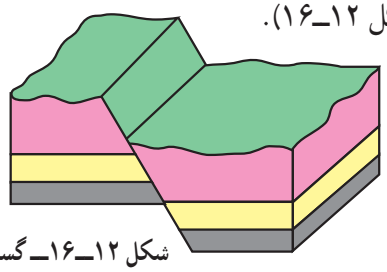
گسل قائم: در این گسل، جابه‌جایی قطعات سنگی در امتداد سطح قائم صورت گرفته است (شکل ۱۱ــ۱۶). در این نوع جابه‌جایی به سطح گسل، «آینه‌ی گسل» گفته می‌شود.



شکل ۱۱ــ۱۶ــ گسل قائم

گسل‌های مایل

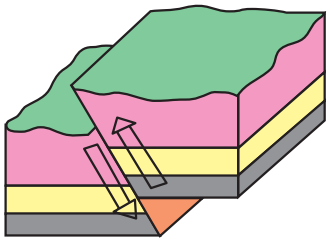
گسل عادی[4]: سطح این گسل مایل است و کمر بالا (فرادیواره) نسبت به کمر پایین (فرودیواره) به سمت پایین حرکت کرده است (شکل ۱۲ــ۱۶).



شکل ۱۲ــ۱۶ــ گسل عادی

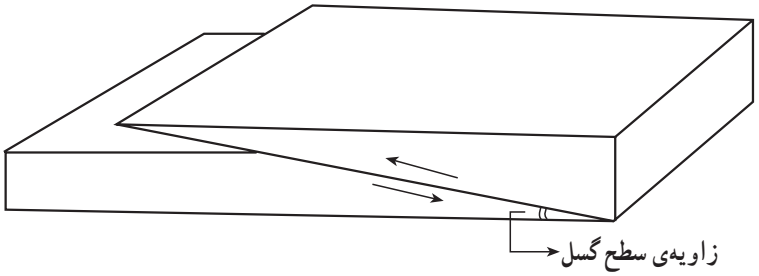
۱ــ Faults ۲ــ Hanging wall ۳ــ Foot wall ۴ــ Normal fault

گسل رانده یا معکوس[1]: گسل رانده باسطح گسل مایل که قطعات سنگی کمر بالا نسبت به قطعات سنگی کمر پایین به سمت بالا حرکت کرده است (شکل ۱۳ــ۱۶).



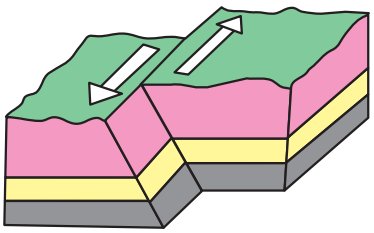
شکل ۱۳ــ۱۶ــ گسل رانده یا معکوس

اگر در گسل‌های رانده مقدار جابه‌جایی بیش از یک کیلومتر و زاویه‌ی سطح گسل کم‌تر از ۱۰ درجه باشد، گسل را «رورانده» گویند (شکل ۱۴ــ۱۶).



شکل ۱۴ــ۱۶ــ گسل رورانده

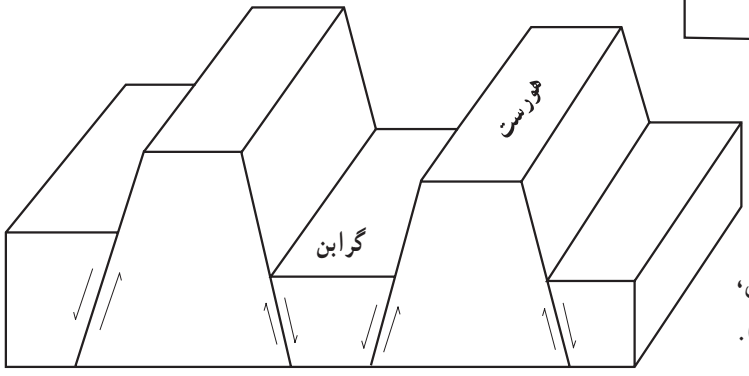
گسل امتداد لغز: در این گسل بر اثر تغییر شکل برشی، قطعات سنگی در امتداد سطح گسل پدید می‌آید (شکل ۱۵ــ۱۶).



شکل ۱۵ــ۱۶ــ گسل امتداد لغز

گسل مرکّب: در صورتی‌که پوسته‌ی زمین به‌وسیله‌ی گسل‌های مایل، در تمام ضخامت خود گسیخته شده باشد تعدادی گسل‌های عادی موازی ایجاد می‌شود.

بخش‌هایی از پوسته‌ی زمین که پایین بیفتند ساختی به‌نام «گرابن[2]» (دره ریفتی) به‌وجود می‌آورند. بخش‌هایی که بالا می‌روند ساختی به‌نام «هورست[3]» (بلندی) ایجاد می‌کنند (شکل ۱۶ــ۱۶).



شکل ۱۶ــ۱۶ــ گرابن و هورست

۱ــ Reverse fault ۲ــ Graben (Rift Valley) ۳ــ Horst

خودآزمایی

۱ــ ساخت‌های اولیه و ثانویه‌ی سنگ‌های رسوبی را توضیح داده، با یک‌دیگر مقایسه کنید.

۲ــ علم تکتونیک چیست؟

۳ــ هر یک از پدیده‌های چین‌خوردگی و گسل چه نوع تغییر شکل‌هایی را تحمل کرده‌اند؟ با رسم شکل توضیح دهید.

۴ــ اصطلاحات «سطح محوری»، «امتداد» و «مرکز چین» را تشریح کنید.

۵ ــ یک تاقدیس و یک ناودیس را از نظر شکل ظاهری و قدمت لایه‌ها مقایسه کنید.

۶ ــ مشخصات هندسی گسل را نام ببرید؟ شیب گسل، کمر بالا یا فرادیواره را توضیح دهید.

۷ــ گسل عادی و معکوس را از نظر جابه‌جایی طبقات سنگی و میزان طویل‌شدگی مقایسه کنید.

۸ ــ گسل مرکب چگونه ساخته می‌شود؟ هورست و گرابن را توضیح دهید.

۹ــ کمربندهای کوه‌زایی جهان را با استفاده از این کتاب و کتاب‌های دیگر مشخص کرده، چگونگی تشکیل رشته کوه‌ها را توضیح دهید.

فصل هفدهم

تاریخ زمین

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ اطلاعاتی درباره‌ی تاریخ زمین به‌دست آورد.

۲ــ چگونگی تعیین سن در زمین‌شناسی را شرح دهد.

۳ــ روش تعیین سن نسبی و سن مطلق را توضیح دهد.

۴ــ چگونگی تقسیم‌بندی تاریخ زمین، شامل دوران‌ها و دوره‌های مختلف را بیان کند.

۵ــ دوران‌ها و دوره‌های زمین‌شناسی را شرح دهد.

تاریخ زمین

مقدمه

موضوع تاریخ زمین و تحولات گذشته‌ی آن همواره ذهن دانشمندان بسیاری را به خود مشغول داشته که کوشش‌های فراوانی برای یافتن آن صورت گرفته است. دانشمندان گذشته که از روش‌های دقیق برخوردار نبودند ؛ از این‌رو نتایج حاصل چندان با واقعیت‌هایی که امروزه به آن‌ها دست‌یافته‌ایم مطابقت نداشته است ؛ برای مثال «بوفن»[1] فرانسوی عمر زمین را ۷۵ هزار سال، «جولی»[2] ایرلندی عمر اقیانوس‌ها را ۹۰ تا ۱۰۰ میلیون سال و «سولاس»[3] انگلیسی عمر رسوبات زمین را ۲۶ تا ۷۵ میلیون سال تخمین زده‌اند ؛ در حالی که امروزه عمر قدیم‌ترین سنگ‌های یافته شده در کانادا، جنوب افریقا و شوروی سابق حدود ۳ تا ۳/۳ میلیارد سال و عمر تقریبی زمین بین ۴/۵ تا ۵ میلیارد سال برآورد شده است و جالب آن که این مقدار با عمر تخمینی سنگ‌های آسمانی نیز مطابقت دارد. به‌طورکلی در حیطه‌ی علم زمین شناسی، برای تعیین سن و اندازه‌گیری زمان روش‌های مختلفی وجود دارد که در این فصل آن‌ها را شرح خواهیم داد. در ضمن، برای بررسی حوادث گذشته‌ی زمین هرچند که مشاهده نشده باشند از روی آثار و نشانه‌های وقوع آن‌ها به‌صورت تغییرات یا به صورت بقایایی که در سنگ‌ها حفظ شده‌اند، می‌توان به زمان رخداد آن‌ها یعنی زمان زمین‌شناسی پی‌برد و با مطالعه در حوادثی که امروزه در سطح زمین اتفاق می‌افتد می‌توان در باره‌ی حوادث گذشته‌ی زمین اظهارنظر کرد.

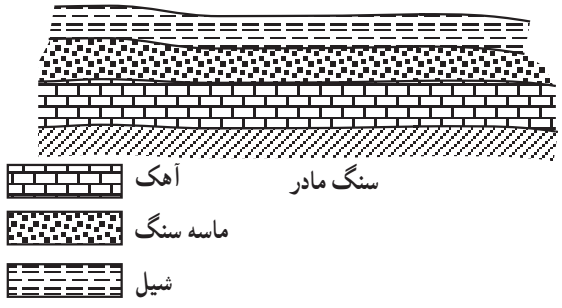
چگونگی تعیین سن در زمین‌شناسی

برای کشف بسیاری از ابهامات مربوط به پیدایش زمین، سن لایه‌ها، توده‌های سنگی و حوادث زمین‌شناسی تاریخ زمین، باید از روش‌های علمی مطمئنی استفاده کرد و پاسخ صحیح را به‌دست آورد. تعیین هرچه دقیق‌تر سن از نظر پی بردن به ارتباط بین لایه‌های رسوبی و توده‌های سنگی، بررسی وضع اقلیمی هر زمان، نیز از نظر اقتصادی می‌تواند مفید واقع شود. در این زمینه از دو تعریف «سن نسبی» و «سن مطلق» بهره می‌گیریم.

سن نسبی: در «سن نسبی» از مقدار زمانی که بر یک پدیده‌ی زمین‌شناسی گذشته سخن به میان نمی‌آید، بلکه تنها بیانگر آن است که کدام حادثه قبل یا بعد از حادثه‌ی دیگر به وقوع پیوسته است، در سن نسبی به‌طور کلی تقدّم و تأخر حوادث نسبت به هم سنجیده و مقایسه می‌شود.

سن نسبی از راه مشاهده و مقایسه‌ی تقریباً آسان به‌دست می‌آید. زمین شناسان با استفاده از بعضی اصول علمی، سن نسبی را تعیین می‌کنند. یکی از این اصول، اصل «افقی بودن لایه‌های رسوبی» است که به موجب آن هر لایه‌ی بالایی جدیدتر از لایه‌ی پایینی است ؛ با این اعتبار که لایه‌ها بر اثر پدیده‌های زمین‌شناسی برگشته نباشند و توالی خود را حفظ کرده باشند.

از بررسی شکل زیر نتیجه‌گیری می‌شود که سنگ آهک از ماسه سنگ و شیل قدیم‌تر است و شیل از ماسه سنگ و سنگ آهک جدیدتر است.



شکل ۱ــ۱۷

اصل دیگری که زمین شناسان برای تعیین تقدم و تأخّر رسوب‌گذاری لایه‌ها یا هم‌زمانی آن‌ها به کار می‌گیرند اصل «تطابق لایه‌ها»ست. طبقات رسوبی‌ای که رنگ مشخص، بافت یا فسیل‌های معینی به همراه دارند به آسانی می‌توان در فواصل نزدیک با یک‌دیگر مقایسه نمود، اما هرچه فاصله‌ی دو سر رسوب بیش‌تر شود کار انطباق و مقایسه بسیار مشکل‌تر می‌شود. هنگامی که کار تطابق به قاره‌های مختلف بکشد، انطباق و مقایسه بسیار دشوارتر می‌گردد. برای برطرف ساختن این مشکل، کار مطالعه و بررسی را با «فسیل» پی می‌گیرند.

فسیل[4] یا «سنگواره» عبارت است از آثار و بقایای

۱ــ Buffen ۲ــ Julley ۳ــ Sulas ۴ــ Fossill

موجودات زنده‌ی قدیمی که در یک زمان معین می‌زیسته‌اند و در لابه‌لای طبقات رسوبی زمین جسم آن‌ها به سنگ تبدیل شده است، این موجودات فسیل شده به علت دوره‌ی زندگی محدود و کوتاه بودن پیدایش و زوال آن‌ها راهنمای خوبی برای تعیین سن لایه‌ای که در آن یافت می‌شوند، به شمار می‌روند[1]. زمین‌شناسان حدس می‌زنند که رسوبات حاوی فسیل‌هایی از گونه‌های مشابه ــ حتی اگر در قاره‌های مختلف واقع شده باشند ــ به‌طور هم‌زمان تشکیل شده‌اند ؛ بنابراین، سن هر لایه را می‌توان از روی فسیل‌های موجود در آن‌ها مشخص کرد.

مثال: فسیل A مربوط به آمونیت[2]هاست که جانورانی بوده‌اند که در حدود ۱۸۰ میلیون سال قبل می‌زیسته‌اند و فسیل B (توریتلا)[3] نیز به دورانی تعلق دارد که ۷۰ میلیون سال از آن می‌گذرد.

شکل ۲ــ۱۷

با مشاهده‌ی این فسیل‌ها در هر لایه‌ی رسوبی می‌توان پی برد که لایه‌ای که فسیل B در آن یافت شده نسبت به لایه‌ای که در آن فسیل A یافت می‌شود جدیدتر تشکیل شده است. با مقایسه‌ی فسیل‌های موجود در طبقات رسوبی می‌توان به ترتیب قدمت لایه‌های مذکور را تعیین کرد.

برای استفاده از فسیل‌ها برای تعیین سن نسبی لایه‌های رسوبی باید دقت کرد که فسیل‌ها در محل اصلی خود قرار داشته باشند و تحت فرایند جا به جایی به محل جدید منتقل نشده باشند.

سن مطلق: با توجه به این که با سن نسبی فقط تقدم و تأخّر حوادث نسبت به هم تعیین می‌شود، برای تعیین زمان وقوع حوادث نسبت به زمان حال نیز باید معیاری در اختیار داشت. برای این منظور باید از سن مطلق استفاده کرد که براساس آن، زمان پیدایش پدیده‌ها تا به امروز نشان داده می‌شود. روشی که امروزه برای تعیین سن مطلق در زمین‌شناسی متداول است تجزیه‌ی مواد رادیواکتیو در سنگ‌ها و تبدیل آن‌ها به سرب است[4]. اورانیوم، عنصری رادیواکتیو است که به‌ویژه نوعی از آن به‌نام اورانیوم ۲۳۸[5] برای تعیین سن مطلق سنگ‌ها کاربرد زیادی دارد. این عنصر پس از انجام تغییراتی کاهش جرم می‌دهد و به سرب ۲۰۶ تبدیل می‌شود. دانشمندان دریافته‌اند که مدت زمان لازم برای تخریب و کاهش جرم نیمی از هر مقدار اورانیوم ۲۳۸ و تبدیل آن به سرب ۲۰۶ معادل ۴/۵ میلیارد سال است. برای هر عنصر چنین مدت زمانی را عمر آن عنصر می‌دانند.

مطالعه‌ی آزاد

براساس محاسباتی که صورت گرفته یک گرم اورانیوم در طی هر سال $۱/۵۴\times۱۰^{-۱۰}$ گرم سرب تولید می‌کند ؛ از این رو، کافی است مقدار اورانیوم و سرب را در سنگی که سن مطلق آن را می‌خواهیم تعیین کنیم به‌دست آوریم. اگر در سنگی m گرم سرب (۲۰۶) وجود داشته باشد مشخص است که این سنگ در ابتدا حاوی M گرم اورانیوم (۲۳۸) بوده است ؛ بنابراین، با استفاده از فرمول می‌توان محاسبه کرد که M گرم اورانیوم (۲۳۸) در چه مدتی m گرم سرب (۲۰۶) تولید کرده است که از روی آن می‌توان سن مطلق سنگ (A) را تعیین کرد :

$$A=\frac{m}{M\times۱/۵۴\times۱۰^{-۱۰}}$$

۱ــ در پایان کتاب جدول فسیل‌های راهنما برای شناخت دوران‌های زمین‌شناسی آمده است.

۲ــ Amonit

۳ــ Turitella

۴ــ این روش را دانشمندی به‌نام راترفورد (Ruther ford) در سال ۱۹۰۶ برای نخستین بار ابداع کرد.

۵ــ اعدادی که جلوی هر عنصر آمده شماره‌ی ایزوتوپ آن عنصر است.

عناصر دیگری نیز مانند توریوم، روبیدیوم، پتاسیم نیز در روش تعیین سن مطلق به شیوه‌ی نیمه‌ی عمر رادیواکتیو به کار گرفته می‌شود. در جدول زیر ماده‌ی حاصل از تخریب عناصر و زمان نیمه‌ی عمر آن‌ها نشان داده شده است.

جدول ۱ــ۱۷ــ زمان نیمه عمر بعضی از عناصر رادیواکتیو[۱]

ایزوتوپ	ماده‌ی حاصله پایدار	نیمه‌ی عمر	زمانی را که نشان می‌دهند
U_{92}^{238}	Pb_{82}^{206}	۴/۵ میلیارد سال	۱۰۰ میلیون تا
U_{92}^{235}	Pb_{82}^{207}	۰/۷۱ میلیارد سال	۴/۵ میلیارد سال
Rb_{37}^{87}	Sr_{38}^{87}		۱۰۰ میلیون تا
K_{19}^{40}	Ca_{20}^{40} (٪۸۹) A_{18}^{40} (٪۱۱)	۴/۷ میلیارد سال	۴/۵ میلیارد سال ۱۰۰ هزارتا
		۱/۳ میلیارد سال	۱۰۰ میلیون سال
C_{6}^{14}	N_{7}^{14}	۵۷۰۰ سال	تا ۶۰ هزار سال

کربن ۱۴: زمان نیمه‌ی عمر کربن ۱۴معادل ۵۷۳۰ سال است و از آن برای تعیین سن مطلق استخوان، چوب، صدف و بقایای مواد آلی در نمونه‌هایی که قدمت زیادی ندارند استفاده می‌شود. کربن ۱۴ بر اثر فعل و انفعالاتی که در طبقات بالای جو زمین صورت می‌گیرد از نیتروژن ۱۴ به‌دست می‌آید. پراکندگی کربن ۱۴ در تمام نقاط زمین تقریباً یکسان است. از این روش برای تعیین قدمت نمونه‌هایی استفاده می‌کنند که حداکثر ۵۰ تا ۶۰ هزار سال سن دارند.

تقسیم‌بندی تاریخ زمین

تاریخ زمین را با توجه به پیدایش حیات و سنگ‌شناسی و بعضی از فعالیت‌های کوه‌زایی به واحدهای زمانی خاصی تقسیم کرده‌اند ؛ درست همان گونه که در تقویم، سال را به ماه و هفته تقسیم‌بندی می‌کنند. بزرگ‌ترین واحد در این تقسیمات «دوران»[۲] است که خود به تعدادی «دوره[۳]» تقسیم می‌شود، دوره‌ها نیز هریک شامل چند «عهد»[۴] یا دور هستند.

برای آن که مرز زمانی میان این تقسیمات (دوران، دوره و دور) مشخص شود زمین‌شناسان از بعضی شواهد علمی استفاده می‌کنند که عبارت‌اند از : قطع عمل رسوب‌گذاری برای یک مدت طولانی، پیدایش تشکیلات سنگی گوناگون، از همه مهم‌تر پیدا شدن فسیل‌های متفاوت در زمان‌های مختلف که نشان دهنده‌ی انقراض نسل بعضی از جانداران در دوران‌های مختلف است و فصل مشترکی برای تقسیم‌بندی زمان به شمار می‌رود. بر حسب آن‌چه بیان گردید عمر زمین به چهار دوران تقسیم شده است که از قدیم به جدید عبارت‌اند از : «پرکامبرین[۵]»، «پالئوزوئیک[۶]»، «مزوزوئیک[۷]» و «سنوزوئیک[۸]». هر یک از این دوران‌ها خود به دوره‌های خاصی نیز تقسیم‌بندی می‌شوند.

دوران پرکامبرین: دوران پرکامبرین قدیم‌ترین دوران زمین‌شناسی است که بخش عمده‌ی تاریخ زمین را تشکیل می‌دهد[۹]. این دوران با پیدایش زمین آغاز شده و ۶۰۰ میلیون سال قبل خاتمه یافته است. مناطق وسیع بیرون‌زدگی سنگ‌های پرکامبرین را «سپر پرکامبرین» می‌نامند که حاصل چند صد میلیون

۱ــ این جدول برای آشنایی هنرجویان با نیمه‌ی عمر عناصر مذکور آمده و مطالب آن جنبه‌ی حفظ کردنی ندارد.

۲ــ Era　　۳ــ Period　　۴ــ Epoch　　۵ــ Precambrian

۶ــ Paleozoic (دیرینه‌زیستی)　　۷ــ Mesozoic (میان‌زیستی)　　۸ــ Cainozoic (نوزیستی)

۹ــ در حدود $\frac{۷}{۸}$ عمر زمین.

سال فعالیت‌های آتش‌فشانی، کوه‌زایی، رسوب گذاری و دگرگونی در کره‌ی زمین هستند. بیش از نیمی از کانی‌های پر ارزش جهان در سپرهای پرکامبرین وجود دارد که از میان آن‌ها طلا، اورانیوم، نیکل و آهن را می‌توان نام برد. از این دوران به علت سادگی بدن موجودات‌زنده که عمدتاً اسفنج‌ها، ستاره‌ی دریایی، مرجان‌ها و عروس دریایی بوده‌اند، فسیل‌های کمیابی باقی مانده است. در این دوران، زندگی محدود به دریا بوده و در خشکی زندگی وجود نداشته است.

دوران پالئوزوئیک: در این دوران که ۳۶۵ میلیون سال به‌طول انجامید بر اثر فرسایش ارتفاعات و چین‌خوردگی‌های سطح زمین رسوبات ضخیمی تشکیل گردیده‌اند که قطر آن‌ها تا ۳۵ کیلومتر تخمین زده شده است. جانوران دوران پالئوزوئیک بیش‌تر از نوع بی‌مهرگان بوده‌اند و از مهره‌داران ماهی‌ها و نخستین خزندگان و دوزیستان غول پیکر در این دوران می‌زیسته‌اند.

دوران پالئوزوئیک به شش دوره‌ی «کامبرین»[۱]، «اردویسین»[۲]، «سیلورین»[۳]، «دونین»[۴]، «کربنیفر»[۵] و «پرمین»[۶] تقسیم شده است. زندگی روی خشکی در اواسط این دوران آغاز شد. در هر یک از دوره‌های مذکور رخدادهای زمین‌شناسی مهمی در کره‌ی زمین به‌وقوع پیوسته است که شرح آن‌ها مفصل و خارج از برنامه‌ی این کتاب است؛ از این رو، به ذکر برخی از این وقایع اکتفا می‌شود.

دوره‌ی کامبرین: در طی این دوره، رسوبات فراوانی به ضخامت هزاران متر در دریاها روی هم انباشته شده‌اند. زندگی هنوز محدود به دریاها بوده و آب و هوای کره‌ی زمین در این دوره در تمام نقاط زمین به‌طور کلی گرم بوده است، اما آثاری از وجود یخچال‌های طبیعی نیز در استرالیا و چین به‌دست آمده که بیانگر آن است که در برخی از مناطق زمین سرمای شدید نیز وجود داشته است.

دوره‌ی سیلورین: زندگی موجودات در این دوره دیگر منحصر به دریاها نیست، زیرا در اواخر دوره‌ی سیلورین است که نخستین گیاهان و جانوران خشکی (کژدم‌ها) ظاهر شدند.

دوره‌ی دونین: در این دوره چین‌خوردگی معروف «کالدونین» به وقوع پیوسته و تغییرات بسیاری در خشکی‌ها به‌وجود آمده است.

طی این دوره، گیاهان در خشکی توسعه‌ی فراوانی پیدا کردند و ماهیان سعی داشته‌اند که از آب خارج شوند. بعضی از آن‌ها می‌توانستند هم در آب و هم در دریا تنفس کنند. فعالیت آتش‌فشان‌ها در ابتدا و انتهای این دوره شدید بوده است.

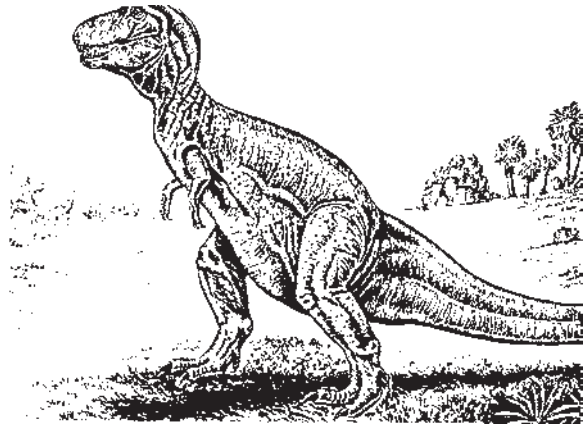
دوره‌ی کربنیفر: در دوره‌ی کربنیفر به دلیل عقب‌نشینی آب دریاها و اقیانوس‌ها در قسمت‌هایی از زمین، جنگل‌های پهناوری با درختان تنومند به‌وجود آمد. در نتیجه‌ی مدفون شدن بقایای این جنگل‌ها و گیاهان در زیر رسوبات سنگی، طبقات متعدد و لایه‌های ضخیمی از زغال‌سنگ تشکیل گردید که امروزه معادن آن‌ها را در کشورهای مختلف جهان کشف کرده استخراج می‌کنند. در دوره‌ی کربنیفر هم‌چنین خزندگان جدیدی ظاهر شدند و حشرات بزرگی پدیدار گردیدند که در آسمان پرواز می‌کردند.

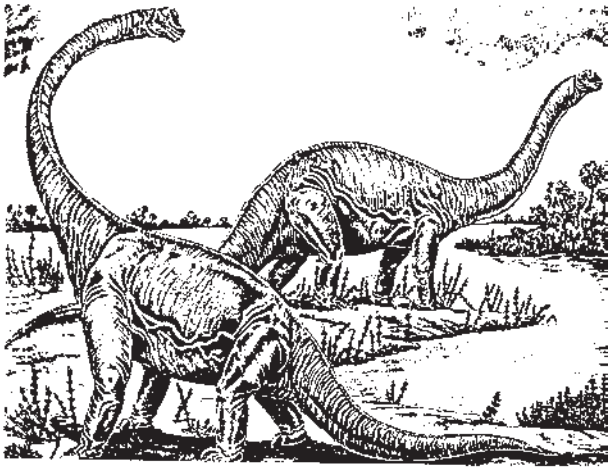
دوره‌ی پرمین: این دوره، متفاوت با دوره‌ی کربنیفر، دارای آب و هوای سرد و خشک بود که موجب یخ‌بندان وسیعی در نیم‌کره‌ی جنوبی گردید؛ هم‌چنین با کاهش آب دریاها، بیابان‌ها توسعه‌ی فراوان یافتند.

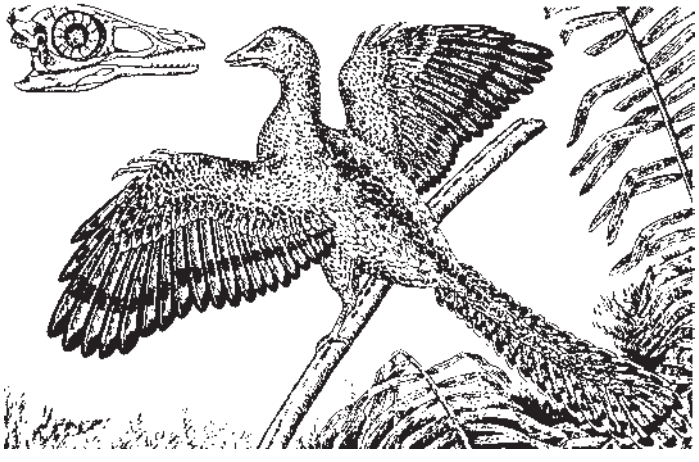
دوره‌ی مزوزوئیک: طی این دوران جانوران و گیاهان تکامل بیش‌تری یافتند. پرندگان نیز در این دوران ظاهر شدند. تنوع خزندگان در این دوران به قدری زیاد بود که آن را «دوران خزندگان» نیز می‌گویند بعضی از انواع این خزندگان تا سی متر درازا داشتند. دوران مزوزوئیک ۱۶۰ میلیون سال به طول انجامید. تغییرات زمین‌شناسی شدیدی در این دوران رخ داده است؛ از جمله خشکی یکپارچه‌ی زمین[۷] به چند مادّه کوچک‌تر تقسیم شد. دوران مزوزوئیک شامل سه دوره‌ی «تریاس»[۸]، «ژوراسیک»[۹] و «کرتاسه»[۱۰] است.

دوره‌ی تریاس: در این دوره آرامش نسبی بر پوسته‌ی زمین حاکم بود و وضع خشکی‌های زمین بدون تغییر و تحول باقی ماند. دایناسورها[۱۱] که از خزندگان قوی و عظیم‌الجثه بودند

۱ــ Camberian
۲ــ Ordovician
۳ــ Silurian
۴ــ Devonian
۵ــ Carboniferous
۶ــ Permian
۷ــ موسوم به قاره‌ی بزرگ پانگه آ.
۸ــ Triussic
۹ــ Jurassic
۱۰ــ Cretaceuus
۱۱ــ Dinosaurer. (به‌معنی خزنده‌ی مخوف)







شکل ۳ــ۱۷ــ دایناسورها

در دوره‌ی تریاس پا به عرصه‌ی وجود گذاشتند.

دوره‌ی ژوراسیک: این دوره دارای چند ویژگی مشخص است، از جمله : تشکیل شدید کوه‌ها، پس‌روی دریاها و گسترش وسیع گیاهان بر روی زمین که بعدها حوضه‌های متعدد و گسترده‌ی زغال‌سنگ را به‌وجود آورده‌اند (کانسارهای زغال‌سنگ ایران و افغانستان مربوط به این دوره است). در اواخر ژوراسیک فعالیت آتش‌فشان‌ها افزایش فراوان پیدا کرد.

دوره‌ی کرتاسه: در این دوره رسوبات بسیاری شبیه به‌گل سفید تشکیل شده و به همین سبب نام این دوره برگرفته از «کرته سه اوز» به معنی گل سفید است. از مشخصات دوره‌ی کرتاسه، شدت حرکات کوه‌زایی پس‌روی آب دریا در آغاز و پیش‌روی آن در آخر دوره و فعالیت روزافزون آتش‌فشان‌ها را می‌توان برشمرد. نسل دایناسورها در این دوره، بر طبق برخی شواهد موجود، منقرض شده است که دلایل زیادی در مورد آن آورده‌اند. بالا و پایین آمدن سطح زمین و کاهش وسعت زیستگاه‌های دایناسورها، فقدان غذای کافی برای ادامه‌ی حیات و نظایر آن از جمله‌ی این دلایل است. نظریه‌ی معتبری نیز وجود دارد که براساس آن، عامل نابودی دایناسورها سرمای شدید هوا در نتیجه‌ی غبارهای حاصل از برخورد شهاب سنگ‌های بزرگ آسمانی با سطح زمین بوده است.

دوران سنوزوئیک[1]: دوران سنوزوئیک دورانی است که طی آن زمین به تدریج به وضعیت امروزی خود نزدیک شده است. طی این دوران که ۶۵ میلیون سال آخر عمر زمین را شامل می‌گردد بر تنوع درختان و گیاهان گل‌دار افزوده شد و تکامل اصلی و ازدیاد پستانداران صورت پذیرفت ؛ هم‌چنین رسوباتی به قطر تقریبی حدود ۴۰۰۰ متر تشکیل شد.

