

1402

فهرست

۹	فصل اول: آفرینش کیهان و تکوین زمین
۱۰	■ آفرینش کیهان
۱۰	■ کهکشان راه شیری
۱۱	■ منظومه شمسی
۱۲	■ حرکات زمین
۱۴	■ تکوین زمین و آغاز زندگی در آن
۱۵	■ سن زمین
۱۷	■ زمان در زمین‌شناسی
۱۸	■ پیدایش اقیانوس‌ها
۲۳	فصل دوم: منابع معدنی و ذخایر انرژی، زیربنای تمدن و توسعه
۲۴	■ منابع معدنی در زندگی ما
۲۶	■ غلظت عناصر در پوسته زمین
۲۹	■ کانسنگ
۳۱	■ اکتشاف معدن
۳۱	■ استخراج معدن و فراوری ماده معدنی
۳۲	■ گوهرها، زیبایی شگفت‌انگیز دنیای کانی‌ها
۳۶	■ سوخت‌های فسیلی
۴۱	فصل سوم: منابع آب و خاک
۴۳	■ آب جاری
۴۴	■ آب زیرزمینی
۵۲	■ منابع خاک
۵۳	■ خاک و فرسایش
۵۹	فصل چهارم: زمین‌شناسی و سازه‌های مهندسی
۶۰	■ مکان‌یابی سازه‌ها
۶۰	■ تنش
۶۲	■ رفتار مواد در برابر تنش
۶۲	■ نفوذپذیری

1403

فهرست

۹	فصل اول: آفرینش کیهان و تکوین زمین
۱۰	■ آفرینش کیهان
۱۰	■ فرایند آفرینش جهان
۱۱	■ تشکیل عناصر
۱۳	■ کهکشان راه شیری
۱۴	■ سامانه خورشیدی
۱۴	■ تکوین زمین و آغاز زندگی در آن
۱۶	■ سن زمین
۱۹	■ زمان در زمین‌شناسی
۲۰	■ تغییرات آب‌وهوایی
۲۳	فصل دوم: منابع معدنی و ذخایر انرژی، زیربنای تمدن و توسعه
۲۴	■ منابع معدنی در زندگی ما
۲۴	■ غلظت عناصر در پوسته زمین
۲۵	■ کانی‌های سیلیکاتی
۲۷	■ سری واکنشی بون
۲۸	■ کانی
۲۸	■ کانسنگ
۲۹	■ طبقه‌بندی کانسنگ‌ها
۳۱	■ اکتشاف معدن
۳۱	■ استخراج معدن و فراوری ماده معدنی
۳۲	■ گوهرها، زیبایی شگفت‌انگیز دنیای کانی‌ها
۳۵	■ سوخت‌های فسیلی
۴۱	فصل سوم: منابع آب و خاک
۴۲	■ آب جاری
۴۴	■ آب زیرزمینی
۵۲	■ فرونشست زمین
۵۳	■ منابع خاک
۵۴	■ فرسایش
۵۹	فصل چهارم: پویایی زمین
۶۰	■ چرخه ویلسون

۶۳	■ مکان مناسب برای ساخت سد
۶۵	■ مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی
۶۶	■ مکان مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی
۶۷	■ پایداری سازه‌ها
۶۸	■ مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها
۶۹	■ رفتار خاک‌ها و سنگ‌ها در سازه‌ها
۷۰	■ کاربرد مصالح خاک و خرده سنگی در راه‌سازی
۷۳	فصل پنجم: زمین‌شناسی و سلامت
۷۴	■ زمین‌شناسی پزشکی
۷۵	■ پراکندگی و تمرکز عناصر
۷۹	■ منشأ بیماری‌های زمین‌زاد
۸۶	■ کاربرد کانی‌ها در داروسازی
۸۹	فصل ششم: پویایی زمین
۹۰	■ شکستگی‌ها
۹۲	■ زمین لرزه
۹۳	■ امواج لرزه‌ای
۹۵	■ مقیاس اندازه‌گیری زمین لرزه
۹۶	■ پیش‌بینی زمین لرزه
۹۷	■ ایمنی در برابر زمین لرزه
۹۸	■ چین خوردگی
۹۹	■ آتشفشان
۱۰۰	■ فواید آتشفشان‌ها
۱۰۳	فصل هفتم: زمین‌شناسی ایران
۱۰۴	■ تاریخچه زمین‌شناسی ایران
۱۰۶	■ نقشه‌های زمین‌شناسی
۱۰۷	■ پهنه‌های زمین‌شناسی ایران
۱۰۹	■ منابع معدنی ایران
۱۱۲	■ ذخایر نفت و گاز ایران
۱۱۴	■ گسل‌های اصلی ایران
۱۱۴	■ آتشفشان‌های ایران
۱۱۵	■ زمین‌گردشگری
۱۱۵	■ ژئوپارک
۱۱۹	فهرست منابع

۶۲	■ تنش
۶۳	■ چین‌خوردگی
۶۵	■ آتشفشان
۶۶	■ گاز و بخارهای آتشفشانی
۶۷	■ فواید آتشفشان‌ها
۶۷	■ زمین لرزه
۶۹	■ امواج لرزه‌ای
۷۱	■ مقیاس اندازه‌گیری زمین لرزه
۷۲	■ پیش‌بینی زمین لرزه
۷۳	■ ایمنی در برابر زمین لرزه
۷۷	فصل پنجم: زمین‌شناسی و سلامت
۷۸	■ زمین‌شناسی پزشکی
۷۹	■ چرخه بیوژئوشیمیایی
۷۹	■ تقسیم‌بندی بیوشیمیایی عناصر
۸۲	■ منشأ بیماری‌های زمین‌زاد
۸۸	■ اثرات توفان‌های گردوغبار و ریزگردها
۹۰	■ کاربرد کانی‌ها در داروسازی و صنایع بهداشتی
۹۳	فصل ششم: زمین‌شناسی و سازه‌های مهندسی
۹۴	■ مکان‌یابی سازه‌ها
۹۵	■ نحوه به‌دست آوردن اطلاعات زمین‌شناسی
۹۶	■ عوامل مؤثر بر مکان‌یابی سازه‌ها
۱۰۱	■ مکان مناسب برای ساخت سد
۱۰۲	■ مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی
۱۰۴	■ مکان‌یابی مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی
۱۰۵	■ شاخص‌های مهندسی مصالح
۱۰۵	■ مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها
۱۰۹	فصل هفتم: زمین‌شناسی ایران
۱۱۰	■ تاریخچه زمین‌شناسی ایران
۱۱۲	■ نقشه‌های زمین‌شناسی
۱۱۳	■ پهنه‌های زمین‌شناسی ایران
۱۱۵	■ منابع معدنی و ذخایر انرژی ایران
۱۱۸	■ توان معدنی پهنه‌های زمین‌شناسی ایران
۱۱۹	■ ذخایر نفت و گاز ایران
۱۲۱	■ گسل‌های ایران
۱۲۲	■ آتشفشان‌های ایران
۱۲۲	■ زمین‌گردشگری
۱۲۳	■ ژئوپارک
۱۲۶	■ واژه‌نامه
۱۲۷	منابع





آفرینش کیهان و تکوین زمین

«وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ وَالْأَرْضَ فَرَشْنَاهَا فَتَنجِمِ الْمَاهِدُونَ»
و آسمان را با قدرتی وصف ناپذیر بنا کردیم و آن را گسترش دادیم و زمین را
گسترانیدیم، پس چه نیکو گسترش دهنده ایم.

سورة ذاریات - آیه های ۴۷ و ۴۸

ذهن کنجکاو بشر، همواره به دنبال کشف اسرار شگفت انگیز جهان هستی است. مشاهده منظره زیبای آسمان شب یا رصد آن، توجه آدمی را به مطالعه و شناخت اجرام و پدیده های آسمانی جلب می کند. در کیهان، پدیده های متنوعی مانند کهکشان ها، منظومه ها، ستاره ها، سیاره ها و ... وجود دارد. ستاره ها و سیاره هایی که در آسمان شب می توان دید، تنها، تعداد اندکی از میلیاردها جرم آسمانی در کهکشان راه شیری هستند.

برخی از اجرام و پدیده های آسمانی به وسیله کاوشگران شناسایی شده اند و برخی دیگر، تاکنون حتی رصد هم نشده اند و اطلاعی از آنها در دست نیست. اندازه گیری های نجومی نشان می دهند که کیهان در حال گسترش است و کهکشان ها در حال دور شدن از یکدیگر هستند. در این زمینه، پرسش هایی نظیر: گسترش کیهان از چه زمانی آغاز شده است؟ آینده کیهان، چگونه خواهد بود؟ سرنوشت منظومه شمسی و تکوین زمین چیست؟ ساز و کار تشکیل اقیانوس ها چگونه است؟ و ... مطرح می شود.



آفرینش کیهان و تکوین زمین

«وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ وَالْأَرْضَ فَرَشْنَاهَا فَتَنجِمِ الْمَاهِدُونَ»
و آسمان را با قدرتی وصف ناپذیر بنا کردیم و آن را گسترش دادیم و زمین را
گسترانیدیم، پس چه نیکو گسترش دهنده ایم.

سورة ذاریات - آیه های ۴۷ و ۴۸

ذهن کنجکاو بشر، همواره به دنبال کشف اسرار شگفت انگیز جهان هستی است. مشاهده منظره زیبای آسمان شب یا رصد آن، توجه آدمی را به مطالعه و شناخت اجرام و پدیده های آسمانی جلب می کند. در کیهان، پدیده های متنوعی مانند کهکشان ها، منظومه ها، ستاره ها، سیاره ها و اجرام دیگر وجود دارد. ستاره ها و سیاره هایی که در آسمان شب می توان دید، تنها، تعداد اندکی از میلیاردها جرم آسمانی در کهکشان راه شیری هستند.

برخی از اجرام و پدیده های آسمانی به وسیله کاوشگران شناسایی شده اند و برخی دیگر، تاکنون حتی رصد هم نشده اند و اطلاعی از آنها در دست نیست. اندازه گیری های نجومی نشان می دهند که کیهان در حال گسترش است و کهکشان ها در حال دور شدن از یکدیگر هستند. در این زمینه، پرسش هایی نظیر: گسترش کیهان از چه زمانی آغاز شده است؟ آینده کیهان، چگونه خواهد بود؟ سرنوشت سامانه خورشیدی و تکوین زمین چیست؟ و سؤالات بی شماری مطرح می شود.





آفرینش کیهان

دانشمندان بر این باورند که خداوند جهان هستی را بر اساس اصول و قوانین آفریده است. آنها با مطالعه و شناخت نظام حاکم بر آفرینش کیهان، به دنبال کشف رازهای خلقت هستند.

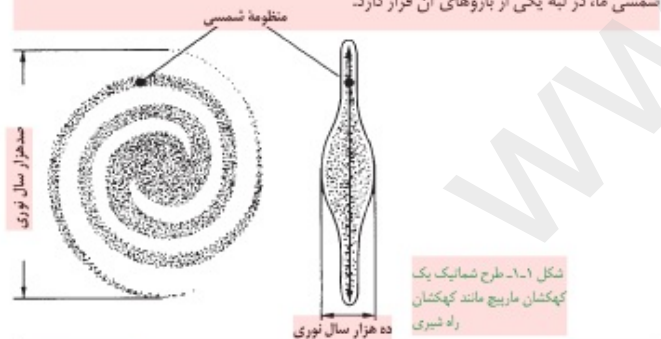
جمع آوری اطلاعات

• در سال گذشته خواندید که دانشمندان پیدایش جهان را با نظریه مه بانگ توضیح می دهند. در این باره، اطلاعات بیشتری جمع آوری و درباره پیدایش اجرام آسمانی با هم گفت و گو کنید.

کهکشان راه شیری

در کیهان، صدها میلیارد کهکشان وجود دارد. کهکشان ها، از تعداد زیادی ستاره، سیاره و فضای بین ستاره ای (اغلب گاز و گرد و غبار) تشکیل شده اند که تحت تأثیر نیروی گرانش متقابل، یکدیگر را نگه داشته اند.

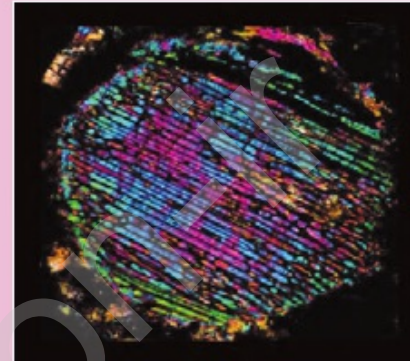
اگر در شب های صاف و بدون ابر، در مکانی که آلودگی نوری ندارد، به آسمان نگاه کنید، نواری مه مانند و کم نور، شامل انبوهی از اجرام می بینید. این نوار که کهکشان راه شیری نام دارد، یکی از بزرگ ترین کهکشان های شناخته شده است. کهکشان راه شیری، شکلی مارپیچی دارد که منظومه شمسی ما، در لبه یکی از بازوهای آن قرار دارد.



۱- Milky Way Galaxy



۱- Milky Way Galaxy



تصویر مقطع میکروسکوپی از یک کندرول^۱ به اندازه یک میلی متر در یک شهاب سنگ کندریتی را نشان می دهد. گالی ها به صورت تپه های کشیده و موازی در کنار یکدیگر متبلور شده اند.

آفرینش کیهان

دانشمندان بر این باورند که خداوند جهان هستی را بر اساس اصول و قوانین آفریده است. آنها با مطالعه و شناخت نظام حاکم بر آفرینش کیهان، به دنبال کشف رازهای خلقت هستند. ماده و انرژی دو جزء اصلی سازنده کیهان می باشند. ذرات بنیادی واحدهای اصلی تشکیل دهنده ماده می باشند و مانند آجرها، ساختمان جهان اطراف ما را تشکیل می دهند که با برقراری ارتباط بین ذرات بنیادی، ساختار جهان هستی را شکل می دهند.

بیشتر بدانید

• فیزیک دانان بهترین تصویر خود از ذرات بنیادی را به عنوان «مدل استاندارد» توصیف می کنند. براساس این مدل همه ذرات بنیادی توسط چهار نیروی شناخته شده (هسته ای ضعیف، هسته ای قوی، الکترومغناطیس، گرانش) در کنار هم قرار گرفته و ذرات بزرگ تر را تشکیل می دهند. عملکرد این ذرات با یکدیگر شرایطی را توصیف می کند که سرانجام باعث شکل گیری جهان فعلی می گردد.

فرایند آفرینش جهان

طبق نظر دانشمندان، جهان از نقطه ای بسیار کوچک، داغ و چگال در ۱۳/۸ میلیارد سال پیش آغاز شد. زمان بسیار کوچکی بعد از آن فقط صورتی از انرژی در جهان وجود داشت و سپس جهان وارد یک دوره گسترش بسیار شدیدی می شود که امروزه با نام مه بانگ^۲ می شناسیم. از این زمان به بعد جهان شروع به سرد شدن و توسعه به اطراف کرده است.

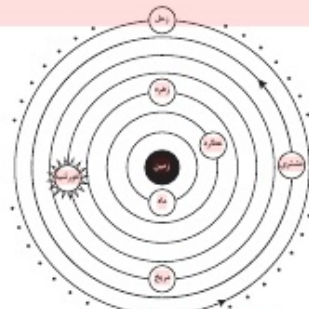
۱- Chondrule

۲- Big Bang

منظومه شمسی

در سال های گذشته با برخی از ویژگی های منظومه شمسی و اجزای آن آشنا شدید. حرکت ظاهری خورشید از شرق به غرب است؛ بنابراین آیا زمین، مرکز جهان است و سایر اجرام به دور آن می گردند؟ از هزاران سال قبل، بشر برای پاسخ به این پرسش و پرسش های مشابه آن، در جست و جو و کاوشگری بوده است. در این زمینه، دو نظریه زیر مطرح شده است:

نظریه زمین مرکزی: بطلمیوس، دانشمند یونانی بیش از دو هزار سال پیش، با مشاهده حرکت ظاهری ماه و خورشید، به این نتیجه رسید که زمین، در مرکز عالم قرار دارد و اجرام آسمانی دیگر به دور آن می گردند. بر اساس این نظریه، که نظریه زمین مرکزی نام گذاری شد، زمین، ثابت است و ماه و خورشید و پنج سیاره شناخته شده آن روزگار، یعنی عطارد، زهره، مریخ، مشتری و زحل، در مدارهایی دایره ای به دور زمین می گردند.



شکل ۱-۲. نمایش نظریه زمین مرکزی

دانشمندان علوم زمین

• ابوسعید سجزی (۴۱۳-۳۳۰ هـ. ق)، ریاضی دان و ستاره شناس برجسته ایرانی در سیستان به دنیا آمد و در خراسان و شیراز به علم آموزی و مطالعه پرداخت. سجزی، نوعی اسطرلاب ساخت و کتاب «تربکب الافلاک»، «رساله فی کیفیت صنعہ الآلات النجومیه» و همچنین «رساله الاسطرلاب» از تألیفات او در ستاره شناسی و ریاضیات هستند که هر کدام دارای نوآوری ها و یافته های علمی فراوانی می باشند.

برخی دانشمندان ایرانی مانند ابوسعید سجزی و خواجه نصیرالدین طوسی، با اندازه گیری های دقیق و تفسیر درست یافته های علمی، ایرادهایی بر نظریه زمین مرکزی وارد کردند. این نظریه در اروپا نیز مخالفتی داشت؛ ولی تا حدود قرن ۱۶ میلادی مطرح بود.

نظریه خورشید مرکزی: نیکولاس کوپرنیک، ستاره شناس لهستانی که با علم ریاضی نیز به خوبی آشنا بود، با مطالعه حرکت سیارات در زمان های مختلف، نظریه خورشید مرکزی را به شرح زیر بیان کرد:

- زمین همراه با ماه، مانند دیگر سیاره ها در مدار دایره ای و مخالف حرکت عقربه های ساعت به دور خورشید می گردد.

- حرکت روزانه خورشید در آسمان، ظاهری و نتیجه چرخش زمین به دور محور خود است. پس از آنکه کوپرنیک، نظریه خورشید مرکزی را مطرح کرد، یوهانس کپلر، به بررسی دقیق یادداشت های ستاره شناسان پرداخت و دریافت که سیارات در مدارهای بیضوی، به دور خورشید در حرکت می باشند. او با ارائه سه قانون زیر، نظریه خورشید مرکزی را اصلاح نمود.

قانون اول: هر سیاره در مداری بیضوی، چنان به دور خورشید می گردد که خورشید همواره، در یکی از دو کانون آن قرار دارد.

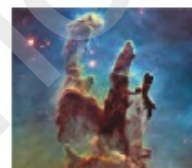
جمع آوری اطلاعات

• در سال گذشته خواندید که دانشمندان پیدایش جهان را با نظریه مه بانگ توضیح می دهند. در این باره، اطلاعات بیشتری جمع آوری و درباره پیدایش اجرام آسمانی با هم گفت و گو کنید.

• در سال ۱۹۶۴ ستاره شناسان با استفاده از یک رادیو تلسکوپ قوی کشف کردند که از فضا نوعی امواج تابشی ضعیف که شدت آن در تمام جهات یکسان است دریافت می شود. این امواج را تابش پس زمینه کیهانی نامیدند.

در این باره اطلاعات بیشتری جمع آوری کرده و توضیح دهید که تابش پس زمینه کیهانی چگونه وقوع انفجار بزرگ را ثابت می کند.

تشکیل عناصر



شکل ۱-۱. توده های گاز و غبار معروف به ستون های آفرینی در ساحلی عتاق

بعد از پایان گسترش اولیه، هسته های اتمی که از ترکیب ذرات بنیادی شکل گرفته اند، در دریایی از الکترون های آزاد شناور گشته و حالتی از ماده را به نام پلازما به وجود می آورند. با گذشت زمان دما آن چنان افت می کند که برای به دام افتادن الکترون ها در مدار پیرامون هسته های اتمی کافی شده و نخستین اتم یعنی هیدروژن به وجود می آید. با تشکیل هیدروژن نخستین بار حالت گاز در جهان شکل می گیرد.

سیس اتم های هیدروژن به اتم های سنگین تر هلیوم، تبدیل شدند یا تولید اتم هلیوم اولین ستاره در جهان هستی به وجود آمده و با افزایش واکنش های زنجیری، عناصر سنگین تر در ستارگان تشکیل می شوند. با تشکیل عناصر و توزیع و سرد شدن آنها در جهان، نخستین جامدات به صورت ابرهایی از غبار شکل گرفته و به همراه گازهای مختلف در اشکالی بسیار متنوع تجمع یافته و سحابی ها را تشکیل می دهند (شکل ۱-۱).



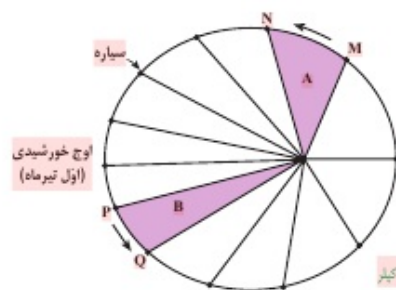
شکل ۱-۳. طرحی از چگونگی شکل گیری کندرول ها

غبارها طی افزایش دما مجدداً ذوب شده و قطره های منابی را تشکیل می دهند و هنگامی که قطره سرد می شود، نخستین کانی ها متبلور شده و به همراه سولفیدهای آهن و نیکل در شکل گلوله های کوچکی به نام کندرول تجمع می یابند (شکل ۱-۲). تجمع کندرول ها با یکدیگر منجر به تشکیل اجرام بزرگ تر گردیده و بدیهی است که این اجرام در اندازه های مختلف با برخورد شدید با یکدیگر بارها ذوب و مجدداً متبلور شده و کانی های مختلفی را می سازند. اجرام تشکیل شده از کندرول ها را کندریت می نامیم.

کندریت ها بعد از تشکیل در فضا بارها با یکدیگر برخورد کرده ذوب شده و مجدداً متبلور می شوند (شکل ۱-۳). بعد از تشکیل زمین بارها قطعاتی از این اجرام در مسیر برخورد با زمین قرار گرفته اند. هرگاه بقایایی از این اجرام هنگام عبور از هوا کره منهدم نشوند و به سطح زمین برسند، قطعاتی از سنگ ها را تشکیل می دهند که شهاب سنگ نامیده می شوند (شکل ۱-۴).

یادآوری

- با توجه به اینکه، نور خورشید حدود $8/3$ دقیقه نوری طول می‌کشد تا به زمین برسد فاصله متوسط زمین تا خورشید چند کیلومتر است؟
- به این فاصله در اصطلاح ستاره‌شناسی چه گفته می‌شود؟



قانون دوم: هر سیاره چنان به دور خورشید می‌گردد که خط فرضی که سیاره را به خورشید وصل می‌کند، در مدت زمان‌های مساوی، مساحت‌های مساوی ایجاد می‌کند.

شکل ۱-۳ - نمایش قانون دوم کپلر

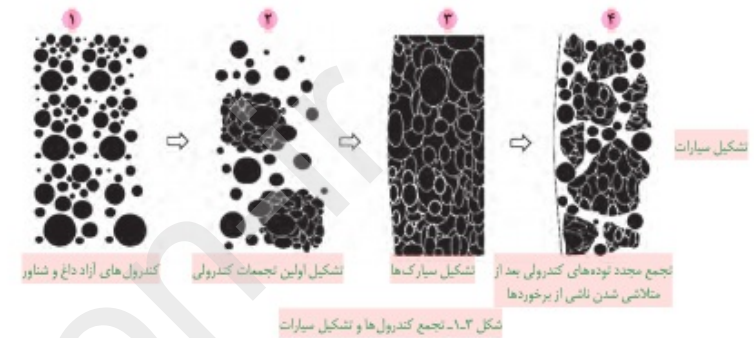
قانون سوم: زمان گردش یک دور سیاره به دور خورشید (p)، با افزایش فاصله از خورشید (d) افزایش می‌یابد، به طوری که مربع زمان گردش سیاره به دور خورشید، معادل مکعب فاصله آن سیاره تا خورشید است ($p^2 \propto d^3$). در این رابطه، p بر حسب سال زمینی و d بر حسب واحد نجومی است.

پیوند با ریاضی

- اگر مدار سیاره‌ای در فاصله 600×10^6 کیلومتری خورشید قرار داشته باشد، زمان گردش آن به دور خورشید چند سال است؟

حرکات زمین

کره زمین دارای حرکت وضعی و انتقالی است. چرخش زمین به دور محور را حرکت وضعی می‌گویند. این چرخش در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت است و در مدت زمان حدود ۲۴ ساعت انجام می‌شود. شب و روز بر اثر حرکت وضعی به وجود می‌آید. انحراف $23/5$ درجه‌ای محور زمین، نسبت به خط عمود بر سطح مدار گردش زمین به دور خورشید، سبب ایجاد اختلاف مدت زمان روز و شب در عرض‌های جغرافیایی مختلف می‌شود. به صورتی که به جز در مدار استوا «مدار صفر درجه»، که طول مدت شب و روز در تمام مدت سال با هم برابر و ۱۲ ساعت است، در سایر نقاط با افزایش عرض جغرافیایی این اختلاف ساعت بیشتر می‌شود. به گردش زمین بر روی مدار بیضوی به دور خورشید، حرکت انتقالی گفته می‌شود که در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت انجام می‌شود.



فکر کنید

- اهمیت مطالعه علمی شهاب سنگ‌ها در چیست؟
- چرا برخی از شهاب سنگ‌ها گران قیمت هستند؟



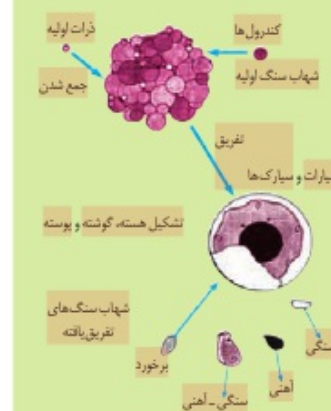
شکل ۱-۴ - شهاب سنگ کندریتی یافت شده در کویر لوت

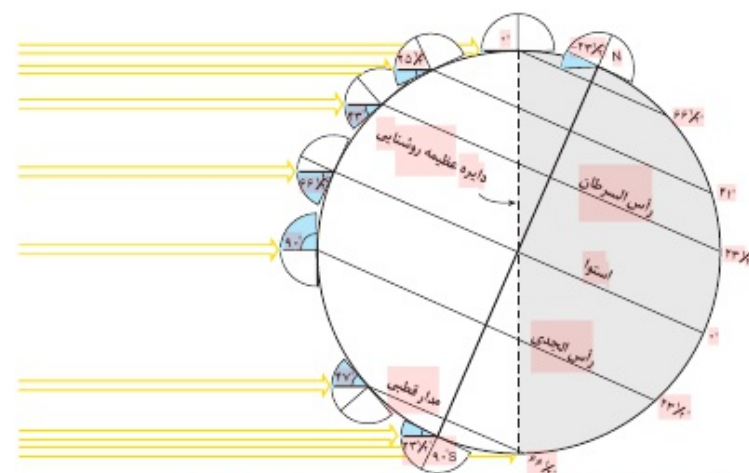
بیشتر بدانید

• دانشمندان شهاب سنگ‌ها را به دو گروه اصلی طبقه‌بندی می‌کنند:

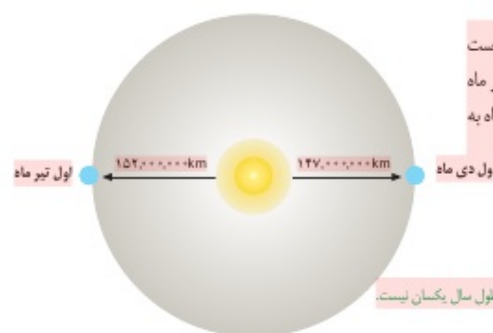
- ۱- شهاب سنگ‌های اولیه (تفریق نیافته)
- ۲- شهاب سنگ‌های تفریق یافته

از زمان‌های قدیم سه گروه شهاب سنگ‌های آهنی، سنگی و سنگی-آهنی شناخته شده بودند. امروزه ارتباط معنی‌داری بین این تقسیم‌بندی و منشأ شهاب سنگ‌ها مشخص شده است. به این صورت که هر کدام از آنها مربوط به بخش خاصی از یک سیاره و یا سیارک متلاشی شده می‌باشند.





شکل ۴-۱ مقدار انحراف محور زمین و تأثیر آن در مقدار زاویه تابش خورشید در عرض‌های جغرافیایی مختلف



میانگین فاصله خورشید از زمین، حدود ۱۵۰ میلیون کیلومتر است که به آن، یک واحد نجومی می‌گویند. البته این مقدار در اول تیر ماه به حداکثر مقدار خود، یعنی ۱۵۲ میلیون کیلومتر و در اول دی ماه به حداقل خود، یعنی حدود ۱۴۷ میلیون کیلومتر می‌رسد.

شکل ۵-۱ فاصله زمین نسبت به خورشید در طول سال یکسان نیست.

● با توجه به فاصله حداکثر زمین تا خورشید در اول تیر و فاصله حداقلی در اول دی ماه، علت گرمای تیرماه و سرمای دی ماه چیست؟

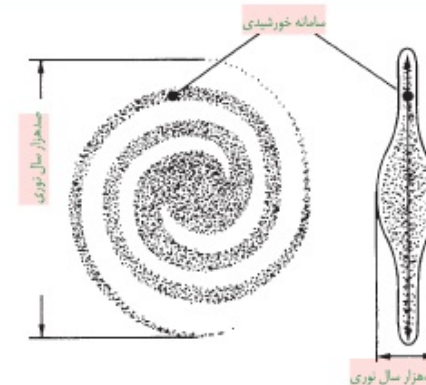
تحقیق کنید

پیدایش فصل‌ها، حاصل حرکت انتقالی زمین و انحراف $23\frac{1}{2}$ درجه‌ای محور زمین است؛ به علت کروی بودن زمین، زاویه تابش خورشید در عرض‌های جغرافیایی مختلف، در یک زمان، متفاوت است. همچنین به علت انحراف محور زمین، زوایای تابش خورشید در یک عرض جغرافیایی نیز در طول سال تفاوت دارد. این تفاوت زاویه، سبب ایجاد فصل‌ها در نقاط مختلف کره زمین شده است (شکل ۱-۶).

کهکشان راه شیری

بعد از شکل‌گیری ستارگان در جهان، برخی نواحی چگال‌تر که گرانش قوی‌تری داشتند، بقیه ماده موجود در جهان را به سوی خود کشیده و نوعی تجمع کیهانی را شکل دادند که امروزه به نام کهکشان نامیده می‌شوند. درحقیقت کهکشان‌ها از تعداد زیادی ستاره، سیاره و فضای بین ستاره‌ای (اغلب گاز و گردوغبار) تشکیل شده که تحت تأثیر نیروی گرانش متقابل، یکدیگر را نگه داشته‌اند.

در شب‌های صاف و بدون ابر و در مکان‌هایی که آلودگی نوری نداشته باشد، در آسمان شب نواری مه‌مانند و کم نور مشاهده می‌شود که کهکشان راه شیری نام دارد. کهکشان راه‌شیری یکی از بزرگ‌ترین کهکشان‌های شناخته شده دارای شکلی مارپیچی است که سامانه خورشیدی ما در لبه یکی از بازوهای آن واقع شده است. کهکشان راه شیری از بالا مارپیچی شکل و از پهلو شبیه عدسی محدب است. قطر آن در حدود ۱۰۰ هزار سال نوری و ضخامت آن حدود ۱۰ هزار سال نوری است (شکل ۱-۵).



شکل ۵-۱ طرح شماتیک یک کهکشان مارپیچ مانند کهکشان راه شیری

جمع‌آوری اطلاعات

● عکس زیر بخشی از کهکشان راه‌شیری در آسمان شب است که از رصدگاه کویر خارا در اصفهان تهیه شده است. شما هم در مکانی مناسب، از کهکشان راه شیری و سایر اجرام آسمانی، عکس بگیرید و آن را به کلاس ارائه دهید.



فعالیت تکمیلی

- آیا تاکنون از کل کهکشان راه‌شیری مستقیماً عکس‌برداری شده است؟
- چرا منجمین معتقدند که کهکشان راه‌شیری مارپیچی شکل است؟
- قطر و ضخامت کهکشان راه‌شیری را چگونه اندازه‌گیری می‌کنند؟

سامانه خورشیدی

حدود ۶ میلیارد سال قبل، با نخستین تجمعات ذرات کیهانی، شکل‌گیری سامانه خورشیدی آغاز شد. در سال‌های گذشته با برخی از ویژگی‌های این سامانه و اجزای آن آشنا شدید. زمین همراه با ماه مانند دیگر سیاره‌ها در مدارهای بیضوی و مخالف حرکت عقربه‌های ساعت به دور خورشید می‌گردند.

یادآوری

- باتوجه به اینکه، نور خورشید حدود $8/3$ دقیقه نوری طول می‌کشد تا به زمین برسد، فاصله متوسط زمین تا خورشید چند کیلومتر است؟
- به این فاصله در اصطلاح ستاره‌شناسی چه گفته می‌شود؟

پیشتر بدانید

● حدود قرن ۱۶ میلادی پوهانس کیپلر با ارائه سه قانون زیر، چگونگی حرکت سیارات در سامانه خورشیدی را مشخص ساخت:

قانون اول: هر سیاره در مدار بیضوی، چنان به دور خورشید می‌گردد که خورشید همواره در یکی از دو کانون آن قرار دارد.

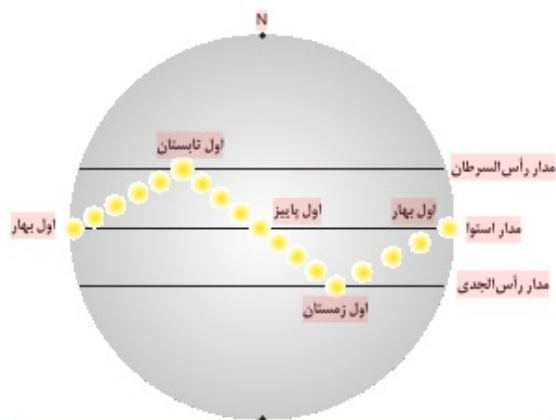
قانون دوم: هر سیاره، چنان به دور خورشید می‌گردد که خط فرضی که سیاره را به خورشید وصل می‌کند، در مدت زمان‌های مساوی، مساحت‌های مساوی ایجاد می‌کند.

قانون سوم: زمان گردش یک دور سیاره به دور خورشید (P)، با افزایش فاصله از خورشید (d) افزایش می‌یابد، به طوری که مربع زمان گردش سیاره به دور خورشید، معادل مکعب فاصله آن سیاره تا خورشید است ($P^2 \propto d^3$). در این رابطه، P بر حسب سال زمینی و d بر حسب واحد نجومی است.



خود را بیازمایید

- وضعیت فصل‌ها در نیمکره شمالی و جنوبی را مقایسه کنید.
- جهت تشکیل سایه، در نیمکره شمالی و جنوبی چه تفاوتی دارد؟
- در طول یک سال، خورشید در چه روزهایی بر استوا عمود می‌تابد؟



شکل ۱-۶- موقعیت فرضی تابش عمود نور خورشید نسبت به مدارهای مختلف زمین (بر اساس نیمکره شمالی)

بر اساس شکل بالا در ابتدای بهار، خورشید بر مدار استوا عمود می‌تابد و در طول بهار بر عرض‌های جغرافیایی بالاتر در نیمکره شمالی عمود می‌تابد به طوری که، در آخر خرداد و اول تیرماه حداکثر بر مدار رأس السرطان، تابش قائم دارد. سپس در طول تابستان بر مدارهای کمتر از $23/5$ درجه شمالی، قائم است و مجدداً اول پاییز بر استوا و در ادامه در شش ماهه دوم سال، بر عرض‌های جغرافیایی صفر تا $23/5$ درجه جنوبی قائم می‌تابد.

تکوین زمین و آغاز زندگی در آن

حدود ۶ میلیارد سال قبل، با نخستین تجمعات ذرات کیهانی، شکل‌گیری منظومه شمسی آغاز شد و در حدود $4/6$ میلیارد سال قبل، سیاره زمین به صورت کره‌ای مذاب، تشکیل و در مدار خود قرار گرفت. با گذشت زمان و سرد شدن این گوی مذاب، حدود ۴ میلیارد سال قبل، سنگ‌های آذرین به عنوان نخستین اجزای سنگ‌گروه تشکیل شدند؛ سپس با فوران آتشفشان‌های متعدد، گازهایی که از داخل زمین خارج شدند، به تدریج گازهای مختلف مانند اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن، هواکره را به وجود آوردند. در ادامه، کره زمین سردتر شد و بخار آب به صورت مایع در آمد و آب‌گروه تشکیل شد. با تشکیل اقیانوس‌ها و تحت تأثیر انرژی خورشید، شرایط برای تشکیل زیست‌گروه فراهم و زندگی انواع تک یاخته‌ها در دریاها و کم عمق آغاز شد.

به وجود آمدن چرخه آب، باعث فرسایش سنگ‌ها، تشکیل رسوبات و سنگ‌های رسوبی گردید. در ادامه، با حرکت ورقه‌های سنگ کره

تکوین زمین و آغاز زندگی در آن

در حدود $4/6$ میلیارد سال قبل، سیاره زمین به صورت کره‌ای مذاب، تشکیل و در مدار خود قرار گرفت. $4/4$ میلیارد سال پیش یک جرم آسمانی با زمین برخورد کرد. نتیجه این برخورد متلاشی شدن کامل این جرم به همراه حدود یک پنجم حجم زمین و پراکنده شدن آنها در فضا بود. با ادامه جذب و تجمع قطعات پراکنده شده تنها قمر زمین یعنی ماه تشکیل شد (شکل ۱-۶).

با گذشت زمان و سرد شدن زمین سنگ‌های آذرین به عنوان نخستین اجزای سنگ‌گروه تشکیل شدند. سپس با فوران آتشفشان‌های متعدد، گازهایی از داخل زمین خارج شده و به تدریج گازهای مختلف مانند اکسیژن، هیدروژن و نیتروژن هواکره را به وجود آوردند. در ادامه کره زمین

با توجه به شواهد زمین‌شناسی، دانشمندان دریافته‌اند که خداوند در آفرینش جهان، ابتدا شرایط محیط زیست را مهیا کرده و سپس جانداران را از ساده تا پیچیده آفریده است. در دوران‌های مختلف، شرایط آب و هوایی و محیط زیست تغییرات فراوانی داشته‌اند و براین اساس، گونه‌های مختلف جانداران در سطح زمین ظاهر و منقرض شده‌اند. به عنوان مثال، خزندگان در دورهٔ کربوئینفر، ظاهر و در طی ۸۰-۷۰ میلیون سال، جنهٔ آنها بزرگ شد و در کرهٔ زمین گسترش یافتند. با نامساعد شدن شرایط محیط زیست و عدم توانایی دایناسورها برای سازگاری با تغییرات محیطی، این موجودات حدود ۶۵ میلیون سال پیش منقرض شدند.

از آغاز پیدایش کره زمین تاکنون، مدت زمان بسیار زیادی می گذرد و در این مدت، حوادث و وقایع فراوانی در آن رخ داده است. آیا می دانید سن زمین و حوادث و وقایع گذشته را چگونه تعیین می کنند؟ تعیین سن سنگ ها و پدیده های مختلف، از نظر بررسی تاریخیه زمین، اکتشاف ذخایر و منابع موجود در زمین، پیش بینی حوادث احتمالی آینده و ... اهمیت زیادی دارد.

در زمین شناسی، سن سنگ ها و پدیده ها را به دو روش نسبی و مطلق تعیین می کنند.



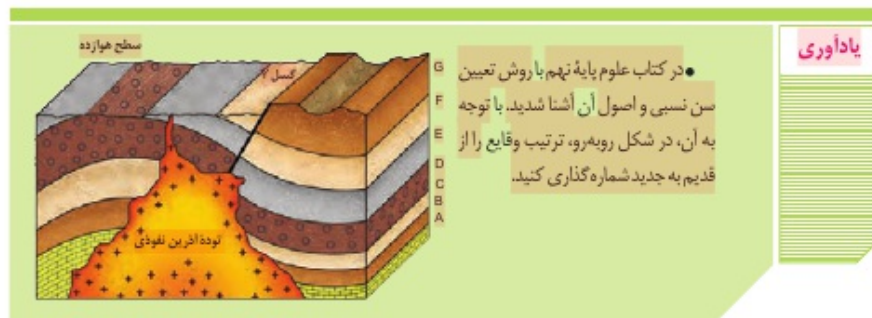
پل ۱-۷. قدیمی ترین فسیل یافته شده از ابتدایی ترین شکل استروماولیت ها در

به عنوان مثال استروماتولیت‌ها از قدیمی ترین آثار فسیلی مربوط به سیانوباکتری‌ها (تک سلولی‌های فتوسنتز کننده) در دریاهای کم عمق می باشند (شکل ۱-۷). در دوران پرکامبرین فعالیت‌های حیاتی آنها سبب افزایش میزان اکسیژن اتمسفر و فراهم آمدن امکان زندگی پر سلولی‌ها در روی سطح زمین بوده است.

● فسیل‌ها، آثار و بقایای حفظ شده از گیاهان و جانوران در محیط‌های مختلفی مانند اقیانوس‌ها، دریاها، رودها، یخچال‌های طبیعی و حتی در بعضی مواقع در محیط‌های آغشته به مواد نفتی، صمغ درختان، معادن نمک و خاکسترهای آتشفشانی می‌باشند. بیشترین شواهد و مدارک برای مطالعه گذشته زمین در سنگ‌های رسوبی یافت می‌شود. سنگ‌های رسوبی به دلیل داشتن فسیل، می‌توانند در تشخیص سن لایه‌ها و محیط تشکیل آنها مورد استفاده قرار گیرند. به عنوان مثال، وقتی در یک لایه رسوبی، فسیل مرجان‌ها یافت می‌شود، نشان‌دهنده آن است که این لایه در محیط دریایی گرم و کم‌عمق تشکیل شده است.

● فسیل‌ها نشان‌دهنده تغییرات اشکال حیات در طول تاریخ زمین هستند.





یادآوری

- در کتاب علوم پایه نهم با روش تعیین سن نسبی و اصول آن آشنا شدید. با توجه به آن، در شکل روبه‌رو، ترتیب وقایع را از قدیم به جدید شماره‌گذاری کنید.

در تعیین سن نسبی، ترتیب تقدم، تأخر و هم‌زمانی وقوع پدیده‌ها، نسبت به یکدیگر مشخص می‌شود. در تعیین سن مطلق (پرتوسنجی)، سن واقعی نمونه‌ها با استفاده از عناصر پرتوزا اندازه‌گیری می‌شود. عناصر پرتوزا به‌طور مداوم، با سرعت ثابت در حال واپاشی هستند. این عناصر پس از واپاشی به عنصر پایدار تبدیل می‌شوند. مدت زمانی که نیمی از یک عنصر پرتوزا به عنصر پایدار تبدیل می‌شود را، نیم‌عمر آن عنصر می‌گویند. در تعیین سن مطلق با استفاده از رابطه زیر می‌توان سن مطلق نمونه‌هایی مانند سنگ، چوب، استخوان و... را تعیین کرد.

$$\text{نیم‌عمر} \times \text{تعداد تیم} = \text{سن نمونه}$$

پیوند با ریاضی

- در جدول زیر، نیم‌عمر برخی از عناصر پرتوزا و عنصر پایدار حاصل از آنها نشان داده شده است. با استفاده از اطلاعات موجود در آن، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

- ۱- برای تعیین سن نخستین سنگ‌هایی که در کره زمین تشکیل شده‌اند، استفاده از کدام عنصر پرتوزا مناسب‌تر است؟ چرا؟
- ۲- برای تعیین سن فسیل ماموت و یا جمجمه انسان اولیه، از کربن ۱۴ استفاده می‌شود. دلیل آن را توضیح دهید.
- ۳- اگر مقدار کربن ۱۴ باقی‌مانده در یک نمونه استخوان قدیمی حدود $\frac{1}{8}$ مقدار اولیه آن باشد، سن استخوان را محاسبه کنید.

نیم‌عمر برخی از عناصر پرتوزا

عناصر پرتوزا	نیم‌عمر (تقریبی)	عنصر پایدار
اورانیم ۲۳۸	۴/۵ میلیارد سال	سرب ۲۰۶
اورانیم ۲۳۵	۷۱۳ میلیون سال	سرب ۲۰۷
توریم ۲۳۲	۱۴/۱ میلیارد سال	سرب ۲۰۸
کربن ۱۴	۵۷۳۰ سال	نیتروژن ۱۴
پتاسیم ۴۰	۱/۳ میلیارد سال	آرگون ۴۰



شکل ۱-۸- هیالونوسوس نخستین خزنده یافت شده در ابتدای کریتاسیف با طول حدود ۱۲ سانتی‌متر

فعالیت تکمیلی

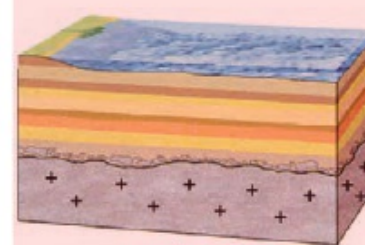
- با مطالعه در مورد فسیل خزندگان، در مورد عوامل ایجاد هر یک از وقایع زیر، مطالبی گردآوری و در کلاس ارائه کنید.
- ۱- دایناسورها در پایان دوره کرتاسه بسیار بزرگ‌جثه و سنگین وزن بودند.
- ۲- دایناسورها در پایان دوره کرتاسه بسیار متنوع شده بودند.
- ۳- دایناسورها در پایان دوره کرتاسه نتوانستند با تغییرات محیطی سازگار شوند.



سن زمین

از آغاز پیدایش کره زمین تاکنون، مدت زمان بسیار زیادی می‌گذرد و در این مدت، حوادث و وقایع فراوانی در آن رخ داده است. آیا می‌دانید سن زمین و حوادث و وقایع گذشته را چگونه تعیین می‌کنند؟ تعیین سن سنگ‌ها و پدیده‌های مختلف، از نظر بررسی تاریخچه زمین، اکتشاف ذخایر و منابع موجود در زمین، پیش‌بینی حوادث احتمالی آینده و غیره اهمیت زیادی دارد.

برای پی‌بردن به سن رویدادهای گذشته زمین، لازم است به دنبال شواهدی بگردیم که ما را در رسیدن به واقعیت‌های رخ داده در گذشته راهنمایی کنند. سنگ‌ها مهم‌ترین شواهدی هستند که در این زمینه به دانشمندان کمک می‌کنند، مثلاً لایه لایه بودن، مهم‌ترین ویژگی سنگ‌های رسوبی است. هر لایه شواهدی از شرایط محیطی زمان رسوب‌گذاری را در خود حفظ کرده است. یک لایه رسوبی که ممکن است هزاران کیلومتر مربع را بپوشاند، در نقاط مختلف به صورت‌های متفاوتی دیده می‌شود. به‌طور مثال هنگامی که رسوبات در دریا ته‌نشین می‌شوند، قطعاً دانه‌های درشت در نزدیکی ساحل بر جای می‌مانند، اما ذرات ریز و سبک تا مسافت زیادی از ساحل فاصله می‌گیرند. می‌دانیم که طبقات رسوبی به‌طور افقی ته‌نشین می‌شوند، اما بعدها ممکن است بر اثر عوامل کوه‌زایی، چین‌خوردگی یا ایجاد گسل، وضع آنها به‌هم خورده و گاهی از آب خارج شوند در این حالت تحت اثر عوامل فرسایشی قرار می‌گیرند و نوعی وقفه در توالی و نظم طبیعی لایه‌ها ایجاد می‌شود. به این وقفه ایجاد شده در توالی رسوبی، ناپیوستگی می‌گویند. روی زمین نمی‌توان نقطه‌ای را یافت که در طول



شکل ۱-۹- ناپیوستگی آذرین پی

تاریخ زمین همواره در زیر دریا مانده و همچنان رسوبات لایه‌به‌لایه در آنجا ته‌نشین شده باشند. اصولاً ناپیوستگی‌ها مشخص‌کننده زمان‌هایی هستند که عمل رسوب‌گذاری متوقف شده است.

انواع ناپیوستگی‌ها عبارت‌اند از:

- ۱- **ناپیوستگی آذرین پی:** در تقاطعی که لایه‌هایی از سنگ‌های رسوبی مستقیماً در روی توده‌های آذرین قرار گرفته باشند، نوعی ناپیوستگی پدید می‌آید که به آن آذرین‌پی گویند (شکل ۱-۹).

زمان در زمین‌شناسی

مفهوم زمان در مقیاس‌های مختلفی به کار می‌رود. شما با واحدهای زمان مانند: ثانیه، دقیقه، ساعت، شبانه روز، هفته، ماه، سال، دهه، سده (قرن) و هزاره آشنا هستید؛ اما، واحدهای بزرگ‌تر زمان نیز وجود دارند که در زندگی روزمره ما، کاربرد زیادی ندارند، ولی در علوم زمین بسیار مهم‌اند. مانند عهد، دوره، دوران و ائون (آبردوران) که واحدهای زمانی مورد استفاده در زمین‌شناسی هستند. معیار تقسیم‌بندی این واحدهای زمانی مختلف، به حوادث مهمی همچون پیدایش یا انقراض گونه خاصی از جانداران، حوادث کوهزایی، پیشروی یا پسروی جهانی دریاها، عصرهای یخبندان و... بستگی دارد (شکل ۷-۱).

میلیون سال قبل	رویدادهای زیستی	دوره	دوران	ائون
۰	انسان توح پستانداران	کواترنری نئوژن پالئوژن	پروکامبرین	پروکامبرین
۲۵۱	انقراض دایناسورها نخستین گیاهان گل‌دار نخستین پرنده نخستین پستاندار نخستین دایناسور	کرتاسه ژوراسیک تریاس	میزوزوئیک	میزوزوئیک
۲۵۱	انقراض گروهی نخستین خزنده نخستین دوزیست نخستین گیاهان آونددار نخستین ماهی‌ها نخستین تریلوبیت	پرمین کربنifer دوئین سیلورین اردوویسین کامبرین	پالئوژن	پالئوژن
۵۴۱			پروکامبرین	پروکامبرین
۲۵۰۰			پروکامبرین	پروکامبرین
۴۰۰۰			پروکامبرین	پروکامبرین
۴۶۰۰			پروکامبرین	پروکامبرین

شکل ۷-۱. مقیاس زمان زمین‌شناسی و رویدادهای مهم آن



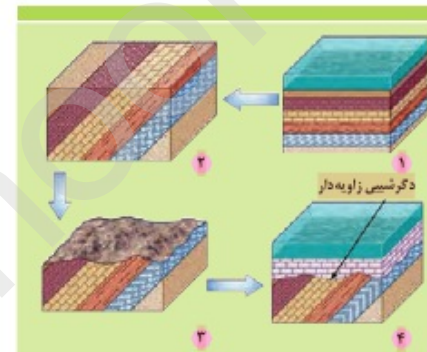
شکل ۱۰-۱. لایه ناپیوستگی هم‌شیب (موازی)

۲- ناپیوستگی دگرشیب (زاویه‌دار): در این نوع ناپیوستگی، سری رسوبات زیرین از حالت افقی خارج شده‌اند و روی آنها، سری رسوبات جوان‌تر و اغلب افقی، قرار گرفته است و تشخیص آن بسیار آسان است.

۳- ناپیوستگی هم‌شیب (موازی): این نوع ناپیوستگی‌ها فراوان‌تر، اما نامشخص‌تر از بقیه‌اند؛ زیرا لایه‌های رسوبی واقع در بالا و پایین سطح ناپیوستگی، با همدیگر موازی‌اند و حتی گاهی شواهد وقوع فرسایش احتمالی هم وجود ندارد (شکل ۱۰-۱).

فکر کنید

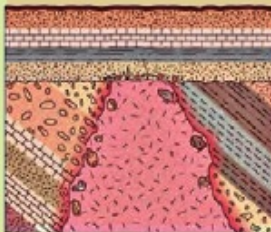
● با توجه به تصاویر مقابل، مراحل تشکیل دگرشیبی زاویه‌دار را توضیح دهید.



در زمین‌شناسی سن سنگ‌ها و پدیده‌ها به دو روش نسبی و مطلق صورت می‌پذیرد. در تعیین سن نسبی، ترتیب تقدم، تأخر و هم‌زمانی وقوع پدیده‌ها، نسبت به یکدیگر مشخص می‌شود.

یادآوری

- در کتاب علوم نهم با روش تعیین سن و اصول نسبی آن آشنا شدید. این اصول عبارت بودند از:
 - ۱- همه لایه‌های رسوبی به صورت افقی ته‌نشین می‌شوند.
 - ۲- همیشه لایه زیرین قدیمی‌تر از لایه بالایی است. (در صورتی که لایه‌ها پرتگشته باشند)
 - ۳- هر گونه تغییر (خارج شدن لایه‌ها از حالت افقی، چین خوردگی و گسل خوردن) بعد از تشکیل لایه اتفاق افتاده است.
 - ۴- هر لایه و توده سنگی که لایه و یا توده سنگی دیگر را قطع کند از آن جوان‌تر است.
 - ۵- هرگاه قطعه‌ای از یک سنگ در داخل یک لایه یافت شود از آن لایه قدیمی‌تر است.
- با توجه به این اصول در شکل مقابل ترتیب وقایع را از قدیم به جدید شماره‌گذاری کنید.



پیدایش اقیانوس‌ها

در سال‌های گذشته، با مفهوم سنگ‌کره و ساز و کار حرکت ورقه‌ها آشنا شدید. ورقه‌های سنگ‌کره، به دو نوع قاره‌ای و اقیانوسی تقسیم می‌شوند. البته گاهی ممکن است بخشی از یک ورقه، جنس قاره‌ای و در بخش دیگر از جنس اقیانوسی باشد (مانند ورقه هند) و یا در همه جا از آب پوشیده شده و از جنس اقیانوسی باشد (مانند ورقه اقیانوس آرام). سنگ‌کره قاره‌ای، نسبت به سنگ‌کره اقیانوسی ضخامت بیشتر و چگالی کمتری دارد. از طرفی سن ورقه‌های قاره‌ای زیاد و حدود ۳/۸ میلیارد سال بوده و در حالی که سنگ‌های بستر اقیانوس‌ها حداکثر ۲۰۰ میلیون سال قدمت دارند.

یادآوری

• در فصل زمین‌ساخت ورقه‌ای کتاب علوم نهم، در مورد حرکت ورقه‌های سنگ‌کره و پیامدهای آن مطالبی آموختید. در این باره به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

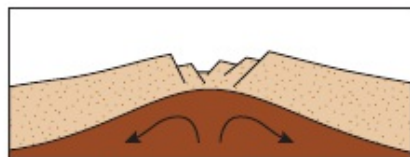
- ۱- علت حرکت ورقه‌های سنگ‌کره چیست؟
- ۲- انواع حرکت ورقه‌ها را بیان کنید.
- ۳- پیامدهای حاصل از حرکت ورقه‌ها را ذکر کنید.

دانشمندان علوم زمین

• در ادامه نظریه‌های جابه‌جایی قاره‌ها و گسترش بستر اقیانوس‌ها، تئوزو ویلسون زمین‌شناس کانادایی، نخستین بار، ایده وجود ورقه‌های تشکیل دهنده سنگ‌کره زمین و مرز آنها را عنوان کرد که منجر به ارائه نظریه زمین‌ساخت ورقه‌ای شد. مراحل تشکیل اقیانوس‌ها نیز، توسط وی ارائه و بعدها به چرخه ویلسون معروف شد. مطالعات علمی لو، مورد تحسین جهان قرار گرفت.



توزو ویلسون
۱۵ آوریل ۱۹۳۳ - ۲۴ اکتبر ۱۹۹۸



شکل ۱-۸ الف) ایجاد شکاف در پوسته قاره‌ای

۲- مرحله گسترش: در این مرحله، در محل شکاف ایجاد شده، مواد مذاب سست‌کره به بستر اقیانوس رسیده و پشته‌های میان اقیانوسی تشکیل می‌شوند و پوسته جدید ایجاد شده به طرفین حرکت کرده و باعث گسترش بستر اقیانوس می‌شود مانند بستر اقیانوس اطلس (دور شدن آمریکای جنوبی از آفریقا) و دریای سرخ (دور شدن عربستان از آفریقا) (شکل ۱-۸ ب).

پیوند با ریاضی

- در جدول زیر، نیم عمر برخی از عناصر پرتوزا و عنصر پایدار حاصل از آنها نشان داده شده است. با استفاده از اطلاعات موجود در آن، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
- ۱- برای تعیین سن نخستین سنگ‌هایی که در کره زمین تشکیل شده‌اند، استفاده از کدام عنصر پرتوزا مناسب‌تر است؟ چرا؟
- ۲- برای تعیین سن فسیل ماموت و یا جمجمه انسان اولیه، از کربن ۱۴ استفاده می‌شود. دلیل آن را توضیح دهید.
- ۳- اگر مقدار کربن ۱۴ باقی‌مانده در یک نمونه استخوان قدیمی حدود $\frac{1}{8}$ مقدار اولیه آن باشد، سن استخوان را محاسبه کنید.

نیم عمر برخی از عناصر پرتوزا

عنصر پرتوزا	نیم عمر (تقریبی)	عنصر پایدار	مواد مناسب اندازه‌گیری
اورانیم ۲۳۸	۴/۵ میلیارد سال	سرب ۲۰۶	کانی‌ها و سنگ‌های آذرین
اورانیم ۲۳۵	۷۱۳ میلیون سال	سرب ۲۰۷	
توریم ۲۳۲	۱۴/۱ میلیارد سال	سرب ۲۰۸	
پتاسیم ۴۰	۱/۳ میلیارد سال	آرگون ۴۰	
کربن ۱۴	۵۷۳۰ سال	نیتروژن ۱۴	مواد آلی، ریف‌های مرجانی، چوب و استخوان

زمان در زمین‌شناسی

مفهوم زمان در مقیاس‌های مختلفی به کار می‌رود. شما با واحدهای زمان مانند: ثانیه، دقیقه، ساعت، شبانه روز، هفته، ماه، سال، دهه، سده (قرن) و هزاره آشنا هستید؛ اما، واحدهای بزرگ‌تر زمان نیز وجود دارند که در زندگی روزمره ما، کاربرد زیادی ندارند، ولی در علوم زمین بسیار مهم‌اند. مانند عهد، دوره، دوران و آبرودوران که واحدهای زمانی مورد استفاده در زمین‌شناسی هستند. معیار تقسیم‌بندی این واحدهای زمانی مختلف، به حوادث مهمی همچون پیدایش یا انقراض گونه خاصی از جانداران، حوادث کوه‌زایی، پیشروی یا پسروی جهانی دریاها، عصرهای یخبندان و رویدادهای دیگر بستگی دارد (شکل ۱-۱۱).

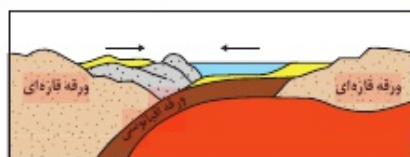
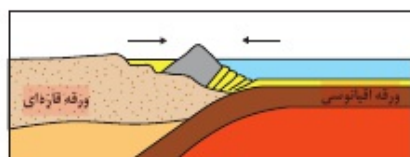
میلیون سال قبل	رویدادهای زیستی	دوره	نوران	آبرودوران
عصر یخبندان	انسان	کواترنری	پالئوژنیک	پالئوژنیک
۶۶	تغییر پستانداران	نئوژن	پالئوژنیک	پالئوژنیک
پیشروی جهانی دریاها	انقراض دایناسورها	کرتاسه	میزوژنیک	میزوژنیک
	نخستین گیاهان گل‌دار	ژوراسیک	میزوژنیک	میزوژنیک
	نخستین پرنده	تریاس	میزوژنیک	میزوژنیک
۲۵۱	نخستین پستاندار	پرمین	پالئوژنیک	پالئوژنیک
	انقراض گروهی	کربنifer	پالئوژنیک	پالئوژنیک
	نخستین خزنده	دوین	پالئوژنیک	پالئوژنیک
پایان کومزایی کالدوین	نخستین دوزیست	سیلورین	پالئوژنیک	پالئوژنیک
	نخستین گیاهان اونداز	اردوویسین	پالئوژنیک	پالئوژنیک
	نخستین ماهی‌ها	کامبرین	پالئوژنیک	پالئوژنیک
	نخستین تریلوبیت		پالئوژنیک	پالئوژنیک
۵۴۱			پالئوژنیک	پالئوژنیک
۲۵۰۰			پالئوژنیک	پالئوژنیک
۴۰۰۰			پالئوژنیک	پالئوژنیک
۴۶۰۰			پالئوژنیک	پالئوژنیک

شکل ۱-۱۱- مقیاس زمان زمین‌شناسی و رویدادهای مهم آن



شکل ۱-۸-ب) ایجاد و گسترش پوسته اقیانوسی

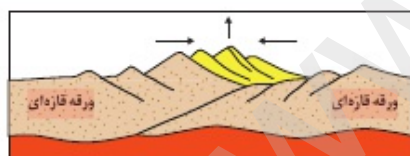
۳- مرحله بسته شدن: در این مرحله، ورقه اقیانوسی از حاشیه به زیر ورقه قاره‌ای مجاور خود فرو رانده می‌شود (دراز گودال اقیانوسی) و با ادامه فرو رانش در نهایت اقیانوس بسته می‌شود (مانند بسته شدن اقیانوس تتیس) (شکل ۱-۸-پ).



شکل ۱-۸-پ) بسته شدن حوضه اقیانوسی ایجاد شده

در برخی از اقیانوس‌ها مانند اقیانوس آرام در بخشی از آن، ورقه اقیانوسی به زیر ورقه اقیانوسی دیگر فرو رانده شده و منجر به تشکیل دراز گودال اقیانوسی و جزایر قوسی می‌شود.

۴- مرحله برخورد: با بسته شدن اقیانوس و برخورد ورقه‌ها، رسوبات فشرده شده و رشته کوه‌هایی مانند هیمالیا (برخورد هندوستان به آسیا)، زاگرس (برخورد عربستان به ایران) و ... را به وجود می‌آورند (شکل ۱-۸-ت).



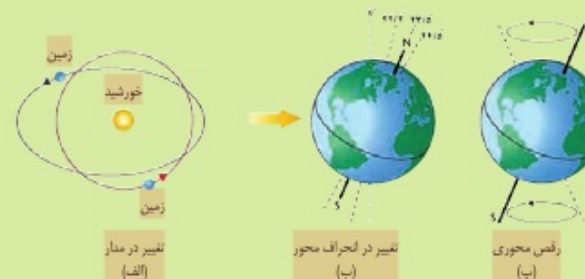
شکل ۱-۸-ت) برخورد ورقه‌ها و ایجاد رشته کوه

تغییرات آب و هوایی

کره زمین دارای حرکت وضعی و انتقالی است. چرخش زمین به دور محورش را حرکت وضعی می‌گویند. این چرخش در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت است و در مدت زمان حدود ۲۴ ساعت انجام شده و شب و روز بر اثر این حرکت ایجاد می‌شود. به گردش زمین روی مدار بیضوی به دور خورشید، حرکت انتقالی گفته می‌شود که در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت انجام می‌گردد. پیدایش فصل‌ها حاصل حرکت انتقالی زمین و انحراف $23\frac{1}{2}$ درجه‌ای محور زمین است. انحراف $23\frac{1}{2}$ درجه‌ای محور زمین، نسبت به خط عمود بر سطح مدار گردش زمین به دور خورشید باعث اختلاف مدت زمان روز و شب و زاویه تابش خورشید به عرض‌های جغرافیایی مختلف می‌شود. تغییر فاصله سیاره زمین در حرکت مداری خود نسبت به خورشید، همراه با تغییر در انحراف محور زمین و حرکات محوری آن باعث کاهش و افزایش دوره‌ای در میزان انرژی دریافتی از خورشید و نوسان درجه حرارت سطحی آن می‌گردد. این پدیده باعث بروز دوره‌های خشکسالی و یخبندان شدید روی زمین در دراز مدت می‌شود.

بیشتر بدانید

● محور زمین دارای چرخشی به صورت یک مخروط به دوره‌های ۱۲۰۰۰ و ۲۷۰۰۰ ساله است. جهت این حرکت برخلاف عقربه‌های ساعت است. محققین معتقدند بروز تغییرات اقلیمی (آب‌وهوایی) روی زمین بی‌ارتباط با این پدیده نیست. این حرکت را رقص محوری زمین (حرکت تقدیمی) می‌نامند.



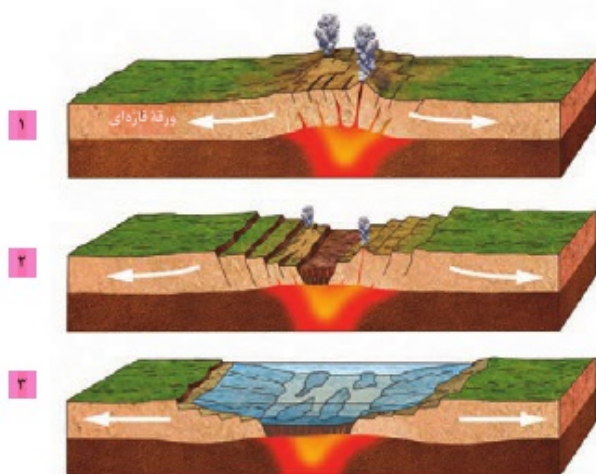
طرحی از تغییرات حرکتی زمین مانند الف) تغییرات مداری، ب) انحراف محور و پ) رقص محوری زمین

علم، زندگی، کار آفرینی

● زمین‌شناسی را می‌توان به طور کلی، علم مطالعه سیاره‌ای که در آن به سر می‌بریم تعریف کرد و زمین‌شناس ماجراجویی است که به دنبال جمع‌آوری اطلاعات از زمان پیدایش زمین تاکنون می‌باشد. وی با طبقه‌بندی، ارزیابی و تجزیه و تحلیل داده‌ها، نقش مهمی در تولید اطلاعات علمی دارد.