دوران سنوزوئیک به دو دوره‌ی «ترشیاری»[2] و «کواترنری»[3] تقسیم می‌شود که در مجموع پنج دوره‌ی مشخص : «پالئوسن»[4]، «ائوسن»[5]، «الیگوسن»[6] «میوسن»[7] و «پلیوسن»[8]»، هم‌چنین عهد حاضر را در برمی‌گیرد. از لحاظ تغییرات زمین‌شناسی دریاها، خشکی‌ها و قاره‌ها وضعیت کنونی پیدا کرد. جانوران مناطق مختلف زمین با توجه به اوضاع آب و هوایی کره‌ی زمین در این دوران به‌نقاط دیگر مهاجرت کردند یا آن که از بین رفتند. «اما انسان با توجه به قدرت تفکّر، عقل و خلاقیت خود توانست به برتری کامل در کره‌ی زمین دست یابد».

۱ــ یا دوران زندگی نو که از کلمه‌ی یونانی Kainos به معنی نو آمده است.

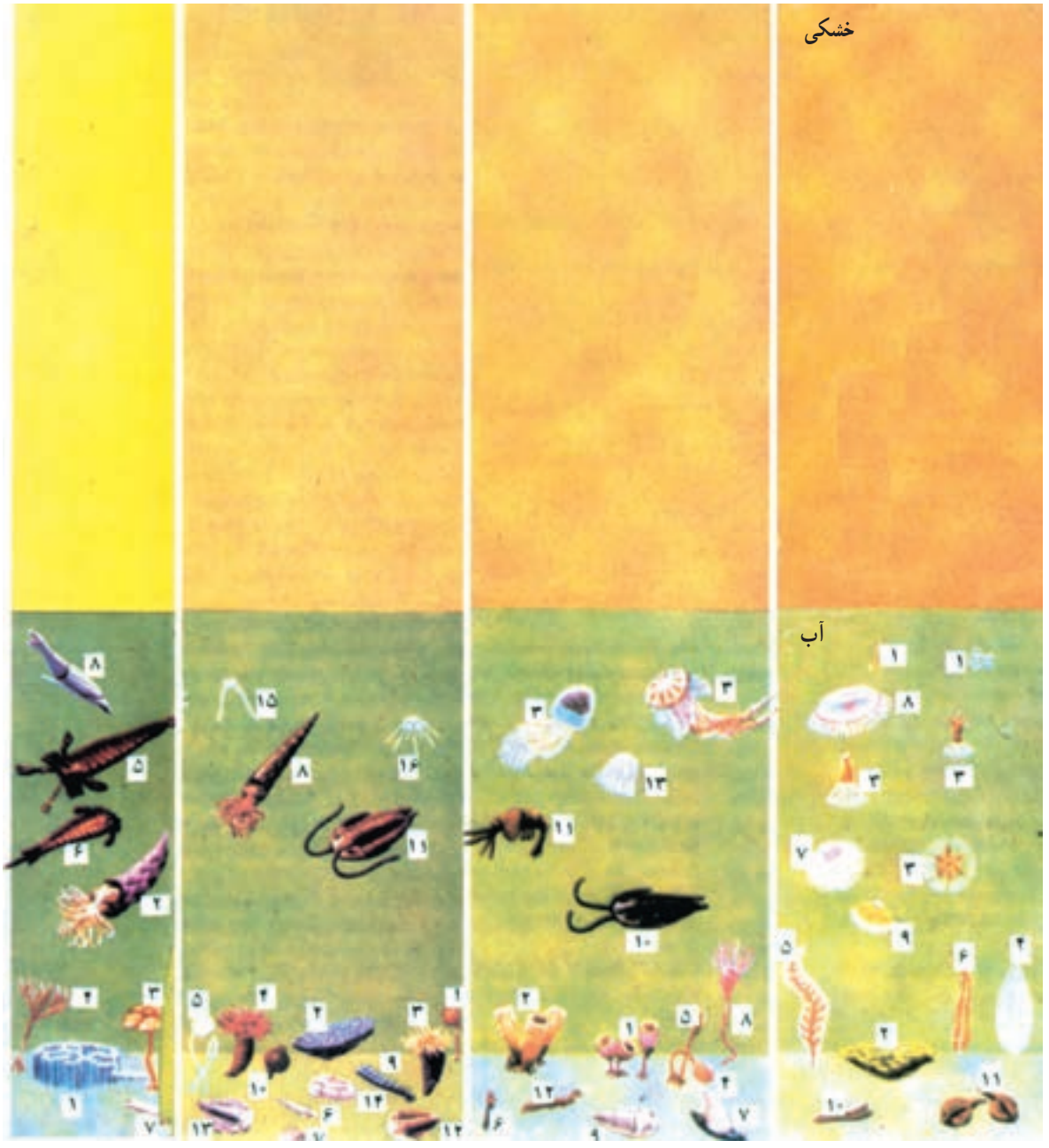
۲ــ Tertiary
۳ــ Quarterary
۴ــ Paleocene
۵ــ Eocene
۶ــ Oligocene
۷ــ Miocene
۸ــ Pliocene

جدول ۲ــ۱۷ــ تقویم زمین‌شناسی*(مقیاس زمان زمین‌شناسی)

ائون	دوران	دوره	دور	آثار حیاتی و حوادث مهم	زمان میلیون سال
فانروزوئیک	سنوزوئیک	کواترنر	هولوسن	گیاهان و جانوران امروزی	۰/۰۱
			پلئیستوسن		۱/۶
		ترسیر	پلیوسن	عصرهای یخ‌بندان	
			میوسن	فراوانی پستان‌داران	
			الیگوسن		
			ائوسن	گسترش و تنوع پستان‌داران	
			پالئوسن	انقراض دایناسورها و بعضی از گونه‌های جانداری	۶۶
	مزوزوئیک	کرتاسه	زمان فراوانی خزندگان	گیاهان گل‌دار	
		ژوراسیک		اولین پرندگان	
		تریاس		فراوانی دایناسورها	
				انقراض تریلوبیت‌ها و گروهی دیگر از جانداران دریایی	۲۴۵
	پالئوزوئیک	پرمین	زمان فراوانی دوزیستان	اولین خزندگان	
		کربنیفر		فراوانی دوزیستان و گیاهان نهان‌زادان آوندی	
		دونین	زمان فراوانی ماهی‌ها	فراوانی ماهی‌ها ــ اولین فسیل حشرات	
		سیلورین		اولین گیاهان خشکی‌زی	
		اردوویسین	زمان فراوانی بی‌مهرگان	اولین ماهی‌ها	
		کامبرین		اولین جانوران صدف‌دار ــ تریلوبیت‌ها	
				پرسلولی ساده در دریا ــ به‌وجود آمدن جلبک‌ها	۵۷۰
کریپتوزوئیک	** پروتروزوئیک آرکئن			تک‌سلولی‌ها	
				به‌وجود آمدن کلروفیل و اولین موجودات فتوسنتزکننده (سیانو باکتری)	۲۵۰۰
				به‌وجود آمدن ئیدرات کربن ــ باکتری‌های ابتدایی و آمینواسیدها	
				قدیمی سنگ‌های شناخته شده	۳۸۰۰
	هادئن			اقیانوس‌ها به وجود آمدند. اتمسفر مرکب از دی‌اکسید کربن و گوگرد و بخار آب	
				پوسته‌ی زمین تشکیل شد.	
				پیدایش منظومه‌ی شمسی	۴۶۰۰

* اطلاعات این جدول صرفاً برای آگاهی است.

** به این سه دوران، دوران پرکامبرین نیز می‌گویند.



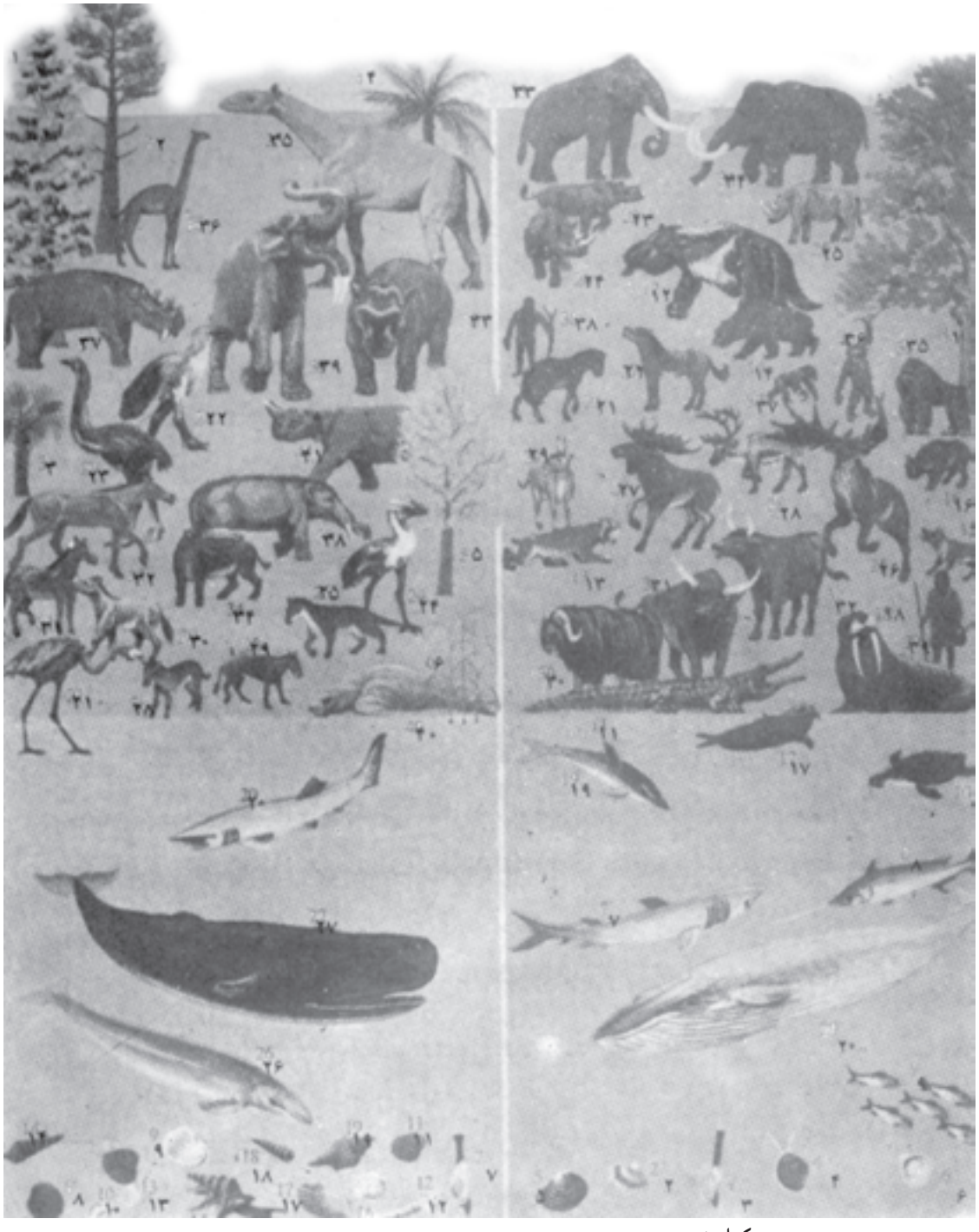
شکل ۵ــ۱۷ــ موجودات زنده در دوران پرکامبرین و دوره‌های کامبرین، اردوویسین و سیلورین

دونین　　کربنیفر　　پرمین

شکل ۶ــ۱۷ــ جانوران دوره‌های دونین، کربنیفر و پرمین

کرتاسه ژوراسیک تریاس

شکل ۷ــ۱۷ــ جانوران دوران مزوزوئیک



ترشیاری

کواترنری

شکل ۸ــ۱۷ــ اوضاع حیاتی دوران سنوزوئیک

جدول ۳ـ۱۷ـ چارت نمایش‌دهنده‌ی زمان در زمین‌شناسی استفاده می‌شود.
و فسیل‌های راهنمای هر دوره که از آن‌ها برای تعیین تاریخ سنگ‌ها

مطالعه‌ی آزاد

سنگواره‌های راهنمای دوره‌ها

نمای ظاهری سنگواره	نام سنگواره راهنما	زمان آغاز دوره (میلیون سال قبل)		نام دوره
	Equus	2	Quaternary	کواترنری
	Turritella	70	Tertiary	ترشیاری
	Inoceramus	135	Cretaceous	کرتاسه
	Eoderoceras	180	Jurassic	ژوراسیک
	Monotis	225	Triassic	تریاسیک
	Neospirifer	270	Permian	پرمین
	Dictyoclostus	325	Pennsylvanian	پنسیلوانین
	Muensteroceras	350	Mississippian	می‌سی سی‌پین
	Phacops	400	Devonian	دونین
	Pentamerus	440	Silurian	سیلورین
	Rafinesquina	500	Ordovician	اردوویسین
	Paradoxides	600	Cambrian	کامبرین

جدول ۳ـ۱۷

خودآزمایی

۱ــ چگونه می‌توانیم از حوادث گذشته‌ی کره‌ی زمین به اطلاعاتی دست پیدا کنیم، در حالی که از وقوع آن‌ها میلیون‌ها سال می‌گذرد و هیچ‌یک از این حوادث را مشاهده نکرده‌ایم؟

۲ــ تفاوت میان سن نسبی و سن مطلق را با ذکر یک مثال شرح دهید.

۳ــ چه عناصری برای اندازه‌گیری سن مطلق به کار می‌برند؟ از کدام خاصیت آن‌ها در این زمینه استفاده می‌شود؟

۴ــ واحدهای زمان در زمین‌شناسی را به ترتیب نام ببرید ؛ و دوران‌های مهم زمین‌شناسی را برشمارید.

۵ــ تفاوت فسیل‌های بین دوران پرکامبرین و دوران سنوزوئیک در چیست؟ (از لحاظ فراوانی و از حیث نوع موجوداتی که این فسیل‌ها از آن‌ها تشکیل شده‌اند.)

۶ــ اهمیت دوره‌ی کربنیفر و دوره‌ی ژوراسیک از لحاظ پیدایش چه نوع کانسارهایی درخور توجه است؟ نام دو کشور را بگویید که دارای این کانسارها هستند.

۷ــ دوره‌های تریاس و کرتاسه چه نقش مشخصی در زندگی دایناسورها داشته‌اند؟

۸ــ برای هر یک از این دوره‌ها وقوع یک رویداد یا پدیده‌ی مهم را بیان کنید :

الف ــ پرمین،

ب ــ تریاس،

ج ــ کرتاسه.

فصل هجدهم

زمین در خدمت انسان

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ دامنه‌ی بهره‌برداری انسان از زمین را توضیح دهد.

۲ــ روند بهره‌گیری انسان از منابع معدنی را شرح دهد.

۳ــ اهمیت منابع معدنی فلزی در زندگی انسان را بیان کند.

۴ــ گستره‌ی کاربرد منابع معدنی غیرفلزی را توضیح دهد.

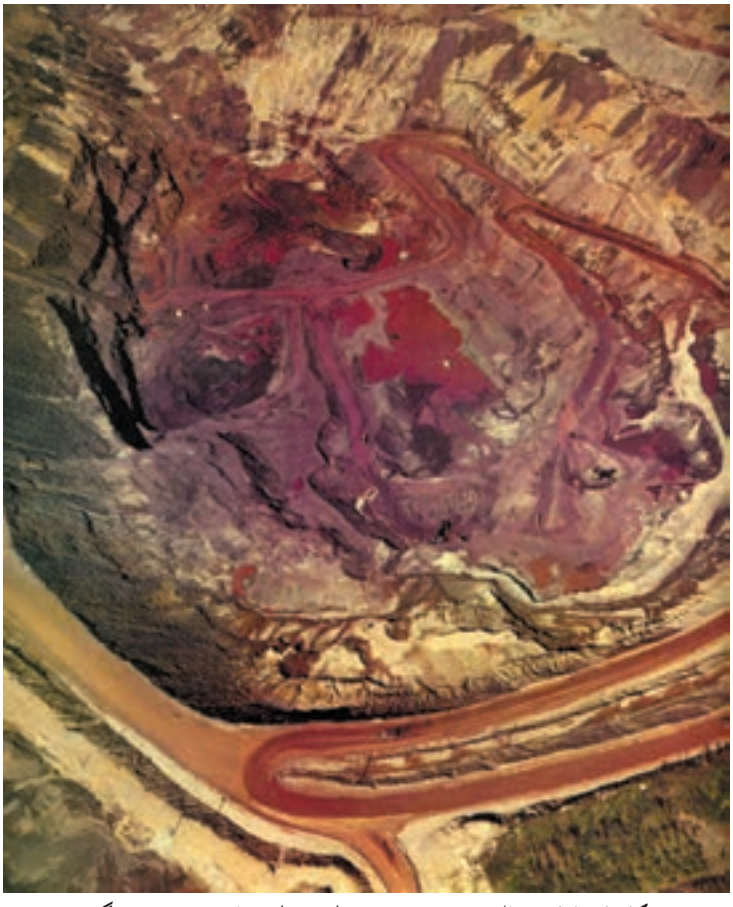
۵ــ منابع سوخت و انرژی یعنی نفت، گاز و زغال‌سنگ را شرح دهد.

۶ــ منابع انرژی‌های جدید را بیان کند.

زمین در خدمت انسان

دامنه‌ی بهره‌برداری انسان از زمین

از زمانی که انسان زندگی خود را بر روی کره‌ی‌زمین آغاز نمود با استفاده از توانمندی‌ها و استعدادهای خود توانست منابع گوناگون موجود در زمین را شناسایی و از آن بهره‌برداری کند. بشر ابتدا با استفاده از گیاهان و جانوران، بخشی از نیازمندی‌های خود را در زمینه‌ی خوراک و پوشاک تأمین می‌کرد و سپس به‌تدریج کشاورزی، دام‌پروری، ماهی‌گیری را فراگرفت تا این که بعدها موفق شد با کندوکاو بیش‌تر منابع زیرزمینی را کشف و بهره‌برداری کند و برخی از احتیاجات خود را با استخراج فلزات و کانی‌های غیرفلزی، به‌گونه‌ی سوخت و انرژی مصالح ساختمانی، منابع آبی و نظایر آن، برطرف سازد. با ازدیاد روزافزون جمعیت و بالارفتن سطح کمی و کیفی معیارهای زندگی تقاضای فراوانی برای بهره‌گیری از معادن و ذخایر نفتی و گازی، آب‌های زیرزمینی برای توسعه‌ی فعالیت‌های اقتصادی، صنعتی و کشاورزی به‌وجود آمده است، از این رو، انسان ناگزیر برای دست‌رسی به خواسته‌های خود، به‌گونه‌ای گسترده در ترکیب طبیعت و چهره‌ی زمین دست می‌برد و ضمن ایجاد تغییرات در سیمای زمین، روند طبیعی فعالیت‌های آن را مختل می‌سازد. زمین‌شناسان و پژوهشگران علوم زمین ناگزیر هستند با مطالعه‌ی دقیق عملکرد و چرخه‌های طبیعی زمین، میزان و چگونگی دخالت انسان در طبیعت زمین را مشخص کنند تا انسان بتواند از ثروت‌های سرشار نهفته در زمین استفاده‌ی کامل کند. لازمه‌ی این امر آن است که قبل از هرگونه عملیات بزرگ، مانند شهرسازی، سدسازی، استخراج معادن، راه‌سازی و توسعه‌ی کشاورزی، از طریق گردآوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات، تأثیرات و پیامدهای این گونه فعالیت‌ها را در محیط بررسی کند ؛ سپس آگاهانه به آن عمل نماید.



شکل ۱ــ۱۸ــ فعالیت بشر در زمینه‌ی استخراج منابع معدنی ــ بزرگ‌ترین معدن سنگ آهن روباز جهان در آمریکا.

روند بهره‌گیری انسان از منابع معدنی

بشر تنها موجودی است که از میان تمامی مخلوقات برای دست‌یابی به گنجینه‌های عظیم موجود در زمین به تلاش برخاسته و ابزارآلات گوناگونی را برای این منظور ساخته است. انسانِ نخستین با کاوش زمین در عصر حجر به سنگ چخماق دست یافت و به تدریج نسل‌های بعد با حفر زمین به ذخایر گرانبهای دیگری در درون آن پی برد ؛ بنابراین، تاریخ معدن‌کاری جهان معادل تاریخ تمدن بشر است. بیش‌تر مواد معدنی کشف شده برمقدار استخراج آن‌ها نیزافزوده است و این امر به‌دلیل ترقی سطح‌زندگی بشر و نیز به سبب افزایش جمعیت جهان است. آن چه در این میان شایسته‌ی ذکر است این که نیاز انسان به منابع معدنی در آینده نیز نه تنها روبه کاهش نمی‌رود بلکه بیش از پیش فزونی خواهد گرفت. حال آن که ذخایر مواد معدنی هر روز در حال تخلیه شدن هستند ؛ بنابراین، دو راه در پیش است : یا این که باید منابع جدیدی که در نقاط دور از دست‌رس بشر، مانند بستر اقیانوس‌ها و زیر یخ‌های قطبی قرار دارد، اکتشاف و استخراج کرد یا آن که به مصرف کم‌تر مواد معدنی و موضوع بازیافت و استفاده‌ی مجدد از منابع استخراج شده روی آورد.

درباره‌ی میزان دست‌یابی جهان به مواد معدنی در قرن‌های آینده، دانشمندان دیدگاه‌های متفاوتی مطرح نموده‌اند. یکی از نگرش‌ها چنین است که با درنظر گرفتن رشد جمعیت جهان و بهبود وضعیت زندگی بشر و نیاز بیش‌تر به مواد اولیه، هم‌چنین محدود بودن منابع معدنی در پوسته‌ی زمین باید به کمبودهای آتی این مواد توجه کرد. اما دیدگاه‌های دیگری نیز عنوان گردیده است که خوش‌بینانه‌تر است و آن این‌که ارقام پیش‌بینی شده درباره‌ی رشد سریع جمعیت جهانی فرضی و تخمینی است و صحت آن مورد تردید است و بشر نیز گام‌های مفیدی در کنترل جمعیت جهان برداشته است و اوضاع آن چنان هم نگران‌کننده نخواهد بود. بر اساس این دیدگاه تغییرات تکنولوژی در آینده به بشر اجازه خواهد داد تا منابعی را که امروزه وجود دارد ولی از لحاظ اقتصادی استخراج آن‌ها مقرون به صرفه نیست در آینده بهره‌برداری کند. کما این که امروزه در مقایسه با گذشته، بسیاری از منابعی که استخراج می‌شوند، استخراج ناپذیر شناخته شده، بهره‌برداری آن‌ها غیراقتصادی بوده است. دیدگاه دیگری نیز به‌این صورت مطرح است که مواد جدیدی جای‌گزین مواد معدنی قدیمی می‌شوند و کاربرد مواد در آینده همانند امروز نخواهد بود، بلکه مواد معدنی یا مصنوعی جدیدی وارد بازار خواهند شد و در نتیجه، برخی از مواد معدنی دیگر کم‌تر مصرف شده سرانجام، بازیابی مواد متداول می‌شود و ضرورت استخراج مواد معدنی کم‌تر احساس می‌گردد. البته هم اکنون بازیابی آهن قراضه ضرورت استخراج معادن آهن و دیگر معادن را کم‌تر کرده است. با این‌همه، آن‌چه مسلم است این که میزان ذخایر بسیاری از منابع معدنی با پیشرفت تکنولوژی اکتشاف و بهره‌برداری، به طورکلی سیر صعودی داشته، با توجه به این که به هر حال منابع معدنی موجود در پوسته‌ی زمین نیز ثابت، تجدید ناپذیر و محدود هستند.

شکل ۲ــ۱۸ــ بهره‌گیری انسان از منابع معدنی در زیرزمین

اهمیت منابع معدنی فلزی در زندگی انسان

امروزه فلزات اساس و بنیان کلیه‌ی فعالیت‌های بشری را تشکیل می‌دهند و به عبارتی، فلزات زیربنای تمدن انسان عصر حاضر به شمار می‌رود. میزان تقاضا برای فلزات مختلف، مدام رو به افزایش است. در اوایل قرن نوزدهم برای هر فردی در روی کره‌ی زمین کم‌تر از یک کیلوگرم فلز تولید می‌شد ؛ در حالی که این رقم امروزه شاید بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم و حتی بیش‌تر باشد. امروزه بشر در کم‌تر زمینه‌ای است که با فلز سروکار نداشته باشد. فلزاتی مانند آهن، مس، آلومینیوم، سرب، روی، قلع، نیکل، کروم، کبالت، طلا، نقره، پلاتین و ده‌ها فلز شناخته‌شده‌ی دیگر و آلیاژهای مختلف آن‌ها توانمندی بشر را برای دست‌یابی به توسعه‌ی صنعتی و اقتصادی، و رفاه و آسایش صدچندان کرده است. فلزات برای ساختن اسکلت ساختمان‌های بلندمرتبه، پل‌های عریض و طویل بر روی رودخانه‌ها و حتی دریاچه‌ها، شبکه‌های متراکم خطوط آهن، خطوط انتقال نیرو، کشتی‌های غول آسای اقیانوس پیما، سلاح‌های پیشرفته‌ی جنگی نظیر توپ و تانک و مانند آن، هواپیماها و موشک‌های فضایی، انواع ماشین‌آلات صنعتی، لکوموتیوها، واگن‌ها، اتوبوس‌ها، کامیون‌ها، اتوموبیل‌ها، لوازم خانگی و هزاران وسایل دیگر به‌کار می‌روند و در فعالیت‌های آینده‌ی بشری در زمینه‌ی مهندسی، تکنولوژی و صنعت و سایر عرصه‌های فعالیت‌های اقتصادی نه‌تنها از مصرف فلزات کاسته نخواهد شد بلکه بر میزان مصرف جهانی آن افزوده خواهد شد ؛ بنابراین ؛ مشاهده می‌کنیم که میلیاردها تن فلز که سنگ آن‌ها از پوسته‌ی زمین استخراج شده چه نقش عظیمی در زندگی انسان عصر حاضر و نسل‌های آینده ایفا می‌کند.

شکل ۳ــ۱۸ــ مواد معدنی تبدیل یافته به فراورده‌های مختلف

منابع سوخت و انرژی

تا حدود سال ۱۸۰۰میلادی بیش‌تر انرژی مورد نیاز دنیا از سوزاندن چوب به‌دست می‌آمد، اما در خلال قرن نوزدهم زغال‌سنگ جای آن را گرفت. تا سال ۱۹۲۵ نفت و گاز به مقدار خیلی محدودی به مصرف می‌رسید که به تدریج کاربرد آن‌ها توسعه یافت ؛ به‌طوری که در سال ۱۹۷۵حدود ۴۰ درصد انرژی جهانی از نفت، ۲۰درصد از گاز طبیعی و ۴۰درصد از زغال‌سنگ تأمین می‌شد. تقاضای جهانی برای این منابع انرژی دایماً روبه ازدیاد است. با آن که در طول دهه‌های آینده کمبودی از لحاظ دست‌رسی به این منابع پیش‌بینی نمی‌شود، اما در هر صورت منابع انرژی مذکور به‌طور پیوسته در حال کاهش بوده از این رو، در روش مصرف آن‌ها باید تجدیدنظر صورت بگیرد، زیرا درغیراین‌صورت بشر با بحرانی جدی روبه‌رو خواهد شد. آن چه زمین‌شناسان و اقتصاددانان را نگران کرده است سرعت افزایش مصرف است. در حال حاضر انرژی مورد استفاده‌ی بشر به‌طور تقریبی در هر ده سال دو برابر می‌شود و تا چند سال آینده فاصله‌ی عظیمی بین نیازهای جهانی و انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی پدید خواهد آمد.

گستره‌ی کاربرد منابع معدنی غیرفلزی

تعداد منابع معدنی غیرفلزی مختلفی که امروزه به‌منظور برطرف ساختن نیازهای مختلف بشر استخراج می‌شود، پراکنش جغرافیایی آن‌ها بسیار فراوان و گسترده است. سنگ‌های آهکی و انواع سنگ‌های آذرین از گذشته‌های دور در کارهای ساختمان‌سازی، راه‌سازی، کف‌پوش معابر و خیابان‌ها، سدسازی و پی‌سازی بناها به کار می‌رفته است. صنعت تراش سنگ و استخراج و بهره‌برداری از معادن سنگ، پیشینه‌ی چند هزار ساله دارد. آثار باستانی معروفی نظیر اهرام ثلاثه‌ی مصر، بناهای زیبای تخت‌جمشید و ده‌ها نمونه‌ی دیگر گواه این امر است. سنگ به‌صورت مصالح گوناگونی همچون مالون، لاشه و پلاک نیز به‌شکل غیرمستقیم (شن و ماسه) در تهیه‌ی ملات، بتون، آسفالت و نظایر آن هم‌چنان دامنه‌ی کاربرد وسیعی دارد. سنگ‌های تزیینی و نما نیز جایگاه خاصی در فعالیت‌های ساختمان‌سازی دارند. معادن سنگ مرمر و مرمریت، تراورتن، سنگ‌چینی، گرانیت و گابرو در این ردیف قرار دارند. گچ، خاک‌رس، آهک و سیمان نیز به مقیاس گسترده در سراسر جهان به کار می‌روند. سایر مواد معدنی غیرفلزی نیز دارای مصارف بسیار گوناگون هستند و ترکیباتی که از آن‌ها از طریق فرایندهای صنعتی به‌دست می‌آید در کلیه‌ی زمینه‌ها به‌کار گرفته می‌شوند. گوگرد، گرافیت، الماس، و سایر سنگ‌های قیمتی مانند زمرّد، یاقوت، نمک طعام، کائولن، میکا، فسفات‌ها و خاک‌های نسوز جملگی از منابع معدنی غیرفلزی مهمی هستند که بسیار با ارزش بوده مواد اوّلیه‌ی صنایع و کارخانجات گوناگون را فراهم می‌سازند. نکته‌ی درخور توجه این است که متناسب با پیشرفت صنعت و تکنولوژی بر دانش بشری افزوده می‌گردد و زمینه‌های کاربرد جدیدتری برای این مواد معدنی به‌وجود می‌آید که در نتیجه، نیاز به استخراج آن‌ها از پوسته‌ی زمین وسعت می‌یابد. نفت، گاز و زغال‌سنگ نیز از جمله‌ی این منابع هستند که به سبب اهمیت و جایگاه خاصی که امروزه در جهان دارند، آن‌ها را به‌طور جداگانه بررسی و ارزیابی می‌کنیم.

نفت خام: نفت خام، این مایع غلیظ و سیاه‌رنگ، به‌صورتی که از چاه به‌دست می‌آید مصرف مستقیم و مناسبی ندارد. حتی استفاده از آن برای مصارف سوختی هم بدون اشکال نیست ؛ از این رو، باید در پالایشگاه‌های نفت تصفیه شود. با وجود سابقه‌ی طولانی کاربرد نفت، تا همین اواخر مصارف آن بسیار محدود و منحصر بود به امور درمانی، روشنایی، گرمادهی و نفوذ ناپذیرکردن مصالح با قیر نفتی که البته امروزه نفت با طیف وسیعی از فراورده‌های تولیدی و کاربردهای گسترده نقش مهمی در اقتصاد و صنعت بر عهده دارد. قسمتی از فراورده‌های نفتی به‌مصرف تولید انرژی و تأمین سوخت انواع خودروهای سبک و سنگین، هواپیماها و سایر وسایط نقلیه می‌رسد که از آن جمله است : بنزین، نفت سفید، گازوئیل و بنزین هواپیما.

بخشی دیگر از این فراورده‌ها مصارف غیر سوختی دارند. از ترکیب نفت با عناصری مانند نیتروژن، گوگرد، اکسیژن و کلر فراورده‌های پتروشیمی تهیه می‌شود که انواع کودهای شیمیایی، مواد پاک‌کننده، لاستیک، الیاف مصنوعی، و لوازم آرایش از آن جمله‌اند. فراورده‌های نفتی کاربرد دیگری نیز دارند که عبارت‌اند از : قیر برای ساختمان‌سازی و راه‌سازی، و گریس برای

روان‌کردن قطعات انواع ماشین‌آلات و ابزارهای صنعتی و تولوئن در تهیه‌ی مواد منفجره.