پاسخ دهید

- ۱- عامل باز و بسته شدن اقیانوس‌ها چیست؟
- ۲- چرا با وجود گسترش بستر اقیانوس‌ها، وسعت سطح زمین افزایش نمی‌یابد؟
- ۳- علت فروپاشی ورقه اقیانوسی چیست؟
- ۴- نتیجه فروپاشی ورقه اقیانوسی - قاره‌ای و اقیانوسی - اقیانوسی چیست؟



شکل ۱-۹- مراحل تشکیل اقیانوس جدید

علم، زندگی، کار آفرینی

● **دیرینه‌شناسی:** شاخه‌ای از علم زمین‌شناسی که به بررسی آثار و بقایای موجودات گذشته زمین در لایه‌های رسوبی می‌پردازد. بر پایه مطالعه فسیل‌ها، پیدایش و نابودی آنها می‌توان به سن نسبی لایه‌های زمین و محیط زندگی موجودات در گذشته پی برد.



• **سنجش از دور:** علم و فن جمع‌آوری اطلاعات از عوارض سطح زمین، بدون تماس فیزیکی با آنها است. سنجش از دور شامل اندازه‌گیری و ثبت انرژی بازتابی از سطح زمین و جو پیرامون آن، از یک نقطه مناسب در بالاتر از سطح زمین است. پرتوهای بازتابی که از نوع امواج الکترومغناطیس هستند، می‌توانند دارای منابع گوناگونی مانند پرتوهای خورشیدی، پرتوهای حرارتی اجسام یا حتی پرتوهای مصنوعی باشند. به‌دست آوردن اطلاعات از سطح زمین و سطح دریاها، با استفاده از تصاویر اخذ شده از فضا، از آنها، از بخش‌هایی از طیف الکترومغناطیس که از سطح زمین تابیده یا بازتابیده شده‌اند، انجام می‌شود. سنجش از دور، از انرژی الکترومغناطیس بهره می‌گیرد. قوی‌ترین منبع تولیدکننده این انرژی، خورشید است که انرژی الکترومغناطیس را در تمام طول موج‌ها، تابش می‌کند.

متخصصان این رشته‌ها، در مراکزی مانند سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شرکت ملی نفت ایران و... می‌توانند به کمک آن حوادثی مانند: وقوع سیل، تغییرات سطح زمین، پراکندگی ریزگردها و... را بررسی کنند و در کیفیت‌بخشی و بهبود اجرای پروژه‌های اکتشافی و آموزشی کمک شایانی داشته باشند.



اگر اهل ماجراجویی هستید هر مقدار که دانش زمین‌شناسی خواهید آموخت در کوله‌پشتی خود قرار دهید، کفش‌های محکمی به پا کنید و برای فتح قله‌های دانش آماده شوید. ما در مسیر حرکت خود از فناوری (مهندسی، ریاضیات، هوش مصنوعی) استفاده لازم را خواهیم برد و برای حل مشکلات زندگی، دورماندن از مخاطرات طبیعی و تأمین منابع معدنی و انرژی، دست به کارآفرینی خواهیم زد.

• **هوش مصنوعی** دستگاه و یا نرم‌افزاری است که برخی عملکردهای شناختی، یادگیری و حل مسئله را مشابه و یا با تقلید از ذهن انسان بازسازی می‌نماید.

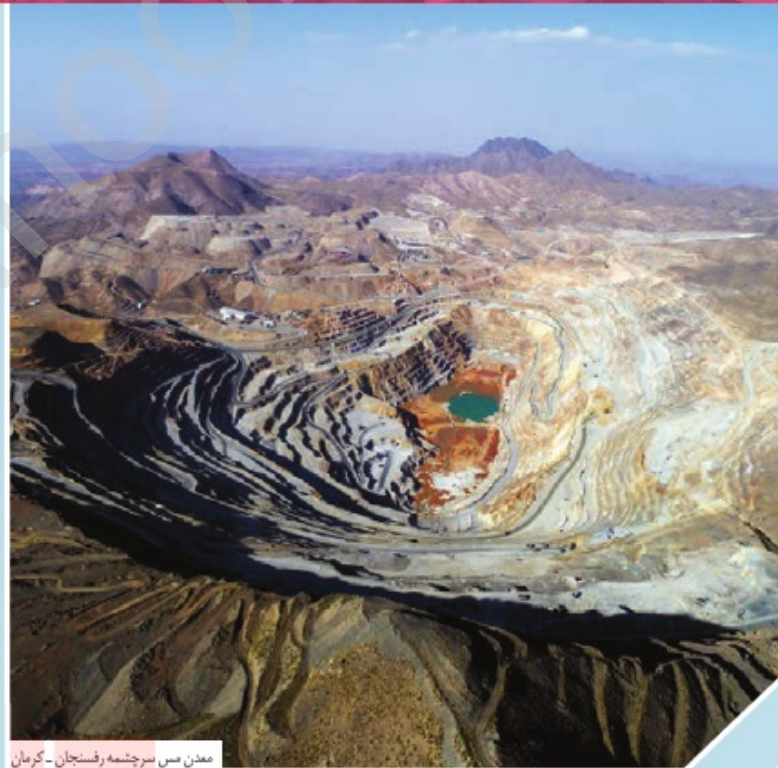
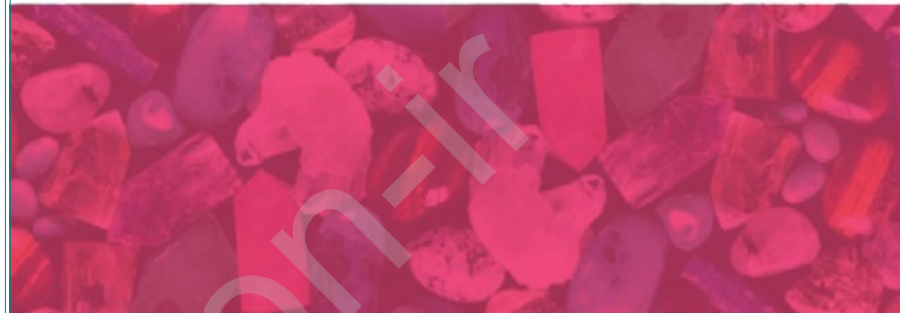
زمین‌شناسی مدرن با حجم زیادی از داده‌ها سروکار دارد. گستردگی زیاد داده‌ها ناشی از موضوعات متنوع و منابع فراوان مورد تحقیق می‌باشد. توسعه هوش مصنوعی در دانش زمین‌شناسی امکان استفاده از روش‌های بهتر و با کیفیت‌تر طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری داده‌ها و کشف روابط پنهان بین داده‌ها را فراهم کرده است؛ زیرا می‌تواند حجم زیادی از داده‌ها را به سرعت و با دقت زیاد پردازش کند. از همه مهم‌تر محدودیت‌های این دانش در مورد زمان و مکان را برطرف کرده است، مثلاً نیازی نیست برای دیدن هسته خارجی و بررسی جزئیات آن به درون زمین سفر کرد.

امروزه زمین‌شناسان از هوش مصنوعی در شناسایی سنگ‌ها و کانی‌ها، اکتشاف مواد معدنی، شناسایی مخاطرات طبیعی، بررسی نتایج گرمایش جهانی و تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی با دقت بسیار زیاد در تعامل با روش‌های سنجش از راه دور استفاده می‌کنند.





معدن مس سونگون ورزقان (شهرستان اهر - استان آذربایجان شرقی)



معدن مس سرچشمه رفسنجان - کرمان

فصل ۲

منابع معدنی و ذخایر انرژی، زیربنای تمدن و توسعه

زیربنای اقتصادی کشورهای مختلف، متنوع است. مبنای اقتصادی برخی از کشورها، صنعت، کشاورزی یا گردشگری است و برخی دیگر، اقتصاد خود را بر مبنای منابع و ذخایر معدنی بنا نهاده‌اند. مبنای اقتصاد کشور ما، کدام مورد است؟ بسیاری از کالاهایی که در زندگی روزمره از آنها استفاده می‌کنید، یا با آنها سروکار دارید، از منابع فلزی (آهن، آلومینیوم، طلا و منیزیم)، غیرفلزی (رس‌ها، زغال سنگ و ...) و یا مواد نفتی و فراورده‌های پتروشیمی مانند پلاستیک، بنزین و ... به‌دست می‌آیند. در علم زمین‌شناسی با مواردی مانند نحوه تشکیل، ذخیره و اکتشاف منابع معدنی و سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز آشنا می‌شوید.



فصل ۲

منابع معدنی و ذخایر انرژی، زیربنای تمدن و توسعه

زیربنای اقتصادی کشورهای مختلف، متنوع است. مبنای اقتصادی برخی از کشورها، صنعت، کشاورزی یا گردشگری است و برخی دیگر، اقتصاد خود را بر مبنای منابع و ذخایر معدنی بنا نهاده‌اند. مبنای اقتصاد کشور ما کدام مورد است؟ بسیاری از کالاهایی که در زندگی روزمره از آنها استفاده می‌کنید، یا با آنها سروکار دارید، از منابع فلزی (آهن، آلومینیوم، طلا و منیزیم)، غیرفلزی (رس‌ها، زغال سنگ و ...) و یا مواد نفتی و فراورده‌های پتروشیمی مانند پلاستیک، بنزین و ... به‌دست می‌آیند. در علم زمین‌شناسی با مواردی مانند نحوه تشکیل، ذخیره و اکتشاف منابع معدنی و سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز آشنا می‌شوید.





کانی گارنت



کانی کوارتز



سکوی نفتی



مجتمع پتروشیمی

منابع معدنی در زندگی ما

بخش عمده مواد مورد نیاز برای زندگی ما، از منابع معدنی تأمین می‌شوند. مس موجود در کابل‌های برق، آهن مورد استفاده در ریل راه آهن، پلاستین استفاده شده در ساخت گوشی تلفن همراه، کانی گرافیت به کار گرفته شده در مدادی که با آن می‌نویسیم، کانی فلوئوریت موجود در ترکیب خمیردندان و ... از منابع معدنی تهیه می‌شوند. منابع معدنی پس از شناسایی توسط زمین‌شناسان، از معادن استخراج و پس از فراوری، به کالاهای مورد نیاز تبدیل می‌شوند. تعدادی از کاربردهای مواد معدنی (فلزی - غیر فلزی) در جدول ۲-۱ آورده شده است.



شمش طلا و نقره



مجتمع معدنی

منابع معدنی در زندگی ما

بخش عمده مواد مورد نیاز برای زندگی ما، از منابع معدنی تأمین می‌شوند. مس موجود در کابل‌های برق، آهن مورد استفاده در ریل راه آهن، پلاستین استفاده شده در ساخت گوشی تلفن همراه، کانی گرافیت به کار گرفته شده در مدادی که با آن می‌نویسیم و فلوئور موجود در ترکیب خمیردندان از منابع معدنی تهیه می‌شوند. منابع معدنی پس از شناسایی توسط زمین‌شناسان، از معادن استخراج و پس از فراوری، به کالاهای مورد نیاز تبدیل می‌گردند.

جدول ۲-۱- غلظت کلارک برخی عناصر در پوسته جامد زمین

عنصر	میانگین درصد وزنی در پوسته
اکسیژن	۴۵/۲۰
سیلیسیم	۲۷/۲۰
آلومینیم	۸/۰۰
آهن	۵/۸۰
کلسیم	۳/۶۳
سدیم	۲/۷۷
پتاسیم	۲/۳۲
منیزیم	۱/۶۸
تیتانیوم	۰/۴۴
فسفر	۰/۱۲
منگنز	۰/۱۰
روی	۰/۰۰۷
مس	۰/۰۰۶
سرب	۰/۰۰۱۶

غلظت عناصر در پوسته زمین

پوسته زمین از انواع سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی تشکیل شده است. ترکیب میانگین پوسته در اصل همان ترکیب میانگین سنگ‌های آذرین پوسته است؛ چرا که مقدار کل سنگ‌های رسوبی و دگرگونی نسبت به حجم سنگ‌های آذرین بسیار اندک و فاقد اهمیت است. دو زمین‌شناس به نام‌های کلارک و واشنگتن در سال ۱۹۲۴ میلادی بر مبنای تجزیه نمونه‌های فراوانی که از سنگ‌های سراسر دنیا گردآوری شده بود، میانگین درصد وزنی عناصر سازنده پوسته زمین معروف به غلظت کلارک را تعیین کردند (جدول ۲-۱).

جدول ۱-۲- فراوانی و کاربرد برخی از کانی‌ها و منابع معدنی

فراوان: آهن، آلومینیم، منیزیم، منگنز، تیتانیم	کاربردهای اساسی
کمیاب: مس، سرب، روی، نیکل، کروم، طلا، نقره، قلع، تنگستن، مولیبدن، اورانیم، پلاتین و ...	تولید فولاد
صنایع شیمیایی: هالیت (سدیم کلرید)، فلوئوریت (کلسیم فلوئورید)	تولید سیمان
کودهای شیمیایی: آپاتیت (کلسیم فسفات)، سیلیت (پتاسیم کلرید)، گوگرد، کلسیت و سنگ آهک (کلسیم کربنات)، شوره (سدیم نترات)	
ساختمان‌سازی: ژئیت (گچ ساختمانی)، سنگ آهک (سیمان)، رس (آجر و کاشی و سرامیک)، شن و ماسه، سنگ‌های تزئینی و نما، فلدسپار (کاشی و سرامیک)، سیلیس (شیشه‌سازی)، پوزولان و پرلیت (مصالح سبک وزن)	
گوهرها و کانی‌های نیمه قیمتی: الماس، کزندوم (یاقوت)، گارنت (بیجاده)، آمیست (کوارتز بنفش)، بریل (زمرّد)، فیروزه، آگات (عقیق)، الیون (زبرجد)، اسپینل (لعل)، لاجورد، یشم و ...	
پزشکی و داروسازی: باریت (عکس‌برداری، رادیولوژی)، انواع کانی‌های رسی (آنتی‌بیوتیک‌ها، ضد اسید معده)، فلوئوریت (خمیر دندان)، تالک (پودر بچه، لوازم آرایشی، کرم‌های ضد آفتاب)	
کانی‌های صنعتی: بنتونیت (گل حفاری، خاک رنگ‌بر، جاذب آب و آلاینده‌ها، صنعت فولاد، سرامیک، صنایع رنگ، کاغذسازی، تصفیه آب و فاضلاب، داروسازی، تصفیه و رنگ‌بری روغن، قند، نوشیدنی‌ها و...)، کاتولین (سرامیکه کاغذسازی، پرکننده و لاستیک‌سازی)، کوارتز (ساعت‌سازی، شیشه‌سازی، قطعات الکترونیکی و ...)	
کشاورزی: کانی زئولیت در (سیک‌کردن و هوارسانی به خاک و جاذب رطوبت)، دامپروری (مکمل غذای دام و طیور)، پرورش ماهی، تصفیه آب و فاضلاب	
سایر موارد: تالک (کاغذسازی، رنگ)، باریت (گل حفاری)، گرافیت (نوک مداد، پیل الکتریکی، تابیر خودروها)، ساینده (الماس)، گارنت، کزندوم، کوارتز	

بیشتر بدانید

فولاد: فولاد به آهنی که کربن آن کمتر از ۲٪ باشد گفته می‌شود. فولاد به دلیل استحکام بالا و قابلیت شکل‌پذیری، در صنایع مختلف به‌کار می‌رود.

گفت و گو کنید

کاربرد بعضی کانی‌ها مانند انیدریت و ژئیت، علاوه بر تهیه گچ بنایی در تشخیص آب و هوای گذشته می‌باشد. در مورد دلیل این امر گفت‌وگو کنید.

بعدها دانشمندان دیگری در زمینه پراکندگی و تمرکز عناصر تحقیق کرد و اصطلاح دیگری تحت عنوان «کلارک تمرکز» معرفی شد که تمرکز یک عنصر را در یک کانی یا سنگ نسبت به فراوانی آن در پوسته زمین نشان می‌دهد. به عنوان مثال اگر تمرکز منگنز در یک کانی ۵۰ درصد وزنی آن کانی باشد، با توجه به اینکه کلارک منگنز در پوسته زمین ۰/۱ درصد است، کلارک غلظت آن در این کانی برابر ۵۰۰ است. گاهی تمرکز یک یا چند عنصر در سنگ، خاک، گیاهان و یا آب یک منطقه در مقایسه با میانگین آنها در پوسته زمین بالاتر یا پایین‌تر است که به آن بی‌هنجاری گفته می‌شود. هنگامی که تمرکز یک عنصر در منطقه‌ای بالاتر از میانگین پوسته باشد به آن بی‌هنجاری مثبت و در صورتی که پایین‌تر از میانگین پوسته باشد به آن بی‌هنجاری منفی می‌گویند. زمین‌شناسان در پی جوی‌های اکتشافی عناصر به دنبال یافتن مناطقی با بی‌هنجاری مثبت هستند.

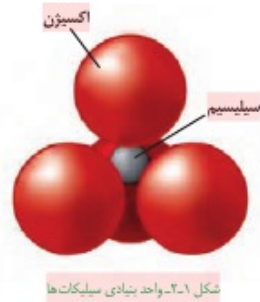
فعالیت تکمیلی

● نتایج حاصل از تجزیه سنگ‌های یک منطقه، در جدول ارائه شده است. در کدام عنصر بی‌هنجاری مثبت و در کدام بی‌هنجاری منفی دیده می‌شود؟

عنصر	درصد براساس جرم	بی‌هنجاری
Fe	۱۲	
Cu	۰/۰۰۰۷	
Pb	۰/۰۱	
Zn	۰/۰۰۰۹	

کانی‌های سیلیکاتی

کانی‌ها، براساس ترکیب شیمیایی به دو گروه سیلیکات‌ها و غیرسیلیکات‌ها رده‌بندی می‌شوند. سیلیکات‌ها، کانی‌هایی هستند که بیش از ۹۰ درصد حجم پوسته زمین را تشکیل می‌دهند و در ترکیب شیمیایی خود، بنیان سیلیکاتی (SiO_4^{4-}) دارند (شکل ۲-۱). کانی‌های سیلیکاتی در سنگ‌های آذرین، رسوبی و یا دگرگونی یافت می‌شوند. کانی‌های غیرسیلیکاتی، گروهی از کانی‌ها هستند که در ترکیب خود، فاقد بنیان سیلیکاتی هستند. این کانی‌ها نیز در انواع سنگ‌ها یافت می‌شوند.



غلظت عناصر در پوسته زمین

در سال ۱۹۶۴ میلادی، دو زمین‌شناس به نام‌های کلارک^۱ و رینگ‌وود^۲ برای تعیین ترکیب شیمیایی پوسته زمین و بررسی پراکندگی عناصر در بخش‌های مختلف آن، تعداد بسیار زیادی از انواع سنگ‌های مناطق مختلف را نمونه‌برداری و ترکیب شیمیایی آنها را تعیین کردند. امروزه، فراوانی میانگین عناصر پوسته زمین با عنوان غلظت کلارک عناصر شناخته می‌شود (جدول ۲-۲).

جدول ۲-۲. غلظت کلارک عناصر فراوان در پوسته جامد زمین

عنصر	درصد براساس جرم
اکسیژن	۴۵/۲۰
سیلیسیم	۲۷/۲۰
آلومینیم	۸/۰۰
آهن	۵/۸۰
کلسیم	۵/۰۶
سدیم	۲/۷۷
پتاسیم	۲/۳۲
منیزیم	۱/۶۸
تیتانیوم	۰/۸۶
فسفر	۰/۱۲
منگنز	۰/۱۰
روی	۰/۰۱۳
مس	۰/۰۰۷
سرب	۰/۰۰۰۱۶

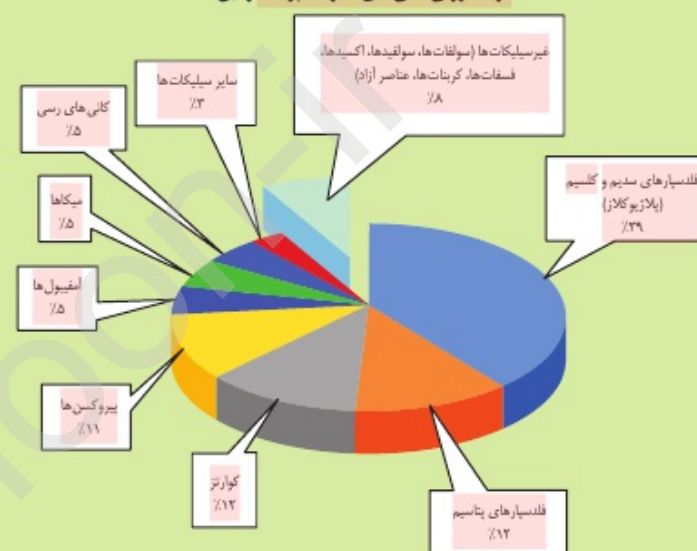
اندازه‌گیری و تعیین غلظت میانگین عناصر، کاربردهای زیادی دارد. پژوهشگران با اندازه‌گیری مقدار غلظت عناصر در سنگ‌ها و خاک‌های هر منطقه و مقایسه آن با مقادیر غلظت میانگین، به فرایندهای زمین‌شناسی مانند حرکت ورقه‌های سنگ کره، تاریخچه تشکیل یک منطقه، آلودگی‌های زیست‌محیطی و ... پی می‌برند. اگر در منطقه‌ای، غلظت عناصر از میانگین کلارک بالاتر باشد، بی‌هنجاری مثبت و اگر غلظت آنها از میانگین پایین‌تر باشد، آن را بی‌هنجاری منفی می‌نامند. زمین‌شناسان در پی جویی‌های اکتشافی عناصر، به دنبال یافتن مناطقی با بی‌هنجاری مثبت آن عنصر هستند.

^۱ Clark

^۲ Ringwood

بیشتر بدانید

درصد وزنی کانی‌های سازنده پوسته زمین



ساختمان کانی‌های سیلیکاتی

فرمول شیمیایی	نام کانی	ساختار سیلیکاتی
$(Mg, Fe)_2 SiO_4$	سیلیکات‌های جزیرهای (مفرد)، مانند الیون (زبرجد)	
$(Mg, Fe) SiO_3$	سیلیکات‌های زنجیری ساده، مانند پیروکسن‌ها	
$(Fe, Mg)_3 Si_4 O_{11} (OH)_2$	سیلیکات‌های زنجیری مضاعف، مانند آمفیبول‌ها	
$KAl_3 (AlSi_3 O_{10}) (OH)_2$	سیلیکات‌های ورقه‌ای، مانند میکاها (بیوتیت و مسکوویت)	
$B_2 Al_2 Si_2 O_{10}$	سیلیکات‌های حلقوی، مانند بریل	
$KAlSi_3 O_8$ $NaAlSi_3 O_8$ و SiO_2	سیلیکات‌های شبکه‌ای، مانند فلدسپارها	

سری واکنشی بوون

در سال‌های قبل آموختید که کانی‌ها به روش‌های مختلفی تشکیل می‌گردند و برخی از آنها (سیلیکات‌ها) حاصل تبلور مواد مذاب (ماگما) در حین سرد شدن است. در مورد تبلور ماگما مطالعاتی در اوایل قرن بیستم توسط بوون^۱ انجام شد که در مورد تعیین ترتیب تبلور کانی‌های سیلیکاته از یک ماگما بود و به عنوان سری واکنشی بوون از آن یاد می‌شود.

هنگامی که مذابی سرد می‌شود، کانی‌های تبلور شده با مذاب در تعادل هستند. با پیشرفت روند تبلور کانی‌ها، ترکیب مذاب تغییر می‌کند. بلورهای تشکیل شده قبلی، دیگر با مذاب در تعادل نبوده و ضمن واکنش با ماگما بلورهای جدیدی تشکیل می‌دهند. به عقیده او بیشتر ماگماها ترکیب بازالتی دارند. از این ماگمای اولیه که محتوای آهن و منیزیم نسبتاً بالا و SiO_2 نسبتاً کمی دارد، مطابق شکل ۲-۲، ضمن سرد شدن تدریجی و کاهش دما، کانی‌های مختلف و در نتیجه سنگ‌های آذرین متفاوت به وجود می‌آید.

مطابق سری واکنشی بوون هر کانی دمایی ذوب و تبلور مخصوص خود را دارد و از آنجایی که بیشتر سنگ‌ها از کانی‌های مختلفی تشکیل شده‌اند، هر زمان سنگ‌ها شروع به ذوب کنند، برخی کانی‌ها زودتر و برخی دیرتر ذوب می‌شوند و لذا بسته به دما و درجه ذوب‌شدگی، ماگماهایی با ترکیبات متفاوت ایجاد می‌گردد. بوون در حین آزمایشات و مطالعات تجربی خود مشاهده کرد که نخستین کانی‌های حاصل از سرد شدن ماگما، پلاژیوکلاز کلسیم دار و الیوین هستند که از تجمع این دو کانی همراه با مقداری پیروکسن، سنگ بازالت یا معادل درونی آن گابرو به وجود می‌آید. با ادامه تبلور، ترکیب ماده مذاب باقیمانده تغییر می‌کند، یعنی تقریباً قسمت مهمی از آهن، منیزیم و کلسیم خود را از دست می‌دهد. در عوض ماده مذاب از عناصری که تاکنون در ساختمان کانی‌ها وارد نشده‌اند (سدیم و پتاسیم) غنی می‌شود. مقدار سیلیس نیز در مایع مذاب باقیمانده افزایش می‌یابد. اگر نخستین بلورها (یعنی الیوین و پلاژیوکلاز کلسیم دار) در محلول باقی بمانند و با مایع وارد واکنش شوند، کانی‌هایی با درجات حرارت پایین‌تر از خود را به وجود می‌آورند و این وضع ادامه می‌یابد. توانایی تشکیل کانی‌ها را سری واکنشی بوون می‌گویند. کانی الیوین تشکیل شده، با مایع مذاب باقی مانده واکنش نموده و پیروکسن به وجود آمده است. به عنوان مثال:

پیروکسن → مایع مذاب باقیمانده + الیوین

آمفیبول → مایع مذاب باقیمانده + پیروکسن

بیوتیت → مایع مذاب باقیمانده + آمفیبول



^۱ Bowen

تفسیر کنید

- نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی سنگ‌های یک منطقه، در جدول زیر ارائه شده است. در کدام عناصر، بی‌هنجاری مثبت و در کدام عناصر، بی‌هنجاری منفی دیده می‌شود؟

عنصر	درصد پراساس جرم
Si	۱۷
Fe	۵
Ca	۵/۹
Na	۱
Cu	۰/۷
Pb	۲
Zn	۳
K	۱

یادآوری

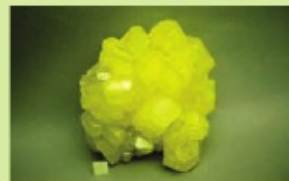
- در کتاب‌های درسی علوم تجربی، با مفهوم ویژگی‌ها و کاربرد برخی از کانی‌ها آشنا شدید. تعیین کنید کدام یک از تصاویر زیر، کانی می‌باشند؟ چرا؟



(ب) یخ



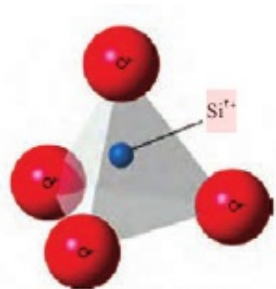
(الف) نیات



(ت) گوگرد



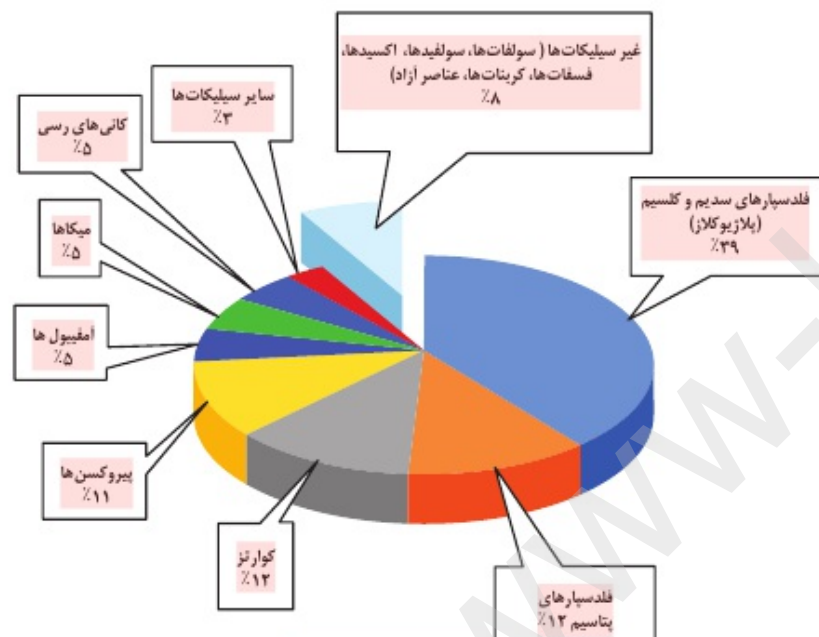
(ب) نفت



شکل ۲-۱. اتصال چهار اتم اکسیژن به یک اتم سیلیسیم، هرم چهاروجهی تشکیل می‌شود که واحد بنیادی سیلیکات‌ها است.

کانی‌ها، براساس ترکیب شیمیایی به دو گروه سیلیکات‌ها و غیرسیلیکات‌ها رده‌بندی می‌شوند.

سیلیکات‌ها، کانی‌هایی هستند که بیش از ۹۰ درصد از پوسته زمین را تشکیل می‌دهند و در ترکیب شیمیایی خود، بنیان سیلیکاتی (SiO_4^{4-}) دارند. کانی‌های سیلیکاتی در سنگ‌های آذرین، رسوبی و یا دگرگونی یافت می‌شوند (شکل ۲-۲). کانی‌های غیرسیلیکاتی، گروهی از کانی‌ها هستند که در ترکیب خود، فاقد بنیان سیلیکاتی هستند. این کانی‌ها نیز در انواع سنگ‌ها یافت می‌شوند.



شکل ۲-۳. درصد وزنی کانی‌های سازنده پوسته زمین

به گروهی از کانی‌ها که در آن یک فلز ارزشمند اقتصادی وجود دارد، کانه اطلاق می‌شود. مانند مگنتیت که از آن آهن و یا گالن که از آن سرب استخراج می‌شود. برخی از کانه‌ها به صورت آزاد هم یافت می‌شوند: مانند طلا، نقره و مس.



شکل ۲-۴. تصویر شماتیک سری‌های واکنشی بونون (Bowen)

کانه

از تعداد بی‌شمار کانی‌های شناخته شده در پوسته زمین، گروه اندکی از آنها دارای یک فلز ارزشمند اقتصادی هستند که به آنها کانه گفته می‌شود. کانه‌ها می‌توانند دارای ترکیبات متعدد سیلیکاتی و غیرسیلیکاتی باشند و در همه سنگ‌ها (رسوبی، آذرین و دگرگونی) یافت شوند. کانه‌ها دارای تمرکز بالاتری از فلز در خود هستند و مانند کانی‌ها ترکیب شیمیایی نسبتاً ثابتی دارند. به عنوان مثال هماتیت (Fe_2O_3) کانه آهن است، زیرا تمرکز بالایی از آهن در خود دارد. کانی الیون (Fe,Mg-SiO_2) هم در ترکیب خود آهن دارد اما کانه آهن محسوب نمی‌شود، چرا که نسبت به هماتیت، تمرکز پایین‌تری از آهن دارد. برخی از کانه‌ها مانند طلا، نقره و مس به صورت آزاد هم یافت می‌شوند.

کانسنگ

هر ماده‌ای که طی فرایندهای طبیعی شکل گرفته باشد و بتوان از آن ماده یا مواد با ارزش و سودمندی استخراج و به بازار مصرف عرضه کرد، کانسنگ (سنگ معدن) نام دارد. مواد ارزشمند کانسنگ‌ها (کانه‌ها) همواره با مواد بی‌ارزشی همراه هستند که استخراج آنها اقتصادی نیست و به آنها باطله می‌گویند. به عنوان مثال کالکوپریت با فرمول شیمیایی (CuFeS_2) یکی از مهم‌ترین کانه‌های فلز مس است (شکل ۲-۳) که همراه با کانی‌های باطله مختلفی مانند کوارتز، فلدسپار، میکا، کانی‌های رسی، پیریت (FeS_2) و غیره، کانسنگ مس را تشکیل می‌دهند.



شکل ۲-۳. کالکوپریت

گاهی در مناطقی از پوسته زمین با تمرکز غیرعادی از یک یا چند کانه با ارزش و دارای سود کافی برای استخراج روبه‌رو هستیم که به آن کانسار می‌گوییم. به عبارت دیگر کلاک تمرکز عنصر مورد نظر در آن منطقه به عددی رسیده است که استخراج آن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.

گفت‌وگو کنید

- در ساخت سرامیک و شیشه، از چه کانی‌هایی استفاده می‌شود؟
- در مورد کانه‌های زیر، اطلاعات جمع‌آوری و جدول زیر را کامل کنید.

عنصر اقتصادی	ترکیب شیمیایی	کانه
		هماتیت
		مگنتیت
		کالکوپیریت
		گالن

کانسنگ

سنگ معدن یا **کانسنگ**، از دو بخش کانه، و باطله تشکیل شده است. کانه، بخش ارزشمند کانسنگ است و باطله، به موادی که ارزش اقتصادی قابل توجهی ندارند، گفته می‌شود.

برای مثال کالکوپیریت، به فرمول شیمیایی CuFeS_2 مهم‌ترین کانه کانسنگ فلز مس است. در معادن مس، این کانی همراه با کانی‌های باطله مختلفی مانند کوآرتز، فلدسپار، میکا، کانی‌های رسی، پیریت FeS_2 و ... کانسنگ مس را تشکیل می‌دهند.



شکل ۲-۳. کالکوپیریت مهم‌ترین کانه مس (زمینه کانی کوآرتز)

در بخش‌هایی از پوسته زمین، غلظت عناصر در یک منطقه نسبت به غلظت میانگین، افزایش می‌یابد و حجم زیادی از ماده معدنی در آنجا متمرکز می‌شود (بی‌هنجاری مثبت)، به طوری که استخراج آن از نظر اقتصادی، مقرون به صرفه است که به این مناطق، کانسار می‌گویند.

استخراج ماده معدنی یا کانسنگ، اغلب پرهزینه است و تنها در صورتی بهره‌برداری آغاز می‌شود که یک عنصر با حجم و غلظت کافی در ماده معدنی وجود داشته باشد. با شروع بهره‌برداری یا معدن‌کاری، یک معدن شکل می‌گیرد.



شکل ۲-۴. کاربرد کانی‌های صنعتی در سفالگری لالچین همدان، به دلیل وجود ذخایر مناسب خاک رس در آن منطقه

فعالیت تکمیلی

- کلارک تمرکز برای عناصر مختلف از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\text{کلارک تمرکز} = \frac{\text{حداقل عیار جهت استخراج سودآور یک عنصر}}{\text{میانگین فراوانی پوسته (کلارک)}}$$

کلارک تمرکز عناصر درج شده در جدول را تعیین کنید.

عنصر	حداقل عیار جهت استخراج سودآور	کلارک تمرکز
آلمینیم	۳۲	
منگنز	۳۵	
مس	۱	
سرب	۴	

استخراج ماده معدنی از کانسنگ، اغلب پرهزینه است و تنها در صورتی بهره‌برداری آغاز می‌شود که حجم و تمرکز کافی از ماده معدنی وجود داشته باشد. با شروع بهره‌برداری یا معدن‌کاری، یک معدن شکل می‌گیرد.

در کنار کانسنگ‌های فلزی، گروهی از مواد معدنی غیرفلزی شامل کانی‌ها و سنگ‌ها جهت مصارف روزمره و صنعتی استخراج می‌شوند، کانی‌هایی همانند ژئیس در تهیه گچ بنایی و مسکویت در تهیه پلاستیک نسوز کاربرد دارند، سنگ گرانیت در نمای ساختمان و شن و ماسه در تهیه بتن به کار می‌روند. این کانی‌ها و سنگ‌ها را کانی‌ها و سنگ‌های صنعتی می‌نامند.

فعالیت تکمیلی

- علاوه بر عوامل حجم و غلظت، چه عواملی در مقرون به صرفه شدن یک معدن دخالت دارند؟
- به چه دلیل برخی از معادن متروکه، پس از مدتی مورد بهره‌برداری مجدد قرار می‌گیرند؟

طبقه‌بندی کانسنگ‌ها

کانسنگ‌ها بر اساس منشأ و نحوه تشکیل، به سه دسته ماگمایی، گرمایی و رسوبی تقسیم‌بندی می‌شوند.

الف) کانسنگ ماگمایی: بسیاری از کانسنگ‌ها حاصل سرد شدن ماگما و فرایندهای آذرین مرتبط با آن هستند. کانسنگ‌های فلزاتی چون نیکل، کروم، پلاتین و آهن می‌توانند از یک ماگمای در حال سرد شدن، تشکیل شوند. همچنان‌که دمای ماگما کاهش می‌یابد، تبلور کانی‌ها مطابق سری واکنشی بوون و براساس دمای تبلور، عمدتاً در نزدیکی سقف اتاقک ماگمایی که سردتر است آغاز می‌شود (شکل ۲-۴) و ابتدا کانی‌های آهن و منیزیم‌دار مثل کرومیت و مگنتیت در کنار الوین متبلور می‌شوند و چون چگالی این کانی‌ها از مذاب باقیمانده بیشتر است، در کف اتاقک ماگمایی ته‌نشین می‌شوند و لایه‌هایی از کانسنگ کروم، آهن و سایر عناصر را به وجود می‌آورند (شکل ۲-۴).

فکر کنید

- با آنکه آلومینیم در پوسته زمین فراوان است، چرا معادن این فلز کمیاب و اغلب در مناطق پرباران و گرم استوایی می‌باشد؟
- علاوه بر عوامل حجم و غلظت، چه عواملی در مقرون به صرفه شدن یک معدن دخالت دارند؟

در برخی موارد، بخش غیراقتصادی یا باطله یک کانسنگ، به عنوان شن و ماسه در زیرسازی جاده‌ها و... استفاده می‌شود.

گفت و گو کنید

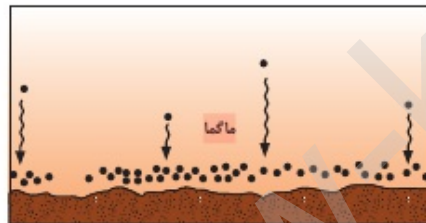
- ۱- در آب دریاها، مقداری عنصر طلا وجود دارد. به چه دلیل، طلا را از دریا استخراج نمی‌کنیم؟
- ۲- به چه دلیل برخی از معادن متروکه، پس از مدتی مورد بهره‌برداری مجدد قرار می‌گیرد؟

کانسنگ‌ها براساس منشأ و نحوه تشکیل، به سه دسته ماگمایی، گرمایی و رسوبی تقسیم‌بندی می‌شوند.

الف) کانسنگ‌های ماگمایی: کانسنگ‌های برخی عناصر فلزی مانند کروم، نیکل، پلاتین و آهن می‌توانند از یک ماگمای در حال سرد شدن، تشکیل شوند. با سرد شدن و تبلور یک ماگما، این عناصر که چگالی نسبتاً بالایی دارند، در بخش زیرین ماگما ته‌نشین می‌شوند و این کانسنگ‌ها را می‌سازند (شکل ۲-۵ الف).



ب) معادن آهن پجارت - باقی بزد



الف) ته‌نشست کانسنگ کرومیت در کف مخزن ماگمایی

شکل ۲-۵



شکل ۲-۶ سنگ پگماتیت

اگر پس از تبلور بخش اعظم ماگما، مقدار آب و مواد فلزات مانند کربن‌دی‌اکسید و... فرولان و از طرفی زمان تبلور بسیار کند و طولانی باشد، شرایط برای رشد بلورهای تشکیل دهنده سنگ، فراهم و سنگ‌هایی با بلورهای بسیار درشت، به نام پگماتیت تشکیل می‌شود (شکل ۲-۶) که می‌تواند کانسار مهمی برای بعضی عناصر خاص مانند لیتیم و بعضی کانی‌های گوهری مانند زمرد یا کانی‌های صنعتی مانند مسکویت (طلق نسوز) باشد.

ب) کانسنگ‌های گرمایی: در پوسته زمین، به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش عمق، ۳ درجه سانتی‌گراد دما افزایش می‌یابد. به این تغییرات



شکل ۲-۴ چگونگی تشکیل و ته‌نشینی بلورهای کرومیت در اتاقک ماگمایی



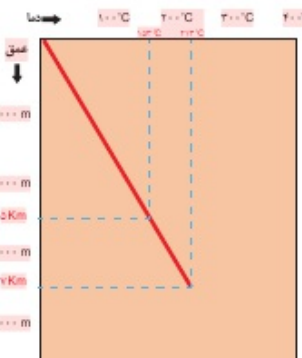
شکل ۲-۵ بلورهای درشت مسکویت در پگماتیت

مطابق سری واکنشی بوون، با کاهش دما و جدا شدن یون‌های آهن و منیزیم از ترکیب ماگما و مشارکت آنها در تشکیل کانی‌هایی مانند الیون، پیروکسن و آمفیبول به تدریج مقدار آب و مواد فرار همچون کربن‌دی‌اکسید در ماگما افزایش یافته و ماگما رقیق‌تر می‌شود. حضور مقادیر زیاد آب و مواد فرار علاوه بر سرعت بخشیدن به انتقال اتم‌ها در ماگما، منجر به پایین آمدن نقطه انجماد ماگما گردیده و زمان تبلور بسیار کند و طولانی شده و شرایط برای رشد بلورهای تشکیل دهنده سنگ فراهم می‌گردد و سنگ‌هایی با بلورهای بسیار درشت، به نام پگماتیت تشکیل می‌شود.

کانی‌های سازنده پگماتیت‌ها مشابه کانی‌های سازنده گرانیت‌ها بوده و شامل کوارتز، فلدسپار و مسکویت است و می‌تواند منابع مهمی برای بعضی عناصر خاص مانند لیتیم و سزیم و بعضی کانی‌های گوهری مانند بریل یا کانی‌های صنعتی مانند مسکویت (طلق نسوز) باشد (شکل ۲-۵).

ب) کانسنگ گرمایی: در پوسته زمین، به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش عمق، به‌طور میانگین ۳ درجه سانتی‌گراد دما افزایش می‌یابد. به این تغییرات دما به‌ازای افزایش عمق در پوسته زمین، شیب زمین گرمایی می‌گویند (شکل ۲-۶). دمای آب موجود در بخش‌های عمیق پوسته، به علت گرمای ناشی از شیب زمین گرمایی و یا حضور توده‌های مذاب، افزایش می‌یابد. منشأ این آب‌ها ممکن است از ماگما، آب‌های نفوذی بستر اقیانوس‌ها و یا آب‌های زیرزمینی راه یافته به اعماق زمین باشد.

ماهیت آب منشأ گرفته از ماگما می‌تواند با آب خالص متفاوت و حاوی کاتیون‌های فلزی مس، سرب، روی، مولیبدن، نقره، طلا و... باشد. دمای آب‌های با منشأ اقیانوسی و جوی پس از نفوذ به اعماق زمین به تدریج افزایش یافته و هم‌زمان مقدار مواد محلول آنها نیز زیاد می‌شود.



شکل ۲-۶ نمودار شیب زمین گرمایی



شکل ۲-۷- رگه کانسنگ حاوی طلا

دما در پوسته زمین، شیب زمین گرمایی می گویند. در بخش های عمیق پوسته، به علت گرمای ناشی از شیب زمین گرمایی و یا توده های مذاب، دمای آب های موجود در این مناطق افزایش می یابد. منشأ این آب ها ممکن است از ماگما، آب های نفوذی بستر اقیانوس ها و یا آب های زیرزمینی راه یافته به اعماق زمین باشد که باعث انحلال برخی از عناصر می شوند. این آب ها، برخی عناصر را به شکل کانسنگ در داخل شکستگی های سنگ ته نشین می کنند و **رگه های معدنی** را می سازند (شکل ۲-۷). از آنجا که عامل تشکیل این کانسنگ ها، آب گرم است، **کانسنگ های گرمایی** نامیده می شوند. بسیاری از ذخایر مس، سرب، روی، مولیبدن، قلع و برخی فلزات دیگر، منشأ گرمایی دارند.

پ) کانسنگ های رسوبی: ذخایر سرب و روی موجود در سنگ های آهنی، مس و اورانیم موجود در ماسه سنگ ها، نمونه هایی از کانسنگ های رسوبی مهم هستند. گاهی هوازدگی سنگ ها، باعث می شود تا کانی های آن در رسوبات تخریبی رودخانه به علت چگالی زیاد ته نشین شده و به صورت خالص قابل بهره برداری شود، مانند پلاسره های طلا، الماس، پلاتین و... از هزار سال پیش تاکنون در منطقه تخت سلیمان تکاب، از رودخانه زرشوران، طلا برداشت می شود.

اکتشاف معدن

تشکیل ذخایر فلزی و غیر فلزی در برخی از مناطق پوسته زمین رخ می دهد. با آگاهی از اصول تشکیل و عوامل کنترل کننده آنها، می توان ذخایر معدنی را پیدا کرد.

در اولین مرحله اکتشاف، زمین شناسان با بررسی نقشه های زمین شناسی و بازدید صحرایی، مناطقی را که احتمال تشکیل ذخایر معدنی در آن وجود دارد، شناسایی می کنند. برای مثال زمین شناسان می دانند که ذخایر زغال سنگی را همواره باید در سنگ های رسوبی جست و جو کرد و یا اینکه آب و هوای گرم و خشک، مستعد تشکیل سنگ رسوبی تبخیری مانند گچ و نمک و زئیس است. در مرحله بعد، آنها با آگاهی از ویژگی های فیزیکی کانسنگ ها، مانند خواص مغناطیسی کانسنگ، رسانایی الکتریکی سنگ ها، تغییرات میدان گرانش زمین و... با کمک روش های ژئوفیزیکی، ذخایر زیر سطحی و پنهان را شناسایی می کنند.

پس از مشخص شدن موقعیت تقریبی یک توده معدنی در زیر زمین، حفاری یا دستگاه های پیشرفته و نمونه برداری از عمق، تا حدی که ماده معدنی وجود دارد، انجام می گیرد. این حفاری ها ممکن است تا صد ها متر ادامه یابد. نمونه های تهیه شده از حفاری، برای شناسایی کانی های موجود در آنها و تعیین عیار فلز یا کیفیت ماده معدنی به آزمایشگاه حمل و در آنجا توسط میکروسکوپ و یا دستگاه های تجزیه شیمیایی مورد بررسی قرار می گیرند. در نهایت، زمین شناسان یا مهندسان اکتشاف، تمامی داده های به دست آمده را با نرم افزارها تحلیل و مقدار ذخیره معدن و عیار میانگین ماده معدنی را تعیین می کنند.

استخراج معدن و فراوری ماده معدنی

پس از پایان عملیات اکتشاف، با تعیین اقتصادی بودن ذخایر، عملیات استخراج آغاز می شود. روش استخراج، بر اساس شکل و چگونگی قرارگیری توده معدنی در پوسته، تعیین می شود. استخراج به



شکل ۲-۸- رگه طلا همراه کوارتز

توده های آذرین مذاب در اعماق با نقش حرارتی خود سبب ایجاد جریان همرفت در این آب ها شده و آب های مزبور ضمن چرخش در سنگ ها، کاتیون های فلزی مختلفی را در خود حل می کند. آب های ماگمایی و سایر آب هایی که با نفوذ به عمق گرم شده اند، ضمن صعود به سمت سطح زمین، هم زمان با کاهش فشار، دمای آنها نیز کاهش یافته و در نتیجه کاتیون های فلزی در شکستگی ها ته نشین شده و رگه های معدنی از فلزات مختلف تشکیل می گردد (شکل ۲-۸).

پ) کانسنگ رسوبی: بخشی از کانسنگ ها در سنگ های رسوبی قرار دارند و به وسیله فرایندهای رسوبی شکل می گیرند. مثلاً کانسنگ های آهن نواری حاصل ته نشینی شیمیایی اجزای تشکیل دهنده شان در محیط رسوبی هستند. ابتدا مواد به صورت محلول وارد محیط شده و سپس با تشکیل ترکیبات غیر محلول ته نشین می شوند و کانسارهای رسوبی شیمیایی را به وجود می آورند. هرگاه سنگ های حاوی کانی های با چگالی بالا و مقاوم تحت تأثیر فرسایش قرار گیرند، کانی های چگال تر که دارای مقاومت فیزیکی و شیمیایی بالایی هستند آزاد شده و توسط عوامل حمل کننده به محل های تجمع مانند رودخانه و دریا انتقال یافته و کانسنگ های رسوبی پلاسری را تشکیل می دهند. فلزاتی مانند طلا و پلاتین می توانند تشکیل ذخایر پلاسری دهند. برداشت طلا از رودخانه زرشوران نمونه ای از ذخایر پلاسری است که سابقه طولانی دارد.

اکتشاف معدن

تشکیل ذخایر فلزی و غیر فلزی در برخی از مناطق پوسته زمین رخ می دهد. با آگاهی از اصول تشکیل و عوامل کنترل کننده آنها، می توان ذخایر معدنی را شناسایی کرد. هر چند کشف یک کانسار به پیدا کردن یک سوزن در انباری از کاه تشبیه شده است. در اولین مرحله اکتشاف، زمین شناسان به بررسی نقشه های زمین شناسی و گزارش ها و مطالعات قبلی می پردازند، سپس در بازدید صحرایی، مناطقی را که احتمال تشکیل ذخایر معدنی در آن وجود دارد را شناسایی می کنند؛ در واقع محل اصلی کار زمین شناس، طبیعت است. برای مثال زمین شناسان می دانند که ذخایر زغال سنگی را همواره باید در سنگ های رسوبی جست و جو کرد، لذا مطالعات و بررسی های اولیه خود را در مناطقی که از سنگ های رسوبی تشکیل شده، متمرکز می کنند. در مرحله بعد، آنها با آگاهی از ویژگی های فیزیکی کانسنگ ها، مانند خواص مغناطیسی کانسنگ، رسانایی الکتریکی سنگ ها، تغییرات میدان گرانش زمین و... با کمک روش های ژئوفیزیکی، ذخایر زیر سطحی و عمق آنها را شناسایی می کنند. پس از مشخص شدن موقعیت تقریبی یک توده معدنی در زیر زمین، حفاری یا دستگاه های پیشرفته و نمونه برداری از عمق، تا حدی که ماده معدنی وجود دارد، انجام می گیرد. این حفاری ها ممکن است تا صد ها متر ادامه یابد. نمونه های تهیه شده از حفاری، برای شناسایی کانی های موجود در آنها و تعیین عیار فلز یا کیفیت ماده معدنی به آزمایشگاه حمل و در آنجا توسط میکروسکوپ و یا دستگاه های تجزیه شیمیایی مورد بررسی قرار می گیرند. در نهایت، زمین شناسان یا مهندسان اکتشاف، تمامی داده های به دست آمده را با نرم افزارها تحلیل و مقدار ذخیره معدن و عیار میانگین ماده معدنی را تعیین می کنند.

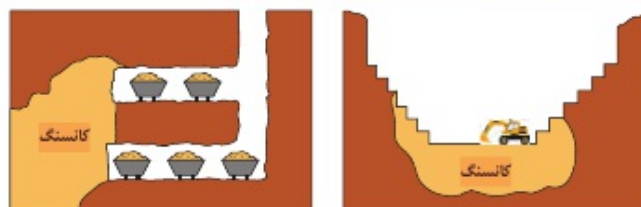
استخراج معدن و فراوری ماده معدنی

پس از پایان عملیات اکتشاف، با تعیین اقتصادی بودن ذخایر، عملیات استخراج آغاز می شود. روش استخراج، بر اساس شکل و چگونگی قرارگیری توده معدنی در پوسته، ابعاد توده معدنی، عمق قرارگیری و نوع ماده معدنی تعیین می شود. استخراج به روش های روباز یا زیرزمینی صورت می گیرد (شکل ۲-۸).

جمع آوری اطلاعات

• در مورد ذخایر پلاسر طلای ایران اطلاعات جمع آوری کنید و محل آنها را بر روی نقشه ایران نشان دهید.

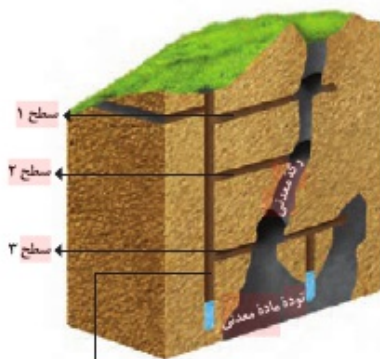
روش‌های روباز یا زیرزمینی صورت می‌گیرد (شکل ۲-۸). همان‌طور که گفته شد، در کانسنگ استخراج شده از معدن، افزون بر کانه، کانی‌های باطله نیز وجود دارند. برای مثال در کانسارهای مس، عنصر مس در کانه‌های مختلفی مانند کالکوپیریت و تعدادی کانه دیگر، یافت می‌شود. عیار عنصر مس در این کانسنگ‌ها کمتر از یک درصد است. بنابراین بیش از نود و نه درصد کانسنگ استخراج شده، باطله است که باید از آن جدا شود.



ب) روش زیرزمینی

الف) روش روباز

شکل ۲-۸- روش‌های استخراج ماده معدنی



شکل ۲-۹- نحوه بهره‌برداری از معادن زیرزمینی

به فرایند جداسازی کانی‌های مفید اقتصادی از باطله، کانه‌آرایی (فراوری) ماده معدنی گفته می‌شود که در کارخانه‌های کنار معدن انجام می‌شود. محصول نهایی (کنسانتره) که همان کانه جدا شده از کانسنگ می‌باشد، برای جداسازی فلز به کارخانه ذوب، منتقل، یا به‌طور مستقیم یا با تغییر اندک در صنعت استفاده می‌شود.

گوهرها، زیبایی شگفت‌انگیز دنیای کانی‌ها

از روزگاران کهن، انسان از زیبایی و ویژگی‌های خیره‌کننده کانی‌ها، برای زیباتر جلوه دادن خود استفاده می‌کرده است. این موضوع، به فطرت زیبا دوستی و زیبایی‌شناسی که خداوند متعال در نهاد انسان قرار داده است، برمی‌گردد. شاید این یکی از مهم‌ترین دلایل ایجاد علم گوهرشناسی و پیشرفت‌های بعدی آن بوده است. لازم به ذکر است که تنها از میان حدود ۴۰۰۰۰ کانی شناخته شده، حدود ۱۰۰ کانی، ویژگی‌های لازم یک گوهر را دارند.

گوهرها یا جواهر، شامل سنگ‌ها و کانی‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی است که به دلیل زیبایی، درخشش، سختی زیاد، رنگ و کمیاب بودن، از سایر کانی‌ها و سنگ‌ها متمایز هستند و مورد توجه

لذت زمین‌شناسی

• بازدیدهای صحرایی در شرایط هيجان‌انگیز، در مناطق مختلف انجام می‌شود. دین مناطق جدید و بکر، کار کردن در روز و اقامت شبانه در صحرا (فیلد) و دور از هیاهوی شهرها و کشف رازهای زمین، از بخش‌های لذت‌بخش و جذاب زندگی زمین‌شناسان است. در واقع محل اصلی کار زمین‌شناس، طبیعت است.

پیوند با ریاضی

• عیار اقتصادی طلا در ذخایر آن، حدود ۲ ppm است. محاسبه کنید در یک معدن طلا، از ۳ تن سنگی که استخراج می‌شود، چند گرم طلا به دست می‌آید؟

جمع‌آوری اطلاعات

• در مورد فرایند فراوری طلا از کانسنگ، اطلاعات جمع‌آوری کرده و در کلاس ارائه دهید.



روش روباز

روش زیرزمینی

شکل ۲-۸- روش‌های استخراج ماده معدنی

• در مورد مزایا و معایب دو روش استخراج روباز و زیرزمینی مطالبی جمع‌آوری کرده و در کلاس ارائه دهید.

جمع‌آوری اطلاعات

همان‌طور که گفته شد، در کانسنگ استخراج شده از معدن، افزون بر کانه، کانی‌های باطله نیز وجود دارند. برای مثال در کانسارهای مس، عنصر مس در کالکوپیریت و تعدادی کانه دیگر، یافت می‌شود. عیار عنصر مس در برخی از کانسنگ‌های آن، کمتر از یک درصد است. بنابراین بیش از نود و نه درصد کانسنگ استخراج شده، باطله است که باید از آن جدا شود. به فرایند جداسازی کانی‌های مفید اقتصادی از باطله، کانه‌آرایی (فراوری) ماده معدنی گفته می‌شود که در کارخانه‌های کنار معدن انجام می‌شود. محصول نهایی (کنسانتره) که همان کانه جدا شده از کانسنگ می‌باشد، برای جداسازی فلز به کارخانه ذوب، منتقل یا به‌طور مستقیم یا با تغییر اندک در صنعت استفاده می‌شود.

پیوند با ریاضی

• اگر عیار اقتصادی طلا در ذخایر آن ۲ ppm باشد، محاسبه کنید در یک معدن طلا، از ۳ تن سنگی که استخراج می‌شود، چند گرم طلا به دست می‌آید؟

گوهرها، زیبایی شگفت‌انگیز دنیای کانی‌ها

از روزگاران کهن، انسان از ویژگی‌های خیره‌کننده بعضی از سنگ‌ها و کانی‌ها، برای زیباتر جلوه دادن خود استفاده می‌کرده است. گوهرها به دلیل زیبایی، سختی زیاد، رنگ و کمیاب بودن، از سایر کانی‌ها و سنگ‌ها متمایز می‌شوند و مورد توجه خاص انسان‌ها قرار می‌گیرند. زیبایی اغلب گوهرها نتیجه ترکیبی از دو یا تعداد بیشتری از این ویژگی‌هاست. علاوه بر اینها سختی و کمیاب بودن نیز از ویژگی‌های لازم برای یک گوهر محسوب می‌شود.

سختی کانی را می‌توان به عنوان مقاومت آن در مقابل خراشیده شدن یا ساییدگی به وسیله سایر اجسام تعریف نمود. سختی کانی‌ها بیشتر به طرز قرار گرفتن اتم‌ها در شبکه بلورین و نوع پیوندهای اتمی بستگی دارد تا ترکیب شیمیایی آنها. برای توصیف سختی کانی‌ها، از مقیاس موهس استفاده می‌شود. در این مقیاس تالک با عدد یک نرم‌ترین و الماس با عدد ۱۰ سخت‌ترین کانی بوده و بر روی سایر کانی‌ها خراش می‌اندازد.

خاص انسان‌ها قرار می‌گیرند. سختی کانی‌ها، براساس مقیاس سختی موهس توصیف می‌شود. این مقیاس بین عدد ۱ (نرم‌ترین در تالک) تا عدد ۱۰ (سخت‌ترین در الماس) تقسیم‌بندی می‌گردد. زیبایی رنگ و درخشندگی گوهرهایی مانند یاقوت، زمرد، فیروزه، عقیق و آمیتیست (کوارتز بنفش)، توجه هر کسی را به خود جلب می‌کند. گوهرها، نمونه‌های بسیار زیبا و خاص و کمیاب دنیای کانی‌ها هستند که توسط فرایندهای ماگمایی، گرمایی و دگرگونی، اکثراً تحت شرایط خاصی مانند دما و فشار زیاد در اعماق زمین و گاهی با حضور مواد فرار به وجود می‌آیند.

بیشتر بدانید

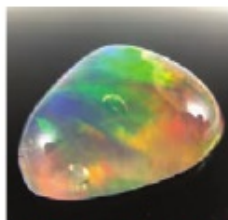
● استفاده از گوهرها به حدود ۹۰۰۰ سال پیش از میلاد برمی‌گردد. احتمالاً اولین بار هندی‌ها و ایرانیان و پس از آنها مصریان در ۷۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، از گوهرها استفاده می‌کردند. وجود آویزها و مهره‌های آرایشی از جنس تالک، اسلیت، مرمر و صدف در آثار مربوط به ۱۰۶۵۰ سال پیش در بلندی‌های برادوست کردستان نشانگر این مطلب است. همچنین کشف مهره‌های زینتی از جنس فیروزه و سنگ لاجورد در تپه زاغه در جنوب قزوین، مربوط به ۸ تا ۹ هزار سال پیش و نیز پیدا شدن مهره‌های فیروزه‌ای در قبرهای دره محمد جعفر متعلق به ۶ هزار سال پیش، و داد و ستد تالک، سنگ چخماق، مرمر سفید، عقیق، فیروزه، صدف دریایی و سنگ لاجورد، بین عیلامیان و سومری‌ها در شهر تپه یحیی در ۵ تا ۶ هزار سال قبل، همگی نشان‌دهنده قدمت و تاریخ استفاده از گوهرها و سنگ‌های زینتی در ایران هستند.

● در ایران، از قرن دوم تا یازدهم هجری قمری، حدود ۳۵ کتاب در زمینه کانی‌شناسی و گوهرشناسی تألیف شده که معتبرترین آنها از لحاظ علمی، کتاب‌های الجواهر ابوریحان بیرونی و تنسوق نامه خواجه نصیرالدین توسی است.

● جواهرات، اغلب در ابعاد کوچک یافت می‌شوند و جرم آنها برحسب قیراط اندازه‌گیری می‌شود. هر قیراط معادل ۰/۲ گرم می‌باشد.

پاسخ دهید

● حداقل یک دلیل بیاورید که کانی کلسیت یا ژئیس نمی‌تواند یک کانی قیمتی باشد؟



پ) درخشش رنگین‌کمانی در گوهر آبال



ب) شباهت گوهر کریزوبریل با چشم گربه



الف) درخشندگی در کانی کریزوبریل (گوهر چشم گربه)

شکل ۲-۱۰

جدول سختی موهس

کانی	تالک	ژئیس	کلسیت	فلونوریت	آباتیت	ارتوکلار	کوارتز	توپاز	کرنوم	الماس
سختی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰

بیشتر بدانید

معدودی از گوهرها اثرات نوری خاصی را در نور مرئی نشان می‌دهند، به عبارتی حالتی خاص در گوهرها که ناشی از انعکاس، شکست و یا جذب نور در آن است را پدیده نوری می‌گویند. برخی از پدیده‌های نوری زیبا در گوهرها شامل پدیده چشم گربه‌ای در کانی کریزوبریل، ستاره‌واری در یاقوت، بازی رنگ و درخشش رنگین‌کمانی در آبال (نوعی گوهر سیلیسی) و تغییر رنگ در گوهر الکساندریت است. گوهرها، توسط فرایندهای ماگمایی، گرمایی و دگرگونی، اکثراً تحت شرایط خاصی مانند دما و فشار زیاد در اعماق زمین و گاهی با حضور مواد فرار به وجود می‌آیند.

پاسخ دهید

● حداقل یک دلیل بیاورید که کانی کلسیت یا ژئیس نمی‌تواند یک کانی قیمتی باشد؟



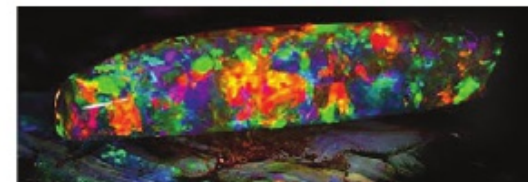
شکل ۲-۱۰- پدیده ستاره‌واری در گوهر یاقوت



شکل ۲-۹- پدیده چشم گربه‌ای در گوهر کریزوبریل



شکل ۲-۱۲- پدیده تغییر رنگ در گوهر الکساندریت



شکل ۲-۱۱- پدیده درخشش رنگین‌کمانی در گوهر آبال

گفت و گو کنید

- گوهرها را چگونه تراش می‌دهند؟
- تفاوت الماس و بریلان در چیست؟
- از الماس در سر مته حفاری استفاده می‌کنند. علت چیست؟



شکل ۲-۱۱. الماس



الماس: گوهری با ترکیب کربن خالص است که در دما و فشار بسیار زیاد، در گوشته زمین تشکیل می‌شود. این کانی، افزون بر استفاده گوهری، در ساینده‌ها نیز کاربرد دارد (شکل ۲-۱۱).

یاقوت: نام علمی آن کزندوم (اکسید آلومینیم) است. کانی کزندوم به رنگ آبی و سرخ دیده می‌شود، رنگ آبی آن یاقوت کبود و رنگ قرمز آن را یاقوت سرخ می‌گویند. این کانی بعد از الماس، سخت‌ترین کانی می‌باشد (شکل ۲-۱۲).



شکل ۲-۱۲. انواع کزندوم

زمرّد: معروف‌ترین و گران‌ترین سیلیکات بریلیم که به رنگ سبز یافت می‌شود را «زمرّد» می‌نامند (شکل ۲-۱۳).



شکل ۲-۱۳. زمرّد (بریل)

الماس: گوهری بسیار گرانبها با ترکیب کربن خالص است که در دما و فشار بسیار زیاد، در گوشته زمین (در عمق حدود ۱۵۰ کیلومتری) تشکیل می‌شود. افزون بر استفاده گوهری، نمونه‌های غیر شفاف آن در مته‌های حفاری و ساینده‌ها نیز کاربرد دارد (شکل ۲-۱۳).



شکل ۲-۱۳. گوهر الماس

یاقوت: نام علمی آن کزندوم (اکسید آلومینیم) است. کانی کزندوم به رنگ‌های مختلف دیده می‌شود، رنگ قرمز آن را یاقوت سرخ (روبی) و برای نام‌گذاری سایر رنگ‌های آن، کلمه سافیر را قبل از رنگ آن می‌آورند مانند سافیر آبی (شکل ۲-۱۴). این کانی بعد از الماس، سخت‌ترین کانی است.



شکل ۲-۱۴. گوهر یاقوت

زمرّد: سیلیکات بریلیم (بریل) به رنگ‌های مختلف و در سنگ‌های آذرین یافت می‌شود که معروف‌ترین و گران‌ترین نوع بریل با رنگ سبز، زمرّد نام دارد (شکل ۲-۱۵).



شکل ۲-۱۵. گوهر زمرّد

گارنت: نوعی کانی سیلیکاتی است که در سنگ‌های دگرگونی یافت می‌شود و معمولاً به رنگ سبز، قرمز، زرد، نارنجی و غیره، دیده می‌شود. فراوان‌ترین رنگ آن، قرمز تیره است. گارنت سبز در منطقه باغ برج کرمان شهرت جهانی دارد (شکل ۲-۱۶).