جهان غرب که مصرف‌کننده‌ی عمده‌ی نفت به‌شمار می‌آید در فاصله‌ی سال ۱۹۷۲ تا ۱۹۷۳ به سبب عدم دست‌رسی به نفت کافی با مشکلات بسیاری روبه‌رو شد به این ترتیب که بسیاری از مدارس تعطیل شد و سایر فعالیت‌های عمومی متوقف گردید و بعضی از کارخانجات تولیدی ناگزیر به کاهش یا قطع کلی تولیدات خود شدند. تحریم نفتی اعراب در آغاز سال ۱۹۷۴ سبب شد بحران انرژی تشدید شود. در این سال جایگاه‌های فروش، بنزین کافی در اختیار نداشتند. سوخت جیره‌بندی گردید و بازار اتومبیل، به‌ویژه انواع بزرگ آن با کساد مواجه شد و هزاران کارگر بی‌کار شدند. پرواز هواپیمایی بین‌المللی نیز کاهش یافت و بر دامنه‌ی بیکاری نیز افزوده شد.

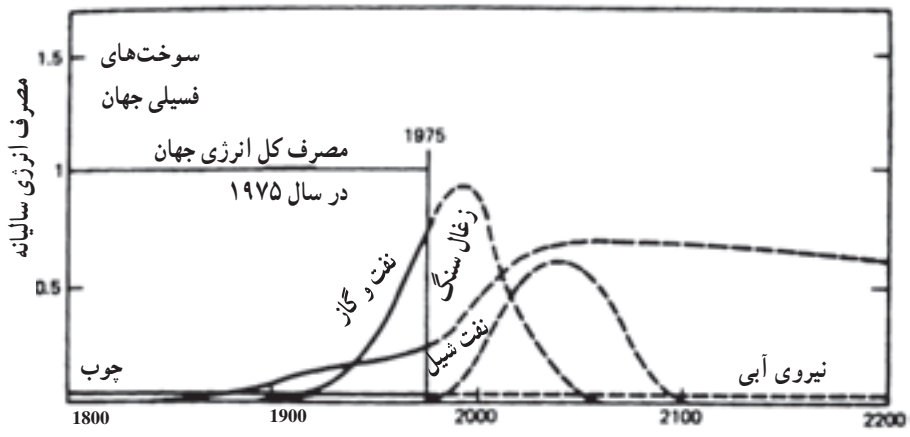
بحران انرژی نشانگر این واقعیت است که کمبود سوخت در آینده محتمل است و رفاه و آسایش مادی بشر نیز تا حد بسیاری به استمرار بهره‌گیری انسان از منابع درون زمین وابسته است. به‌علت مصرف فراوان نفت، دانشمندان اعلام نموده‌اند که تمام منابع نفتی بین سال‌های ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۵ به انتها خواهد رسید و از شیل‌های نفتی و گاز به صورت مکمل نفت و گاز تا سال ۲۱۰۰ استفاده خواهد شد.

گاز طبیعی: نفتی که از چاه خارج می‌شود مقادیری آب و گاز و مواد گوگردی به‌همراه دارد که باید به وسیله‌ی دستگاه‌های جداکننده از یک‌دیگر تفکیک شوند و هر یک با توجه به خواص آن به‌کار گرفته شوند تا همین اواخر گازهای جدا شده از نفت را که همان گاز طبیعی است، زاید می‌شناختند و آن‌ها را غالباً می‌سوزاندند. البته مخازن زیرزمینی خاصی نیز وجود دارند که ذخیره‌ی آن‌ها گاز طبیعی است. گاز طبیعی امروزه نقش مهمی در تأمین انرژی مصرفی بشر در صنایع مختلف و امور خانگی بر عهده دارد ؛ هم‌چنین طی فرایندهای خاصی در پالایشگاه‌های گاز از آن محصولات فرعی، نظیر گوگرد، استخراج می‌شود.

شکل ۴ــ۱۸ــ پالایشگاه گاز

زغال‌سنگ: زغال‌سنگ فراوان‌ترین سوخت فسیلی کره‌ی زمین به‌شمار می‌آید و کهن‌سال‌ترین سوخت معدنی است که پیشینه‌ی برخی از انواع آن به چهارصد میلیون سال می‌رسد. مصرف این ماده‌ی معدنی، براساس اسناد تاریخی به قبل از میلاد مسیح بر می‌گردد و بشر همواره در طول تاریخ از زغال‌سنگ برای تولید گرما استفاده کرده است. با به‌کارگیری ماشین بخار، استخراج تجاری زغال‌سنگ برای حمل و نقل و تولیدات صنعتی گسترش یافت. از سال ۱۸۸۰ به‌بعد زغال سنگ جای‌گزین چوب شد و منبع اصلی انرژی در جهان به‌شمار آمد. کاربرد زغال‌سنگ در صنعت ذوب‌آهن، انقلاب صنعتی را تسریع نمود. پیشرفت‌های گوناگونی که در عرصه‌ی علم و فن‌آوری صورت گرفت دامنه‌ی کاربرد زغال‌سنگ را برای استفاده از مشتقات آن وسیع‌تر کرد ؛ به گونه‌ای که تاکنون بیش از ۴۰۰ نوع ترکیب از زغال سنگ به‌دست آمده است. زغال‌سنگ را می‌توان به صورت منبعی جای‌گزین برای تولید مقادیر انبوه، استفاده کرده آن را به یک سوخت تمیز، بدون خاکستر و گوگرد تبدیل نمود. این سوخت ممکن است گاز استخراج شده از زغال‌سنگ، مایع یا انرژی حاصل از جامد بازسازی شده باشد. با توجه به این که جهان دارای منابع عظیمی از زغال‌سنگ است بهره‌برداری از این منابع، به‌منظور برطرف ساختن نیازهای فعلی و تقاضاهای آینده با بشر، منطقی به‌نظر می‌رسد. با کاهش یافتن ذخایر نفتی جهان، در نیروگاه‌های حرارتی برق و سایر مراکز بزرگ صنعتی به‌تدریج زغال‌سنگ جای‌گزین نفت خواهد شد. زغال‌سنگ در عین‌حال پراکنده‌ترین سوخت فسیلی در زمین است و در بیش از ۲۰۰۰ حوزه‌ی رسوبی زمین یافت شده است. مقدار منابع تخمینی زغال‌سنگ در کره‌ی زمین، بسیار بیش‌تر از نفت یا گاز طبیعی است. ذخایر زغال‌سنگ اقتصادی و استخراج‌پذیر جهان را بیش از ۶۰۰ میلیارد تن برآورد کرده‌اند که در این صورت، نیاز بشر تا حدود ۲۰۰ سال برطرف خواهد شد.

برخی از فراورده‌های مهم حاصل از فرایندهای تبدیلی زغال‌سنگ که امروزه در زندگی بشر پدیدار شده عبارت‌اند از : قطران، آمونیاک، سولفات آمونیوم (به‌صورت کود شیمیایی در مصارف کشاورزی)، نفت خام، قیر، تولوئن، بنزن، نفتالین و گروئوزوت یا جوهر قطران[1].



شکل ۵ــ۱۸ــ روند تولید زغال‌سنگ. نمودار نشان‌دهنده‌ی مقادیر نسبی مصرف سالانه‌ی انرژی در سطح جهان حاصل از سوخت‌های فسیلی و نیروی آب. خط‌های بریده میزان تخمینی مصرف انرژی در آینده هستند. گرچه منابع مختلف، تخمین‌های متفاوتی را ارائه می‌کند. امّا به نظر می‌رسد این الگوی عمومی مورد قبول اکثریت باشد.

۱ــ از جوهر قطران برای محافظت چوب در برابر موریانه استفاده می‌شود.

مطالعه‌ی آزاد

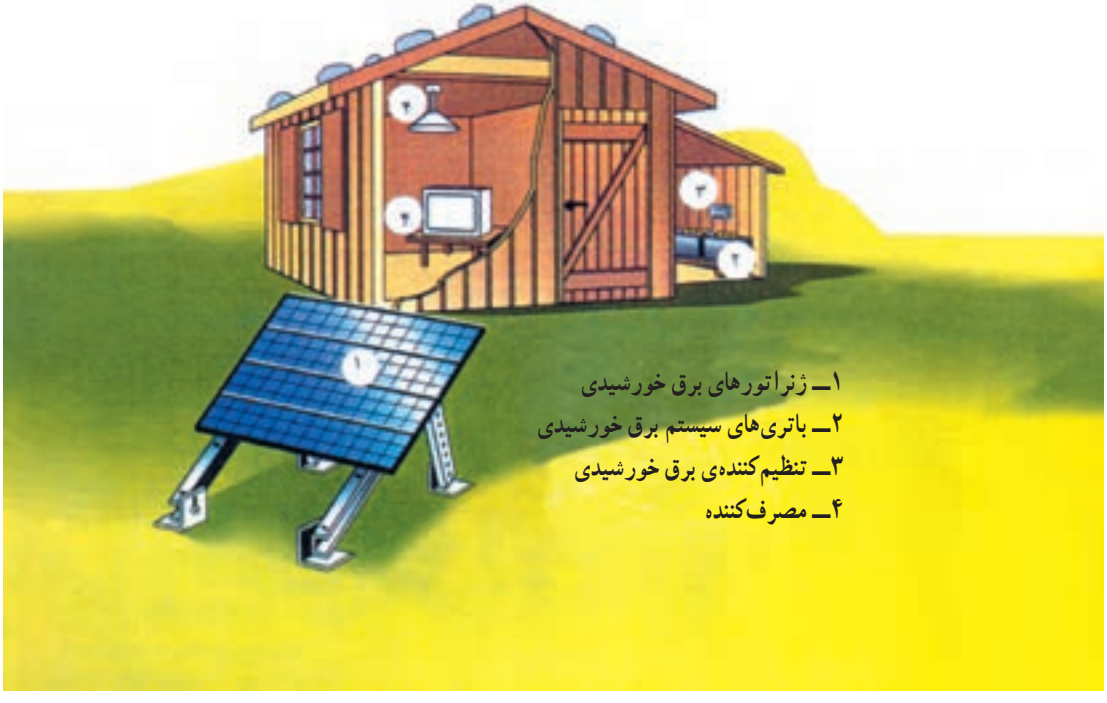
منابع انرژی‌های تجدیدپذیر نوین

در عصر کنونی، انقلاب بزرگی در زمینه‌ی فن‌آوری تولید انرژی در حال تکمیل است. محدودیت و روبه پایان بودن منابع سوخت‌های فسیلی، بروز بحران انرژی در دنیا، هم‌چنین مسئله‌ی آلودگی محیط زیست، ذهن پژوهشگران و محققان را به منابع انرژی‌های تجدید شونده معطوف ساخته که از آن جمله‌اند : انرژی خورشید، باد، امواج و نظایر آن.

انرژی خورشیدی: آینده به انرژی خورشیدی تعلق دارد. سالانه معادل ۹۰۰ هزار میلیارد مگاوات ساعت انرژی به‌صورت اشعه‌ی خورشیدی از زمین دریافت می‌شود. این در حالی است که این مقدار ۱۰ هزار برابر بیش‌تر از انرژی مورد نیاز بشر در سراسر کره‌ی زمین است. این که امروزه باید از انرژی خورشیدی استفاده‌ای به مراتب بیش‌تر و فراگیرتر کرد بر هیچ‌کس پوشیده نیست. یکی از کاربردهای مهم انرژی خورشیدی تبدیل آن به انرژی الکتریکی است که از طریق نیروگاه‌های خورشیدی صورت می‌گیرد. در اصل برای این منظور دو روش وجود دارد که عبارت‌اند از :

۱ــ متمرکز کردن پرتوهای خورشیدی و تبدیل انرژی حرارتی آن‌ها به الکتریسیته، از طریق فرایندهای ترمودینامیکی.

۲ــ تبدیل مستقیم پرتوهای خورشیدی به انرژی الکتریکی، به وسیله‌ی تجهیزات نیمه هادی و فتوولتائیک. روش اول برای دست‌یابی به‌ظرفیت‌های بالاتر انرژی مقرون به صرفه‌تر است.



شکل ۶ــ۱۸ــ کاربرد انرژی خورشیدی در تأمین برق مصرفی یک خانه

پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۰ میلادی ظرفیت تولیدی انرژی از نیروگاه خورشیدی به‌حدود ۲۴۰۰ مگاوات برسد.

سیستم «گرما خورشیدی» نیز برای گرمایش آب به‌طور تجاری کاربرد دارند. استخرهای شنا یا آب مصرفی خانه‌های ویلایی، آپارتمانی، هتل‌ها یا سایر ساختمان‌ها در بخش‌های خدماتی یا تجاری را می‌توان به آسانی به‌وسیله‌ی انرژی خورشید گرم نمود.

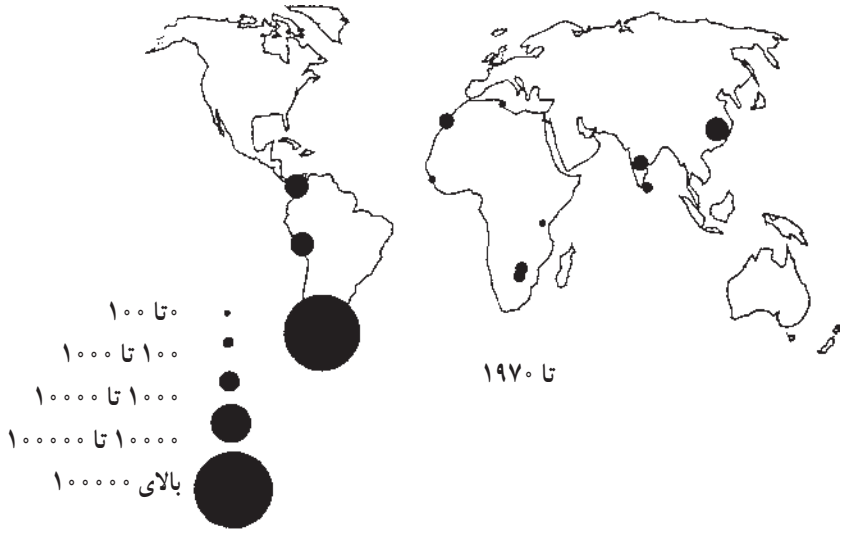
با این سیستم هم‌چنین می‌توان بخش بزرگی از تقاضا برای گرمایش فضای ساختمان را تأمین کرد. با این همه، سطوح بزرگ‌تری برای گردآوری انرژی خورشیدی مورد نیاز خواهد بود.

شکل ۷ــ۱۸ــ کاربرد پمپ‌های خورشیدی ــ تا سال ۱۹۹۷ میلادی در حدود ۲۰۰۰۰ پمپ خورشیدی در جهان نصب و راه‌اندازی شده است. در این پمپ‌ها انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی DC یا AC تبدیل می‌شود. توان کارکرد پمپ‌های فتوولتائیک به مقدار انرژی خورشیدی در منطقه بستگی دارد.

انرژی باد

از روی نقشه‌ی منابع جهانی باد، تخمین زده می‌شود که ۲۷ درصد مساحت خشکی‌های زمین در معرض وزش باد ــ با سرعت متوسط سالیانه بیش از ۱۸ کیلومتر در ساعت ــ در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین قرار دارد. در اثر وزش باد و با استفاده از توربین‌های بادی افقی یا عمودی می‌توان انرژی باد را به انرژی مکانیکی تبدیل نمود و از آن برای پمپاژ آب یا تولید برق، یا از طریق اصطکاکی برای تولید انرژی حرارتی استفاده کرد. فن‌آوری توربین بادی در ۲۰ سال گذشته از توسعه و پیشرفت نسبتاً زیادی برخوردار بوده است. هزینه‌ی شبکه‌های نصب شده در دهه‌ی گذشته به نحو چشم‌گیری کاهش یافته، از این رو انرژی باد در بسیاری از نواحی زمین با منابع انرژی سنتی رقابت می‌کند. از پمپ‌های بادی می‌توان در اکثر نواحی روستایی که آب زیرزمینی دارند استفاده کرد. بیش از یک میلیون پمپ بادی در کشورهای

آرژانتین، آمریکا، آفریقای جنوبی، بوتسوانا، نامیبیا و زیمبابوه ۶۰۰ هزار پمپ بادی نصب شده است.
نصب شده‌اند. در امریکای جنوبی، به‌ویژه در آرژانتین، بیش از



شکل ۸ــ۱۸ــ تعداد پمپ‌های بادی تخمینی در بعضی از کشورهای جهان

شکل ۹ــ۱۸ــ توربین‌های بادی

انرژی زمین گرمایی

انرژی زمین گرمایی یا «ژئوترمال» به حرارتی که در زیر سطح کره‌ی زمین ذخیره شده اطلاق می‌گردد. حرارت ناشی از این انرژی از متلاشی شدن عناصر رادیواکتیو، هسته‌ی مذاب کره، کوه‌زایی، فشار طبقات ضخیم در حوضه‌های رسوبی و واکنش‌های شیمیایی سرچشمه

می‌گیرد. این انرژی بی‌پایان و پاک، از طریق رسانایی و جریان‌های هم‌رفتی آب‌های سطحی و زیرزمینی در پوسته‌ی جامد زمین، انرژی زمین گرمایی را تشکیل می‌دهد. اکتشاف انرژی زمین گرمایی وابسته به دانش زمین‌شناسی است. همان‌گونه که منابع نفتی در ابتدا از طریق مطالعات و عملیات زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی کشف می‌شود ذخایر زمین گرمایی نیز از طریق این مطالعات شناسایی می‌شود. برای بهره‌برداری از این منابع لازم است که به اکتشاف، استخراج و فن‌آوری‌های تبدیل، توجه گردد و نکات زیست محیطی، نیز از نظر دور نماند.

سابقه‌ی استفاده از انرژی زمین گرمایی به‌زمان‌های خیلی دور بر می‌گردد. به‌عنوان مثال در زمان‌های قدیم از این انرژی به‌عنوان حمام‌های آب‌گرم برای مداوای امراض، گرمایش محیط، تهیه‌ی آب‌گرم و غیره استفاده می‌شد.

از ابتدای قرن بیستم تلاش‌های بسیاری به‌منظور تبدیل انرژی زمین گرمایی به‌انرژی برق صورت گرفته است. تولید برق از انرژی زمین گرمایی در سال ۱۹۹۰ به‌حدود ۶۰۰۰ مگاوات در بیش از ۲۰ کشور جهان رسید. در طول ۱۵ سال اخیر فن‌آوری زمین گرمایی از پیشرفت درخور توجهی برخوردار بوده است. این پیشرفت‌ها مشتمل است بر : ساده‌ترین کاربرد، یعنی استفاده‌ی طبی از چشمه‌های آب‌گرم تا استفاده‌ی گسترده در صنایع، کشاورزی و گرمایش مناطق هم‌چنین استفاده‌ی انحصاری بخار خشک تا طیف وسیعی از منابع برای تولید برق.

وجود کوه‌های آتش‌فشانی در شمال، شمال غربی، جنوب شرقی و مرکز ایران، گسل‌های فعال، نیز چشمه‌های آب‌گرم در اکثر نقاط کشور نشان دهنده‌ی این واقعیت است که انرژی زمین‌گرمایی در ایران تاحد بسیاری موجود است.

وزارت نیرو از سال ۱۳۵۳ در مناطق آذربایجان و دماوند اقدام به اکتشاف انرژی زمین گرمایی کرده که طی آن مطالعات دقیقی در این زمینه صورت گرفته است. پیش‌بینی می‌شود فن‌آوری زمین گرمایی به‌زودی در مناطق دورافتاده‌ی ایران به کار گرفته شود و در پی آن توسعه‌ی اقتصادی و گسترش فرهنگ

شکل ۱۰ــ۱۸ــ استفاده از انرژی زمین گرمایی برای تولید برق در کشور نیوزلند

و بهداشت در این مناطق فراهم آید.

انرژی‌های دریایی

دریا ازطریق فرایندهای مختلف فیزیکی انرژی را دریافت و ذخیره نموده سپس آن را آزاد می‌کند. این انرژی به‌صورت امواج دریا، جزر و مد، اختلاف دما و اختلاف غلظت نمک در اعماق مختلف دریا وجود دارد که می‌توان از هر یک از آن‌ها بهره‌برداری نمود. منابع انرژی‌های یاد شده دارای قابلیت بهره‌گیری ازطریق برخی فن‌آوری‌های جدید هستند. پیشرفت‌هایی که در این زمینه صورت گرفته بسیار امیدبخش است.

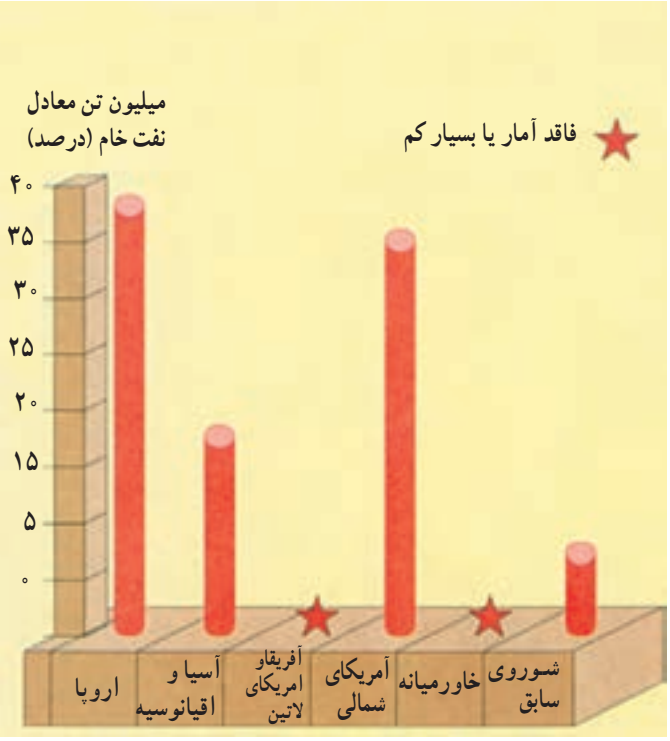
استخراج انرژی از امواج دریا طی قرن اخیر به‌طور جدی موردتوجه بوده است، زیرا قدرت حاصل از امواج دریا غیرآلاینده است و به هر میزان که جای‌گزین سوخت‌های فسیلی شود منافع زیست‌محیطی را در پی خواهد داشت. انرژی امواج، عرصه‌ی مناسبی برای اختراع به‌شمار می‌رود. در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۷۴ تا ۱۹۸۵ بیش از ۲۰۰ دستگاه فقط در کشور انگلستان برای استفاده از انرژی امواج دریا اختراع شده و به‌نظر می‌رسد این مقدار روبه‌افزایش باشد. انتظار می‌رود که تا سال ۲۰۲۰ از انرژی امواج دریا به مقیاس گسترده‌تری نسبت به حال استفاده شود.

استفاده از انرژی جزر و مد آب دریا، سابقه‌ای دیرین دارد. پیشینه‌ی به‌کارگیری این انرژی به‌وسیله‌ی آسیاب‌هایی که با قدرت جزر و مد کار می‌کردند در سواحل اروپا به قبل از سال ۱۱۰۰ میلادی برمی‌گردد. صدها اختراع در ۱۵۰ سال اخیر به‌ثبت رسیده و هنوز هم این روند ادامه دارد. نیروگاه‌های جزرومدی از جمله‌ی این ابداعات هستند، اما تعداد آن‌ها در حال حاضر محدود به چند نیروگاه آزمایشی نظیر نیروگاه جزرومدی ۲۴۰ مگاواتی واقع در فرانسه است.

انرژی حرارتی دریایی نیز به‌گونه‌ی بالقوه در مناطق حارّه و نیمه‌حارّه موجود است و برای استفاده از آن‌ها نیز نیروگاه‌های تبدیل انرژی حرارتی ساخته شده است. این نیروگاه‌ها، جز به‌هنگام تعمیر، به‌طور دایم و نامحدود کار خواهند کرد. با این نیروگاه‌ها می‌توان به‌طور طبیعی آب شیرین نیز تولید کرد و به‌نظر می‌رسد ارزان‌ترین روش برای تهیه‌ی آب شیرین از آب دریا باشد.

انرژی هسته‌ای

هر سوختی قبل از هرچیز بر مبنای حرارتی طبقه‌بندی می‌شود که هنگام احتراق ایجاد می‌کند. از این نظر، سوخت هسته‌ای در مقایسه با سایر سوخت‌ها، جایگاه برتر و ویژه‌ای دارد. حرارتی که از اورانیوم به‌علت تجزیه‌ی هسته‌ای به‌دست می‌آید از منابع مهم انرژی حرارتی در داخل سیاره ماست ؛ بنابراین، توجه‌ی خاصی به آن می‌شود. امروزه صنعت انرژی اتمی به‌سرعت درحال پیشرفت است و بسیاری از کشورها با تأسیس نیروگاه‌های اتمی، کشتی‌هایی ساخته‌اند که با انرژی هسته‌ای کار می‌کند. زمانی انتظار می‌رفت که نیروگاه‌های هسته‌ای انتخاب مطمئنی برای تأمین انرژی‌های موردنیاز بشر باشد اما اکنون طرفداران محیط زیست و بسیاری از دانشمندان به دلایلی همچون حادثه‌های احتمالی، نظیر انفجار در نیروگاه هسته‌ای چرنوبل در شوروی سابق، خطرات تابشی درازمدت و آلودگی‌های گرمایی ازطریق تخلیه‌ی آب گرم به داخل دریاچه‌ها و رودخانه‌ها با توسعه‌ی این نوع نیروگاه‌ها به مخالفت برخاسته‌اند. فضولات مایعی که پس از مصرف سوخت‌های هسته‌ای برجای می‌ماند رادیو اکتیو است و تا ده‌ها هزارسال اثر کشنده و مهلک دارد. روش‌های مطمئن انبارسازی و بی‌خطرکردن این مواد هنوز به‌جایی نرسیده و این زباله برای نسل‌های آینده مسئله‌ای جدّی خواهد بود.



شکل ۱۱ــ ۸ ــمصرف انرژی هسته‌ای در جهان

آن‌چه امروزه به‌صورت مواد باطله به‌دور ریخته می‌شود در سال‌های آینده به‌طور عادی دوباره استفاده می‌شود و مواد جدیدی جای‌گزین مواد کنونی خواهند شد. در سنگ‌های معمولی پوسته‌ی زمین عناصر زیادی وجود دارند که نسبت به منابع کنونی عیار بسیار کم‌تری دارند و سرانجام، روزی فرا خواهد رسید که آن‌ها هم استخراج خواهند شد ؛ هرچند این کار بسیار پرهزینه باشد. کره‌ی ماه نیز شامل منبعی از عناصر شیمیایی است که درصورت نیاز، از آن بهره‌برداری خواهد شد.

امید دانشمندان علوم زمین این است که در آینده تعادل و توازن هماهنگ و معقولی میان چرخه‌های زمین‌شناسی و جامعه‌ی جهانی با جمعیت تثبیت شده، پدید آید.

خودآزمایی

۱ــ پنج نوع از مواد معدنی و منابع مختلفی نام ببرید که بشر با استخراج آن‌ها از زمین نیازهای خود را برطرف می‌سازد.

۲ــ با توجه به این‌که منابع معدنی زمین به‌دلیل استخراج زیاد به‌تدریج درحال اتمام هستند بشر در آینده به چه اقداماتی باید دست بزند؟

۳ــ آیا فعالیت‌های استخراج مواد معدنی از پوسته‌ی زمین رو به کاهش است یا در آینده افزایش خواهد یافت؟ چرا؟

۴ــ چه تغییراتی در جریان است که طی آن در آینده فاصله‌ی بسیاری میان نیازهای جهانی و انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی، پدید خواهد آمد؟

بخش دوم

بخش آزمایشگاه و عملیات صحرایی

توضیح: از مطالب این بخش، سؤال امتحانی کتبی طرح نخواهد شد و اطلاعات ارائه شده صرفاً برای کارهای عملی است.

فصل اوّل

مشخصات زمین

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ انواع مدل‌ها را در آموزش علوم زمین به‌کار ببرد.

۲ــ در تعیین مدارات و نصف‌النهارات، مدل کره‌ی زمین و نقشه را به‌کار ببرد.

۳ــ از یک صفحه‌ی مدوّر و چرخان و منبع نوری (S) مانند چراغ قوه، برای نشان دادن نصف‌النهارات، تعیین زمان‌های مختلف شبانه‌روز و درجات نصف‌النهارات و نظایر آن استفاده کند.

۴ــ موقعیت زمین نسبت به خورشید (تعیین چهارفصل) را با مدل کره‌ی زمین، مشخص نماید.

۵ ــ برای تعیین طول و عرض جغرافیایی نقاط، از مدل کره‌ی زمین و نقشه استفاده کند.

۶ــ اهمیت انحراف محور زمین و تأثیر آن در پیدایش چهارفصل و تابش خورشید را با مدل کره‌ی زمین تعیین کند.

مشخصات زمین

مدل

پدیده‌های متنوع زمین‌شناسی به‌طور دایم طی میلیون‌ها سال، بر اثر عوامل تغییر شکل‌دهنده‌ی درونی و بیرونی حاصل شده‌اند ؛ بنابراین، طرز اثر این عوامل به‌طور مستقیم در طبیعت به‌چشم نمی‌آیند. بلکه آن‌ها را بامدل‌های کم و بیش مشابه با حالات طبیعی در آزمایشگاه، مشاهده و بررسی می‌کنیم.

اشیای حقیقی به بزرگی کره‌ی زمین یا به‌کوچکی اتم هستند. با مدلی مانند مدل کره‌ی زمین یا افلاک نما، شئ واقعی در اندازه‌ی کوچک نشان داده می‌شود. در این صورت، اشیای کوچک را نیز می‌توان در مقیاس بزرگ‌تری نشان داد ؛ مانند مدل تصوری اتم.

مدل‌های اتم یا چگونگی تشکیل زمین براساس اطلاعات جمع‌آوری شده ساخته شده‌اند. چنین مدلی در ابتدا برای تشریح آن‌چه پیش از این مشاهده شده ساخته می‌شود ؛ سپس برای پیش‌بینی رویدادی که مشاهده نشده به‌کار می‌رود.

تعیین مدارات و نصف‌النهارات کره‌ی زمین

وسایل موردنیاز:

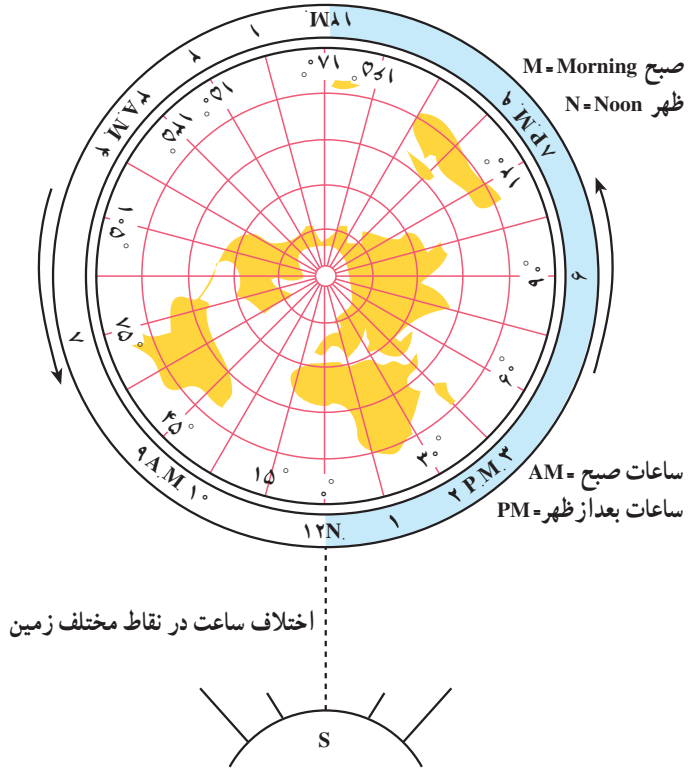
۱ــ نقشه‌هایی که مدارات و نصف‌النهارات روی آن‌ها مشخص است.

۲ــ مدل کره‌ی زمین (کره‌ی جغرافیایی بزرگ)

به این تصویر۱ــ۱ توجه کنید.

اگر چرخ فرضی از جهت غرب به شرق و در مقابل منبع نوری (S) آهسته دوران کند، هریک از خطوط

(به‌منزله‌ی نصف النهارات کره‌ی زمین) از مقابل (S) عبور می‌کند (مانند حرکت ظاهری خورشید از نصف‌النهار هر منطقه).



شکل ۱ــ ۱ ــ حرکت وضعی زمین

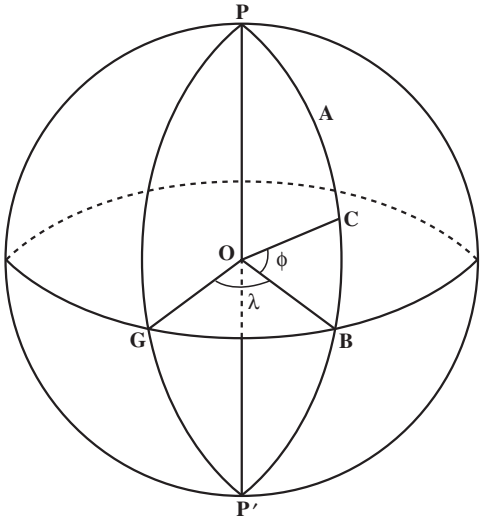
در شکل ۱ــ۱ نصف‌النهار مقابل S را نصف‌النهار مبدأ[1] (O) انتخاب کنید.

فاصله‌ی هر نصف‌النهار را 15° (۱۵ درجه) انتخاب کنید. تقسیم‌بندی تا ۱۲MN چند درجه است؟ فاصله‌های مناسب را روی شکل۱ــ۱ بنویسید.

در این شکل P.M (ساعات بعد از ظهر) و A.M (ساعات صبح) مشخص گردید. هم‌چنین N نشانگر ظهر و M زمان بامداد نشان داده شده است.

نیم‌کره‌ی شرقی و نیم‌کره‌ی غربی را در شکل، نقشه و مدل کره‌ی زمین مشخّص کنید.

روی هریک از نصف‌النهارات ساعت مناسب را بنویسید.



شکل ۲ــ۱ــ نمایش نصف‌النهار و مدار

نصف‌النهارات: دایره‌های فرضی هستند که از دو قطب می‌گذرند.

G : نصف‌النهار مبدأ (از گرینویچ می‌گذرد).

A: نصف‌النهاری که از نقطه‌ی مشخص می‌گذرد.

λ (لاندا) : زاویه‌ی بین نصف‌النهار مبدأ (G) و نصف‌النهار A یا $G\hat{O}B$ بر حسب درجه، دقیقه و یا ثانیه[2] که طول جغرافیایی محل موردنظر است.

مدارات: اگر کره‌ی زمین را با سطوحی فرضی عمود بر محور زمین ($p-p'$) قطع کنیم، در محل برخورد سطح و کره‌ی زمین دایره‌هایی تشکیل می‌شود که به آن‌ها «مدارات» گفته می‌شود. بزرگ‌ترین این دایره‌ها که از مرکز زمین می‌گذرد به‌نام «استوا» معروف است و به‌صورت مبدأ برای تعیین عرض جغرافیایی به‌کار می‌رود.

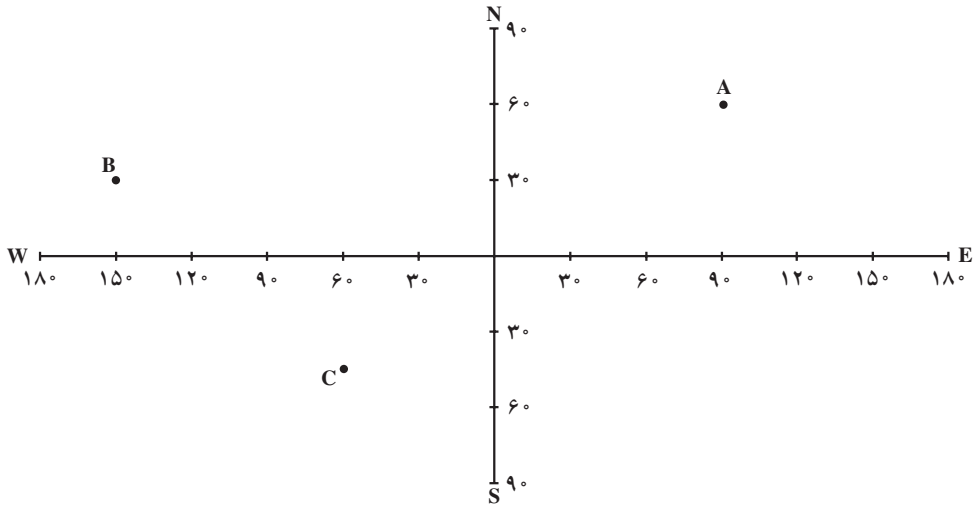
در شکل۲ــ۱ زاویه‌ی بین مرکز زمین O تا نقطه‌ی C (برحسب درجه، دقیقه، ثانیه) **عرض‌جغرافیایی** نقطه‌ی موردنظر نام دارد و با حرف یونانی ϕ (فی) نشان داده می‌شود.

اگر نقطه‌ای در جنوب خط استوا واقع شده باشد طول

۱ــ براساس قراردادهای بین‌المللی، «نصف‌النهار مبدأ» نصف‌النهاری است که از «گرینویچ» (نزدیک شهر لندن) عبور می‌کند.

۲ــ هر درجه ۶۰ دقیقه و هر دقیقه به ۶۰ ثانیه تقسیم شده است.

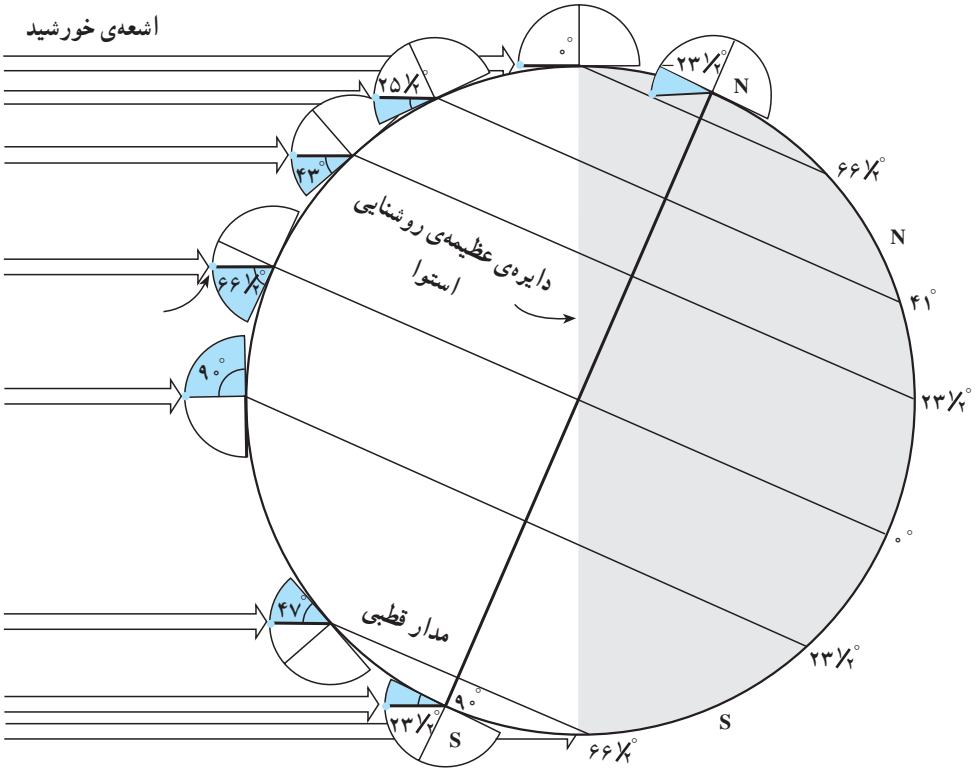
جغرافیایی آن ۳۰° شرقی و عرض آن ۴۵° در نیم‌کره‌ی جنوبی واقع است. براساس شکل ۴ــ۱، محل آن‌را برروی نقشه تعیین کنید.



شکل ۳ــ۱ــ تعیین طول و عرض جغرافیایی روی محورهای جغرافیایی

با توجه به شکل ۳ــ۱ طول و عرض جغرافیایی نقاط A و B و C و موقعیت آن‌ها (موقعیت در نیم‌کره‌ها) را مشخص کنید.

انحراف محور زمین: محور زمین ($p-p'$) نسبت به خط عمود بر صفحه‌ی مدار آن ۲۳/۵ درجه انحراف دارد (شکل ۴ــ۱).



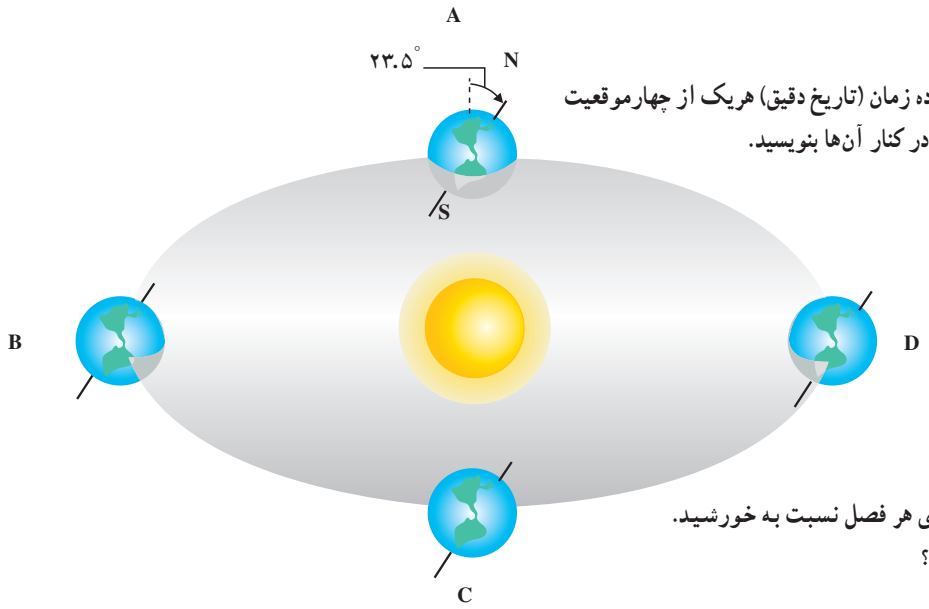
شکل ۴ــ۱ــ مقدار انحراف محور زمین و تأثیر آن در مقدار زاویه‌ی تابش خورشید در عرض‌های جغرافیایی مختلف

مقدار انحراف محور زمین و کروی بودن آن سبب به‌وجود آمدن فصل‌های مختلف سال شده در زاویه‌ی تابش خورشید در عرض‌های مختلف جغرافیایی تأثیر دارند.

در شکل۵ــ۱ موقعیت زمین نسبت به خورشید نشان‌داده شده است، در هریک از موقعیت‌های A، B و C، D نام فصل و وضعیت تمایل محور زمین نسبت به خورشید را تعیین کنید.

جمع‌آوری اطلاعات

این شکل را تفسیر کرده زمان (تاریخ دقیق) هریک از چهارموقعیت زمین راتحقیق کنید و در کنار آن‌ها بنویسید.



موقعیت زمین در ابتدای هر فصل نسبت به خورشید.

علت ایجاد فصل چیست؟

شکل ۵ ــ۱ــ موقعیت زمین نسبت به خورشید ــ پیدایش چهار فصل

با استفاده از مدل کره‌ی زمین و یک منبع نوری، یا مدل افلاک‌نما موقعیت‌های یاد شده را آزمایش کنید.

با استفاده از وسایل و راهنمایی‌های این فصل، عوامل مؤثّر بر آب و هوا (اقلیم) هر منطقه، حرکت وضعی زمین و تأثیر آن برجهت وزش بادها را می‌توانید تعیین و تمرین کنید.

فصل دوم

هوا کره

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ دمای هوا را اندازه‌گیری کند.

۲ــ مقیاس‌های دما را به یک‌دیگر تبدیل نماید.

۳ــ دماسنج تر و دماسنج خشک را در ارتفاع و مکان مناسب نصب کند.

۴ــ ماده‌ی دماسنجی و خاصیت دماسنجی را توضیح دهد.

۵ ــ رطوبت نسبی هوا را اندازه‌گیری کند.

۶ــ یک بادنمای ساده‌ی پارچه‌ای بسازد.

۷ــ با استفاده از بادنما جهت باد را تعیین کند.

۸ ــ سرعت باد را براساس وضعیت‌های مختلف کیسه‌ی باد تخمین بزند.

دمای هوا و اندازه‌گیری آن

دما: دما یا درجه‌ی حرارت نشان‌دهنده‌ی وضعیت گرمایی جسم است ؛ مانند گرم‌تر و سردتر بودن دو جسم مختلف در هنگام لمس کردن.

دمای هوای سطح زمین: در هواشناسی دمای هوای سطح زمین به‌دمای هوای آزادی گفته می‌شود که در ارتفاع ۱/۲۵ تا ۲متر از سطح زمین قرار دارد.

مقیاس‌های دما: در تعیین دما از دو مقیاس، «صدقسمتی» یا سلسیوس و دیگری «فارنهایت» استفاده می‌شود. مقیاس صدقسمتی عمومی‌تر است.

رابطه‌ی بین این دو مقیاس چنین است :

$$\frac{F-۳۲}{۱۸۰}=\frac{C}{۱۰۰}$$

از این دو مقیاس این رابطه‌ها به‌دست می‌آید :

تبدیل سانتی‌گراد به فارنهایت: C مقدار درجه‌ی سانتی‌گراد است.

$$F=\frac{۹}{۵}C+۳۲$$

تبدیل فارنهایت به سانتی‌گراد: F مقدار درجه‌ی فارنهایت است :

$$C=\frac{۵}{۹}(F-۳۲)$$

تمرین

۱ــ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد معادل چند درجه فارنهایت است؟

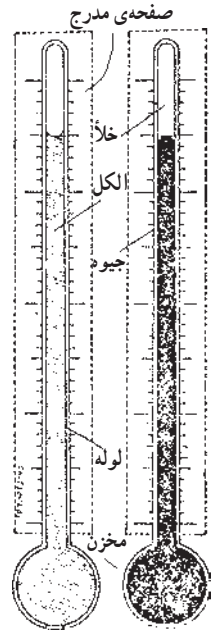
۲ــ۵۹ درجه‌ی فارنهایت معادل چند درجه‌ی سانتی‌گراد است؟

اصول اساسی اندازه‌گیری دما: دماسنج دستگاهی است که به‌منظور تعیین سردی یا گرمی نسبی اجسام دما را اندازه‌گیری می‌کند.

در ساختن دماسنج‌ها ماده‌ی مناسب و کمیتی مناسب که معرف خاصیتی ازاین ماده است انتخاب می‌شود.

دماسنج‌ها

دماسنج‌های مایعی: دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی ساده‌ترین دستگاه‌های اندازه‌گیری دما هستند که براساس انبساط مایع الکل یا جیوه دریک مخزن و انتقال آن به یک لوله‌ی مدرّج باریک می‌توان دما را قرائت کرد(شکل۱ــ۲).



دماسنج جیوه‌ای دماسنج الکلی

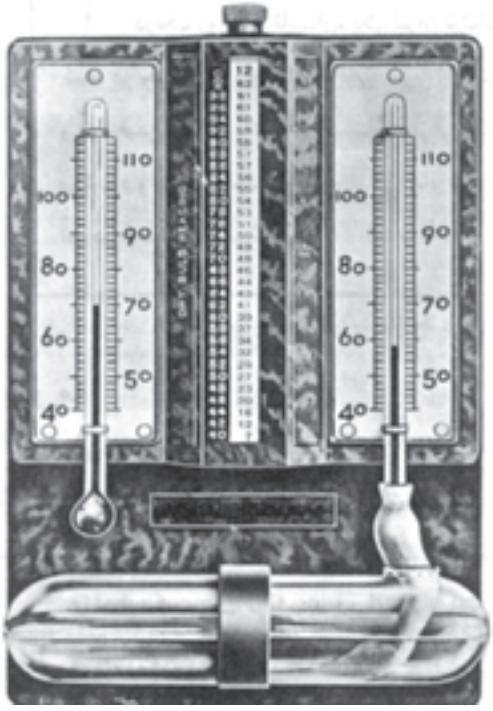
شکل ۱ــ۲ــ دماسنج‌های مایعی

اندازه‌گیری رطوبت هوا

وسایل و مواد موردنیاز: دماسنج تر و دماسنج خشک، جدول‌های موردنیاز.

دماسنج جیوه‌ای معمولی: دقت این دماسنج‌ها معمولاً ۰/۱ درجه‌ی سانتی‌گراد است و در پناهگاه هواشناسی به‌طور قائم (عمودی) نصب می‌شود.

دماسنج تر: این دماسنج مانند دماسنج جیوه‌ای است و فقط مخزن آن‌ها را به‌وسیله‌ی پارچه‌ای به‌طور دایم مرطوب نگه می‌دارند. این دماسنج به‌گونه‌ی عمودی و مجاور دماسنج جیوه‌ای و عمودی قرار می‌گیرد(شکل ۲ــ۲).



شکل ۲ــ۲ــ دماسنج خشک (سمت چپ)، دماسنج تر (سمت راست)

در فصل دوم (هوا کره) واژه‌هایی مانند رطوبت مطلق هوا، رطوبت اشباعی تعریف شده است.

رطوبت نسبی براساس این رابطه به‌دست می‌آید :

$$\text{رطوبت نسبی} = \frac{\text{رطوبت مطلق هوا در یک دمای معین}}{\text{رطوبت مطلق لازم برای اشباع هوا در آن دما}} \times ۱۰۰$$

مثال: دمای هوا $۲۰^{\circ}C$ (۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد) ، رطوبت مطلق ۱۲ گرم در مترمکعب است. رطوبت نسبی چقدر است؟ (رطوبت اشباعی هوا در همان دما ۱۷/۲ گرم در مترمکعب است)

$$\text{رطوبت نسبی } RH = \frac{۱۲}{۱۷} \times ۱۰۰ = ۷۰٪$$

مقدار رطوبت موجود در هوا، ۷۰ درصد مقداررطوبت لازم برای اشباع آن است. در جدول ۱ــ۲، طرز تعیین رطوبت نسبی درجه شده است.

جدول ۱ــ۲ــ رطوبت نسبی

دمای دماسنج خشک	طرز تعیین رطوبت نسبی									
	دمای دماسنج خشک، منهای دمای دماسنج مرطوب									
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	9
10°C	88	77	66	55	44	34	24	15	6	
11°C	89	78	67	56	46	36	27	18	9	
12°C	89	78	68	58	48	39	29	21	12	
13°C	89	79	69	59	50	41	32	22	15	70
14°C	90	79	70	60	51	42	34	26	18	10
15°C	90	80	71	61	53	44	36	27	20	13
16°C	90	81	71	63	54	46	38	30	23	15
17°C	90	81	72	64	55	47	40	32	25	18
18°C	91	82	73	65	57	49	41	34	27	20
19°C	91	82	74	65	58	50	43	36	29	22
20°C	91	83	74	68	59	53	46	39	32	26
21°C	91	83	75	67	60	53	46	39	32	26
22°C	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
23°C	92	84	76	69	62	55	48	42	36	30
24°C	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25°C	92	84	77	70	63	57	50	44	39	33
26°C	92	58	78	71	64	58	51	46	40	34
27°C	92	85	78	71	65	58	52	47	41	36
28°C	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
29°C	93	86	79	72	66	60	54	49	43	38
30°C	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

تمرین

دمایی که در دماسنج خشک نشان داده می‌شود ۲۳ درجه‌ی سانتی‌گراد است. دمای دماسنج تر نیز ۱۴ درجه‌ی سانتی‌گراد است با استفاده از جدول، رطوبت نسبی را تعیین کنید.

دمای دماسنج تر ــ دمای دماسنج خشک

۲۳ − ۱۴ = ۹

با مراجعه به جدول و درنظر گرفتن دمای دماسنج خشک (۲۳ درجه‌ی سانتی‌گراد) و اختلاف دو دما (۹°C)، مقدار رطوبت نسبی ۳۶ درصد است.

رطوبت نسبی مکان‌های مختلف را با استفاده از ابزار یادشده و جدول تعیین رطوبت نسبی محاسبه کنید.

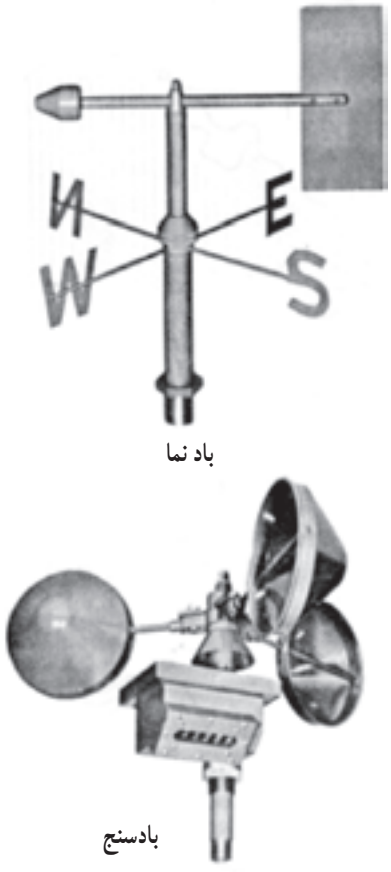
باد

وسایل اندازه‌گیری باد: اندازه‌ی باد را «سرعت باد» نامند. واحد اندازه‌گیری آن متر بر ثانیه (m/s) یا فات است. هر فات برابر ۰/۵ متر بر ثانیه یا۱۸۵۳ متر بر ساعت است.

جهت باد: جهت باد به سمتی گفته می‌شود که باد از آن سمت می‌وزد. جهت باد برحسب درجه اندازه‌گیری می‌شود.

بادنما : وسیله‌ای است که جهت وزش باد را نشان می‌دهد.

نوعی از بادنما، از صفحه‌ی فلزی سنگین یا دو صفحه تشکیل شده که بین آن، دو زاویه‌ی کوچکی وجود دارد و یک سر آن به شکل پیکان است (شکل۳ــ۲). این بادنما براثر وزش باد، آزادانه حول محور قائم می‌چرخد و پیکان، جهت وزش باد را نشان می‌دهد.



شکل ۳ــ۲ــ باد نما و بادسنج

جدول ۲ــ۲ــ سرعت، اثر باد

وضع باد	سرعت باد به متر بر ثانیه	اثر باد
هوای آرام	۰/۵ ــ ۰	دود به‌طور قائم به بالا می‌رود.
نسیم بسیار ملایم	۱/۷ ــ ۰/۶	دود از دودکش بخاری منحرف می‌شود.
نسیم ملایم	۳/۳ ــ ۱/۸	برگ درختان صدا می‌کند و باد در چهره احساس می‌شود.
نسیم نسبتاً ملایم	۵/۲ ــ ۳/۴	شاخه‌های نازک درختان به‌حرکت درمی‌آیند.
نسیم نسبتاً شدید	۷/۴ ــ ۵/۳	ایجاد گرد و غبار می‌کند.
نسیم شدید	۹/۶ ــ ۷/۵	ساقه‌ی نازک درختان به‌نوسان درمی‌آید.
باد نسبتاً تند	۱۲/۴ ــ ۹/۷	شاخه‌های بزرگ درختان به‌نوسان درمی‌آید.
باد بسیار تند	۱۵/۲ ــ ۱۲/۵	تنه‌ی درختان تکان می‌خورند.
باد نسبتاً سخت	۱۸/۲ ــ ۱۵/۳	شاخه‌های نازک و شاخه‌های بزرگ و خشک را می‌شکنند.
باد بسیار سخت	۲۱/۲ ــ ۱۵/۳	شیروانی و سفال پشت بام‌ها را از جا می‌کند.
طوفان	۲۵/۱ ــ ۲۱/۶	
طوفان شدید	۲۹ ــ ۲۵/۲	درختان را از ریشه می‌کند.

فصل سوم

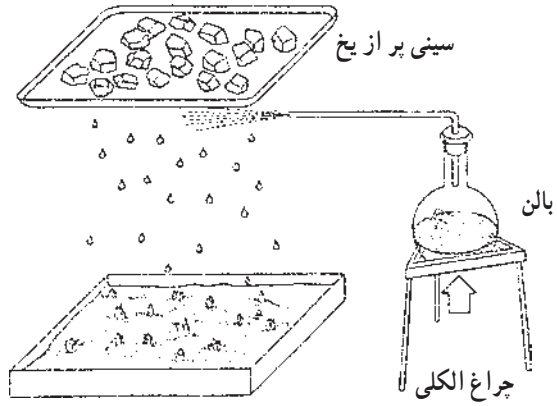
آب کره

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :
۱ــ مدل گردش آب در طبیعت را آزمایش کند.
۲ــ مدل جریان آب براثر اختلاف فشار را آزمایش کند.
۳ــ مدل جریان آب براثر اختلاف درجه‌ی حرارت را آزمایش کند.
۴ــ مدل تأثیر باد بر سطح دریاها را آزمایش کند.

آب کره

آزمایش چرخه‌ی آب در طبیعت ــ تشکیل ابر

وسایل و مواد موردنیاز : منبع حرارتی (چراغ الکلی، چراغ بونزن)، سه‌پایه، بالن یا کتری، لوله‌ی انتقال‌دهنده‌ی بخار آب، سینی، یخ و آب به‌مقدار کافی. از این وسایل مجموعه‌ای مانند شکل ۱ــ۳ فراهم کنید.



شکل ۱ــ۳ــ مجموعه‌ی نشان‌دهنده‌ی گردش آب در طبیعت

سینی فلزی را در فاصله‌ی مناسبی از سطح زمین نگاه‌دارید. داخل سینی چند قطعه‌ی کوچک یخ بریزید. یک کتری با بالن محتوی آب را روی منبع حرارتی قرار دهید تا بخار در فضای بین ظرف و سینی پخش شود. کتری یا بالن آب به منزله‌ی منبع آب در زمین است. این آب تبخیر می‌شود و تا زیر سینی بالا می‌رود. این نقطه به‌جای طبقات بالای جوّ است که بر اثر انبساط سرد می‌شود. بخار آب مجدداً متراکم می‌شود و به‌صورت باران به سطح زمین می‌ریزد.

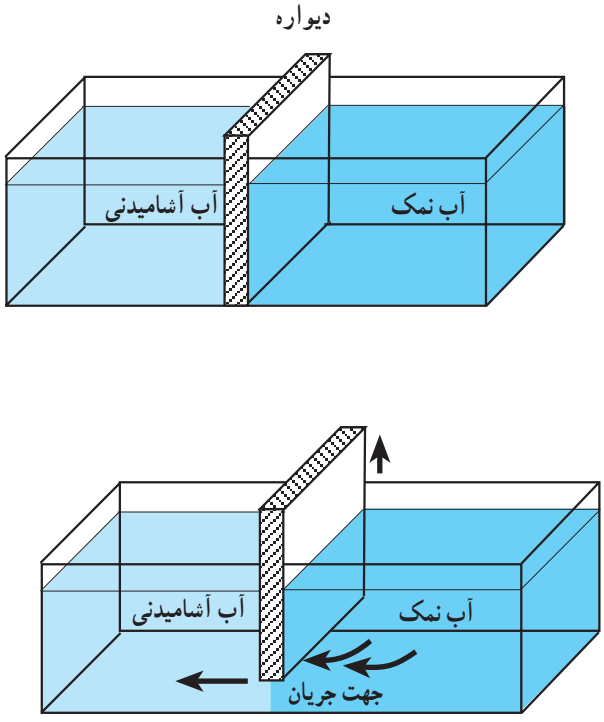
مدل سیستم‌های طبیعی

ایجاد جریان آب براثر اختلاف فشار (تفاوت در میزان نمک)

مثال: جریان بین دریای مدیترانه و اقیانوس اطلس

ظرفی شیشه‌ای به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر (شبیه ظرف آکواریوم‌های ساده) را تا ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر از آب پر کرده آن را با استفاده از دیواره‌ای به‌دو قسمت تقسیم می‌کنیم. در یک

قسمت از ظرف تا حد اشباع نمک اضافه می‌کنیم. قبل از این‌که دیواره را بالا بکشیم ــ به‌منظور تشخیص جهت آب‌ها ــ چند قطره جوهر یا پرمنگنات به آب اضافه می‌شود ؛ سپس دیواره را به‌آرامی (ابتداچند میلی‌متر و بعد حدود دو سانتی‌متر) بالا می‌کشیم. بدین ترتیب، جابه‌جایی آب مشاهده خواهد شد.



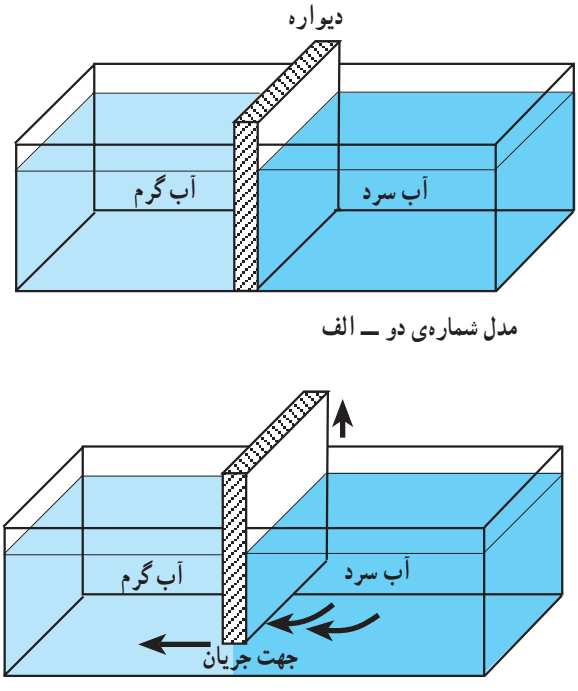
شکل ۲ــ۳ــ مدل شماره‌ی یک

توضیح: آب دریای مدیترانه شورتر از اقیانوس اطلس است.

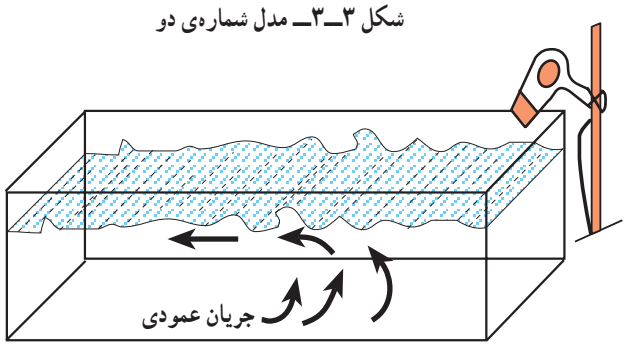
ایجاد جریان آب بر اثر اختلاف درجه‌ی حرارت

جریان استوایی و بین‌مداری: در این مدل نیز به‌همان صورت مدل شماره‌ی یک عمل می‌کنیم. با این تفاوت که در دو قسمت ظرف به ترتیب آب سرد و آب گرم وارد می‌سازیم. البته اختلاف درجه‌ی حرارت باید تا حد ممکن زیاد باشد (به‌بهترین وجه می‌توان از آب یخ و آب گرم ۶۰ درجه استفاده نمود) ؛ سپس به‌همان‌ترتیب مدل شماره‌ی یک، قبل از بالا کشیدن دیواره، چند قطره جوهر یا پرمنگنات در آب سرد وارد می‌کنیم. با بالاکشیدن دیواره جریان آب آغاز خواهد شد. جریان‌های دریایی «گلف‌استریم» در اقیانوس اطلس و «لابرادور» در ساحل شرقی کانادا از جریان‌های دریایی معروف هستند.

با این آزمایش حرکت جبهه‌های هوا (توده‌ی سرد و توده‌ی گرم) نشان داده می‌شود.