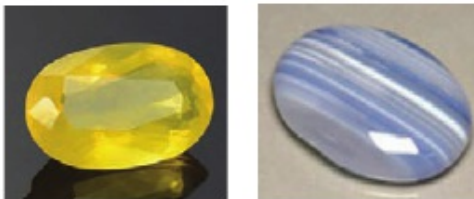


شکل ۲-۱۶. گوهر گارنت

گارت: از کانی‌های سیلیکاتی است که در سنگ‌های دگرگونی یافت می‌شود و معمولاً به رنگ سبز، قرمز، زرد، نارنجی و ... دیده می‌شود. فراوان‌ترین رنگ آن، قرمز تیره است (شکل ۱۴-۲).



شکل ۱۴-۲. گارت



عقیق: کانی سیلیسی با ترکیب شیمیایی SiO_2 با رنگ‌های متنوع است که به نام‌ها و تراش‌های مختلف در بازار عرضه می‌شود. عقیق، یک نوع کوارتز نیمه قیمتی است که در بسیاری از نقاط ایران یافت می‌شود (شکل ۱۵-۲).



شکل ۱۵-۲. عقیق

زبرجد: به نوع شفاف و قیمتی کانی آلومین، زبرجد می‌گویند. این کانی، سیلیکاتی و به رنگ سبز زیتونی است به همین دلیل به آن آلومین گفته می‌شود (شکل ۱۶-۲).



شکل ۱۶-۲. زبرجد



شکل ۱۷-۲. گهر عقیق

عقیق: گوهری سیلیسی با رنگ‌های متنوع و ترکیب شیمیایی (SiO_2) است که با نام‌ها و تراش‌های مختلف در بازار عرضه می‌شود. عقیق، در بسیاری از نقاط ایران یافت می‌شود.

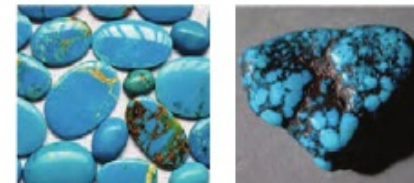
گفت و گو کنید

- گوهرها را چگونه تراش می‌دهند؟
- تفاوت الماس و برلیان در چیست؟
- از الماس در سر مته حفاری استفاده می‌کنند. علت چیست؟



شکل ۱۸-۲. زبرجد

زبرجد: به نوع شفاف و قیمتی کانی آلومین، زبرجد می‌گویند. این کانی، سیلیکاتی و به رنگ سبز زیتونی است به همین دلیل به آن آلومین گفته می‌شود (شکل ۱۸-۲).



شکل ۱۹-۲. گهر فیروزه (نور کوایز)

فیروزه: از گوه‌های قدیمی شناخته شده با ترکیب فسفاتی است. فیروزه برای اولین بار در سنگ‌های آتشفشانی اطراف نیشابور یافت شد و به دیگر نقاط جهان صادر گردید. فیروزه نیشابور به عنوان بهترین فیروزه دنیا شهرت جهانی دارد.

سوخت‌های فسیلی

انرژی، برای انجام تمامی فعالیت‌های انسان ضروری است. انسان از گذشته دور، از منابع طبیعی برای تولید انرژی استفاده کرده است. از میان منابع مختلف انرژی در دسترس، سوخت‌های فسیلی اهمیت زیادی دارند و در بیشتر کشورهای جهان، به عنوان منابع اصلی تولید انرژی به‌شمار می‌روند. سوخت‌های فسیلی از آتشفشان شدن و تجزیه مواد آلی گیاهی، جانوری و جلبک‌ها در رسوبات و سنگ‌های رسوبی به وجود می‌آیند.

نفت و گاز: هیدروکربن‌هایی هستند که به‌طور طبیعی، به صورت مایع، گاز و نیمه جامد در زمین وجود دارند. برخلاف زغال سنگ که در محیط‌های خشکی مانند محیط مردابی (اکسیژن اندک) تشکیل می‌شود، جاندارانی که باعث تشکیل نفت خام می‌شوند در اعماق کم که

فیروزه: از گوهرهای قدیمی شناخته شده که دارای ترکیب فسفاتی است و برای اولین بار در سنگ‌های آتشفشانی اطراف نیشابور یافت شد و به دیگر نقاط جهان صادر گردید. (شکل ۲-۱۷).



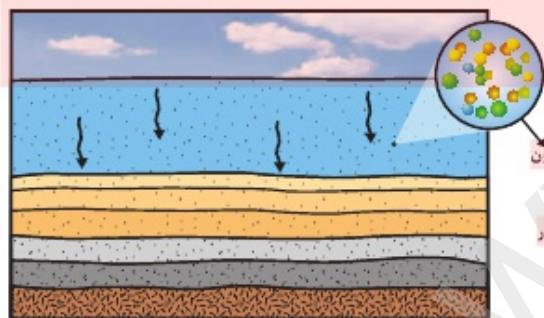
شکل ۲-۱۷- فیروزه (نور کوایز)

سوخت‌های فسیلی

انرژی، برای انجام تمامی فعالیت‌های انسان ضروری است. انسان از گذشته دور، از منابع طبیعی برای تولید انرژی استفاده کرده است. از میان منابع مختلف انرژی در دسترس، سوخت‌های فسیلی اهمیت زیادی دارند و در بیشتر کشورهای جهان، به عنوان منابع اصلی تولید انرژی به شمار می‌روند. سوخت‌های فسیلی از تجزیه مواد آلی گیاهی و جانوری به وجود می‌آیند که در رسوبات یا سنگ‌های رسوبی ذخیره شده‌اند.

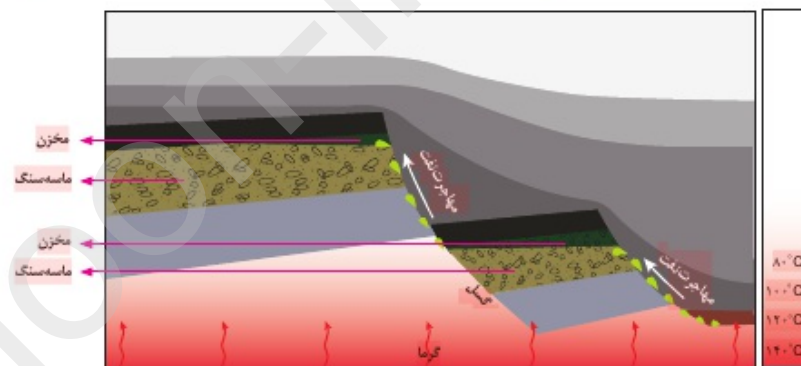
نفت و گاز: هیدروکربن‌هایی هستند که به طور طبیعی، به صورت مایع، گاز و نیمه جامد در زمین وجود دارند. برخلاف زغال سنگ که در محیط‌های خشکی مانند محیط مردابی (اکسیژن اندک) تشکیل می‌شود، نفت خام در محیط دریایی کم عمق (کمتر از ۲۰۰ متر) به وجود می‌آید. در این محیط‌ها، جاندارانی مانند پلانکتون‌ها، مهم‌ترین منشأ مواد آلی هستند. بقایای این موجودات پس از مرگ، در رسوبات ریزدانه بستر دریا مدفون می‌شوند. ماده آلی (نظیر اسیدهای چرب) باقیمانده که توسط لایه‌های بالایی پوشیده و حفظ شده، در لایه لای رسوبات ریز یعنی سنگ منشأ

(سنگ مادر) نفت را تشکیل می‌دهد (شکل ۲-۱۸). مواد آلی در طی تبدیل رسوب ریزدانه به سنگ مادر، از طریق یک سری واکنش‌های شیمیایی به نفت خام تبدیل می‌شود. در فرایند تشکیل ذخایر نفتی، عواملی مانند دما، فشار، وجود باکتری غیرهوازی، زمان و محیطی بدون اکسیژن اهمیت فراوانی دارند (شکل ۲-۱۸).



شکل ۲-۱۸- تشکیل ذخایر نفت و گاز در محیط‌های دریایی

دارای نور و مواد غذایی کافی است، زندگی می‌کنند. پلانکتون‌ها، که مهم‌ترین منشأ مواد آلی هستند، پس از مرگ، در رسوبات ریزدانه بستر دریا مدفون می‌شوند. ماده آلی حفظ شده در رسوبات ریزدانه که توسط لایه‌های بالایی پوشیده می‌شوند، سنگ منشأ نفت را تشکیل می‌دهند. مواد آلی در طی تبدیل رسوب ریزدانه به سنگ منشأ، از طریق یک سری واکنش‌های شیمیایی - حرارتی نفت خام را به وجود می‌آورند. در فرایند تشکیل ذخایر نفتی، عواملی مانند دما، فشار، وجود باکتری غیرهوازی، زمان و محیطی بدون اکسیژن اهمیت فراوانی دارند.

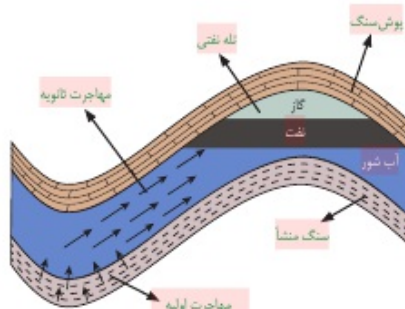


شکل ۲-۲۰- نفت از سنگ منشأ تا سنگ مخزن

فعالیت تکمیلی

● اگر در فرایند تشکیل نفت خام، فشار و دما از حد مورد نیاز برای تشکیل نفت، بیشتر یا کمتر شود، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

مهاجرت نفت: نفت و گازی که در سنگ منشأ تشکیل می‌شود، همراه با آب دریا که از زمان رسوب گذاری در سنگ به دام افتاده، به دلیل فشار طبقات فوقانی، از طریق شکستگی‌های سنگ‌ها، به سمت بالا و اطراف حرکت می‌کند که به آن مهاجرت اولیه نفت می‌گویند (۲-۲۱). اگر نفت و گاز در مسیر مهاجرت خود، به لایه‌ای از سنگ‌های نفوذناپذیر مانند سنگ گچ، نمک یا شیل برسند، دیگر قادر به ادامه مهاجرت نخواهند بود. این لایه نفوذناپذیر (پوش سنگ) جلوی حرکت نفت و گاز به سطح زمین را می‌گیرد و آنها را در سنگ مخزن که یکی از اجزای نفت گیر است، به دام می‌اندازد. ویژگی مهم سنگ مخزن، وجود تخلخل و نفوذپذیری زیاد آن است، مانند ماسه سنگ و سنگ آهک حفره دار (ریف‌های مرجانی).



شکل ۲-۲۱- مهاجرت نفت

با هم پیش‌بینی

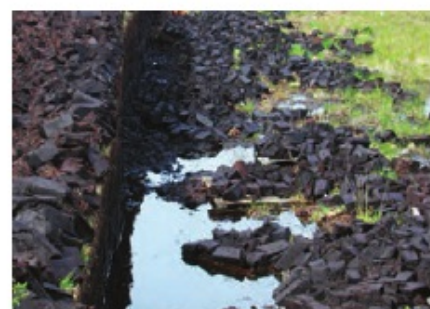
• اگر در فرایند تشکیل نفت خام، فشار و دما از حد مورد نیاز برای تشکیل نفت، بیشتر یا کمتر شود، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

مهاجرت نفت: نفت و گازی که در سنگ مادر تشکیل می‌شود، همراه با آب دریا که از زمان رسوب‌گذاری در سنگ به دام افتاده، ناشی از فشار طبقات فوقانی، از طریق نفوذپذیری سنگ‌ها، به سمت بالا و اطراف حرکت می‌کند که به آن مهاجرت اولیه نفت می‌گویند. اگر در طی مهاجرت اولیه، مانعی در مسیر حرکت آب و نفت و گاز نباشد، به سطح زمین راه یافته و چشمه‌های نفتی را به وجود می‌آورد. در این صورت نفت، در سطح زمین تیخیر، دچار اکسایش و غلیظ‌شدگی می‌شود و ذخایر قیر طبیعی را به وجود می‌آورد که نمونه‌ای از آنها در استان‌های خوزستان و ایلام دیده می‌شود.

اگر نفت و گاز در مسیر مهاجرت خود، به لایه‌ای از سنگ‌های نفوذناپذیر مانند سنگ گچ یا شیل برسند، دیگر قادر به ادامه مهاجرت نخواهند بود. این لایه نفوذناپذیر (پوش سنگ) جلوی حرکت نفت و گاز به سطح زمین را می‌گیرد و آنها را در سنگ مخزن که یکی از اجزای نفت گیر است، به دام می‌اندازد. ویژگی مهم سنگ مخزن، وجود تخلخل و نفوذپذیری زیاد آن است. مانند: ماسه سنگ و سنگ آهک حفره‌دار (ریف‌های مرجانی).

مخازن نفتی (نفت‌گیرها و تله‌های نفتی)، دارای شکل (وضعیت) هندسی مناسب برای تجمع و ذخیره‌سازی نفت می‌باشند. در داخل سنگ مخزن، به دلیل اختلاف چگالی، آب شور، نفت و گاز از هم جدا می‌شوند که به این جدایش، مهاجرت ثانویه نفت گفته می‌شود. نفت‌گیرها انواع مختلفی دارند. مانند: تاکدیس، گسلی، گنبد نمکی، ریف مرجانی و ...

گفته می‌شود که ۹۹/۹ درصد نفتی که در طول تاریخ زمین تولید شده، به سطح زمین رسیده و از بین رفته و ۰/۱ درصد آن، همه ذخایر نفت موجود را تشکیل داده است.



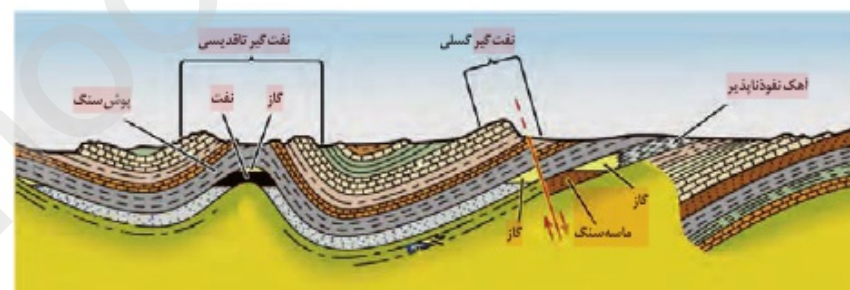
زغال‌سنگ: یک سوخت فسیلی جامد است که از مواد آلی در محیط‌های خشکی به وجود می‌آید. این مواد آلی، بیشتر از گیاهان جنگل حاصل می‌شوند. آنها، در باتلاق‌ها انباشته شده و توسط رسوبات پوشیده می‌شوند و بدون حضور اکسیژن (توسط باکتری غیرهوازی) به مرور زمان، به تورب که یک نوع زغال نارس است، تبدیل می‌شوند. در برخی کشورها مانند ایرلند، تورب به عنوان یک ماده سوختی بهره‌برداری می‌شود (شکل ۲-۲۰).

شکل ۲-۲۰. تورب (پوده)

منسوب فرهنگستان

مخازن نفتی (نفت‌گیرها و تله‌های نفتی)، دارای شکل (وضعیت) هندسی مناسب برای تجمع و ذخیره‌سازی نفت می‌باشند. حرکت نفت از طریق یک لایه نفوذپذیر و متخلخل و رسیدن آن به سنگ مخزن و جدایش آب شور، نفت و گاز از هم به دلیل اختلاف چگالی درون مخزن را مهاجرت ثانویه می‌گویند (شکل ۲-۲۱). میزان جابه‌جایی نفت طی مهاجرت اولیه نسبت به مهاجرت ثانویه بسیار کمتر است. اگر در طی مهاجرت اولیه و ثانویه مانعی در مسیر حرکت آب و نفت و گاز نباشد، به سطح زمین راه یافته و چشمه‌های نفتی را به وجود می‌آورد. در این صورت نفت، در سطح زمین دچار اکسایش و غلیظ‌شدگی می‌شود و ذخایر قیر طبیعی را به وجود می‌آورد که نمونه‌ای از آن در استان‌های خوزستان و ایلام دیده می‌شود.

نفت‌گیرها انواع مختلفی دارند مانند نفت‌گیرهای تاکدیس، گسلی، گنبد نمکی، ریف مرجانی و غیره (شکل ۲-۲۲). عمده ذخایر نفتی ایران در نفت‌گیرهای تاکدیس قرار دارد. با توجه به اینکه شرایط لازم برای حفظ شدگی مواد آلی و تبدیل آنها به نفت خیلی خاص است تنها یک درصد از مواد آلی به نفت و گاز تبدیل شده‌اند.

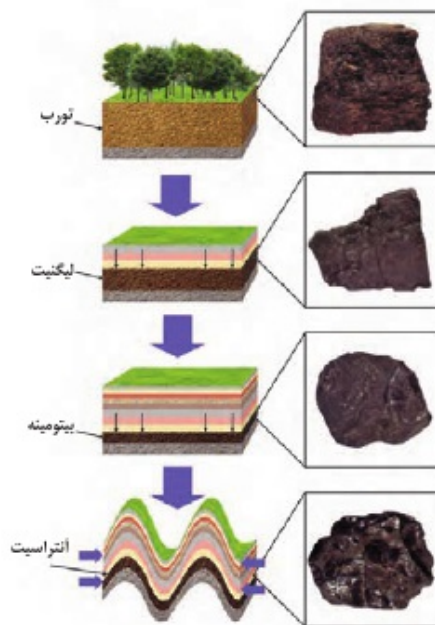


شکل ۲-۲۲. انواع نفت‌گیرها

زغال‌سنگ: یک سوخت فسیلی جامد است که از مواد آلی در محیط‌های خشکی به وجود می‌آید. این مواد آلی، بیشتر از گیاهان جنگل حاصل می‌شوند. آنها، در باتلاق‌ها انباشته شده و توسط رسوبات پوشیده می‌شوند و بدون حضور اکسیژن (توسط باکتری غیرهوازی) به مرور زمان، به تورب که یک نوع زغال نارس است، تبدیل می‌شوند. در برخی کشورها مانند ایرلند، تورب به عنوان یک ماده سوختی بهره‌برداری می‌شود.

در طی میلیون‌ها سال، تورب در زیر فشار رسوبات و وزن سنگ‌های بالایی، فشرده‌تر شده و آب و مواد قزّار مانند کربن‌دی‌اکسید و متان از آن خارج می‌شود. با خروج این مواد، در نهایت، ضخامت تورب که ماده‌ای پوک و متخلخل است، کاهش می‌یابد و به لیگنیت تبدیل می‌شود. با افزایش تراکم، لیگنیت به زغال سنگ‌های مرغوب‌تری به نام بیتومینه و سپس آنتراسیت تبدیل می‌شود (شکل ۲-۲۳). در فرایندهای زغال‌شدگی از تورب تا آنتراسیت، تغییرات زیادی رخ می‌دهد و سبب می‌شود با خروج تدریجی آب و مواد قزّار، درصد کربن در سنگ حاصل، افزایش یابد و کیفیت و توان تولید انرژی زغال سنگ بهتر شود.

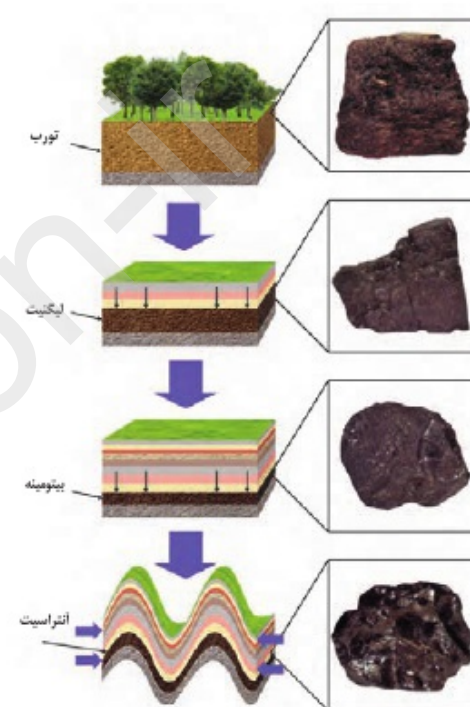
در طی میلیون‌ها سال، تورب در زیر فشار رسوبات و وزن سنگ‌های بالایی، فشرده‌تر شده و آب و مواد فرّار مانند کربن‌دی‌اکسید و متان از آن خارج می‌شود. با خروج این مواد، در نهایت، ضخامت تورب که ماده‌ای پوک و متخلخل است، کاهش می‌یابد و به لیگنیت تبدیل می‌شود. با افزایش تراکم، لیگنیت به زغال سنگ‌های مرغوب‌تری به نام بیتومینه و سپس آنتراسیت تبدیل می‌شود (شکل ۲-۲۱). در فرایندهای زغال‌شدگی از تورب تا آنتراسیت، تغییرات زیادی رخ می‌دهد و سبب می‌شود با خروج تدریجی آب و مواد فرّار، درصد کربن در سنگ حاصل، افزایش یابد و کیفیت و توان تولید انرژی زغال سنگ بهتر شود.



شکل ۲-۲۱. مراحل تشکیل آنتراسیت (زغال رسیده)

فکر کنید

- وجود ذخایر زغال سنگ در سبیری که امروزه، سرزمینی سرد و بدون جنگل‌های انبوه می‌باشد را چگونه توجیه می‌کنید؟
- لایه‌های زغال‌دار حلبس، نشان‌دهنده چه نوع آب‌وهوایی در گذشته این منطقه است؟
- چرا برخی از مناطق، با وجود جنگلی بودن، مکان مناسبی برای تشکیل زغال سنگ نیستند؟



شکل ۲-۲۲. مراحل تشکیل آنتراسیت (زغال رسیده)

فکر کنید

- وجود ذخایر زغال سنگ در سبیری که امروزه، سرزمینی سرد و بدون جنگل‌های انبوه می‌باشد را چگونه توجیه می‌کنید؟
- لایه‌های زغال‌دار حلبس، نشان‌دهنده چه نوع آب‌وهوایی در گذشته این منطقه است؟
- چرا برخی از مناطق، با وجود جنگلی بودن، مکان مناسبی برای تشکیل زغال سنگ نیستند؟

علم،
زندگی،
کار آفرینی

● **سنگ شناسی (پترولوژی):** سنگ شناسی، شاخه‌ای از زمین شناسی است که در آن شیوه تشکیل، منشأ، رده بندی و ترکیب سنگ های آذرین و دگرگونی بررسی می شود. فرایندهای دگرگونی، آتش فشانی، نفوذ توده های آذرین در درون زمین و حتی در ماه و دیگر سیاره ها و مناطق زمین گرمایی، توسط پترولوژیست ها (سنگ شناسان) مورد مطالعه قرار می گیرد.



● **زمین شناسی اقتصادی:** زمین شناسی که در موضوع زمین شناسی اقتصادی تخصص دارند، با بهره گیری از اصول زمین شناسی و پراکندگی عناصر در پوسته زمین، به دنبال مکان هایی هستند که در آن ذخایر معدنی ارزشمند مانند مس، آهن، طلا، نقره، الماس و دیگر گوهرها و ... قرار دارند.



● **زمین شناسی نفت:** زمین شناس نفت، از تخصص خود در شناخت، چگونگی تشکیل و مهاجرت نفت در اعماق چند کیلومتری زمین استفاده می کند. همچنین مکان هایی که نفت می تواند در آنجا انباشته شود، شناسایی و مکان هایی از یک میدان نفتی یا گازی که برای حفاری و استخراج نفت مناسب است را مشخص می کند.



● **ژئوشیمی:** کلاژک و محققان دیگر، مطالعات زیادی درباره ترکیب سیارات به ویژه زمین انجام داده اند و یافته های آنها، پایه علم ژئوشیمی امروزه را تشکیل داده است. مطالعه روی ترکیب سیارات که در واقع همان ترکیب تقریبی زمین است، تأثیر بسزایی در شناخت عناصر و چگونگی تشکیل آنها دارد و همچنین توزیع نامساوی عناصر در زمین را بررسی می کند.



متخصصین فوق، در سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صنایع و معادن، شرکت ملی نفت، گاز، پتروشیمی و جواهر سازی، کمک شایانی در بهبود اقتصاد کشور خواهند داشت.

علم،
زندگی،
کار آفرینی

● **سنگ شناسی (پترولوژی):** سنگ شناسی، شاخه‌ای از زمین شناسی است که در آن شیوه تشکیل، منشأ، رده بندی و ترکیب سنگ های آذرین و دگرگونی بررسی می شود. فرایندهای دگرگونی، آتش فشانی، نفوذ توده های آذرین در درون زمین و حتی در ماه و دیگر سیاره ها و مناطق زمین گرمایی، توسط پترولوژیست ها (سنگ شناسان) مورد مطالعه قرار می گیرد.



● **زمین شناسی اقتصادی:** زمین شناسی که در موضوع زمین شناسی اقتصادی تخصص دارند، با بهره گیری از اصول زمین شناسی و پراکندگی عناصر در پوسته زمین، به دنبال مکان هایی هستند که در آن ذخایر معدنی ارزشمند مانند مس، آهن، طلا، نقره، الماس و دیگر گوهرها و ... قرار دارند.



● **زمین شناسی نفت:** زمین شناس نفت، از تخصص خود در شناخت، چگونگی تشکیل و مهاجرت نفت در اعماق چند کیلومتری زمین استفاده می کند. همچنین مکان هایی که نفت می تواند در آنجا انباشته شود، شناسایی و مکان هایی از یک میدان نفتی یا گازی که برای حفاری و استخراج نفت مناسب است را مشخص می کند.



● **ژئوشیمی:** کلاژک و محققان دیگر، مطالعات زیادی درباره ترکیب سیارات به ویژه زمین انجام دادند و یافته های آنها، پایه علم ژئوشیمی امروزه را تشکیل داده است. مطالعه روی ترکیب سیارات که در واقع همان ترکیب تقریبی زمین است، تأثیر بسزایی در شناخت عناصر و چگونگی تشکیل آنها دارد و همچنین توزیع نامساوی عناصر در زمین را بررسی می کند.



متخصصین فوق، در سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صنایع و معادن، شرکت ملی نفت، گاز، پتروشیمی و جواهر سازی، کمک شایانی در بهبود اقتصاد کشور خواهند داشت.



جنوب استان لرستان



رود کارون



فصل

منابع آب و خاک

فشانوردان، زمین را یک سیاره آبی و بسیار زیبا توصیف کرده اند. آب با حالت های جامد، مایع و گاز، باعث تغییرات وسیعی در لایه سطحی و پیرامون کره زمین می شود. آب، نماد زندگی است و در سفری پایان ناپذیر بین سنگ کره و هوا کره، سبب تغییر پوسته زمین، فرسایش، تغییرات اقلیمی و... می شود.

آیا می توان بدون آب به زندگی ادامه داد؟ سطح زمین بدون آب، چه منظره ای خواهد داشت؟ در آینده نزدیک، با افزایش روزافزون جمعیت و توسعه کشاورزی و صنعت، گرم شدن کره زمین و... بشر با چه چالش هایی برای تأمین آب شیرین روبه رو خواهد شد؟

آیا می توان بدون خاک به زندگی ادامه داد؟ خاک، چه نقشی در زندگی گیاهان و جانوران دارد؟ آیا می دانید خاک، چگونه و از چه موادی تشکیل می شود؟



فصل

منابع آب و خاک

فشانوردان، زمین را یک سیاره آبی و بسیار زیبا توصیف کرده اند چرا که بیشتر سطح زمین از آب اقیانوس ها و دریاها پوشیده شده است. آب با حالت های جامد، مایع و گاز، باعث تغییرات وسیعی در لایه سطحی و پیرامون کره زمین می شود. آب، نماد زندگی است و در سفری پایان ناپذیر بین سنگ کره و هواکره، سبب تغییر پوسته زمین، فرسایش و تغییرات اقلیمی می شود.

آیا می توان بدون آب به زندگی ادامه داد؟ سطح زمین بدون آب، چه منظره ای خواهد داشت؟ در آینده نزدیک، با افزایش روزافزون جمعیت و توسعه کشاورزی و صنعت، گرم شدن کره زمین و... بشر با چه چالش هایی برای تأمین آب شیرین روبه رو خواهد شد؟

خاک ماده باارزشی است و در تشکیل آن عوامل متعددی دخالت دارند. آیا می توان بدون خاک به زندگی ادامه داد؟ خاک، چه نقشی در زندگی گیاهان و جانوران دارد؟ آیا خاک هر منطقه با مناطق دیگر تفاوت دارد؟ خاک چگونه و از چه موادی تشکیل می شود؟



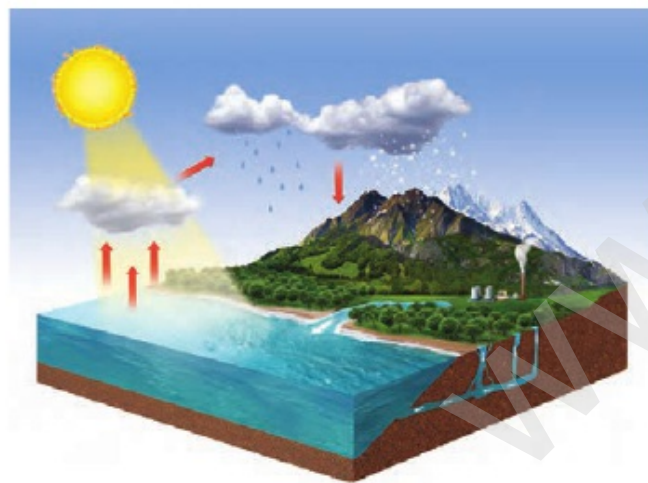


فرسایش



قرونست زمین

زندگی انسان و سایر جانداران، بدون آب امکان‌پذیر نیست. آب مورد نیاز، از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی تأمین می‌شود. بارش‌های جوی در تأمین این منابع، نقش اساسی دارند. بخشی از بارش‌ها در یک حوضه آبریز، قبل از رسیدن به سطح زمین، توسط شاخ و برگ گیاهان گرفته می‌شود و برگ‌ها را به وجود می‌آورد (شکل ۳-۱ الف) که مقداری از آن به صورت تبخیر، مجدداً به هوا کره برمی‌گردد. بخشی دیگر که به سطح زمین می‌رسد، یا تبخیر می‌شود، یا به صورت رواناب، به سوی مناطق پست‌تر حوضه آبریز جریان می‌یابد. بخشی از رواناب به داخل زمین، نفوذ و منابع آب زیرزمینی را تغذیه می‌کند. بخش عمده آب زیرزمینی، سرانجام از طریق چشمه، چاه یا قنات، مجدداً به سطح زمین راه می‌یابد (شکل ۳-۱ ب).



ب) چرخه آب

شکل ۳-۱



الف) نمایی از برگ‌ها

با هم بیندیشید

- چه عواملی بر مقدار برگ‌ها و رواناب مؤثرند؟
- تبخیر در چه بخش‌هایی از چرخه آب صورت می‌گیرد؟

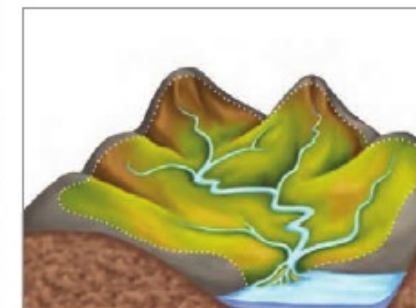


بالای



شوردرآب

زندگی انسان و سایر جانداران، بدون آب امکان‌پذیر نیست. آب مورد نیاز، از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی تأمین می‌شود. مقداری از بارش به صورت تبخیر، مجدداً به هوا کره برمی‌گردد. بخشی دیگر که به سطح زمین می‌رسد یا تبخیر می‌شود و یا به صورت رواناب به سوی مناطق پست‌تر حوضه آبریز جریان می‌یابد. بخشی از رواناب به داخل زمین نفوذ و منابع آب زیرزمینی را تغذیه می‌کند. به منطقه‌ای که آب‌های آن به وسیله رودخانه اصلی و شاخه‌های فرعی، زهکشی می‌شود، حوضه آبریز می‌گویند. هر ذره آبی که در چنین منطقه‌ای جریان دارد، سرانجام به رودخانه اصلی می‌پیوندد و به وسیله آن از حوضه آبریز خارج می‌شود (شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱ حوضه آبریز

آب جاری

آب جاری، با آنکه در مقایسه با حجم کل آب کره، بسیار ناچیز است اما، همواره سطح زمین را در جایی که جریان دارد، فرسایش می‌دهد و مواد حاصل را در جای دیگر که انرژی آب کاهش یافته باشد، ته‌نشین می‌کند. رودها مهم‌ترین عامل تغییر شکل سطح خشکی‌های زمین هستند.

سرعت و آبدهی: سرعت آب یعنی فاصله‌ای که هر ذره آب در واحد زمان طی می‌کند و در نقاط مختلف یک رودخانه در طول یا عرض و عمق آن متغیر است. در مقطع یک رودخانه مستقیم بیشترین سرعت جریان آب در وسط و نزدیک سطح آب است، ولی در نزدیک کف و دیواره‌ها به علت اصطکاک آب با بستر و دیواره، سرعت آب به میزان حداقل می‌باشد. وقتی مسیر رودخانه دارای انحنا باشد، بیشترین سرعت از وسط رودخانه به طرف دیواره مقعر آن منتقل می‌شود.

آب جاری

آب جاری، با آنکه در مقایسه با حجم کل آب کره، بسیار ناچیز است اما، در تغییرات سطح زمین و تشکیل منابع آب جهت مصارف گوناگونی همچون آب آشامیدنی، کشاورزی، صنعت، تولید برق و ... اهمیت زیادی دارد.

جمع اوری
اطلاعات

- شکل روبه‌رو، شش حوضهٔ آبریز اصلی ایران را نشان می‌دهد. با جستجو در منابع معتبر، یک یا دو رودخانه اصلی در هر حوضه را مشخص کنید.



آبدھی: سر:

آبدهی: سرعت حرکت آب در نقاط مختلف یک رود، متغیر است. اندازه‌گیری سرعت آب و آبدهی رود، به‌صورت روزانه و یا در دوره‌های زمانی طولانی‌تر و به روش‌های مختلف انجام می‌شود. با تعیین سرعت آب در یک رود یا آبراهه و اندازه‌گیری سطح مقطع آن، می‌توان مقدار آبدهی (دبی) را با استفاده از رابطه زیر محاسبه کرد (شکل ۳-۲).

$$Q=A \times V$$

Q: دیہی برحسب متر مکعب پر ثانیہ

A: مساحت سطح مقطع جریان آب بر حسب متر مربع

V : سرعت جریان آب بر حسب متر بر ثانیه

به بیان دیگر آبدهی (دبی) عبارت است از، حجم آبی که در واحد زمان (ثانیه) از مقطع عرضی رودخانه عبور می‌کند.



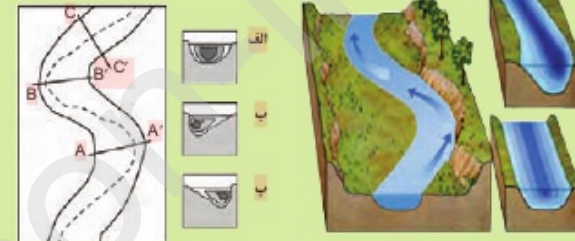
شکل ۲-۳. ایستگاه اندازه گیری آبدهی رود

پیوند با
ریاضی

- آب در رودی با سطح مقطع ۱۰۰ مترمربع، و با سرعت متوسط ۲ متر بر ثانیه در جریان است. آبدهی رود را محاسبه کنید.
- اگر این رود به یک تالاب منتهی شود، در طی یک هفته، چند متر مکعب آب را وارد تالاب می‌کند؟

فکر کنید

- مقدار رسوب گذاری و فرسایش را در نقاط A و A' مقایسه کنید.
- هریک از نیمرخ های الف و ب و پ مربوط به کدام مقطع رود می باشد؟



مقاطع مختلف رود

سرعت حرکت آب در نقاط مختلف یک رود، متغیر است. مقدار آبدهی یک رود نیز معمولاً از ابتدا تا انتهای رود تغییر می‌کند.

اندازه‌گیری سرعت آب و آبدهی رود، به‌صورت روزانه و یا در دوره‌های زمانی طولانی‌تر و به روش‌های مختلف انجام می‌شود (شکل ۲-۲). با تعیین سرعت آب در یک رود یا ابراهه و اندازه‌گیری سطح مقطع آن، می‌توان مقدار آبدهی (دبی) را با استفاده از رابطه زیر محاسبه کرد.

$$Q=A \times V$$

Q: دبی پر حسب متر مکعب ہر ثانیہ

A: مساحت سطح مقطع جریان آب بر حسب مترمربع

V: سرعت جریان آب بر حسب متر بر ثانیه

جمع اوری
اطلاعات

- روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری آبدهی (دبی) وجود دارد. به‌طور نمونه، ساده‌ترین راه برای اندازه‌گیری آبدهی متناهی که آب آنها از لوله خارج می‌شود مانند چاه، چشمه، قنات و غیره استفاده از روش حجمی است. به بیان دیگر آبدهی عبارت است از، حجم آبی که در هر واحد زمان (ثانیه) از مقطع عرضی رودخانه عبور می‌کند. در مورد چگونگی انجام روش حجمی و سایر روش‌های اندازه‌گیری آبدهی، اطلاعاتی جمع‌آوری کنید.

$$Q = \frac{V \text{ (حجم بر حسب متر مکعب)}}{t \text{ (زمان بر حسب ثانیه)}}$$

آبدهی رود، در بهار، به علت ذوب برف‌ها و افزایش بارندگی، افزایش می‌یابد. در ادامه در طول تابستان، معمولاً آبدهی رود کاهش می‌یابد. در مناطق مرطوب، که مقدار بارندگی زیاد و تبخیر، کم است، رودها از نوع دائمی هستند. در این رودها، بخشی از آب که همیشه جریان دارد، آبدهی پایه را تشکیل می‌دهد. آب این رودها، در زمانی که بارندگی نیست، از ذوب برف و یخ نواحی مرتفع و یا از ورود آب‌های زیرزمینی به داخل آنها تأمین می‌شود. در مناطق گرم و خشک که مقدار بارندگی کم و تبخیر زیاد است، بیشتر رودها، موقتی و فصلی هستند.

فکر کنید

- ۱- مقدار رسوب‌گذاری و فرسایش را در نقاط A و A' مقایسه کنید.
- ۲- هر یک از نیم‌رخ‌های الف و ب و پ مربوط به کدام مقطع رود می‌باشد؟



مقاطع مختلف رود

آب زیرزمینی

انسان‌های نخستین، از آب زیرزمینی برای آشامیدن و پختن غذا استفاده می‌کردند. به تدریج، با گذشت زمان از این آب، برای کشاورزی و گردش آسیاب‌ها نیز بهره می‌بردند. مردم ایران زمین، از قدیم، آب‌های زیرزمینی را با احداث قنات به سطح زمین می‌آوردند و به روستاها و شهرهای خود می‌رساندند. آب زیرزمینی، آبی است که در منافذ و فضاهای خالی لایه‌های نزدیک به سطح زمین جمع می‌شود و از طریق چاه، چشمه و قنات، قابل بهره‌برداری می‌گردد.

جمع‌آوری اطلاعات

- قدیمی‌ترین قنات جهان، در کدام استان کشور قرار دارد و نام آن چیست؟
- حدود ۴۰۰۰۰ رشته قنات در کشور ما وجود دارد. بیشترین تعداد قنات، در کدام یک از شش حوضه آبریز اصلی ایران حفر شده‌اند؟ دلیل آن چیست؟



مقدار آبدهی رودها در فصل بهار زیاد و در تابستان کم می‌شود. در مناطق مرطوب، که مقدار بارندگی زیاد و تبخیر، کم است، رودها از نوع دائمی هستند. در این رودها، بخشی از آب که همیشه جریان دارد، آبدهی پایه را تشکیل می‌دهد. آب این رودها، در زمانی که بارندگی نیست، از ذوب برف و یخ نواحی مرتفع و یا از ورود آب‌های زیرزمینی به داخل آنها تأمین می‌شود. در مناطق گرم و خشک که مقدار بارندگی کم و تبخیر زیاد است، بیشتر رودها، موقتی و فصلی هستند.

پیوند با ریاضی

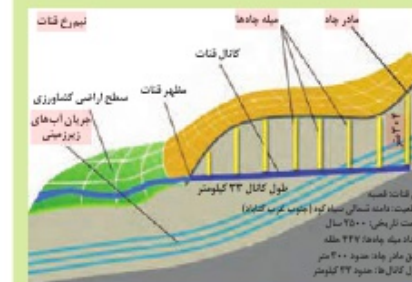
- آب در رودی با سطح مقطع ۱۰۰ مترمربع، و با سرعت متوسط ۲ متر بر ثانیه در جریان است. آبدهی رود را محاسبه کنید.
- اگر این رود به یک تالاب منتهی شود، در طی یک هفته، چند مترمکعب آب را وارد تالاب می‌کند؟

آب زیرزمینی

بارش مهم‌ترین منشأ آب‌های زیرزمینی است. آب زیرزمینی، آبی است که در منافذ و فضاهای خالی لایه‌های نزدیک به سطح زمین جمع می‌شود و از طریق چاه، چشمه و قنات، قابل بهره‌برداری می‌گردد. آب زیرزمینی قابل بهره‌برداری، گرچه فقط حجم کمی از آب کره را تشکیل می‌دهد، ولی همین مقدار، بزرگ‌ترین ذخیره آب شیرین قابل بهره‌برداری در خشکی‌ها است. در کشور ما به علت کمبود آب‌های سطحی، استفاده از آب‌های زیرزمینی بسیار رایج است. مردم ایران زمین، از قدیم، آب‌های زیرزمینی را با احداث قنات به سطح زمین می‌آوردند و به روستاها و شهرهای خود می‌رساندند. آب در کانال قنات بدون نیاز به مصرف انرژی برق، تحت تأثیر نیروی گرانش جریان می‌یابد.

جمع‌آوری اطلاعات

- قدیمی‌ترین قنات جهان، در کدام استان کشور قرار دارد و نام آن چیست؟
- حدود ۴۰۰۰۰ رشته قنات در کشور ما وجود دارد. بیشترین تعداد قنات، در کدام یک از شش حوضه آبریز اصلی ایران حفر شده‌اند؟ دلیل آن چیست؟



توزیع آب در زیرزمین: در هنگام نفوذ آب به داخل زمین، بخشی از آب نفوذی به سطح ذرات خاک یا سنگ می‌چسبد، به طوری که منافذ و فضاهای خالی، توسط آب و هوا پر می‌شود و منطقه تهویه شکل می‌گیرد. منطقه تهویه از سطح زمین به سمت پایین، شامل کمر بند رطوبت خاک، کمر بند حدواسط و کمر بند مویینه می‌باشد.

دانشمندان علوم زمین

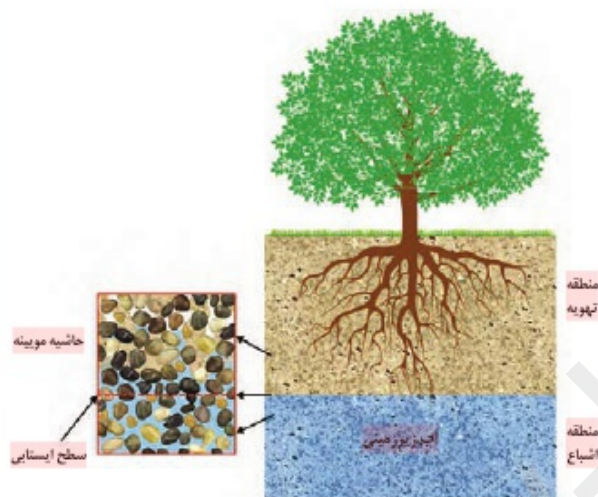
• برخی از دانشمندان ایرانی در مورد آب‌های زیرزمینی، نظرات ارزنده‌ای ارائه کرده‌اند. ابوبکر محمد بن الحسن الحاسب کرجی (قرن چهارم و پنجم هـ.ق) کتابی با عنوان «استخراج آب‌های پنهانی» درباره منشأ و روش‌های استخراج آب زیرزمینی نوشته است. ابوریحان بیرونی (قرن چهارم و پنجم هـ.ق) در کتاب «آثار الباقیه» منشأ آب چشمه‌ها و علت تغییر مقدار آب آنها را ذکر کرده است. وی خروج آب از چاه‌های آرتزین را براساس قانون ظروف مرتبطه بیان کرده است. ابو حاتم مظهر اسفرزاری (قرن پنجم و ششم هـ.ق) در «رساله آثار علوی» مطالبی درباره شکل‌گیری چشمه‌ها و رودها، نفوذ آب به داخل زمین، تغییر کیفیت آب به دلیل وجود کانی‌های قابل حل در مسیر آب، عنوان کرده است.



محمد بن حسن کرجی

آب زیرزمینی قابل بهره‌برداری، گرچه فقط حجم کمی از آب کره را تشکیل می‌دهد، ولی همین مقدار، بزرگ‌ترین ذخیره آب شیرین قابل بهره‌برداری در خشکی‌ها است.

سطح ایستابی: در هنگام نفوذ آب به داخل زمین، بخشی از آب نفوذی به سطح ذرات خاک یا سنگ می‌چسبد، به طوری که منافذ و فضاهای خالی، توسط آب و هوا پر می‌شود و منطقه تهویه شکل می‌گیرد. بخشی از آب نفوذی، به طرف عمق بیشتر حرکت می‌کند تا به سنگ بستر برسد، و منطقه اشباع را ایجاد می‌کند. تمام فضاهای خالی منطقه اشباع، توسط آب پر شده است. سطح بالایی این منطقه، سطح ایستابی است (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳. توزیع عمقی آب زیرزمینی و تشکیل سطح ایستابی

پیوند با فیزیک

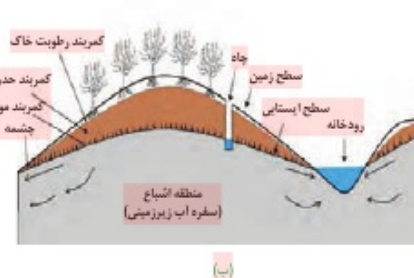
- چه نیرویی باعث تشکیل حاشیه مویینه می‌شود؟
- اندازه ذرات خاک، چه تأثیری بر ضخامت حاشیه مویینه دارد؟
- هنگامی که عمق سطح ایستابی کم باشد به طوری که حاشیه مویینه، به سطح زمین برسد، چه اتفاقی می‌افتد و چه مشکلاتی ایجاد می‌کند؟

عمق سطح ایستابی در مناطق مختلف، متفاوت است. در بعضی مناطق ممکن است تا صدها متر برسد. سطح ایستابی، تقریباً از توپوگرافی (عارضه‌نگاری) سطح زمین تبعیت می‌کند. هنگامی که سطح ایستابی با سطح زمین برخورد کند، آب زیرزمینی به صورت چشمه و گاهی به صورت برکه در سطح زمین ظاهر می‌شود (شکل ۳-۴ الف و ب).

کمرند رطوبت خاک، مجاور سطح زمین بوده و دربرگیرنده ریشه گیاهان است و آب لازم برای گیاهان را تأمین می‌کند. در کمرند حدواسط، آب به علت جاذبه مولکولی معلق است و هنگام ورود آب باران یا ذوب برف، ضخامت آن افزایش می‌یابد. کمرند مویینه در مجاورت آب زیرزمینی قرار دارد. در اینجا آب‌های زیرزمینی به علت خاصیت مویینیگی از مجاری نازک موجود در سنگ‌ها یا رسوبات بالا کشیده می‌شوند. ضخامت کمرند مویینه بین چند سانتی‌متر تا چند متر متغیر است.

آب به همان ترتیب که در لایه لای ذرات خاک نفوذ می‌کند و پایین می‌رود، می‌تواند براساس نیروی مویینیگی از همان فواصل بالا آمده و به سطح زمین برسد. از همین راه است که رطوبت از قسمت‌های عمیق خاک به سوی سطح می‌آید و در مواقعی که برای مدت زیادی بارندگی نشده است، ریشه گیاهان به آب دسترسی پیدا می‌کنند. البته بیشتر این آب هنگامی که به سطح زمین می‌رسد، بر اثر تیخیر از دست می‌رود.

بخشی از آب نفوذی، به طرف عمق بیشتر حرکت کرده تا به سنگ بستر برسد و منطقه اشباع را ایجاد می‌کند. تمام فضاهای خالی منطقه اشباع توسط آب پر شده است. سطح بالایی این منطقه، سطح ایستابی است. (شکل ۳-۳ الف و ب)



شکل ۳-۴. توزیع آب زیرزمینی در خاک: ب) کمرندهای منطقه تهویه

پیوند با فیزیک

- چه نیرویی باعث تشکیل حاشیه مویینه می‌شود؟
- اندازه ذرات خاک، چه تأثیری بر ضخامت حاشیه مویینه دارد؟
- هنگامی که عمق سطح ایستابی کم باشد به طوری که حاشیه مویینه، به سطح زمین برسد، چه اتفاقی می‌افتد و چه مشکلاتی ایجاد می‌کند؟

عمق سطح ایستابی در مناطق مختلف، متفاوت است. در بعضی مناطق ممکن است تا صدها متر برسد. سطح ایستابی، تقریباً از توپوگرافی (عارضه‌نگاری) سطح زمین تبعیت می‌کند. هنگامی که سطح ایستابی با سطح زمین برخورد کند، آب زیرزمینی به صورت چشمه و گاهی به صورت برکه در سطح زمین ظاهر می‌شود (شکل ۳-۴ الف و ب).

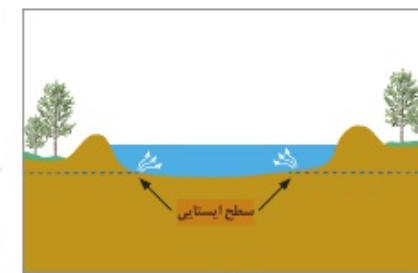


به صورت برکه در سطح زمین ظاهر می شود و در صورتی که سطح ایستابی بر سطح زمین منطبق شود یا در نزدیک آن قرار گیرد، باتلاقی یا شوره زار تشکیل می شود (شکل ۳-۴).

شکل ۳-۴ تشکیل برکه یا آب زیرزمینی



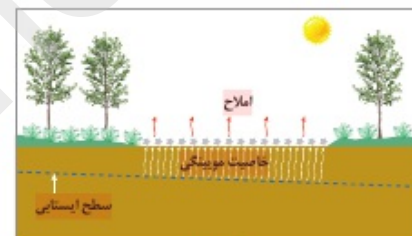
ب) چشمه



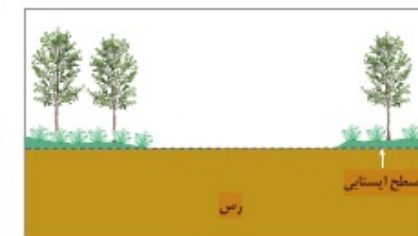
الف) برکه

شکل ۳-۴

در صورتی که سطح ایستابی بر سطح زمین منطبق شود یا در نزدیک آن قرار گیرد، باتلاقی یا شوره زار تشکیل می شود. به طور مثال در برخی مناطق کویری ایران، تبخیر از منطقه تهویه منجر به ته نشینی موادی در خاک می شود و این شوره زارهای ایجاد شده برای کشاورزی نامناسب می باشند. (شکل ۳-۵ الف و ب)



ب) شوره زار



الف) باتلاقی

شکل ۳-۵

دانشمندان علوم زمین

• برخی از دانشمندان ایرانی در مورد آب های زیرزمینی، نظرات ارزنده ای ارائه کرده اند. ابوبکر محمد بن الحسن الحاسب کرجی (قرن چهارم و پنجم هـ.ق) کتابی با عنوان «استخراج آب های پنهانی» درباره منشأ و روش های استخراج آب زیرزمینی نوشته است. ابوریحان بیرونی (قرن چهارم و پنجم هـ.ق) در کتاب «آثار الباقیه» منشأ آب چشمه ها و علت تغییر مقدار آب آنها را ذکر کرده است. وی خروج آب از چاه های آرتزین را براساس قانون ظروف مرتبطه بیان کرده است. ابو حاتم مظفر اسفرزاری (قرن پنجم و ششم هـ.ق) در «رساله آثار علوی» مطالبی درباره شکل گیری چشمه ها و رودها، نفوذ آب به داخل زمین و تغییر کیفیت آب به دلیل وجود کانی های قابل حل در مسیر آب، عنوان کرده است.



یادآوری

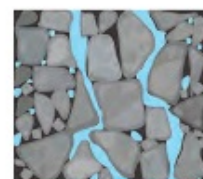
- در سال های گذشته در مورد عمق سطح ایستابی خوانده بودید. چه عواملی بر تغییرات سطح ایستابی مؤثر است؟
- در مورد عوامل مؤثر بر تغییرات عمق سطح ایستابی در استان محل زندگی خود مطالبی تهیه کرده و در کلاس ارائه دهید.

تخلخل و نفوذپذیری: برای تشکیل آبخوان، لازم است رسوبات و سنگ ها، دارای فضاهای خالی باشند. این فضاهای خالی یا منافذ اولیه هستند که از ابتدای تشکیل در آنها وجود داشته اند، یا پس از تشکیل سنگ به صورت ثانویه بر اثر شکستگی، هوازدگی، انحلال یا عوامل دیگر در آن به وجود آمده اند. درصد فضاهای خالی (تخلخل) رسوب یا سنگ، طبق رابطه زیر، محاسبه می شود.

$$\text{درصد تخلخل} = \frac{100 \times (\text{حجم فضاهای خالی})}{(\text{حجم کل})}$$

پیوند با ریاضی

- بر اثر بهره برداری از یک آبخوان در یک دشت به مساحت $10^4 \times 20$ مترمربع و تخلخل ۳۰ درصد، سطح ایستابی ۱۰ متر افت کرده است. چه حجمی از آب تخلیه شده است؟
- چنانچه این حجم آب در طی ۳۰ روز پمپاژ شده باشد، میانگین آبدهی چاه ها چقدر بوده است؟



شکل ۳-۵ تخلخل و نفوذپذیری

هر چه درصد تخلخل خاک یا سنگ بیشتر باشد، آب بیشتری را می تواند در خود نگه دارد. اما لزوماً باعث عبور آب نمی شود. مثلاً سنگ پا، بسیار متخلخل است اما، آب از آن عبور نمی کند. رس ها بسیار متخلخل اند، ولی به علت ریز بودن ذرات، نفوذپذیری بسیار اندکی دارند. میزان نفوذپذیری خاک به میزان ارتباط و اندازه منافذ بستگی دارد. برخی خاک ها، دارای تخلخل زیاد و نفوذپذیری کم هستند و عبور آب از درون آنها، به دشواری صورت می گیرد. درصد تخلخل آبخوان، بیانگر مقدار آبی است که می تواند در آن ذخیره شود و نفوذپذیری، نشانگر توانایی آبخوان در انتقال و هدایت آب می باشد.

یادآوری

- در سال‌های گذشته، با آبخوان و انواع آن آشنا شدید. در این باره به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
- ۱- آبخوان چیست؟
- ۲- در شکل زیر، نوع آبخوان‌های الف و ب را مشخص کنید.
- ۳- چاه‌های شماره ۱ و ۲ چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟
- ۴- کدام چاه از نوع آرتزین است؟



آبخوان: سنگ‌ها و رسوبات مختلف از نظر تشکیل آبخوان و میزان آبدی، ویژگی‌های متفاوتی دارند. ابرفت‌ها و سنگ‌های آهکی حفره‌دار (آهک کارستی) قابلیت تشکیل آبخوان را دارند ولی، شیل‌ها، سنگ‌های دگرگونی و آذرین، آبخوان خوبی تشکیل نمی‌دهند به طوری که، معمولاً یا چشمه‌ای در آنها به وجود نمی‌آید یا در صورت تشکیل، چشمه‌هایی با آبدی بسیار کم و فصلی دارند. در حالی که در سنگ‌های آهکی حفره‌دار، معمولاً چشمه‌های پر آب و دائمی ایجاد می‌شود (شکل ۳-۶). افزون بر آن، عواملی مانند شرایط آب و هوایی، میزان نفوذپذیری، تخلخل، شیب زمین و ساختمان زمین‌شناسی محل بر نوع آبخوان تأثیر دارد. اگر چاهی در یک لایه ابدار آزاد حفر شود، تراز آب در چاه، نمایانگر سطح ایستابی و در لایه ابدار تحت فشار، سطح پیژومتریک است.



ب) چشمه کارستی کاماسیاب نهاوند



الف) چشمه کارستی طاق بستان کرمانشاه

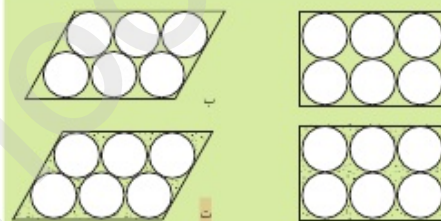
شکل ۳-۶

حرکت آب زیرزمینی: آب برای حرکت در داخل زمین، نیاز به انرژی دارد. آب زیرزمینی به طور کلی، از مکانی با انرژی بیشتر (سطح ایستابی بالاتر) به مکانی با انرژی کمتر در مسیری متحنی شکل حرکت می‌کند. این حرکت خیلی کندتر از حرکت آب در رودخانه است. حرکت آب در داخل آبخوان، از کمتر از یک متر تا صدها متر در روز تغییر می‌کند.

تخلخل و نفوذپذیری: برای تشکیل آبخوان، لازم است رسوبات و سنگ‌ها، دارای فضاهای خالی باشند. این فضاهای خالی یا منافذ اولیه هستند که از ابتدای تشکیل در آنها وجود داشته‌اند مانند منافذ موجود در رسوب آبرفتی و پوکه معدنی و یا پس از تشکیل سنگ به صورت ثانویه بر اثر شکستگی، هوازدگی، انحلال یا عوامل دیگر در آن به وجود آمده‌اند. مقدار تخلخل در رسوبات و سنگ‌ها به عوامل مختلفی مانند بافت (اندازه، شکل و طرز قرارگیری دانه‌ها)، جوشدگی، سیمان‌شدگی، میزان هوازدگی و تعداد درز و شکاف بستگی دارد. در رسوبات دانه ریز با آنکه مقدار تخلخل زیاد است، ولی نفوذپذیری کم می‌شود؛ زیرا مجاری متصل کننده حفره‌ها بسیار کوچک بوده و نیروی موینگی زیاد در دیواره‌های این مجاری مانع عبور مایعات می‌گردد. با افزایش اندازه دانه‌ها علاوه بر افزایش مقدار تخلخل، نفوذپذیری هم زیاد می‌شود. از طرفی، هر قدر جوشدگی (هم اندازه بودن قطر دانه‌ها) بیشتر باشد، تخلخل و نفوذپذیری هم زیادتر خواهد بود و چنانچه جوشدگی کمتر باشد به دلیل قرار گرفتن ذرات ریز در فضای بین ذرات درشت، تخلخل و نفوذپذیری کاهش می‌یابد.

فکر کنید

- هریک از تصاویر مقابل را از نظر مقدار تخلخل با یکدیگر مقایسه کنید.



مقدار تخلخل از بسیار کم در سنگ‌های آذرینی مانند گرانیت تا بسیار زیاد در رسوبات ناپیوسته مانند شن، ماسه و ابرفت‌ها متغیر است. درصد فضاهای خالی (تخلخل) رسوب یا سنگ، طبق رابطه زیر، محاسبه می‌شود:

$$n = \frac{V_v}{V_t} \times 100$$

درصد تخلخل = $\frac{\text{حجم فضاهای خالی (m}^3\text{)}}{\text{حجم کل (m}^3\text{)}}$

پیوند با ریاضی

- بر اثر بهره‌برداری از یک آبخوان در یک دشت به مساحت 20×10^6 مترمربع و تخلخل ۳۰ درصد، سطح ایستابی ۱۰ متر افت کرده است. چه حجمی از آب تخلیه شده است؟
- چنانچه این حجم آب در طی ۳۰ روز پمپاژ شده باشد، میانگین آبدی چاه‌ها چقدر بوده است؟

هر چه درصد تخلخل خاک یا سنگ بیشتر باشد، آب بیشتری را می‌تواند در خود نگه دارد. اما لزوماً باعث عبور آب نمی‌شود. مثلاً پوکه معدنی و سنگ‌پا (نوعی سنگ آذرین بیرونی) با آنکه بسیار متخلخل هستند اما، به علت عدم ارتباط منافذ، آب از آنها عبور نمی‌کند. رس‌ها دارای تخلخل ۵۰ درصد یا بیشترند، ولی به علت ریز بودن ذرات، نفوذپذیری بسیار اندکی دارند. میزان نفوذپذیری خاک به میزان ارتباط و اندازه منافذ بستگی دارد. به طور کلی می‌توان گفت درصد تخلخل آبخوان، بیانگر مقدار آبی است که می‌تواند در آن ذخیره شود و نفوذپذیری، نشانگر توانایی آبخوان در انتقال و هدایت آب می‌باشد.

ترکیب آب زیرزمینی: ترکیب آب زیرزمینی از محلی به محل دیگر تغییر می‌کند. آب زیرزمینی، به‌طور عمده، حاوی کلریدها، سولفات‌ها و بی‌کربنات‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و آهن است. بسیاری از عناصر و مواد دیگر نیز به مقدار بسیار کم در آب زیرزمینی وجود دارد. غلظت نمک‌های حل‌شده در آب زیرزمینی به جنس کانی‌ها و سنگ‌ها، سرعت نفوذ آب، دما و مسافت طی شده توسط آب بستگی دارد. آب، ضمن حرکت آهسته در زیر زمین، فرصت زیادی برای انحلال کانی‌های مسیر خود دارد.

مقدار نمک‌های محلول در آب زیرزمینی موجود در سنگ‌های آذرین و دگرگونی، به‌طور معمول کم و برای آشامیدن مطلوب است. سنگ‌های تیخیری مانند سنگ نمک و سنگ گچ، انحلال‌پذیری زیادی دارند و از این رو، آب این‌گونه آبخوان‌ها، عموماً دارای املاح فراوان هستند. آب موجود در سنگ‌های کربناتی، معمولاً از نوع آب‌های سخت است، یعنی درصد یون‌های کلسیم و منیزیم بیشتری دارد. این‌گونه آب‌ها، به‌خوبی با صابون کف نمی‌کنند و رسوباتی را در لوله‌ها و ظرف‌ها ته‌نشین می‌کنند، به همین جهت، استفاده از آنها در صنعت و آشامیدن دارای محدودیت‌هایی است.

لایه‌های آبدار موجود در رسوبات رودخانه‌ای و آبرفتی به‌طور معمول، حاوی آب شیرین هستند. در نواحی خشک، مانند مناطق کویری ایران، در برخی نقاط، شوری آب چنان زیاد است که برای بسیاری از موارد، نامناسب است.

فعالیت تکمیلی

● پوکه معدنی به‌عنوان عایق در ساختمان‌ها استفاده می‌شود. درباره علت کاربرد آن گفت‌وگو کنید.



● در شکل مقابل، بخشی از یک سنگ مخزن گازی را می‌بینید. تخلخل و نفوذپذیری آن چگونه است؟

● اگر فواصل موجود در بین قطعات سنگی آن توسط سیمان آهکی پر شود، چه اثری بر کمیت مخزن گاز می‌گذارد. با دوستان خود بحث کنید.

آبخوان: وقتی ما بخواهیم مقدار قابل توجهی آب از زیر زمین برداشت کنیم، به دنبال یک لایه آبدار یا سفره آب زیرزمینی می‌گردیم. سنگ‌ها و رسوبات مختلف از نظر تشکیل آبخوان و میزان آبدی، ویژگی‌های متفاوتی دارند. آبرفت‌ها و سنگ‌های آهکی حفره‌دار (آهک کارستی) قابلیت تشکیل آبخوان یا همان سفره‌های آب زیرزمینی را دارند ولی رس‌ها، سنگ‌های دگرگونی و آذرین، آبخوان خوبی تشکیل نمی‌دهند. به طوری که، معمولاً چشمه‌ای در آنها به‌وجود نمی‌آید یا در صورت تشکیل، چشمه‌هایی با آبدی بسیار کم و فصلی دارند. در حالی که در سنگ‌های آهکی حفره‌دار، معمولاً چشمه‌های پر آب و دائمی ایجاد می‌شود. اگر چاهی در یک لایه آبدار آزاد حفر شود، تراز آب در چاه، نمایانگر سطح ایستابی و در لایه آبدار تحت فشار، سطح پی‌زومتری است.

یادآوری

● در سال‌های گذشته، با آبخوان و انواع آن آشنا شدید. در این باره به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:



حرکت آب زیرزمینی: آب برای حرکت در داخل زمین، نیاز به انرژی دارد. آب زیرزمینی به‌طور کلی، از مکانی با انرژی بیشتر و سطح ایستابی بالاتر به مکانی با انرژی کمتر و در مسیری منحنی شکل حرکت می‌کند. این حرکت خیلی کندتر از حرکت آب در رودخانه است. حرکت آب در داخل آبخوان، از گاهی یک متر در روز تا حتی در بعضی نقاط یک متر در سال تغییر می‌کند. سرعت حرکت آب‌های زیرزمینی به تخلخل و نفوذپذیری لایه آبدار بستگی دارد.

بیشتر بدانید

● کارست نام ناحیه‌ای واقع در دالماسی در خاک کرواسی و نزدیک مرز ایتالیا می‌باشد. سنگ‌های آهکی این ناحیه دارای چشم‌انداز ویژه‌ای است و اولین بار پدیده‌های انحلالی مربوط به سنگ‌های آهکی در این ناحیه مطالعه شده است. کارست‌ها حاصل انحلال سنگ‌های

گفت‌وگو کنید

- در مناطق خشک، هر چقدر بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی بیشتر باشد، کیفیت آب، نامطلوب‌تر است. دلیل آن را توضیح دهید.
- در شهرهایی که نزدیک سواحل دریاها قرار دارند با پایین آمدن سطح ایستابی، چه مشکلاتی را ایجاد می‌کند؟

پیوند با شیمی

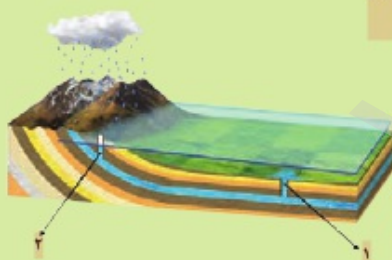
● سختی آب، به علت نمک‌های محلول در آن است. یون‌های کلسیم و منیزیم، به عنوان فراوان‌ترین یون‌های موجود در آب، ملاک تعیین سختی آب هستند.

$$TH = 2/5 Ca^{2+} + 1/2 Mg^{2+} \quad (\text{میلی گرم در لیتر})$$

● نمونه آبی دارای ۵۰ میلی گرم در لیتر، یون کلسیم و ۳۵ میلی گرم در لیتر، یون منیزیم است. سختی کل آب چقدر است؟ تحقیق کنید که آیا این آب برای شرب مناسب است؟

فکر کنید

- مقدار املاح موجود در آب دو چاه ۱ و ۲، در شکل زیر را با هم مقایسه کنید.

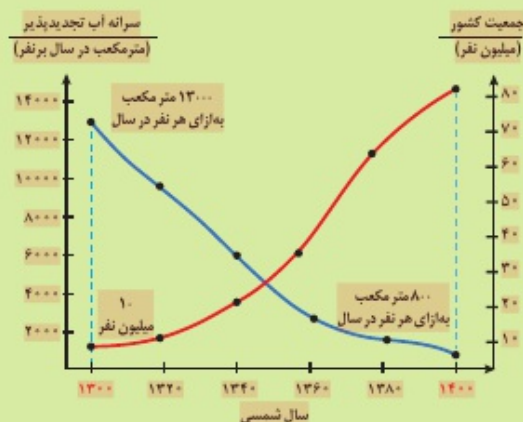


تجدیدپذیری آب: در مدیریت منابع آب، ذخایر آب به دو دسته تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم می شوند. آب تجدیدپذیر، آبی است که در مقیاس زمانی معین، پس از مصرف انسان، از طریق چرخه آب، جایگزین می شود. بخشی از ذخایر آب که پس از مصرف، جایگزین نمی شود، آب تجدیدناپذیر است. برای جلوگیری از ایجاد بحران آب، باید میزان بهره برداری از منابع آب، کمتر از میزان تغذیه آن منابع باشد. عدم رعایت این مورد، در طی سال های گذشته، منجر به کاهش شدید ذخایر آب زیرزمینی کشور ما شده است. بنابراین توجه به میزان مصرف منابع آبی کشور، بسیار مهم و حیاتی است. امروزه در برخی از کشورهای کم آب، بهره برداری از آب های فسیلی مطرح شده است.

آب های فسیلی: به آب هایی گفته می شود که در طی چند هزار سال گذشته در اعماق زیاد محبوس شده اند و در چرخه آب قرار ندارند.

تفسیر کنید

• نمودار زیر، تغییرات سرانه آب تجدیدپذیر و جمعیت کشور در صد سال اخیر را نشان می دهد. نمودار را تفسیر کنید.



بیان (ترازنامه) آب: محاسبه بیان آب یک لایه آبدار، از بسیاری جهات، مشابه بررسی بیان هزینه یک خانواده یا هر واحد اقتصادی است که کمک می کند تا میزان درآمد و هزینه ها با هم مقایسه شوند. در مدیریت و بهره برداری از منابع آب نیز، برای آنکه نوسانات حجم ذخیره منابع آب یک منطقه تعیین شود، بیان آب محاسبه می شود. توازن آب بر اساس اصل بقای جرم است. بین مقدار آب ورودی (I) به آبخوان و آب خروجی از آن (O) و تغییراتی که در حجم ذخیره آب به وقوع می پیوندد (ΔS)، رابطه زیر برقرار است:

$$\Delta S = I - O$$

به عبارتی، تغییراتی که در حجم آب داخل آبخوان اتفاق می افتد، با اختلاف آب ورودی و خروجی از آن برابر است. اگر مقدار آب ورودی به آبخوان، بیشتر از مقدار آب خروجی باشد، بیان، مثبت و اگر کمتر از آن باشد، بیان، منفی است.

کربناته مانند سنگ های آهکی بوده و توسعه تخلخل ثانویه در آنها به فراوانی انجام شده است. این پدیده در سایر سنگ های انحلال پذیر مانند سنگ های سولفاته و کلروره و سنگ گچ نیز اتفاق می افتد. کارست پدیده ای در پوسته زمین است که آثار آن به صورت اشکال مختلف از قبیل حفره ها و غارها، در سطح و در زیر سطح زمین وجود دارد. به علت وجود شکستگی های فراوان و قابلیت انحلال توده سنگی، یک سیستم گردش آب زیرزمینی در آنها شکل می گیرد. در مناطقی که کارست توسعه یافته است، معمولاً فروچاله های حاصل از کارست ها، آب را می بلعند و با انتقال آب از سطح به اعماق باعث تغذیه آبخوان های مجاور خود و یا خروج آب به شکل چشمه های پر آب و دانه می شوند. از طرفی توده های کارستی حساسیت بالایی به ورود آلاینده ها داشته و به سرعت موجب آلودگی آب های زیرزمینی خواهند شد.



ترکیب آب زیرزمینی: ترکیب آب زیرزمینی از محلی به محل دیگر تغییر می کند. آب زیرزمینی، به طور عمده، حاوی کلریدها، سولفات ها و بیکربنات های کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و آهن است. بسیاری از عناصر و مواد دیگر نیز به مقدار بسیار کم در آب زیرزمینی وجود دارد. غلظت نمک های حل شده در آب زیرزمینی به جنس کانی ها و سنگ ها، سرعت نفوذ آب، دما و مسافت طی شده توسط آب بستگی دارد. آب، ضمن حرکت آهسته در زیر زمین، فرصت زیادی برای انحلال کانی های مسیر خود دارد.

فعالیت تکمیلی

- در مناطق خشک، هر چقدر بهره برداری از آب های زیرزمینی بیشتر باشد، کیفیت آب، نامطلوب تر است. دلیل آن را توضیح دهید.
- در شهرهایی که نزدیک سواحل دریاها قرار دارند با پایین آمدن سطح ایستابی، چه مشکلاتی ایجاد می شود؟

مقدار نمک های محلول در آب زیرزمینی موجود در سنگ های آذرین و دگرگونی، به طور معمول کم است. این گونه سنگ ها اگر دچار هوازدگی و شکستگی شوند، قادر به ذخیره و عبور آب شده و به دلیل نداشتن املاح غالباً برای آشامیدن و مصارف دیگر مطلوبند. سنگ های تبخیری مانند سنگ نمک و سنگ گچ (کانی های ژئوس و انیدریت)، انحلال پذیری زیادی دارند و از این رو، آب این گونه آبخوان ها، معمولاً دارای املاح فراوان هستند. آب موجود در سنگ های کربناتی، معمولاً از نوع آب های سخت است، یعنی درصد یون های کلسیم و منیزیم بیشتری دارد. این گونه آب ها، به خوبی با صابون کف نمی کنند و رسوباتی را در لوله ها و ظرف ها ته نشین می کنند، به همین جهت، استفاده از آنها در صنعت و آشامیدن دارای محدودیت هایی است.

لایه های آبدار موجود در رسوبات رودخانه ای و آبرفتی به طور معمول، حاوی آب شیرین هستند. اما آب های زیرزمینی در حوضه های بسته، که محلی برای خروج آب زیرزمینی وجود ندارد، املاح زیادی دارند. در نواحی خشک، مانند مناطق کویری ایران، در برخی نقاط، شوری آب چنان زیاد است که برای بسیاری از موارد، نامناسب است. در این نواحی تبخیر آب از منطقه تهویه منجر به ته نشینی موادی در خاک شده که این امر برای کشاورزی نامناسب است.

در طی سال‌های گذشته به علت بهره‌برداری زیاد از منابع آبی، بیلان منابع آب در کل کشور و در بیش از ۶۰٪ دشت کشور، منفی بوده است. بر این اساس، بسیاری از دشت‌های کشور از نظر توسعه بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی، به عنوان دشت ممنوعه اعلام شده است.

جمع‌آوری اطلاعات

در منابع معتبر جستجو کنید و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

• بر مصرف‌ترین و کم‌مصرف‌ترین استان کشور از نظر مصرف آب تجدیدناپذیر، کدام استان‌ها هستند؟

• آیا محل سکونت شما در محدوده دشت‌های ممنوعه واقع شده است؟

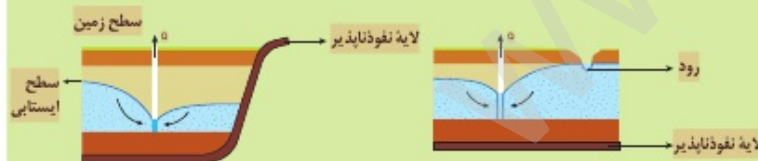


دشت‌های ممنوعه (رنگ قرمز)

گفت‌وگو کنید

۱- شکل‌های زیر، گسترش مخروط افت چاه در اثر بهره‌برداری و تلاقی آن با یک لایه نفوذناپذیر و یک رود را نشان می‌دهد. در مورد تأثیر آنها بر روی شکل مخروط افت و میزان آب ورودی به چاه گفت‌وگو کنید.

۲- اگر مخروط افت چاه با یک منبع آلاینده مانند یک چاه فاضلاب برخورد کند، چه اتفاقی می‌افتد؟



پیوند با شیمی

• سختی آب، به علت تمک‌های محلول در آن است. یون‌های کلسیم و منیزیم، به عنوان فراوان‌ترین یون‌های موجود در آب، ملاک تعیین سختی آب هستند.

$$TH = \frac{2}{5} Ca^{2+} + \frac{4}{1} Mg^{2+} \quad (\text{میلی گرم در لیتر})$$

• نمونه آبی دارای ۵۰ میلی گرم در لیتر، یون کلسیم و ۳۵ میلی گرم در لیتر، یون منیزیم است. سختی کل آب چقدر است؟ تحقیق کنید که آیا این آب برای شرب مناسب است.

جمع‌آوری اطلاعات

• برای اندازه‌گیری مقدار مواد جامد معلق در آب مانند مواد آلی، غیرآلی یا معدنی از TDS (Total Dissolved Solid) استفاده می‌شود که اگر مقدار آن در واحد آب زیاد باشد منجر به کاهش کیفیت آب می‌شود. لازم به ذکر است که مقدار TDS استاندارد در آب آشامیدنی باید در بازه ۲۰ تا ۹۰ ppm باشد و افزایش یا کاهش مقدار آن مشکلات متعددی را برای سلامت انسان به همراه خواهد داشت. یکی از اشتباهات رایج درباره کیفیت آب این است که اغلب افراد TDS را با سختی کل آب TH، برابر می‌دانند. لازم به ذکر است که سختی آب به معنای مقدار ترکیبات کربناتی و غیرکربناتی کلسیم و منیزیم و سایر فلزات سنگین در آب می‌باشد، در حالی که TDS به مقدار کل مواد آلی و غیرآلی موجود در آب گفته می‌شود. در مورد طرز کار دستگاه سنجش TDS مطالبی جمع‌آوری کنید و کیفیت آب مدرسه را با دوستان خود تعیین نمایید.

آلودگی منابع آب زیرزمینی: آب آشامیدنی در اکثر شهرها از منابع زیرزمینی تأمین می‌شود. با وجود این، در سال‌های اخیر، از یک طرف افزایش جمعیت و از طرف دیگر برداشت روزافزون آب از مخازن زیرزمینی باعث کاهش شدید آب در ایخوان‌ها و با ورود آلاینده‌های مختلف کشاورزی، صنعتی و شهری باعث افت کیفیت آب زیرزمینی شده است. کیفیت آب زیرزمینی، بستگی به مقدار املاح موجود در آن دارد. افزون بر املاح آب، برخی آلودگی‌ها توسط انسان نیز به آن وارد می‌شود. منابع آلاینده آب زیرزمینی به صورت نقطه‌ای و یا غیرنقطه‌ای هستند. در حالت نقطه‌ای، مواد آلوده کننده از یک نقطه مشخص، مانند یک چاه فاضلاب (چاه جذبی) به طور مستقیم وارد آب زیرزمینی می‌شوند. از آنجایی که اکثر شهرهای ایران فاقد سیستم جمع‌آوری تصفیه و انتقال فاضلاب‌های خانگی هستند، فاضلاب به طور مستقیم وارد چاه آب می‌شود. در حالت غیرنقطه‌ای، مواد آلوده کننده به وسیله رواناب‌های آلوده از سطح مراتع و یا زمین‌های کشاورزی به زمین نفوذ کرده و وارد آب زیرزمینی می‌شوند.

حريم منابع آب: کیفیت منابع آب زیرزمینی به وسیله کودهای کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و شهری و همچنین کمیت آنها از طریق بهره‌برداری زیاد، در معرض تهدید است. بنابراین حفاظت از این منابع، دارای اهمیت زیادی است. یکی از روش‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی، تعیین حريم برای آنها است. بر این اساس، حريم کمی و کیفی تعریف می‌شود. حريم کمی، براساس شعاع تأثیر دو چاه در نظر گرفته می‌شود که حدود ۵۰۰ متر است. حريم کیفی چاه‌های تأمین کننده آب شرب، به صورت پهنه‌های حفاظتی تعریف می‌شود. منظور از پهنه‌های حفاظتی، محدوده‌ای در اطراف چاه است که آلاینده قبل از رسیدن به چاه از بین می‌رود. پهنه‌های حفاظتی، معمولاً شامل سه بخش داخلی، میانی و بیرونی است (شکل ۳-۶). در حريم داخلی هر گونه فعالیت آلوده کننده‌ای ممنوع می‌باشد. لازم به ذکر است که پس از آلوده شدن ایخوان، هیچ نوع راه حل ارزان و سریعی برای از بین بردن آلودگی از این منابع وجود ندارد.



الف) فرونشست ناگهانی



ب) فرونشست تدریجی

شکل ۳-۷

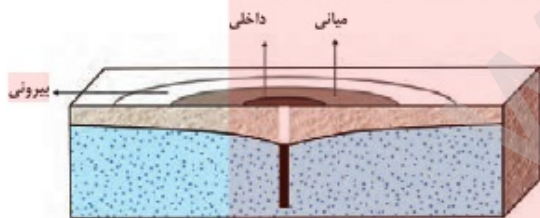
فرونشست زمین: یکی از پیامدهای برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی، فرونشست زمین است. این وضعیت در بسیاری از دشت‌های کشور ما که با بیلان منفی آب زیرزمینی روبه‌رو هستند، مشاهده می‌شود. فرونشست زمین یا به صورت سریع، به شکل فروچاله ایجاد می‌شود (شکل ۳-۷ الف) و یا آرام و نامحسوس به صورت نشست سطح وسیعی از منطقه و ایجاد ترک و شکاف در سطح زمین نمایان می‌شود (شکل ۳-۷ ب). فرونشست زمین می‌تواند خسارت‌های فراوان به زیربناها و انواع سازه‌ها و زمین‌های کشاورزی وارد کند. برای کاهش میزان فرونشست زمین، باید بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی کاهش یابد و با تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها تقویت شوند.

فکر کنید

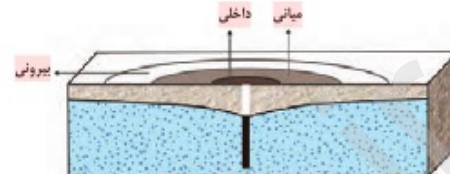
- فرونشست دشت‌ها، چه پدیده‌های مخربی را می‌تواند به همراه داشته باشد؟
- تغذیه مصنوعی چیست و چگونه انجام می‌شود؟

آلودگی منابع آب زیرزمینی: کیفیت آب زیرزمینی، بستگی به مقدار املاح موجود در آن دارد. افزون بر املاح آب، برخی آلودگی‌ها توسط انسان به آن وارد می‌شود. منابع آلاینده آب زیرزمینی، به صورت نقطه‌ای و یا غیرنقطه‌ای هستند. در حالت نقطه‌ای، مواد آلوده کننده از یک نقطه مشخص، مانند یک چاه فاضلاب (چاه جذبی)، به‌طور مستقیم وارد آب زیرزمینی می‌شوند. در حالت غیر نقطه‌ای، مواد آلوده کننده به‌وسیله رواناب‌های آلوده از سطح مراتع، و یا زمین‌های کشاورزی به زمین نفوذ کرده و وارد آب زیرزمینی می‌شوند.

حریم منابع آب: کیفیت منابع آب زیرزمینی به وسیله کودهای کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و شهری و همچنین کمیت آنها از طریق بهره‌برداری زیاد، در معرض تهدید است. بنابراین حفاظت از این منابع، دارای اهمیت زیادی است. یکی از روش‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی، تعیین حریم برای آنها است. بر این اساس، حریم کمی و کیفی تعریف می‌شود. حریم کمی، براساس شعاع تأثیر دو چاه در نظر گرفته می‌شود که حدود ۵۰ متر است. حریم کیفی چاه‌های تأمین کننده آب شرب، به‌صورت پهنه‌های حفاظتی تعریف می‌شود. منظور از پهنه‌های حفاظتی، محدوده‌ای در اطراف چاه است که آلاینده قبل از رسیدن به چاه از بین می‌رود. پهنه‌های حفاظتی، معمولاً شامل سه بخش داخلی، میانی و بیرونی است (شکل ۳-۸).



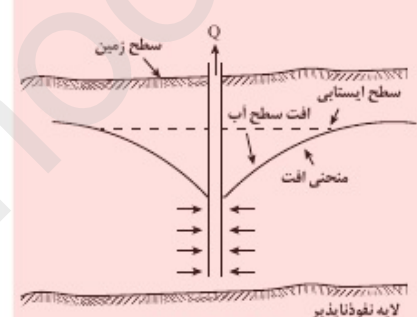
شکل ۳-۸ پهنه‌های حریم چاه



شکل ۳-۶ پهنه‌های حفاظتی چاه آب

به دلیل تفاوت در ویژگی خاک‌ها، مقدار جریان آب زیرزمینی، سرعت نفوذ آلاینده‌ها، شرایط گوناگون محیطی مناسب برای رشد انواع باکتری‌ها و سایر عوامل دیگر، نمی‌توان به‌طور دقیق فاصله‌ای را که فاضلاب در خاک طی می‌کند تا آلاینده‌های آن حذف شوند را مشخص کرد. آلاینده‌ها در خاک‌های ریز دانه پس از طی مسیر کوتاهی متوقف می‌شوند، در حالی که در سنگ‌های دارای درز و شکاف مانند کارست‌ها، قادرند تا فاصله بسیار زیادی حرکت کنند.

به‌طور مثال حداقل حریم بهداشتی برای آلاینده‌های میکروبی باید دارای شعاعی حدود ۱۰۰ متر در اطراف چاه آب باشد. مطالعات نشان داده حرکت و بقای ویروس‌ها و باکتری‌ها در شرایطی که خاک از نوع درشت دانه و اشباع از آب باشد به بیشترین مسافت طی شده می‌رسد. در حالی که اگر سرعت حرکت آب آلوده در خاک آرام و کند باشد اغلب میکروب‌های بیماری‌زا، به دلیل دمای پایین خاک‌ها و کمبود مواد غذایی، پس از گذشت چند هفته از بین رفته و به چاه آب وارد نمی‌شوند.



شکل ۳-۷ مخروط افت چاه آب

بهره‌برداری از آب زیرزمینی: انسان به‌وسیله چاه و قنات آب‌های زیر زمین را خارج می‌کند. چاه حفرةای است که از سطح زمین تا منطقه اشباع حفر شده و در نتیجه آن، آب زیرزمینی در داخل چاه جمع می‌شود. بیرون آوردن آب از چاه به راه‌های مختلف صورت می‌گیرد. (آب بعضی از چاه‌ها مانند چاه ارتزین خود به خود بیرون می‌جهد). وقتی آب زیرزمینی از چاه استخراج می‌شود سطح آب به تدریج در اطراف چاه پایین می‌رود. بر اثر افت سطح آب اطراف چاه، جریان طبیعی آب زیرزمینی تغییر می‌کند و آب از نقاط دورتر و اطراف چاه به سمت آن جریان می‌یابد (شکل ۳-۷). فاصله چاه‌ها از یکدیگر در میزان آلودگی آنها مؤثر است.

گفت و گو کنید

- شکل‌های زیر، گسترش مخروط افت چاه در اثر بهره‌برداری و تلاقی آن با یک لایه نفوذناپذیر و یک رود را نشان می‌دهد. در مورد تأثیر آنها بر روی شکل مخروط افت و میزان آب ورودی به چاه گفت و گو کنید.
- اگر مخروط افت چاه با یک منبع آلاینده مانند یک چاه فاضلاب برخورد کند، چه اتفاقی می‌افتد؟

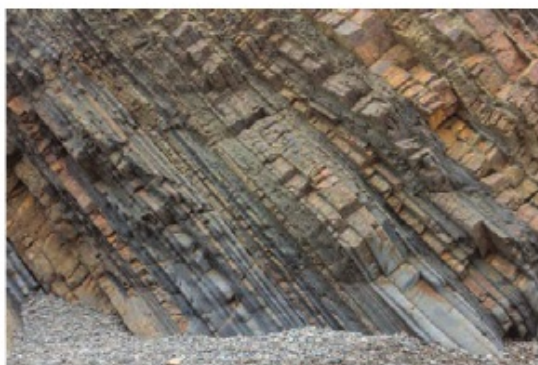


جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	حریم	فعالیت‌های ممنوع
۱	بیرونی	
۲	میانی	
۳	داخلی	

منابع خاک

در کتاب‌های درسی علوم تجربی آموختید که خاک، حاصل هوازدگی و خرد شدن سنگ‌ها است (شکل ۳-۹). خاک، محیط مناسبی برای کشت گیاهان و محلی برای زندگی برخی موجودات زنده است. خاک به‌عنوان سطحی‌ترین قشر زمین و بستر تولید محصول کشاورزی شناخته می‌شود که به‌طور دائمی در معرض تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی است.



شکل ۳-۹. خرد شدن سنگ‌ها

یادآوری

- در گذشته، با هوازدگی و انواع آن آشنا شدید. در این باره به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
- ۱- جنبه‌های مثبت و منفی هوازدگی را بیان کنید.
- ۲- عوامل مؤثر بر هوازدگی فیزیکی و شیمیایی کدام‌اند؟
- ۳- هر یک از تصاویر زیر، کدام نوع هوازدگی را نشان می‌دهد؟



ب



ب



الف

بیان (ترازنامه) آب: محاسبه بیان آب یک لایه آبدار، از بسیاری جهات، مشابه بررسی بیان هزینه یک خانواده یا هر واحد اقتصادی است که کمک می‌کند تا میزان درآمد و هزینه‌ها با هم مقایسه شوند. در مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب نیز، برای آنکه نوسانات حجم ذخیره منابع آب یک منطقه تعیین شود، بیان آب محاسبه می‌شود. بین مقدار آب ورودی I به آبخوان و آب خروجی از آن O و تغییراتی که در حجم ذخیره آب زیرزمینی به وقوع می‌پیوندد ΔS ، رابطه زیر برقرار است:

$$\Delta S = I - O$$

به عبارتی، تغییراتی که در حجم آب داخل آبخوان اتفاق می‌افتد، با اختلاف آب ورودی و خروجی از آن برابر است. اگر مقدار آب ورودی به آبخوان، بیشتر از مقدار آب خروجی باشد، بیان، مثبت و اگر کمتر از آن باشد، بیان، منفی است. برای جلوگیری از ایجاد بحران آب، باید میزان بهره‌برداری از منابع آب، کمتر از میزان تغذیه آن منابع باشد. عدم رعایت این مورد، در طی سال‌های گذشته، منجر به کاهش شدید ذخایر آب زیرزمینی کشور ما شده است. در طی سال‌های گذشته به علت بهره‌برداری زیاد از منابع آبی، بیان منابع آب در کل کشور منفی بوده است. بر این اساس، بسیاری از دشت‌های کشور از نظر توسعه بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی، به‌عنوان دشت ممنوعه اعلام شده است.

تفسیر کنید

- نمودار مقابل، تغییرات سرانه آب تجدیدپذیر و جمعیت کشور در صد سال اخیر را نشان می‌دهد. نمودار را تفسیر کنید.



فرونشست زمین

فرونشست، نوعی حرکت قائم و روبه پایین سطح زمین است که توسط عوامل طبیعی مختلفی مثل ریزش زمین در محل سنگ‌های انحلال‌پذیر، گسل و یا عوامل انسانی مثل استخراج معادن، نفت، گاز و بهره‌برداری از آب زیرزمینی ایجاد می‌شود. با این وجود مهم‌ترین علت فرونشست سطح زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بهره‌برداری بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی است. در اثر خروج آب از منافذ خاک، طرز قرارگیری دانه‌های خاک به هم خورده و از طرفی نیروی ناشی از وزن طبقات بالایی سطح ایستایی باعث آرایش جدیدی در ذرات می‌شوند که کاهش حجم و ضخامت لایه‌های روی آبخوان را در پی خواهد داشت. این پدیده علاوه بر کاهش حجم آبخوان موجب ناپایداری زمین و به هم خوردن تعادل طبیعی لایه‌های خاک می‌گردد. در بسیاری از دشت‌های کشور ما که با بیان منفی آب زیرزمینی روبه‌رو هستند، این وضعیت مشاهده می‌شود. فرونشست زمین به‌صورت سریع، به شکل فروچاله ایجاد می‌شود (شکل ۳-۸ الف) و یا آرام و نامحسوس به‌صورت نشست سطح

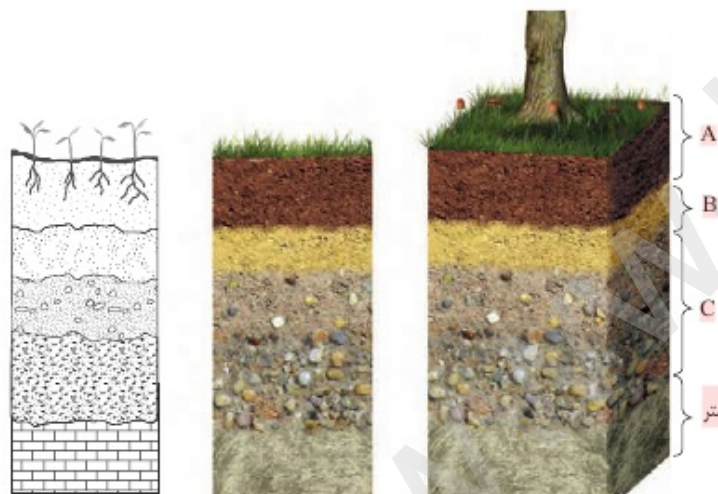
خاک و فرسایش

خاک، از دو بخش آلی (هوموس) و معدنی تشکیل شده است. بخش معدنی، شامل برخی کانی‌ها مانند کانی‌های رسی و کوارتز که حاوی عناصری از قبیل نیتروژن، فسفر، کلسیم و... می‌باشد، البته عوامل تشکیل و ترکیب خاک‌ها، متغیر است و به عواملی مانند نوع سنگ مادر، شیب زمین، فعالیت جانداران و اقلیم منطقه بستگی دارد.

ذرات تشکیل‌دهنده خاک، برحسب اندازه، به سه دسته اصلی درشت دانه (خاک‌های شنی)، متوسط دانه (ماسه و لای) و ریزدانه (خاک‌های رسی) تقسیم می‌شوند. معمولاً خاک‌های طبیعی، ترکیبی از آنها است.

مقدار آبی که خاک‌ها می‌توانند از خود عبور دهند، بستگی به اندازه ذرات خاک دارد. هرچه ذرات خاک، ریزتر باشد، آب بیشتری را در خود نگه می‌دارد و مقدار کمتری را عبور می‌دهد. خاک رس، بسیار ریزدانه است، بنابراین فضای بین ذرات آن بسیار کوچک است به طوری که گردش آب و هوا به خوبی صورت نمی‌گیرد و برای رشد گیاهان مناسب نیست. در خاک‌های شنی، آب به راحتی از میان ذرات عبور می‌کند یعنی، زهکشی خوبی دارد، اما برای رشد گیاهان مناسب نمی‌باشد، چون آب و مواد مغذی را در خود نگه نمی‌دارد. مخلوط مناسب خاک ماسه‌ای و رسی و استفاده از کود مناسب یا گیاه‌خاک، ترکیب مناسبی است که موجب حاصلخیزی خاک می‌شود. به طور کلی، خاک لوم که ترکیبی از ماسه، لای و رس است، خاک دلخواه کشاورزان و باغبان‌ها می‌باشد.

نیم رخ خاک: به مقطع عمودی خاک از سطح زمین تا سنگ بستر که افق‌های مختلف خاک در آن قابل مشاهده می‌باشد، نیم رخ خاک می‌گویند. معمولاً در نیم رخ خاک، افق‌های زیر وجود دارد (شکل ۳-۱۰).

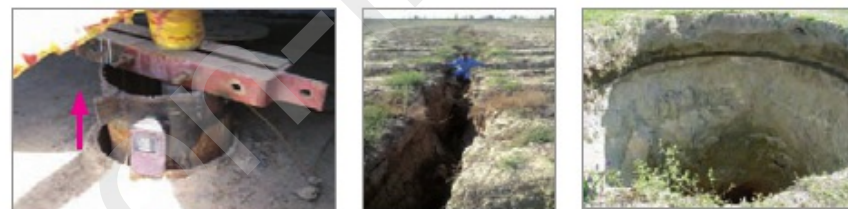


شکل ۳-۱۰. افق‌های خاک و سنگ بستر

۱- لای (سیلت): به ذرات رسی بزرگ‌تر از رس و کوچک‌تر از ماسه گفته می‌شود.

وسیع از منطقه و ایجاد ترک و شکاف در سطح زمین نمایان می‌شود (شکل ۳-۸ ب) این پدیده می‌تواند باعث مشکلاتی مانند کاهش حاصلخیزی خاک، لوله‌زایی (بالا آمدن لوله‌های آب از سطح زمین) (شکل ۳-۸ پ)، ریزش و کج شدن جداره‌ها، تغییر شیب رودخانه‌ها و جاده‌ها، تغییر شیب سطح زمین و افزایش سیل خیزی منطقه گردد.

برای کاهش میزان فرونشست زمین، باید بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی کاهش یابد و با تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها تقویت شوند.



شکل ۳-۸. فرونشست زمین

فعالیت تکمیلی

- فرونشست دشت‌ها، چه پدیده‌های مخبری را می‌تواند به همراه داشته باشد؟
- تغذیه مصنوعی چیست و چگونه انجام می‌شود؟

منابع خاک

در کتاب‌های درسی علوم تجربی آموختید که خاک، محصول هوازدگی فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها همراه با تجمع باقیمانده‌های در حال فساد جانداران است که لایه‌ای را بین سنگ بستر و هواکره تشکیل می‌دهد. خاک به عنوان سطحی‌ترین قشر زمین و بستر تولید محصول کشاورزی شناخته می‌شود که به طور دائمی در معرض تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی است.

خاک، از دو بخش آلی یا هوموس و معدنی تشکیل شده است. بخش معدنی، حداقل ۸۰ درصد خاک را تشکیل می‌دهد و شامل برخی کانی‌ها مانند کانی‌های رسی و کوارتز که حاوی عناصری از قبیل نیتروژن، فسفر، کلسیم و غیره می‌باشد، البته عوامل تشکیل و ترکیب خاک‌ها، متغیر است و به عواملی مانند نوع سنگ مادر، شیب زمین، فعالیت جانداران و اقلیم منطقه بستگی دارد. ذرات تشکیل‌دهنده خاک و رسوبات، برحسب اندازه، به سه دسته اصلی درشت، متوسط و ریزدانه تقسیم می‌شوند. معمولاً خاک‌های طبیعی، ترکیبی از آنها است.

مقدار آبی که خاک‌ها می‌توانند از خود عبور دهند، بستگی به اندازه ذرات خاک دارد. هرچه ذرات خاک، ریزتر باشد، آب بیشتری را در خود نگه می‌دارد و مقدار کمتری را عبور می‌دهد. خاک رس، بسیار ریزدانه است، بنابراین فضای بین ذرات آن بسیار کوچک است به طوری که گردش آب و هوا به خوبی صورت نمی‌گیرد و برای رشد گیاهان مناسب نیست. در خاک‌های شنی، آب به راحتی از میان ذرات عبور می‌کند یعنی، زهکشی خوبی دارد، اما برای رشد گیاهان مناسب نمی‌باشد، چون آب و مواد مغذی را در خود نگه نمی‌دارد. مخلوط مناسب خاک ماسه‌ای و رسی و استفاده از کود مناسب یا گیاه‌خاک، ترکیب مناسبی است که موجب حاصلخیزی خاک می‌شود. به طور کلی، خاک لوم که ترکیبی از ماسه، لای و رس است، از مهم‌ترین خواص این خاک، توانایی حفظ رطوبت و غنی بودن آن از مواد مغذی است، از این رو خاک دلخواه کشاورزان و باغبان‌ها می‌باشد.

افق A، بالاترین لایه خاک است. ریشه گیاهان در آن رشد می کنند. این افق، معمولاً حاوی گیاهخاک (هوموس) به همراه ماسه و رس است. وجود مواد آلی باعث رنگ خاکستری تا سیاه این افق می شود. در افق B یا خاک میانی، رس، ماسه، شن، املاح شسته شده از افق A و مقدار کمی گیاهخاک وجود دارد. افق C، خاک زیرین است و در آن، مواد سنگی به میزان کم، تخریب و تجزیه شده اند، در نتیجه سنگ اولیه تغییر زیادی نکرده و به صورت قطعات خرد شده است. در زیر این افق، سنگ بستر قرار دارد که تخریب و تجزیه ای در آن صورت نگرفته است. اگرچه این افق ها در بسیاری از نیم رخ خاک ها مشاهده می شود ولی، خاک های مناطق مختلف از نظر رنگ، بافت، ضخامت و ترکیب شیمیایی متفاوت هستند. خاک حاصل از تخریب سیلیکات ها و سنگ های فسفاتی، از نظر کشاورزی و صنعتی ارزش زیادی دارد. در صورتی که خاک های حاصل از تخریب سنگ ها دارای کانی های مقاوم (مانند کوارتز) که غالباً شنی و ماسه ای می باشند، فاقد ارزش کشاورزی هستند. در کشاورزی، خاکی را حاصلخیز می گویند که موجب رشد بیشتر گیاه شود مانند مناطق گرم و مرطوب که هوازدهی شیمیایی اهمیت بیشتری دارد.

فرایند تشکیل خاک، بسیار کند است. در شرایط طبیعی، به طور میانگین ۳۰۰ سال زمان لازم است تا خاکی به ضخامت ۲۵ میلی متر تشکیل شود.

فکر کنید

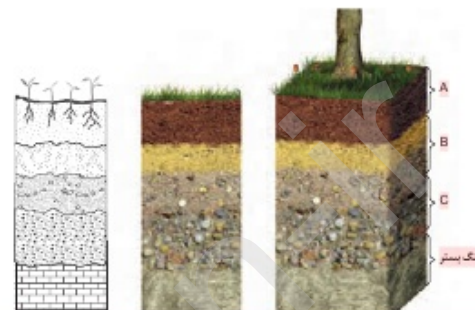
- درباره خاک مناطق مختلف آب و هوایی، جدول زیر را با کلمات (کم، زیاد) کامل کنید.

خاک مناطق	مقدار گیاهخاک	ضخامت خاک
معتدل	زیاد	
استوایی		زیاد
قطبی	کم	
بیابانی		کم

- بیشترین محصولات کشاورزی از مناطق معتدل به دست می آید. علت این امر چیست؟

فرسایش: فرسایش، فرایندی مداوم است که طی آن، ذرات خاک از بستر اصلی خود جدا و به کمک عوامل انتقال دهنده به مکان دیگری حمل می شود. فعالیت های انسانی آن را کاهش یا افزایش می دهد اما نمی تواند آن را کاملاً متوقف کند. مقدار فرسایش پذیری خاک، معمولاً در ایام مختلف سال، ثابت نیست.

فرسایش به طور طبیعی و توسط عواملی مانند آب های جاری، باد، یخبندل، نیروی جاذبه و آب های زیرزمینی و بدون دخالت انسان و به آرامی، یا با سرعت زیاد انجام می شود. فعالیت های انسانی مانند کشاورزی، معدن کاری، جاده سازی و سایر فعالیت های عمرانی، فرسایش طبیعی را تشدید می کنند. افزون بر انسان، سایر جانداران نیز، در افزایش این فرسایش ها نقش دارند.



نیم رخ خاک: به مقطع عمودی خاک از سطح زمین تا سنگ بستر که افق های مختلف خاک در آن قابل مشاهده می باشد، نیم رخ خاک می گویند. معمولاً در نیم رخ خاک، افق های زیر وجود دارد (شکل ۳-۹).

شکل ۳-۹. افق های خاک و سنگ بستر

افق A، بالاترین لایه خاک است. ریشه گیاهان در آن رشد می کنند. این افق، معمولاً حاوی گیاهخاک (هوموس) به همراه ماسه و رس است. وجود مواد آلی باعث رنگ خاکستری تا سیاه این افق می شود. در افق B یا خاک میانی، رس، ماسه، شن، املاح شسته شده از افق A و مقدار کمی گیاهخاک وجود دارد. افق C، خاک زیرین است و در آن، مواد سنگی به میزان کم، تخریب و تجزیه شده اند، در نتیجه سنگ اولیه تغییر زیادی نکرده و به صورت قطعات خرد شده است. در زیر این افق، سنگ بستر قرار دارد که تخریب و تجزیه ای در آن صورت نگرفته است. اگرچه این افق ها در بسیاری از نیم رخ خاک ها مشاهده می شود ولی، خاک های مناطق مختلف از نظر بافت، رنگ، ضخامت و ترکیب شیمیایی متفاوت هستند. خاک حاصل از تخریب سیلیکات ها و سنگ های فسفاتی، از نظر کشاورزی و صنعتی ارزش زیادی دارد. به طور مثال، بر اثر هوازدهی شیمیایی فلدسپارها، کانی های رسی مانند کائولینیت ایجاد می شود که علاوه بر اهمیت آن در تشکیل خاک، در صنعت کاشی سازی و چینی سازی نیز شرکت دارند. در اغلب اقلیم ها، کوارتز در مقابل هوازدهی شیمیایی فوق العاده پایدار است و فقط به طور جزئی حل می شود، در نتیجه خاک های حاصل از تخریب سنگ های دارای کانی مقاومی مانند کوارتز، غالباً شنی و ماسه ای بوده و فاقد ارزش کشاورزی هستند. در کشاورزی، خاکی را حاصلخیز می گویند که موجب رشد بیشتر گیاه شود مانند خاک های تشکیل شده در مناطق گرم و مرطوب که هوازدهی شیمیایی در آنها اهمیت بیشتری دارد.

فعالیت تکمیلی

- علت تنوع رنگ خاک در مناطق مختلف چیست؟



فرسایش

هوازدهی مقدمه فرسایش است و در طی فرسایش، هوازدهی نیز همچنان ادامه دارد. فرسایش، فرایندی مداوم است که طی آن، ذرات خاک از بستر اصلی خود جدا و به کمک عوامل انتقال دهنده به مکان دیگری حمل می شود. مقدار فرسایش پذیری خاک، معمولاً در ایام مختلف سال، ثابت نیست.

فرسایش به طور طبیعی و توسط عواملی مانند آب های جاری، باد، یخبندل، نیروی جاذبه و آب های زیرزمینی و بدون دخالت انسان و به آرامی، یا با سرعت زیاد انجام می شود. فعالیت های انسانی آن را کاهش یا افزایش می دهد، اما نمی تواند آن را کاملاً متوقف کند. فعالیت های انسانی مانند کشاورزی، معدن کاری، جاده سازی و سایر فعالیت های عمرانی، فرسایش طبیعی را تشدید می کنند. افزون بر انسان، سایر جانداران نیز، در افزایش این فرسایش ها نقش دارند.

فکر کنید

• در هر یک از تصاویر زیر، که نمونه‌هایی از فرسایش زمین را نشان می‌دهد، کدام عامل فرسایشی، دخالت بیشتری دارد؟



الف



ب

فرسایش آب‌های جاری: تاکنون رودهای کوچک یا بزرگی را دیده‌اید. بعضی از رودها، آب زلالی دارند، ولی برخی دیگر گل‌لودند. رودها همواره سطح زمین را در جایی می‌فرسایند و مواد حاصل را در جای دیگر ته‌نشین می‌کنند. فرسایش سطح زمین از لحظه فرود قطرات باران شروع می‌شود. هر قطره باران، در لحظه برخورد به زمین، دارای مقداری انرژی جنبشی است که می‌تواند ذرات خاک را سست و پراکنده کند آن‌گاه این ذرات توسط آب‌های سطحی شسته می‌شوند. این گونه فرسایش، که «فرسایش ورقه‌ای» خوانده می‌شود، نقش مهمی در فرسایش و سست‌وشوی خاک در سطح حوضه آبریز دارد.



شکل ۳-۱۰

اگر سطح زمین به‌وسیله پوشش گیاهی محافظت نشده باشد فرسایش بیشتری پیدا کرده و در سطح زمین مجاری و آبراهه‌های کوچکی ایجاد می‌شود. با ادامه فرسایش، این مجاری وسیع‌تر و عمیق‌تر شده و شیارهای بزرگ‌تری به‌وجود می‌آید. مهم‌ترین ویژگی بارندگی که در فرسایش زمین مؤثر است، شدت و مدت بارش است. هنگامی که جریان آب، شدت پیدا کند، باعث فرسایش خندقی و از بین رفتن زمین‌های با ارزش کشاورزی می‌شود. پیدایش خندقی‌ها، علاوه بر آنکه از ارزش زمین‌های کشاورزی می‌توان می‌کاهد، باعث تخریب جاده‌ها، پل‌ها و ساختمان‌ها می‌شود. در اغلب شرایط می‌توان با ساخت کانال و ایجاد پوشش گیاهی، انرژی جریان آب را کاهش داد (شکل ۳-۱۰).

قدرت فرساینده‌ی رواناب، بستگی به سرعت و میزان مواد معلق موجود در رواناب دارد. هر چه سرعت رواناب، جرم و میزان مواد معلق بیشتر باشد، انرژی جنبشی آب و در نتیجه، قدرت فرساینده‌ی آن بیشتر می‌شود. قدرت فرساینده‌ی آب خالص، کمتر از آب دارای مواد معلق است. وقتی میزان مواد معلق، بیشتر از توان حمل رواناب باشد و یا از سرعت آب جاری کاسته شده و انرژی خود را از دست بدهد، رسوب‌گذاری رود شروع می‌گردد. سرعت رود وقتی کم می‌شود که درجه شیب بستر آن کاهش یافته، بسترش عرضی شود، یا مقدار آب آن کاهش یابد. رودها مخصوصاً زمانی سرعت خود را از دست می‌دهند که وارد دریا و یا مخزن سدها شوند و در اینجاست که تمام مواد همراهشان رسوب خواهد کرد.

بیشتر بدانید

• پس از ته‌نشین شدن ذرات رسوبی (آواری، شیمیایی و زیستی) در محیط رسوبی، تغییراتی در مشخصات، ویژگی‌ها و ترکیب رسوبات ایجاد می‌شود. مجموعه فرایندها و فعل و انفعالاتی که پس از رسوب‌گذاری ذرات و در طی سنگ شدن آنها به وقوع می‌پیوندد و باعث تغییر فیزیکی و شیمیایی رسوبات می‌گردد، دیاژنز نام دارد. عمل دیاژنز بلافاصله پس از رسوب‌گذاری آغاز می‌شود و تا قبل از دگرگونی ادامه پیدا می‌کند. محدوده دمایی دیاژنز بین صفر تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و معمولاً در عمق ۱۰ الی ۱۵ کیلومتر است. در جدول زیر، انواع رسوبات براساس اندازه آنها آمده است. رسوبات متوسط تا دانه درشت توسط فرایند سیمان‌شدگی به سنگ‌های رسوبی تبدیل می‌شوند. گردش‌دهی ذرات رسوبی مثلاً در سنگ کنگلومرا نیز می‌تواند توسط حمل شدن رسوبات در طی مسافت‌های طولانی ایجاد شود.

انواع رسوبات (متفصل و ناپیوسته)	ذرات	سنگ‌های رسوبی
دانه درشت (بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر)	قطعه سنگ قلو‌سنگ ریگ شن	کنگلومرا (ذرات گرد) یا برش (ذرات زلویه‌دار)
دانه متوسط (۱/۱۶-۲ میلی‌متر)	ماسه	ماسه سنگ
دانه ریز (کوچک‌تر از ۱/۱۶ میلی‌متر)	سیلت رسی	سیلت سنگ شیل

گفت و گو کنید

• درباره نقش فعالیت های انسان در افزایش و کاهش فرسایش خاک گفت و گو کنید.



شکل ۱۱-۳. فرسایش خندقی

فرسایش آبی: در مناطقی که آب بر روی خاک بدون پوشش گیاهی، در جریان باشد، مقداری از ذرات خاک از بستر، جدا و با آب حمل می شوند. مهم ترین ویژگی بارندگی که در فرسایش زمین مؤثر می باشد، شدت و مدت بارش است. هنگامی که جریان آب، شدت پیدا کند، باعث فرسایش خندقی و از بین رفتن زمین های بالارزش کشاورزی می شود. پیدایش خندقی ها، علاوه بر آنکه از ارزش زمین های کشاورزی می کاهد، باعث تخریب جاده ها، پل ها و ساختمان ها می شود. در اغلب شرایط می توان با ساخت کانال و ایجاد پوشش گیاهی، انرژی جریان آب را کاهش داد (شکل ۱۱-۳).

فکر کنید

• هر یک از پیامدهای زیر، مربوط به کدام نوع بارندگی (آرام و طولانی - شدید و کوتاه - شدید و طولانی) است؟
نفوذ آب به ایخون - فرسایش خاک - وقوع سیل - ایجاد رواناب

قدرت فرسایش رواناب، بستگی به سرعت و میزان مواد معلق موجود در رواناب دارد. هر چه سرعت رواناب، جرم و میزان مواد معلق بیشتر باشد، انرژی جنبشی آب و در نتیجه، قدرت فرسایش آن بیشتر می شود. قدرت فرسایش آب خالص، کمتر از آب دارای مواد معلق است. وقتی میزان مواد معلق، بیشتر از توان حمل رواناب باشد و یا از سرعت آب جاری کاسته شود، رسوب گذاری رود شروع می گردد.

جمع آوری اطلاعات

در مورد فرسایش خاک و عوامل مؤثر بر آن، اطلاعاتی جمع آوری کنید و به پرسش های زیر پاسخ دهید.

- ۱- برای افزایش نفوذپذیری خاک، به منظور کاهش رواناب، چه اقدامی می توان انجام داد؟
- ۲- آتش زدن زمین های کشاورزی، پس از برداشت محصول، چه تأثیری بر فرسایش خاک دارد؟

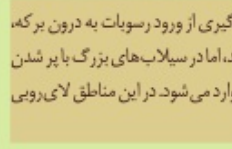
فرسایش خاک، باعث کاهش سطح زیر کشت و کاهش حاصلخیزی زمین ها می شود. همچنین با ته نشینی مواد در آبراهه ها و مخازن سدها و کاهش ظرفیت آب گیری آنها، خسارت های فراوانی را ایجاد می کند.

فرسایش خاک باعث کاهش ضخامت خاک، موادمعدنی و آلی از آن شده، به تدریج حاصلخیزی خود را از دست می دهد. همچنین با ته نشینی رسوبات در آبراهه ها و مخازن سدها و کاهش ظرفیت آب گیری آنها، خسارت های فراوانی را ایجاد می کند. خاک های ماری از فرسایش پذیرترین خاک ها به خصوص در مناطق خشک به حساب می آیند. مارن ها مخلوطی از ذرات منفصل آهکی و رسی هستند. این رسوبات دارای فرسایش پذیری بالایی بوده و سالیانه مقادیر زیادی رسوب تولید می کنند که باعث کاهش حاصلخیزی خاک و کاهش ظرفیت مخازن سدها می شود. از خصوصیات این نوع خاک ها می توان به نفوذپذیری کم، فقر پوشش گیاهی و شکل های مختلف فرسایشی مانند خندقی اشاره کرد.

حفاظت آب و خاک: آب و خاک برای هر کشور، به عنوان سرمایه های ارزشمند اهمیت فراوان دارد زیرا، آب و خاک از عوامل ضروری برای رشد گیاه و افزایش محصولات کشاورزی، باغی و جنگلی است. حفاظت آب و خاک علاوه بر آنکه باعث جلوگیری از آلودگی هوا و فرسایش خاک می شود با استفاده بهینه از این منابع موجب رسیدن به توسعه پایدار خواهد شد.

فرایند تشکیل خاک بسیار کند است. در شرایط طبیعی به طور میانگین ۳۰۰ سال زمان لازم است تا خاکی به ضخامت ۲۵ میلی متر تشکیل شود، لذا باید در بهره برداری از خاک دقت لازم را به عمل آورد. هدف از حفاظت خاک، جلوگیری از تخریب تدریجی خاک است. زمانی این هدف تحقق می یابد که سرعت فرسایش خاک، کمتر از سرعت تشکیل آن باشد.

بیشتر بدانید



• سازندهای مارینی سطح وسیعی از کشور ایران را دربر گرفته است. فرسایش پذیری بالای این سازندها در سطح حوزه های آبخیز کشور مسائل و مشکلات زیادی از جمله کاهش کیفیت خاک در اراضی کشاورزی و مرتعی و جنگلی، افزایش خطر حرکات توده های و زمین لغزش، کاهش کیفیت منابع آب سطحی، افزایش میزان بار معلق رسوبی وارد شده به مخازن سدهای کشور، بیابانی شدن مناطق به علت فرسایش شدید و شکست طرح های آبخیزداری اکثراً به دلیل شناخت ناکافی از میزان حساسیت سازندهای مارینی در مقابل عوامل فرسایش بوده است. اثبات رسوب در برکه ها و یا آب انبارها که همچنان مورد استفاده مردم بومی در تأمین آب شرب آنها است، از مشکلاتی است که باعث می شود تا این سازه سنتی ذخیره ای آب دچار مشکلات زیادی بشود. حساسیت سازندهای زمین شناسی به فرسایش خاک و تولید رسوب باعث جمع شدن رسوبات در مخازن برکه ها و کاهش حجم ذخیره آب گیری آن می گردد. هر چند مردم محلی با دانش بومی خود در مکان یابی برکه ها مسئله رسوب را در نظر می گیرند و از طرف دیگر به منظور جلوگیری از ورود رسوبات به درون برکه، در محل ورودی آب، نسبت به احداث حوضچه رسوب گیر اقدام می نمایند، اما در سیلاب های بزرگ با پر شدن حوضچه رسوب گیر از رسوب معمولاً مقدار زیادی از رسوبات به برکه ها وارد می شود. در این مناطق لای رومی و رسوب برداری با شیوه های دستی و به کمک تراکتور انجام می شود.

بیشتر بدانید

● به علت بهره‌برداری غیر اصولی و نادرست بشر تاکنون، میلیون‌ها هکتار از جنگل‌ها، مراتع و زمین‌های کشاورزی به زمین‌های بایر تبدیل شده است، فرسایش انسانی، یکی از مشکلات جهانی است. طبق تخمین سازمان خواربار جهانی (فائو) هر سال بیش از ۷۵ میلیارد تن خاک از سطح خشکی‌ها فرسایش می‌یابد. در کشور ما، آثار و علائم فرسایش در اکثر نقاط دیده می‌شود.

حفاظت آب و خاک: آب و خاک برای هر کشور، به عنوان سرمایه‌های ارزشمند، اهمیت فراوان دارد زیرا آب و خاک از عوامل ضروری برای رشد گیاه و افزایش محصولات کشاورزی، باغی و جنگلی است. حفاظت از منابع آب به منظور استفاده بهینه از این منابع و رسیدن به توسعه پایدار است. حفاظت آب و خاک در جلوگیری از آلودگی هوا و فرسایش خاک، تأثیر فراوانی دارد. هدف از حفاظت خاک، جلوگیری از تخریب تدریجی خاک است. زمانی این هدف تحقق می‌یابد که سرعت فرسایش خاک، کمتر از سرعت تشکیل آن باشد.



● **هیدروژئولوژی:** مطالعه در زمینه چگونگی حرکت آب در درون زمین، اکتشاف و شناخت ویژگی‌های آب‌های زیرزمینی، نحوه بهره‌برداری و فعالیت‌های عمرانی و معدنی مرتبط با آب‌های زیرزمینی در علم هیدروژئولوژی انجام می‌شود.

● **رسوب‌شناسی:** مواد حاصل از فرسایش کوه‌ها

توسط عوامل فرسایشی همچون آب، باد و یخ به مناطق پست یا حوضه رسوبی انتقال یافته و در آنجا بر روی هم انباشته می‌شوند. این مواد پس از سخت شدن، به سنگ‌های رسوبی تبدیل می‌شوند. در رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، فرایندهای انتقال، ته‌نشینی و تبدیل رسوبات به سنگ‌های رسوبی مطالعه می‌شود.

متخصصین این رشته در سازمان‌ها و شرکت‌های تابعه وزارت نیرو، وزارت جهاد کشاورزی، صنعت، معدن و تجارت، سازمان محیط زیست، شرکت‌های مهندسی مشاور مرتبط با تأمین و انتقال



فرسایش زمین و تشکیل دره توسط آب و باد

علم، زندگی، کار آفرینی

علم، زندگی، کار آفرینی



● **هیدروژئولوژی:** مطالعه در زمینه چگونگی حرکت آب در درون زمین، اکتشاف و شناخت ویژگی‌های آب‌های زیرزمینی، نحوه بهره‌برداری و فعالیت‌های عمرانی و معدنی مرتبط با آب‌های زیرزمینی در علم هیدروژئولوژی انجام می‌شود.

● **رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی:** مواد حاصل از فرسایش کوه‌ها توسط عوامل فرسایشی همچون آب، باد و یخ به مناطق پست یا حوضه رسوبی انتقال یافته و در آنجا بر روی هم انباشته می‌شوند. این مواد پس از سخت شدن، به سنگ‌های رسوبی تبدیل می‌شوند. در رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، فرایندهای انتقال، ته‌نشینی و تبدیل رسوبات به سنگ‌های رسوبی مطالعه می‌شود.

متخصصین این رشته در سازمان‌ها و شرکت‌های تابعه وزارت نیرو، وزارت جهاد کشاورزی، صنعت، معدن و تجارت، سازمان محیط زیست، شرکت‌های مهندسی مشاور مرتبط با تأمین و انتقال آب، سدسازی و تونل‌سازی، وزارت راه و شهرسازی، شهرسازی و شهرسازی و ... می‌توانند در هدایت پروژه‌های عمرانی و پژوهشی کمک شایانی داشته باشند.



فرسایش زمین و تشکیل دره توسط آب و باد



دریاچه پشت سد کارون - ۳



چین خوردگی

فصل ۴

زمین‌شناسی و سازه‌های مهندسی

انسان از گذشته‌های دور، بناهایی ساخته است که هنوز هم پس از گذشت هزاران سال، باقی مانده‌اند. ستون‌های بزرگ تخت‌جمشید، بناهای چغازنبیل، اهرام مصر، دیوار چین و قنات‌های باستانی با وجود گذشت سال‌ها، هنوز هم پابرجا هستند و دانش مهندسی را در عهد باستان نشان می‌دهند. به‌راستی، چه عواملی باعث شده است تا این بناها همچنان پابرجا بمانند؟ در ساخت آنها، از چه مصالحی استفاده شده است؟ جاده‌ها، راه‌آهن، پل‌ها، تونل‌ها، خطوط انتقال نفت، گاز و آب، سد‌ها، کارخانه‌ها، ساختمان‌های بلند، برج‌های مخابراتی مانند برج میلاد و همه سازه‌های مهندسی، از موادی ساخته می‌شوند که از زمین به‌دست می‌آیند.

بارها در رسانه‌ها، اخبار مربوط به انواع ریزش سنگ در جاده‌های کوهستانی، تخریب ساختمان‌ها و سازه‌های سنگین به دلیل گودبرداری، ریزش تونل‌ها، فرار آب از سد‌ها و تخریب بدنه آنها، ریزش پل‌ها و ... را شنیده‌اید.

یکی از مسائل اصلی در ساخت و نگهداری سازه‌ها، پایداری زمین است. در ساخت سازه‌ها، مسائل مختلف زمین‌شناسی مطرح است که باید مورد مطالعه قرار گیرد. یکی از وظایف مهم زمین‌شناس، تشخیص احتمال وقوع فرایندهای مخرب و ارائه روش‌های مقابله با آنها است به نحوی که، آسیبی به تأسیسات و سازه‌های مهندسی وارد نشود.



فصل ۴

پویایی زمین

اگر می‌توانستیم یک میلیارد سال به گذشته بازگردیم زمین را سیاره بسیار متفاوت با سیاره امروزی می‌یافتیم. در آن صورت کوه‌ها و دریاها به شکل‌های امروزی وجود نداشتند و قاره‌ها نیز به شکل‌های دیگری بودند. در طول چند دهه گذشته اطلاعات بسیار زیادی درباره زمین جمع‌آوری شد که به تحولات زیادی در علم زمین‌شناسی با تأکید بر پویایی سیاره زمین منجر گردید. امروزه زمین‌شناسان معتقدند که سطح زمین یک پارچه نیست و در برخی نقاط بریده و از هم جدا می‌باشد. این قطعات ثابت نیستند و نسبت به هم در حال حرکت‌اند. میزان این جابه‌جایی بسیار کم و در حد چند سانتی‌متر در سال است.





سکوی نفتی - خلیج فارس



تونل نیایش - تهران

مکان‌یابی سازه‌ها

قبل از اجرای پروژه‌های عمرانی مانند سد، نیروگاه، پل، مجتمع‌های تجاری و مسکونی، برج‌ها و ... که سازه نامیده می‌شوند، انجام مطالعات زمین‌شناسی سنگ بستر آنها، ضروری است. در این مطالعات، تاهمواری‌های سطح زمین، استحکام سنگ‌ها، نفوذپذیری، پایداری دامنه‌ها در برابر ریزش و جنس مصالح به کار رفته در سازه مورد بررسی قرار می‌گیرد. مورفولوژی (شکل‌شناسی) و پستی و بلندی‌های محل احداث سازه، در پایداری آن تأثیر قابل توجهی دارد.



● شکل روبه‌رو، دره V شکل است؛ با توجه به مورفولوژی منطقه، آیا احداث پل بر روی آن را مناسب می‌دانید؟

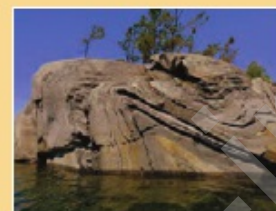
بیشتر
پیشندیشید

یکی از عوامل مهم در مکان‌یابی ساختگاه سازه‌ها، مقاومت زمین پی آنها در برابر نیروهای وارده است. به عنوان مثال، در پشت یک سد، فشار زیادی از طرف آب به لایه‌های زیرین، تکیه‌گاه و همچنین بدنه سد، وارد می‌شود. سد نیز، وزن زیادی دارد که گاه به چندین میلیون تن می‌رسد. بنابراین، سنگ‌های پی سد، باید در برابر تنش‌های ناشی از وزن سد، مقاوم باشند و دچار گسیختگی و نشست نشوند.

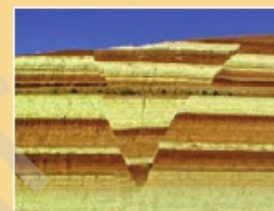
تنش

هرگاه سنگ، تحت تأثیر نیرویی از خارج قرار گیرد، در داخل سنگ نیز، نیرویی بر واحد سطح وارد می‌شود که تنش نامیده می‌شود. تنش‌های وارده بر یک سنگ یا خاک، ممکن است به صورت کششی، فشاری یا برشی یا ترکیبی از آنها باشند. تنش‌های وارده بر سنگ‌ها و خاک‌ها، باعث تغییر شکل آنها می‌شود.

$$\text{تنش} = \frac{F \text{ نیرو (N)}}{A \text{ سطح (m}^2\text{)}}$$



چین خوردگی



گسل (پلر گراه زنگان - میانه)



آتشفشان

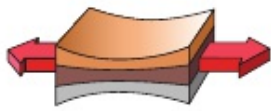
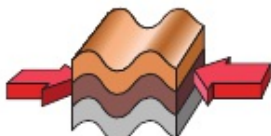
برای بررسی عوامل ایجادکننده تغییرات بزرگ در سطح زمین، لازم است نظریه زمین‌ساخت ورقه‌ای را بشناسیم و نشانه‌های پویایی سیاره زمین مانند تشکیل زمین لرزه‌ها، آتشفشان‌ها، چین خوردگی و شکستگی‌ها را به کمک آن تفسیر کنیم. در سال‌های قبل با مفاهیم اولیه‌ای از سنگ کره، ساز و کار حرکت ورقه‌ها و نظریه زمین‌ساخت ورقه‌ای آشنا شدید. نظریه‌ای که برای نخستین بار دید جامعی درباره فعالیت‌های درونی زمین به دانشمندان داد. این نظریه چنان جامع است که بیشتر فرایندهای زمین‌شناسی را به کمک آن می‌توان درک کرد.

می‌دانیم که ورقه‌های سنگ کره، به دو نوع قاره‌ای و اقیانوسی تقسیم می‌شوند. البته گاهی ممکن است بخشی از یک ورقه، جنس قاره‌ای و در بخش دیگر از جنس اقیانوسی باشد (مانند ورقه هند) و یا در همه جا از آب پوشیده شده و از جنس اقیانوسی باشد (مانند ورقه اقیانوس آرام). سنگ کره قاره‌ای، نسبت به سنگ کره اقیانوسی ضخامت بیشتر و چگالی کمتری دارد. از طرفی سن ورقه‌های قاره‌ای زیاد و حدود ۳/۸ میلیارد سال بوده، در حالی که سنگ‌های بستر اقیانوس‌ها حداکثر ۲۰۰ میلیون سال قدمت دارند.

چرخه ویلسون

ویلسون در سال ۱۹۶۸ میلادی چرخه‌ای را برای تکامل اقیانوس‌ها پیشنهاد نمود که به نام خود او معروف گردید. این چرخه با ایجاد گسستگی در پوسته به صورت شکاف قاره‌ای (ریفت) شروع و با فرایند بازشدگی و ایجاد یک حوضه اقیانوسی ادامه پیدا می‌کند. طی این چرخه ابتدا یک ریفت (مثل شرق آفریقا) به اقیانوسی کم‌عرض همانند دریای سرخ و سپس به اقیانوسی با عرض نسبتاً زیاد همانند اطلس تبدیل می‌شود. با گذشت زمان و ادامه گسترش، بستر اقیانوس مجبور به فرورائش در طرفین می‌گردد (اقیانوس آرام). سپس این اقیانوس وسیع، تبدیل به اقیانوس کوچکی که در حال بسته شدن است، می‌گردد (همانند مدیترانه). سرانجام قاره‌های دوطرف آن به هم برخورد نموده و در نتیجه این برخورد کمربندهای کوه‌زایی شکل می‌گیرد (شکل ۱-۳).

جدول ۴-۱- انواع تنش

نوع تنش	اثر بر روی سنگ	تغییر شکل
کششی	گسستگی سنگ	
فشاری	متراکم شدن سنگ	
برشی	بریدن سنگ	

مقاومت سنگ، عبارت است از حداکثر تنش یا ترکیبی از تنش‌ها که سنگ می‌تواند تحمل کند، بدون آنکه بشکند. هر چه مقاومت سنگ، در مقابل این تنش‌ها، کمتر باشد، سنگ ناپایدارتر است و سطوح شکست بیشتری در آن ایجاد می‌شود. از این رو، شکستگی سنگ‌ها و ایجاد درزه‌ها، باعث ناپایداری سنگ یا خاک در پی سازه‌ها می‌شوند. در مطالعات آغازین یک پروژه، به‌منظور نمونه‌برداری از خاک یا سنگ پی‌سازه، گمانه‌ها یا چال‌های باریک و عمیقی در نقاط مختلف محل احداث سازه حفر می‌شود. نمونه‌های سنگ یا خاک برداشت‌شده، به آزمایشگاه‌های تخصصی ارسال می‌شود و مقدار مقاومت سنگ و خاک در برابر تنش‌های وارده را مورد بررسی قرار می‌دهند (شکل ۴-۱).