شکل ۳ــ۳ــ مدل شماره‌ی دو



شکل ۴ــ۳ــ ایجاد موج

نمایش تأثیر بادهایی که بر سطح دریا می‌وزند. (شکل۴ــ۳)

ظرفی همانند ظرف مدل‌های پیشین، از آب پر می‌کنیم و مقداری پرمنگنات به آن اضافه می‌کنیم، سپس با استفاده از وسیله‌ای که باد تولید می‌کند، مانند پنکه‌ی کوچک یا وسیله‌ی دیگر که به‌صورت مایل قرار گرفته است، از یک گوشه‌ی ظرف به آب می‌دمیم. بدین‌ترتیب، تأثیر باد در ایجاد جریان‌های سطحی دریایی مشاهده خواهد شد.

فصل چهارم

بلور و کانی‌ها

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ مدل شکل‌های هفتگانه‌ی بلوری را بسازد.

۲ــ همگنی و ناهمگنی را با استفاده ازنمونه‌های طبیعی مقایسه کند.

۳ــ انواع جلاهای کانی‌های مختلف را آزمایش کند.

۴ــ سختی کانی‌ها را با یک‌دیگر آزمایش و مقایسه نماید.

۵ ــ کانی‌های دارای رنگ ثابت را طبقه‌بندی کند.

۶ــ کانی‌هایی که رنگ‌های متنوع دارند طبقه‌بندی نماید.

۷ــ رنگ خاکه‌ی کانی‌های مختلف را با کشیدن به‌روی چینی بدون لعاب، آزمایش کند.

۸ ــ وزن مخصوص ظاهری کانی‌ها را اندازه‌گیری کند.

۹ــ خاصیت مغناطیسی کانی‌ها را تعیین نماید.

۱۰ــ فتولومینسانس صحرایی جیبی بسازید.

۱۱ــ خاصیت فتولومینسانس کانی‌ها را به‌وسیله‌ی دستگاه تعیین کند.

۱۲ــ با رعایت ایمنی لازم، اثراسیدها را بر کانی‌ها آزمایش کند.

۱۳ــ روش‌های دیگر را در آزمایش و شناسایی کانی‌ها به‌کار ببرد.

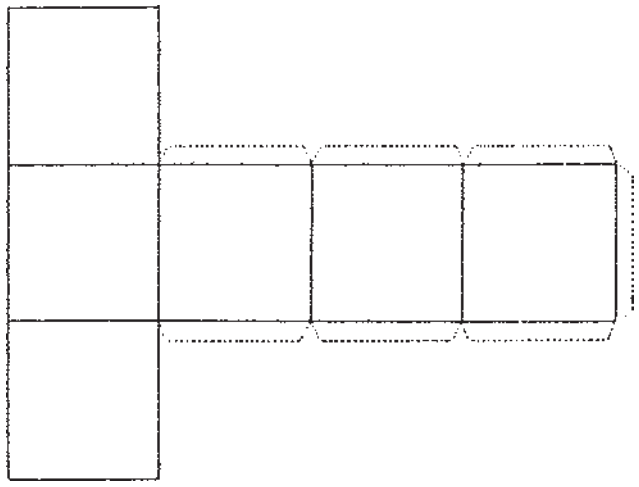
۱۴ــ اثر شعله‌ی شمع را بر کانی‌ها آزمایش کند.

۱۵ــ کانی‌ها را با توجه به جداول طبقه‌بندی شده ازنظر سختی، جلای فلزی و نیمه‌فلزی و غیر فلزی کانی‌ها را آزمایش و شناسایی کند.

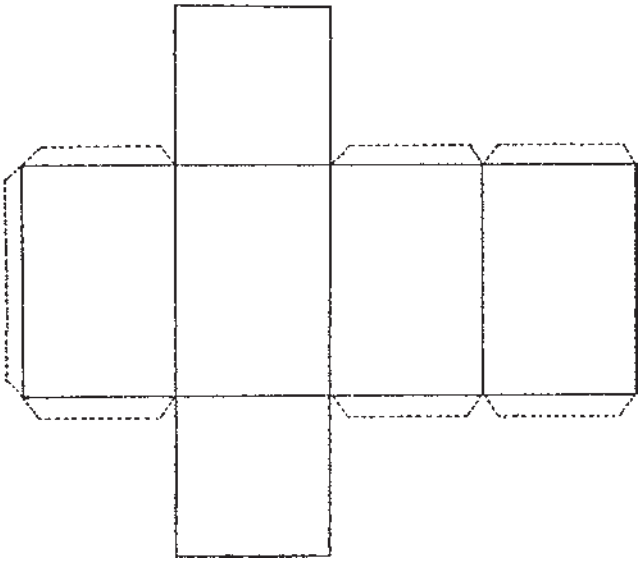
بلورها

مدل شکل‌های هفتگانه‌ی تبلور را با استفاده از الگوهای داده شده با مقوا یا هر ماده‌ی ممکن بسازید :

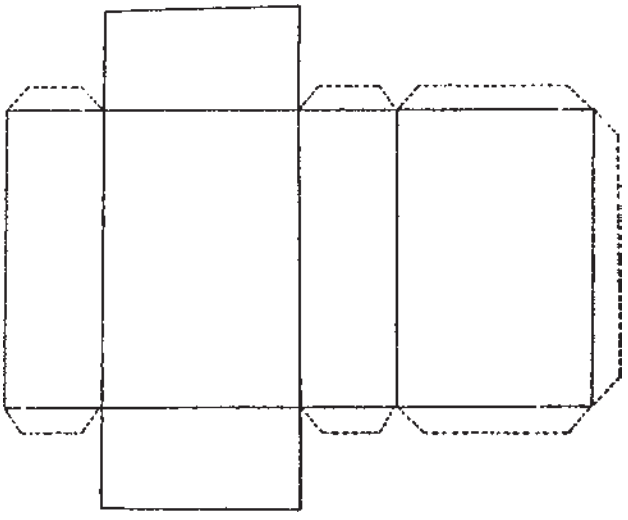
وسایل و مواد موردنیاز: مقوّا، قیچی و چسب.



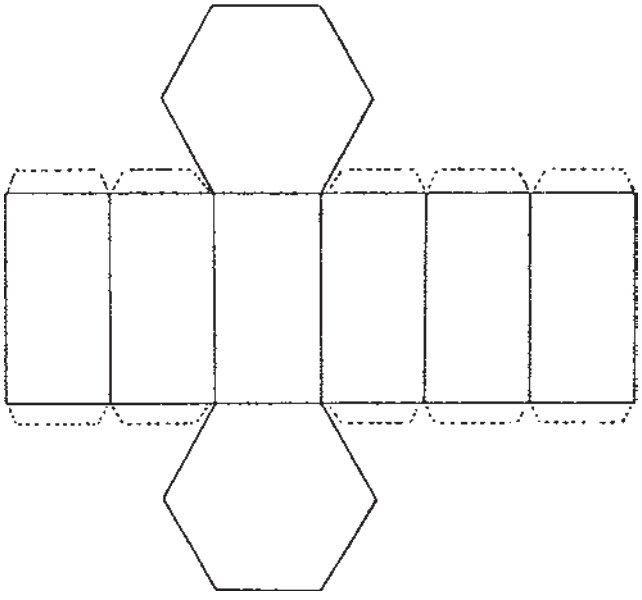
شکل ۱ــ۴ــ مدل بازشده‌ی سیستم مکعبّی[۱]



شکل ۲ــ۴ــ مدل باز شده‌ی سیستم تتراگونال[۲]

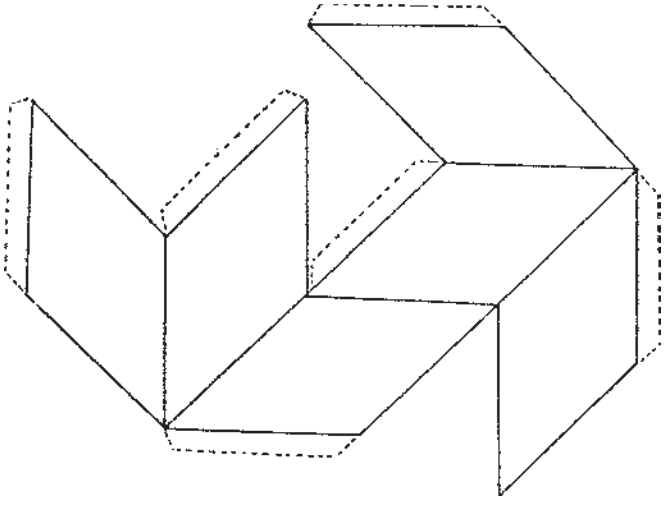


شکل ۳ــ۴ــ مدل بازشده‌ی سیستم اورتورومبیک[۳]

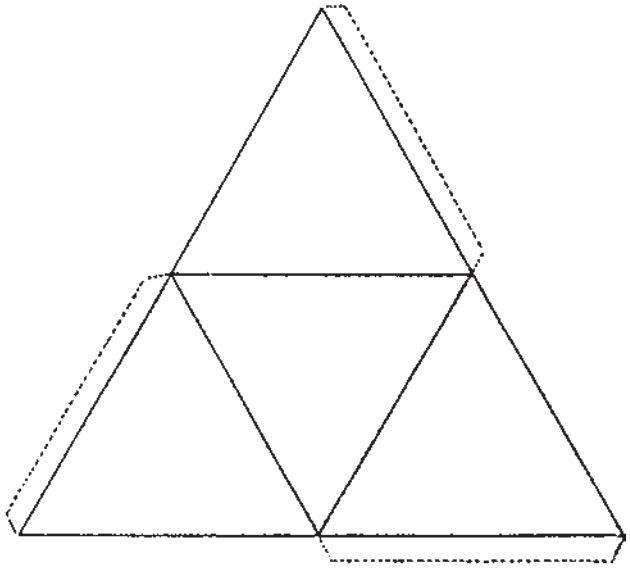


شکل ۴ــ۴ــ مدل بازشده‌ی سیستم هگزاگونال[۴]

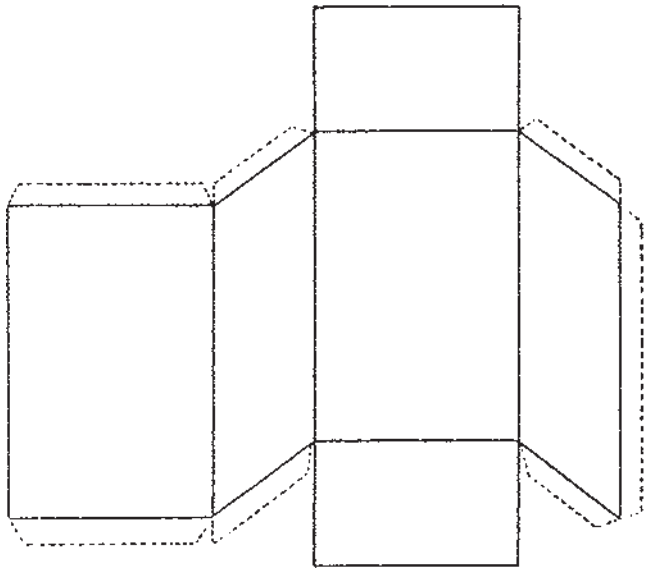
۱ــ Cubic System ۲ــ Tetragonal System ۳ــ Orthorhombic System ۴ــ Hexagonal System



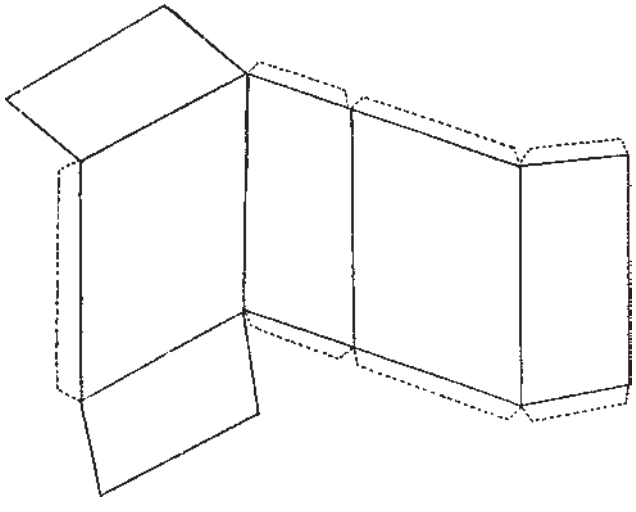
شکل ۵ ــ۴ــ مدل باز شده‌ی سیستم رومبوئدریک[۱]



شکل ۶ــ۴ــ مدل بازشده‌ی تترائدر[۲] (واحد ساختمانی سیلیکات‌ها)



شکل ۷ــ۴ــ مدل بازشده‌ی سیستم مونوکلینیک[۳]



شکل ۸ ــ۴ــ مدل بازشده‌ی سیستم تری‌کلینیک[۴]

۱ــ Rhombohedric System

۲ــ Tetrahedr

۳ــ Monoclinic System

۴ــ Triclinic System

کانی‌ها

همگنی[1] و ناهمگنی[2]: اگر سنگی را با بلورهای مشخص، مانند گرانیت که دارای کوارتز، فلدسپات و میکا است بررسی کنیم، درمی‌یابیم که آن سنگ، یک جسم ناهمگن است ؛ در حالی‌که هریک از کانی‌های آن به تنهایی جسم همگن هستند.

جلا

وسایل و مواد موردنیاز: انواع کانی با جلاهای مختلف

تمرین

با استفاده از کانی‌های پیریت، گالن و ... جلای فلزی را مشاهده کنید.

با استفاده ازکانی‌های گرافیت، مانیتیت و ... جلای نیمه‌فلزی را مشاهده کنید.

با استفاده از کانی‌های ژیپس، کلسیت، کوارتز و ... جلای شیشه‌ای را مشاهده کنید.

با استفاده از کانی‌های میکای سفیدو میکای سیاه، جلای مرواریدی را مشاهده کنید.

با استفاده از کانی‌های اسفالریت، رالگار و ... جلای الماسی را مشاهده کنید.

با استفاده از کانی آزبست،جلای ابریشمی را مشاهده کنید.

با استفاده از تالک، گوگرد و ... جلای چرب رامشاهده کنید.

انواع جلاها را با استفاده ازکانی‌های دیگر مشاهده و مقایسه کنید.

سختی کانی‌ها

وسایل و مواد موردنیاز: انواع کانی‌های جدول سختی موس و برخی موادی که هم‌ارز برخی از کانی‌های جدول سختی موسی هستند، تهیه کنید.

برخی از کانی‌های دردست‌رس را تهیه کنید که با جدول سختی موس شناسایی شده‌اند (شکل ۹ــ۴).

ناخن سکه‌ی مسی میخ آهنی(تیغه‌ی چاقو) شیشه

تالک ۱ ، ژیپس ۲ ، کلسیت ۳ ، فلوئوریت ۴ ، آپاتیت ۵،

سوهان چینی بدون لعاب

اورتوز۶ ، کوارتز ۷ ، توپاز ۸ ، کروندوم ۹ ، الماس ۱۰

شکل ۹ ــ۴ــ جدول سختی موس

درصورت کشیدن ناخن روی کانی، اگر کانی خراش بردارد، سختی آن کم‌تر از ۲/۵ است.

درصورت کشیدن مس روی کانی، اگر کانی خراشیده شود، سختی آن بیش از ۳ است.

اگر کانی به‌وسیله‌ی میخ آهنی خراش بردارد، سختی آن کم‌تراز ۴/۵ است.

و اگر سختی کانی‌ها بیش‌تراز ۶ باشد، برروی شیشه خراش ایجاد می‌کند.

با سنجیدن درجه‌ی سختی کانی‌ها نسبت به یک‌دیگر، آن‌ها را به‌ترتیب سختی طبقه‌بندی کنید.

رنگ کانی

مواد مورد نیاز

نمونه‌های کانی‌هایی که دارای سطح تازه شکسته شده هستند.

ــ کانی‌هایی که رنگ ثابت دارند شناسایی نموده سپس آن‌ها را طبقه‌بندی کنید.

۱ــ Homogenous ۲ــ Hetrogenous

ـ برخی از کانی‌های رنگ ثابت، مانند : مالاکیت (رنگ سبز)، آزوریت (رنگ آبی)، یاقوت (قرمز)، فیروزه (آبی)، آلبیت (سفید) و هماتیت (قهوه‌ای).

عوامل مؤثر در رنگ آمیزی: حضور ترکیبات مس، رنگ‌های سبز یا آبی در کانی‌ها ایجاد می‌کند. کانی‌های دارای کروم، رنگ سبز زمرّدی دارند. ترکیبات مختلف منگنز کانی‌ها را به رنگ بنفش یا صورتی جلوه‌گر می‌سازد.

برخی از کانی‌ها را شناسایی کنید که بی‌رنگ بوده اما درصورت داشتن ناخالصی به رنگ‌های متنوع درمی‌آیند.

برخی از کانی‌ها که بر اثر ناخالصی‌ها یا ادخال‌ها حدود رنگی متنوع پیدا می‌کنند، مانند :

«کلسیت» در صورت خالص بودن بی‌رنگ، و با ترکیبات آهن‌دار قرمزرنگ است.

«ژیپس» در صورت خالص بودن بی‌رنگ، اما مواد آلی به‌رنگ تیره است.

«کوارتز خالص» بی‌رنگ که «درّ کوهی» نامیده می‌شود، درصورت داشتن ادخال‌ها به رنگ‌های متنوع بنفش، زرد، دودی و نظایر آن درمی‌آید.

رنگ خاکه‌ی کانی

وسایل و مواد موردنیاز: قطعه‌ی چینی بدون لعاب ـ نمونه‌های کانی

با کشیدن کانی پیریت به روی چینی بدون لعاب، رنگ خاکه را با رنگ کانی مقایسه کنید.

رنگ خاکه‌ی هماتیت، مانیتیت را تعیین کرده آن‌ها را با یک‌دیگر و با رنگ کانی‌های آن‌ها مقایسه کنید.

رنگ خاکه‌ی مالاکیت، آزوریت را تعیین کرده آن‌ها را با یک‌دیگر و رنگ‌کانی‌های به‌وجود آورنده مقایسه کنید.

رنگ خاکه‌ی کرومیت را تعیین کنید.

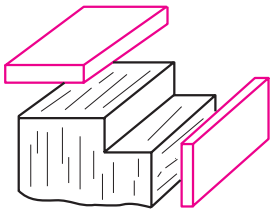
رنگ خاکه‌ی کانی نسبت به رنگ کانی، در تشخیص مناسب‌تر است. رنگ خاکه‌ی انواع کانی‌ها را تعیین کرده کانی‌ها را براساس رنگ خاکه طبقه‌بندی کنید.

تعیین انواع رخ (سطح شکست) از طریق ضربه

وسایل و مواد مورد نیاز: چکش، تیغه، کانی‌هایی دارای سطوح شکست مختلف. با ضربه‌ی مناسب، کانی‌ها به‌طور منظّم و در امتداد سطوح خاص می‌شکنند.

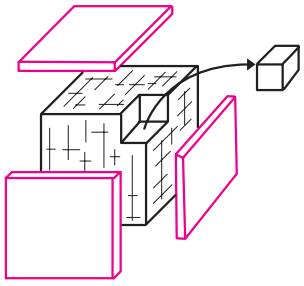
کانی‌هایی بیابید که دارای رخ یک‌جهتی، دوجهتی و سه‌جهتی (قائم و غیرقائم) هستند. در صورت موجودبودن کانی به اندازه‌ی کافی، جداشدگی کانی میکا را در یک جهت آزمایش کنید.

با ضربه‌های مناسب جداشدگی کانی فلدسپات را در دو جهت آزمایش کنید (شکل ۱۰ـ۴).



شکل ۱۰ـ۴ـ رخ دوجهتی

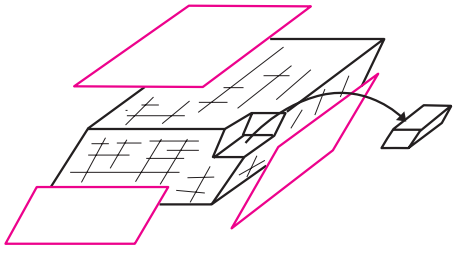
با ضربه‌های مناسب جداشدگی کانی هالیت را در سه جهت قائمه آزمایش کنید (شکل ۱۱ـ۴).



شکل ۱۱ـ۴ـ رخ سه‌جهتی قائم

با ضربه‌های مناسب جداشدگی کانی کلسیت را در سه‌جهت غیرقائمه آزمایش کنید (شکل ۱۲ـ ۴).

شکستگی نامنظم و شکستگی صدفی را در نمونه‌ها مشاهده کرده در صورت امکان آزمایش کنید.



شکل ۱۲ـ۴ـ رخ سه‌جهتی غیرقائم

تعیین وزن مخصوص ظاهری کانی‌ها

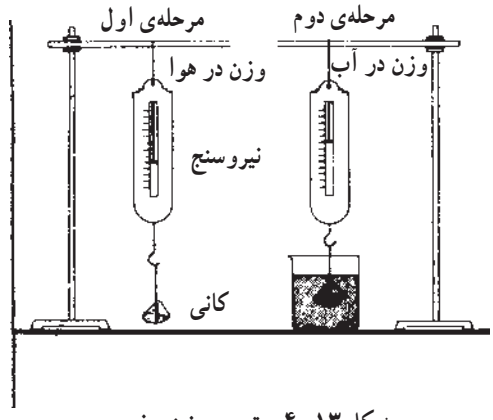
وسایل و مواد مورد نیاز: نیروسنج، پایه‌ی آزمایشگاهی یا ترازو، بشر، کانی مورد آزمایش، مقداری نخ برای بستن کانی به نیروسنج، آب و ظروف مختلف.

مرحله‌ی اول: در صورت استفاده از نیروسنج، دستگاه را مطابق شکل (۱۳ــ۴) آماده کنید.

ــ با مقداری نخ کانی مورد آزمایش را به قلاب نیروسنج، مطابق شکل (۱۳ــ۴)، به‌گونه‌ای ببندید که مقداری نخ بین کانی و نیروسنج اضافی باشد.

وزن کانی را در هوا اندازه‌گیری کنید.

ــ همان‌طورکه کانی به نخ و نیروسنج آویزان است آن‌را به‌آهستگی در آب غوطه‌ور سازید (شکل۱۳ــ۴).



شکل ۱۳ــ۴ــ تعیین وزن مخصوص

مرحله‌ی دوم: کانی به دیواره‌ها یا کف ظرف محتوای آب تماس نداشته و کاملاً غوطه‌ور باشد.

ــ وزن کانی را در این حالت، با استفاده از نیروسنج تعیین کنید.

تفاوت وزن حاصل از وزن کانی در هوا و وزن کانی در آب، مربوط به وزن آب هم حجم کانی است :

وزن آب هم حجم کانی = وزن کانی در آب – وزن کانی در هوا

یافته‌ها را در جدول نمونه‌ی (۱ــ۴) تنظیم کنید.

سپس با استفاده از رابطه‌ی تعیین وزن مخصوص :

$$\text{وزن مخصوص کانی} = \frac{\text{وزن کانی در هوا}}{\text{وزن آب هم‌حجم کانی (حجم کانی)}}$$

وزن حجمی (وزن مخصوص) کانی را حساب کنید.

مثال:

a : وزن نمونه‌ی کانی در هوا ۵۰ گرم

b : وزن نمونه‌ی کانی در آب ۳۰ گرم

c : تفاوت وزن حاصل ۲۰ گرم

$$\left.\begin{matrix} a-b=c \\ ۵۰-۳۰=۲۰ \end{matrix}\right\}$$

جدول نمونه‌ی۱ــ۴

نمونه	وزن	حجم	وزن مخصوص
کوارتز	۵۰ گرم	۲۰ سانتی‌مترمکعب	۲/۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب

روش محاسبه‌ی وزن مخصوص:

$$\text{وزن مخصوص} = \frac{۵۰}{۲۰} = ۲/۵ \text{ گرم} / \text{سانتی‌مترمکعب}$$

* درصورتی‌که از ترازو استفاده می‌شود، جرم کانی تعیین گردد. در جدول به جای کلمه‌ی وزن، «جرم» و به جای وزن مخصوص، «جرم حجمی» یا چگالی منظور گردیده است.

* حجم کانی یا سنگ را از روش‌های مختلف، مانند روش هندسی (در صورت داشتن شکل هندسی منظم) یا از طریق جابه‌جایی آب در بشر مدرّج یا از هر طریق ممکن تعیین کنید.

* وزن مخصوص ظاهری کانی‌های مختلف و سنگ های مختلف را تعیین و با یک‌دیگر مقایسه کنید.

* برای تعیین وزن مخصوص حقیقی کانی از روش پیکنومتر استفاده می‌شود. در این روش به‌منظور از بین‌بردن اثر خلل و فرج و درز، در مقدار وزن مخصوص، از پودر کانی استفاده می‌شود.

تعیین خاصیت مغناطیسی کانی

وسایل مورد نیاز:

ــ عقربه‌ی مغناطیسی که حول محوری، آزادانه حرکت کند، نمونه‌های کانی.

ــ عقربه‌ی مغناطیسی (یا قطب‌نما) را به‌آرامی به کانی نزدیک کنید.

ــ اگر عقربه نسبت به کانی عکس‌العمل نشان دهد :

الف) از خاصیت دفعی (قطب‌های هم‌نام عقربه و کانی) به منظور شناسایی استفاده نمایید.

ب) در موقعیت‌های مختلف عقربه خاصیت مغناطیسی را آزمایش کنید.

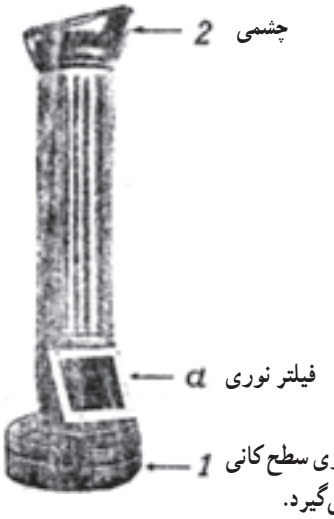
تعیین خاصیت فتولومینسانس

وسایل و مواد مورد نیاز:

لومینسکوپ صحرایی[1] جیبی، نمونه کانی‌های مختلف.

لومینسکوپ صحرایی جیبی، وسیله‌ای است مانند شکل ۱۴ــ۴ که از مقوا یا تخته یا هر ماده‌ی ممکن دیگر ساخته می‌شود ؛ به‌گونه‌ای که دریچه‌ای به منظور قراردادن فیلتر نور ماورای بنفش داشته باشد. این وسیله از این قسمت‌ها تشکیل شده است :

۱ــ چشمی (برای رؤیت داخل دستگاه).



شکل ۱۴ــ۴ــ لومینسکوپ صحرایی جیبی

۲ــ شیئی که روی کانی قرار می‌دهیم (انتهای دستگاه بسته نیست).

۳ــ دریچه که به‌وسیله‌ی فیلتر نور ماورای بنفش، با زاویه‌ی مناسب نسبت به پرتوهای خورشید، قرار دارد.

با قراردادن لومینسکوپ به روی کانی‌ها خاصیت فتولومینسانس آن‌ها را مشاهده کنید.

آزمایش اثر اسید بر کانی‌ها (هنگام آزمایش رعایت نکات ایمنی لازم و ضروری است).

وسایل و مواد مورد نیاز: هاون چینی، لوله‌های آزمایش، قطره‌چکان، انواع کانی مورد نیاز، ظرف حاوی اسید کلریدریک (HCl) و قطره‌چکان.

اثر اسید کلریدریک بر کلسیت: هرگاه چند قطره اسید کلریدریک روی کانی کلسیت بریزید این واکنش پدیدار می‌شود :

$$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + CO_2 \uparrow + H_2O$$

در این واکنش، گاز دی‌اکسید کربن CO_2 متصاعد می‌شود و در محل اثر، منظره‌ای مانند جوشیدن ایجاد می‌کند. از این طریق ترکیبات آهکی شناسایی می‌شوند.

مقداری از پودر کانی‌های نظیر دولومیت، سیدریت، مالاکیت و آزوریت تهیه کنید.

ــ اثر اسیدکلریدریک را بر پودر کانی دولومیت مشاهده کنید (مقداری پودر در لوله‌ی آزمایش بریزید و روی آن مقداری اسید اضافه کنید).

ــ اثر اسید کلریدریک را بر پودر کانی‌های آهن‌دار در لوله‌ی آزمایش مشاهده کنید (رنگ محلول).

ــ مقداری از پودر کانی مس دار را در لوله‌ی آزمایش بریزید ؛ سپس مقداری اسید کلریدریک به آن اضافه نموده، رنگ محلول را مشاهده کنید.

مشاهدات و نتایج را مقایسه نمایید.

روش‌های دیگر در شناسایی کانی‌ها

بو: کانی‌های گوگردی را از طریق گرم‌کردن (در صورت لزوم) با شعله‌ی شمع و از طریق حس بویایی تشخیص دهید.

۱ــ Pocket Field Luminoscope

کانی‌های ارسنیک‌دار بوی سیر می‌دهند.

مزه: «هالیت» شور و «سیلویت» تلخ است.

چسبندگی: کانی‌های رسی و کائولن را با زبان آزمایش می‌کنند و چسبندگی آن را تشخیص می‌دهند.

لمس: از طریق لمس، حالت چرب تالک و گرافیت را تشخیص می‌دهند.

اثر گرافیت را بر روی کاغذ آزمایش می‌کنند.

شعله‌ی شمع: وسایل مورد نیاز، شمع، فوتک (لوله‌ای که هوای خروجی از آن، از منفذی به قطر ۰/۳ تا ۰/۶ میلی‌متر انجام پذیرد)، هاون چینی.

فوتک[1]: لوله‌ای شیشه‌ای یا فلزّی که یک انتهای آن برای دمیدن است و در انتهای دیگر منفذی به قطر ۰/۳ تا ۰/۶ میلی‌متر برای خروج هوا، با سرعت زیاد، است (شکل ۱۵ــ۴).

شکل ۱۵ــ۴ ــ فوتک

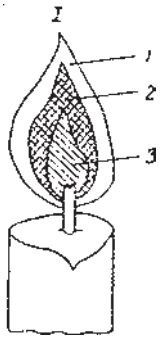
هاون چینی: برای تهیه‌ی پودر کانی به کار می‌رود.

واحد زغال[2]: واحد زغال به منظور ایجاد وضعیت احیا استفاده می‌شود. ابعاد زغال ۱۰×۵×۵ سانتی‌متر با سطح صاف است. سوراخ کوچکی به عمق ۱ تا ۱/۵ میلی‌متر و به قطر ۵ میلی‌متر در آن حفر می‌کنند و پودر کانی را در آن می‌ریزند. سیم نازک پلاتینی با ضخامت ۰/۳ تا ۰/۵ میلی‌متر و طول ۵۰ میلی‌متر که یک طرف آن با شیشه عایق شده است . لوله‌های شیشه‌ای به طول ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر و قطر ۰/۵ سانتی‌متر با دو سر باز، به منظور آزمایش های لوله‌ی باز (مشاهده‌ی اکسیداسیون) و لوله‌ی بسته، یک انتهای لوله بر اثر حرارت مسدود می‌شود و در آزمایش‌ها با وضعیت کم هوا استفاده می‌گردد.

ساختمان شعله‌ی شمع:

۱ــ لایه‌ی خارجی شعله آشکار نیست. گاز به‌طور کامل می‌سوزد و منطقه‌ی اکسیداسیون را پدید می‌آورد.

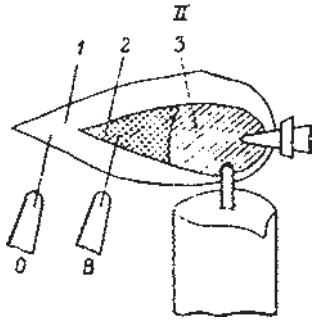
۲ــ لایه‌ی میانی، شعله‌ور و سوخت ناقص است. دارای گاز منواکسید کربن، هیدروژن و ذرات داغ کربن است. منطقه‌ی احیا را ایجاد می‌کند.