ب) سر مت حفاری

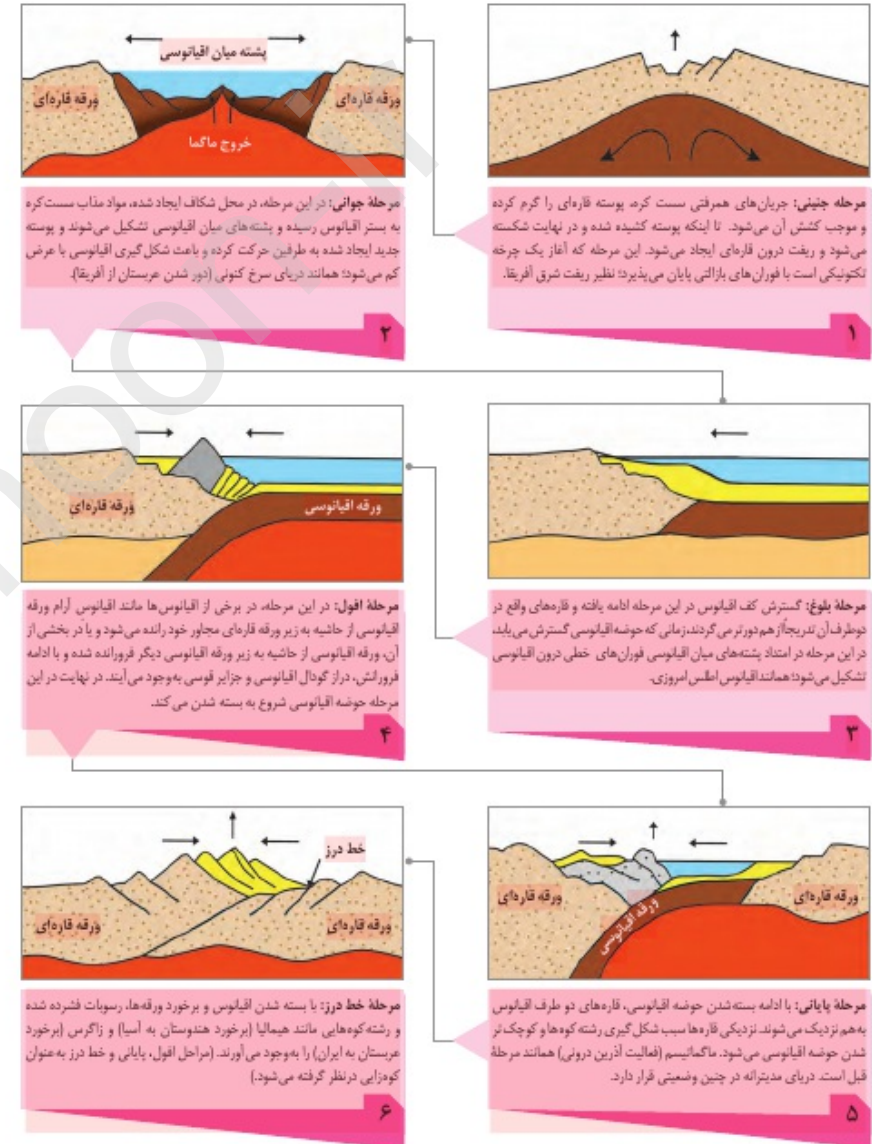


ب) دستگاه حفاری گمانه



الف) نمونه‌گیری با گمانه‌های اکتشافی

شکل ۴-۱



شکل ۴-۱- مراحل چرخه ویلسون

رفتار مواد در برابر تنش

مواد جامد بر اثر تنش، تغییر شکل می‌دهند. مقدار و نوع تغییر شکل ایجاد شده، به رفتار آنها در برابر تنش بستگی دارد (شکل ۴-۲).



ب) شکنده



ب) خمیرسان
شکل ۴-۲



الف) کش‌سان

برخی از اجسام، مانند سنگ‌ها از خود رفتار کش‌سان (الاستیک) نشان می‌دهند. بدین معنی که با اعمال تنش، سنگ‌ها دچار تغییر شکل می‌شوند و با رفع تنش، به حالت اولیه خود بازمی‌گردند. اما، اگر تنش ناگهانی و از حد مقاومت سنگ بیشتر شود، سنگ دچار شکستگی می‌شود و درزه‌ها و گسل‌ها را به وجود می‌آورد. برخی از سنگ‌ها از خود رفتار خمیرسان (پلاستیک) نشان می‌دهند یعنی، پس از رفع تنش، سنگ‌های تغییر شکل یافته، به‌طور کامل به حالت اولیه خود بر نمی‌گردند.



ب) رفتار شکنده سنگ‌ها



الف) رفتار پلاستیک سنگ‌ها

شکل ۴-۳. انواع رفتار سنگ‌ها در برابر تنش

مقاومت انواع سنگ‌ها در برابر تنش وارده، متفاوت است. سنگ‌های آذرین، می‌توانند تکیه‌گاه مناسبی برای سازه‌ها باشند؛ مانند پی سنگ سد امیرکبیر که از جنس سنگ گابرو است. بعضی از سنگ‌های دگرگونی، مانند کوارتزیت و هورنفلس که مقاومت بیشتری دارند، می‌توانند تکیه‌گاه مناسبی برای سازه‌های سنگین باشند و برخی دیگر از آنها مانند شیست‌ها که سست و ضعیف هستند، برای پی سازه‌ها مناسب نیستند. برخی از سنگ‌های رسوبی، مانند ماسه سنگ‌ها، استحکام لازم برای ساخت سازه را ندارند اما، سنگ‌های تخییری مانند سنگ گچ، ژئیس نمک (به دلیل انحلال پذیری) و شیل‌ها (به دلیل تورق و سست بودن) در برابر تنش مقاوم نیستند.

نفوذپذیری

یکی دیگر از عوامل مؤثر در مکان‌یابی سازه‌ها، نفوذپذیری خاک و سنگ است. سنگ‌های کربناتی، به سنگ‌های رسوبی گفته می‌شود که بیش از ۵۰ درصد آنها کانی‌های کربناتی (کلسیت و دولومیت) باشد. این سنگ‌ها، اغلب درزه‌دار هستند. با گذشت زمان و در جریان آب‌های نفوذی، بخش‌هایی از این سنگ‌ها در آب حل و در آن حفره‌هایی تشکیل می‌دهند. پیشرفت عمل انحلال، ممکن است منجر به تشکیل حفره‌های انحلالی بزرگ در این سنگ‌ها و ایجاد غارها شود (شکل ۴-۴).

پاسخ دهید

- علت حرکت ورقه‌های سنگ کره چیست؟
- پیامدهای حاصل از حرکت ورقه‌ها را ذکر کنید.
- علت فروزان ورقه آقیانوسی و عامل باز و بسته شدن آقیانوس‌ها چیست؟
- چرا با وجود گسترش بستر آقیانوس‌ها، وسعت سطح زمین افزایش نمی‌یابد؟
- نتیجه فروزان ورقه آقیانوسی - قاره‌ای و آقیانوسی - آقیانوسی چیست؟

تنش

نیروهای مختلفی که عموماً در نتیجه حرکت و جابه‌جایی ورقه‌های سنگ کره به وجود می‌آیند، مجموعه سنگی یک ناحیه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این نیروها باعث افزایش تنش در سنگ می‌شوند. هرگاه سنگ، تحت تأثیر نیرویی از خارج قرار گیرد، در داخل سنگ نیز، نیرویی بر واحد سطح وارد می‌شود که تنش نامیده می‌شود. تنش‌های وارده بر یک سنگ یا خاک، ممکن است به صورت کششی، فشاری یا برشی یا ترکیبی از آنها باشند. تنش‌های وارده بر سنگ‌ها و خاک‌ها، باعث تغییر شکل آنها می‌شود.

$$\text{تنش} = \frac{F \text{ نیرو (N)}}{A \text{ سطح (m}^2\text{)}}$$

مقاومت سنگ، عبارت است از حداکثر تنش یا ترکیبی از تنش‌ها که سنگ می‌تواند تحمل کند، بدون آنکه بشکند. مقدار و نوع تغییر شکل ایجاد شده بر اثر تنش، به رفتار آنها در برابر تنش بستگی دارد. برخی از اجسام، مانند سنگ‌ها از خود رفتار کشسان (الاستیک) نشان می‌دهند. بدین معنی که با اعمال تنش، سنگ‌ها دچار تغییر شکل می‌شوند و با رفع تنش، به حالت اولیه خود بازمی‌گردند. برخی از سنگ‌ها از خود رفتار خمیرسان (پلاستیک) نشان می‌دهند، یعنی پس از رفع تنش، سنگ‌های تغییر شکل یافته، به حالت اولیه خود بر نمی‌گردند. اما، اگر تنش ناگهانی و از حد مقاومت سنگ بیشتر شود، سنگ دچار شکستگی می‌شود (شکل ۴-۳). مطالعه شکستگی‌ها در هنگام ساخت جاده‌ها، سدها، تونل‌ها و سایر سازه‌های مهندسی اهمیت زیادی دارد. افزون بر آن، در تجمع آب‌های زیرزمینی و ذخایر نفت و گاز و تشکیل کانسنگ‌های گرمایی حائز اهمیت می‌باشد.



ب) رفتار شکنده سنگ‌ها



الف) رفتار پلاستیک سنگ‌ها

شکل ۴-۳. انواع رفتار سنگ‌ها در برابر تنش

در کتاب علوم تجربی آموختید که شکستگی‌ها، به دو دسته درزه و گسل تقسیم می‌شوند. اگر سنگ‌های دو طرف شکستگی، نسبت به هم جابه‌جا شده باشند، گسل را به وجود می‌آورند و اگر جابه‌جا نشده باشند، درزه به وجود می‌آید. سطحی که شکستگی و جابه‌جایی در امتداد آن اتفاق افتاده است، سطح گسل نام دارد. سطح گسل ممکن است قائم، مایل و یا افقی باشد. اگر سطح گسل مایل باشد به طبقات روی سطح گسل، فرادواره و به طبقات زیر سطح گسل، فرودواره می‌گویند. زاویه‌ای که صفحه گسل با سطح افقی می‌سازد، شیب سطح گسل نامیده می‌شود (شکل ۴-۳).



الف) کارستی شدن



ب) تشکیل حفره‌های انحلالی

شکل ۴-۴

سنگ آهک ضخیم لایه که فاقد حفرات انحلالی باشد، پی و تکیه‌گاه خوبی برای احداث سازه می‌باشد اما، در صورتی که سنگ آهک، دارای حفرات انحلالی باشد، می‌تواند مشکلات جدی از قبیل فرار آب یا نشست زمین را به همراه داشته باشد. انحلال‌پذیری سنگ‌های تبخیری (سنگ گچ و سنگ نمک)، بیش از سنگ‌های آهکی است. بنابراین حفره‌ها و غارهای انحلالی در این سنگ‌ها، سریع‌تر از دیگر سنگ‌ها ایجاد می‌شود. اگر سد بر روی لایه‌هایی از سنگ گچ احداث شود، ممکن است پس از چند سال، حفرات انحلالی در سنگ، ایجاد و باعث فرار آب از مخزن سد و همچنین ناپایداری بدنه سد شود.

مکان مناسب برای ساخت سد

سد، سازه‌ای است که به منظور ذخیره آب، مهار سیلاب، تأمین آب شرب و کشاورزی و همچنین تولید نیروی الکتریسیته احداث می‌شود. بعضی از سدها چند منظوره‌اند، یعنی به طور هم زمان چند هدف را تأمین می‌کنند.

سدها، از نظر نوع مصالح ساختمانی به کار رفته، به دو دسته خاکی و بتنی تقسیم می‌شوند. مهم‌ترین عامل در تعیین نوع سد و محل احداث آن، شرایط زمین‌شناسی منطقه و مصالح مورد نیاز است. در مطالعات زمین‌شناسی سد، وضعیت مخزن، تکیه‌گاه‌ها و پی سد (شکل ۴-۵) از نظر پایداری و فرار آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای آنکه فرار آب از مخزن سد صورت نگیرد باید دیواره‌ها و کف مخزن نفوذناپذیر باشند یا از نفوذپذیری بسیار کمی برخوردار باشند.



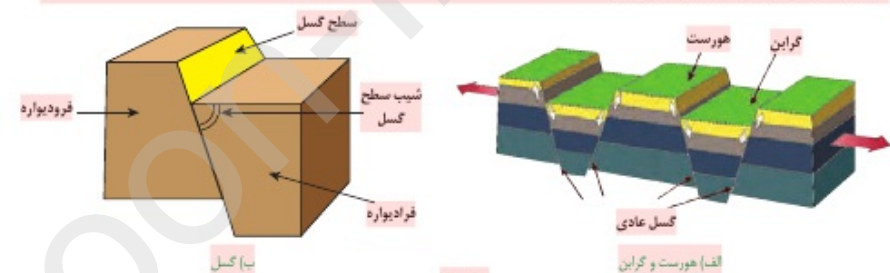
شکل ۴-۵: نمایی از بخش‌های مختلف یک سد



- در مورد نزدیک‌ترین سد به محل سکونت خود، اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به موارد زیر پاسخ دهید:
- ۱- هدف از احداث سد
- ۲- نوع سد
- ۳- جنس سنگ پی سد

جمع‌آوری اطلاعات

به خاطر حرکت رو به بالای فرادیواره در گسل‌های معکوس، لایه‌های قدیمی‌تر تختانی به سمت بالا رانده می‌شود، از این رو فرادیواره نسبت به فرودیواره قدیمی‌تر می‌باشد. این وضعیت در گسل‌های عادی برعکس بوده و فرادیواره جوان‌تر از فرودیواره است. در بخش‌هایی از پوسته زمین که تحت تنش‌های کششی قرار دارند، ممکن است تعدادی گسل عادی موازی هم ایجاد شود و به این ترتیب بخش‌هایی از پوسته پایین بیفتد و ساختی به نام گرابن (پایین افتادگی) را بسازد و بخش‌هایی بالا رود و ساختی به نام هورست (بالا راندگی) را بسازد (شکل ۴-۳).



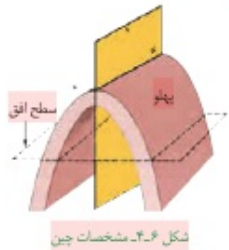
شکل ۴-۳

جدول ۴-۱- تقسیم‌بندی گسل‌ها بر اساس لغزش (نحوه حرکت)

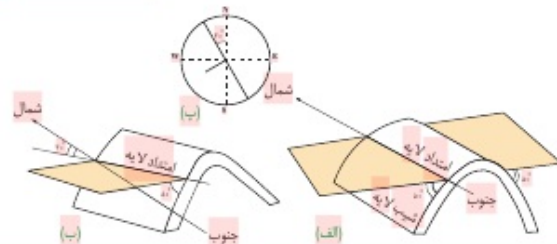
نوع گسل	ویژگی	نوع تنش	شکل
عادی	۱- سطح گسل مایل است. ۲- فرادیواره نسبت به فرودیواره به سمت پایین یا فرودیواره نسبت به فرادیواره به سمت بالا حرکت کرده است.	کششی گسستگی سنگ	
معکوس	۱- سطح گسل مایل است. ۲- فرادیواره نسبت به فرودیواره به سمت بالا یا فرودیواره نسبت به فرادیواره به سمت پایین حرکت کرده است.	فشاری متراکم شدن سنگ	
امتداد لغز	۱- لغزش سنگ‌ها در امتداد سطح گسل است. ۲- حرکت قطعات شکسته شده، در امتداد افقی است.	برین سنگ	

موقعیت لایه

موقعیت هر یک از لایه‌های چین خورده به وسیله امتداد و شیب مشخص می‌شود (شکل ۷-۳).
امتداد لایه: فصل مشترک یک صفحه افقی با سطح هر لایه را امتداد آن لایه گویند و آن را با زاویه‌ای که نسبت به شمال یا جنوب می‌سازد مشخص می‌کنند.
شیب لایه: زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افقی می‌سازد. شیب لایه بین صفر (لایه‌های افقی) تا ۹۰ درجه (لایه‌های قائم) تغییر می‌کند.



شکل ۶-۳. مشخصات چین



شکل ۷-۴. الف) امتداد لایه‌های این چین شمالی - جنوبی است و شیب لایه در پهلوی غربی آن 50° به سمت غرب و در پهلوی شرقی 50° به سمت شرق است. ب) امتداد لایه در پهلوی غربی این چین 30° از شمال به سمت غرب انحراف دارد N30W. شیب لایه 50° به سمت جنوب غرب است S50W بنابراین موقعیت این لایه را به‌طور کلی به صورت 50SW و N30W نشان می‌دهند. پ) علامت قرار دای برای نشان دادن امتداد و شیب یک لایه.

بیشتر بدانید

• سد کریت (کوریت)، یک سد تاریخی است که در شهرستان طیس و در ۵۶ کیلومتر جاده طیس - دیپوک واقع شده است. این سد که در سال ۷۲۹ شمسی احداث شده، با ارتفاع ۶۰ متر، تا اوایل قرن بیستم، بلندترین سد جهان بوده است. این سد، بزرگ‌ترین سد قوسی جهان به مدت ۵۵۰ سال بوده است. نکته جالب‌تر آنکه این سد با عرض تاج یک متر، هنوز هم عنوان نازک‌ترین سد جهان را دارد. اجزای مریمی شکل، سنگ و ساروج، آهک و خاک رس، از عمده‌ترین مصالح به کار رفته در ساخت سد است.



فکر کنید

• نوع گسل‌ها را مشخص کنید.

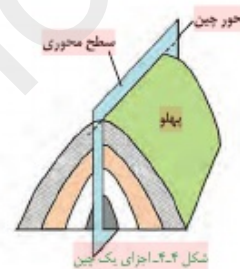


(ب)

(الف)

چین خوردگی

چین‌ها بر اثر رفتارهای خمیری در سنگ‌ها تشکیل می‌شوند و از چند سانتی‌متر تا چندین کیلومتر می‌توانند طول و عرض داشته باشند. رشته کوه‌هایی مانند البرز و زاگرس، حاصل چین خوردگی بخشی از سنگ کره هستند. سطحی فرضی که از تمامی لایه‌های چین بگذرد و حتی المقدور آن را به دو بخش متقارن تقسیم کند را سطح محوری می‌نامند. به هر یک از بخش‌های طرفین سطح محوری، پهلوی یا بال چین می‌گویند. فصل مشترک سطح محوری با سطح لایه را محور چین می‌نامند. چین‌ها، به شکل‌های تک‌شیب، تاقدیس و ناودیس دیده می‌شوند. در صورتی که لایه‌های سنگی طوری خم شوند که لایه‌های قدیمی‌تر در مرکز و لایه‌های جدیدتر در حاشیه قرار گیرند، تاقدیس تشکیل می‌شود و چنانچه لایه‌های جدیدتر در مرکز و لایه‌های قدیمی‌تر در حاشیه چین قرار گیرند، ناودیس به وجود می‌آید.

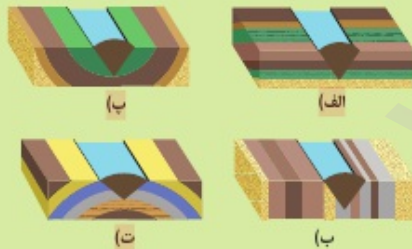


شکل ۴-۴. اجزای یک چین

با هم

بیندیشید

• شرایط مختلفی از وضعیت شیب و امتداد لایه‌های سنگی و موقعیت انتخابی برای ساختگاه سد، در شکل زیر نمایش داده شده است. با در نظر گرفتن فرار آب و پایداری بدنه سد، حالت مطلوب و حالت نامطلوب را برای احداث سد مشخص کنید.



(ب)

(الف)

(ت)

(ب)

• قرار گرفتن سنگ‌های تبخیری مانند لایه‌های نمک در محدوده دریاچه سدها، معمولاً باعث تغییر نامطلوب کیفیت آب مخزن می‌شود. در سال‌های اخیر، وجود لایه‌های گچی و نمکی در محدوده مخزن چند سد، باعث مشکلاتی در کیفیت آب مخزن آنها شده است.



(ب) ناقدیس حوالی سرلوان - سیستان و بلوچستان



(الف) ناودیس دهنشت - کهگیلویه و بویراحمد

شکل ۴-۴. انواع چین

جمع‌آوری اطلاعات

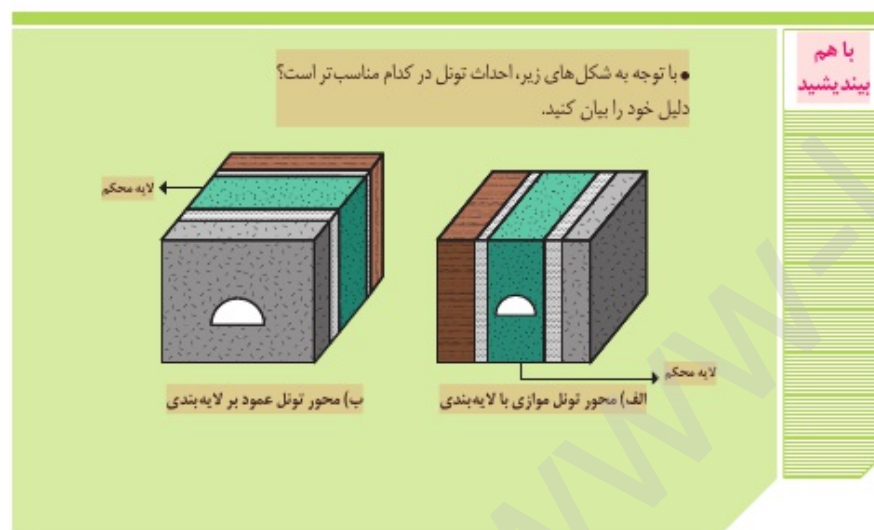
• در مورد علت فرار آب از مخزن سد لار اطلاعات جمع‌آوری کنید و در کلاس ارائه دهید.

رسوباتی که از طریق رودها به مخزن سدها حمل می‌شوند، به تدریج از ظرفیت مخزن می‌کاهند. بعضی از سدهای کشور، بر اثر انباشته شدن از رسوبات، بخش قابل توجهی از کارایی خود را از دست داده‌اند. برای رفع این مشکل، در فواصل زمانی لازم عمل لایروبی صورت می‌گیرد.

مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی

برخی از فعالیت‌های عمرانی و معدنی در زیر زمین صورت می‌گیرد. این فعالیت‌ها، نیاز به فضای زیرزمینی دارد. حفاری‌های زیرزمینی به صورت تونل و مغار است. تونل‌ها، به منظور حمل‌ونقل، انتقال آب، انتقال فاضلاب یا استخراج مواد معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مغارها، فضاهای زیرزمینی بزرگ‌تری هستند که برای ایجاد تأسیسات زیرزمینی مانند نیروگاه‌ها، ایستگاه‌های مترو، ذخیره نفت و یا موارد دیگر استفاده می‌شوند.

این گونه سازه‌ها، باید در زمین‌هایی با مقاومت کافی احداث شوند. بنابراین زمین‌شناس، باید مطالعات خود را بر شناسایی مناطقی با کمترین خردشدگی، هوازدگی یا نشست آب، متمرکز کند.



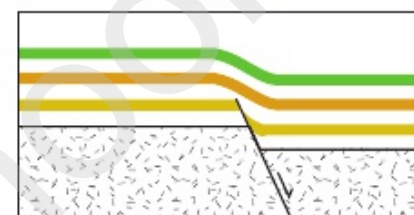
کاوش کنید

• دلیل ناپایداری تونل در زیر سطح ایستایی را بررسی کنید.

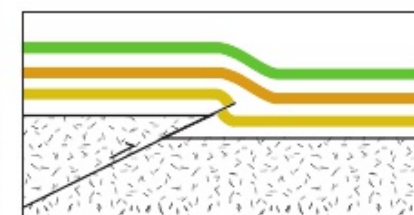
وجود آب‌های زیرزمینی، بر ایمنی و پایداری سازه‌های سطحی مانند سدها و سازه‌های زیرزمینی مانند تونل‌ها در زمان ساخت و بهره‌برداری مؤثرند. جریان و فشار آب زیرزمینی، از عوامل مهم ناپایداری تونل‌ها و فضاهای زیرزمینی است. بخش بزرگی از مشکلات و خسارت‌ها در پروژه‌های



شکل ۴-۶ چین تک شیب



(ب) گسل عادی



(الف) گسل معکوس

شکل ۴-۷ مراحل تشکیل چین تک شیب (الف) توسط گسل معکوس و (ب) توسط گسل عادی

آتشفشان

امروزه فعالیت‌های آتشفشانی زیادی در تمام نقاط کره زمین، داخل خشکی‌ها، در بستر اقیانوس‌ها، دریاها و دریاچه‌های بزرگ صورت می‌گیرد. مواد خارج شده از آتشفشان‌ها، به صورت جامد (تفرا)، مایع (لاوا یا گدازه) گاز و بخارهای آتشفشانی (فومرول) است.



(ب) آتشفشان نیمه فعال با فعالیت فومرولی



(ب) گدازه



(الف) خاکستر آتشفشانی

شکل ۴-۸ انواع مواد خروجی از دهانه آتشفشان‌ها

تفرا: در برخی از آتشفشان‌ها که ماده مذاب به خاطر داشتن سیلیس فراوان، دارای گرانیروی زیاد می‌باشد، فشار حاصل از تراکم گازها می‌تواند سبب انفجار شود. به مواد آتشفشانی جامد که به صورت ذرات ریز و درشت بر اثر فعالیت آتشفشان به هوا پرتاب می‌شوند، تفرا می‌گویند.

عمرانی و معدنی، ناشی از برخورد با آب‌های زیرزمینی بوده است، در برخی موارد، پروژه‌هایی به علت این مشکلات، تکمیل نشده و متوقف شده‌اند. بنابراین، برآورد میزان و کنترل جریان آب زیرزمینی در تونل‌ها، ترانسه‌ها (شکل ۴-۸ الف) و زمین زیر سازه و حتی درون سازه‌هایی مانند سدها، بسیار مهم است. به‌طور کلی، تونل‌هایی که در بالای سطح ایستایی قرار می‌گیرند، از پایداری بیشتری برخوردار هستند. در شرایطی که سنگ‌های داخل تونل از نظر پایداری و نشست آب، وضعیت مطلوبی نداشته باشند، دیواره و سقف تونل با محافظی از بتن یا سایر مصالح پوشیده می‌شود (شکل ۴-۸ ب).



ب) پوشش داخلی تونل به وسیله قطعات بتن



الف) ترانسه

شکل ۴-۸

مکان مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی

همیشه سازه‌ها بر روی خشکی بنا نمی‌شوند. کشور ما از جنوب و شمال به دریا منتهی می‌شود. از سوی دیگر، بخشی از ذخایر عظیم نفت ایران از بستر دریا استخراج می‌شوند. سازه‌های دریایی، مانند اسکله‌ها، پایانه‌های نفتی، تونل‌های زیردریایی، پل‌ها و جاده‌ها، در سواحل دریا یا در دریا احداث می‌شوند (شکل ۴-۹). در شمال و جنوب ایران، سازه‌های دریایی فراوانی احداث شده‌اند. در مکان‌هایی این سازه‌ها مانند سازه‌های خشکی، باید مطالعات زمین‌شناسی به‌طور ویژه مورد توجه قرار گیرد. افزون بر آن، توجه به جریان‌های دریایی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب دریا نیز ضروری می‌باشد.



ب) پل دریایی در زاین



الف) پایانه نفتی خارک

شکل ۴-۹

۱- ترانسه (زیر ناو) به فرورفتگی مصنوعی یا طبیعی در سطح زمین گفته می‌شود که ژرفای آن از پهنایش بیشتر (طول و عمیق) است. برای اهدافی مانند انتقال آب، جاده‌سازی، قرار دادن لوله‌های نفت و... احداث می‌شود.

با نشست تفرها بر سطح زمین و به هم چسبیدن و سخت شدنشان، گروهی از سنگ‌ها، به نام سنگ‌های آذرآواری تشکیل می‌شوند. در صورتی که خاکستر آتشفشانی در محیط‌های دریایی کم‌عمق ته‌نشین شوند، توف آتشفشانی به‌وجود می‌آید. به‌عنوان مثال می‌توان توف‌های سبز البرز را نام برد.

جدول ۴-۲: اندازه ذرات جامد آتشفشان

نام ذرات	اندازه ذرات (میلی‌متر)	شکل ذرات
خاکستر	کوچک‌تر از ۲	
لایلی	بین ۲ تا ۲۲	
بلوک (زاویه‌دار) و بمب (دوکی شکل)	بزرگ‌تر از ۲۲	

گدازه: گدازه‌ها، مواد مذابی هستند که از دهانه آتشفشان خارج شده و به سطح زمین می‌رسند. گدازه‌ها ترکیب شیمیایی متفاوتی دارند. مقدار SiO_2 واحد زیادی تعیین‌کننده گرانیروی گدازه خارج شده از دهانه آتشفشان است. هرچه گدازه روان‌تر (سیلیس کمتر) باشد، مخروط آتشفشان، شیب و ارتفاع کمتری دارد.

گاز و بخارهای آتشفشانی

مواد مذاب درون زمین، حاوی مقداری گاز و بخار آب می‌باشد. ترکیب شیمیایی گازهای خروجی از آتشفشان، بسیار متفاوت است. بیشتر گازهای آتشفشانی را بخار آب، گازهای کربن دی‌اکسید، اکسیدهای گوگردی، نیتروژن دار، کلردار و کربن مونو اکسید تشکیل می‌دهند. پس از فعالیت یک آتشفشان، خروج گاز (مرحله فومرولی) ممکن است سال‌ها و حتی قرن‌ها ادامه داشته باشد. در حال حاضر آتشفشان‌های دماوند و تفتان، در مرحله فومرولی به سر می‌برند و از دهانه آنها بخار آب، گاز گوگرد و سایر گازها خارج می‌شوند.

فواید آتشفشان‌ها

مطالعه درون زمین: هر آتشفشان به منزله پنجره‌ای به درون زمین است که از طریق آن اطلاعاتی در مورد پوسته و گوشته بالایی به دست می‌آید.

تشکیل هواکوه: در گذشته همراه با سرد شدن زمین، بخش زیادی از گازهای درون زمین از طریق فعالیت آتشفشان‌ها، از شکستگی‌ها و منافذ سنگ‌ها خارج شدند و شرایط لازم برای تشکیل هواکوه فراهم گردید.

تشکیل آب کوه: بخشی از گازهای خروجی از آتشفشان‌ها، با یکدیگر ترکیب شده و آب را به وجود آورده‌اند. آب، فرورفتگی‌های سطح زمین را پر کرده و باعث ایجاد اقیانوس‌ها، دریاها و دریاچه‌ها شده است.

تشکیل خاک: خاکستر و گدازه آتشفشانی از دهانه آتشفشان خارج می‌شود و خاک حاصلخیزی را به وجود می‌آورد. برخی از مزارع قهوه مانند جزیره جاوه در اندونزی در خاک‌های حاصلخیزی که از خاکسترهای آتشفشانی تشکیل شده کشت می‌شوند.

تشکیل پوسته جدید اقیانوسی: خروج آرام مواد مذاب که معمولاً از جنس بازالت بوده، از محور میانی رشته کوه‌های میان اقیانوسی، سبب تشکیل پوسته جدید اقیانوسی می‌شود.

تشکیل رگه‌های معدنی: فعالیت آتشفشانی منجر به تشکیل برخی رگه‌های معدنی مانند طلا، نقره و مس می‌شود.

تشکیل چشمه‌های آب گرم: اطراف آتشفشان‌ها، مناطق مناسبی برای تشکیل چشمه‌های آب گرم معدنی می‌باشند. آب‌هایی که درون پوسته هستند گرم شده و از طریق شکستگی‌های سطح زمین، به صورت چشمه‌های آب گرم در سطح زمین ظاهر می‌شوند. آب این چشمه‌ها از نظر بهداشتی برای درمان بیماری‌های پوستی و آرامش عضلاتی مفید است و با جذب گردشگران، سبب رونق اقتصاد محلی می‌شود.

انرژی زمین گرمایی: در مناطق آتشفشانی، از گرمای درون زمین به عنوان انرژی زمین گرمایی استفاده می‌شود. کشور ایسلند بخش عمده انرژی مورد نیاز خود را از انرژی زمین گرمایی تأمین می‌کند. اولین نیروگاه زمین گرمایی خاورمیانه نیز در نزدیکی آتشفشان سبلان در استان اردبیل تأسیس شده است.

دیگر فواید: آتشفشان‌ها، افزون بر خروج انرژی درونی زمین، منجر به آرامش نسبی ورقه‌های سنگ کره می‌شوند. از انواع سنگ‌های آتشفشانی در نمای ساختمان‌ها و مصالح ساختمانی استفاده می‌شود.

شکل ۹-۴. نیروگاه زمین گرمایی مشکین شهر - اردبیل

زمین لرزه

زمین لرزه، نشانه آشکاری از پویایی زمین و بخشی از نظام آفرینش این سیاره است. در هر زمین لرزه، مقدار انرژی اتیاشته شده در سنگ‌ها، به طور ناگهانی آزاد می‌شود و به صورت امواج لرزه‌ای به اطراف حرکت می‌کند. نگاهی به نقشه پراکندگی زمین لرزه‌ها نشان می‌دهد که توزیع آنها، در همه جا یکسان نیست. علت اصلی زمین لرزه، حرکت ورقه‌های سنگ کره است. بیشتر زمین لرزه‌های دنیا در حاشیه ورقه‌های سنگ کره رخ می‌دهند. در این مناطق نیروهایی که در نتیجه حرکت ورقه‌های سنگ کره به وجود می‌آیند، مجموعه سنگی یک ناحیه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. سنگ‌های سازنده سنگ کره در مقابل نیروی وارده، رفتار الاستیک از خود نشان می‌دهند. چنانچه تنش از مقاومت سنگ فراتر رود، سنگ‌ها دچار شکستگی شده و انرژی زمین لرزه از محل شکستگی به صورت امواج لرزه‌ای، آزاد می‌شود. همه زمین لرزه‌ها بر اثر شکستن سنگ ایجاد نمی‌شوند بلکه تعدادی از آنها در محل شکستگی‌های قدیمی اتفاق می‌افتد. در هر زمین لرزه، از گروه لرزه‌ها صحبت می‌شود که شامل بیش لرزه، لرزه اصلی و پس لرزه است. مدت زمان وقوع زمین لرزه از چند ثانیه تا یکی دو دقیقه می‌باشد.

بیشتر بدانید

● **تونل/کانال مانش** با بیش از ۵۰ کیلومتر طول که بندر پادوکاله فرانسه را به شهرک فوکستون انگلستان متصل می‌کند، در زیر بستر دریا حفر شده است.

این تونل ۳۰ متر پایین‌تر از کف دریا (بیش از ۱۰۰ متر پایین‌تر از سطح تراز دریا) ساخته شده است. ساخت این تونل زیرآبی، مدت زمان مسافرت از پاریس به لندن را کاهش داده است.

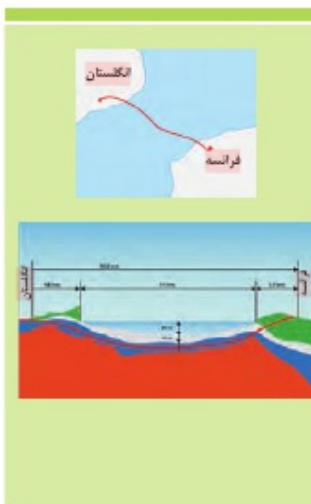
تونل مانش که به آن تونل کانال نیز گفته می‌شود، انگلستان را از طریق خشکی به دیگر کشورهای اروپایی متصل کرده است. مانش که انجمن مهندسان عمران آمریکا آن را یکی از عجایب هفت گانه دنیای مدرن نامیده است، دارای دو خط ریلی و یک تونل جانبی برای خودروها است. این پروژه در زمان اجرا، با صرف ۲۲/۵ میلیارد دلار، پرهزینه‌ترین طرح مهندسی تاریخ به شمار می‌رفت.

پایداری سازه‌ها

کشور ما، در یکی از کمربندهای لرزه خیز جهان واقع شده است و گسل‌های فعال در بیشتر مناطق آن وجود دارند. این گسل‌ها و زمین لرزه‌های احتمالی می‌توانند پایداری سازه‌های مختلف را تهدید کنند. از این رو زمین شناسان، در مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها با استفاده از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای و بازبینی‌های صحرایی، این گسل‌ها را شناسایی می‌کنند و با استفاده از داده‌های ثبت شده توسط دستگاه‌های لرزه نگاری و اطلاعات تاریخی زمین لرزه‌ها، احتمال فعالیت مجدد گسل‌ها و وقوع زمین لرزه و تأثیر آن بر سازه‌ها را مشخص می‌کنند. این اطلاعات در اختیار مهندسان عمران قرار می‌گیرد تا طراحی سازه را بر آن اساس انجام دهند. افزون بر این، پایداری محل احداث سازه در برابر **حرکات دامنه‌ای** از مواردی است که در مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها، مورد توجه زمین شناسان است.

یکی از خطراتی که سازه‌ها را در مناطق شیب دار و کوهستانی تهدید می‌کند، خطر ریزش کوه و سقوط مواد در دامنه‌های پرشیب است. هر ساله اخبار زیادی مبنی بر ریزش کوه و مسدود شدن جاده‌ها و خطوط ریلی مناطق کوهستانی می‌شنویم. امروزه با اقداماتی مانند ایجاد انواع دیوار حائل، زهکشی برای تخلیه آب اضافی، ایجاد پوشش گیاهی و میخ کوبی، دامنه‌ها را پایدار می‌کنند. (شکل ۶۰-۴)

۱- حرکات دامنه‌ای شامل: ریزش، لغزش، خزش، جریان گلی و ... است.



(الف)



(ب)

شکل ۶۰-۴. پایداری سازه‌ها در مناطق شیب دار و کوهستانی (الف) دیوار حائل، (ب) دیوار حائل گابیونی (نور سنگی)

لغزش و سقوط توده‌های بزرگ سنگ و خاک در دیواره مخزن سدها، تا به حال، باعث خرابی‌های عمده‌ای در سدهای بزرگ جهان شده است.

لغزش توده‌های سنگ و خاک، افزون بر ایجاد امواج خطرناک در مخزن، باعث کاهش ظرفیت و عمر مفید مخزن می‌شود. با انتخاب محل مناسب برای ایجاد سد و پایدارسازی دیواره‌های مخزن سد، می‌توان از چنین اتفاقاتی جلوگیری کرد.

گفت‌وگو کنید

- در پایداری دامنه‌ها، پوشش گیاهی، تأثیر مثبت و منفی دارد. در این مورد توضیح دهید.
- یکی از روش‌های پایدارسازی دامنه‌ها و ترانشه‌ها، میخ کوبی است که در شکل زیر نشان داده شده است. در مورد این روش‌ها در کلاس بحث کنید.



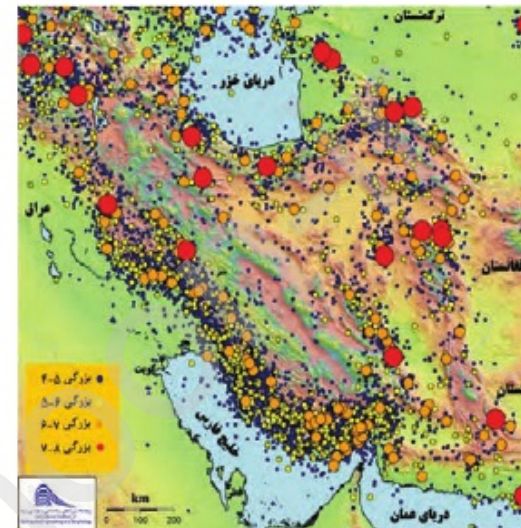
پایدارسازی شیب به روش میخ کوبی



مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها

در احداث سازه‌ها، از مواد سازنده زمین، مانند خاک، شن، ماسه و سنگ استفاده می‌شود. مواد مورد نیاز برای هر سازه، باید دارای مقاومت، نفوذپذیری و اندازه دانه‌های مشخصی باشد که توسط آزمایش‌های لازم در آزمایشگاه‌های مکانیک خاک و سنگ مشخص می‌شوند.

مصالح به کار رفته در سازه‌های مختلف، متفاوت است؛ به عنوان مثال در سدهای بتنی از سیمان، ماسه، شن، میلگرد و در سدهای خاکی از خاک رس، ماسه، شن و قلوه سنگ استفاده می‌شود.

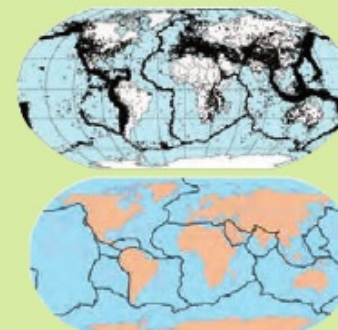


کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند لرزه‌خیز آلپ-همالیا، تقریباً هر روز شاهد وقوع زمین‌لرزه در مناطق مختلف می‌باشد. بسیاری از مناطق مسکونی ایران، بارها توسط زمین‌لرزه ویران شده‌اند. با نگاهی به شکل ۱-۴ می‌بینیم بسیاری از مناطق مسکونی، در معرض خطر زمین‌لرزه قرار دارند.

شکل ۱-۴. نقشه پراکندگی زمین‌لرزه‌های ایران با بزرگی بالای ۴ در بازه زمانی ۱۲۰ سال

با هم بیندیشید

- در پایه نهم با ورقه‌های سنگ کره آشنا شدید.
- با استفاده از اطلاعات موجود در تصویر روبه‌رو در مورد پراکندگی جغرافیایی زمین‌لرزه‌های جهان، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
- ۱- محدوده کمربند لرزه خیز آلپ - همالیا را مشخص کنید.
- ۲- دو تصویر روبه‌رو را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



کانون زمین‌لرزه: محلی درون زمین است که انرژی ذخیره شده از آنجا آزاد می‌شود. امواج زمین‌لرزه در صفحه گسل تولید می‌شود ولی برای سهولت مطالعه، خاستگاه امواج زمین‌لرزه را نقطه فرض می‌کنند و آن را کانون می‌نامند. کانون اغلب زمین‌لرزه‌ها در اعماق کمتر از ۷۰ کیلومتر قرار دارد، اما کانون تعدادی از آنها هم در اعماق زیاد واقع است که عمق هیچ یک، از ۷۰۰ کیلومتر بیشتر نبوده است.

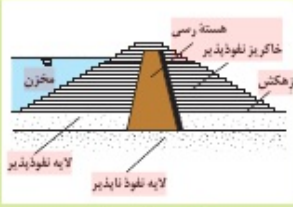
۱. Hypocenter

پاسخ دهید

- به چه دلیل از هسته رسی برای ساخت سدهای خاکی استفاده می‌شود؟



سد خاکی



هسته رسی یک سد خاکی

رفتار خاک‌ها و سنگ‌ها در سازه‌ها

طبقه‌بندی مهندسی خاک‌ها، بر مبنای دانه‌بندی، درجه خمیری بودن و مقدار مواد آلی آنها انجام می‌شود. بر مبنای دانه‌بندی، خاک‌ها به دو دسته ریزدانه و درشت دانه تقسیم می‌شوند. در خاک‌های ریزدانه، مانند رس و لای، اندازه ذرات، کوچک‌تر از 0.075 میلی‌متر و در خاک‌های درشت دانه، مانند ماسه و شن، اندازه ذرات، بزرگ‌تر از 0.075 میلی‌متر است. از خاک‌های دانه ریز و دانه درشت، در بسیاری از سازه‌ها مانند بدنه سدهای خاکی، زیرسازی جاده‌ها و پاند فرودگاه‌ها استفاده می‌شود. پایداری خاک‌های ریزدانه، به میزان رطوبت آنها بستگی دارد. هر چقدر رطوبت خاک‌های ریز دانه بیشتر باشد، پایداری آنها کمتر می‌شود. اگر رطوبت در این خاک‌ها، از حدی بیشتر شود، خاک به حالت خمیری در می‌آید و تحت تأثیر وزن خود روان می‌شود. لغزش خاک‌ها در دامنه‌ها و ترازشده‌ها، به‌ویژه در ماه‌های مرطوب سال، ناشی از این پدیده است (شکل ۴-۱۱).

پاسخ دهید

- در حرکات دامنه‌ای، تفاوت زمین لغزش با ریزش چیست؟

جمع‌آوری اطلاعات

- یک کلوخ را روی سطح صافی قرار دهید و به تدریج روی آن آب بریزید و رطوبت آن را به تدریج افزایش دهید. تغییر شکل آن را در مراحل مختلف مشاهده کنید و اطلاعات خود را در کلاس ارائه دهید.



شکل ۴-۱۱- زمین لغزش در یک جاده

مرکز سطحی زمین لرزه: نقطه‌ای در سطح زمین است که در بالای کانون زمین لرزه قرار دارد. این مرکز، کمترین فاصله را از کانون زمین لرزه دارد.



شکل ۴-۱۱- مشخصات محل وقوع زمین لرزه

گفت و گو کنید

- کدام یک از فعالیت‌های انسانی زیر می‌تواند باعث وقوع زمین لرزه شود؟
انفجار معدن - تخلیه ناگهانی آب پشت سد - شخم زدن زمین - انفجارهای اتمی - آتش سوزی جنگل‌ها

فکر کنید

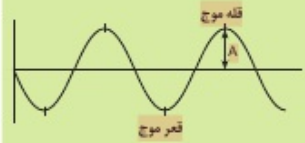
- عمق کانون چه تأثیری بر روی میزان خسارت و خرابی زمین لرزه دارد؟

امواج لرزه‌ای

موج‌های مکانیکی (امواج زمین لرزه) برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند و با افزایش چگالی محیط، سرعت آنها افزایش می‌یابد؛ سرعت امواج در محیط‌های مختلف متفاوت است؛ هر چه تراکم سنگ‌ها بیشتر باشد، امواج سریع‌تر حرکت می‌کنند. بدین ترتیب می‌توان میزان تراکم مواد درونی زمین را هم تعیین نمود.

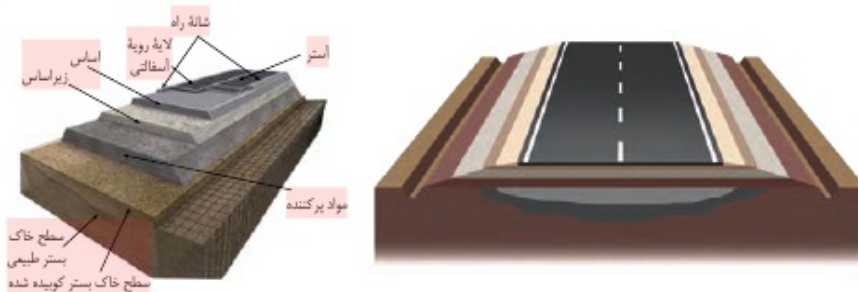
جمع‌آوری اطلاعات

- اگر در یک محیط کشسان، ارتعاشی به‌وجود آید که باعث به‌وجود آمدن ارتعاش‌های بی‌دری شود، یک موج مکانیکی همانند امواج زمین لرزه ایجاد می‌گردد. به برآمدگی‌های موج، قله و به فرورفتگی‌های آن، قعر موج گفته می‌شود. نصف فاصله قله تا قعر، دامنه موج (A) نامیده می‌شود. در مورد دامنه موج (A) در امواج لرزه‌ای و اهمیت آن در لرزه نگاشت‌ها مطالبی جمع‌آوری کنید.



کاربرد مصالح خاک و خرده سنگی در راه‌سازی

سطح طبیعی زمین، برای رفت و آمد وسایل نقلیه مناسب نیست زیرا، در مقابل عوامل جوی مانند بارش، تغییرات دما و نیروهای وارده از چرخ خودروها مقاومت کافی ندارد، به همین دلیل برای احداث جاده از مصالح خاک در بخش زیرسازی و روسازی استفاده می‌شود که هر کدام از دو بخش تشکیل شده است. زیرسازی از دو بخش زیر اساس و اساس و روسازی از دو بخش آستر و رویه تشکیل می‌شود (شکل ۱۲-۴).



(ب) بخش زیر اساس و اساس

(الف) لایه‌های مختلف راه بر روی بستر طبیعی

شکل ۴-۱۲

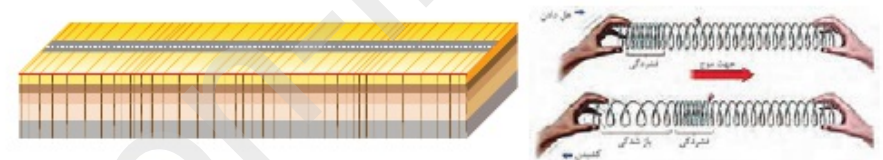
در بخش زیر اساس که به عنوان لایه زهکش عمل می‌کند، از مخلوط شن و ماسه یا سنگ شکسته استفاده می‌شود. لایه‌های آستر و رویه که بایستی مقاوم باشند، از جنس آسفالت می‌باشند که مخلوطی از شن، ماسه و قیر است. یکی از کاربردهای مصالح خرده سنگی، در زیر سازی و تکیه گاه ریل‌های راه آهن است. این قطعات سنگی با **بالاست**، علاوه بر نگهداری ریل‌ها و توزیع بار چرخ‌ها، عمل زهکشی را نیز به عهده دارند. بالاست مورد نیاز خطوط راه آهن، معمولاً از خرد کردن سنگی که از معدن استخراج می‌شود، به دست می‌آید (شکل ۱۳-۴).



شکل ۴-۱۳. بالاست در زیر سازی چاهه ریلی

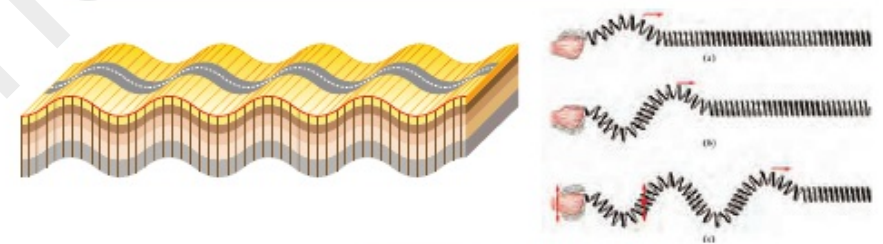
Ballast

امواج زمین‌لرزه را با توجه به اینکه در داخل یا سطح زمین عبور کنند به دو دسته امواج درونی و امواج سطحی تقسیم‌بندی می‌کنند. **امواج درونی:** این امواج در کانون زمین‌لرزه ایجاد می‌شوند و در داخل زمین منتشر شده و شامل امواج P و S می‌باشند. **موج P (اولیه، طولی):** موج P، بیشترین سرعت را دارد به همین دلیل، اولین موجی است که توسط دستگاه لرزه نگار ثبت می‌شود. این موج، از محیط‌های جامد، مایع و گاز می‌گذرد.



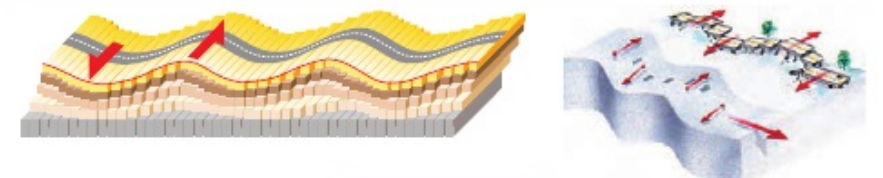
شکل ۴-۱۲. نحوه حرکت موج طولی P

موج S (ثانویه، عرضی): این موج بعد از موج P، توسط لرزه‌نگارها ثبت می‌شود و فقط از محیط‌های جامد عبور می‌کند.



شکل ۴-۱۳. نحوه حرکت موج S

امواج سطحی: این امواج در کانون تولید نمی‌شوند؛ بلکه از برخورد امواج درونی با فصل مشترک لایه‌ها و سطح زمین ایجاد می‌شوند. این امواج بیشترین خسارت را در نزدیکی محل وقوع زمین‌لرزه باعث می‌شوند. متداول‌ترین آنها امواج **لاو (L)** و **ریلی (R)** هستند. موج L، حرکتی کم و بیش شبیه امواج S دارد، با این تفاوت که ذرات ماده به موازات سطح زمین جابه‌جا می‌شوند و هیچ‌گونه جابه‌جایی قائم ندارند و پس از موج S، توسط لرزه‌نگارها ثبت می‌شود.



شکل ۴-۱۴. نحوه حرکت موج سطحی L

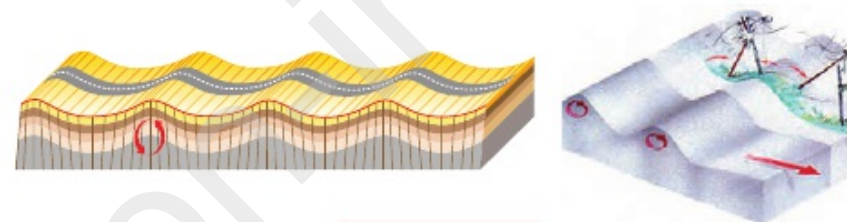
علم،
زندگی،
کارآفرینی

• **زمین‌شناسی مهندسی:** شاخه‌ای از زمین‌شناسی است که رفتار و ویژگی‌های مواد سطحی زمین از نظر مقاومت در برابر فشارهای وارده و امکان ساخت یک سازه را در محلی خاص از زمین بررسی می‌کند. این علم، نقش بسیار مهمی در انتخاب مناسب‌ترین محل، برای ساخت سازه‌ها دارد.

متخصصین زمین‌شناسی مهندسی، در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، آزمایشگاه‌های مکانیک خاک و سنگ، وزارت نیرو، وزارت راه و شهرسازی، صنعت، معدن و تجارت و شهرداری‌ها، می‌توانند نقش مهمی در هدایت پروژه‌های عمرانی داشته باشند.



موج R: این موج مانند حرکت امواج دریا ذرات را در یک مدار دایره‌ای به ارتعاش درمی‌آورد. البته در موج ریلی، جهت حرکت دایره‌ای مخالف جهت حرکت امواج دریاست. عمق نفوذ و تأثیر امواج ریلی مثل امواج دریا محدود است و از سطح به عمق کاهش پیدا می‌کند.



شکل ۱۵-۴. نحوه حرکت موج سطحی R

مقیاس اندازه‌گیری زمین‌لرزه

برای توصیف و اندازه‌گیری زمین‌لرزه از دو مقیاس شدت و بزرگی استفاده می‌شود. **شدت زمین‌لرزه:** این مقیاس براساس میزان خرابی‌ها در هر زمین‌لرزه بیان می‌شود. در واقع شدت زمین‌لرزه، یک مقیاس مشاهده‌ای و توصیفی است که بدون استفاده از دستگاه و ابزار اندازه‌گیری، به توصیف میزان خرابی‌های ناشی از زمین‌لرزه می‌پردازد. با دور شدن از مرکز سطحی زمین‌لرزه، شدت زمین‌لرزه کاهش می‌یابد. مرکالی، شدت زمین‌لرزه را در مقیاس کم با عدد ۱ و در مقیاس ۱۲، ویرانی کامل، توصیف کرده است.

بزرگی زمین‌لرزه: بزرگی (بزرگا) زمین‌لرزه، براساس مقدار انرژی آزاد شده از زمین‌لرزه محاسبه می‌شود. هرچه انرژی آزاد شده، زیادتر باشد ارتعاشات ناشی از آن، شدیدتر و دامنه نوسانات امواج آن زمین‌لرزه، بزرگ‌تر خواهد بود. بزرگی زمین‌لرزه را به کمک اطلاعات لرزه‌نگار، تعیین می‌کنند. واحد اندازه‌گیری بزرگی، ریشتر است. ریشتر، لگاریتم بزرگ‌ترین دامنه موجی (برحسب میکرون) است که در فاصله یک‌صد کیلومتری از مرکز زمین‌لرزه، توسط لرزه‌نگار استاندارد ثبت شده باشد.

به ازای هر یک واحد بزرگی، دامنه امواج ۱۰ برابر و مقدار انرژی ۳۱/۶ برابر افزایش می‌یابد. بزرگی زمین‌لرزه در تمام نقاط زمین یکسان است، اما شدت آن با دور شدن از مرکز سطحی زمین‌لرزه کاهش می‌یابد.

دانشمندان علوم زمین

چارلز ریشر ژئوفیزیک‌دان، بارانه گزارش مطالعه زمین‌لرزه‌های کم‌عمق و عمیق که در سال ۱۹۲۸ به چاپ رسید، مقیاس خود را ابداع کرد و بعد از تکمیل این مقیاس با همکاری گوتنبرگ، که با هم در مؤسسه تکنولوژی کالیفرنیا کار می‌کردند، اولین بار در سال ۱۹۳۵ از آن برای بیان بزرگی زمین‌لرزه استفاده کرد.



۱۹۸۵-۱۹۰۰ میلادی



بیشتر بدانید

• انواع مقیاس اندازه‌گیری بزرگای زمین لرزه

مقیاس بزرگای محلی زمین لرزه (ML): این مقیاس همان واحد قدیمی و معروف «ریشتر» است که بزرگای زمین لرزه را بر مبنای دامنه حرکت زمین توسط دستگاهی به نام Wood-Anderson می‌سنجد. این مقیاس برای زمین لرزه‌هایی با حداکثر فاصله ۶۰۰ کیلومتر کاربرد دارد.

مقیاس امواج درونی زمین (Mb): دامنه امواج درونی از نوع طولی را اندازه می‌گیرد و برای زمین لرزه‌هایی که عمق کانونی آنها زیاد است، کاربرد دارد.

مقیاس امواج سطحی زمین (Ms): با اندازه‌گیری دامنه امواج سطحی بزرگای زمین لرزه را ثبت می‌کند و معمولاً برای زمین لرزه‌های با بیش از ۲۰۰۰ کیلومتر فاصله کاربرد دارد.

مقیاس امواج گشتاوری زمین (MW): برای سنجش بزرگای اغلب زمین لرزه‌ها به خصوص بیشتر برای زمین لرزه‌های بسیار شدید کاربرد دارد.

هر یک از مقیاس‌های فوق به نوعی، میزان انرژی آزاد شده در هنگام زمین لرزه را نشان می‌دهند، اما اصولاً هر یک برای اندازه‌گیری بزرگای خاصی از زمین لرزه کاربرد دارند. در ایران بیشتر زمین لرزه‌ها در مقیاس Mb محاسبه و بیان می‌شود.

$$\log E = 11/8 + 1/5 M (E) \quad \text{انرژی آزاد شده بر حسب ارگ}$$

پیوند با ریاضی

• مقدار انرژی آزاد شده و دامنه امواج زمین لرزه‌ای با بزرگی ۶ ریشتر، چند برابر زمین لرزه‌ای با بزرگی ۳ ریشتر است؟

فکر کنید

- بزرگی و شدت زمین لرزه بم را در شهرهای بم و تهران با هم مقایسه کنید.
- چه ایرادی به مقیاس شدت زمین لرزه وارد است؟

پیش‌بینی زمین لرزه

از گذشته تاکنون، بشر همواره به دنبال پیش‌بینی زمان وقوع حوادث طبیعی مانند زمین لرزه بوده است. از میلیون‌ها زمین لرزه کوچک و بزرگ که تاکنون رخ داده است، فقط تعداد انگشت‌شماری از آنها، قبل از وقوع پیش‌بینی شده‌اند. علی‌رغم پیشرفت‌های وسیع ایجاد شده در دهه‌های اخیر، درباره فناوری‌های مختلف و علم لرزه‌شناسی، هنوز دانشمندان در زمینه روش‌های علمی قابل اعتماد برای پیش‌بینی زمان دقیق وقوع زمین لرزه به نتیجه نرسیده‌اند. البته زمین‌شناسان محل‌های لرزه‌خیز کره زمین را شناسایی کرده‌اند.



زمین‌شناسی و سلامت

شاید در نگاه اول، ارتباطی بین زمین‌شناسی و سلامت انسان و علم پزشکی دیده نشود، اما وقتی بدانیم منشأ آبی که می‌نوشیم، غذایی که می‌خوریم و هوایی که تنفس می‌کنیم از زمین است، بهتر می‌توانیم این ارتباط را درک کنیم. بیشتر عناصری که در محیط زیست وجود دارند، از سنگ کره منشأ می‌گیرند. این عناصر بر اثر فرایندهای مختلف و از طریق خاک، آب و هوا وارد چرخه طبیعت می‌شود. آیا تاکنون به این فکر کرده‌اید که از طریق آب، غذا و هوا چه مواد و عناصری وارد بدن شما می‌شود؟ آیا می‌دانید این مواد می‌توانند چه اثرات مثبت یا منفی بر بدن شما داشته باشند؟ این مواد از کجا آمده‌اند؟



۱- افزایش گاز رادون در آب‌های زیرزمینی.

۲- ایجاد تغییر در سطح تراز آب زیرزمینی، قطع شدن جریان آب‌های زیرزمینی و خشک شدن چاه‌های عمیق.

۳- پیش‌لرزه قبل از وقوع زمین‌لرزه‌های شدید، زمین‌لرزه‌های کوچک زیاد می‌شوند و سپس تعداد این زمین‌لرزه‌ها کاهش می‌یابد.

۴- ناهنجاری در رفتار حیوانات.

۵- ابر زمین‌لرزه.

۶- افزایش هدایت الکتریکی سنگ‌ها.

ایمنی در برابر زمین‌لرزه

قبل از وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

۱- امکان خطر آتش‌سوزی، از طریق سیم‌های برق فرسوده، نشتی لوله‌های گاز و وسایل گازسوز را بررسی کنید.

۲- محل فیوز برق و شیر اصلی گاز و آب را به‌خاطر بسپارید.

۳- وسایل شکستنی از قبیل ظروف شیشه‌ای و اشیاء و وسایل سنگین را در طبقات پایین قفسه‌ها بگذارید و قفسه‌ها را به دیوار متصل کنید.

۴- لامپ‌ها و لوسترهای سقفی را محکم کنید.

۵- محل‌های امن خانه، مدرسه یا محل کار خود را پیدا کنید.

۶- بسته وسایل کمک‌های اولیه و مواد غذایی خشک لازم و ایمنی همچون چراغ قوه را تهیه و در جای مناسب قرار دهید.

هنگام وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

۱- بیشتر آسیب‌دیدگی‌ها مربوط به رقت و آمد افراد در زمان وقوع زمین‌لرزه است. هر جا هستید، در همان‌جا پناه بگیرید.

۲- اگر داخل ساختمان هستید به زیر یک میز محکم، محل دارای سقف کم وسعت، یا کنار دیوارهای داخلی پناه بگیرید. از شیشه پنجره دور شوید. از شمع، کبریت و هر چه که شعله دارد، استفاده نکنید.

۳- در بیرون از ساختمان، از پل‌ها، تیرها، سیم‌های برق، ساختمان‌ها و دیوارها دور شوید.

۴- اگر داخل اتومبیل هستید، از پل‌ها و ساختمان‌ها فاصله بگیرید و فوراً متوقف شوید.

بعد از وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

۱- مراقب پس‌لرزه‌ها باشید. رادیو را روشن کنید و به پیام‌ها و راهنمایی‌ها عمل کنید.

۲- داروها و مواد شیمیایی زیان‌آور پخش شده را فوراً جمع کنید.

۳- ضمن مراقبت از سلامتی خود به افراد ناتوان و کودکان کمک کنید.

۴- اگر بوی گاز می‌آید، شیر اصلی گاز را ببندید و پنجره‌ها را باز کنید. نشت گاز را به مقامات مربوطه گزارش دهید.

۵- در صورت آسیب‌دیدگی سیم‌های برق، کنتور برق را قطع کنید.

۶- اگر لوله‌های آب، صدمه دیده‌اند، شیر اصلی آب را ببندید.



کالی راکار (KAlSi₃O₈) - سفی



کالی فلوئوریت (CaF₂)



کالی اوریمان (KAlSi₃O₈) - سفی



کالی هالیت (NaCl)

زمین‌شناسی پزشکی

منشأ همه عناصر سازنده بدن انسان و سایر جانداران، از زمین است. به عبارتی این عناصر، زمین‌زاد هستند. اگر مقدار این عناصر به دلایلی در بدن، کم یا زیاد شود، سلامت انسان به خطر می‌افتد. تأثیر مواد زمین بر تندرستی انسان، از هزاران سال پیش شناخته شده است. در متون قدیمی پزشکی چینی، ارتباط زمین و سلامت انسان یادآوری شده است. در ایران، دانشمندانی مانند ابوریحان بیرونی، ابن سینا و خواجه نصیرالدین طوسی در کتاب‌های خود به فواید برخی از سنگ‌ها و کانی‌ها برای درمان بیماری‌ها اشاره کرده‌اند. از مدت‌ها پیش مشخص شده بود که برخی بیماری‌ها در مناطق خاصی از زمین، شیوع بیشتری دارند. دانشمندان با آگاهی از ارتباط بین زمین و سلامتی، میان‌رشته جدیدی به نام زمین‌شناسی پزشکی را به شاخه‌های علم زمین‌شناسی افزودند تا نقش و تأثیر عناصر و کانی‌ها که از طریق هوا، آب و غذا، وارد بدن ما و دیگر موجودات زنده می‌شوند، را مطالعه کنند. زمین‌شناسی پزشکی، یک علم درمانی نیست؛ بلکه به دنبال بررسی عامل بیماری‌های زمین‌زاد است. بنابراین ارتباط نزدیکی با زیست‌شناسی، شیمی و شاخه‌های علم پزشکی دارد.

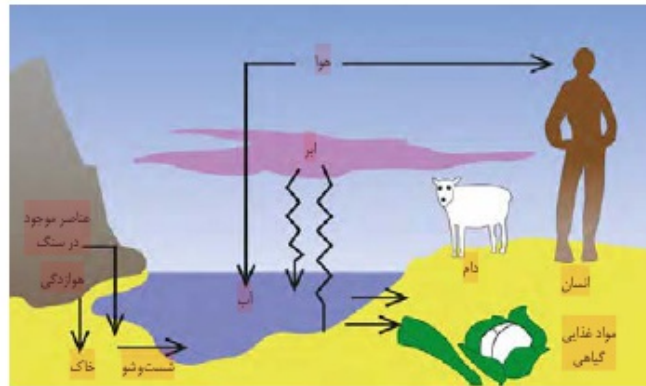
مهم‌ترین علت‌های آسیب‌دیدگی از زمین‌لرزه

- ۱- فرو ریختن ساختمان، شیشه پنجره‌های شکسته و قطعات اثاثیه، زیرا ممکن است پس‌لرزه‌ها سبب فرو ریختن آنها شوند.
- ۲- خطرات آتش‌سوزی به علت شکستن لوله‌های گاز، اتصال سیم‌های برق به علت افتادن آنها بر روی زمین.

در ساختمان‌سازی باید به نکات زیر توجه کرد:

- ۱- ساختمان هرچه سبک‌تر باشد، بهتر است (به خصوص سقف‌ها).
- ۲- زمین‌های شیب‌دار محل مناسبی برای ساختمان‌سازی نیستند.
- ۳- ساختمان‌هایی که تقارن بیشتری دارند مانند مکعب و مکعب مستطیل، از ساختمان‌های دیگر استحکام بیشتری دارند.
- ۴- در و پنجره زیاد، ساختمان را ضعیف می‌کند؛ بنابراین، نباید آنها را در یک طرف ساختمان قرار داد.
- ۵- مصالح ساختمانی به ترتیب از مناسب تا نامناسب عبارت‌اند از: الف) چوب؛ ب) آجر با اسکلت بتنی؛ پ) آجر بدون اسکلت بتنی؛ ت) خشت.
- ۶- باید سقف‌ها و دیوارها به خوبی به یکدیگر متصل شوند.
- ۷- در ساختمان‌های اسکلت فلزی، چهارچوب‌های داخلی باید به وسیله تیرآهن‌های ضربدری به هم متصل شوند.
- ۸- نباید قسمت‌های جدیدی را به ساختمان قبلی اضافه کرد.
- ۹- ساختمان‌های خشتی نباید بیشتر از یک طبقه باشند.
- ۱۰- پشت دیوارهای خشتی را باید با حائل تقویت کرد.

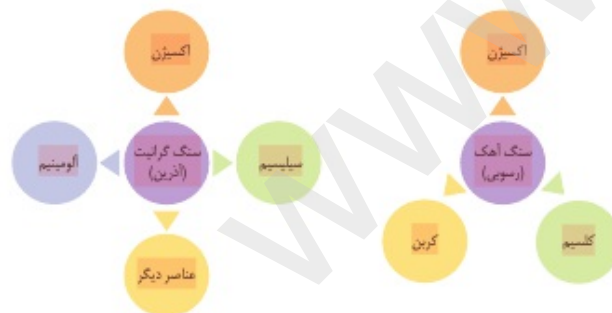
سنگ‌ها، بخشی اساسی سازنده زمین هستند که از عناصر مختلف تشکیل شده‌اند. هوازدگی سنگ‌ها، باعث تشکیل خاک می‌شود. گیاهان بر روی خاک می‌رویند و برخی جانوران، از گیاهان تغذیه می‌کنند. آب نیز، بر طی حرکت خود در چرخه آب، از درون سنگ و خاک، عبور و برخی عناصر آنها را در خود حل می‌کند. هوا و بیشتر گیاه‌ها و گازهای موجود در هواکره، منشأ زمینی دارند. بنابراین سلامت انسان و سایر موجودات زنده، تحت تأثیر عناصر زمینی است.



شکل ۱-۵. عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر سلامت انسان

پراکندگی و تمرکز عناصر

در علم ژئوشیمی، ترکیب شیمیایی سنگ، خاک و آب تعیین می شود. مطالعات ژئوشیمیایی نشان می دهد که توزیع عناصر در زمین و ترکیب سنگ ها در مناطق مختلف، متفاوت است.



شکل ۵-۲. عناصر تشکیل دهنده گراپیت و سنگ آهک



دانشمندان علوم زمین

● **اوله سلیوس (Ole Selinus)** سوئدی، پدر علم زمین‌شناسی پزشکی است. پروفیسور سلیوس طی دو دهه ۱۹۶۸ و ۱۹۷۰ میلادی، در زمینه اکتشاف مواد معدنی در سازمان زمین‌شناسی سوئد فعالیت داشت. از سال ۱۹۸۰ به بعد فعالیت‌های خود را در زمینه زمین‌شناسی زیست‌محیطی متمرکز کرد و به تحقیق در شاخه زمین‌شناسی پزشکی پرداخت. وی تحقیقات زیادی در این موضوع انجام داده و مقالات زیادی درباره ارتباط زمین‌شناسی و سلامت به چاپ رسانده است.

سلیوس با تلاش‌های بی‌وقفه خود، نقش مهمی در راه‌اندازی انجمن بین‌المللی زمین‌شناسی پزشکی با کمک محققان سایر رشته‌ها و کشورها و ترویج این علم و حل مشکلات زیادی در سراسر جهان داشته‌است.

علم،
زندگی،
کار آفرینی

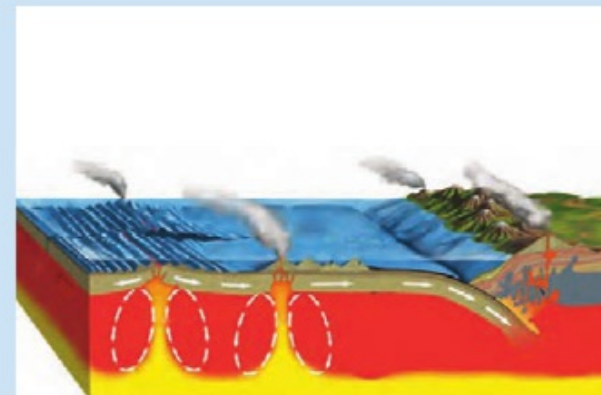
● **توفیق یک:** علمی بین رشته‌ای (فیزیک و زمین شناسی) که به مطالعه خصوصیات فیزیکی زمین و محیط اطراف آن می‌پردازد. توفیق یک‌دان‌ها، با استفاده از امواج لرزه‌ای، مقاومت الکتریکی، بررسی مغناطیسی زمین و شدت گرانش سنگ‌ها، به مطالعه ساختمان درونی زمین که به راحتی در دسترس نیست و همچنین شناسایی ذخایر، معادن و آب‌های زیرزمینی می‌پردازد.



• زمین ساخت (تکتونیک): زمین‌شناسی ساختمانی و زمین ساخت، علم شناسایی و

بررسی ساختارهای تشکیل دهنده پوسته زمین و نیروهای به وجودآورنده آنهاست. از سوی دیگر، زمین‌ساخت به مطالعه ساختار درونی زمین، چگونگی تشکیل رشته کوه‌ها، اقیانوس‌ها، زمین‌لرزه‌ها و حرکت ورقه‌های سنگ گره می‌پردازد. گسل‌ها، درزه‌ها، چین‌ها و دیگر ساختارهای زمین، نقش مهمی در تجمع منابع زیرزمینی و احداث پروژه‌های عمرانی دارند.

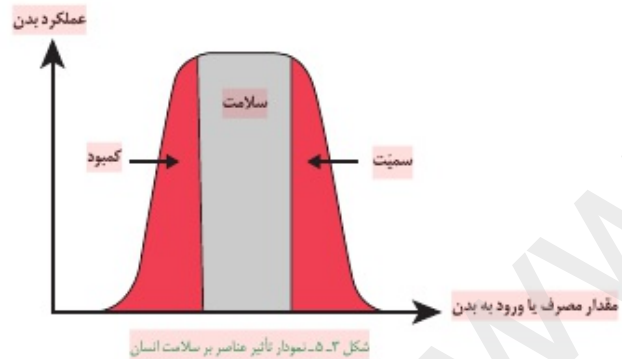
متخصصین این رشته‌ها، در مراکزی مانند سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مؤسسه ژئوفیزیک، پژوهشگاه زمین‌لرزه، مدیریت بحران، شهرداری‌ها و... به کار مشغول می‌شوند.



جدول ۱-۵- تقسیم‌بندی عناصر از نظر غلظت در پوسته زمین و بدن موجودات زنده

طبقه‌بندی عناصر	غلظت در پوسته	عناصر	اهمیت در بدن
اصلی	بیشتر از ۱ درصد	اکسیژن، آهن، کلسیم، سدیم، پتاسیم و منیزیم	اساسی
فرعی	بین ۱ تا ۰/۱ درصد	تیتانیوم، منگنز و فسفر	اساسی
جزئی	کمتر از ۰/۱ درصد	مس، طلا، روی، سرب، کادمیم و ...	اساسی - سمی

بیشتر عناصر جدول تناوبی، از زمین به بدن موجودات منتقل و وارد بافت‌های مختلف بدن می‌شوند. عناصر مورد نیاز برای عملکرد دستگاه‌های بدن، عناصر اساسی هستند. این عناصر، در تمام بافت‌های سالم بدن وجود دارند و نبود یا کمبود و حتی وجود آنها در مقادیر بیشتر از حد نیاز، باعث ایجاد بیماری یا عارضه می‌شود.



عناصر جزئی، در پوسته زمین و بدن موجودات زنده به مقدار بسیار کم یافت می‌شوند. این عناصر، گاهی در بدن به عنوان عنصر اساسی و مورد نیاز و گاهی به عنوان عنصر سمی محسوب می‌شوند که باعث ایجاد عوارض و یا بیماری می‌گردند.



- در جدول تناوبی زیر، طبقه بندی عناصر بر اساس سُمی بودن در سلامت انسان با رنگ‌های مختلف نشان داده شده است.

[illegible]

حروف قرمز: عناصر سمّی
کادر زرد: عناصری که مقدار بیش از حد آن سمّی است.

● سوپر اکسیدها مانند LiO_2 (لیتیم سوپر اکسید) با تشکیل بنیان‌های بسیار واکنش‌گر، باعث وقوع سرطان می‌شوند. برخی عناصر به خصوص سلیتیم، از طریق آنتی‌های حاوی این عنصر، با آیین بردن سوپر اکسیدها، از وقوع سرطان پیشگیری می‌کنند. به همین دلیل این عنصر، اهمیت زیادی در سلامت انسان دارد و به عنوان ماده ضدسرطان شناخته می‌شود.

در فصل ۲ خواندید که بعضی سنگ‌ها و خاک‌ها، در برخی از عناصر، بی‌هنجاری مثبت یا منفی نشان می‌دهند. گیاهان، عناصر مورد نیاز خود را برای رشد از این خاک‌ها می‌گیرند. بنابراین در بعضی از گونه‌های گیاهی، تمرکز عناصر بیش از حد معمول ایجاد می‌شود. اگر جانوران از این گیاهان تغذیه کنند غلظت برخی از عناصر در آنها از حد معمول، بیشتر شده، می‌تواند باعث بیماری در آنها شود.

بیشتر بدانید

پیوند با
پزشکی

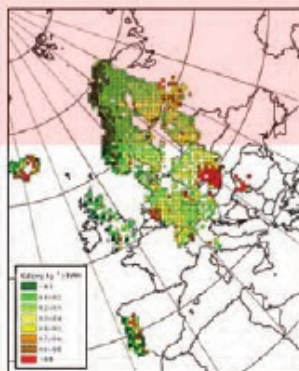
۵ فصل

زمین شناسی و سلامت

شاید در نگاه اول، ارتباطی بین زمین‌شناسی و سلامت انسان و علم پزشکی دیده نشود، اما وقتی بدانیم منشأ آبی که می‌نوشیم، غذایی که می‌خوریم و هوایی که تنفس می‌کنیم از زمین است، بهتر می‌توانیم این ارتباط را درک کنیم. بیشتر عناصری که در محیط زیست وجود دارند، از سنگ‌کره منشأ می‌گیرند. این عناصر بر اثر فرایندهای مختلف و از طریق خاک، آب و هوا وارد چرخه طبیعت می‌شود. آیا تاکنون به این فکر کرده‌اید که از طریق آب، غذا و هوا چه مواد و عناصری وارد بدن شما می‌شود؟ آیا می‌توانید این مواد می‌توانند چه اثرات مثبت یا منفی بر بدن شما داشته باشند؟ این مواد از کجا آمده‌اند؟



زمین‌شناسان با تهیه نقشه پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر، مناطقی را که احتمال خطر بیماری‌های خاصی در آنها وجود دارد، معرفی می‌کنند. برای مثال نقشه ژئوشیمیایی فلز سمی کادمیم در خاک کشور سوئد در شکل روبه‌رو نشان داده شده است (شکل ۵-۴). به همین ترتیب می‌توان با تهیه نقشه از مناطقی که در آن بیماری‌های خاصی شایع است، به بررسی عوامل زمین‌شناسی مؤثر بر ایجاد آنها پرداخت.



شکل ۵-۴. نقشه ژئوشیمیایی فلز سمی کادمیم در خاک کشور سوئد (بیشترین مقدار، رنگ قرمز)

جمع‌آوری اطلاعات

- گیاهانی را معرفی کنید که می‌توانند عناصر خاصی را در خود متمرکز کنند.
- بررسی کنید که ماهی چه عناصری را در بدن خود متمرکز می‌کند؟

پیوند با پزشکی

● استخراج سرب از حدود ۵۰۰۰ سال پیش آغاز شد و به‌طور نسبی در عصر مس، مفرغ و آهن افزایش یافت و در ۲۰۰۰ سال پیش به اوج خود رسید. سنگ‌نوشته‌های رسی دوره‌های میانی و پسین آشوری و متون مصری و سانسکریت مربوط به بیش از ۳۰۰۰ سال پیش، مواردی از مسمومیت به سرب را نشان می‌دهد. نخستین کاربردهای سرب در لوله‌کشی، معماری و کشتی‌سازی بود. نمک‌های سرب برای نگهداری میوه و سبزی‌ها به کار می‌رفت. استفاده از مقادیر زیاد سرب در زندگی روزمره طبقه اشراف روم، اثری قابل ملاحظه بر سلامت آنها داشت، از جمله شیوع مسمومیت سرب (پلومبیزم)، شیوع شدید ناباروری، مرده‌زایی و عقب‌افتادگی ذهنی. بررسی شرح‌حال فیزیولوژیکی امپراتورهای روم که بین سال‌های ۲۵۰-۱۵۰ سال پیش از میلاد می‌زیستند، نشان می‌دهد که بیشتر این افراد، دچار مسمومیت سرب بوده‌اند.



یکی از نشانه‌های مسمومیت با سرب، ایجاد خط آبی رنگ در محل اتصال دندان‌ها به لثه است.



کانی پیریت (FeS₂)



کانی هالیت (NaCl)

زمین‌شناسی پزشکی

منشأ همه عناصر سازنده بدن انسان و سایر جانداران، زمین است. به عبارتی این عناصر، زمین‌زاد هستند. اگر مقدار آنها به دلایلی در بدن کم یا زیاد شود، سلامت انسان به خطر می‌افتد. تأثیر مواد زمین‌بر تندرستی انسان، از هزاران سال پیش شناخته شده است. در متون قدیمی پزشکی چینی، ارتباط زمین و سلامت انسان یادآوری شده است. در ایران، دانشمندانی مانند ابوریحان بیرونی، ابن سینا و خواجه نصیرالدین طوسی در کتاب‌های خود به فواید برخی از سنگ‌ها و کانی‌ها برای درمان بیماری‌ها اشاره کرده‌اند.

بیشتر بدانید

● کانی هالیت به‌واسطه حضور پتاسیم در ترکیبش به رنگ آبی دیده می‌شود. نمک آبی ایرانی^۱ از معادن دو شهر گرمسار و سمنان استخراج می‌شود. نتایج مطالعه اداره فدرال ایمنی غذا و دامپزشکی سوئیس^۲ روی ۲۵ نوع نمک از سراسر جهان در سال ۲۰۱۶ نشان می‌دهد که انواع نمک‌های رنگی، در مقایسه با نمک معمولی از سلامت کمتری برخوردارند. نمک‌های رنگی حاوی ۹۴ درصد کلرید سدیم و ید کمتری بوده و دارای عناصر دیگری مثل آلومینیوم، اورانیوم و کادمیوم هستند.



جالب است بدانید نمک هیمالیا حاوی مقادیر قابل توجهی آهن ولی به شکل اکسید آهن نامحلول می‌باشد و جذب این ماده معدنی برای بدن دشوار است. در نتیجه FSVO معتقد است که نمک هیمالیا را نمی‌توان به‌عنوان منبع تغذیه‌ای خوب آهن در نظر گرفت.

۱- Persian blue salt

۲- FSVO

منشأ بیماری‌های زمین‌زاد

سنگ‌های دارای آرسنیک: آرسنیک، یک عنصر غیرضروری و سمی است. این عنصر، منشأ زمین‌زاد دارد و برخی سنگ‌ها مانند سنگ‌های آتشفشانی، دارای بی‌هتجاری مثبت آرسنیک است. مهم‌ترین مسیر انتقال آن از زمین به گیاهان و جانوران و انسان، از راه آب آلوده به این عنصر است. کشورهای زیادی در معرض آلودگی این عنصر هستند. در این کشورها، سنگ‌ها و کانی‌های دارای آرسنیک (مانند پیریت)، در معرض هوازدگی، اکسیده یا حل می‌شوند و عناصر موجود در آنها وارد منابع آب و سپس وارد بدن موجودات زنده می‌شود و باعث ایجاد بیماری می‌گردد. وقتی مقادیر بالای این عنصر وارد بدن انسان می‌شود، عوارض و بیماری‌های متعددی مانند ایجاد لکه‌های پوستی، سخت‌شدن و شاخی‌شدن کف دست و پا، دیابت و سرطان پوست را ایجاد می‌کند.

شکل ۱-۱- هوازدگی آب و خاک به آرسنیک



بیشتر بدانید

• حدود پنجاه سال پیش، چاه‌های عمیق آب در بنگال غربی هندوستان حفر شد. مردم از این آب برای آبیاری مزارع برنج استفاده می‌کردند که زیربنای اقتصادی آنها را تشکیل می‌داد. پیش از آن، کشاورزان با آب محدودی که در دسترس بود، زمین‌های خود را آبیاری می‌کردند اما، با این روش جدید، سطح زیر کشت، بالا رفت و درآمد اقتصادی آنها به شدت افزایش یافت. آنها، آب را از چاه‌های عمیق برداشت می‌کردند و می‌توانستند ۳ یا ۴ نوبت کشت در سال انجام دهند. اما این آب، مقدار زیادی آرسنیک داشت و بیش از ۴۰۰ روستا در بنگال غربی تحت تأثیر شدیدترین مسمومیت آرسنیک جهان قرار گرفت و حدود ۶۰۰۰۰ نفر دچار مرگ زودرس شدند.

بعد از شیوع بیماری‌های فراوان در منطقه بنگال غربی و بنگلادش، مطالعات انجام شده توسط

زمین‌شناسان بر روی سنگ‌های سازنده آبخوان‌های منطقه، وجود لایه‌های رسوبی حاوی عنصر آرسنیک با رگه‌هایی از کانی پیریت را نشان داد که چاه‌ها را آلوده می‌کرد.



خشک‌شدن و شاخی‌شدن پوست بر اثر مصرف آب حاوی آرسنیک در بنگلادش

از مدت‌ها پیش مشخص شده بود که برخی بیماری‌ها در مناطق خاصی از زمین، شیوع بیشتری دارند. دانشمندان با آگاهی از ارتباط بین زمین و سلامتی، میان‌رشته جدیدی به نام زمین‌شناسی پزشکی را به شاخه‌های علم زمین‌شناسی افزودند تا نقش و تأثیر عناصر و کانی‌ها که از طریق هوا، آب و غذا، وارد بدن ما و دیگر موجودات زنده می‌شوند را مطالعه کنند. زمین‌شناسی پزشکی، یک علم درمانی نیست؛ بلکه به دنبال بررسی عامل بیماری‌های زمین‌زاد است. بنابراین ارتباط نزدیکی با زیست‌شناسی، شیمی، شاخه‌های علم پزشکی و دامپزشکی دارد.

چرخه بیوشیمیایی

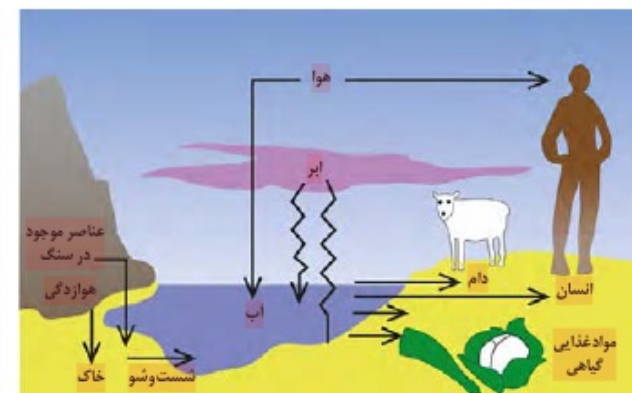
عناصر موجود در سنگ‌ها توسط فرایندهای زیستی و غیرزیستی از آن جدا و به خاک، آب و رسوبات منتقل شده، سپس همراه با چرخه غذایی به بدن حیوانات و گیاهان وارد می‌شوند. در ادامه، عناصر مجدداً به خاک، رسوب و آب برمی‌گردند و با گذشت زمان طولانی دوباره به سنگ تبدیل می‌شوند. بنابراین سلامت انسان و سایر موجودات زنده، تحت تأثیر عوامل زمین‌شناسی و ترکیبات تشکیل‌دهنده کره زمین می‌باشد.



دانشمندان علوم زمین

• **اوله سلینوس (Ole Salinus)** سوئدی، پدر علم زمین‌شناسی پزشکی است. پروفسور سلینوس طی دو دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ میلادی، در زمینه اکتشاف مواد معدنی در سازمان زمین‌شناسی سوئد فعالیت داشت. از سال ۱۹۸۰ به بعد فعالیت‌های خود را در زمینه زمین‌شناسی زیست‌محیطی متمرکز کرد و به تحقیق در شاخه زمین‌شناسی پزشکی پرداخت. وی تحقیقات زیادی در این موضوع انجام داده و مقالات زیادی درباره ارتباط زمین‌شناسی و سلامت به چاپ رسانده است.

سلینوس با تلاش‌های بی‌وقفه خود، انجمن بین‌المللی زمین‌شناسی پزشکی را راه‌اندازی کرد. وی با کمک محققان سایر رشته‌ها از سراسر جهان نقش مهمی در ترویج این علم داشته و مشکلات زیست‌محیطی زیادی را در دنیا حل کرده است.



شکل ۱-۲ گردش عناصر و عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر سلامت انسان

تقسیم‌بندی بیوشیمیایی عناصر

عناصر بسیاری از زمین به بدن موجودات منتقل و وارد بافت‌های مختلف بدن می‌شوند. این عناصر از دیدگاه زمین‌شناسی پزشکی به دو گروه اساسی و غیراساسی تقسیم می‌گردند. عناصر مورد نیاز برای عملکرد دستگاه‌های بدن، عناصر اساسی نامیده می‌شوند. این عناصر، در بافت‌های سالم بدن وجود دارند و نبود یا کمبود یا مقادیر بیشتر از حد آنها، باعث ایجاد بیماری یا عارضه می‌شود.



شکل ۵-۸ نقشه پراکندگی مناطق دارای آلودگی (آرسنیک در جهان) (نقشه قرمز)

آرسنیک موجود در بعضی از سنگ‌ها، مانند زغال سنگ به مواد غذایی منتقل می‌شود. به نمونه‌ای از آن می‌توان در خشک کردن فلفل قرمز و ذرت به وسیله زغال سنگ در ناحیه‌ای از جنوب چین اشاره کرد. در این منطقه، خشک کردن مواد غذایی با حرارت زغال سنگ در محیط بسته، سبب آزاد شدن آرسنیک و ورود آن به مواد غذایی و آلودگی آنها می‌شود.

سنگ‌های دارای عنصر کادمیم: کادمیم، عنصری سمی و سرطان‌زا است که در کانسنگ‌های سولفیدی یافت می‌شود و مهم‌ترین منشأ آن در معادن روی و سرب است. این عنصر، از طریق گیاهان خوراکی و آب وارد بدن می‌شود.

• تأثیر منفی کادمیم بر سلامتی از زمانی مشخص شد که آب‌های معدنی سرشار از کادمیم از یک معدن روی و سرب، وارد رودخانه و مزارع برنج منطقه‌ای در ژاپن گردید و پس از مدتی باعث شیوع بیماری ایتای ایتای (itai itai) شد. این بیماری، باعث تغییر شکل و نرمی استخوان در زنان مسن می‌شود. بعدها در مردم این منطقه، آسیب‌های کلیوی نیز رخ داد. با توجه به اینکه کادمیم همیشه با عنصر روی همراه است، استفاده از کودهای روی که از سنگ معدن روی تولید می‌شود، در مزارع می‌تواند باعث افزایش غلظت کادمیم در گیاهان و زنجیره غذایی شود.

پیوند با پزشکی

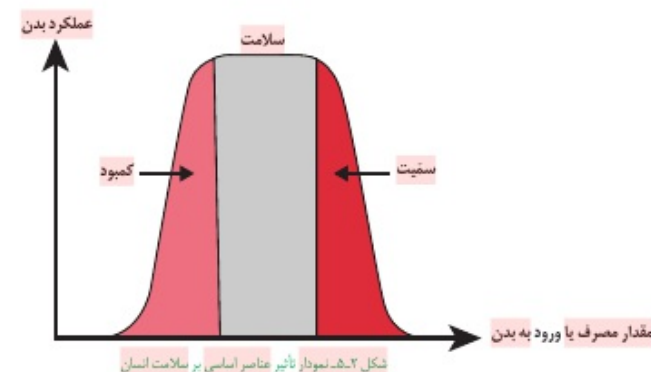
سنگ‌های دارای جیوه: جیوه، عنصری سمی است که از سنگ‌های آتشفشانی، چشمه‌های آب گرم، در طی فرایند استخراج مواد معدنی و جداسازی طلا از کانسنگ آن به دست می‌آید. در مناطق معدنی، فرایند استخراج طلا یا ملقمه کردن طلا با جیوه در فعالیت‌های معدنی، منجر به آلودگی گسترده جیوه شده است. قرارگیری دراز مدت در معرض جیوه، از طریق دهان (آب و غذا) و پوست، باعث آسیب رساندن به دستگاه‌های عصبی، گوارش و ایمنی می‌شود.

عناصر غیر اساسی عناصری هستند که نقشی در فعالیت‌های بدن نداشته یا هنوز پیامدهای کمبود آنها در بدن موجودات زنده اثبات نشده است. قسمت اعظم بدن انسان از یازده عنصر تشکیل شده است. عنصری که بیش از ۹۶ درصد توده بدن را تشکیل می‌دهند، عناصر اصلی نامیده می‌شوند.

عناصر فرعی، کمتر از ۴ درصد توده بدن را تشکیل می‌دهند. بیشتر عناصر جدول تناوبی، جزئی می‌باشند و نقشی در عملکرد ارگان‌های بدن ندارند، فقط تعدادی از آنها عناصر «جزئی اساسی» هستند و بدن برای انجام فعالیت‌ها به آنها نیاز دارد و تعداد محدودتری از آنها نیز سمی به حساب می‌آیند (جدول ۵-۱).

جدول ۵-۱ طبقه‌بندی بیوشیمیایی عناصر

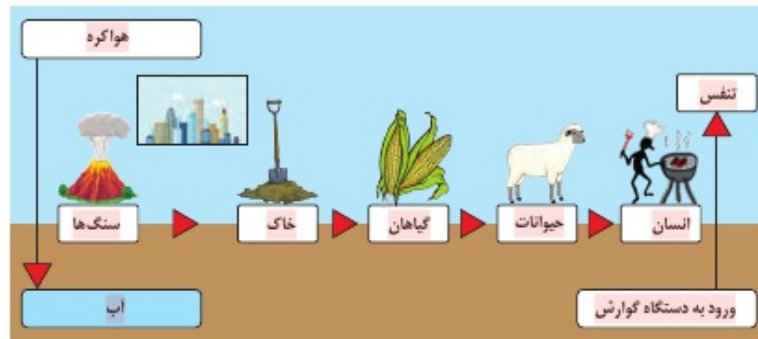
طبقه‌بندی عناصر	عناصر	اهمیت در بدن
اصلی	هیدروژن، کربن، نیتروژن و اکسیژن	اساسی
فرعی	سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، فسفر و کلر	اساسی
جزئی	آهن، سرب، منگنز، فلوتور، ید، سلنیم و...	اساسی - سمی



• سوپر اکسیدها مانند LiO_2 (لیتیم سوپر اکسید) با تشکیل بنیان‌های بسیار واکنش‌گر، باعث وقوع سرطان می‌شوند. برخی عناصر به خصوص سلنیم، از طریق آنزیم‌های حاوی این عنصر، با از بین بردن سوپر اکسیدها، از وقوع سرطان پیشگیری می‌کنند. به همین دلیل این عنصر، اهمیت زیادی در سلامت انسان دارد و به عنوان ماده ضدسرطان شناخته می‌شود.

پیوند با پزشکی

سنگ‌های دارای سلنیم: سلنیم، یک عنصر اساسی ضدسرطان است که در کانی‌های سولفیدی و به خصوص در معادن طلا و تهره، چشمه‌های آب گرم، سنگ‌های آتشفشانی و خاک‌های حاصل از آنها به مقدار زیاد یافت می‌شود. بنابراین، منشأ اصلی سلنیم از خاک و مسیر ورود آن به بدن انسان، از طریق گیاهان است (شکل ۵-۸).



شکل ۵-۸- چرخه سلنیم



• مارکو پولو، در سفر خود در سال ۱۲۷۵ میلادی به اقامتگاه قویلالی خان در چین، به مرگ اسب‌های خود در اثر مسمومیت به علف‌های منطقه اشاره می‌کند. امروزه می‌دانیم که آن بخش از چین، دارای بی‌هنجاری مثبت سلنیم در خاک است و عوارض توصیف شده توسط مارکو، نشانگر مسمومیت ناشی از سلنیم است. در انسان نیز مصرف بیش از حد سلنیم، باعث مسمومیت می‌شود.

سنگ‌های دارای روی: عنصر روی، از عناصر فلزی مهم به شمار می‌رود و یک عنصر جزئی اساسی با منشأ زمینی است که بیشتر از طریق گیاهان وارد بدن انسان می‌شود. روی، علاوه بر اینکه در کانی‌های سولفیدی به مقدار زیاد وجود دارد، در سنگ‌های آهکی و برخی سنگ‌های آتشفشانی

ساکتین منطقه می‌گردد. از این میان می‌توان به شیوع بیماری‌های دامی (مسمومیت با مس) و گاهی انواع سرطان در نواحی مجاور کانسارها اشاره کرد. با نقشه ژئوشیمیایی مناطقی که در آن بیماری‌های خاصی شایع است، می‌توان به بررسی عوامل زمین‌شناسی مؤثر بر ایجاد آنها پرداخت. مطالعات ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که توزیع عناصر در زمین و ترکیب سنگ‌ها در مناطق مختلف، متفاوت است.



شکل ۴- مقایسه عناصر تشکیل دهنده سنگ گرانیت و سنگ آهک

• در مورد تأثیر منفی احتمالی سنگ آهک و گرانیت بر سلامت انسان تحقیق کنید و به کلاس گزارش دهید.

جمع‌آوری اطلاعات

منشأ بیماری‌های زمین زاد

آرسنیک: یک عنصر جزئی اساسی است و گستردگی وسیعی در پوسته زمین دارد. دو کانی اورپیمان و رالکار، کانی‌های اصلی آرسنیک می‌باشند. این عنصر در برخی سنگ‌های آذرین، سنگ‌های دگرگونی و رسوبی (مانند شیل) دارای غلظت بالایی است. با این حال بیشترین مقدار عنصر آرسنیک در زغال‌سنگ‌ها متمرکز شده است.

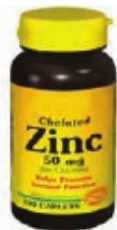
به‌طور کلی منابع ورود آرسنیک به محیط زیست شامل سوزاندن زغال‌سنگ آرسنیک‌دار، آب‌های زیرزمینی آلوده و معدن‌کاری می‌باشد. این عنصر از طریق آب‌های آلوده از زمین به گیاهان و جانوران منتقل می‌شود. راه ورودش به بدن انسان از طریق جذب پوستی، تنفس و تغذیه می‌باشد. به یک نمونه از آن می‌توان برای خشک کردن فلفل قرمز و ذرت در جنوب چین اشاره نمود. در این منطقه خشک کردن مواد غذایی توسط حرارت زغال‌سنگ‌های آلوده در محیط بسته، سبب آزاد شدن آرسنیک موجود در زغال‌سنگ و ورودش به مواد غذایی و آلودگی آن شده بود.



شکل ۵-۶- کانی رالکار (AsS) - سی



شکل ۵-۷- کانی اورپیمان (AsS) - سی



شکل ۹-۵-۹. قرص روی

نیز فراوان است. عوارض کمبود روی، شامل کوتاهی قد و اختلال در سیستم ایمنی بدن است. زیادی مقدار روی می‌تواند باعث کم خونی و حتی مرگ شود.

کمبودهای ناحیه‌ای عنصر روی، که ارتباطی با سنگ‌شناسی و خاک‌های منطقه دارد را باید با وارد کردن غذاها و داروهای روی دار مکمل رفع کرد.

عنصر ید: در سده نوزدهم، بیماری گواتر در نیمه شمالی آمریکا بسیار رایج بود و این منطقه، کمربند گواتر نامیده می‌شد. پژوهش‌ها نشان داد که کمبود ید در خاک این منطقه و گیاهان و دام‌های آن باعث این بیماری شده است و هنگامی که ید به رژیم غذایی مردم این منطقه اضافه شد، بیماری گواتر کاهش یافت. دلیل زمین‌شناختی این است که در بخش شمالی ایالات متحده پس از عصر یخ‌بندان، با آب شدن یخ‌ها، حجم زیادی آب در خاک نفوذ کرد و نمک‌های بسیار انحلال‌پذیر ید را با خود شست و خاک‌های فقیر از ید را بر جای گذاشت. کمبود ید در مناطق مختلف جهان، به خصوص مناطق کوهستانی دور از دریا، که فرسایش و بارندگی شدید، خاک را از ید فقیر می‌کند، بسیار شایع است.

عنصر کلسیم و منیزیم: از مدت‌ها پیش مشخص شده است که وجود عناصر کلسیم و منیزیم باعث سختی آب آشامیدنی می‌شود. میزان سختی آب در مناطق مختلف متفاوت بوده و با زمین‌شناسی هر منطقه مرتبط است. این عامل، با انواع خاصی از بیماری‌های کلیوی رابطه دارد.



بیشتر بدانید

- خاک‌خواری یا خوردن آگاهانه خاک توسط انسان‌ها مشاهده می‌شود. متخصصان تغذیه، این عمل را پاسخی برای کاهش سمیت برخی مواد موجود در رژیم غذایی و یا تأمین کمبودهای تغذیه‌ای می‌دانند. تمایل برخی از خانم‌های باردار به خوردن خاک، زغال و... در نسل‌های گذشته، نمونه‌ای از خاک‌خواری است. اما باید آلودگی این خاک‌ها به برخی عناصر سمی را مورد توجه قرار داد. نمونه دیگری از آن را می‌توان در استفاده خوراکی از خاک با تنوع رنگی در جزیره هرمز نام برد.

غبارهای زمین‌زاد: غباری که هر روز در حیات‌خانه ما فرو می‌ریزد، ممکن است از هزاران کیلومتر دورتر منشأ گرفته باشد. غبار، پدیده‌ای جهانی است. توفان‌های غبار که از آفریقا منشأ می‌گیرند به کوه‌های آلپ هم می‌رسند و ریزگردهای برخی از کشورهای همسایه، وارد کشور ما شده و ما را دچار مشکلات زیادی کرده است. غبار از راه تنفس، وارد بدن انسان می‌شود و سلامت وی را تهدید می‌کند.



شکل ۹-۵-۱۰. نقشه آلودگی آرسنیک در جهان. آلودگی مربوط به معادن و کانی‌های آرسنیک‌دار (نقاط قرمز)، آب‌های زیرزمینی آلوده به آرسنیک (رنگ نارنجی)



شکل ۹-۵-۱۱. هاب و خاک دارای آرسنیک و آهن

کشورهای زیادی در معرض آلودگی این عنصر هستند. حدود پنجاه سال پیش، در بنگال غربی هندوستان و بنگلادش چاه‌های کم عمق زیادی حفر شد. مردم از این آب برای آبیاری مزارع برنج استفاده کردند. با این روش جدید، سطح زیر کشت، بالا رفت و آنها توانستند ۳ یا ۴ توبت کشت در سال انجام دهند. اما این آب، حاوی مقدار زیادی آرسنیک بود و بیش از ۴۰۰ روستا در بنگال غربی تحت تأثیر شدیدترین مسمومیت آرسنیک جهان قرار گرفتند و بیش از ۶۰ هزار نفر دچار مرگ زودرس شدند.

بعد از شیوع بیماری‌های فراوان در بنگال غربی و بنگلادش، مطالعات انجام شده توسط زمین‌شناسان بر روی آبخوان‌های منطقه، وجود لایه‌های رسوبی حاوی عنصر آرسنیک با رگه‌هایی از کانی پیریت را نشان داد. با مصرف زیاد آب‌های زیرزمینی و افت سطح آب، لایه‌های رسوبی در معرض اکسایش هوا قرار گرفته و کانی‌های پیریت آرسنیک‌دار موجود در آنها دچار تخریب و هوازدگی گردید. آرسنیک آزاد شده از لایه‌های رسوبی به سرعت وارد آب‌های زیرزمینی منطقه شده و آن را آلوده کرده است.



خشک و شاخی شدن پوست

پیوند با پزشکی

- وقتی مقادیر بالای آرسنیک وارد بدن انسان می‌شود، عوارض و بیماری‌های متعددی مانند ایجاد لکه‌های پوستی، سخت شدن و شاخی شدن کف دست و پا (کراتوسیس)، دیابت و سرطان پوست را ایجاد می‌کند.

کادمیم: عنصری سمی و سرطان‌زاست که در کانسنگ‌های سولفیدی یافت می‌شود. این عنصر در معادن سرب و روی می‌تواند جانشین روی در کانی‌های سولفیدی شود. راه ورود آن به بدن انسان از طریق تنفس، غذا و آب آلوده می‌باشد. در طبیعت کانی‌های دارای کادمیم کم هستند.

اثرات توفان‌های گرد و غبار و ریزگردها:

- کاهش میزان انرژی دریافتی از خورشید (غبارها گرما را بازتاب و زمین را سرد می‌کنند)
- انتقال باکتری‌های بیماری‌زا به مناطق پر جمعیت
- افت کیفیت هوا
- انتقال مواد سمی
- فراهم کردن مواد مغذی اساسی برای جنگل‌های بارانی مناطق گرمسیری
- هسته‌های رشد قطرات باران



شکل ۱۰-۵. توفان گردوغبار

زمین‌شناسان در مطالعات خود، نوع کانی‌های تشکیل‌دهنده و ترکیب ژئوشیمیایی ریزگردها و غبارها را بررسی می‌کنند. آنها طی این بررسی‌ها، سرچشمه ریزگردها را با تصاویر ماهواره‌ای بررسی و نحوه انتقال آنها تا فواصل دور را مطالعه می‌کنند تا بتوانند پیامدهای حاصل از استنشاقی غبارها بر سلامت انسان را پیش‌بینی و راهکارهایی برای کاهش اثرات آنها پیدا کنند. ذرات بسیار ریز غبار با ورود به ریه، باعث بیماری‌های ریوی می‌شوند. هرچه غلظت این غبارها، بیشتر باشد، نرخ بیماری‌های مزمن دستگاه تنفسی و مرگ و میر مرتبط با آن افزایش می‌یابد.



شکل ۱۱-۵. در طی دو روز، ۱۰ میلیارد تن خاک و ۲۰ میلیون تن گوگرد دی‌اکسید از آتشفشان فمال پیناتوبو در سال ۱۹۹۱ م، خارج شد و شرایط آب و هوایی کره زمین را در طی سه سال تحت تأثیر قرار داد. این رویداد به تنهایی ۲ میلیون تن روی، ۱ میلیون تن مس و ۵۵۰۰ تن کادمیم را در سطح زمین پخش کرد.

آتشفشان‌ها:

فعالیت‌های آتشفشانی، فلزها و عناصر دیگر را از اعماق زمین به سطح می‌آورند. برای مثال بر اثر فوران آتشفشان انفجاری پیناتوبو فیلیپین در سال ۱۹۹۱ میلیون‌ها تن خاکستر وارد اتمسفر و بر روی منطقه‌ای به وسعت هزاران کیلومتر مربع پخش شد که بیشتر عناصر طبیعی جدول تناوبی بود. آتشفشان‌ها، افزون بر عناصر اساسی، عناصر دیگری مانند آرسنیک، بریلیم، کادمیم، جیوه، سرب، رادون و اورانیوم را هم وارد محیط می‌کنند که در شرایط خاص، خطرناک هستند.

این گونه فوران‌های آتشفشانی هر چند سال یک بار در تاریخ زمین رخ داده‌اند. این نکته را هم در نظر بگیریم که در هر زمان، به طور میانگین ۶۰ آتشفشان بر روی زمین فعال بوده و فوران کرده‌اند. مقدار کل فلزهای آزاد شده از آتشفشان‌ها، قابل توجه است.

بیماری سیلیکوسیس که حاصل استنشاقی گرد و غبار دارای ذرات سیلیس است، در سده بیستم برای نخستین بار در بادیه نشینان صحرای آفریقا شناسایی شد و پس از آن در کشاورزان پاکستان، کالیفرنیا، لاداخ (سیبری)، تار (هند) و نیز شمال چین یافت شد. شیوع این بیماری در لاداخ، ۲۲ درصد جمعیت روستایی و در شمال چین ۲۱ درصد جمعیت بالای ۴۰ سال را در بر می‌گیرد و به‌نظر می‌رسد جمعیت مبتلا در آسیا به چند میلیون نفر برسد.

پیوند با پزشکی

● تأثیر منفی کادمیم بر سلامتی از زمانی مشخص شد که آب‌های معدنی سرشار از کادمیم از یک معدن روی و سرب، وارد رودخانه و مزارع برنج منطقه‌ای در ژاپن گردید و پس از مدتی باعث شیوع بیماری ایتای ایتای (itai itai) شد. این بیماری، باعث تغییر شکل و نرمی استخوان در زنان مسن می‌شود. بعدها در مردم این منطقه، آسیب‌های کلیوی نیز رخ داد. با توجه به اینکه کادمیم همیشه با عنصر روی همراه است، استفاده از کودهای روی که از سنگ معدن روی تولید می‌شود، در مزارع می‌تواند باعث افزایش غلظت کادمیم در گیاهان و زنجیره غذایی شود. تأثیر منفی دیگر کادمیم افزایش نفوذپذیری غشای سلولی است که باعث تسهیل ورود فلزات سنگین به داخل سلول‌ها می‌شود.



شکل ۹-۵. کانی گالن (PbS)

سرب: سرب دارای چندین ایزوتوپ است که تعدادی از آنها خاصیت پرتوزایی دارند. این عنصر همراه روی در سنگ‌های کربناته دیده می‌شود و معروف‌ترین کانی آن گالن می‌باشد. این عنصر غالباً به‌صورت غبار و ذرات پراکنده در هوا، وارد دستگاه تنفسی می‌شود. همچنین ترکیبات آن در آب، غذا، حتی میوه و دانه‌های گیاهی وجود دارد که از طریق آنها وارد بدن می‌شود.

پیوند با پزشکی

● استخراج سرب از حدود ۵۰۰۰ سال پیش آغاز شد. نخستین کاربردهای آن در لوله‌کشی، معماری و کشتی‌سازی بود. نمک‌های سرب برای نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها به کار می‌رفت. بررسی شرح حال فیژبولوژیک امپراتورهای روم نشان می‌دهد که بیشتر این افراد دچار مسمومیت سرب (پلومبسم) بودند. عوارض گوناگونی در نتیجه افزایش سرب در بدن انسان به‌وجود می‌آید که عمده آنها در کودکان رخ می‌دهد و شایع‌ترین آن پایین آمدن کاهش یادگیری و رشد ذهنی است. سایر عوارض در کودکان شامل خستگی، ناراحتی و تشنج است. در بزرگسالان عوارض فشار خون بالا، مشکلات گوارشی، عصبی، کم‌خونی و مشکل تمرکز حافظه شایع‌تر است. یکی از نشانه‌های مسمومیت با سرب، ایجاد خط سربی در محل اتصال دندان‌ها به لثه است.



جیوه: جیوه عنصری سمی است که از منابع گوناگون مانند سنگ‌های آتشفشانی چشمه‌های آب گرم و طی فرایند استخراج مواد معدنی به محیط زیست وارد می‌شود. ملقمه کردن طلا با جیوه که یکی از شیوه‌های استحصال از کانسنگ می‌باشد، منجر به آلودگی گسترده جیوه می‌شود.



شکل ۱۰-۵. کانی سیانر (HgS)

۱- ترکیب هر فلز با جیوه را ملقمه گویند.

یادآوری



• در کتاب علوم پایه هشتم با کانی ازیست و تأثیر آن بر سلامت انسان آشنا شدید. در مورد استفاده از ازیست (پنبه نسوز) در ساخت وسایل مختلفی مانند لنت ترمز... و اثرات آن، مطالبی جمع‌آوری و در کلاس بحث کنید.

پیوند با پزشکی



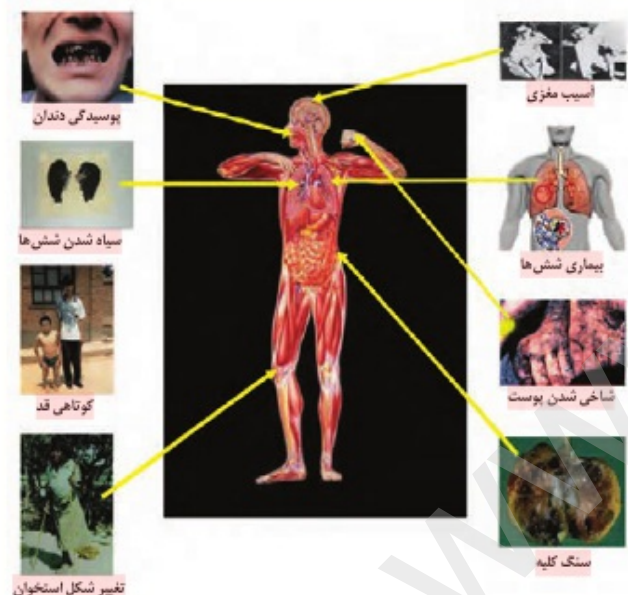
• مسمومیت با جیوه اولین بار در سال ۱۹۵۶ در میناماتای ژاپن شایع شد که باعث بروز بیماری میناماتا و تولد کودکان ناقص گردید. مسمومیت به متیل جیوه در ژاپن، سوئد، عراق و ایالات متحده مشاهده شده است.

جمع‌آوری اطلاعات

- در مورد دلیل نام‌گذاری رقص گریه‌ها بر روی بیماری میناماتا تحقیق کرده و در کلاس ارائه کنید.
- در مورد ملقمه کردن طلا با جیوه و اثرات آن بر محیط‌زیست، اطلاعات جمع‌آوری کرده و در کلاس ارائه کنید.

خود را بیازمایید

• علت ایجاد هر یک از بیماری‌های مشخص شده در تصویر زیر چیست؟



شکل ۱۱-۵. کانی فلوئوریت (CaF_2)

فلوئور: فلوئور، یک عنصر اساسی است که کمبود یا مصرف زیاد آن، هر دو باعث بروز بیماری می‌شود و منشأ اصلی و مسیر ورود آن به بدن، از راه نوشیدن آب است. فلوئور در ترکیب کانی فلوئوریت به مقدار زیاد وجود دارد که پس از هوازگی و تجزیه شدن، عنصر فلوئور آزاد و وارد خاک شده و می‌تواند در رواناب‌های سطحی یا به آب‌های زیرزمینی منطقه وارد شود. منشأ دیگر فلوئور، زغال سنگ است و بر اثر سوزاندن زغال سنگ حاوی فلوئور، مقدار زیادی فلوئور وارد محیط می‌گردد. مصرف بالای فلوئور، ممکن است برای انسان مسموم‌کننده باشد. میلیون‌ها نفر از مردم جهان از آبی استفاده می‌کنند که براساس استانداردهای جهانی، فلوئور بالاتر از حد مجاز دارند. مشکل کمبود فلوئور را می‌توان با اضافه کردن فلوئور به آب آشامیدنی رفع کرد.

دندان از کلسیم فسفات و مواد آلی تشکیل شده است. ورود مقداری فلوئور به ساختار بلوری دندان، باعث سخت‌تر شدن آن و مقاومت بیشتر در برابر پوسیدگی می‌شود. همچنین فلوئور در کاهش ابتلا به پوکی استخوان نیز مؤثر می‌باشد. کمبود فلوئور در رژیم غذایی، از مدت‌ها پیش عامل پوسیدگی دندان، شناخته شده و به همین دلیل، برای جبران این کمبود مقداری فلوئور در ترکیب خمیر دندان وارد شده است.

جمع‌آوری اطلاعات

- خمیر دندان مصرفی شما چه مقدار فلوئور باید داشته باشد؟
- آیا مردم ساکن در مناطق مختلف باید از یک نوع خمیر دندان استفاده کنند؟
- در مورد روش‌های مختلف جبران فلوئور، اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس گفت‌وگو کنید.

کاربرد کانی‌ها در داروسازی

کانی‌ها، استفاده‌های گسترده‌ای در داروسازی و صنایع بهداشتی دارند. پودر بچه که از کانی تالک تشکیل شده، آشناترین مثال استفاده از کانی‌ها در این صنایع است. در آنتی بیوتیک‌ها و قرص‌های مسکن، بهبود زخم معده و ... از کانی‌های مختلف، به ویژه انواع رس‌ها استفاده می‌شود. در خمیردندان‌ها کانی فلوئوریت و در صنایع آرایشی، کرم‌های ضدآفتاب، تالک، میکا و رس‌ها کاربرد دارند. همچنین از سرب در تهیه لباس‌های محافظ در هنگام عکس‌برداری توسط پرتو X (ایکس) استفاده می‌شود.

علم،
زندگی،
کارآفرینی

● **زمین‌شناسی زیست‌محیطی:** شاخه‌ای از علم زمین‌شناسی است که با استفاده از اصول زمین‌شناسی، به حل مسائل زیست‌محیطی می‌پردازد. بهره‌برداری بیش از اندازه از منابع و معادن، فرسایش خاک، افزایش روزافزون پسماندها، فاضلاب‌ها و مواد شیمیایی موجب آلودگی بخش‌های مختلف زمین از جمله آب، هوا و خاک شده است. زمین‌شناسان زیست‌محیطی به مطالعه شیوه‌های انتقال و رفع آلاینده‌ها از محیط زیست می‌پردازند.



● **زمین‌شناسی پزشکی:** منشأ همه عناصر از زمین است و آلودگی‌های طبیعی و انسان‌زاد می‌تواند از سنگ و خاک به آب و گیاه و دام و از طریق غذا به بدن انسان انتقال یابد. برخی عناصر، برای بدن انسان و دیگر موجودات ضروری هستند. آهن در هموگلوبین، فسفر و کلسیم در ساختار دندان و استخوان، نقش اساسی دارد اما برخی ترکیب‌ها مانند نیترات‌ها و عناصری مانند جیوه، آرسنیک، سرب، کادمیم و ... برای سلامت انسان مضر هستند.

در مراکز مرتبط با معادن و منابع آب و کشاورزی، وجود متخصصین زمین‌شناسی پزشکی ضروری به نظر می‌رسد.

پیوند با
پزشکی



● در صورتی که آب‌های طبیعی، دارای بی‌هنجاری مثبت فلوراید باشد، حدود ۲ تا ۸ برابر مقدار معمول فلوراید را وارد بدن می‌کنند. در این حالت، دندان‌ها با لکه‌های تیره‌ای پوشیده می‌شوند که زیبایی دندان را از بین می‌برد. به این عارضه، فلورسیس دندان می‌گویند که عارضه‌ای بازگشت‌ناپذیر است و بر اثر تخریب بافت مینای دندان ایجاد می‌شود. هنگامی که مصرف فلوراید افزایش یافته و به ۲۰ تا ۴۰ برابر حد مجاز برسد، تغییر شکل استخوان و خشکی غضروف‌ها رخ می‌دهد. مصرف مقادیر بالای فلوئور، ممکن است برای انسان مسموم‌کننده باشد.

سلنیم: سلنیم یک عنصر اساسی ضدسرطان است که در سنگ‌های آتشفشانی، کانی‌های سولفیدی، ذخایر لورانیوم، زغال سنگ، معادن طلا و نقره و خاک‌های حاصل از آنها به مقدار زیاد یافت می‌شود. بنابراین منشأ اصلی سلنیم خاک و مسیر ورود آن به بدن انسان، از طریق گیاهان و آب است (شکل ۱۲-۵).



شکل ۱۲-۵. چرخه سلنیم

پیوند با
پزشکی



قلب طبیعی بیماری کسان

● یکی از بیماری‌های ناشی از کمبود سلنیم در انسان به بیماری کسان معروف است که برای اولین بار در استان کسان چین شناسایی شد. نشانه‌های این بیماری عبارت‌اند از اختلال در عملکرد قلب، بزرگ شدن قلب و در نهایت مرگ. مطالعات نشان می‌دهد که سلنیم بدن انسان را در مقابل سرطان سینه، وپروس هیاتیت ب، آنفلوآنزا و ایدز مقاوم می‌کند. مصرف بیش از حد آن نیز باعث مسمومیت می‌شود.



مجمع آب درمانی

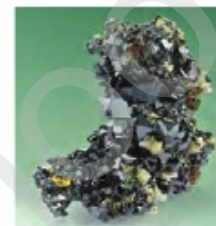


سنگ درمانی



بیشتر بدانید

- مارکو پولو، در سفر خود در سال ۱۲۷۵ میلادی به اقامتگاه قویلی خان در چین، به مرگ اسب‌های خود در اثر مسمومیت با علف‌های منطقه اشاره می‌کند. امروزه می‌دانیم که آن بخش از چین، دارای بی‌هنجاری مثبت سلنیم در خاک است و عوارض توصیف شده توسط مارکو، نشانگر مسمومیت ناشی از سلنیم است که باعث عدم تعادل در حیوانات علفخوار و مرگ می‌گردد.



شکل ۱۳-۵. کانی اسفالریت (ZnS)



شکل ۱۴-۵. کانی کلسیت (CaCO3)



شکل ۱۵-۵. کانی منیزیت (MgCa)

روی: عنصر روی، از عناصر فلزی مهم به‌شمار می‌رود و یک عنصر جزئی اساسی است. روی علاوه بر اینکه در کانی‌های سولفیدی به مقدار زیاد وجود دارد، در سنگ‌های کربناته و برخی سنگ‌های آتشفشانی نیز فراوان است. اسفالریت کانی اصلی روی می‌باشد. عوارض کمبود روی، شامل کوتاهی قد، اختلال در سیستم ایمنی بدن، کم‌اشتهایی، تولد نوزاد نارس و کم‌وزن است. زیادی مقدار روی می‌تواند باعث کم‌خونی و حتی مرگ شود. کمبودهای ناحیه‌ای عنصر روی که ارتباطی با سنگ‌شناسی و خاک‌های منطقه دارد را باید با وارد کردن غذاها و داروهای مکمل حاوی روی رفع کرد.

عناصر کلسیم و منیزیم: کلسیم فراوان‌ترین فلز در بدن انسان و تشکیل‌دهنده اصلی استخوان‌ها و دندان‌ها است. این عنصر در انجام فعالیت‌های عصبی و عضلانی بدن مؤثر است. منیزیم در فعال‌سازی آمینواسیدها، انتقال عصبی و ایمنی بدن نقش مهمی دارد. فشار خون بالا و بی‌نظمی ضربان قلب از عوارض کمبود منیزیم در بدن است. از مدت‌ها پیش مشخص شده است که وجود عناصر کلسیم و منیزیم باعث سختی آب آشامیدنی می‌شود. میزان سختی آب در مناطق مختلف متفاوت بوده و با زمین‌شناسی هر منطقه مرتبط است. مصرف زیاد کلسیم باعث تولید سنگ کلیه می‌شود.

عنصر ید: ید یکی از عناصر اساسی و جزئی مورد نیاز بدن انسان است. مقدار زیاد آن سمی و کمبودش مشکلاتی را به‌وجود می‌آورد. ید به صورت پدید فلزات در آب دریا وجود دارد و مقدار زیادی از آن به وسیله جلبک‌های دریایی جذب می‌شود.

در سده نوزدهم، بیماری گواتر در نیمه شمالی آمریکا بسیار رایج بود و این منطقه، کمربند گواتر نامیده می‌شد. پژوهش‌ها نشان داد که کمبود ید در خاک این منطقه و گیاهان و محصولات دامی آن باعث این بیماری شده است و هنگامی که ید به رژیم غذایی مردم این منطقه اضافه شد، بیماری گواتر کاهش یافت. دلیل زمین‌شناختی رواج بیماری گواتر این است که در بخش شمالی آمریکا پس از عصر یخبندان با آب شدن یخ‌ها، حجم زیادی آب در خاک نفوذ کرد و نمک‌های بسیار انحلال‌پذیر ید را با خود شست و خاک‌های فقیر از ید را بر جای گذاشت. کمبود ید در مناطق مختلف جهان به‌خصوص مناطق کوهستانی دور از دریا و مناطق گرم و پرباران استوایی که



فرسایش و بارندگی شدید، خاک را از ید فقیر می‌کند، بسیار شایع است. کمبود شدید این عنصر کرتی نیسم را به وجود می‌آورد که نتیجه آن توقف کامل رشد جسمی و ذهنی همراه با سوء تغذیه می‌باشد.

غبارهای زمین‌زاد: پدیده ریز گرد از مهم‌ترین چالش‌های زمین‌شناسی دهه‌های اخیر می‌باشد. غباری که هر روز در حیات خانه ما فرو می‌ریزد، ممکن است از هزاران کیلومتر دورتر منشأ گرفته باشد. گرد و غبار یا ریز گرد به ذرات بسیار کوچک و سبک، رس، سیلت و ماسه اطلاق می‌شود که در اثر فرسایش بادی و گسترش بیابان‌زایی توسط باد تا مسافت‌های بسیار طولانی انتقال می‌یابد. به زمین‌ها یا پهنه‌های خشک و مستعد فرسایش بادی کانون گردوغبار گفته می‌شود.

اثرات توفان‌های گرد و غبار و ریزگردها

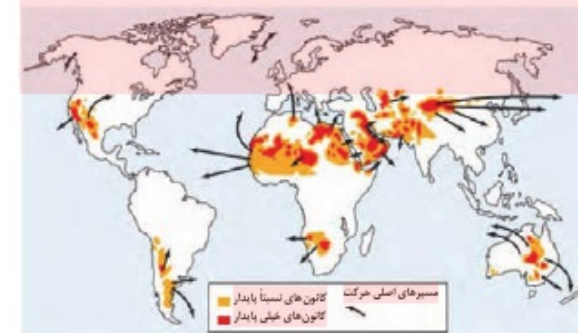
- کاهش میزان انرژی دریافتی از خورشید (غبارها گرما را بازتاب و زمین را سرد می‌کنند)
 - انتقال باکتری‌های بیماری‌زا به مناطق پر جمعیت
 - افت کیفیت هوا
 - انتقال مواد سمی
 - فراهم کردن مواد مغذی اساسی برای جنگل‌های بارانی مناطق گرمسیری
 - هسته‌های رشد قطرات باران
- این توفان‌ها باعث اختلال در زندگی روزمره شده و اثرات مخرب زیست‌محیطی و اقتصادی زیادی را بر جوامع بشری می‌گذارد رسوب گردوغبار با تأثیر بر فتوسنتز باعث کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌شود.



شکل ۱۶-ه. توفان گردوغبار

ریزگردها می‌توانند به عنوان هسته‌های اولیه باران و برف برای تجمع بخار آب عمل کنند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بین مقدار باران و مه و مقدار ریزگردها رابطه مستقیم وجود دارد.

شناخت این پدیده و راهکارهای مقابله با آن از مباحث نوین در رسوب‌شناسی محیطی است. زمین‌شناسان در مطالعات خود، نوع کانی‌های تشکیل دهنده و ترکیب ژئوشیمیایی ریزگردها و غبارها را بررسی می‌کنند. آنها طی این بررسی‌ها، سرچشمه ریزگردها را با روش‌های متعددی همچون تکنیک دورسنجی و ماهواره‌ای، ردیابی رسوب و یا تلفیقی از این روش‌ها بررسی و نحوه انتقال آنها تا فواصل دور را مطالعه می‌کنند تا بتوانند پیامدهای حاصل از استنشاق غبارها بر سلامت انسان را پیش‌بینی و راهکارهایی برای کاهش اثرات آنها پیدا کنند. ذرات بسیار ریز غبار با ورود به ریه، باعث بیماری‌های ریوی می‌شوند. هرچه غلظت این غبارها، بیشتر باشد، نرخ بیماری‌های مزمن دستگاه تنفسی و مرگ و میر مرتبط با آن افزایش می‌یابد.



شکل ۱۷-ه. نقشه کانون‌های اصلی گردوغبار و مسیر حرکت آنها

فصل ۶

پویایی زمین

با آنکه خداوند، زمین را محیطی آرام برای زندگی انسان و سایر جانداران مهیا نموده است، اما درون این سیاره، فعال و پرجنب و جوش است که باعث حرکت ورقه‌های سنگ‌کره شده است. جابه‌جایی ورقه‌های سنگ‌کره، سبب پیدایش پدیده‌های طبیعی مانند شکستگی، زمین‌لرزه، چین‌خوردگی، فوران آتشفشان و... می‌شود.



پیوند با پژوهش



● بیماری سیلیکوسیس که حاصل استنشاق گرد و غبار دارای ذرات سیلیس است، در سده بیستم برای نخستین بار در بادیه نشینان صحرای آفریقا شناسایی شد. این بیماری یک بیماری شغلی است که بر اثر تنفس طولانی‌مدت غبارهای سیلیس در کارگران استخراج معدن، برش سنگ، صنایع ساینده از قبیل کارخانه‌های سازنده سیمان و شیشه ایجاد می‌شود.



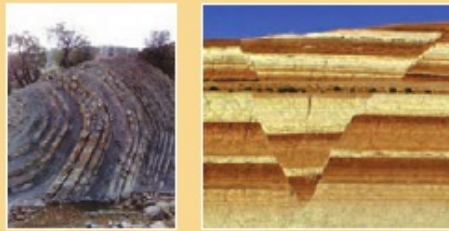
شکل ۱۸-۵. در طی دو روز، ۱۰ میلیارد تن مagma و ۲۰ میلیون تن گوگردی اکسید از آتشفشان فعال پیناتوبو در سال ۱۹۹۱م، خارج شد و شرایط آب و هوایی کره زمین را در طی سه سال تحت تأثیر قرار داد.

آتشفشان‌ها: فعالیت‌های آتشفشانی، فلزها و عناصر دیگر را از اعماق زمین به سطح می‌آورند. برای مثال بر اثر فوران آتشفشان انفجاری پیناتوبو فیلیپین در سال ۱۹۹۱ میلیون‌ها تن خاکستر وارد اتمسفر و بر روی منطقه‌ای به وسعت هزاران کیلومتر مربع پخش شد که بیشتر عناصر طبیعی جدول تناوبی بود. آتشفشان‌ها، افزون بر عناصر اساسی، عناصر دیگری مانند آرسنیک، بریلیم، کادمیم، جیوه، سرب، رادون و اورانیوم را هم وارد محیط می‌کنند که در شرایط خاص، خطرناک هستند.

بیشتر بدانید

● اثر خاک‌های آلوده به فلزات سنگین بر گیاهان دارویی

بررسی‌های سازمان بهداشت جهانی نشان داده است، در سال‌های اخیر استفاده از داروهای گیاهی به‌طور چشمگیری در سراسر جهان افزایش یافته است. با توجه به اینکه راه ورود برخی از عناصر به بدن از طریق گیاهان می‌باشد، آلودگی محیط رشد گیاهان دارویی به فلزات سنگین ممکن است باعث تغییرات قابل توجه در کمیت و کیفیت آنها شده و از این طریق وارد بدن گردند. تحقیقات مختلف نشان داده است، غلظت فلزات سنگین در گیاهان دارویی به محیط رشد آنها، نوع گونه گیاهی، شرایط خشک کردن، ذخیره‌سازی، حمل و نقل و فراوری آنها بستگی دارد. سازمان بهداشت جهانی حداکثر مقدار مجاز کادمیم، آرسنیک و سرب برای گیاهان دارویی را به ترتیب ۱/۳ و ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم اعلام کرده و تا به امروز محدودیت خاصی برای عناصر دیگر مانند مس، روی، منگنز، مولیبدن و نیکل اعمال نکرده است. با توجه به عدم نظارت و نبود مقررات ملی برای جمع‌آوری گیاهان وحشی (طبیعی) و احتمال جمع‌آوری از مکان‌های آلوده به فلزات سنگین در ایران، ممکن است در مواردی این عناصر در گیاهان دارویی انباشته شوند.



چین خوردگی

گسل (بزرگراه زلزلان - میانه)



آشفشان

شکستگی‌ها

شکستگی‌های پوسته زمین، یکی از نشانه‌های پویایی زمین است. مطالعه آنها در هنگام ساخت جاده‌ها، سدها، تونل‌ها و سایر سازه‌های مهندسی اهمیت زیادی دارد. افزون بر آن، در تجمع آب‌های زیرزمینی و ذخایر نفت و گاز و تشکیل کانسنگ‌های گرمایی حائز اهمیت می‌باشد.

یادآوری

• در کتاب‌های درسی علوم تجربی آموختید که شکستگی‌ها، به دو دسته درزه و گسل تقسیم می‌شوند. تفاوت و تشابه درزه و گسل را بیان کنید.



سطح گسل، شکستگی و جابه‌جایی در آن اتفاق افتاده است. اگر سطح گسل مایل باشد به طبقات روی سطح گسل، فرادریواره و به طبقات زیر سطح گسل، فرودريواره می‌گویند.

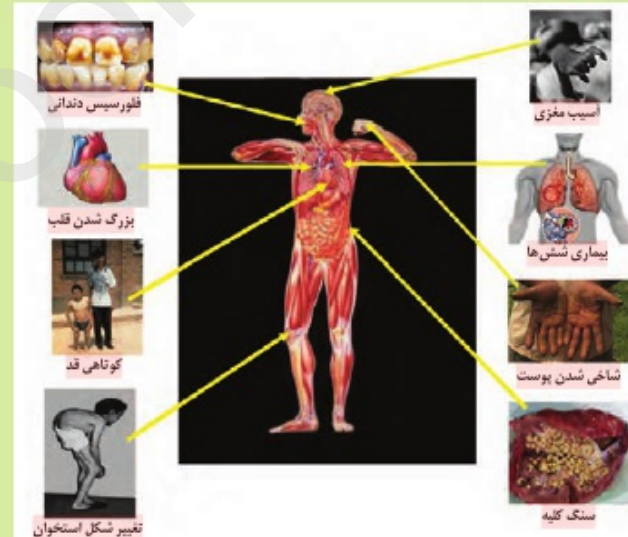
یادآوری



• در کتاب علوم پایه هشتم با کانی آریست و تأثیر آن بر سلامت انسان آشنا شدید. در مورد استفاده از آریست (پنبه‌نسوز^۱) در ساخت وسایل مختلفی مانند لنت ترمز و... و اثرات آن، مطالبی جمع‌آوری و در کلاس بحث کنید.