شکل ۱۶ــ۴ــ شعله‌ی شمع

۳ــ لایه‌ی داخلی کدر و تیره است، اغلب گازها نمی‌سوزند.

برای تولید ناحیه‌ی اکسیداسیون زیاد، قسمت باریک فوتک با فتیله‌ی شمع، زاویه‌ی قائمه می‌سازد ؛ بنابراین، با دمیدن به درون شمع، شعله‌ای طویل تولید می‌شود.



شکل ۱۷ــ۴ــ شعله‌ی اکسیداسیون

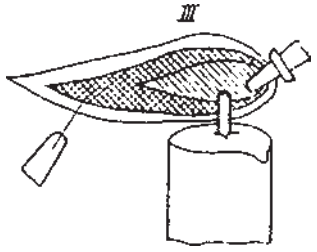
کانی‌هایی که در این لایه‌ی شعله قرار گیرند به شدت گرم و به‌سرعت اکسیده می‌شوند (شکل۱۷ــ۴).

اگر زاویه‌ای بین فتیله‌ی شمع و فوتک بیش از قائمه و از

۱ــ Blow pipe

۲ــ Charcoal block

نوع منفرجه (بیش‌تر از ° ۹۰) باشد، هوای دمیده شده زبانه‌ی باریکی از قسمت میانی تولید می‌کند که برای عمل احیا بسیار مناسب است (شکل۱۸ــ۴).



شکل ۱۸ــ۴ــ شعله‌ی احیای شمع

* به‌طورکلّ این روش، «آزمایش‌های شیمی کیفی کانی‌ها به‌وسیله‌ی فوتک» نام دارد که در آن وسایل و مواد لازم در شناسایی کانی‌ها و آزمایش‌های متنوع دیگر، کاربرد فراوان دارد.

بررسی برخی از خواصّ کانی‌ها که در شناسایی آن‌ها مؤثر است

جدول‌های مورد نظر، براساس جلای فلزّی و شبه‌فلزّی و سختی در سه گروه تقسیم‌بندی شده است.

۱ــ کانی‌هایی که سختی آن‌ها کم‌تر از ۲/۵ است، روی کاغذ اثر مختصری از خود بر جای می‌گذارند.

۲ــ کانی‌هایی با سختی ۲/۵ تا ۵/۵. با چاقو خراش برمی‌دارند، امّا روی کاغذ اثر نمی‌گذارند.

۳ــ کانی‌هایی با سختی بیش از ۵/۵، با چاقو خراش برنمی‌دارند.

سپس، تقسیم‌بندی در ۵ گروه برای کانی‌های با جلای غیرفلزّی طبقه‌بندی شده است.

با آزمایش نمونه‌ی کانی‌های موجود در آزمایشگاه، ویژگی‌های خواسته‌شده را کامل کنید.

جدول ۲ــ۴ــ کانی‌هایی که سختی کم‌تر از ۲/۵ دارند، روی کاغذ اثر می‌گذارند.

نام کانی	فرمول	ویژگی‌ها			
گالن		اثر شعله‌ی شمع	وزن مخصوص	جلا	رنگ خاکه
سینابر		جلا	رنگ	رنگ خاکه	سختی
گرافیت		رنگ خاکه	لمس	سختی	هدایت الکتریسیته
هماتیت		جلا	رنگ	رنگ خاکه	وزن مخصوص
		شبه‌ی فلزی	قرمز تاشنگرفی	قهوه‌ای	۵/۲
لیمونیت		جلا	رنگ	رنگ خاکه	وزن مخصوص

جدول ۳ــ۴ــ کانی‌هایی که سختی بین ۲/۵ تا ۵/۵ دارند، با چاقو خراش برمی‌دارند.

نام کانی	فرمول کانی	ویژگی‌ها			
کالکوپیریت		رنگ	رنگ خاکه	وزن مخصوص	سختی
کرومیت		جلا	رنگ خاکه	اثر مغناطیسی	وزن مخصوص
مس		چکش‌خواری	رنگ	رنگ خاکه	هدایت الکتریسیته
		درباره‌ی ویژگی‌های نقره، طلا، پلاتین تحقیق، و اطلاعات جمع‌آوری شود.			
نقره		چکش‌خواری	رنگ	رنگ خاکه	وزن مخصوص
پلاتین		چکش‌خواری	رنگ	رنک خاکه	وزن مخصوص
طلا		چکش‌خواری	رنگ	رنگ خاکه	وزن مخصوص

جدول ۴ــ۴ــ کانی‌هایی که سختی بیش‌تر از ۵/۵ دارند.

نام کانی	فرمول کانی	ویژگی‌ها			
پیریت		رنگ	رنگ خاکه	اثر HCl(بو)	سختی
مانیتیت		اثر مغناطیسی	رنگ	رنگ خاکه	وزن مخصوص

جداول کانی‌هایی که جلای آن غیر فلزی است .

جدول ۵ــ۴ــ کانی‌هایی که رنگ خاکه‌ی مشخص دارند.

نام کانی	فرمول	ویژگی‌ها			
کاسیتریت		رنگ	رنگ خاکه	سختی	وزن مخصوص
گوگرد		رنگ	رنگ خاکه	بو	اثر شعله‌ی شمع
رالگار		اثر شعله‌ی شمع	بو	رنگ	رنگ خاکه
مالاکیت		رنگ	رنگ خاکه	جلا	اثر HCl
آزوریت		رنگ	رنگ خاکه	جلا	اثر HCl

جدول ۶ــ۴ــ کانی‌هایی که رنگ خاکه‌ی آن‌ها بی‌رنگ است.

نام کانی	فرمول کانی	ویژگی‌ها			
موسکویت (میکای سفید)		رخ	رنگ	اثر ناخن	هدایت الکتریسیته
بیوتیت (میکای سیاه)		رخ	رنگ	اثر ناخن	جلا
تالک		لمس	رخ	سختی	جلا
کائولینیت		جلا	سختی	رخ	جذب رطوبت

جدول ۷ــ۴ــ کانی‌هایی که سختی بین ۲/۵ تا ۳ است، باناخن‌خراش برنمی‌دارند، با سکه‌ی مسی خراش برمی‌دارند.

نام کانی	فرمول کانی	ویژگی‌ها			
هالیت		مزّه	رنگ	جلا	رنگ خاکه
انیدریت		رخ	جلا	رنگ	وزن مخصوص
کلسیت		سختی	رنگ خاکه	رخ	اثر اسید HCl
دولومیت		سختی	رنگ خاکه	رخ	اثر اسید HCl بر پودر کانی

جدول ۸ــ۴ــ کانی‌هایی که سختی آن‌ها بین ۳ تا ۵/۵ است، با چاقو خراشیده می‌شوند.

نام کانی	فرمول کانی	ویژگی‌ها
باریت		وزن مخصوص جلا رنگ رنگ خاکه
آمفیبول		سختی جلا رنگ فرم بلورها
پیروکسن		شکل مقطع عرضی جلا رنگ سختی (روی شیشه)
آراگونیت		اثر شعله‌ی شمع اثر اسید HCl رنگ رخ

جدول ۹ــ۴ــ کانی‌هایی که سختی بین ۵/۵ تا ۷ دارند، با چاقو خراش برنمی‌دارند، با کوارتز خراشیده می‌شوند.

نام کانی	فرمول کانی	ویژگی‌ها
اورتوز		رنگ رنگ خاکه جلا رخ
پلاژیوکلاز		سختی (اثر بر شیشه) رنگ خاکه جلا رخ
اُپال		شکل بلوری جلا رنگ سختی (اثر بر شیشه)
کوارتز		سختی وزن مخصوص رنگ شکستگی
فیروزه (تورکواز)		رنگ جلا شکستگی وزن مخصوص

جدول ۱۰ــ۴ــ کانی‌هایی که سختی آن‌ها بیش از ۷ است، با کوارتز خراش برنمی‌دارند.

نام کانی	فرمول کانی	ویژگی‌ها
توپاز		سختی جلا رنگ رنگ خاکه
الماس		سختی جلا رنگ رخ
کروندوم		سختی جلا رنگ کاربرد
تورمالین		شکل مقطع عرضی رنگ رنگ خاکه سختی
اولیوین		رنگ سختی (اثر بر شیشه) رنگ خاکه جلا
گرونا		رنگ جلا وزن مخصوص کاربرد

در صورت دست‌رس نبودن کانی‌ها یا عدم امکان آزمایش، درباره‌ی نکات مورد سؤال، تحقیق کنید.

با استفاده از جدول و رعایت اصول طبقه‌بندی کانی‌ها، سپس با مراجعه به منابع ممکن، درستی آن‌ها را بررسی کنید.
ویژگی‌های درج‌شده را با استفاده از نمونه‌های آزمایشگاهی تحقیق،

جدول ۱۱ــ۴

کانی ــ فرمول	رنگ	رنگ خاکه	جلا	سختی	رخ شکستگی	وزن مخصوص	صفات مشخّصه
کلسیت $CaCO_3$	بی‌رنگ متنوع	سفید	شیشه‌ای	۳	کامل در سه جهت با زاویه‌ی غیرقائمه	۲/۸	سختی ــ با اسید کلریدریک می‌جوشد.

فصل پنجم

سنگ‌شناسی عملی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ انواع سنگ‌های آذرین را براساس ترکیب شیمیایی طبقه‌بندی کند.

۲ــ انواع کانی‌های سیاه (اولیوین، پیروکسن، آمفیبول و بیوتیت) را توضیح دهد.

۳ــ با استفاده از شکل، مقاطع کانی‌های سیاه را تشخیص دهد.

۴ــ جدول‌های مربوط به سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی را توضیح دهد.

۵ــ با استفاده از جدول‌های طبقه‌بندی، سنگ‌های آذرین بیرونی را با دقت شناسایی کند.

۶ــ با استفاده از جدول‌های طبقه‌بندی، سنگ‌های آذرین درونی را با دقت شناسایی نماید.

۷ــ انواع سنگ‌های رسوبی را با استفاده از چارت جریانی و جدول شناسایی سنگ‌ها، با دقت شناسایی کند.

۸ــ انواع سنگ‌های دگرگونی را با استفاده از چارت جریانی و جدول‌های مربوط، با دقت شناسایی نماید.

شناسایی سنگ‌های آذرین، سنگ‌های رسوبی و سنگ‌های دگرگونی

شناسایی سنگ‌های آذرین

سنگ‌ها نتیجه‌ی سردشدن و انجماد مواد مذاب هستند که در زیر سطح زمین وجود دارد. اگر ماده‌ی مذاب به سطح برسد، «گدازه» نامیده می‌شود. اندازه‌ی دانه‌های کانی را سرعت انجماد تعیین می‌کند.

اگر سنگی از سردشدن و انجماد ماگما در عمق تشکیل شود، سرعت انجماد کند بوده، درنتیجه اندازه‌ی دانه‌های کانی درشت‌تر است. سنگ بافت دانه درشت پیدا می‌کند.

اگر سنگی از انجماد گدازه در سطح زمین تشکیل شود، درنتیجه‌ی انجماد سریع، بافتی ریزدانه پیدا می‌کند.

ــ سنگ آذرین تشکیل شده در ژرفای زمین را «سنگ آذرین درونی» و سنگ آذرین حاصل از گدازه را «سنگ آذرین بیرونی» گویند. در این دو حالت سنگ‌ها از نظر شیمیایی و کانی‌شناسی شبیه به یک‌دیگرند، امّا از نظر بافت با هم فرق دارند ؛ بنابراین هر سنگ درونی یک معادل بیرونی خواهد داشت.

طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین

در طبقه‌بندی کانی‌شناسی کیفی باید به چند اصل مهم توجه شود :

۱ــ ترکیب شیمیایی، که به مقدار سیلیس موجود در سنگ وابسته است ؛ بر این اساس، سنگ‌های آذرین به «اسیدی»، «خنثی» یا حد واسط، «بازیک» و «مافوق بازیک» تقسیم‌بندی شده‌اند.

۲ــ نوع کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ، و اهمیت کانی‌های سیاه و سفید.

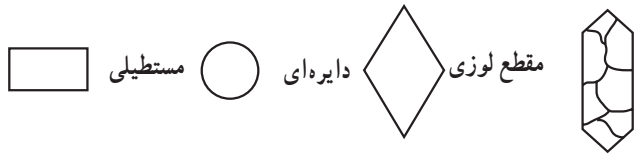
اختصاصات ماکروسکوپی کانی‌های فرّومنیزین (Fe-Mg) یا کانی‌های سیاه

اولیوین: در سنگ‌های آذرین درونی یا بیرونی، بلورهای اولیوین شفّاف و به رنگ زرد عسلی یا زرد متمایل به سبز زیتونی دیده می‌شود.

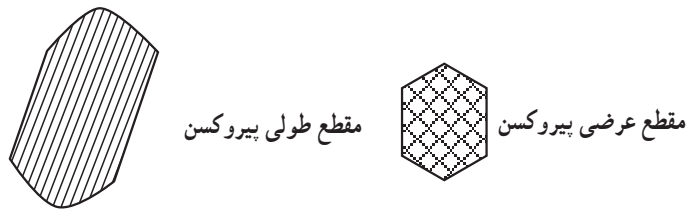
مقاطع عرضی اولیوین در نمونه‌های دستی مشاهده می‌شود.

پیروکسن: به رنگ قهوه‌ای تیره است.

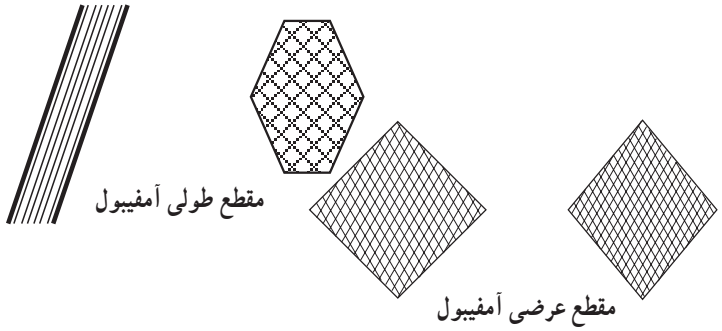
آمفیبول: به رنگ خاکستری تیره متمایل به سبز دیده می‌شود.



شکل ۱ــ۵



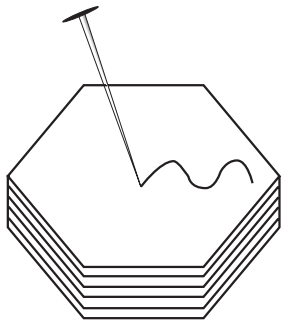
شکل ۲ــ۵



شکل ۳ــ۵

بیوتیت: از اختصاصات این کانی رنگ سیاه متمایل به قهوه‌ای و قابلیت تورّق آن است. به‌وسیله‌ی ذرّه‌بین و یک سنجاق می‌توان قابلیت تورّق و درجه‌ی سختی کم بیوتیت را بررسی نمود و آن را به‌آسانی شناخت.

بیوتیت در شکل ۴ــ۵، حالت تورّق دارد و خراش روی آن به‌وسیله‌ی سنجاق، مشخص است (شکل ۴ــ۵).



شکل ۴ــ۵ــ بیوتیت

فلدسپات‌ها: همراه با تبلور کانی‌های فرّومانیزین در ماده‌ی مذاب فلدسپات‌ها نیز متبلور می‌شوند. در جدول شناسایی این قسمت، به جای نام فلدسپات‌ها از اعداد استفاده شده است.

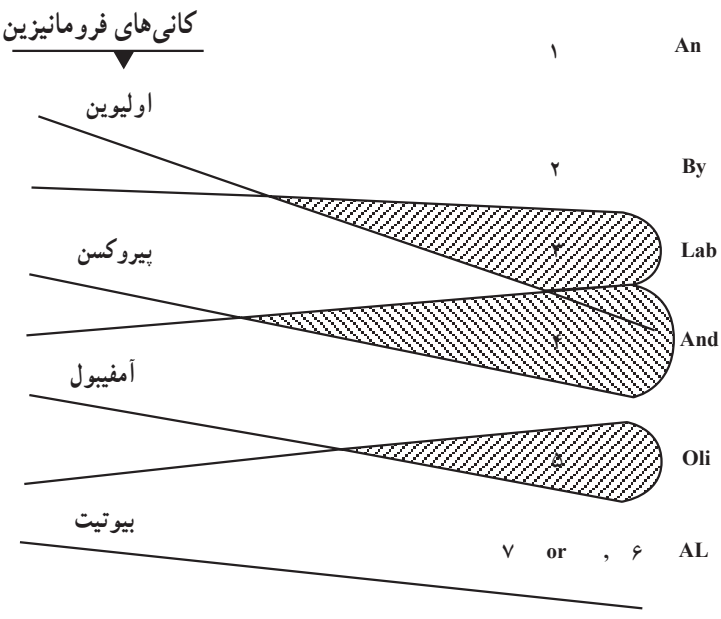
جدول ۱ــ۵

نام فلدسپات‌ها	علامت	شماره‌ی قراردادی
آنورتیت	An	۱
بیوتیت	By	۲
لابرادوریت	Lab	۳
اندزیت	And	۴
اولیگوکلاز	Oli	۵
آلیت	AL	۶
فلدسپات اورتوکلاز (اورتوز)	Or	۷

جدول شماره‌ی ۲ــ۵ را در این قسمت از کتاب جدول «I» می‌نامیم. در جدول «I» از طریق خطوط شعاعی، همراهی هر یک از کانی‌های فرّومانیزین با فلدسپات‌ها در سنگ‌های آذرین نشان

داده شده است. (اعداد بیانگر نام فلدسپات‌هاست.)

جدول ۲ــ۵ «I»



مطابق جدول اگر در سنگ آذرین فقط کانی اولیوین باشد، فلدسپات آن سنگ ۱ (آنورتیت)، یا ۲ (بیوتیت) یا ۳ (لابرادوریت) است.

درصورتی که سنگ فقط از کانی پیروکسن تشکیل شده باشد، فلدسپات آن سنگ، ۳ (لابرادوریت) یا ۴ (اندزین) است. در صورت وجود کانی‌های اولیوین و پیروکسن در سنگ، فلدسپات آن شماره‌ی ۳ (لابرادوریت) است.

اگر کانی‌های پیروکسن و آمفیبول با هم در سنگ باشند، فلدسپات آن سنگ ۴ (آندزین) است. اگر کانی‌های آمفیبول و بیوتیت با هم در سنگ باشند، فلدسپات آن سنگ ۵ (اولیگوکلاز) است. هرگاه در سنگ آذرین فقط بیوتیت باشد، بیش‌تر فلدسپات‌های آن سنگ از نوع ۶ و ۷ (سدیم و پتاسیم‌دار) خواهد بود.

در جداول ۳ــ۵ و۴ــ۵ تقسیم بندی سنگ‌های آذرین درونی و تقسیم‌بندی سنگ‌های آذرین بیرونی، نشان داده شده است.

جدول ۳ــ۵ــ سنگ‌های آذرین درونی

نوع فلدسپات		سنگ‌های دارای فلدسپات		سنگ‌های بدون فلدسپات			
		دارای کوارتز	بدون کوارتز	دارای اولیوین	دارای پیروکسن	دارای آمفیبول	دارای سرپانتین
فلدسپات‌های قلیایی (سدیم و پتاسیم) ۶ـ۷		گرانیت (آلکالن[1])	سی‌نیت (آلکالن)	پریدوتیت	پیروکسینولیت	آمفیبولیت	سرپانتینیت
تمام فلدسپات‌ها		گرانیت (کالکوآلکالن[2])	سی‌نیت (کالکوآلکالن)				
سنگ‌های دارای پلاژیوکلاز	۵Oli ۴And	دیوریت کوارتزدار	دیوریت				
	۳Lab ۲By ۱An	ـــــ	گابرو				

۱ــ آلکالن : سنگ‌های دارای فلدسپات‌های قلیایی (سدیم و پتاسیم‌دار).

۲ــ کالکوآلکالن : سنگ‌های دارای فلدسپات‌های آلکالن و پلاژیوکلاز (پتاسیم، سدیم وکلسیم‌دار) هستند.

جدول ۴ــ۵ــ سنگ‌های آذرین بیرونی

نوع فلدسپات		سنگ‌های دارای فلدسپات		سنگ‌های بدون فلدسپات
		سنگ‌های دارای کوارتز	سنگ‌های بدون کوارتز	لوسیت
فلدسپات‌های قلیایی ۷ــ۶		ریولیت (آلکالن)	تراکیت (آلکالن)	لوسی‌تیت
تمام فلدسپات‌ها		ریولیت (کالکوآلکالن)	تراکیت (کالکوآلکالن)	
سنگ‌های دارای پلاژیوکلاز	۵Oli ۴And	داسیت	آندزیت	
	۳Lab ۲By	ـــــ	بازالت	

طرز تشخیص سنگ‌های آذرین با استفاده از شناخت کانی‌های آهن و منیزیم‌دار

مواد و وسایل مورد نیاز: نمونه‌ی سنگ‌های آذرین، چکّش زمین‌شناسی، لوپ یا ذرّه‌بین چشمی یا ذره‌بین معمولی با بزرگ‌نمایی ۱۰ ×، سوزن ته‌گرد و خط‌کش یا کولیس.

❊ استفاده از جدول تقسیم‌بندی کانی‌شناسی کیفی سنگ‌های آذرین

سنگ آذرینی را با چکش بشکنید ؛ سپس با ذرّه‌بین در سطح شکستگی تازه، کانی‌های تیره‌ی سنگ را بررسی کنید. پس از شناختن نوع کانی آهن و منیزیم‌دار، براساس جدول (۲ــ۵) نوع فلدسپات (عدد مندرج) را تعیین نمایید.

آن‌گاه با توجه به بیرونی‌بودن یا درونی‌بودن سنگ آذرین، یکی ازجدول‌های ۳ــ۵ یا ۴ــ۵ را انتخاب کنید که در آن فلدسپات (شماره یا عدد مندرج) سنگ مورد مطالعه درج شده باشد ؛ سپس با در نظرگرفتن این‌که در سنگ آذرین کوارتز موجود است یا خیر ؛ از ستون قائم و ردیف افقی مربوط به سنگ نام آن را تعیین کنید.

برای تعیین بیرونی یا درونی‌بودن سنگ‌های آذرین، دانه‌های کانی اندازه‌گیری می‌شود. میانگین اندازه‌ی کانی‌های سنگ‌های آذرین دانه‌درشت بیش‌تر از ۵ میلی‌متر است. میانگین اندازه‌ی سنگ‌های آذرین متوسط دانه بین ۱ تا ۵ میلی‌متر است ؛ هم‌چنین میانگین ریزدانه‌ها کم‌تر از ۱ میلی‌متر است. سنگ‌های آذرین درونی، درشت دانه، و سنگ‌های آذرین بیرونی ریزدانه است.

مثال: یک سنگ آذرین بیرونی دارای آمفیبول و پیروکسن اما فاقد کوارتز است. نام سنگ را پیدا کنید.

طرز کار: با توجه به جدول (۲ــ ۵) در این سنگ، فلدسپات از نوع ۴ (آندزین) است. چون سنگ آذرین خروجی است، براساس جدول (۴ــ۵) ردیف سنگ‌هایی را انتخاب می‌کنیم که فقط دارای پلاژیوکلاز هستند. با توجه به فلدسپات شماره‌ی ۴And، و نداشتن کوارتز، سنگ مورد نظر «آندزیت» خواهد بود.

جدول شناسایی و طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین در آزمایشگاه یا عملیات صحرایی

نمونه‌های موجود در جدول یا نمونه‌ی دیگر را با توجه به نمونه‌های آزمایشگاهی بررسی کرده ویژگی‌های خواسته شده را بنویسید.

جدول ۵ــ۵

نام سنگ	بافت ــ نوع ــ بیرونی ــ درونی	کانی‌های اصلی	صفات خاص کانی‌ها
گرانیت	دانه‌درشت ــ اسیدی ــ درونی	۱ــ کوارتز ۲ــ ۳ــ	جلای شیشه‌ای ـ شکستگی صدفی
ریولیت			
دیوریت			
آندزیت			
گابرو			
پریدوتیت			

ساختمان‌های عمده‌ی سنگ‌های آذرین

بیش‌تر سنگ‌های دارنده‌ی توده‌های آذرین نفوذی، دارای لایه‌بندی یا شیستوزیته هستند. اگر توده‌های نفوذی با لایه‌بندی یا شیستوزیته‌ی سنگ‌ها موازی باشند یا این‌که آن‌ها را قطع کنند توده‌های نفوذی به دو دسته‌ی بزرگ تقسیم می‌شوند :

۱ــ توده‌های نفوذی هم‌شیب ؛ ساخت‌هایی که با لایه‌بندی رسوبی موازی هستند.

۲ــ توده‌های نفوذی متقاطع ؛ ساخت‌هایی که لایه‌بندی رسوبی را قطع می‌کنند.

انواع توده‌های نفوذی هم‌شیب: سیل‌ها[۱]، لاکولیت[۲]ها.

سیل: سیل‌ها ساخت‌های صفحه‌ای بوده که با لایه‌بندی رسوبی موازی هستند.

سن نسبی سیل‌ها همیشه از سنگ‌های درون‌گیر خود کم‌تر است.

لاکولیت: لاکولیت‌ها ساخت‌های توده‌ای شکل بوده که با لایه‌بندی رسوبات موازی هستند. لاکولیت‌ها به شکل عدس بوده و لایه‌های فوقانی پوشاننده، نیز قوس‌دار و برآمده است.

انواع توده‌های نفوذی متقاطع: دایک[۳]ها ــ باتولیت[۴]ها

دایک‌ها: ساخت‌های صفحه‌ای که لایه‌بندی رسوبی را قطع نمایند «دایک» نامیده می‌شوند.

باتولیت‌ها: به ساخت‌های توده‌ای که لایه‌بندی رسوبی را قطع کند «باتولیت» می‌گویند. این قبیل توده‌ها مساحتی حدود یکصد کیلومترمربع، حتی بسیار بیش‌تر از آن را اشغال می‌کنند.

در شکل ۵ــ۵ انواع توده‌های نفوذی هم شیب و متقاطع را مشاهده می‌کنید. با مطالعه‌ی این قسمت و بررسی شکل‌ها در عملیات صحرایی، این‌گونه ساخت‌ها را شناسایی کنید.

۱ــ Sills ۲ــ Laccoliths ۳ــ Dkes ۴ــ Batholiths

شکل ۵ــ۵ــ شکل‌هایی از انجماد مواد مذاب در پوسته‌ی زمین.

شناسایی سنگ‌های رسوبی

شناسایی این دسته از سنگ‌ها از طریق «چارت جریانی[۱]» صورت می‌گیرد.

چارت جریانی متشکل از سلسله خانه‌هایی است که به‌وسیله‌ی پیکان به یک‌دیگر مربوط می‌شوند.

در هریک از خانه‌ها، یکی از مراحل کار نوشته می‌شود. در هریک از مراحل کار ممکن است وضعیتی پیش آید که نیاز به تصمیم‌گیری باشد. خانه‌های تصمیم‌گیری باید حاوی سؤالی باشد که بتوان با «بله» یا «خیر» بدان پاسخ داد. با هریک از پاسخ‌های بله یا خیر مسیر متفاوتی پیشنهاد می‌شود.

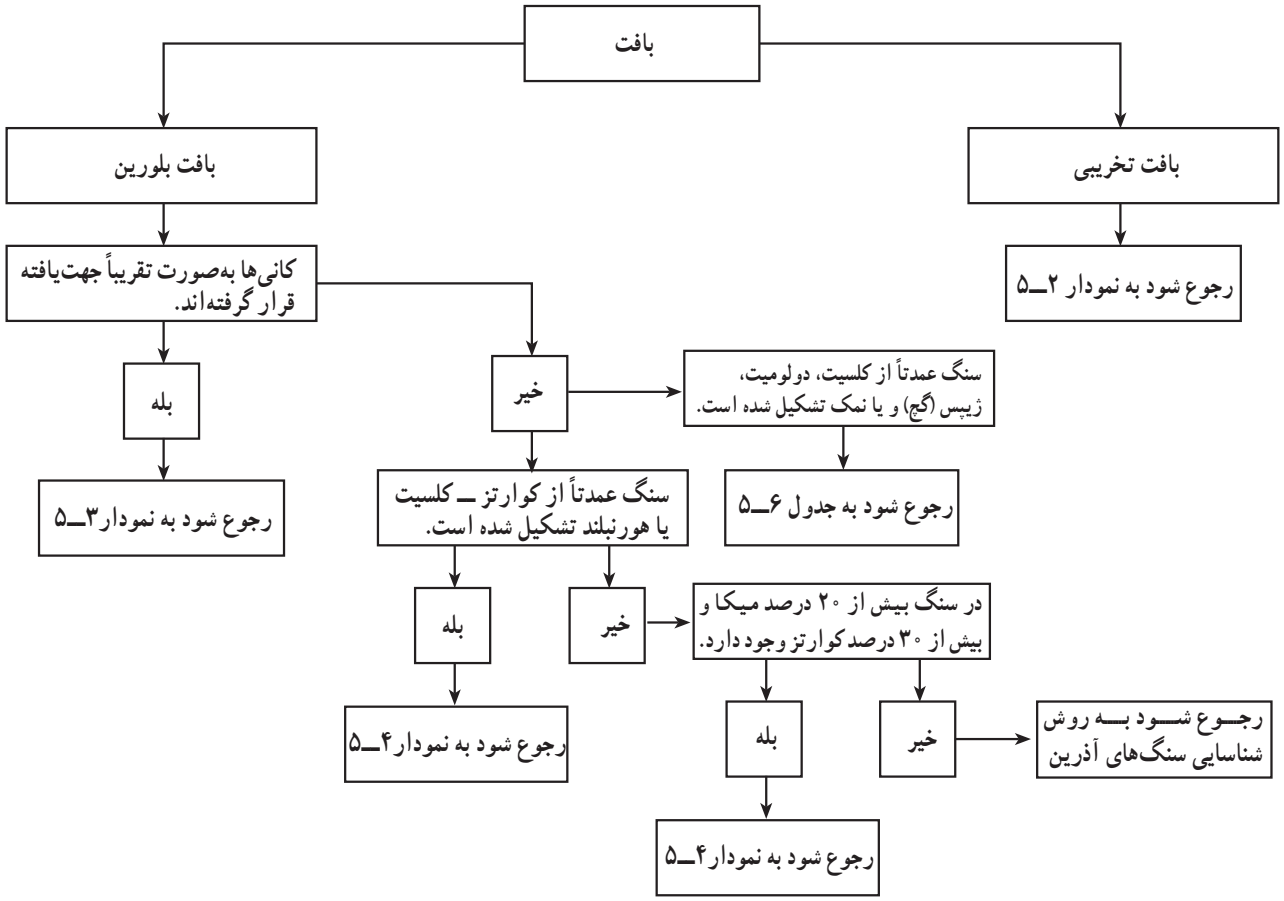
در این روش، براساس نمودارها و جداول مختلف، توضیحات لازم درباره‌ی سنگ‌ها به‌دست داده می‌شود.

استفاده از نمودارها و جداول به‌منظور شناسایی سنگ‌ها

وسایل و مواد مورد نیاز: چکش زمین‌شناسی، لوپ یا ذرّه‌بین با بزرگ‌نمایی ۱۰ ، خط‌کش میلی‌متری و اسید کلریدریک.

در نمودار ۱ــ۵، سنگ‌های مختلف تقسیم‌بندی شده‌اند. برای هر دسته یک نمودار یا جدول به‌منظور معرفی مشخصات و معلوم‌کردن نام سنگ ذکر می‌شود. در نمودار ۱ــ۵، سنگ‌ها دارای بافت بلورین یا بافت تخریبی هستند (به نمودار ۲ــ۵ رجوع شود). آیا در بافت بلورین کانی‌ها به صورت جهت‌یافته قرار گرفته‌اند؟ (به نمودار ۳ــ۵ مراجعه کنید) در صورت پاسخ منفی، سنگ ممکن است به مقدار زیاد متشکل از کلسیت، دولومیت، ژیپس یا نمک باشد (به جدول ۶ــ۵ مراجعه شود).

۱ــ Flow chart



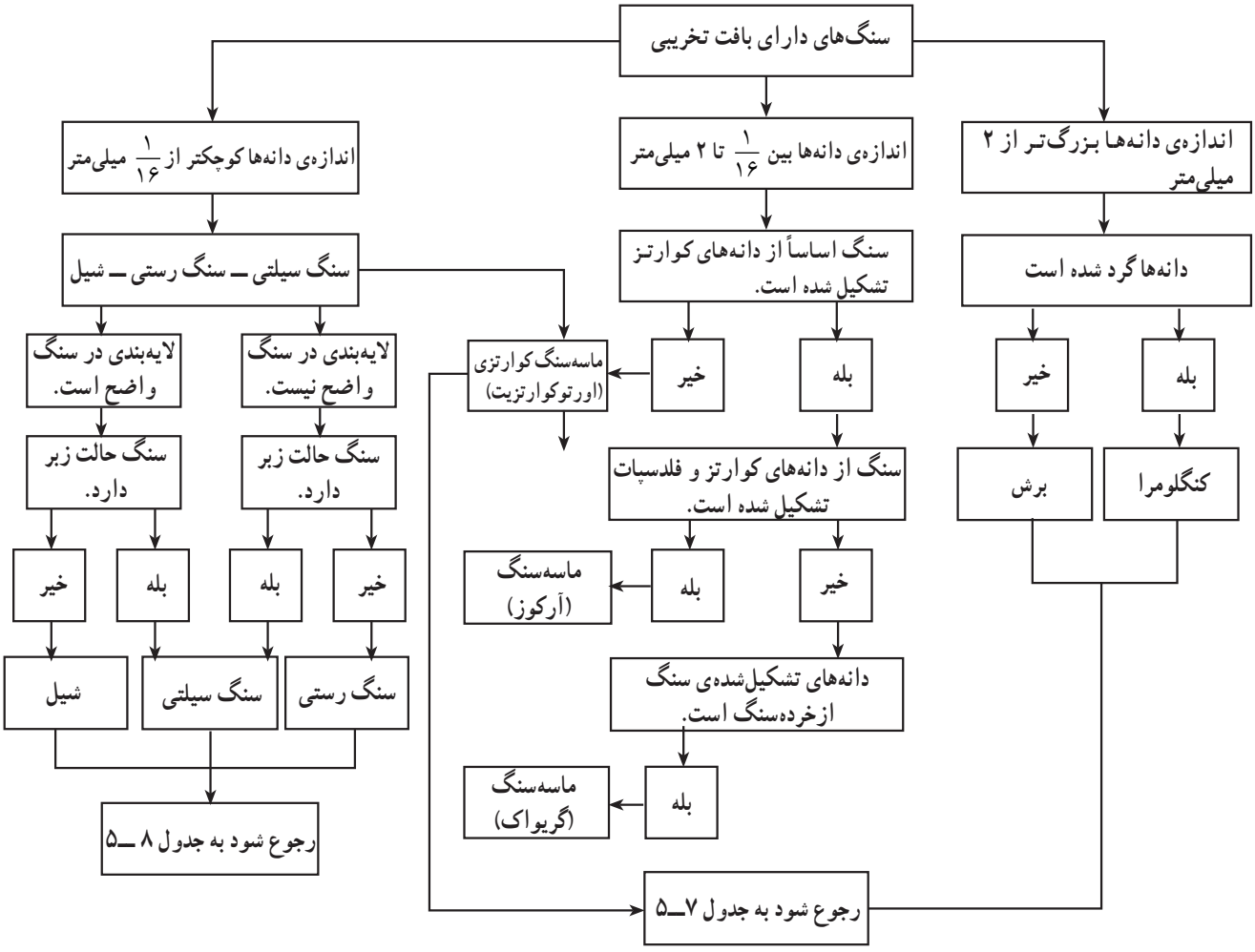
نمودار ۱ــ۵

بافت بلورین، کانی‌ها فاقد جهت یافتگی بوده ممکن است سنگ حاوی کلسیت، دولومیت، ژیپس یا نمک باشد . در جدول ۶ــ۵ مشخصات مربوط به شناسایی سنگ‌های رسوبی شیمیایی نشان داده شده است.

جدول ۶ــ۵ــ مشخصات فیزیکی به‌منظور شناسایی سنگ‌های رسوبی شیمیایی

شماره	نام سنگ	ترکیب شیمیایی	خصوصیات بارز سنگ
۱	سنگ نمک	NaCl	مزه‌ی شور آن بهترین راهنما است.
۲	ژیپس (سنگ گچ آبدار)	$CaSO_4$ و $2H_2O$	میزان سختی آن بهترین معرف آن است (با ناخن خراش برمی‌دارد)، بی‌مزه است و اسید بر آن تأثیر ندارد. اغلب شفاف است.
۳	انیدریت (سنگ گچ بدون آب)	$CaSO_4$	سختی آن کمی بیش‌تر از سختی سنگ گچ آب‌دار است (با ناخن خراش برنمی‌دارد)، بی‌مزه است و اسید بر آن تأثیر ندارد شفاف نیست.
۴	سنگ آهک	$CaCO_3$	سختی آن بیش‌تر از سختی سنگ گچ آب‌دار است، با اسید کلریدریک سرد و رقیق می‌جوشد. به رنگ‌های تیره و روشن دیده می‌شود.
۵	دولومیت	$(Ca$ و $Mg)_2CO_3$	سختی آن بیش‌تر از سختی سنگ آهک است با اسید کلریدریک سرد و رقیق به‌خوبی نمی‌جوشد. رنگ آن اغلب به علت وجود منیزیم تیره‌تر از سنگ آهک است.

درصورتی که سنگ‌ها بافت تخریبی داشته باشند به نمودار ۲ــ۵ مراجعه کنید.



نمودار ۲ــ۵

اگر سنگ‌ها بر طبق «چارت جریانی» نمودار ۲ــ۵ مرحله به مرحله قابل شناسایی باشند، از جدول‌های۷ــ۵ و۸ــ۵ استفاده کنید.

برای مشاهده‌ی دانه‌های ماسه و سیلت از عدسی دستی یا بزرگ‌نمایی ۱۰ . یا بیش‌تر استفاده کنید.

جدول ۷ــ۵ــ مشخصات فیزیکی به‌منظور شناسایی سه سنگ تخریبی درشت‌دانه

شماره	نام سنگ	اندازه‌ی دانه	نام دانه	ویژگی‌های بارز	توضیح سنگ‌شناسی
۱	کنگلومرا	بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر	درشت‌سنگ قلوه‌سنگ ریگ یا شن	قطر دانه	اندازه‌ی دانه‌ها و گردشدگی آن‌ها بهترین وسیله‌ی تشخیص این سنگ‌ها از سنگ‌های تخریبی دیگر است، بنابراین، هر سنگ تخریبی که میانگین قطر دانه‌های آن بیش از ۲ میلی‌متر باشد (دانه‌ها گردشدگی داشته باشند) جزو کنگلومراها قرار می‌گیرد. قطر دانه‌های کنگلومرا را می‌توان به‌وسیله‌ی خط‌کش یا کولیس اندازه گرفت.
۲	برش	بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر	رابل	شکل دانه‌ها دانه‌ها گوشه دارند.	یکی از ویژگی‌های بارز این سنگ، شکل دانه‌های آن است. در بین سنگ‌های تخریبی فقط دانه‌های این سنگ است که گوشه‌دار است ؛ بنابراین، اگر سنگی دیدیم که شبیه کنگلومرا اما دانه‌های آن گوشه‌دار و بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر بود، بلافاصله می‌توانیم بگوییم که نام آن «برش» است.
۳	ماسه‌سنگ	بزرگ‌تر از $\frac{۱}{۱۶}$ و کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر	ماسه	قطر دانه‌ها دانه‌ها تقریباً با چشم مشاهده می‌شوند.	در نمودار از سه نوع ماسه‌سنگ اسم برده شده که در این جا برای هر سه فقط واژه‌ی «ماسه‌سنگ» را به‌کار می‌بریم. اندازه‌ی دانه‌های این سنگ‌ها وسیله‌ی تشخیص آن‌ها از دیگر سنگ‌های تخریبی است، زیرا چنان‌که در نمودار ۲ ملاحظه می‌شود قطر دانه‌ها بزرگ‌تر از $\frac{۱}{۱۶}$ و کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر است ؛ یعنی، اندازه‌ی دانه‌ها با چشم، نیز به‌وسیله‌ی عدسی‌های دستی تشخیص داده می‌شود. رنگ این سنگ‌ها بسته به مواد دیگری که در آن‌ها وجود دارند ممکن است قرمز روشن، خاکستری، زیتونی و ... باشند.

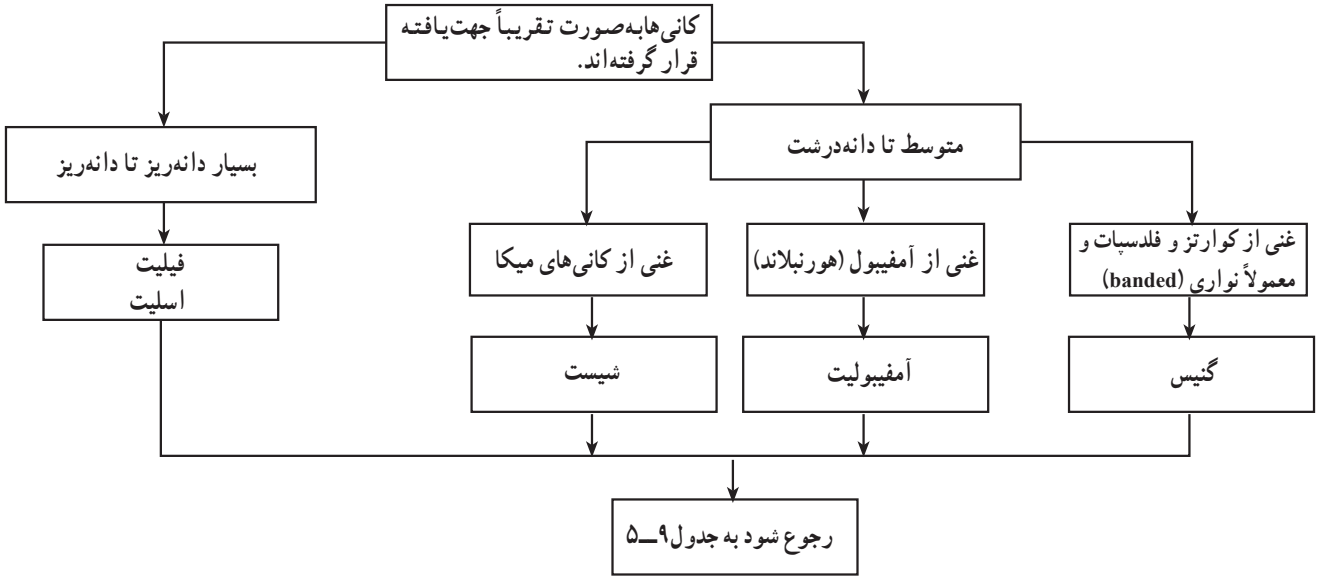
برای مشاهده‌ی دانه‌های ماسه و سیلت از عدسی با بزرگ‌نمایی ۱۰ . یا بیش‌تر استفاده کنید.

جدول ۸ــ۵ــ مشخصات فیزیکی به‌منظور شناسایی سه سنگ تخریبی ریزدانه

شماره	نام سنگ	قطر دانه	نام دانه	لمس با دست	در زیر دندان	ساختمان ظاهری	بوی سطح مرطوب شده‌ی سنگ به وسیله‌ی بخاردهان	رنگ
۱	سنگ سیلتی	کوچک‌تر از $\frac{۱}{۱۶}$ میلی‌متر	سیلت	کمی‌زبر(خشن)	در زیر دندان دانه‌های آن لمس می‌شود و حالت زبر و صدای خش‌خش دارد.	دانه‌ها به‌طور متراکم و بدون حالت جهت‌یافتگی در سنگ قرار دارند. حالت لایه‌بندی در نمونه‌ی دستی سنگ دیده نمی‌شود.	اغلب بوی لجن می‌دهد.	اغلب رنگ روشن دارد.
۲	سنگ رستی	کوچک‌تر از $\frac{۱}{۱۶}$ میلی‌متر	رس	حالت نرم دارد.	در زیر دندان دانه‌های آن لمس نمی‌شود و حالت نرم دارد.	موقعی که رطوبت جذب کند حالت پلاستیکی پیدا می‌کند. حالت لایه‌بندی در نمونه‌ی دستی سنگ دیده نمی‌شود.	بوی لجن می‌دهد ولی بیش‌تر از سنگ سیلتی بوی گل رس را دارد.	اغلب رنگ تیره دارد (سیاه یا خاکستری)
۳	شیل	کوچک‌تر از $\frac{۱}{۱۶}$ میلی‌متر	سیلت و رس	حالت زبری آن بیش‌تر از سنگ رستی و کم‌تر از سنگ سیلتی است.	در زیر دندان، دانه‌های آن کمی لمس می‌شود و حالت زبری و صدای خش‌خش کمی دارد.	دانه‌های رس به موازات سطح طبقه‌بندی، حالت جهت‌یافتگی پیدا می‌کنند و حالت لایه‌بندی در نمونه‌ی دستی سنگ دیده می‌شود.	اغلب بوی لجن می‌دهد.	"

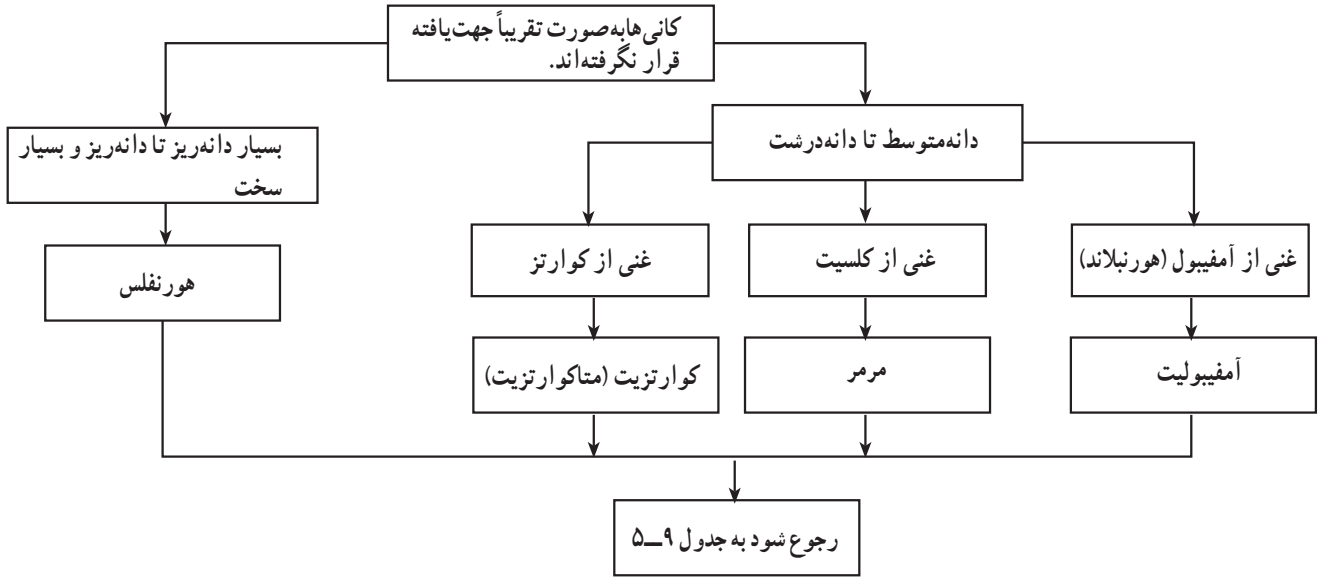
شناسایی سنگ‌های دگرگونی

با توجه به نمودار ۱ــ۵، سنگ ممکن است بافت بلورین داشته کانی‌ها به‌صورت تقریباً جهت‌یافته قرار گرفته باشند، در صورت بله‌بودن ممکن است سنگ از بلورهای درشت کوارتز، کلسیت یا هورنبلاند تشکیل شده باشد. در این صورت، به نمودار ۳ــ۵ مراجعه کنید.



نمودار ۳ــ۵

سنگ در صورت داشتن بلورهای دانه‌درشت کوارتز، کلسیت یا هورنبلاند و در صورت مثبت‌بودن، به نمودار ۴ــ۵ رجوع کنید و از جدول ۹ــ۵ نام سنگ را تعیین کنید. در نمودار۴ــ۵ و در جدول ۹ــ۵ درج شده است.



نمودار ۴ــ۵

جدول ۹ــ۵

نام سنگ	اندازه‌ی بلورها	کانی‌های تشکیل‌دهنده	سنگ منشأ (مادر)	شکل قرارگرفتن کانی‌ها / رنگ در سنگ	
اسلیت	بسیار دانه‌ریز	ورقه‌های خیلی ریز تا ریز میکا به موازات جهت‌یافتگی که اغلب در نمونه‌ی دستی به چشم می‌خورد. دانه‌های ریز کوارتز و فلدسپات	معمولاً شیل یا خاکستر آتش‌فشانی	معمولاً خاکستری تیره، ممکن است سبز یا قرمز هم باشد.	کانی‌ها به‌صورت جهت‌یافته یا نواری قرار گرفته‌اند.
فیلیت	دانه‌ریز	" "	"	معمولاً خاکستری کمی تیره با درخشندگی میکاها	
شیست	متوسط تا دانه‌درشت جهت‌یافتگی توسعه‌ی بیش‌تری دارد.	به‌طور آشکار کانی‌های بیوتیت ــ موسکویت ــ کلریت آمفیبول (هورنبلاند) کوارتز و فلدسپات. گاه کلسیت و گارنت (گرونا) هم وجود دارد.	شیل ــ گریواک و سنگ‌های ولکانیک (آذرین خروجی)	متغیر و بستگی به سنگ منشأ و فراوانی کانی‌ها دارد. معمولاً با درخشندگی میکاها	
گنیس	متوسط تا دانه‌درشت ممکن است نواری باشد.	معمولاً کوارتز و فلدسپات فراوان است. میکاها و آمفیبول (هورنبلاند) هم وجود دارد.	مثل شیست، همین‌طور آرکوزوسنگ‌های پلوتونیگ	رنگ پریده (روشن)	
آمفیبولیت	"	معمولاً آمفیبول (هورنبلاند) میکای سیاه ــ کوارتز و به مقدار کم فلدسپات	سنگ‌های ولکانیک	تیره	به‌ندرت کانی‌ها به‌صورت جهت‌یافته یا نواری‌اند.
هورنفلس	دانه‌ریز تا خیلی دانه‌ریز و اغلب ظاهری شبیه فلینت دارد.	معمولاً در مقطع نازک مشاهده می‌شود. کوارتزهای دانه‌ای فراوان است که به‌طور اتفاقی جهت‌یافتگی دارند و اغلب میکاها پراکنده‌اند. می‌تواند پورفیرو پلاستیک باشد و گاه به‌طور ظریف جهت‌یافته یا نواری است.	معمولاً شیل	معمولاً تیره	
کوارتزیت (متاکوارتزیت)	متوسط تا دانه‌درشت	کوارتز درصد بسیار زیادی از سنگ را شامل می شود. ممکن است موسکویت هم به‌مقدار کم باشد.	ماسه‌سنگ	معمولاً سفید، خاکستری، قرمز	
مرمر	متوسط تا دانه‌درشت	کلسیت درصد بسیار زیادی ازسنگ را شامل می‌شود.		معمولاً سفید، خاکستری	

هوازدگی، فرسایش و رسوب‌گذاری

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ محل مناسب نمونه‌برداری از خاک را انتخاب کند.

۲ــ از نقاط بدون بقایای گیاهی و خاکستر، نمونه‌برداری کند.

۳ــ نمونه‌های مختلف خاک را در فضای اتاق خشک نماید.

۴ــ با آماده‌سازی مخلوط آب و خاک، pH آن را اندازه‌گیری کند.

۵ــ با استفاده از گچ یا ماده‌ی مناسب دیگر، مدل برخان بسازد.

۶ــ با استفاده از مواد مناسب، انواع مدل درّه را بسازد.

۷ــ با استفاده از مواد مناسب، مدل دلتا و مخروط‌افکنه بسازد.

۸ــ انواع نمونه‌های استالاکتیت و استالاگمیت را بررسی کند.

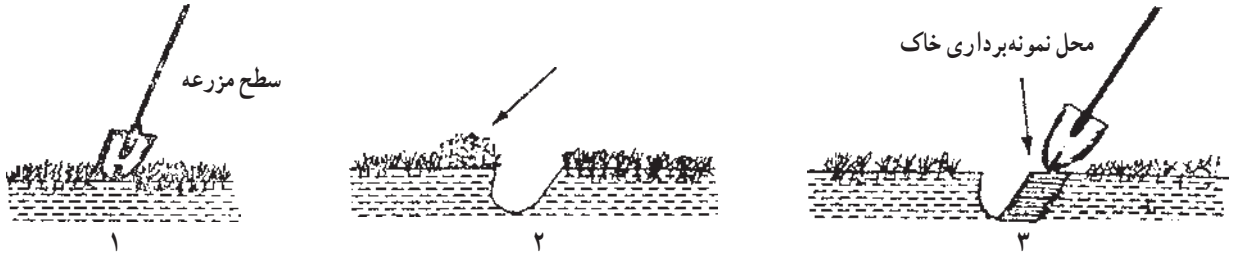
هوازدگی و فرسایش

نمونه‌برداری

وسایل نمونه‌برداری: بیلچه، کیسه‌ی نایلونی و کارت نمونه

محل نمونه‌برداری: محل نمونه‌برداری نباید از نقاطی باشد که آغشته به کودهای مختلف یا بقایای گیاهی و مواد غیرخاک (خاکستر و غیره) است. در زمین‌هایی که پوشیده از گیاهان سبز مرتعی است، ابتدا باید بخش زنده‌ی خاک را کنار بزنید ؛ سپس اقدام به نمونه‌برداری کنید (شکل۱ــ۶).

نمونه‌های خاک را در کیسه‌های نایلونی جداگانه بریزید و با نوشتن کارت یا علامت‌گذاری آن‌ها را از یکدیگر جدا کنید.



شکل ۱ــ۶ــ آماده کردن سطح خاک جهت نمونه‌برداری

پروفیل یا نیم‌رخ خاک

در جاده‌سازی یا گودبرداری (گودالی به عمق ۱/۵ متر و طول ۲ متر) که افق‌های مختلف آن مشخص و قابل مطالعه است. نیم‌رخ خاک مشاهده می‌شود.

خشک کردن نمونه‌های خاک

نمونه‌ها را به طور جداگانه روی روزنامه پهن کنید و در اتاق محفوظی خشک نمایید.

رنگ خاک

رنگ خاک، یکی از ویژگی‌های اصلی خاک است که به سادگی قابل اندازه‌گیری است. با دانستن رنگ خاک می‌توان اطلاعات زیادی درباره‌ی آن کسب کرد.

در آب و هوای معتدل، عموماً خاک‌هایی با رنگ تیره دارای مواد آلی بیش‌تر از خاک‌های روشن هستند. رنگ سرخ خاک عموماً مربوط به اکسید آهن (هماتیت Fe_2O_3) است. رنگ زرد خاک‌ها نشان‌دهنده‌ی رطوبت زیاد خاک و اکسیدهای آهن آب‌دار است، (لیمونیت Fe_2O_3, nH_2O). خاک‌های مردابی به علت تشکیل FeO رنگ خاکستری پیدا می‌کنند.

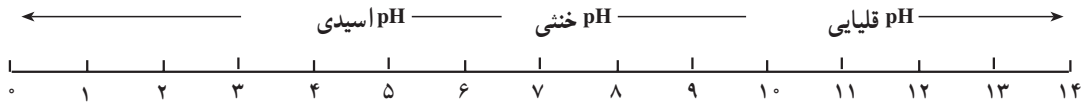
رنگ سفید خاک‌ها در اثر وجود موّاد مختلف از قبیل کربنات‌ها و کلسیم و منیزیم، گچ و کائولن است.

تعیین pH خاک[1]

وسایل و مواد مورد نیاز: بشر، لوله‌ی آزمایش، آب‌مقطر، نمونه‌های خاک، کاغذهای تعیین pH با واکنش رنگی در محیط اسیدی یا قلیایی.

pH: غلظت یون هیدروژن در خاک است.

حدود pH: pH را در محدوده‌ی صفر تا ۱۴ در نظر می‌گیرند. pH هفت، محیط خنثی، کم‌تر از ۷ اسیدی و بیش‌تر از ۷ قلیایی است (شکل ۲ــ۶).



شکل ۲ــ۶

اندازه‌گیری pH خاک: ۵۰ گرم خاک را با ۵۰ سانتی‌متر مکعب آب مقطر مخلوط کنید. مخلوط حاصل را مدتی به هم بزنید ؛ سپس کاغذ pH را درون نمونه‌ای از مخلوط قرار دهید و تغییر رنگ را پس از مدتی بررسی کنید. در صورتی که کاغذ pH مقیاس رنگی داشته باشد (رنگ‌های متنوع قرمز برای تعیین درجات مختلف اسیدی، هم‌چنین رنگ‌های متنوع آبی برای تعیین درجات مختلف قلیایی) عدد pH نیز تقریباً مشخص می‌شود.

تذکّر : به منظور تعیین pH دقیق خاک‌ها در خاک‌شناسی و کشاورزی، از دستگاه‌های pH متر و روش کالریمتری استفاده می‌شود.

حدود pH خاک‌ها: در نواحی مرطوب تغییرات pH بین ۴ تا ۷ است. در صورتی که درصد مواد آلی بسیار بالا باشد، pH ممکن است از ۴ هم پایین‌تر بیاید.

خاک‌هایی که pH آن‌ها کم‌تر از ۷ است «خاک‌های اسیدی» می‌نامند. به تدریج که اقلیم خشک‌تر می‌شود مقدار pH هم بالاتر رفته pH خاک قلیایی می‌شود.

اندازه‌گیری pH بارندگی[2]: مقداری از آب باران یا برف را در یک بشر تمیز (بشقاب تمیز) جمع‌آوری کنید و با یک قطعه کاغذ pHسنج، درجه‌ی اسیدی بودن آن را اندازه بگیرید. اگر برف را جمع‌آوری کرده‌اید ابتدا آن را ذوب کنید. عدد حاصل را با مقیاس‌های موجود مقایسه نمایید.

---

۱ و ۲ــ این آزمایش، اختیاری است.

استفاده از مدل‌ها و بازدیدها در بررسی عمل زمین‌شناسی باد، آب‌های جاری و آب‌های زیرزمینی

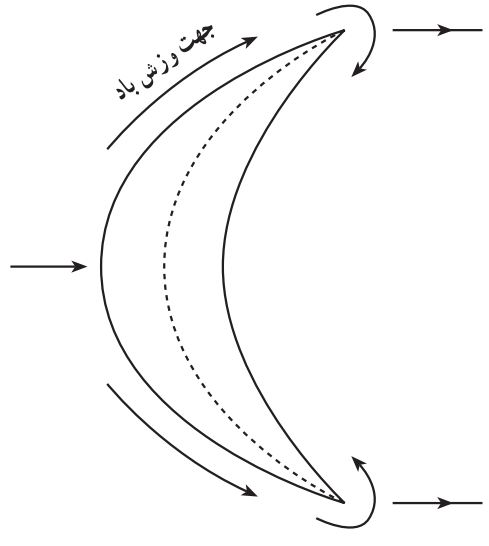
عمل زمین‌شناسی باد

مدل برخان: تلماسه‌ها هنگامی تشکیل می‌شوند که حرکت ذرات ماسه را مانعی متوقف کند. این مانع ممکن است برجستگی طبیعی در سطح زمین، قطعه‌ای سنگ یا یک بوته باشد. به این ترتیب، ذرات ماسه پس از برخورد با مانع در پای آن به زمین می‌افتند و به تدریج توده‌ی برجسته‌ای به وجود می‌آید که خود موجب جمع شدن ذرات بیش‌تر و سرانجام، تشکیل تلماسه می‌شود. نوعی از تلماسه‌ها که شکل هلالی دارند «برخان» نامیده می‌شود. طرف محدّب و کم شیب آن جلوی باد قرار دارد.

تهیه‌ی مدل گچی از برخان

وسایل و مواد مورد نیاز: مقوای نازک، مقوای ضخیم، نوار چسب، آب، گچ الک کرده، قاشق، قیچی و تیغ موکت‌بری.

ابتدا شکل هلالی برخان را با دقت روی مقوای نازک رسم کنید ؛ سپس آن را با قیچی به شکل هلالی در بیاورید (شکل۳ــ۶). یک مقوای ضخیم بزرگ‌تر از هلال را انتخاب کنید و ضمن این که فرم هلالی را از دو طرف کمی فشار می‌دهید با نوارچسب آن را روی مقوای بزرگ‌تر انتخاب شده بچسبانید. به این ترتیب، شکل هلالی برخان به صورت مقوایی آماده می‌شود.

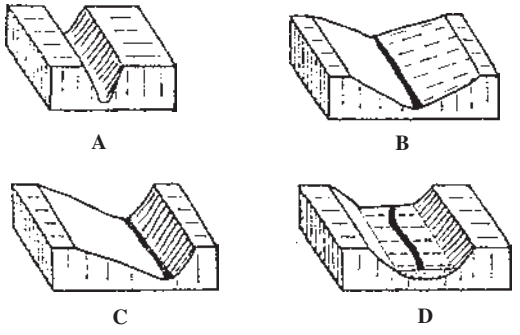


شکل ۳ــ۶

پس از آماده شدن این شکل حدود ۱/۵ لیوان آب در یک ظرف ریخته، سپس حدود ۲ لیوان گچ الک کنید و در آن بریزید و با قاشق کاملاً به هم بزنید تا گچ خوب در آب مخلوط شود. اندکی صبر کنید تا گچ، حالتی میان سفت و آبکی داشته باشد. در این هنگام گچ را در قالب هلالی بریزید که کمی آن را کج کرده‌اید ؛ آن‌گاه با یک تیغ موکت‌بری دامنه‌ی پرشیب هلال را آرام، آرام مرتب کنید. وقتی که گچ سفت شد آن را از قالب هلالی و مقوای زیر آن جدا نمایید. در این هنگام، دامنه‌ی کم شیب هلال کاملاً صاف و مرتب، و به شکل هلال است.

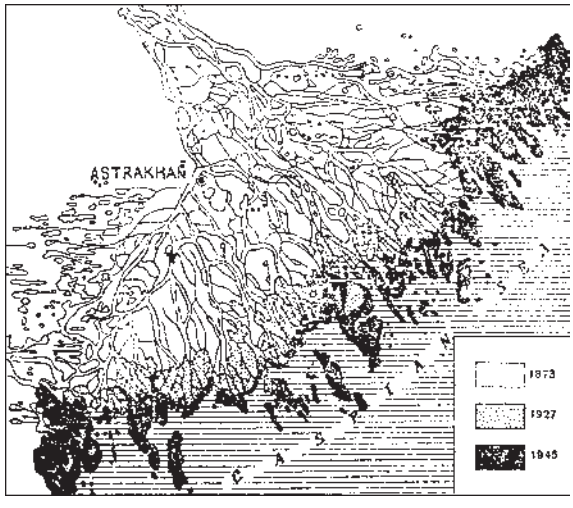
با استفاده از مدل‌ها و بازدیدهای علمی، عمل زمین‌شناسی باد را (تلماسه‌های بیابانی، ساحلی و برخان‌ها) بررسی کنید.

با استفاده از مدل‌ها و بازدیدهای علمی، عمل زمین‌شناسی آب‌های جاری را بررسی کنید : حفر دره‌های U شکل، درّه‌های V شکل، مئاندر، مخروط افکنه و دلتا (شکل۴ــ۶).