خود را بیازمایید

• علت ایجاد هر یک از بیماری‌های مشخص شده در تصویر زیر چیست؟



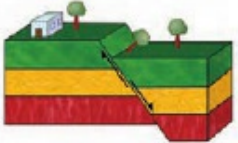
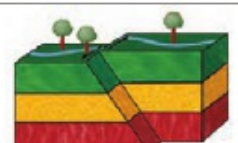
کاربرد کانی‌ها در داروسازی و صنایع بهداشتی

کانی‌ها، استفاده‌های گسترده‌ای در داروسازی و صنایع بهداشتی دارند. روکش قرص‌ها و پودر بچه که از کانی تالک تشکیل شده، آشناترین مثال استفاده از کانی‌ها در این صنایع است. در آنتی بیوتیک‌ها و قرص‌های مسکن از کانی‌های مختلف، به‌ویژه انواع رس‌ها استفاده می‌شود. در خمیردندان‌ها کانی فلوئوریت و در صنایع آرایشی، کرم‌های ضدآفتاب، تالک، میکا و رس‌ها کاربرد دارند. پودر باریت به‌صورت سوسپانسیون خوراکی در پرتونگاری استفاده می‌شود. این ماده ضمن عبور از دستگاه گوارش میزان جذب پرتو ایکس را افزایش می‌دهد و به این ترتیب شکل و ساختمان دستگاه گوارش آشکار می‌شود. نمک درمانی هم اخیراً برای بعضی بیماری‌های پوستی و تیروئید رایج شده است.

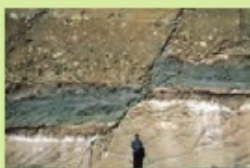
• مصوب فرهنگستان

۱- پنبه کوهی یا پنبه‌نسوز شامل هر نوع کانی رشته‌ای یا سوزنی شکل است که طول الیاف آن بیش از سه برابر قطر آن باشد.

جدول ۱-۶- انواع گسل و ویژگی‌های آن

نوع گسل	ویژگی	نوع تنش	شکل
عادی	۱- سطح گسل مایل است. ۲- فرادریواره نسبت به فرودیواره به سمت پایین یا فرودیواره نسبت به فرادریواره به سمت بالا حرکت کرده است.	کششی	
معکوس	۱- سطح گسل مایل است. ۲- فرادریواره نسبت به فرودیواره به سمت بالا یا فرودیواره نسبت به فرادریواره به سمت پایین حرکت کرده است.	فشاری	
امتداد لغز	۱- لغزش سنگ‌ها در امتداد سطح گسل است. ۲- حرکت قطعات شکسته شده، در امتداد افقی است.	برشی	

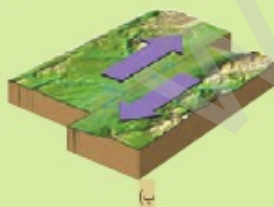
• در هر یک از گسل‌های زیر، نوع گسل را مشخص کنید.



(ب)



(الف)



(پ)

فکر کنید

علم،
زندگی،
کار آفرینی

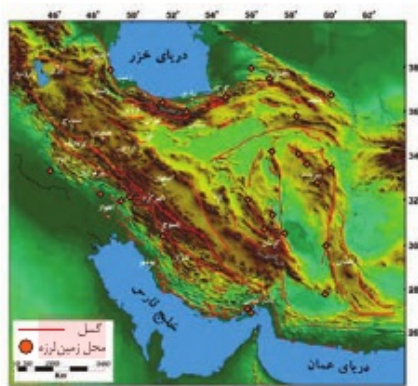
• **زمین‌شناسی زیست‌محیطی:** شاخه‌ای از علم زمین‌شناسی است که با استفاده از اصول زمین‌شناسی، به حل مسائل زیست‌محیطی می‌پردازد. بهره‌برداری بیش از اندازه از منابع و معادن، فرسایش خاک، افزایش روزافزون پسماندها، فاضلاب‌ها و مواد شیمیایی موجب آلودگی بخش‌های مختلف زمین از جمله آب، هوا و خاک شده است. زمین‌شناسان زیست‌محیطی به مطالعه شیوه‌های انتقال و رفع آلاینده‌ها از محیط‌زیست می‌پردازند.



• **زمین‌شناسی پزشکی:** منشأ

همه عناصر از زمین است که می‌تواند از طریق خاک، آب آلوده و زنجیره‌های غذایی وارد بدن انسان و سایر جانداران گردد و آنها را بیمار نماید. برخی عناصر، برای بدن انسان و دیگر موجودات ضروری هستند. آهن در هموگلوبین،

فسفر و کلسیم در ساختار دندان و استخوان، نقش اساسی دارد، اما برخی ترکیب‌ها مانند نیترات‌ها و عناصری مانند جیوه، آرسنیک، سرب، کادمیم و ... برای سلامت انسان مضر هستند. در مراکز مرتبط با معادن و منابع آب و کشاورزی، وجود متخصص زمین‌شناسی پزشکی ضروری به نظر می‌رسد.



شکل ۹-۱ نقشه خطر زمین‌لرزه در بخش‌های مختلف ایران، چه ارتباطی بین زمین‌لرزه‌ها با گسل‌ها دیده می‌شود؟

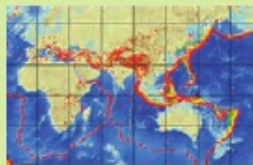
زمین‌لرزه

زمین‌لرزه، نشانه آشکاری از پویایی زمین و بخشی از نظام آفرینش این سیاره است. در هر زمین‌لرزه، مقدار انرژی انباشته شده در سنگ‌ها، به‌طور ناگهانی آزاد می‌شود و به‌صورت امواج لرزه‌ای به اطراف حرکت می‌کند. گاهی به نقشه پراکندگی زمین‌لرزه‌ها نشان می‌دهد که توزیع آنها، در همه جا یکسان نیست.

علت اصلی زمین‌لرزه، حرکت ورقه‌های سنگ‌کره است. سنگ‌های سازنده سنگ‌کره در مقابل نیروی وارده، رفتار الاستیک از خود نشان می‌دهند. چنانچه تنش از مقاومت سنگ فراتر رود، سنگ‌ها دچار شکستگی شده و انرژی زمین‌لرزه از محل شکستگی به صورت امواج لرزه‌ای، آزاد می‌شود. در هر زمین‌لرزه، از گروه لرزه‌ها صحبت می‌شود که شامل پیش‌لرزه، لرزه اصلی و پس‌لرزه است. زمین‌لرزه، معمولاً کمتر از یک دقیقه طول می‌کشد.

بسیاری از مناطق مسکونی، در معرض خطر زمین‌لرزه قرار دارند. آیا می‌دانید که با وقوع زمین‌لرزه، چه حوادثی در سطح محلی و ملی رخ می‌دهد؟

کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند لرزه خیز آلپ - هیمالیا، تقریباً هر روز شاهد وقوع زمین‌لرزه در مناطق مختلف می‌باشد. بسیاری از مناطق مسکونی ایران، بارها توسط زمین‌لرزه ویران شده‌اند.



● با استفاده از اطلاعات موجود در تصویر روبه‌رو در مورد پراکندگی جغرافیایی زمین‌لرزه‌های جهان، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱- محدوده کمربند لرزه خیز آلپ - هیمالیا را مشخص کنید.

۲- در پایه نهم با ورقه‌های سنگ‌کره آشنا شدید. دو تصویر روبه‌رو را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

با هم

پیشنهادات



گفت و گو کنید

- کدام یک از فعالیت‌های انسانی زیر می‌تواند باعث وقوع زمین‌لرزه شود؟
انفجار معدن - تخلیه ناگهانی آب پشت سد - شخم زدن زمین - انفجارهای اتمی - آتش‌سوزی جنگل‌ها

کانون زمین‌لرزه: ^۱ محلی درون زمین است که انرژی ذخیره شده از آنجا آزاد می‌شود.
مرکز سطحی زمین‌لرزه: ^۲ نقطه‌ای در سطح زمین است که در بالای کانون زمین‌لرزه قرار دارد. این مرکز، کمترین فاصله را از کانون زمین‌لرزه دارد.

یادآوری

- طرح سه بعدی زیر، برخی از مشخصات محل وقوع زمین‌لرزه را نشان می‌دهد. با استفاده از اطلاعات موجود در تصویر، میزان خسارت احتمالی در دو نقطه X و Y را مقایسه کنید.



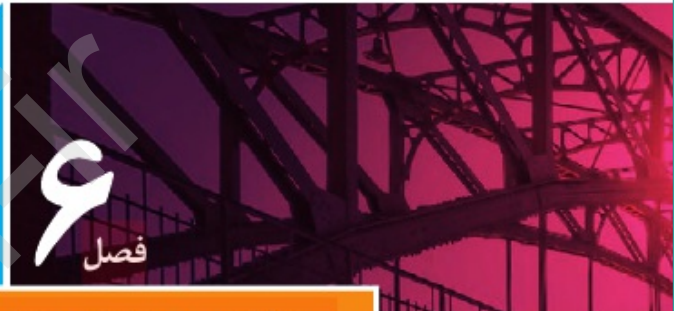
امواج لرزه‌ای

امواج درونی: این امواج در کانون زمین‌لرزه ایجاد می‌شوند و در داخل زمین منتشر می‌گردند و شامل امواج P و S می‌باشند.
موج P (اولیه، طولی): موج P، بیشترین سرعت را دارد به همین دلیل، اولین موجی است که توسط دستگاه لرزه نگار ثبت می‌شود. این موج، از محیط‌های جامد، مایع و گاز می‌گذرد، سرعت امواج در محیط‌های مختلف، متفاوت است. هر چه تراکم سنگ‌ها بیشتر باشد، امواج سریع‌تر حرکت می‌کنند.

۱- Hypocenter

۲- Epicenter

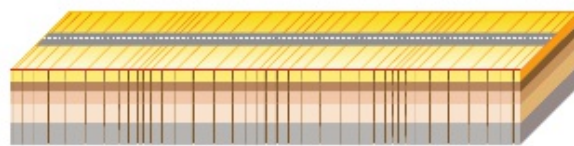
© مصوب فرهنگستان



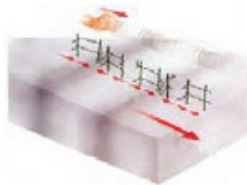
زمین‌شناسی و سازه‌های مهندسی

سازه‌های مهندسی، به سازه‌هایی گفته می‌شود که توسط انسان‌ها، با گذشت زمان و با پیشرفت بشر، برای راحتی زندگی‌شان بر روی زمین یا درون زمین ساخته می‌شوند. این سازه‌ها می‌توانند شامل سدها، تونل‌ها، آسمان‌خراش‌ها، پل‌ها، موج‌شکن‌ها و غیره باشد. این سازه‌ها صرف‌نظر از اینکه در سطح یا درون زمین احداث می‌شوند، به‌طور دائم از زمین و محیط اطراف آن تأثیر می‌پذیرند؛ بنابراین شناخت مناسب و دقیق زمین‌شناسی محل احداث این سازه‌ها، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد؛ به‌طوری‌که در زمان‌های بسیار قدیم، انسان‌ها با توجه به شناسایی دقیق محل سازه‌ها، توانسته‌اند سازه‌هایی بنا کنند که هنوز پابرجاست. از نمونه‌های آن می‌توان به ستون‌های تخت‌جمشید، بنای چغازنبیل، اهرام مصر و دیوار چین اشاره نمود.



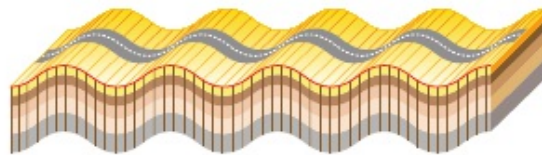


شکل ۲-۶ نحوه حرکت موج طولی P



(الف) امواج طولی (P)

موج S (ثانویه، عرضی): این موج بعد از موج P، توسط لرزه نگارها ثبت می‌شوند. این موج، فقط از محیط‌های جامد عبور می‌کند.

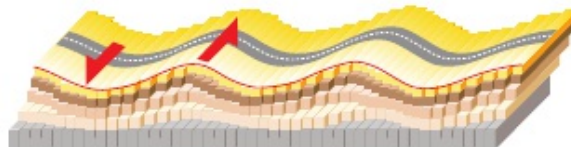


شکل ۳-۶ نحوه حرکت موج S



(ب) امواج عرضی (S)

امواج سطحی: این امواج در کانون تولید نمی‌شوند؛ بلکه از برخورد امواج درونی با فصل مشترک لایه‌ها و سطح زمین ایجاد می‌شوند. متداول‌ترین آنها امواج لاو (L) و ریلی (R) هستند. موج L، موجی است که پس از موج S، توسط لرزه نگارها ثبت می‌شود.

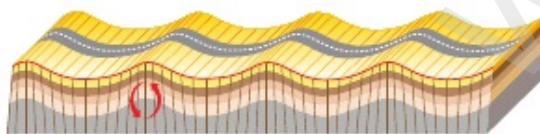


شکل ۴-۶ نحوه حرکت موج سطحی L

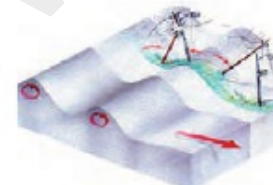


(ج) امواج لاو (L)

موج R: مانند حرکت امواج دریا ذرات را در یک مدار دایره‌ای به ارتعاش درمی‌آورد. البته در موج ریلی، جهت حرکت دایره‌ای مخالف جهت حرکت امواج دریاست. عمق نفوذ و تأثیر امواج ریلی مثل امواج دریا محدود است و از سطح به عمق کاهش پیدا می‌کند.



شکل ۵-۶ نحوه حرکت موج سطحی R



(د) امواج ریلی (R)



سد بتنی (سد شهید عباسپور - مسجد سلیمان)



تونل انتقال آب (تونل گلی سب - بیرانشهر)



پل لالی (مسجد سلیمان، استان خوزستان)



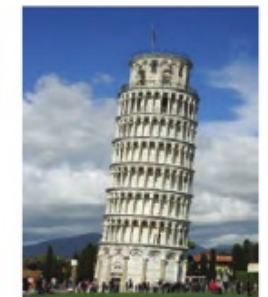
موج شکن (چابهار)

مکان‌یابی سازه‌ها

در عصر شکوفایی دانش و تکنولوژی، هر روز که می‌گذرد ساختمان‌های مرتفع‌تر، سدهای عظیم‌تر یا تونل‌هایی در اعماق بیشتر احداث می‌شوند و اهمیت مطالعه پایداری زمین هر چه بیشتر آشکار می‌گردد. برای این پیشرفت نمی‌توان حد و مرزی در نظر گرفت. تنها عامل بازدارنده در اغلب موارد، نبود زمین مناسب است که بتواند به طور طبیعی وزن ناشی از سازه‌ها را تحمل نماید. احداث سازه بر روی زمین‌های نامناسب نظیر زمین‌های باتلاقی، سست، کاستی و غیره می‌تواند با مشکلات متعددی نظیر نشست نامتقارن پی سازه، ریزش و در نهایت تخریب سازه همراه شود (شکل‌های ۱-۶ و ۲-۶). بنابراین یکی از وظایف مهم زمین‌شناسان، شناسایی وضعیت زمین و سنگ بستر سازه‌ها و فرایندهای مخرب در اطراف آن می‌باشد. در صورت تشخیص وجود مخاطرات زمین‌شناسی که باعث آسیب‌رسیدن به سازه می‌شود، زمین‌شناس باید راهکارهای مناسب جهت مقابله و کاهش آسیب‌های احتمالی به سازه‌ها و تأسیسات مهندسی، ارائه نماید.



شکل ۲-۶ حفرت کارستی بزرگ ایجاد شده در مناطق شهری



شکل ۱-۶ نشست نامتقارن پی در برج پیزا

نحوه به دست آوردن اطلاعات زمین شناسی

وجود زمین هایی با شرایط متفاوت از نظر زمین شناسی و پایین بودن مقاومت سنگ ها و خاک ها در محل احداث سازه های مهندسی نظیر سدها، فضاهای زیرزمینی، پل ها و ساختمان های بلندمرتبه می تواند در طراحی و اجرای این سازه ها مشکلات زیادی را به وجود آورد. زمین های هوازده، گسل خورده، سست و ریزشی و اشباع، نمونه هایی از مکان های نامناسب برای احداث سازه می باشند. به همین دلیل ضروری است که در ارتباط با طراحی و اجرای سازه های مهندسی، زمین شناسان مواردی مثل مطالعه دقیق شرایط زمین شناسی محل، انطباق هزینه بهتر طرح و اجرای پروژه با شرایط طبیعی و کنترل حرکات زمین در زمان احداث و در دوران بهره برداری سازه ها را مورد بررسی و توجه قرار دهند.

از این رو زمین شناس مهندس یکی از کارشناسان مهم در پروژه های عمرانی در زمان مطالعات و زمان اجرای آنها خواهد بود. برای به دست آوردن اطلاعات لازم در پروژه های مهندسی نیاز به شناسایی سطحی و گاهی زیرسطحی زمین ضروری است.

برای شناسایی سطحی، با توجه به بازدیدهای صحرایی از محل احداث پروژه، اطلاعات زمین شناسی از محل توسط زمین شناس انجام شده و نقشه زمین شناسی از منطقه ترسیم می گردد.

گاهی با توجه به کمبود اطلاعات در مرحله شناسایی سطحی، لازم است مطالعات زیرسطحی نیز انجام شود. بررسی های زیرسطحی به دو روش مستقیم و غیرمستقیم انجام می گیرد.

در روش مستقیم، علاوه بر مطالعات صحرایی می توان توسط حفر گمانه ها و چاهک های اکتشافی لایه های خاک و سنگ در اعماق مختلف شناسایی شود (شکل های ۳-۶ تا ۳-۸). برای به دست آوردن ویژگی هایی مانند مقاومت سنگ ها، لازم است بررسی هایی بر روی نمونه های به دست آمده در آزمایشگاه تخصصی انجام شود.

در روش غیرمستقیم بدون نمونه گیری از درون زمین، با استفاده از تجهیزات و ابزار ژئوفیزیکی مطالعات زمین شناسی مهندسی انجام می شود.



شکل ۳-۳ مغزه گیری توسط گمانه های اکتشافی



شکل ۳-۴ حفاری گمانه اکتشافی توسط دستگاه حفاری

مقیاس اندازه گیری زمین لرزه

برای توصیف و اندازه گیری زمین لرزه از دو مقیاس شدت و بزرگی استفاده می شود.

شدت زمین لرزه: این مقیاس براساس میزان خرابی ها در هر زمین لرزه بیان می شود. در واقع شدت زمین لرزه، یک مقیاس مشاهده ای و توصیفی است که بدون استفاده از دستگاه و ابزار اندازه گیری، به توصیف میزان خرابی های ناشی از زمین لرزه می پردازد. با دور شدن از مرکز سطحی زمین لرزه شدت زمین لرزه کاهش می یابد. هر کالی، شدت زمین لرزه را در مقیاس کم با عدد ۱ و در مقیاس ۱۲ ویرانی کامل، توصیف کرده است.

جدول مرکالی توصیفی

بیشتر بدانید

I. احساس نمی شود	احساس نمی شود مگر در شرایط ویژه تنها توسط دستگاه های لرزه نگار قابل ثبت است.
II. ضعیف	توسط افراد در حال استراحت و در طبقات بالای ساختمان ها حس می شود. برخی از اشیای آویزان ممکن است نوسان کنند.
III. ضعیف	در فضای باز و در طبقات بالایی ساختمان ها کاملاً قابل احساس است. مردم آن را به صورت زمین لرزه شناسایی نمی کنند. ارتعاش مانند عبور کامیون است. مدت زمان لرزش قابل تخمین است.
IV. ملایم	در طی روز در فضای بسته توسط افراد زیادی حس می شود و در فضای باز عده معدودی حس می کنند. در شب عده ای را از خواب بیدار می کند. بشقاب ها، پنجره ها و درب ها تکان خورده و صدا می کنند. در ماشین های ایستاده ارتعاش قابل درک است.
V. متوسط	زمین لرزه توسط هر فردی قابل احساس است. بسیاری از خواب بیدار می شوند. برخی از پنجره ها، بشقاب ها و غیره شکسته می شوند. گچ کاری ساختمان ها ترک می خورند. اشیای ناپایدار، واژگون می گردند. سر و صدای درختان و سایر اشیای مرتفع شنیده می شود و آونگ ساعت ها متوقف می گردند. درب ها باز و بسته می شوند و امتداد حرکت زمین لرزه قابل درک است.
VI. قابل توجه	زمین لرزه توسط بسیاری از افراد حس می شود و بسیاری از مردم وحشت زده به فضای باز پناه می آورند. اشیای سنگین جابه جا می شوند و قطعات از گچ کاری کنده می شود. دودکش ها فرو می ریزند و خسارت جزئی به بار می آید. افراد به حالت نامتعادل قدم می زنند یا می ایستند. پنجره ها، درب ها و بشقاب ها شکسته می شوند. ساختمان های خشتی و ضعیف ترک برمی دارند. رنگ های کوچک به صدا درمی آیند.
VII. قوی	مردم وحشت زده به فضای باز فرار می کنند. خسارت بسیار کمی در ساختمان هایی که خوب طراحی و ساخته شده اند وارد می شود. به ساختمان های متوسط و معمولی خسارت جزئی و متوسط وارد می گردد. خسارت قابل ملاحظه ای در ساختمان های ضعیف و بد طراحی شده وارد می شود. آجرهای سسته لی می شوند. ایستادن مشکل می شود و آتاکیه شکسته می شوند. رنگ های بزرگ به صدا درمی آیند. زهکش های سیمانی آبرسانی خسارت می بینند. لغزش های کوچک اتفاق می افتد.
VIII. شدید	خسارت در ساختمان هایی که طراحی ویژه شده اند، بسیار جزئی است و در ساختمان های ضعیف بسیار شدید است. دیوارهای چنانگنده به خارج از قاب ساختمان پرتاب می شوند. دودکش ها، ستون ها، دیوارها و دودکش های کارخانه ها و سنگ های یادبود سقوط می کنند. اشیای سنگین واژگون می گردند. تغییراتی در سطح آب چاه ها ایجاد می شود. ماسه و گل به مقدار کم بیرون زده می شوند. رانندگی مشکل می گردد. ترک هایی در زمین های مرطوب و شیب های ملایم ایجاد می شود. تغییراتی در آب و درجه حرارت چشمه ها و چاه ها ایجاد می شود. خانه های اسکلت دار بر روی سطح بی حرکت می کند. شاخه های درختان شکسته می شوند.
IX.	خسارت قابل ملاحظه ای در ساختمان هایی که طراحی ویژه شده اند، ایجاد می شود. ساختمان های اسکلتی خوب طراحی شده کج می شوند. ساختمان بر روی پی تغییر مکان می دهد. ترک هایی آشکار در زمین ایجاد می گردد. خطوط لوله زیرزمینی شکسته می شوند. وحشت عمومی بر مردم غالب می شود. به ساختمان های ضعیف خسارت سنگین وارد می شود و حتی ممکن است کاملاً فرو بریزند در مناطق آبرفتی ماسه و گل بیرون می آیند.
X.	سازه های چوبی خوب ساخته شده ویران می شوند. بسیاری از سازه های اسکلت دار بنایی به همراه پی ویران می شوند. در زمین ترک های بزرگی ایجاد می گردد. خطوط راه آهن کج می شوند. زمین لغزش های قابل ملاحظه ای در کنار رودخانه ها و شیب های ملایم اتفاق می افتد. خسارت جدی به سدها و مخازن وارد می گردد. در زمین لغزش های بزرگ اتفاق می افتد و آب از مخازن و کانال ها و رودخانه ها و دریاچه ها و غیره بیرون ریخته می شود.
XI.	تعداد کمی از ساختمان ها استوار باقی می ماند. پل ها ویران می گردند. خطوط لوله زیرزمینی کاملاً غیر قابل استفاده می شوند. خطوط راه آهن به شدت کج می شوند. زمین باتلاقی می شود. لغزش هایی در زمین های نرم ایجاد می شود.
XII.	ویرانی کامل، امواج بر روی سطح زمین مشاهده می شوند. آتاکیه به هوا پرتاب می شوند و سنگ های بزرگ جابه جا می شوند.

فکر کنید

- چه ایرادی به مقیاس شدت زمین‌لرزه وارد است؟

بزرگی زمین‌لرزه: بزرگی (بزرگا) زمین‌لرزه، براساس مقدار انرژی آزاد شده از زمین‌لرزه محاسبه می‌شود. هرچه انرژی آزاد شده، زیاده‌تر باشد ارتعاشات ناشی از آن، شدیدتر و دامنه‌توسانات امواج آن زمین‌لرزه، بزرگ‌تر خواهد بود. بزرگی زمین‌لرزه را به کمک اطلاعات لرزه‌نگار، تعیین می‌کنند. واحد اندازه‌گیری بزرگی، ریشتر است. ریشتر، لگاریتم بزرگ‌ترین دامنه موجی است که در فاصله یک صد کیلومتری از مرکز یک زمین‌لرزه، توسط لرزه‌نگار استاندارد ثبت شده باشد.

به ازای هر یک واحد بزرگی، دامنه امواج ۱۰ برابر و مقدار انرژی ۳۱/۶ برابر افزایش می‌یابد. بزرگی زمین‌لرزه در تمام نقاط زمین یکسان است، اما شدت آن با دور شدن از مرکز سطحی زمین‌لرزه کاهش می‌یابد.



۱۹۸۵-۱۹۰۰ میلادی

دانشمندان علوم زمین

- چارلز ریشتر ژئوفیزیک‌دان، با ارائه گزارش مطالعه زمین‌لرزه‌های کم‌عمق و عمیق که در سال ۱۹۲۸ به چاپ رسید، مقیاس خود را ابداع کرد و بعد از تکمیل این مقیاس با همکاری گوتنبرگ که با هم در مؤسسه تکنولوژی کالیفرنیا کار می‌کردند، اولین بار در سال ۱۹۳۵ از آن برای بیان بزرگی زمین‌لرزه استفاده کرد.

پیوند با ریاضی

- مقدار انرژی آزاد شده و دامنه امواج زمین‌لرزه‌ای با بزرگی ۶ ریشتر، چند برابر زمین‌لرزه‌ای با بزرگی ۴ ریشتر است؟

فکر کنید

- بزرگی و شدت زمین‌لرزه هم در شهرهای بم و تهران با هم مقایسه کنید.

پیش‌بینی زمین‌لرزه

از گذشته تاکنون، بشر همواره به دنبال پیش‌بینی زمان وقوع حوادث طبیعی مانند زمین‌لرزه بوده است. از میلیون‌ها زمین‌لرزه کوچک و بزرگ که تاکنون رخ داده است، فقط تعداد انگشت‌شماری از آنها، قبل از وقوع، پیش‌بینی شده‌اند. علی‌رغم پیشرفت‌های وسیع ایجاد شده در دهه‌های اخیر، درباره فناوری‌های مختلف و علم لرزه‌شناسی، هنوز دانشمندان در زمینه روش‌های علمی قابل اعتماد برای پیش‌بینی زمان دقیق وقوع زمین‌لرزه به نتیجه نرسیده‌اند. البته زمین‌شناسان محل‌های لرزه‌خیز کره زمین را شناسایی کرده‌اند.

به برخی از علائم و نشانه‌ها که بتوان با استفاده از آنها وقوع زمین‌لرزه را پیش‌بینی کرد «پیش‌نشانه‌گر» گفته می‌شود. برخی از این نشانه‌ها عبارت‌اند از:



۹۰- ابزارهای مختلف آزمایشگاهی



۹۱- ابزار مورد استفاده در حفاری‌های اکتشافی



۹۲- نمونه‌هایی از تجهیزات لازم جهت مطالعات ژئوفیزیکی



۹۳- تعدادی از تجهیزات صحرایی

جمع‌آوری اطلاعات

- انواع روش‌های مطالعات ژئوفیزیکی را مشخص کرده و سپس کاربرد آنها در پروژه‌های مختلف را مشخص نمایید.

عوامل مؤثر بر مکان‌یابی سازه‌ها

قبل از اجرای پروژه‌های عمرانی مانند سد، نیروگاه، تونل، بزرگراه، پل، مجتمع‌های تجاری و مسکونی و برج‌ها که سازه‌های مهندسی نامیده می‌شوند، انجام مطالعات زمین‌شناسی سنگ‌بستر آنها، ضروری است. در این مطالعات، ناهمواری‌های سطح زمین، مقاومت سنگ‌ها، گسل‌های منطقه، انحلال‌پذیری و نفوذپذیری سنگ‌ها، پایداری دامنه‌ها در برابر ریزش و جنس مصالح موردنیاز برای ساخت سازه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

یکی از عوامل مهم در مکان‌یابی ساختمان‌ها، مقاومت زمین‌پای آنها در برابر نیروهای وارده است؛ به‌عنوان مثال، پشت یک سد، فشار زیادی از طرف آب به لایه‌های زیرین، تکیه‌گاه و همچنین بدنه سد، وارد می‌شود. سد نیز، وزن زیادی دارد که گاه به چندین میلیون تن می‌رسد؛ بنابراین سنگ‌های پی سد، باید در برابر تنش‌های ناشی از وزن سد، مقاوم باشند و دچار گسیختگی و نشست نشوند. مقاومت سنگ، عبارت است از حداکثر تنش یا ترکیبی از تنش‌ها که سنگ می‌تواند تحمل کند، بدون آنکه بشکند. هرچه مقاومت سنگ، در مقابل این تنش‌ها، کمتر باشد، سنگ ناپایدارتر است و سطوح شکست بیشتری در آن ایجاد می‌شود. از این رو شکستگی سنگ‌ها و ایجاد درزه‌ها، باعث ناپایداری سنگ یا خاک در پی سازه‌ها می‌شود.

مقاومت انواع سنگ‌ها در برابر تنش وارده، متفاوت است. سنگ‌های آذرین نظیر بازالت‌ها و گرانیت‌ها در صورتی که هوازد نشده باشند، مقاومت بسیار زیادی دارند. احداث سازه‌ها می‌تواند در این سنگ‌ها مناسب باشد. به‌طور مثال، پی سد امیرکبیر از جنس سنگ گابرو می‌باشد.

- ۱- تغییرات گاز رادون در آب‌های زیرزمینی
- ۲- ایجاد تغییر در سطح تراز آب زیرزمینی
- ۳- پیش‌لرزه
- ۴- ناهنجاری در رفتار حیوانات
- ۵- ابر زمین‌لرزه

جمع‌آوری اطلاعات

- وقوع زمین‌لرزه چه فوایدی دارد؟
- درباره فواید زمین‌لرزه، اطلاعات جمع‌آوری و در کلاس ارائه دهید.

ایمنی در برابر زمین‌لرزه

قبل از وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

- ۱- امکان خطر آتش‌سوزی، از طریق سیم‌های برق فرسوده، نشی لوله‌های گاز و وسایل گازسوز را بررسی کنید.
- ۲- محل فیوز برق و شیر اصلی گاز و آب را به خاطر بسپارید.
- ۳- وسایل شکستی از قبیل ظروف شیشه‌ای و چینی، اشیاء و وسایل سنگین را در طبقات پایین قفسه‌ها بگذارید و قفسه‌ها را به دیوار متصل کنید.
- ۴- لامپ‌ها و لوسترهای سقفی را محکم کنید.
- ۵- محل‌های امن خانه، مدرسه یا محل کار خود را پیدا کنید.
- ۶- بسته وسایل کمک‌های اولیه و مواد غذایی خشک لازم و ایمنی همچون چراغ قوه را تهیه و در جای مناسب قرار دهید.

هنگام وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

- ۱- بیشتر آسیب‌پذیری‌ها مربوط به رفت و آمد افراد در زمان وقوع زمین‌لرزه است. هر جا هستید، در همان‌جا پناه بگیرید.
- ۲- اگر داخل ساختمان هستید به زیر یک میز محکم، محل دارای سقف کم‌وسعت، یا کنار دیوارهای داخلی پناه بگیرید. از شیشه پنجره‌ها دور شوید. از شمع، کبریت و هر چه که شعله دارد، استفاده نکنید.
- ۳- در بیرون از ساختمان، از پل‌ها، تیرها، سیم‌های برق، ساختمان‌ها و دیوارها دور شوید.
- ۴- اگر داخل اتومبیل هستید، از پل‌ها و ساختمان‌ها فاصله بگیرید و فوراً متوقف شوید.

بعد از وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

- ۱- مراقب پس‌لرزه‌ها باشید.
- ۲- رادیو را روشن کنید و به پیام‌ها و راهنمایی‌ها عمل کنید.
- ۳- ضمن مراقبت از سلامتی خود به افراد ناتوان و کودکان کمک کنید.
- ۴- اگر بوی گاز می‌آید، شیر اصلی گاز را ببندید و پنجره‌ها را باز کنید. نشت گاز را به مقامات مربوطه گزارش دهید.
- ۵- در صورت آسیب‌پذیری سیم‌های برق، کنتور برق را قطع کنید.
- ۶- اگر لوله‌های آب، صدمه دیده‌اند، شیر اصلی آب را ببندید.
- ۷- داروها و مواد شیمیایی زیان‌آور پخش شده را فوراً جمع کنید.

سنگ‌های رسوبی نظیر شیل‌ها (به‌علت تورق و سست بودن) سنگ‌های دارای رس مانند گِل‌سنگ‌ها و سنگ‌های ماری (به‌علت افزایش حجم در مجاورت آب و تورم) و همچنین سنگ‌های تخییری مانند سنگ گچ و سنگ نمک (به‌علت انحلال‌پذیری)، استحکام لازم برای احداث سازه‌ها را ندارند.

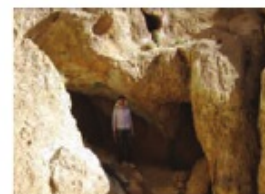
فعالیت تکمیلی

- نوع سیمان اتصال‌دهنده ذرات در سنگ‌های آواری نظیر ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومراها چگونه می‌تواند در مقاومت این سنگ‌ها تأثیرگذار باشد؟

سنگ‌های دگرگونی مانند کوارتزیت، هورنفلس و گنیس مقاومت بسیار بالایی دارند و می‌توانند برای احداث سازه‌های سنگین مورد استفاده قرار گیرند. برخی دیگر از سنگ‌های دگرگونی نظیر شیست‌ها به دلیل داشتن تورق، سست و ضعیف بوده و برای پی‌سازه‌ها مناسب نمی‌باشند. یکی دیگر از عوامل مؤثر در مکان‌یابی سازه‌ها، نفوذپذیری خاک‌ها و سنگ‌های محل احداث سازه‌ها می‌باشد. نفوذپذیری به توانایی انتقال مایعات از بین حفرات و درزه‌های سنگ، گفته می‌شود. در پروژه‌های مهندسی، با استفاده از حفر گمانه‌های اکتشافی می‌توان میزان نفوذپذیری سنگ و خاک را تعیین نمود.

نفوذپذیری در سنگ‌ها متأثر از وضعیت درزه‌ها، شکستگی‌ها و حفرات موجود در آنها است. در آبرفت‌ها هرچه خاک درشت‌دانه‌تر باشد، نفوذپذیری آن بیشتر خواهد بود. سنگ‌های کربناتی به سنگ‌های رسوبی گفته می‌شود که بیش از ۵۰ درصد آنها کانی‌های کربناتی مانند کلسیت (CaCO_3) و دولومیت ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) باشد. این سنگ‌ها اغلب درزه‌دار هستند.

سنگ آهک ضخیم لایه و فاقد حفرات انحلالی، پی و تکیه‌گاه خوبی برای احداث سازه‌های مهندسی می‌باشد. بخشی از سنگ‌های کربناته در معرض جریان آب‌های نفوذی و یا گذشت زمان، حل شده و در آنها حفره‌هایی تشکیل می‌گردد که به این حفرات ایجاد شده، حفرات انحلالی کارستی گویند. پیشرفت عمل انحلال در این سنگ‌ها، ممکن است منجر به ایجاد حفره‌های انحلالی بزرگ و غارها شود؛ بنابراین سنگ‌های کربناته در صورت دارا بودن حفرات انحلالی برای حفر تونل‌ها و احداث سدها مناسب نیستند، زیرا مشکلات جدی از قبیل فرار آب یا نشست زمین را به همراه خواهند داشت (شکل ۹-۶).



ج) ایجاد غارهای کارستی



ب) تشکیل حفرات انحلالی



الف) توسعه درز و شکاف انحلالی در آهک

شکل ۹-۶- مراحل توسعه انحلال در سنگ‌های کربناته

انحلال‌پذیری سنگ‌های تخییری (سنگ گچ و سنگ نمک)، بیش از سنگ‌های آهکی است؛ بنابراین حفره‌ها و غارهای انحلالی در این سنگ‌ها، سریع‌تر از دیگر سنگ‌ها ایجاد می‌شود. اگر سد بر روی لایه‌هایی از سنگ گچ احداث شود، طی مدت کوتاهی، حفرات انحلالی فراوانی درون سنگ ایجاد شده و باعث فرار آب از مخزن سد و همچنین ناپایداری بدنه سد می‌گردد. علاوه بر موضوعات مطرح شده، حتی وجود لایه‌های گچی و نمکی در محدوده مخزن و دریاچه سدها نیز مشکلاتی در کیفیت آب ایجاد خواهد کرد. انحلال این نوع سنگ‌ها، باعث افزایش املاح در آب پشت سدها و شوری آنها می‌شود.

مهم‌ترین علت‌های آسیب‌دیدگی از زمین‌لرزه

- ۱- فرو ریختن ساختمان، شیشه پنجره‌های شکسته و در حال افتادن و قطعات آتاقیه، زیرا ممکن است پس لرزه‌ها سبب فرو ریختن آنها شوند.
- ۲- خطرات آتش‌سوزی به علت شکستن لوله‌های گاز، اتصال سیم‌های برق به علت افتادن آنها بر روی زمین و بی‌آب ماندن به علت شکستن لوله‌های آب.

در ساختمان‌سازی باید به نکات زیر توجه کرد:



- ۱- ساختمان هرچه سبک‌تر باشد بهتر است (به خصوص سقف‌ها).
- ۲- زمین‌های شیب‌دار محل مناسبی برای ساختمان‌سازی نیستند.
- ۳- ساختمان‌هایی که تقارن بیشتری دارند مانند مکعب و مکعب‌مستطیل؛ از ساختمان‌های دیگر استحکام بیشتری دارند.
- ۴- در و پنجره زیاد، ساختمان را ضعیف می‌کند؛ بنابراین، نباید آنها را در یک طرف ساختمان قرار داد.
- ۵- مصالح ساختمانی به ترتیب از مناسب تا نامناسب عبارت‌اند از:
(الف) چوب؛
(ب) آجر با اسکلت بتنی؛
(پ) آجر بدون اسکلت بتنی؛
(ت) خشت.
- ۶- باید سقف‌ها و دیوارها به‌خوبی به یکدیگر متصل شوند.
- ۷- در ساختمان‌های اسکلت فلزی، چهارچوب‌های داخلی باید به وسیله تیر آهن‌های ضربدری به هم متصل شوند.
- ۸- نباید قسمت‌های جدیدی را به ساختمان قبلی اضافه کرد.
- ۹- ساختمان‌های خشتی نباید بیشتر از یک طبقه باشند.
- ۱۰- پشت دیوارهای خشتی را باید با حائل تقویت کرد.

چین خوردگی

رشته کوه‌هایی مانند البرز و زاگرس، حاصل چین خوردگی بخشی از سنگ کره است. چین‌ها، به شکل‌های تک‌شیب، تاقدیس و ناودیس دیده می‌شوند. در صورتی که لایه‌های سنگی طوری خم شوند که لایه‌های قدیمی‌تر در مرکز و لایه‌های جدیدتر در حاشیه قرار گیرند، تاقدیس تشکیل می‌شود و چنانچه لایه‌های جدیدتر در مرکز و لایه‌های قدیمی‌تر در حاشیه چین قرار گیرند، ناودیس به وجود می‌آید.



شکل ۶-۶- انواع چین



شکل ۱۱- نمونه‌ای از حفرت‌های حفاری در نزدیکی سد لار



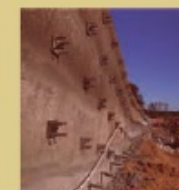
شکل ۱۰- هجوم آب گل و لای در زمان حفاری تونل‌ها

گاهی عدم شناسایی حفرت‌های احتمالی در هنگام حفاری سازه‌های زیرزمینی مانند تونل‌ها باعث هجوم آب فراوان و گل‌ولای به داخل تونل و توقف پروژه حفاری می‌شود (شکل ۱۰-۶). همچنین عدم شناسایی حفرت‌های احتمالی پی‌ساز در زمان ساخت باعث قرار آب‌زیر سد شده است (شکل ۱۱-۶).

یکی دیگر از خطراتی که سازه‌ها را در مناطق شیب‌دار و کوهستانی تهدید می‌کند، خطر ریزش کوه و سقوط مواد در دامنه‌های پرشیب است. حرکات دامنه‌ای ممکن است بسیار مهیب و فاجعه‌آفرین باشد، به‌طوری‌که سازه‌های مهندسی را تحت تأثیر قرار داده و باعث خرابی و آسیب به آنها شود. به‌طور مثال لغزش و سقوط توده‌های بزرگ سنگ و خاک در دیواره مخزن سدها، تاکنون موجب خرابی‌های عمده‌ای در سدهای بزرگ جهان شده است. لغزش توده‌های سنگ و خاک، افزون بر ایجاد امواج خطرناک در مخزن، باعث کاهش ظرفیت و عمر مفید مخزن می‌شود. حرکت دامنه‌ای به‌طور ساده ناشی از عملکرد گرانج زمین، بر روی مواد هوازده موجود بر روی سطوح شیب‌دار می‌باشد و به شیوه‌های گوناگون خودنمایی می‌کند. سقوط ذرات سنگ و خاک از سرشیب‌های تند راه ریزش و اگر توده سنگ و خاک در امتداد یک سطح گسیختگی حرکت کند، لغزش نامیده می‌شود. (شکل‌های ۱۲-۶ تا ۱۴-۶). با انتخاب محل مناسب برای ایجاد سد و پایدارسازی دیواره‌های اطراف مخزن سد، می‌توان از چنین اتفاقاتی جلوگیری کرد. امروزه با اقداماتی مانند ایجاد دیوار حائل، ایجاد پوشش گیاهی، میخ‌کوبی و زهکشی جهت تخلیه آب اضافی، دیوار گابیونی (تورسنگی) و غیره می‌توان دامنه‌ها را پایدار کرد.

جمع‌آوری اطلاعات

- در مورد تفاوت انواع حرکات دامنه‌ای ریزش، لغزش، خزش و جریان گل اطلاعاتی جمع‌آوری کنید.



- مطالبی پیرامون رابطه تغییرات سطح آب زیرزمینی و ایجاد حرکت دامنه‌ای گردآوری نمایید.
- تأثیرات مثبت و منفی پایداری دامنه‌ها با استفاده از پوشش گیاهی را توضیح دهید.



- مراحل پایدارسازی به روش میخ‌کوبی را در کلاس برای دوستان خود توضیح دهید و دلایل استفاده از این روش را تشریح نمایید.

آتشفشان

امروزه فعالیت‌های آتشفشانی زیادی در تمام نقاط کره زمین، داخل خشکی‌ها، در بستر اقیانوس‌ها، دریاها و دریاچه‌های بزرگ صورت می‌گیرد. مواد خارج شده از آتشفشان‌ها، به صورت جامد (تفرا)، مایع (لاوا یا گدازه) و بخارهای آتشفشانی (فومرول) است.



دماوند



تفتان

شکل ۶-۷- آتشفشان نیمه‌فعال تفتان و دماوند با فعالیت فومرولی

تفرا: به مواد آتشفشانی جامد که به صورت ذرات ریز و درشت بر اثر فعالیت آتشفشان به هوا پرتاب می‌شود، تفرا می‌گویند.

جدول ۶-۲- اندازه ذرات جامد آتشفشان

نام ذرات	اندازه ذرات (میلی متر)
خاکستر	کوچک‌تر از ۲
لایلی	بین ۲ تا ۳۲
قلعه سنگ و بلب (دوکی شکل)	بزرگ‌تر از ۳۲



در آتشفشان‌های انفجاری دارای سیلیس فراوان، مواد جامد آتشفشانی به هوا پرتاب می‌شوند. با فرونشینی آنها بر سطح زمین، از به هم چسبیدن و سخت شدن این مواد، گروهی از سنگ‌های آتشفشانی، به نام سنگ‌های آذرآوری تشکیل می‌شوند. در صورتی که خاکستر آتشفشانی در محیط‌های دریایی کم‌عمق ته‌نشین شوند، توف آتشفشانی به وجود می‌آید. به عنوان مثال می‌توان توف‌های سبز البرز را نام برد. توف، یک نوع سنگ آذرآوری است.

شکل ۶-۸- سنگ آذرآوری

گدازه: گدازه‌ها، مواد مذابی هستند که از دهانه آتشفشان خارج می‌شوند. هر چه گدازه روان‌تر (سیلیس کمتر) باشد، مخروط آتشفشان، شیب و ارتفاع کمتری دارد.

بخارهای آتشفشانی: مواد مذاب درون زمین، حاوی مقداری گاز و بخار آب می‌باشد. ترکیب شیمیایی گازهای خروجی از آتشفشان، بسیار متفاوت است. بیشتر گازهای آتشفشانی را بخار آب، گازهای کربن دی‌اکسید، اکسیدهای گوگردی، نیتروژن دار، کلردار و کربن مونو اکسید تشکیل می‌دهند. پس از فعالیت یک آتشفشان، خروج گاز (مرحله فومرولی) ممکن است سال‌ها و حتی قرن‌ها ادامه داشته باشد. در حال حاضر آتشفشان‌های دماوند و تفتان، در مرحله فومرولی به سر می‌برند و از دهانه آنها بخار آب، گاز گوگرد و... خارج می‌شوند.



شکل ۶-۱۴- جریان گلی



شکل ۶-۱۲- لغزش مصالح



شکل ۶-۱۳- ریزش مصالح



ب) دیوار صخ کوبی شده



ب) دیوار کابیونی



الف) دیوار حائل

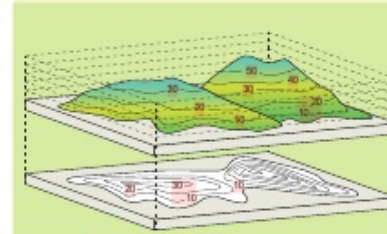
شکل ۶-۱۵- نمونه‌هایی از روش‌های پایدارسازی دامنه‌ها

فعالیت تکمیلی

● دلیل استفاده از زهکش‌ها برای پایداری دیواره‌ها و ترانشه‌ها چیست؟

یکی دیگر از موارد مهم در مکان‌یابی سازه‌ها توجه به وضعیت شکل‌های آن منطقه است. همان‌طور که در فصل‌های قبلی مطالعه کرده‌اید، کشور ما بر روی یکی از کمربندهای لرزه‌خیز جهان واقع شده است و در بیشتر مناطق آن گسل‌های فعال وجود دارند. این گسل‌ها و زمین‌لرزه‌های احتمالی می‌توانند پایداری سازه‌های مختلف را تهدید کنند. از این‌رو زمین‌شناسان، در مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها با استفاده از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای و بازبینی‌های صحرایی، این گسل‌ها را شناسایی می‌کنند و با استفاده از داده‌های ثبت‌شده توسط دستگاه‌های لرزه‌نگاری و اطلاعات تاریخی زمین‌لرزه‌ها، احتمال فعالیت مجدد گسل‌ها و وقوع زمین‌لرزه و تأثیر آن بر سازه‌ها را مشخص می‌کنند. این اطلاعات در اختیار مهندسان عمران قرار می‌گیرد تا طراحی سازه را براساس آن انجام دهند. مورفولوژی (شکل‌شناسی) و توپوگرافی (پستی و بلندی‌ها) محل احداث سازه، در پایداری آن تأثیر قابل توجهی دارد.

جمع‌آوری اطلاعات



کاربرد نقشه‌های توپوگرافی در مشخص کردن مورفولوژی سطح زمین

● با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی تهیه شده، می‌توان پستی و بلندی‌های یک منطقه را تشخیص داد. به طوری که مناطق مرتفع (کوه‌ها) در این نقشه‌ها دارای منحنی‌های به هم نزدیک‌تر و تراز ارتفاعی بالاتری را نشان می‌دهند، در حالی که در مناطق کم‌ارتفاع و دشت‌ها فاصله



پ) خاکستر آتشفشانی

ب) گدازه

الف) بلب آتشفشانی

شکل ۶-۹- نوع و اندازه متفاوت مواد خروجی از دهانه آتشفشان‌ها

فواید آتشفشان‌ها

مطالعه درون زمین: هر آتشفشان به منزله پنجره‌ای به درون زمین است که از طریق آن اطلاعاتی در مورد پوسته و گوشته بالایی به دست می‌آید.

تشکیل هواکره: در گذشته همراه با سرد شدن زمین، بخش زیادی از گازهای درون زمین از طریق فعالیت آتشفشان‌ها، از شکستگی‌ها و منافذ سنگ‌ها و لایه‌های ابدار خارج شدند و شرایط لازم برای تشکیل هوا کره فراهم گردید.

تشکیل آب کره: بخشی از گازهای خروجی از آتشفشان‌ها، با یکدیگر ترکیب شده و آب را به وجود آورده‌اند. آب، فرورفتگی‌های سطح زمین را پر کرده و باعث ایجاد اقیانوس‌ها، دریاها، دریاچه‌ها و رودها شده است.

تشکیل خاک و رسوب: خاکستر و گدازه آتشفشانی از دهانه آتشفشان خارج می‌شود و خاک حاصلخیزی را به وجود می‌آورد. برخی از مزارع حاصلخیز جهان بر روی خاکسترهای آتشفشانی قرار گرفته است.

تشکیل پوسته جدید اقیانوسی: خروج آرام مواد مذاب گوشته از محور میانی رشته کوه‌های میان اقیانوسی، سبب تشکیل پوسته جدید اقیانوسی می‌شود. نتیجه این آتشفشان‌ها، علاوه بر گسترش بستر اقیانوس‌ها، سبب نزدیک شدن ورقه‌ها در محل دراز گودال‌های اقیانوسی می‌شود. در این مناطق، به علت برخورد ورقه‌ها، فرو رانش صورت می‌گیرد و کوه‌ها به وجود می‌آیند. کوه‌ها نیز، با ایجاد پستی و بلندی در سطح زمین، سبب تناوب فرسایش و رسوب گذاری می‌گردند.



شکل ۶-۱۰- چشمه آب گرم در دامنه آتشفشان بزمیان



شکل ۶-۱۱- نیروگاه زمین گرمایی مشکین شهر- اردبیل

تشکیل رگه‌های معدنی: فعالیت آتشفشانی منجر به تشکیل برخی رگه‌های معدنی مانند طلا، نقره و مس می‌شود.

تشکیل چشمه‌های آب گرم: اطراف آتشفشان‌ها، مناطق مناسبی برای تشکیل چشمه‌های آب گرم معدنی می‌باشند. آب‌هایی که درون پوسته هستند، گرم شده و از طریق شکستگی‌های سطح زمین، به صورت چشمه‌های آب گرم در سطح زمین ظاهر می‌شوند. آب این چشمه‌ها از نظر بهداشتی برای درمان بیماری‌های پوستی و آرامش عضلانی مفید هستند و با جذب گردشگران، سبب رونق اقتصاد محلی می‌شوند.

انرژی زمین گرمایی: در مناطق آتشفشانی، از گرمای درون زمین به عنوان انرژی زمین گرمایی استفاده می‌شود. کشور ایسلند بخش عمده انرژی مورد نیاز خود را از انرژی زمین گرمایی تأمین می‌کند. اولین نیروگاه زمین گرمایی خاورمیانه نیز در نزدیکی آتشفشان سیلان در استان اردبیل تأسیس شده است.

دیگر فواید: آتشفشان‌ها، افزون بر خروج انرژی درونی زمین، منجر به آرامش نسبی ورقه‌های سنگ کره می‌شوند. از انواع سنگ‌های آتشفشانی در نمای ساختمان‌ها و مصالح ساختمانی استفاده می‌شود.



منحنی‌های توپوگرافی از هم بیشتر است. با توجه به مورفولوژی دره‌های V شکل و U شکل و ارتباط آن با احداث سازه‌هایی مثل پل و سد مطالبی جمع آوری کرده و در مورد مناسب یا نامناسب بودن آنها با دوستان خود، تبادل نظر کنید.

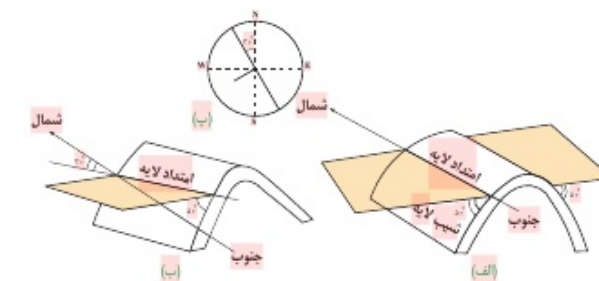
توجه به فرسایش پذیری رسوبات و واحدهای سنگی نیز در مکان‌بانی سازه‌هایی مانند سد بسیار اهمیت دارد. یکی از مشکلاتی که سدها با آن برخورد خواهند نمود وجود رسوباتی است که توسط عوامل فرسایشی به پشت سدها حمل می‌شوند و با گذشت زمان این رسوبات در مخازن سدها انباشته و از عمر مفید این سدها کاسته خواهد شد. بنابراین موجب خواهد شد که با صرف هزینه زیاد و در زمان مناسب با استفاده از تجهیزات مختلف نظیر لای‌روب و بیل‌های مکانیکی مخصوص به تخلیه رسوبات و لای‌روبی پرداخته شود.

شرایط مختلفی از وضعیت شیب و امتداد لایه‌های سنگی برای انتخاب محل مناسب در سازه‌هایی مانند سد، تونل و غیره باید مورد بررسی قرار بگیرند. برای بررسی موقعیت لایه‌ها از مشخصات امتداد و شیب استفاده می‌شود. امتداد لایه، عبارت است از محل برخورد سطح لایه با سطح افقی که با جهت جغرافیایی بیان می‌شود. شیب لایه، مقدار زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افقی می‌سازد. شیب لایه بین صفر (لایه‌های افقی) تا ۹۰ درجه (لایه‌های قائم) تغییر می‌کند.



شکل ۶-۱۶

امتداد لایه‌های این چین شمالی - جنوبی است و شیب لایه در پهلوی غربی آن ۵۰° به سمت غرب و در پهلوی شرقی ۵۰° به سمت شرق است (شکل الف ۶-۱۷). امتداد لایه در پهلوی غربی این چین ۳۰° از شمال به سمت غرب انحراف دارد N30W. شیب لایه ۵۰° به سمت جنوب غرب است 50SW. بنابراین موقعیت این لایه را به طور کلی به صورت 50SW و N30W نشان می‌دهند (شکل ب ۶-۱۷). علائم قراردادی برای نشان دادن امتداد و شیب یک لایه (شکل پ ۶-۱۷).



شکل ۶-۱۷- تعیین شیب و امتداد لایه

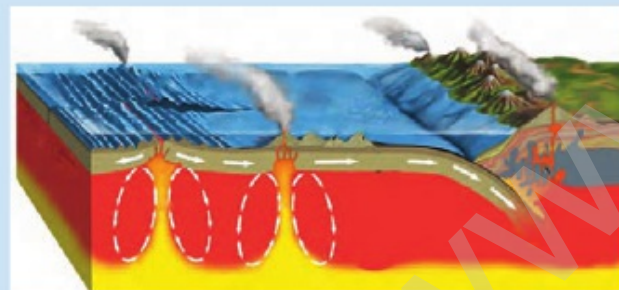
علم، زندگی، کارآفرینی



• **ژئوفیزیک:** ژئوفیزیک‌دان‌ها، برای مطالعه ساختمان درونی زمین، که به راحتی در دسترس نیست و همچنین شناسایی ذخایر و معادن زیرزمینی با استفاده از امواج لرزه‌ای، بررسی مغناطیس زمین، مقاومت الکتریکی و شدت گرانش سنگ‌ها، به مطالعه آنها می‌پردازند.

• **زمین ساخت (تکتونیک):** زمین‌شناسی ساختمانی و زمین‌ساخت، علم شناسایی و بررسی ساختارهای تشکیل دهنده پوسته زمین و نیروهای به وجودآورنده آنهاست. گسل‌ها، درزه‌ها، چین‌ها و دیگر ساختارهای زمین، نقش مهمی در تجمع منابع زیرزمینی و احداث پروژه‌های عمرانی دارند. از سوی دیگر، زمین‌ساخت به مطالعه ساختار درونی زمین، چگونگی تشکیل رشته‌کوه‌ها، اقیانوس‌ها، زمین‌لرزه‌ها و حرکت ورقه‌های سنگ‌کره می‌پردازد.

متخصصین این رشته‌ها، در مراکزی مانند سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مؤسسه ژئوفیزیک، پژوهشگاه زمین‌لرزه، مدیریت بحران، شهرداری‌ها و... به کار مشغول می‌شوند.



مکان مناسب برای ساخت سد

سد، سازه‌ای است که به منظور ذخیره آب، مهار سیلاب، تولید نیروی الکتریسیته، تامین آب شرب و کشاورزی احداث می‌شود. بعضی از سدها چندمنظوره‌اند، یعنی به طور هم‌زمان چند هدف را تامین می‌کنند.

سدها، از نظر نوع مصالح ساختمانی به کار رفته، به دو دسته خاکی و بتنی تقسیم می‌شوند. در شکل ۱۸-۶ بخش‌های مختلف سد نشان داده شده است. مهم‌ترین عامل در تعیین نوع سد و محل احداث آن، شرایط زمین‌شناسی منطقه، مقاومت سنگ‌های پی و دیواره‌ها، لرزه‌خیزی منطقه، شکل دره و مصالح مورد نیاز است.

در مطالعات زمین‌شناسی سد، وضعیت مخزن، تکیه‌گاه‌ها و پی سد از نظر پایداری و فرار آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای آنکه فرار آب از مخزن سد صورت نگیرد، باید دیواره‌ها و کف مخزن نفوذناپذیر بوده یا از نفوذپذیری بسیار کمی برخوردار باشند.



شکل ۱۸-۶: نمای از بخش‌های مختلف یک سد

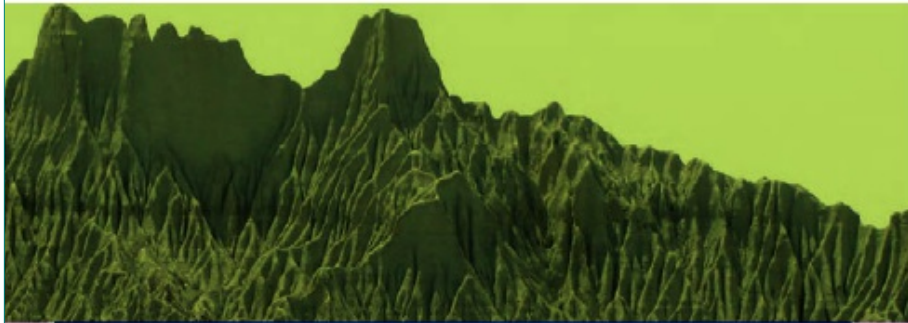
جمع‌آوری اطلاعات

• در مورد نزدیک‌ترین سد به محل سکونت خود، اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به موارد زیر پاسخ دهید:

- ۱- هدف از احداث سد
- ۲- نوع سد
- ۳- جنس سنگ پی سد



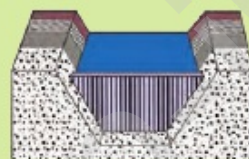
از عوامل مؤثر بر پایداری و نشست آب در محل سدها می‌توان به ساختارهای زمین‌شناسی اشاره نمود که در فصل‌های قبل با آنها آشنا شده‌اید. اگر امتداد لایه‌های موجود در محل سد، عمود بر راستای محور سد باشد، منطقه برای احداث سد نامناسب است، زیرا در صورت برخورد با لایه‌های ضعیف و سست (مارن و شیل)، لایه‌های حفره‌دار و کارستی و مناطق هوازده و گسله، سبب نشست نامتقارن در پی و دیواره‌ها، ناپایداری پی، فرار آب از مرز لایه‌ها و به‌خصوص لایه‌های نفوذپذیر به پایین خواهد شد. در صورتی که امتداد لایه‌ها با محور سد موازی باشد، ساخت سد مطلوب‌تر است زیرا می‌توان سد را بر روی لایه‌های مقاوم‌تر و نفوذناپذیرتر احداث نمود، در این حالت بدنه سد فقط با یک نوع سنگ در ارتباط می‌باشد.



تصویر ماهواره‌ای ایران

با هم بیندیشید

● با توجه به ارتباط امتداد محور سد با امتداد لایه بندی کدام گزینه برای ساخت سد مناسب تر است؟



(الف)



(ب)

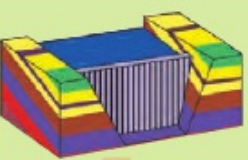
در صورتی که شیب لایه‌ها در محور سد به سمت بالادست (مخزن سد) باشد، احداث سد با مشکلات کمتری روبه‌رو خواهد شد؛ چراکه نشست آب به پایین دست اتفاق نمی‌افتد. وقتی شیب لایه‌ها به پایین دست باشد، در درازمدت به دلیل اشباع شدن لایه‌ها و جریان آب در جهت شیب لایه‌ها به پایین دست، باعث سست شدن و جابه‌جایی سد (به علت وزن سد و نیروی آب پشت سد) و در نهایت شکستن آن خواهد شد.

با هم بیندیشید

● با توجه به وضعیت نسبی جهت شیب لایه بندی در مقایسه با بالادست سد کدام گزینه برای احداث سد مناسب تر است؟



(الف)



(ب)

مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی

برخی از فعالیت‌های عمرانی و معدنی به صورت زیرزمینی انجام می‌شود. این فعالیت‌ها، نیاز به فضای زیرزمینی دارند. حفاری‌های زیرزمینی به شکل تونل و مغار اجرا می‌گردند. تونل‌ها، به منظور حمل و نقل، انتقال آب، انتقال فاضلاب یا استخراج مواد معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مغارها، فضاهای زیرزمینی بزرگ‌تری هستند که برای ایجاد تأسیسات زیرزمینی مانند نیروگاه‌ها، ایستگاه‌های مترو، ذخیره نفت و یا موارد دیگر استفاده می‌شوند. این گونه سازه‌ها، باید در زمین‌هایی با مقاومت کافی احداث شوند؛ بنابراین زمین‌شناس، باید مطالعات خود را بر شناسایی مناطقی با کمترین خردشدگی، هوازدگی و نشست آب، متمرکز کند.

وجود آب‌های زیرزمینی، بر ایمنی و پایداری سازه‌های زیرزمینی در زمان ساخت و بهره‌برداری مؤثر خواهد بود. جریان و فشار آب



زمین‌شناسی ایران

ایران، به نظر بسیاری از زمین‌شناسان جهان که از مناطق مختلف آن بازدید کرده‌اند، بهشت زمین‌شناسی است. به‌راستی، چه عواملی باعث این تفکر شده است؟ پدیده‌های متنوع کم‌تظیری مانند آتشفشان‌های نیمه فعال، گل‌فشان‌های متعدد، کلوته‌های وسیع و مرتفع، گنبد‌های نمکی و ... در نقاط مختلف ایران یافت می‌شود که پژوهشگران زیادی را از سراسر جهان به خود علاقه‌مند کرده است. زمین‌شناسان از حدود دویست سال پیش تاکنون، پژوهش‌های زیادی بر روی مناطق مختلف ایران انجام داده‌اند ولی هنوز ناشناخته‌های بسیاری وجود دارد که توجه پژوهشگران را به خود جلب می‌کند.



زیرزمینی، از عوامل مهم ناپایداری تونل‌ها، تراشه‌ها و سایر فضاهای زیرزمینی است. بخش بزرگی از مشکلات و خسارت‌ها در پروژه‌های عمرانی و معدنی، ناشی از برخورد با آب‌های زیرزمینی می‌باشد. در برخی موارد، پروژه‌هایی به‌دلیل مواجهه با این مشکل، تکمیل نشده و متوقف گشته‌اند؛ بنابراین برآورد میزان و کنترل جریان آب زیرزمینی در تونل‌ها و زمین زیر سازه و حتی درون سازه‌هایی مانند سدها، بسیار مهم است. به‌طور کلی، سازه‌های زیرزمینی که در بالایی سطح ایستایی قرار می‌گیرند، از پایداری بیشتری برخوردار هستند.

پاسخ دهید

• دلیل ناپایداری تونل‌ها در زیر سطح ایستایی چیست؟

در شرایطی که سنگ‌های داخل تونل از نظر پایداری و نشست آب، وضعیت مطلوبی نداشته باشند، دیواره و سقف تونل با محافظی از بتن یا سایر مصالح پوشیده می‌شود (شکل ۱۹-۶).



ب) پوشش‌های بتنی در مترو



الف) پوشش‌های بتنی در معابر



ب) نحوه اجرای پوشش‌های بتنی در فضاهای زیرزمینی



شکل ۱۹-۶ پوشش داخلی تونل

ساخت تونل، در صورتی که امتداد لایه‌ها بر محور تونل عمود باشد، مطلوب‌تر از زمانی است که امتداد لایه‌ها موازی با محور تونل می‌باشد. وقتی محور تونل بر امتداد لایه‌ها عمود است، هنگام عبور از لایه ضعیف یا سنگ‌های درزه‌دار با ضخامت محدود، مسیر کمتری از تونل ناپایدار بوده و نیاز به مقاوم‌سازی دارد. در شرایطی که محور تونل موازی با لایه‌بندی یک سنگ مقاوم باشد، وضعیت تونل در این حالت نیز مطلوب ارزیابی می‌شود.

۱- تراشه (ژرف‌ناوه) به فرورفتگی مصنوعی یا طبیعی در سطح زمین گفته می‌شود که ژرفای آن از پهنایش بیشتر (طول و عمیق) است. برای اهدافی مانند انتقال آب، جاده‌سازی، قرار دادن لوله‌های نفت و ... احداث می‌شود.