A ــ درّه‌ی با دیواره‌های تند
B ــ درّه‌ی V شکل C ــ درّه‌ی نامتقارن D ــ دره با کف صاف و دشت سیلابی کامل

شکل ۴ــ۶ــ مدل مقاطع دره‌های گوناگون



شکل ۵ــ۶ــ دلتای آستراخان

با استفاده از مدل‌ها و بازدیدهای علمی، پدیده‌های زمین‌شناسی آب‌های زیرزمینی را بررسی کنید. تشکیل غارهای آهکی زیرزمینی ــ استالاکتیت و استالاگمیت (نمونه‌های موجود در آزمایشگاه) (شکل۶ــ۶).

شکل ۶ــ۶ــ داخل غار علی‌صدر و استالاکتیت

فصل هفتم

ساخت‌های تکتونیکی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ وسایل مورد نیاز در عملیات زمین‌شناسی را تهیه و انتخاب کند.

۲ــ قطب‌نمای زمین‌شناسی و کاربرد آن را توضیح دهد.

۳ــ قطب‌نما را در تعیین آزیموت امتداد لایه به کار برد.

۴ــ با استفاده از وسایل موجود شیب‌سنج ساده بسازد.

۵ــ با استفاده از شیب‌سنج دستی ساده، شیب لایه‌ها را اندازه‌گیری کند.

۶ــ با استفاده از قطب‌نما امتداد لایه را تعیین کند.

۷ــ مدل گسل را با استفاده از تخته یا ماده‌ی دیگر بسازد.

۸ــ با استفاده از مدل گسل، ویژگی‌ها گسل را بازگو کند.

۹ــ با استفاده از مدل گسل دارای جهت خطوط لغزشی، انواع گسل را توضیح دهد.

۱۰ــ با استفاده از تخته یا ماده‌ی ممکن دیگر، مدل گسل مرکب تهیه کند.

۱۱ــ با استفاده از مدل تهیه شده، هورست و گرابن را نشان دهد.

۱۲ــ مدلی از یک چین‌خوردگی بسازد.

۱۳ــ با استفاده از مدل، مشخصات هندسی چین را تمرین کند.

۱۴ــ با استفاده از گچ، مدل تاقدیس و ناودیس بسازد.

عملیات صحرایی

وسایل مورد نیاز در عملیات صحرایی

نقشه‌های زمین‌شناسی: نقشه‌های زمین‌شناسی از وسایل کمکی مهم در عملیات صحرایی به شمار می‌آیند. این نقشه‌ها نشان‌هنده‌ی پخش سطحی سنگ‌ها، ارتباط بین آن‌ها، موقعیت و وضعیت ساختاری آن‌ها هستند.

استفاده از رنگ در نقشه‌های زمین‌شناسی، تشکیلات[۱] اختصاصی سنگ‌ها را مشخص می‌سازد. در راهنمای نقشه توصیف مختصری از هر یک از واحدهای آن درج می‌شود (شکل ۱ــ۷).

۱ــ Formation

شکل ۱ــ۷ــ نقشه‌ی زمین‌شناسی و مقطع زمین‌شناسی آن در امتداد AB

قطب نمای زمین‌شناسی

کلاه ایمنی: در صورت عملیات در اطراف صخره‌ها و نظایر آن استفاده از کلاه ایمنی ضروری است.

عینک ایمنی: برای محافظت از چشم‌ها در برابر قطعات پرتابی سنگ‌های حاصل ضربات چکش لازم است.

دستکش مناسب و ضخیم: برای محافظت از دست‌ها.

چکش زمین‌شناسی: برای شکستن قطعات سنگی استفاده می‌شود. به منظور جدا کردن نمونه‌های کانی و یا شکستن سنگ‌ها از قلم‌های مناسب استفاده کنید.

تهیه‌ی گزارش، تهیه‌ی عکس از پدیده‌ها و یا تهیه‌ی فیلم ویدئویی، از کارهای لازم در عملیات صحرایی است. بدون شناخت و تعیین وضعیت زمین‌شناسی منطقه‌ی عملیاتی نمونه‌های تهیه شده از منطقه از ارزش علمی کم‌تری برخوردارند.

شکل ۲ــ۷ــ تجهیزات عملیات صحرایی و وسایل ایمنی

در شکل۳ــ۷ تجهیزات عملیات صحرایی، وسایل ایمنی و ثبت نمونه‌ها و مشاهدات را ملاحظه می‌کنید.

شکل ۳ــ۷ــ تجهیزات عملیات صحرایی، ثبت نمونه‌ها و مشاهدات

عملیات زمین‌شناسی ــ ساختارهای مهّم زمین‌ساختی کانی و سنگ و موارد دیگر زمین‌شناسی

وسایل مورد نیاز: چکش زمین‌شناسی، انواع قلم به منظور جدا کردن کانی‌ها یا فسیل از سنگ، قطب‌نمای زمین‌شناسی (همراه با شیب‌سنج) یا شیب‌سنج مستقل، چاقو با تیغه‌ی فولادی، چینی بدون لعاب، شیشه، اشیا با لختی مشخص و لوپ

مواد مورد نیاز: اسید کلریدریک

چین‌خوردگی: با استفاده از تخته یا گچ یا هر ماده‌ی دیگر مدل چین‌خوردگی، مانند تاقدیس و ناودیس را بسازید.

لایه‌های فرضی را رنگ‌آمیزی کنید.

گسل‌ها: با استفاده از تخته یا هر ماده‌ی ممکن، مدل انواع گسل را بسازید. لایه‌ها را رنگ‌آمیزی کنید.

مشخصات هندسی چین‌خوردگی‌ها را به وسیله‌ی مدل چین‌خوردگی توضیح دهید.

مشخصات هندسی گسل‌ها را به وسیله‌ی مدل توضیح داده تعیین کنید.

تعیین آزیموت امتداد، امتداد و شیب لایه‌ها

قطب‌نما (کمپاس)

وسیله‌ای است که از آن در تعیین شمال نقشه، مشخص کردن زاویه‌ی بین دو امتداد و نیز برای تهیه‌ی کروکی زمین استفاده می‌شود.

قسمت‌های اصلی قطب‌نما: قطب‌نما از چهار قسمت اصلی تشکیل شده است :

تکیه‌گاه: بدنه‌ی دستگاه است و قسمت‌های دیگر قطب‌نما به آن نصب می‌شوند.

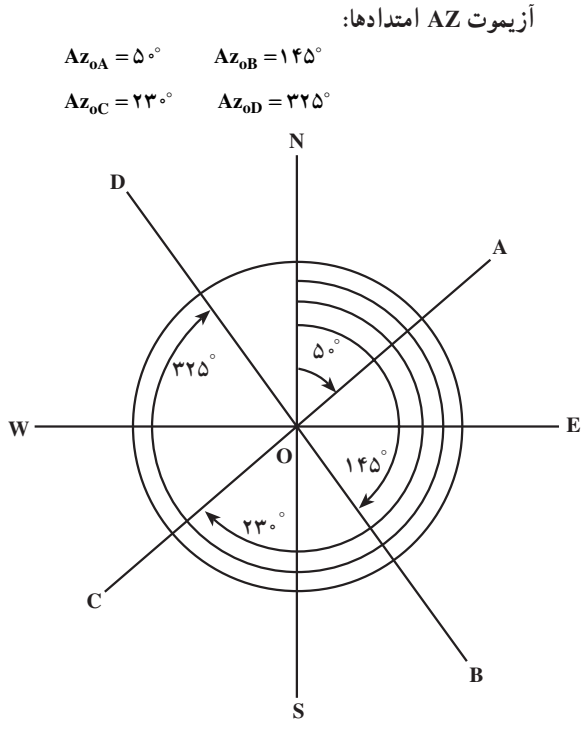
صفحه‌ی مدّرج: به ۳۶۰ درجه و در برخی از قطب‌نماها به ۴۰۰ گراد تقسیم شده است.

عقربه‌ی مغناطیسی: دارای نشانه‌ای برای تعیین شمال و جنوب مغناطیسی است. این عقربه می‌تواند حول محور خود که در مرکز صفحه‌ی مدرّج قرار دارد، بچرخد.

وسیله‌ی قراولروی: که به وسیله‌ی آن می‌توان به طرف یک نقطه‌ی معلوم نشانه‌روی کرد و امتداد آن را مشخص نمود.

شکل ۴ــ۷ــ قطب‌نمای زمین‌شناسی

آزیموت[1]: آزیموت یک امتداد، عبارت است از زاویه‌ای که بین یک امتداد و شمال، در جهت عقربه‌های ساعت ایجاد می‌شود.



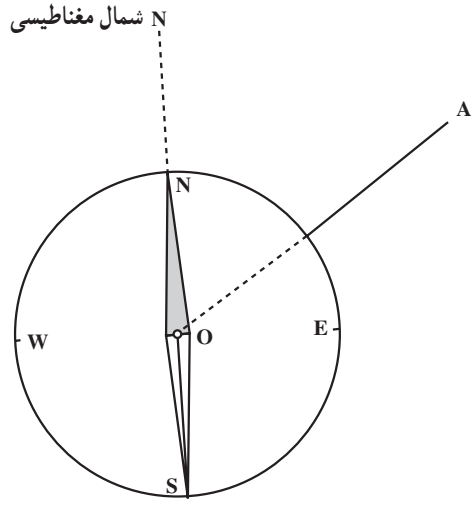
شکل ۵ــ۷ــ آزیموت امتدادهای OA، OB، OC، OD

۱ــ Azimoth (AZ)

طرز تعیین آزیموت یک امتداد با استفاده از

قطب‌نما: این دستگاه را در ابتدای امتداد مورد نظر مستقر کرده آن را به سمت شمال تنظیم کنید. ابتدای امتداد با حرف O مشخص شده است.

سپس به کمک وسیله‌ی نشانه روی قطب‌نما، امتداد (OA) را تعیین کنید.



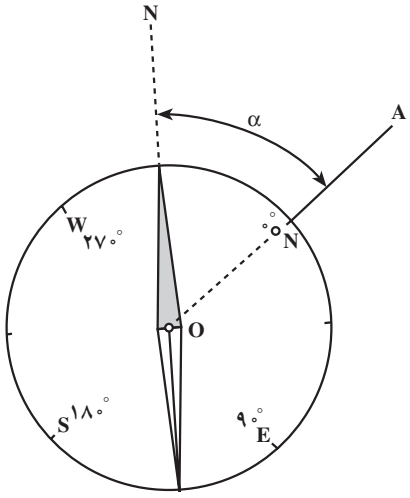
شکل ۶ــ۷ــ تنظیم قطب‌نما به سمت شمال توجیه شده است.

برای این که امتدادی را به طور دقیق مشخص کنید بهتر است یک ژالون[1] در انتهای امتداد مورد نظر (A) نصب نمایید.

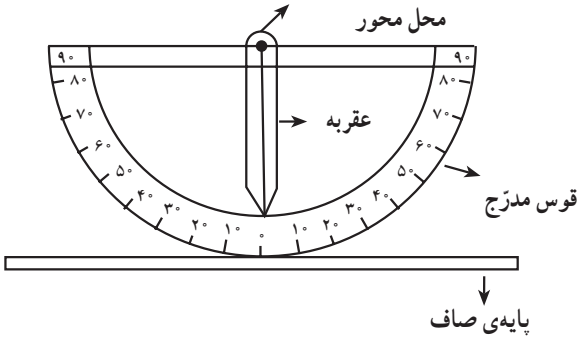
قطب‌نما را در نقطه‌ی O در جهت حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانید تا حرف N یا عدد صفر صفحه‌ی مدرج قطب‌نما در جهت A قرار گیرد (شکل ۷ــ۷).

در این هنگام عقربه‌ی مغناطیسی، زاویه‌ی بین امتداد OA و شمال مغناطیسی، یعنی آزیموت مغناطیسی را نشان می‌دهد.

شیب‌سنج دستی ساده: شیب‌سنج وسیله‌ای است که با آن می‌توان زاویه‌ی شیب لایه را تعیین کرد. شیب‌سنج از یک قوس مدرّج (برحسب درجه) و عقربه‌ای که حول محور (میانه‌ی خط‌کش) آزادانه می‌تواند حرکت کند، نیز از یک پایه‌ی مسطح تشکیل شده است. در شکل ۸ــ۷ یک شیب‌سنج دستی ساده را مشاهده می‌کنید.



شکل ۷ــ۷ــ تعیین آزیموت مغناطیسی



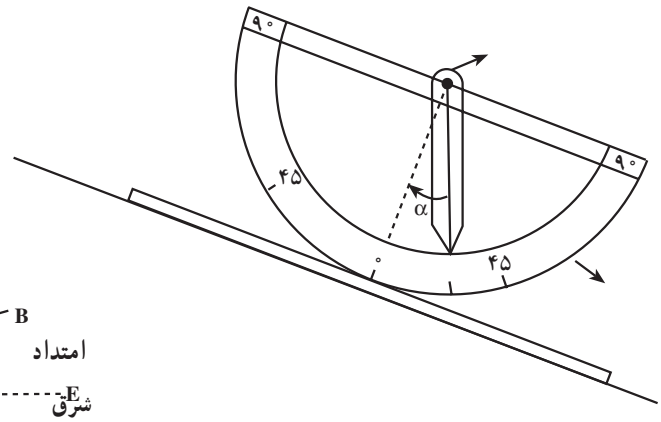
شکل ۸ ــ۷ــ شیب‌سنج دستی ساده

برای ساختن شیب‌سنج از یک نقّاله‌ی معمولی می‌توانید استفاده کنید. به این ترتیب که عدد ۹۰° نقاله را صفر مبدأ منظور نمایید و اعداد درجات را نسبت به آن تغییر دهید. یک عقربه‌ی فلزی یا مقوایی را در میانه‌ی خط‌کش نقاله، به وسیله‌ی سنجاق ته‌گرد محور کنید ؛ به گونه‌ای که عقربه به راحتی در اطراف آن حرکت کند. نقاله را به پایه‌ی صاف تخته‌ای اتصال دهید و در عملیات صحرایی از آن استفاده کنید.

در صورتی که شیب‌سنج بر روی لایه‌ها یا سطوح افقی قرار گیرد، نوک عقربه روی صفر قوس مدرّج قرار می‌گیرد. هنگامی که وسیله روی لایه‌ی شیب‌دار قرار گیرد. بین نوک عقربه و صفر(۰) قوس مدرّج زاویه‌ای(α) تشکیل می‌شود (شکل ۹ــ۷).

۱ــ ژالون : وسیله‌ی قائم از جنس چوب یا فلز سبک است که ۲ متر ارتفاع و ۳سانتی‌متر ضخامت داشته مقطع آن دایره‌ای است. برای رؤیت بهتر آن در تمام طول به طور متناوب به رنگ‌های سفید و قرمز درآمده است.

در شکل ۹ــ۷ زاویه‌ی شیب لایه مشاهده می‌شود.



شکل ۹ــ۷ــ اندازه‌گیری شیب لایه به وسیله‌ی شیب‌سنج ساده

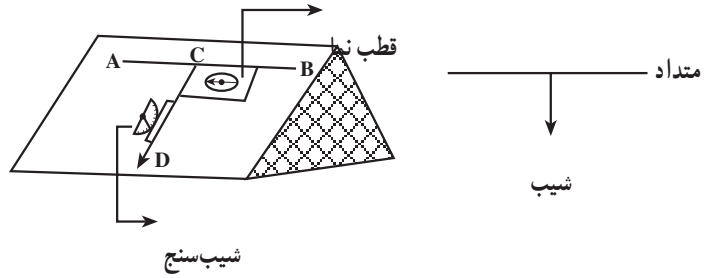
استفاده از قطب‌نما و شیب‌سنج در عملیات صحرایی

ــ به وسیله‌ی قطب‌نما و شیب‌سنج دستی، امتداد و شیب لایه‌ها را تعیین کنید.

ــ ابتدا امتداد لایه‌ها را که جهتی جغرافیایی است تعیین نمایید.

ــ با رسم پاره‌خطی عمود بر امتداد لایه، شیب لایه را مشخص کنید.

در شکل ۱۰ــ۷ شیوه‌ی تعیین امتداد یک لایه (AB) به‌وسیله‌ی قطب‌نما و شیب لایه (CD) به وسیله‌ی شیب‌سنج دستی نشان داده شده است.

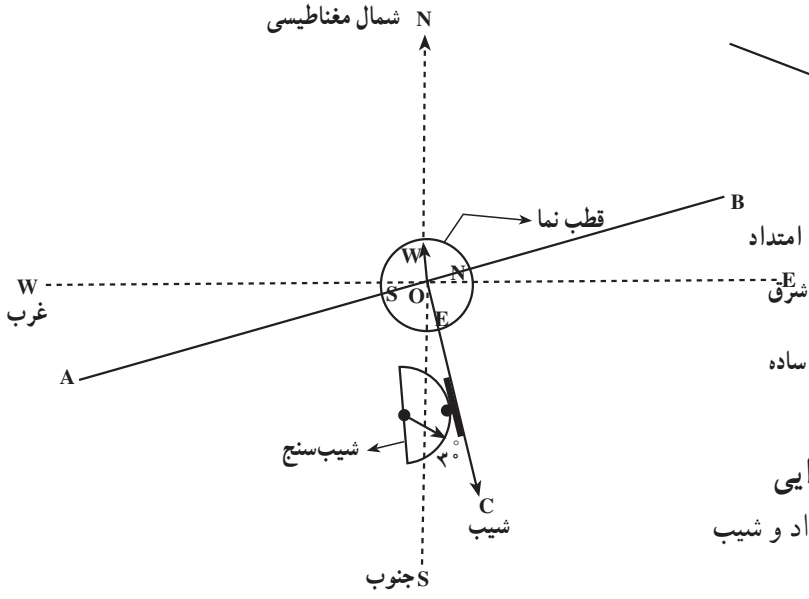


شکل ۱۰ــ۷ــ طرز تعیین امتداد و شیب لایه

در تعیین عملی مقدار زاویه‌ی امتداد، و مقدار شیب یک لایه به شکل ۱۱ــ ۷ توجه نمایید.

با توجه به روش تعیین امتداد، نخست امتداد AB را به‌وسیله‌ی قطب‌نما تعیین کنید.

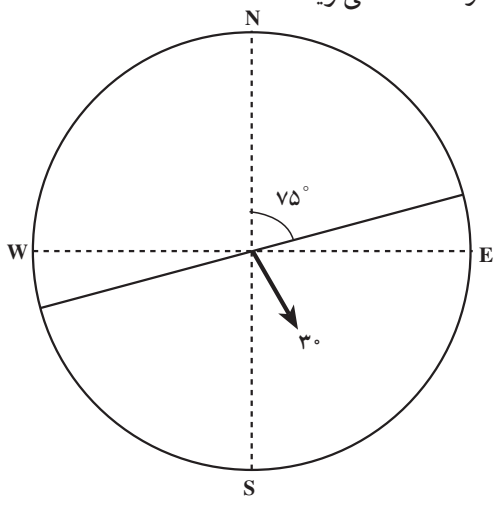
جهت جغرافیایی امتداد شمال شرقی NE و مقدار زاویه‌ی آن ۷۵° (زاویه‌ی شمال مغناطیسی و امتدادAB) است. و به صورت N۷۵°E نوشته می‌شود.



شکل ۱۱ــ۷ــ تعیین عملی امتداد و زاویه‌ی شیب

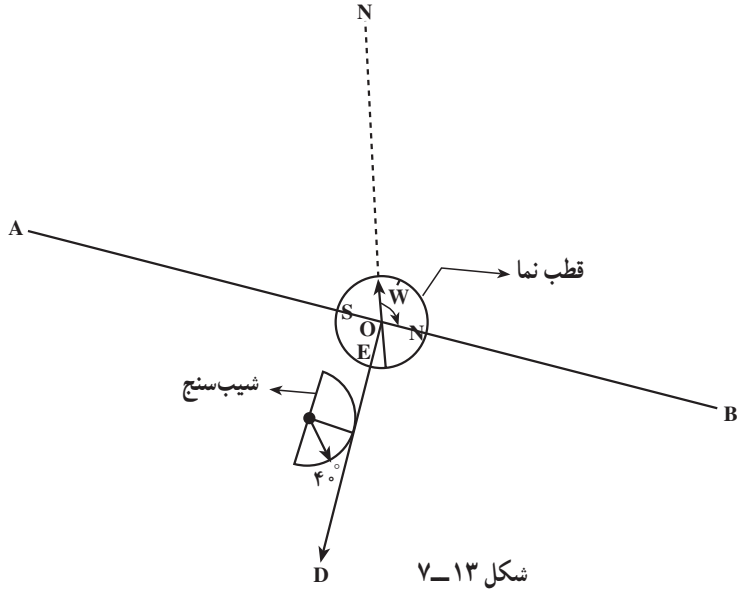
با عمود کردن پاره‌خط OD بر امتداد AB شیب امتداد را رسم کرده به وسیله‌ی شیب‌سنج دستی (ساده یا ترازدار) مقدار آن را تعیین کنید. جهت شیب جنوب شرقی SE و مقدار آن که به‌وسیله‌ی شیب‌سنج تعیین شده است ۳۰° است و به‌صورت ۳۰°SE نوشته می‌شود.

مشخصات امتداد و شیب (شکل ۱۲ــ۷) را به صورت ۳۰SE و N ۷۵ E می‌نویسند.



شکل ۱۲ــ۷

مقدار زاویه‌ی امتداد و جهت جغرافیایی، مقدار شیب و جهت آن را در شکل ۱۳ــ۷ تعیین کنید و مختصات آن را بنویسید.



شکل ۱۳ــ۷

مدل انواع گسل در طبیعت

۱ــ به وسیله‌ی ارّه یا هر ماده‌ی دیگر که امکان تهیه‌ی مدل از آن وجود دارد، برشی مایل در تخته با ضخامت مناسب ایجاد کنید.

روی دو قطعه‌ی حاصل از برش، به تناسب ضخامت چوب چند لایه (چند نوار) رسم کنید (قبل از برش بهتر است نوارها تهیه گردند). سپس با رنگ‌های متنوع، نوارها را رنگ‌آمیزی کنید.

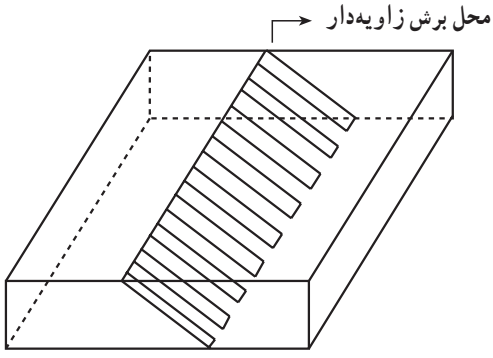
۲ــ مشخصات هندسی گسل را با مدل تمرین کنید.

سطح گسل

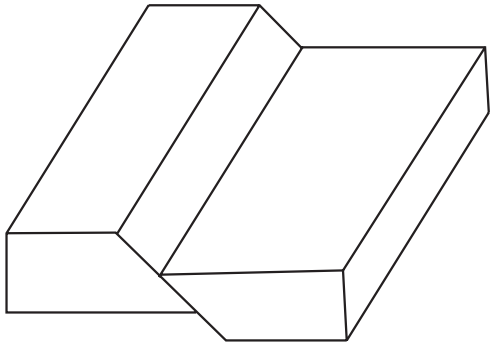
امتداد گسل

شیب گسل

کمر بالا و کمر پایین



شکل ۱۴ــ۷ــ طرز تهیه‌ی مدل گسل

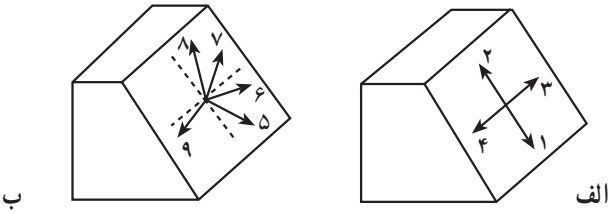


شکل ۱۵ــ۷ــ مدل یک گسل مایل

جهات حرکت (کمر بالا) و (کمر پایین) را با علامت (→) مشخص کنید.

۳ــ انواع گسل را با توجه به جهات موجود در مدل (شکل۱۶ــ۷ الف و ب) تمرین کرده، شکل مناسبی از هر یک را رسم و نام‌گذاری کنید. به این توضیحات توجه کنید :

حرکت شماره‌ی ۱ به یک گسل عادی تطبیق می‌کند.



شکل ۱۶ــ۷ــ جهات حرکت بلوک‌ها

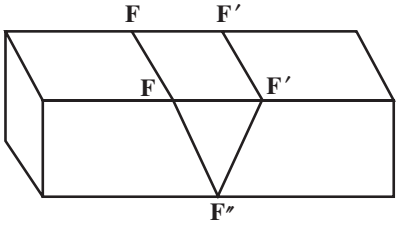
حرکت شماره‌ی ۴ به یک جابه‌جایی امتدادی راست بر تطبیق می‌کند.

حرکت شماره‌ی ۶ جابه‌جایی امتدادی عادی چپ بر (پیچ[1] کم‌تر از ۴۵ درجه است).

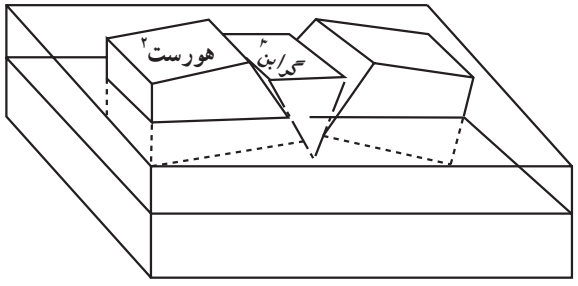
حرکت شماره‌ی ۸ جابه‌جایی امتدادی معکوس چپ بر (پیچ بیش‌تر از ۴۵ درجه است).

توضیح : نام‌گذاری،رسم شکل، بقیه‌ی حرکات و رسم شکل نمونه‌های ذکر شده را انجام دهید.

مدل گسل مرکب: مانند شکل ۱۷ــ۷ الف و ب و راهنمایی‌های موجود عمل کنید.



الف: تخته را در امتداد $F-F'$ و $F'-F''$ برش بدهید.

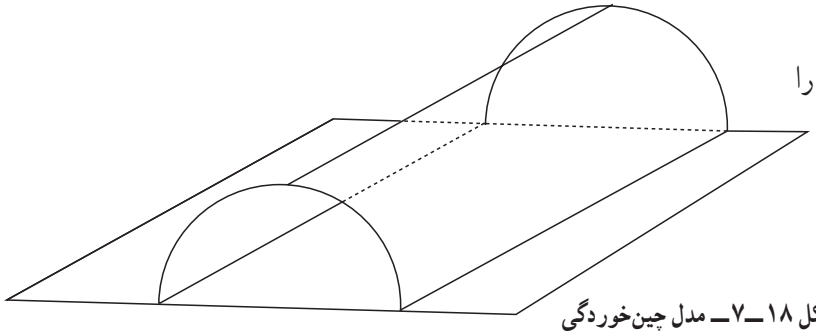


ب: قطعات را در ظرف آب قرار دهید. گسل مرکب در مدل به صورت شکل «ب» است.

شکل ۱۷ــ۷

مدل چین‌خوردگی در طبیعت

۱ــ یک قطعه مقوا با ضخامت مناسب را مانند مدل (شکل ۱۸ــ۷) درآورید.



شکل ۱۸ــ۷ــ مدل چین‌خوردگی

۱ــ Pitch پیچ، خط لغزشی از طریق زاویه‌ای مشخص می‌شود که در سطح گسل با سطح افق می‌سازد. مقدار این زاویه بین ۰ و ۹۰ درجه است.

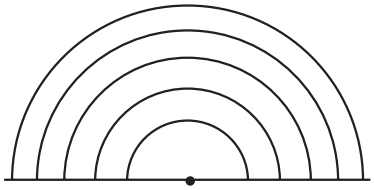
۲ــ Horst ۳ــ Graben

مشخصات هندسی چین: مشخصه‌های هندسی چین را با استفاده از مدل (شکل۱۹ــ۷) توضیح دهید. با استفاده از یک صفحه‌ی کاغذ و مدل چین‌خوردگی، سطح محوری، خط محوری، امتداد لایه و شیب لایه را مشخص کنید. پهلوهای چین را تعیین کنید.

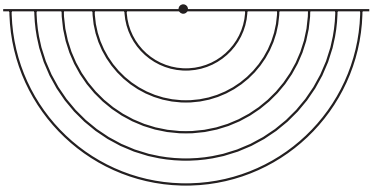
اجزای ذکر شده را در (شکل۲۰ــ۷) رسم کنید. این شکل منطبق بر یک تاقدیس است.

مدل تاقدیس: با استفاده از گچ یا هر ماده‌ی ممکن مدل تاقدیس بسازید. نوارها یا لایه‌هایی در مدل رسم کرده به تناسب، رنگ‌آمیزی کنید. لایه‌های مدل را از قدیم به جدید شماره‌گذاری کنید.

مدل ناودیس: با استفاده از گچ یا هر ماده‌ی ممکن دیگر، مدل ناودیس بسازید. نوارها یا لایه‌هایی در مدل رسم کرده به تناسب، رنگ‌آمیزی کنید. لایه‌ها را از قدیم به جدید و به ترتیب شماره‌گذاری کنید.



شکل ۱۹ــ۷ــ تاقدیس



شکل ۲۰ــ۷ــ ناودیس

فهرست منابع

الف ــ منابع فارسی:

۱ــ امین سبحانی، ابراهیم، کانی‌شناسی توصیفی، انتشارات دانشگاه تربیت معلم

۲ــ ابراهیمی، عیسی، زمین‌شناسی حفاری، گروه آموزشی ویرث ایران، چاپ دوم، ۱۳۷۱

۳ــ فرقانی، عبدالحسین، کانی‌شناسی، (نزوسیلیکات‌ها تا اینوسیلیکات‌ها)، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۷

۴ــ زرعیان، سیروس، سنگ‌شناسی عمومی و رسوبی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۶۴

۵ــ سرابی، فریدون و دیگران، سنگ‌شناسی، انتشارات دانشگاه تهران

۶ــ سعیدی، عباس، جغرافیا (مبانی جغرافیا) کد ۲۹۷/۲، شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران، ۱۳۷۹

۷ــ عزتیان، فریبا، کانی‌شناسی نوری سیلیکات‌ها، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۶

۸ــ فردریک .ک. تونگن، ادوارد جی تاربوک، ترجمه‌ی رسول اخروی، مبانی زمین‌شناسی، انتشارات مدرسه، ۱۳۷۷

۹ــ ک.و.گ.گ. گوکهاله و د.م رائو، ترجمه‌ی محمد دانش، آزمایش‌های زمین‌شناسی، مهندسی مرکز انتشارات، صنعت فولاد، ۱۳۷۳

۱۰ــ معین وزیری، حسین، روش شناسایی سنگ‌های آذرین در نمونه‌ی دستی، انتشارات دانشگاه تربیت معلم تهران

۱۱ــ مساحی و نقشه‌برداری، کتاب‌های درسی، زمین‌شناسی کد ۲۶۱/۱ ، ۴۶۶/۶ ،علوم زمین کد ۲۹/۱، آب و خاک ۲، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران ،چاپ ۱۳۷۹

۱۲ــ یعقوب‌پور، عبدالمجید، مبانی زمین‌شناسی اقتصادی، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۲

۱۳ــ مجلات رشد آموزش زمین‌شناسی

۱۴ــ اسداللهی، عبدالله، زمین‌شناسی کتاب درسی رشته‌ی معدن هنرستانهای فنی کد ۴۶۶/۶ چاپ سال ۱۳۷۹

ب ــ منابع خارجی:

1- Chris Pellant , Hele Pellant , Rocks and minerals 1992.

2- Goroshkov - G.A Yakushova , Physical Gelogy Mir Publishers Moscow.

3-Kitaisky Y.D. Prospecting for minerals Mir Publishers Moscow.

4-M. Kuzin .N.E Gorov Fleld Manual of Minerals Mir Publishers Moscow.

5- Robert .L. Heller John V.Byrne and others Mc. Graw Hill - 1984.

6- American Grological Institute Investigation the earth Houghton Mifflin Company_ USA. 1972.

7- Clayton Keith the Crust of the earth National History Press Garden City NY 1488.