گنبد نمکی (چاشک)



دره ستارگان (قشم)



گل فشان (چابهار)

تاریخچه زمین‌شناسی ایران

سرزمین ایران، تاریخ تکوین پیچیده‌ای را پشت سر گذاشته است. بخش‌های مختلفی که اکنون ایران زمین را تشکیل می‌دهند، در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی، بخش‌هایی از آن قسمتی از ابرقاره گندوانا و لورازیا بوده‌اند. تعیین سن سنگ‌های مناطق مختلف ایران نشان می‌دهد که در مقایسه با سنگ‌های قدیمی یافت شده در آمریکای شمالی، آفریقا، هند، سیبری، استرالیا و عربستان جوان‌تر هستند. قدیمی‌ترین سنگ‌های کشف شده در ایران بین ۶۰۰ میلیون تا بیش از ۱ میلیارد سال سن دارند.



مکان‌یابی مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی

همیشه سازه‌ها بر روی خشکی بنا نمی‌شوند. کشور ما از جنوب و شمال به دریا منتهی می‌شود. از سوی دیگر، بخشی از ذخایر عظیم نفت ایران از بستر دریا استخراج می‌شوند. سازه‌های دریایی مانند اسکله‌ها، پایانه‌های نفتی، تونل‌های زیردریایی، پل‌ها و جاده‌ها، در سواحل دریا (ساحلی) یا در دریا (فراساحلی) احداث می‌شوند (شکل ۳۰-۶). در مکان‌یابی این سازه‌ها مانند سازه‌های خشکی، باید مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی به‌طور ویژه، انجام پذیرد. افزون بر آن، توجه به جریان‌های دریایی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب دریا نیز ضروری می‌باشد.



پ سکوی نفتی (خلیج فارس)



پل طولانی‌ترین پل دریایی جهان (چین)



اسکله شهید رجایی (بندر عباس)



جاده ساحلی (بندر مقام)



ت. اکواریم زیردریایی (جزیره کیش)



ت. موج شکن (جزیره قشم)

شکل ۳۰-۶ تعدادی از سازه‌های دریایی

شاخص‌های مهندسی مصالح

اندازه‌گیری شاخص‌های مهندسی مصالح می‌تواند در کاربرد آنها برای پروژه‌های مهندسی مؤثر باشد. یکی از شاخص‌های مهندسی مصالح، اندازه ذرات است. خاک‌ها براساس اندازه ذرات به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از: خاک‌های درشت‌دانه (مانند شن)، اندازه این ذرات بزرگ‌تر از $\frac{4}{75}$ میلی‌متر می‌باشد. خاک‌های متوسط دانه و ماسه‌ای که اندازه این ذرات بین $\frac{4}{75}$ میلی‌متر تا $\frac{0.075}{1}$ میلی‌متر بوده و در این محدوده قرار دارند. خاک‌های ریزدانه شامل سیلت و رس بوده و اندازه این ذرات کوچک‌تر از $\frac{0.075}{1}$ میلی‌متر می‌باشد.

یکی دیگر از شاخص‌های مهندسی، شاخص خمیری مصالح می‌باشد. این شاخص مربوط به مصالح ریزدانه بوده و با افزایش میزان رطوبت، باعث کاهش پایداری آنها می‌گردد. اگر رطوبت در این خاک‌ها، از حد معینی بیشتر شود، خاک به حالت خمیری در می‌آید و تحت تأثیر وزن خود روان می‌شود. پدیده لغزش در دامنه‌ها و ترانشه‌ها، به‌ویژه در ماه‌های مرطوب سال، ناشی از این پدیده است.

مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها

مصالح مورد نیاز برای احداث هر سازه به شاخص‌های مهندسی آن وابسته می‌باشد. در احداث سازه‌ها، از مواد سازنده زمین، مانند خاک، شن، ماسه و سنگ استفاده می‌شود. این مصالح برای هر سازه، باید دارای مقاومت، نفوذپذیری و اندازه‌دانه‌های مشخصی باشد که توسط آزمایش‌های لازم در آزمایشگاه‌های تخصصی مکانیک خاک و سنگ تعیین می‌شوند. مصالح به‌کاررفته در سازه‌های مختلف، متفاوت می‌باشد.

در سدسازی با توجه به نوع سد، مصالح متفاوتی به کار گرفته می‌شود؛ به‌عنوان مثال در سدهای بتنی از سیمان، ماسه، شن، میلگرد و در سدهای خاکی خاک رس، ماسه، شن و قلوه‌سنگ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پاسخ دهید

- دلایل استفاده از مصالح رسی در هسته سدهای خاکی چیست؟
- کاربرد مصالح درشت‌دانه به عنوان لایه زهکش در سدهای خاکی چیست؟



بتن یکی از پرکاربردترین مواد به‌عنوان مصالح ساختمانی در پروژه‌های عمرانی است. مصالح و اجزای بتن عبارت‌اند از سیمان، سنگدانه یا مصالح سنگی شامل شن، ماسه و آب.

حدود ۱۸۰ میلیون سال پیش تنیس کهن کاملاً بسته و رشته کوه البرز در ایران تشکیل شد.

در حدود ۶۵ میلیون سال پیش، ورقه عربستان به ورقه ایران برخورد کرد و اقیانوس تنیس بسته و شکل‌گیری رشته کوه زاگرس آغاز شد و تاکنون ادامه دارد. دریاچه خزر و آرال، از بازمانده‌های این اقیانوس هستند.

تحقیق کنید

- قدیمی‌ترین سنگ‌های ایران در کدام مناطق یافت می‌شوند؟

• حدود ۶۰۰ میلیون سال پیش، قاره بزرگی به نام پانگه^۱ بر روی کره زمین وجود داشت که از به هم پیوستن همه خشکی‌ها به وجود آمده بود. این خشکی بزرگ در اواسط کامبرین، یعنی حدود ۵۰۰ میلیون سال پیش، بر اثر فرایندهای زمین‌ساختی شروع به باز شدن کرد و اقیانوس تنیس در این زمان تشکیل شد. در اوایل پرمین، یعنی حدود ۲۹۰ میلیون سال پیش به بیشترین وسعت خود رسید. در آن زمان، ایران مرکزی و البرز، بخشی از خشکی گندوانا بودند. اقیانوس تنیس کهن، طولی بیش از چندین هزار کیلومتر داشت و از استرالیا تا چین، ایران، و اروپای امروزی ادامه می‌یافت.

• در اوایل پرمین، بر اثر باز شدن قاره گندوانا، تشکیل اقیانوس جدیدی به نام تنیس نوین در بخش جنوبی تنیس کهن، شروع شد. هر چه تنیس نوین بزرگ‌تر می‌شد، تنیس کهن بر اثر فروانش به سمت جنوب کوچک‌تر می‌شد. پس از آن تنیس نوین به بیشترین وسعت خود رسید. دریای سیاه در شمال ترکیه، بازمانده اقیانوس تنیس کهن است.

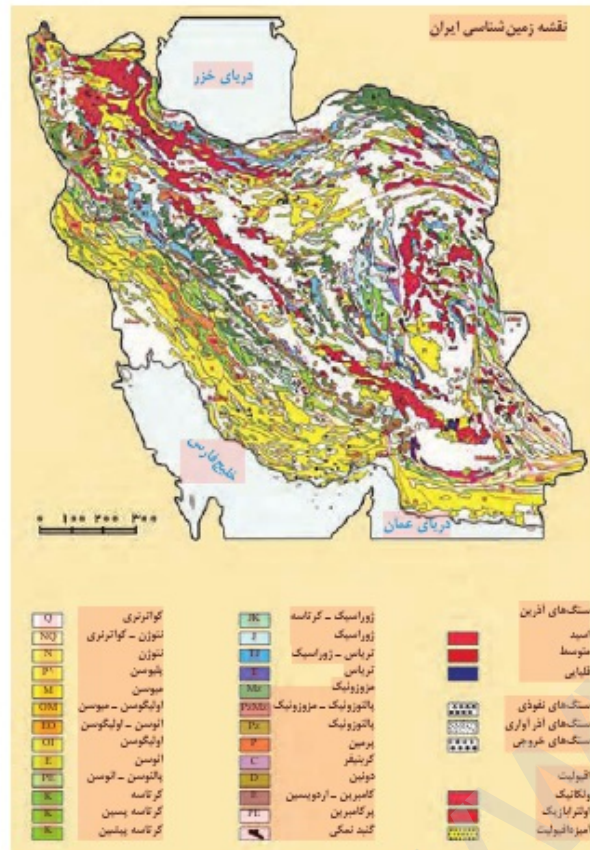


• در حدود ۱۰۰ میلیون سال پیش، با باز شدن اقیانوس هند، آفریقا و شبه قاره هند از گندوانا جدا شدند و به سمت شمال حرکت کردند. با این حرکت، اقیانوس تنیس نوین شروع به فروانش به سمت شمال و به زیر قاره بزرگ شمالی (اوراسیا) کرد.

۱- به آن پانجه نیز گفته می‌شود.

نقشه‌های زمین‌شناسی

در نقشه های زمین شناسی، چس و پراکندگی سطحی سنگ ها، روابط سنی آنها، وضعیت شکستگی ها و چین خوردگی ها و موقعیت کانسارها ... نمایش داده می شوند.



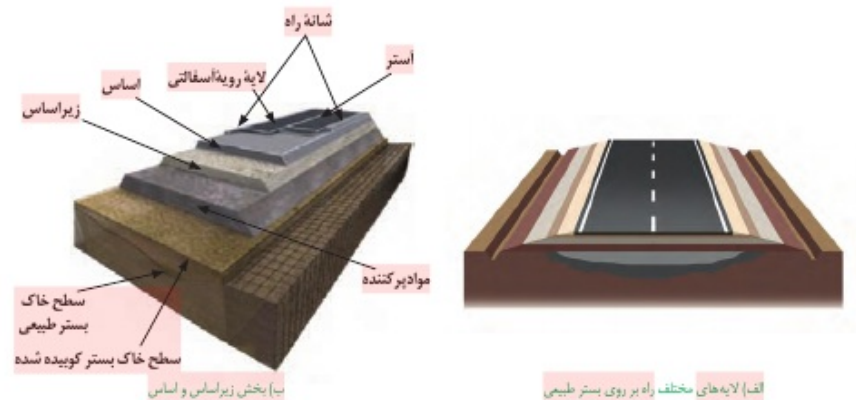
شکل ۷-۱. نقشه زمین شناسی ایران که نشان دهنده پراکندگی سنگ های دوره های زمین شناسی مختلف است.

سنگدانه‌ها نقش مهمی در دوام بتن دارند، چون حدود ۷۵ درصد از حجم بتن را تشکیل می‌دهند. این مصالح را می‌توان به صورت طبیعی (از بستر رودخانه‌ها)، از معادن و یا از مصالح موجود در کوه‌ها (با استفاده از سنگ‌شکن‌ها) به‌دست آورد (شکل ۲۱-۶).



شکل ۲۶-۹. مصالح مورد استفاده در بتن و بتن مصرفی

سطح طبیعی زمین، برای رفت و آمد وسایل نقلیه مناسب نیست، زیرا در مقابل عوامل جوی مانند بارش، تغییرات دما و نیروهای وارده از چرخ خودروها مقاومت کافی ندارد، همین امر سبب توجه انسان به راه سازی شده است. برای احداث جاده، از مصالح خاک در زیرسازی و روسازی استفاده می شود که هر کدام از دو بخش تشکیل شده است. زیرسازی شامل دو بخش زیراساس و اساس و همچنین، روسازی شامل دو بخش آستر و رویه می باشد (شکل ۲۲-۴).



شکل ۲۲-۶. بخش‌های مختلف راه

پهنه‌های زمین‌شناسی ایران

مطالعات انجام شده توسط زمین‌شناسان، نشان می‌دهند که فرایندهای زمین‌شناسی متعددی در طول زمان، چهره امروزی سرزمین ایران را به وجود آورده است. تحولات زمین‌شناختی ایران در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی، پیچیده بوده است. سرزمین ایران، از چندین قطعه مختلف و جدا از هم سنگ‌کره تشکیل شده که هر کدام تاریخچه تکوینی متفاوتی دارند.

اشتوکلین، از پیشگامان مطالعات نوین زمین‌شناسی در ایران است. او با جمع‌بندی مطالعات و مشاهدات زمین‌شناسی، برای نخستین بار سرزمین ایران را از نظر ساختارهای زمین‌شناسی به چند بخش جداگانه تقسیم‌بندی کرد. این تقسیم‌بندی، مبنایی برای کار پژوهشگران بعدی شد. در ادامه، با آگاهی‌های بیشتر از ویژگی‌های زمین‌شناسی ایران، تقسیم‌بندی‌های جامع‌تری ارائه می‌شود.

مشخصات برخی از پهنه‌های زمین‌ساختی در ایران

نام پهنه	سنگ‌های اصلی	منابع اقتصادی	ویژگی‌ها
زاگرس	سنگ‌های رسوبی	ذخایر نفت و گاز	تاق‌پس‌ها و ناودیس‌های متوالی
سهند - سیرجان	سنگ‌های دگرگونی	معادنی مانند: سرب و روی ایرانکوه	انواع سنگ‌های دگرگونی
ایران مرکزی	سنگ‌های رسوبی آذرین - دگرگونی	معادنی مانند: آهن چفارت و روی مهدی‌آباد	سنگ‌های پیرکامبرین تا استوزویک
البرز	سنگ‌های رسوبی	رگه‌های زغال سنگ	دارای دو بخش شرقی - غربی دارای قله دماوند
شرق و جنوب شرق ایران	سنگ‌های آذرین و رسوبی	معادنی مانند: منیزیت - مس	دشت‌های پهناور، خشک و کم آب فرورانش پوسته اقیانوسی دریای عمان به زیر ایران در منطقه مکران
کپه‌داغ	سنگ‌های رسوبی	ذخایر عظیم گاز	توالی رسوبی منظم
سهند - بزمان (ارومیه - دختر)	سنگ‌های آذرین	ذخایر فلزی	فرورانش تیتس نوین به زیر ایران مرکزی

دانشمندان علوم زمین



۱۹۲۱-۲۰۰۸ میلادی

• یوان اشتوکلین (Jovan Stocklin) زمین‌شناس سوئیسی و چهره‌ای ماندگار در زمین‌شناسی ایران است که نقش تأثیرگذاری در توسعه علم زمین‌شناسی در ایران داشته است. اشتوکلین، پس از اخذ مدرک دکترای زمین‌شناسی از دانشگاه ETH زوریخ در سوئیس، در سال ۱۹۵۰ میلادی (۱۳۲۹ ه.ش) در قالب همکاری با سازمان ملل متحد، به منظور انجام مطالعات زمین‌شناسی، راه‌اندازی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، راه‌اندازی بخش اکتشاف شرکت نفت و تربیت نیروی متخصص زمین‌شناسی به ایران آمد.

بخش‌های اساس و زیراساس، به‌عنوان لایه زهکش عمل می‌کنند و وظیفه آنها انتقال آب سطحی و نفوذی به خارج از بدنه جاده می‌باشد. برای ساخت آنها از مخلوط شن، ماسه و سنگ شکسته استفاده می‌شود ولی با توجه به اینکه در طراحی جاده‌ها، میزان نفوذپذیری بخش اساس، بیشتر از زیراساس است، لذا اندازه ذرات مصالح به کاررفته در بخش اساس، کمی درشت‌تر از مصالح زیراساس می‌باشد. لایه‌های آستر و رویه که بایستی در برابر نیروهای وارده، مقاوم باشند، از جنس آسفالت یعنی مخلوطی از شن، ماسه و قیر ساخته می‌شوند. یکی دیگر از کاربردهای مصالح خرده‌سنگی، در زیرسازی و تکیه‌گاه ریل‌های راه‌آهن می‌باشد. این قطعات خرده‌سنگی که بالاست نامیده می‌شوند، علاوه بر نگهداری ریل‌ها و توزیع بار چرخ‌ها، عمل زهکشی را نیز به عهده دارند. بالاست مورد نیاز خطوط راه‌آهن، معمولاً از خرد کردن سنگ‌ها و باطله‌هایی که از معادن استخراج می‌شود، به دست می‌آید (شکل ۶-۲۳).



شکل ۶-۲۳. بالاست استفاده‌شده در زیرسازی جاده ریلی

علم، زندگی، کار آفرینی

• **زمین‌شناسی مهندسی:** شاخه‌ای از زمین‌شناسی است که رفتار و ویژگی‌های مواد سطحی زمین از نظر مقاومت در برابر فشارهای وارده و امکان ساخت یک‌سازه را در محلی خاص از زمین بررسی می‌کند. این علم، نقش بسیار مهمی در انتخاب مناسب‌ترین محل، برای ساخت سازه‌ها دارد.

متخصصین زمین‌شناسی مهندسی، در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، آزمایشگاه‌های مکانیک خاک و سنگ، وزارت نیرو، وزارت راه و شهرسازی، صنعت، معدن و تجارت و شهرداری‌ها، می‌توانند نقش مهمی در هدایت پروژه‌های عمرانی داشته باشند.





اشتوکلین به مدت ۲۷ سال از عمر خود را در ایران گذراند، به همه نقاط ایران سفر کرد و به مطالعه زمین‌شناسی پرداخت و برای اغلب نقاط با همکاری بسیاری از زمین‌شناسان ایران، نقشه‌های زمین‌شناسی را تهیه و تعداد زیادی از کانسارها و منابع نفت و گاز در خشکی را کشف کرد.

وی در زمان اقامت و کار در ایران، با سفر به مناطق بکر و ناشناخته، با کمترین امکانات و با مسافرت در دشت‌ها، کوه‌ها، نمکزارها و مناطق خطرناک، مطالعات زمین‌شناسی را انجام داد. وی که در کودکی، آرزوی دیدن شتر را در سر داشت، به گفته خودش، به مراد خود رسید و در بیشتر عملیات صحرایی خود در مناطق دشوار کوهستانی و بیابانی، با استفاده از شتر، این مطالعات را در شرایط دشوار آب و هوایی از سرمای کوهستان تا گرمای مناطق کویری با شوق وافر انجام داد.

اشتوکلین، علاقه بسیاری به ایران داشت، به‌طوری که کمتر فرد خارجی را می‌توان یافت که تا این حد به ایران و ایرانیان عشق ورزیده باشد. در سال ۱۳۵۴، به این نتیجه رسید که وظیفه او در تربیت زمین‌شناسان خبره به انجام رسیده و بنابراین برای خدمت در کشور نیال عازم آنجا شد؛ اما، همچنان علاقه به ایران، در او وجود داشت تا اینکه در سال ۱۳۵۵ بار دیگر برای سرپرستی بخش اکتشاف در سازمان انرژی اتمی ایران، از وی دعوت به کار شد و او با اشتیاق پذیرفت، زیرا به گفته وی، فرزندانش، ایران را بیشتر از سوئیس، وطن خود می‌دانستند و به آن علاقه داشتند. پس از پایان این مأموریت، با چشمانی اشکبار عازم سوئیس شد.

اشتوکلین در سال ۲۰۰۶ میلادی خاطرات زندگی هشتاد و چند ساله‌اش را در یک نوشتار ۱۷۰ صفحه‌ای به نام «ایران، خاطرات یک زمین‌شناس» تدوین و تنظیم کرد و آن را به چهار فرزندش که در ایران متولد شده‌اند، هدیه کرده است. این کتاب با نام «سرزمین پارس، خاطرات و نوشته‌های یک زمین‌شناس-یووان اشتوکلین» به فارسی ترجمه و توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور منتشر شده است. یووان اشتوکلین در ۱۵ آوریل ۲۰۰۸ میلادی (۲۷ فروردین ۱۳۸۷ ه. ش) در خانه‌اش در شهر کوچکی در سوئیس، چشم از جهان فرو بست.

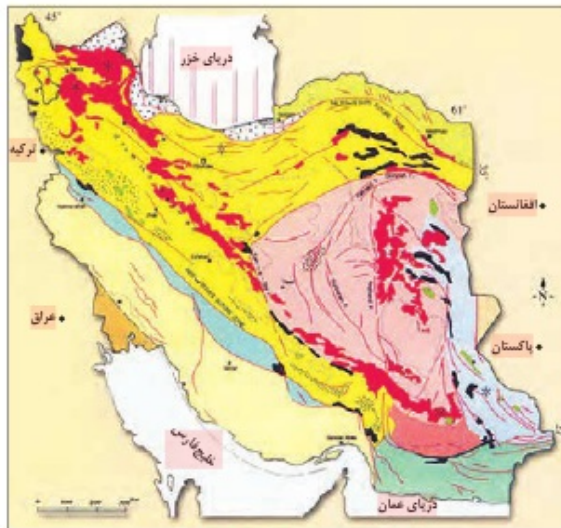
اشتوکلین در بخشی از کتاب خاطرات خود می‌نویسد:

«... همسرم الیزابت نیز به ایران علاقه زیادی پیدا کرده بود، سه دخترم تینا، فرانسیسکا و آنزلا و آخرین فرزندم که پسری به نام ژرژ است، همگی در ایران متولد شده‌اند. ایام کودکی و نوجوانی آنها در منزل‌هایی که اجاره کرده بودم در داودیه، دزاشیب و نیاوران سپری شده، آنها همیشه از خاطراتشان می‌گویند. از مدرسه‌ای در قلعه‌ک که در آنجا درس خوانده‌اند، خانواده‌ها و بچه‌های هم‌کلاسی ایرانی که با آنها دوست شده‌اند. ما همگی با همه گوشه‌های ایران طی بیست و هفت سال اقامت در این کشور آشنا شدیم. ... علی، راننده سابق و باوقایی من در سازمان زمین‌شناسی که چند سال بعد با تأثر شنیدم تنها فرزند پسرش در جنگ با عراق شهید شده، مرا به فرودگاه مهرآباد برد، به هنگام خلافاحفظی و ربوبی با من گونه‌هایش از اشک خیس شده بود. این بار و برای همیشه به جای آنکه از غرب به شرق بیایم، از مشرق به مغرب پرواز می‌کردم. در ذهنم زندگی‌نامه نزدیک به سی سال اقامتم در ایران را مرور می‌کردم.

آن روزها از سرزمین پارسایان و قوم مهربان و متمکن و باوقایی ایرانی هیچ چیز نمی‌دانستم ولی امروز همه گوشه‌های این سرزمین را می‌شناسم، متعجب و حیرت‌زده هستم، دلم نمی‌خواهد غم‌زده و دلتنگ از ایران بروم. وقتی هواپیمای سوئیس ایر صبحگاه از مرز ایران می‌گذشت و من از پنجره، طلوع آفتاب این روز زمستانی را می‌نگریستم، بی‌اختیار این جملات بر زبانم جاری شد: ایران باور کن دلم نمی‌خواهد از تو خلافاحفظی کنم، آدیوایران، خلافاحفظ ایران ...»



تصویر ماهواره‌ای ایران



شکل ۲-۳. نقشه پهنه‌بندی زمین‌شناسی در ایران

منابع معدنی ایران

در فصل ۲ خواندید که منابع معدنی می‌تواند زیربنای اقتصاد و توسعه کشورها باشد. اگر کشوری، مواد معدنی مورد نیاز خود را نداشته باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟ آنها را چگونه تأمین می‌کنند؟ آیا می‌دانید ایران از نظر ذخایر معدنی چه جایگاهی در جهان دارد؟ آیا ما تمام مواد معدنی مورد نیاز را در کشور داریم؟ ایران، دارای ذخایر معدنی مهم و قابل توجهی است که آن را از بسیاری از کشورهای جهان متمایز می‌کند. فعالیت‌های معدنی در ایران به طور گسترده در بیشتر نقاط کشور انجام می‌شود و نقش مهمی در اقتصاد کشور دارد. معدن‌کاری در ایران، قدمت زیادی داشته به طوری که در هر گوشه ایران، آثار معدن‌کاری قدیمی دیده می‌شود.

پیشینیان ما، تجربه بسیار زیادی در اکتشاف و بهره‌برداری از معادن و به خصوص ذخایر فلزی مانند مس، آهن، طلا، سرب و روی داشته‌اند؛ استفاده از فلزات از حدود ۸۵۰۰ سال پیش آغاز گردید. نتایج مطالعات پژوهشگران نشان می‌دهد استخراج و استفاده از فلزات برای اولین بار در فلات ایران و فلات آناتولی ترکیه صورت گرفت.

جمع‌آوری اطلاعات

- در مورد سنگ‌های آذرین در رشته کوه البرز، اطلاعات جمع‌آوری کنید و به کلاس گزارش دهید.

جمع‌آوری اطلاعات

- در مورد معادن شذای استان خود اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.



زمین‌شناسی ایران

ایران، به نظر بسیاری از زمین‌شناسان جهان که از مناطق مختلف آن بازدید کرده‌اند، بهشت زمین‌شناسی است. به راستی، چه عواملی باعث این تفکر شده است؟ پدیده‌های متنوع کم‌نظیری مانند آتشفشان‌های نیمه‌فعال، گل‌فشان‌های متعدد، کلویت‌های وسیع و مرتفع، گنبد‌های نمکی و ... در نقاط مختلف ایران یافت می‌شود که پژوهشگران زیادی را از سراسر جهان به خود علاقه‌مند کرده است. زمین‌شناسان از حدود دویست سال پیش تاکنون، پژوهش‌های زیادی بر روی مناطق مختلف ایران انجام داده‌اند ولی هنوز ناشناخته‌های بسیاری وجود دارد که توجه پژوهشگران را به خود جلب می‌کند.



برخی معادن بزرگ ایران و موقعیت آنها			
نام معدن	استان	شهرستان	عنصر / ماده معدنی
گل کهر	کرمان	سیردان	آهن
چارت، چادرلو، سه پاهون	یزد	باقی	
سنگل	خراسان رضوی	خواف	
سریشمه	کرمان	رافضجان	
مینوک	کرمان	شهر بابک	مس
سوتگون	آذربایجان شرقی	ورزقان	
تنگار	خراسان رضوی	گلشهر	
نظی آباد و دره زرشک	یزد	نفت	
قلعه زری	خراسان جنوبی	یرجند	سرب و روی
انگوران	زنجان	ماهورستان	
مهدی آباد	یزد	مهریز	
سورمه	فارس	فیروز آباد	
ایرانکوه	اصفهان	اصفهان	کروم
ضاروت	مرکزی	شاراند	
آهنگران	همدان	ملایر	
اسفندکوه	کرمان	جیرفت	
سبزوار	خراسان رضوی	سبزوار	منگنز
غیاچه جمالی	فارس	سیر	
ودارغ	فهر	فهر	
رابط کریم	تهران	رابط کریم	
مونه	اصفهان	گلپایگان	طلا
ورزقوران	آذربایجان غربی	تکاب	
ساری کوبی	کردستان	قروه	
باریکا	آذربایجان غربی	سردشت	
نیشابور	خراسان رضوی	نیشابور	فیروزه
بانو	سمنان	دامغان	
مروید	سمنان	شاهرود	
اسفندکوه	کرمان	جیرفت	

شما هم می‌توانید جستجوگر معدن باشید

مراحل کاوش و یافتن محل تمرکز مواد معدنی بی‌شابهت به روش یافتن یکی از دوستان که به دنبال او هستید نیست. برای پیدا کردن دوست موردنظر ابتدا «محل» او را حدس می‌زنید و در آنجا به دنبال او می‌گردید. در مورد مواد معدنی هم مراحل تقریباً به همین شکل است. با توجه به آنکه هر ماده معدنی در شرایط ویژه‌ای تشکیل می‌شود. بنابراین برای یافتن ماده معدنی خاص، تنها باید مناطقی را مورد جستجو قرار داد که شرایط تشکیل ماده معدنی وجود داشته باشد. به عنوان مثال اگر به دنبال زغال سنگ هستیم، تنها باید قسمت‌هایی از ایران را جستجو کنیم که اولاً دارای سنگ‌های رسوبی اند و ثانیاً در زمانی تشکیل شده‌اند که آب و هوا برای رویش گیاهان مناسب بوده است. شواهد زمین‌شناسی تاریخی نشانگر آن است که طی دوره‌های تریاس و ژوراسیک شرایط جوی برای تشکیل زغال مناسب بوده است. بنابراین، جستجوی ما درباره زغال سنگ محدود به سنگ‌های این دو دوره خواهد شد.

مجموعه شاخص‌هایی را که برای جستجوی مواد معدنی به کار می‌روند، معیارهای جستجو می‌گویند. بسته به نوع ماده معدنی و نحوه تشکیل آن معیارهای متفاوتی وجود دارد که در هر مورد باید معیارهای مناسب را بدین منظور به کار برد. به عنوان مثال به هنگام جستجوی نفت، باید ساختمان‌های زمین‌شناسی را مورد کاوش قرار داد که برای تشکیل نفتگیر، مناسب‌اند.

حتی گاهی بررسی گیاهان یک منطقه نیز می‌تواند شما را به فراوانی یک عنصر با ارزش در خاک آن منطقه راهنمایی کند. حال شما هم با جستجو در فضای مجازی، روش‌های دیگری را برای یافتن منابع معدنی، پیدا کنید.

بیشتر بدانید

● ایران با حدود ۲۳٪ از مساحت کل کره زمین، حدود ۷ درصد ذخایر معدنی جهان را داراست. بیش از ۵۰ ماده معدنی در کشور تولید می‌شود. ایران در برخی مواد معدنی، در جهان رتبه‌های بالایی دارد. مقدار کل ذخایر شناسایی شده قطعی ایران، حدود ۳۷ میلیارد تن برآورد شده است که بخشی از آن در حال استخراج است. در حال حاضر حدود ۵۰۰۰ معدن بزرگ و کوچک فلزی و غیرفلزی در کشور فعال هستند.



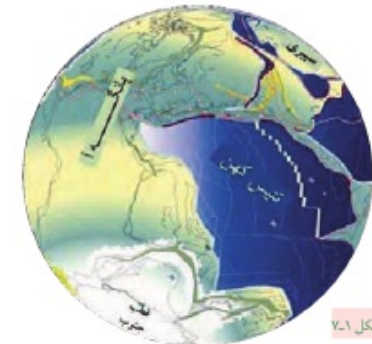
نایپوستگی دگرشیب راور - کرمان



ناقدیس امامزاده فوجان - خراسان رضوی

تاریخچه زمین‌شناسی ایران

بر اساس نظریه وگنر یک قاره واحد به نام پانگه‌آ (تمام خشکی‌ها) در میان تنها اقیانوس آن زمان یعنی پانتالاسا قرار داشت. ابرقاره پانگه‌آ به دو قاره لوراسیا و گندوانا شکسته شد و در حفاصل آنها اقیانوس تتیس کهن شکل گرفت (شکل ۷-۱). مطالعات نشان می‌دهد که سرزمین ایران، تاریخ تکوین پیچیده‌ای را پشت سر گذاشته است. گرچه در حال حاضر پوسته ایران زمین یکپارچه و به ظاهر همگن است اما بخش‌های مختلفی که اکنون ایران زمین را تشکیل می‌دهند، در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی، قسمت‌هایی از ابرقاره گندوانا و لوراسیا بوده‌اند.



شکل ۷-۱

تعیین سن سنگ‌های مناطق مختلف ایران نشان می‌دهد که در مقایسه با سنگ‌های قدیمی یافت شده در آمریکای شمالی، آفریقا، هند، سیبری، استرالیا و عربستان بسیار جوان‌تر هستند، به گونه‌ای که قدیمی‌ترین سنگ‌های کشف شده در ایران بین ۶۰۰ تا یک میلیارد سال سن دارند.

تحقیق کنید

● قدیمی‌ترین سنگ‌های ایران در کدام مناطق یافت می‌شوند؟

بیشتر بدانید

• ایران یکی از ۱۵ کشور بزرگ معدنی جهان است و رتبه دوم جهان را از نظر ذخایر فلزات دارد و برای باریت و ژئیت در رتبه پنجم و از نظر سنگ آهن، در رتبه دهم جهان جای دارد. علاوه بر ذخایر فلزهای اساسی مانند آهن، روی، سرب و مس، ایران دارای ذخایر قابل توجهی نیز از آلومینیم، منگنز، مولیبدن، طلا، کروم و نیز مواد معدنی غیرفلزی مورد استفاده در صنعت مانند باریت، سنگ‌های ساختمانی، کائولن و بنتونیت است.



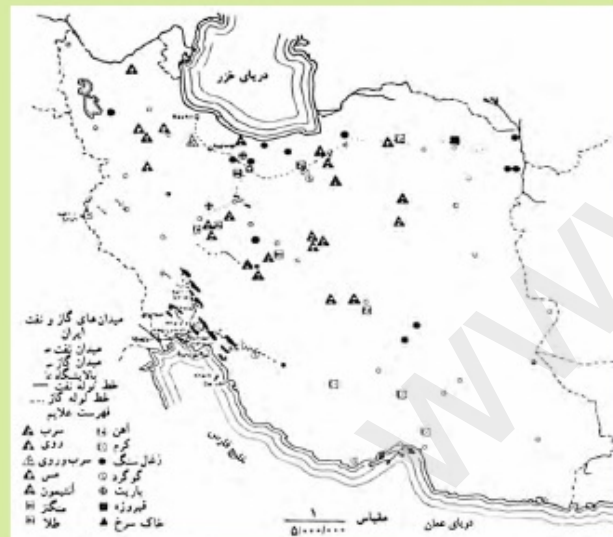
نمایی از معدن روباز مس سرچشمه (کرمان) با ذخیره‌ای بیش از ۱ میلیارد و ۲۰۰ میلیون تن



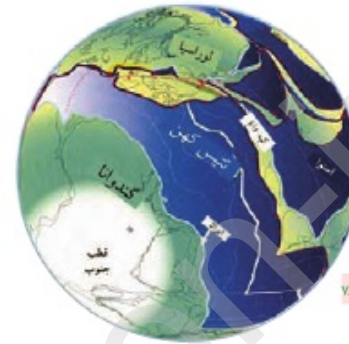
معدن مس - مولیبدن سونگون (وزقان)



نمایی از معدن طلای زرشوران (نکاب)

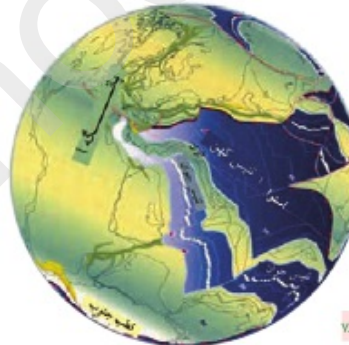


نقشه پراکنش ذخایر فلزی در ایران



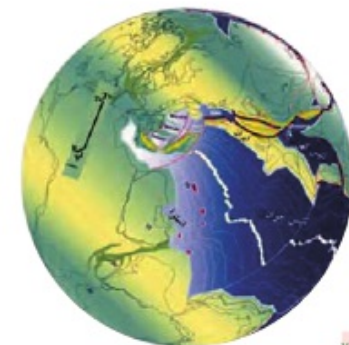
شکل ۷-۲

در پرکامبرین بیشتر قسمت ایران زمین به جز شمال شرق آن در حاشیه شمالی ابرقاره گندوانا قرار داشته و به وسیله اقیانوس تتیس کهن از کیه داغ و قاره لوراسیا جدا بوده‌اند (شکل ۷-۲).



شکل ۷-۳

در دوران پالئوزوئیک، حرکت دو قاره لوراسیا و گندوانا همگرا بود و در نتیجه از پهنای تتیس کهن کاسته و سرآغاز بسته شدن آن رقم خورد. در این بازه زمانی ایران در محل خط استوا واقع بوده است (شکل ۷-۳).



شکل ۷-۴

از اوایل پرمین تا میانه تریاس با کاهش وسعت تتیس کهن، در محل زاگرس فعلی، اقیانوس تتیس جوان شکل گرفت و صفحه ایران را از صفحه زاگرس - عربستان جدا کرد. در اواخر تریاس دو صفحه ایران و توران به هم پیوسته و تتیس کهن به طور کامل بسته شد و صفحه ایران که تا آن زمان در حاشیه شمالی گندوانا قرار داشت با اتصال به حاشیه جنوبی لوراسیا، بخشی از ابرقاره لوراسیا گردید (شکل ۷-۴).

در اوایل ژوراسیک تتیس جوان شروع به بسته شدن کرد و از اواخر کرتاسه تا پالئوسن بخشی‌هایی از پوسته اقیانوسی مذکور بر روی صفحه عربستان رانده شد. در دوره ترشیاری با گسترش دریای سرخ در ۵ میلیون سال پیش، اقیانوس تتیس جوان به طور کامل بسته شد (شکل ۷-۵).

ذخایر نفت و گاز ایران

حفاری اولین چاه نفت خاورمیانه از سال ۱۲۸۶ ه.ش در شهر مسجد سلیمان در استان خوزستان در منطقه‌ای به نام میدان نفتون آغاز شد و در ۵ خرداد ۱۲۸۷ ه.ش به نفت رسید (شکل ۷-۳ الف). این چاه ۳۶۰ متر عمق داشت که از آن، روزانه ۳۶۰۰۰ لیتر نفت استخراج می‌شد. این چاه به «چاه شماره یک» معروف است و هم‌اکنون در شهر مسجد سلیمان به صورت موزه، تحت نظارت شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب قرار دارد (شکل ۷-۳ ب).



ب) مسجد سلیمان



الف) اولین چاه حفر شده در ایران

ذخایر نفت ایران به‌طور عمده در لایه‌های سنگ آهک قرار دارند. برخی از میدان‌های مهم نفت ایران در جدول صفحه بعد ارائه شده است. (نقشه ۷-۳ ب)



ب) میدان‌های مهم نفتی ایران

ایران با دارا بودن حدود ۱۰ درصد از نفت جهان، در رده چهارم و از نظر ذخایر گاز، در رده دوم جهان قرار دارد. ذخایر نفت و گاز ایران به‌طور عمده در جنوب و غرب (منطقه زاگرس و خلیج فارس) و در شمال (دریای خزر) قرار دارند. ذخایر گاز خانگیان سرخس در شمال شرقی نیز، از ذخایر مهم هیدروکربن در ایران است. بزرگ‌ترین میدان نفتی ایران، میدان اهواز است که در رده سومین میدان‌های نفتی عظیم جهان قرار دارد.

شکل ۷-۳. اولین چاه حفر شده در ایران - مسجد سلیمان

فکر کنید

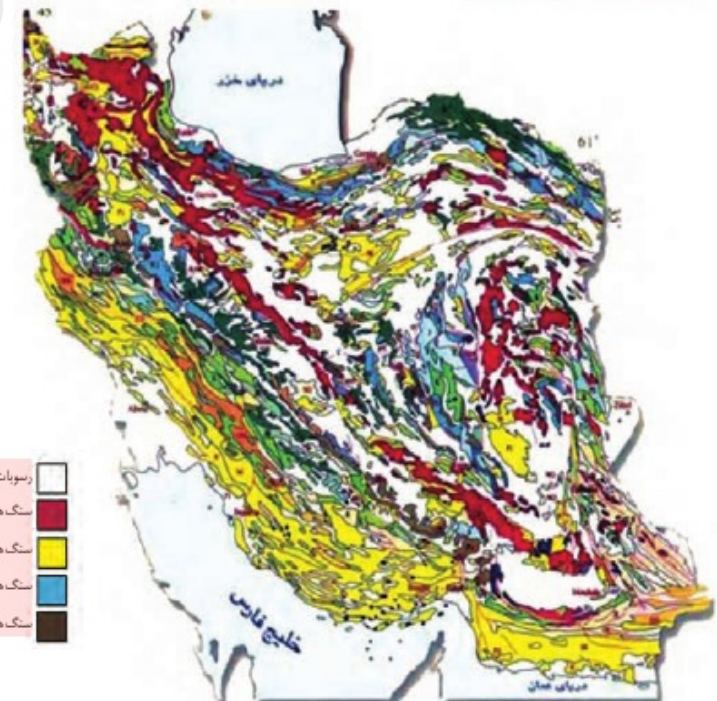
• دو دلیل ذکر کنید که چرا عمده ذخایر نفت ایران در منطقه زاگرس است؟

نقشه‌های زمین‌شناسی

در نقشه‌های زمین‌شناسی، جنس و پراکندگی سطحی سنگ‌ها، روابط سنی آنها، وضعیت شکستگی‌ها و چین‌خوردگی‌ها و موقعیت کانسارها و... نمایش داده می‌شوند و با توجه به نیاز، با دقت و مقیاس‌های مختلف تهیه می‌گردند. نقشه‌های زمین‌شناسی علاوه بر فراهم نمودن بستر مناسب جهت انجام تحقیقات زمین‌شناسی، در اکتشاف مواد معدنی، مطالعات لرزه‌خیزی، مطالعات زیست‌محیطی، آبخیزداری و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر بلایای طبیعی و موارد دیگر کاربرد دارند (شکل ۷-۴). نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و شرکت ملی نفت ایران برای کل کشور تهیه شده و نقشه‌های بزرگ مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ نیز برای بخش‌های خاصی از کشور ترسیم شده است.



شکل ۷-۴. پهنه‌های زمین‌شناسی ایران نسبت به هم و سرزمین‌های مجاور از ۵ میلیون سال پیش تاکنون



شکل ۷-۴. نقشه زمین‌شناسی ایران که نشان‌دهنده پراکندگی سنگ‌های زمان‌های مختلف زمین‌شناسی با رنگ‌های متفاوت می‌باشد.

پهنه‌های زمین‌شناسی ایران

مطالعات انجام شده توسط زمین‌شناسان نشان می‌دهد که فرایندهای زمین‌شناسی متعددی در طول زمان، چهره امروزی سرزمین ایران را به وجود آورده است. تحولات زمین‌شناختی ایران در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی، پیچیده بوده است. سرزمین ایران، از چندین قطعه مختلف و جدا از هم سنگ‌کره تشکیل شده که هر کدام تاریخچه تکوین متفاوتی دارند. در نتیجه الگوی ساختاری تحولات زمین‌ساختی و شرایط رسوبی ایران زمین در طول تاریخ یکسان نبوده است. این تفاوت رسوبی و زمین‌ساختی باعث شده که تعیین ویژگی‌های یکسان برای کل پهنه‌های ایران زمین غیرممکن شود.

مطالعات هدفمند زمین‌شناسی در ایران از اواخر ۱۹۶۰ با پایه‌گذاری سازمان زمین‌شناسی آغاز شد. اشتوکلین، از پیشگامان مطالعات نوین زمین‌شناسی در ایران است. او با جمع‌بندی مطالعات و مشاهدات زمین‌شناسی، برای نخستین بار سرزمین ایران را از نظر ساختارهای زمین‌شناسی به چند بخش جداگانه تقسیم‌بندی کرد (جدول ۷-۱). او با همکاری نبوی در سال ۱۹۷۳ اولین نقشه تکتونیک ایران را منتشر کردند که بر اساس ویژگی‌های خاص زمین‌شناسی همچون نوع پوسته، شرایط حاکم بر حوضه‌های رسوبی گذشته، تفاوت‌های سنگ‌شناسی، نوع چین‌خوردگی‌ها و فعالیت‌های ماگمایی ایران به تعدادی پهنه رسوبی ساختاری مختلف تقسیم گردیده است. این تقسیم‌بندی، توسط سایر پژوهشگران مورد استفاده قرار گرفته و گاهی بازنگری شده است (شکل ۷-۲).



شکل ۷-۲. نقشه پهنه‌بندی زمین‌شناسی ایران - اقتباس از اشتوکلین با اندکی تغییرات



دانشمندان علوم زمین

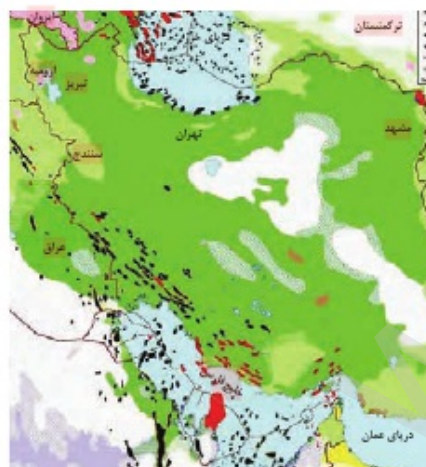
مهندس نصراله خادم در سال ۱۲۸۹ در شهر تهران دیده به جهان گشود. پس از پایان تحصیلات متوسطه در دبیرستان علمیه، عازم فرانسه شد و در دانشگاه معدن به تحصیل پرداخت. پس از پایان تحصیلات، به ایران بازگشت و عهده‌دار سمت‌های گوناگون در صنایع معدنی ایران شد. همزمان در دانشگاه علوم دانشگاه تهران به تدریس در رشته زمین‌شناسی مشغول بود. در سال ۱۳۴۱ سازمان زمین‌شناسی کشور را بنیان نهاد. با کوشش‌های او، سازمان زمین‌شناسی ایران به یکی از معتبرترین سازمان‌های زمین‌شناسی منطقه تبدیل شد. به طوری که در سال ۱۳۵۳ وظیفه تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه خاورمیانه توسط کمیسیون بین‌المللی تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی جهان به سازمان زمین‌شناسی ایران سپرده شد. نصراله خادم از آغاز بنیان سازمان زمین‌شناسی تا هنگام بازنشستگی، مقام ریاست سازمان را بر عهده داشت. در سال ۱۹۶۲ میلادی به افتخارش، نام کانی جدید کشف شده در منطقه ساغند، «خادمیت» نامیده شد. وی در اردیبهشت ۱۳۷۸ چشم از جهان فرو بست و در بهشت زهراي تهران به خاک سپرده شد.

بیشتر بدانید

برخی از مشخصات میدان‌های مهم نفتی ایران

رتبه	نام میدان	ذخیره درجا (میلیارد بشکه)	ذخیره قابل برداشت (میلیارد بشکه)	تولید روزانه (هزار بشکه)
۱	میدان نفتی اهواز	۶۵/۵	۳۷	۷۵۰/۰۰۰
۲	میدان نفتی گچساران	۵۲/۹	۲۳/۷	۳۸۰/۰۰۰
۳	میدان نفتی مارون	۴۶/۷	۲۱/۹	۵۲۰/۰۰۰
۴	میدان نفتی آزادگان	۳۳/۲	۵/۲	۴۰/۰۰۰
۵	میدان نفتی آغاچاری	۳۰/۲	۱۷/۲	۳۰۰/۰۰۰
۶	میدان نفتی رگ سفید	۱۶/۵	۳/۴۴	۱۸۰/۰۰۰
۷	میدان نفتی آب تیمور	۱۵/۲	۲/۶	۶۰/۰۰۰
۸	میدان نفتی سروش	۱۴/۲	۱۰	۴۶/۰۰۰
۹	میدان نفتی کرنج	۱۱/۲	۵/۷	۲۲۷/۰۰۰
۱۰	میدان نفتی بی‌بی حکیمه	۷/۵۹	۵/۶۷	۱۲۰/۰۰۰

میدان‌های گاز پارس جنوبی در خلیج فارس و خانگیران در منطقه سرخس، از مهم‌ترین میدان‌های گازی ایران هستند.



شکل ۷-۳. نقشه پراکندگی ذخایر نفت و گاز ایران (نقشه سیاه رنگه محل ذخایر)

دانشمندان علوم زمین

یووان اشتوکلین (Jovan Stocklin)
زمین شناس سوئیس و چهره‌های ماندگار
در زمین شناسی ایران است که نقش
تأثیرگذاری در توسعه علم زمین شناسی
ایران داشته است. اشتوکلین، پس از اخذ
مترک دکتری زمین شناسی از دانشگاه
ETH زوریخ سوئیس، در سال ۱۹۵۰
میلادی (۱۳۲۹ م. ش) در قالب همکاری
با سازمان ملل متحد به منظور انجام
مطالعات زمین شناسی، رانندازی سازمان
زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور،
رانندازی بخش اکتشاف شرکت نفت و
تربیت نیروی متخصص زمین شناسی به
ایران آمد.
اشتوکلین مدت ۲۷ سال از عمر خود را در
ایران گذراند به همه نقاط ایران سفر کرد و
به مطالعه زمین شناسی پرداخت و برای اغلب
نقاط با همکاری بسیاری از زمین شناسان
ایران، نقشه های زمین شناسی را تهیه
و تعداد زیادی از کانسارها و منابع نفت و
گاز در خشکی را کشف کرد. اشتوکلین
در سال ۲۰۰۶ میلادی خاطرات زندگی
هشتاد و چند ساله اش را در یک نوشتار
۱۷۰ صفحه‌ای به نام «ایران، خاطرات
یک زمین شناس» تدوین کرد و آن را به
چهار فرزندش که در ایران متولد شده‌اند
هدیه کرد. این کتاب با نام «سرزمین پارس،
خاطرات و نوشته‌های یک زمین شناس -
یووان اشتوکلین» به فارسی ترجمه و توسط
سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی
کشور منتشر شده است. یووان اشتوکلین در
۱۵ آوریل ۲۰۰۸ (۲۷ فروردین ۱۳۸۷ م. ش)
در سوئیس، چشم فرو بست.



۲۰۰۸ - ۱۹۲۱ میلادی

جدول ۱-۷- مشخصات برخی از پهنه های زمین ساختی در ایران

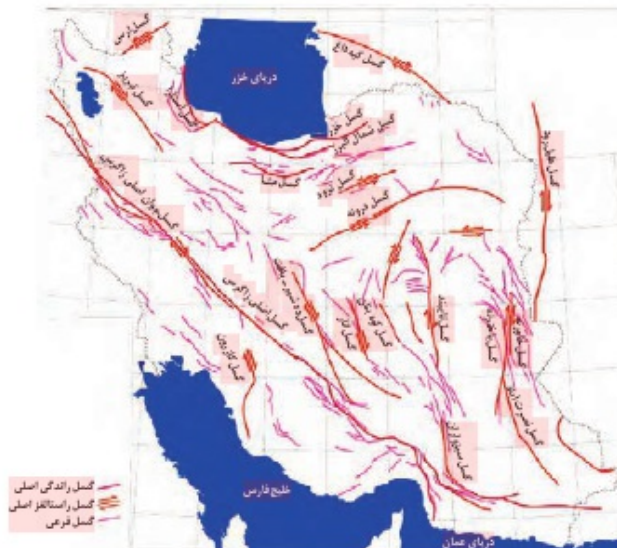
نام پهنه	سنگ های اصلی	برخی از منابع اقتصادی	ویژگی ها
زاگرس	رسوبی	نفت و گاز	تاقدیس ها و ناودیس های متوالی
سندج - سیرجان	دگرگونی	سرب و روی ایرانکوه اصفهان	انواع سنگ های دگرگونی
ایران مرکزی	رسوبی، آذرین و دگرگونی	ذخایر متعدد فلزی	دارای سنگ های پرکامبرین تا سنوزوئیک
البرز	رسوبی و آذرین	معدان زغال سنگ مانند زغال سنگ طزره دامغان	به شکل بزرگ تاقدیس با راستای شرقی - غربی از آذربایجان تا خراسان امتداد دارد
کوه های شرق ایران و مکران	آذرین و رسوبی	معدان کرومیت، منیزیت، مس و طلا	فرورانش ورقه قیاقوسی عمان به زیر مکران و تشکیل آتشفشان های تفتان و بزمن، سنگ های قدیمی تر از کرتاسه ندارد
کپه داغ	رسوبی	میدان های گازی خانگیران و گنبدلی سرخس	دارای توالی رسوبی منظم
ارومیه - دختر	آذرین	ذخایر فلزی به ویژه مس مانند مس سرچشمه کرمان	حاصل فرورانش تیس نوین به زیر ایران مرکزی
خرد قاره ایران مرکزی	در گذشته خرد قاره را بخشی از ایران مرکزی می دانستند اما مطالعات بعدی نشان داد که تفاوت های ساختاری و رسوبی متعددی بین آنها وجود دارد. بخش های مختلف خرد قاره ایران مرکزی نیز هر کدام، ویژگی های منحصر به فرد خود را دارند و ذکر مشخصات زمین شناسی یکسان برای آنها تا حدی دشوار است، لذا از ذکر جزئیات خودداری می شود.		

گسل های اصلی ایران

پوسته ایران زمین، دارای گسل های متعددی است و کمتر جایی از کشور را می توان یافت که در آنجا گسلی وجود نداشته باشد. وجود این گسل ها، فعالیت پوسته ایران زمین را نشان می دهد. تعدادی از گسل های ایران، قدیمی و غیرفعال و برخی از گسل ها، جوان و لرزه خیز هستند که امروزه زمین لرزه ها، در امتداد آنها رخ می دهد.

جمع آوری اطلاعات

- در نزدیکی محل سکونت شما کدام گسل / گسل ها وجود دارد؟ آیا در سال های اخیر این گسل / گسل ها باعث زمین لرزه شده است؟



شکل ۷-۵. نقشه گسل های اصلی ایران

آتشفشان های ایران

مهم ترین کوه های آتشفشانی ایران، دماوند، تفتان، بزمن، سهنند و سیلان هستند. دماوند، بلندترین قله آتشفشانی ایران، در گذشته فعال بوده و آثار فعالیت های آن هنوز به صورت خروج گازهای گوگردی در دامنه های نزدیک دهانه آتشفشان دیده می شود. بیشتر فعالیت های آتشفشانی جوان، در دوره کواترنری در ایران، آتشفشان هایی هستند که در امتداد نوار ارومیه - دختر قرار دارند.



شکل ۷-۶. نقشه پراکندگی قله های آتشفشانی در ایران

فعالیت تکمیلی

● با مقایسه نقشه زمین‌شناسی (شکل ۷-۶) و نقشه پهنه‌بندی ایران (شکل ۷-۷)، بگویید کدام یک از پهنه‌های زمین‌شناسی ایران تقریباً فاقد سنگ‌های آذرین می‌باشند؟

منابع معدنی و ذخایر انرژی ایران

در فصل ۲ خواندید که منابع معدنی و ذخایر انرژی می‌توانند زیربنای اقتصاد و توسعه کشورها باشند. اگر کشوری مواد معدنی و ذخایر انرژی مورد نیاز خود را نداشته باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟ آنها را چگونه تأمین می‌کند؟ آیا می‌دانید ایران از نظر ذخایر معدنی و انرژی چه جایگاهی در جهان دارد؟ آیا ما به تمام مواد معدنی و انرژی مورد نیاز خود در کشور دسترسی داریم؟ ایران دارای ذخایر معدنی مهم و قابل توجهی است که آن را از بسیاری از کشورهای جهان متمایز می‌کند. فعالیت‌های معدنی در ایران به‌طور گسترده در بیشتر نقاط انجام می‌شود و نقش مهمی در اقتصاد کشور دارد. کشور ما، حدود ۷ درصد ذخایر جهان را داراست.

بیشتر بدانید

● منابع معدنی ایران را می‌توان در دو گروه اصلی منابع فلزی همچون آهن، مس، سرب، روی، طلا و منابع غیرفلزی همچون سنگ نمک، فلوئوریت، باریت، کائولن، ژئیس و فلدسپار تقسیم‌بندی کرد. ایران یکی از ۱۵ کشور بزرگ معدنی جهان است به‌طوری که از نظر ذخایر فلدسپار در رتبه دوم، ذخایر باریت و ژئیس در رتبه پنجم و ذخایر سنگ آهن در رتبه دهم جهان جای دارد. همچنین ۹ درصد ذخایر مس جهان متعلق به کشور ماست.

انرژی یکی از ضروری‌ترین نیازهای زندگی بشر امروزی است؛ منابع انرژی در دو دسته تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر قرار می‌گیرند. منابع تجدیدناپذیر انرژی شامل زغال سنگ، نفت، گاز طبیعی و اورانیوم است. کشور ایران ۱ درصد ذخایر زغال سنگ، ۱۰ درصد منابع نفت و ۱۶ درصد منابع گاز دنیا را داراست و در این زمینه یکی از ثروتمندترین کشورهای دنیا محسوب می‌شود. در جهان صنعتی امروز که پیشرفت‌های علمی و فنی هر کشوری به عنوان شاخص توسعه و رفاه اجتماعی مورد توجه قرار دارد، تکنولوژی هسته‌ای نقش مهمی ایفا می‌کند. انرژی هسته‌ای مهم‌ترین منبع انرژی بعد از نفت و گاز است و در کشورهای پیشرفته سهم بیشتری در تولید الکتریسیته دارد. ذخایر قطعی اورانیوم و میزان غنی‌سازی آن در ایران می‌تواند برای مدت زیادی سوخت راکتورهای اتمی را تأمین کند.

کشور عزیزمان ایران به سبب ویژگی‌های جغرافیایی و زمین‌شناسی خاص، مانند وجود دریای خزر در شمال، خلیج فارس و دریای عمان در جنوب و جنوب شرق و رشته کوه‌های البرز و زاگرس و قرارگیری در میان عرض‌های جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و وجود مراکز آتشفشانی متعدد متعلق به کواترنری، از منابع انرژی تجدیدپذیر فراوانی همچون انرژی هیدروالکتریک، انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی جزر و مد و انرژی زمین گرمایی برخوردار است.

بیشتر بدانید

● **دماوند:** آتشفشان مخروطی شکل دماوند با ارتفاع ۵۶۷۱ متر، در بخش میانی رشته کوه البرز، بارزترین فعالیت آتشفشانی دوره کواترنری در ایران است. دامنه کوه دماوند پوشیده از جریان گدازه‌هایی به وسعت ۴۰۰ کیلومتر مربع است. جدیدترین گدازه‌ها در دامنه غربی مخروط قرار گرفته‌اند و روی همین دامنه است که به‌طور محلی مخروط‌هایی از خاکستر وجود دارد. در ارتفاع ۱۰۰ متر پایین‌تر از قله، در ضلع جنوبی دماوند، خروج گازها نمایان می‌شوند. دماوند این آتشفشان با ۳۰۰ متر قطر، با دریاچه‌ای از یخ پوشیده شده است. فعالیت‌های عظیمی که کوه دماوند را به وجود آورده در حدود ده هزار سال قبل و آخرین فوران آن، مربوط به ۷۳۰۰ سال پیش می‌باشد.

● **تفتان:** ارتفاع این قله ۴۰۳۶ متر از سطح تراز دریا است و از دو دهانه آتشفشانی آن، بخارهای گوگرد خارج می‌شود. در ورودی حفره‌های آتشفشانی، بلورهای گوگردی خالص به وفور دیده می‌شوند. نزدیک‌ترین شهر به تفتان، خاش است. تپت در زبان بلوچی به معنای گرما و تفتان، برگرفته شده از تپتان است.

زمین‌گردشگری



شکل ۷-۷. روستای کندوان

سیاره زمین، دارای مناظر و چشم‌اندازهای متنوعی است. این تنوع و گوناگونی، به دلیل اتفاقات و رویدادهای زمین‌شناختی است که در طول تاریخ شکل‌گیری و تکوین این سیاره رخ داده است. کشور ایران از نظر میراث زمین‌شناختی و گوناگونی پدیده‌های زمین‌شناختی، یکی از غنی‌ترین کشورهای جهان است. به همین دلیل زمین‌گردشگری می‌تواند در کشورمان، جایگاه اقتصادی ویژه‌ای داشته باشد. گروهی از پدیده‌های زمین‌شناختی مانند غارها، گل‌فشان‌ها، آبشارها و... که ارزش بالایی از نظر علمی و آموزشی یا زیبایی ویژه داشته و یا بسیار کمیاب هستند، به عنوان میراث زمین‌شناختی معرفی می‌شوند.

تحقیق کنید

- ۱- زمین‌گردشگری چگونه در رونق اقتصادی کشور تأثیر می‌گذارد و شما در زمینه حفاظت از آن چه نقشی می‌توانید داشته باشید؟
- ۲- یکی از جاذبه‌های زمین‌گردشگری در اطراف محل سکونت خود را به کلاس معرفی کنید.

ژئوپارک

برای حفاظت از جاذبه‌های میراث زمین‌شناختی در یک محدوده و بهره‌برداری درست از آنها ژئوپارک ایجاد می‌شود. ژئوپارک، یک محدوده مشخص است که در آن، میراث زمین‌شناختی با جاذبه‌های طبیعی و فرهنگی ویژه واقع شده است. در هر ژئوپارک، مردم آن منطقه با آموزش‌هایی که می‌بینند در حفاظت از جاذبه‌های زمین‌شناختی، طبیعی و فرهنگی همکاری و از این جاذبه‌ها، برای

گردشگری بهره‌برداری و کسب درآمد می‌کنند. ژئوپارک باعث می‌شود که جامعه محلی، رشد و رونق اقتصادی و فرهنگی داشته باشد و این میراث‌ها حفظ شود.

اکنون در کشور ما ژئوپارک جزیره قشم به ثبت جهانی رسیده است. با برنامه‌ریزی‌های انجام شده و براساس مطالعات علمی و گردشگری، در سال‌های آینده، تعداد ژئوپارک‌های کشورمان افزایش خواهد یافت.



شکل ۹-۷ چشمه باداب سورت ساری



شکل ۸-۷ دره ستارگان ژئوپارک قشم



شکل ۱۱-۷ غار علیصدر همدان



شکل ۱۰-۷ کوه‌های مریخی چاپهار



شکل ۱۲-۷ هوازدهی در روستای وردیج تهران



شکل ۸-۷ کوره و دودکشی تأسیسات ذوب فلز در معدن سرب - اصفهان

بیشتر بدانید

● معدن کاری در ایران، قدمت زیادی دارد به طوری که در هر گوشه ایران، آثار معدن کاری قدیمی دیده می‌شود. صدها نام به جا مانده از روزگاران گذشته مانند آهنگران، سنگان، کوه زر، زرشوران، کوه سرمه، کوه نقره، مس کنی و تل مسی گواه این مدعا است. پیشینیان ما، تجربه بسیار زیادی در اکتشاف و بهره‌برداری از معادن و به خصوص ذخایر فلزی مانند مس، آهن، طلا و سرب داشته‌اند. وجود آثار فعالیت‌های معدنی و ذوب فلزات در نواحی مختلف نشان دهنده سابقه طولانی معدن کاری در ایران و شناخت ایرانیان از علوم مربوطه است. گذر از عصر نو سنگی به عصر برنز در ایران به هزاره هفتم قبل از میلاد مسیح بر می‌گردد که حدود ۳۰۰۰ سال قبل از اروپاست. لذا می‌توان گفت علم معدن کاری و صنایع وابسته به آن در کشور ما سابقه‌ای بس طولانی دارد. یافته‌ها و آموخته‌های باستان‌شناسی بر این گواهی می‌دهند که شناخت و کاربرد آهن، تاریخی ۶ هزار ساله دارد. گلوله‌های متعدد آهنی از جنس هماتیت طبیعی از هزاره پنجم پیش از میلاد در تپه «سلیک» کاشان کشف شده‌اند. یکی دیگر از قدیمی‌ترین شواهد مربوط به استخراج آهن متعلق به دوره پیش از تشکیل امپراتوری هخامنشی در «هنشک» واقع در ۶۰ کیلومتری شمال یاسارگاد است. همچنین نتایج مطالعات پژوهشگران نشان می‌دهد که مس نخستین بار در ایران شناخته شده و به کار رفته است. ضرب نخستین سکه طلای جهان در ایران و توسط هخامنشیان انجام گرفته است. شواهد تاریخی به معدن کاری باستانی طلا در «خونباری» آذربایجان، «معدن خرابه» در شمال زرشوران، «کوه زر» در سمنان و «زرتوش» در جنوب کرمان دلالت دارد. نقره در ایران از اواخر هزاره چهارم و اوایل هزاره سوم پیش از میلاد شناخته و استخراج شده است. در دوره ساسانیان، نقره کاری در ایران پیشرفت نمود و هم اکنون بسیاری از ظروف نقره کاری آن عهد در موزه‌ها وجود دارند. سرب در معدن نخلک از هزاره چهارم قبل از میلاد تا هزاره اول بعد از میلاد همواره مورد توجه معدن کاران فلات ایران بوده است. در شهرهای «سیال»، «اریمان»، «حصار» و «شکین» نیز شواهدی از معدن کاری و متالوژی سرب در دوران باستان دیده شده است. از منظر باستان‌شناسان، قلع از اواخر هزاره

علم،
زندگی،
کار آفرینی

● **ژئوتوریسم:** اخیراً رشته جدیدی در گردشگری طبیعت به وجود آمده که توجه اصلی آن به میراث زمین‌شناختی است. این رشته را زمین‌گردشگری یا ژئوتوریسم نام‌گذاری کرده‌اند. هدف اصلی در زمین‌گردشگری، تماشا و شناخت پدیده‌های زمین‌شناختی است. البته هدف‌های بیشتری در زمین‌گردشگری دنبال می‌شوند.

برخلاف اکوتوریسم (طبیعت‌گردی) که جاذبه‌های طبیعت جاندار را در مرکز توجه قرار داده است، این صنعت به‌طور کلی با جاذبه‌های طبیعت بی‌جان سروکار دارد. مخاطبان زمین‌گردشگری نه تنها متخصصان و کارشناسان زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی (زمین‌ریخت‌شناسی)، بلکه گردشگران عادی و علاقه‌مندان طبیعت هستند. در جریان فعالیت‌های زمین‌گردشگری، بازدیدکنندگان ضمن بازدید از پدیده‌های زیبا و ویژه زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، با مبانی پیدایش آنها آشنا می‌شوند و اهمیت وجودی آنها را در می‌یابند.

متخصصان این رشته تحصیلی در مراکزی مانند: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و سازمان میراث فرهنگی و گردشگری می‌توانند در شناخت و معرفی ژئوپارک‌های جدید، کمک شایانی داشته باشند.



بازالت‌های منشوری - سریشه بیرجند

بیشتر بدانید

سوم قبل از میلاد در ایران برای ساختن مفرغ به کار می‌رفته است. در اشیای مفرغی به دست آمده از کاوش‌های باستانی تا ۲۵ درصد قلع وجود داشته است. مورخان از ۷ نقطه ایران شامل شمال خراسان، استرآباد، سیستان، اطراف دریای خزر، لرستان، حوالی کوهستان کرمان و حوالی تبریز نام برده‌اند که در آنها معادن قلع وجود داشته است.



نمایی از معدن سرب و روی انگوران، زنجان



نمایی از معدن روباز مس میدوک شهرباک، کرمان

برخی معادن بزرگ ایران و موقعیت آنها

عنصر / ماده معدنی	نام معدن	شهرستان	استان
آهن	گل‌گهر	سیرجان	کرمان
	چادرملو، چنارت، سه‌چاهون	بافق	یزد
	سنگان	خواف	خراسان رضوی
سرب و روی	انگوران	ماه‌نشان	زنجان
	مهدی‌آباد	مهریز	یزد
	سرچشمه	رفسنجان	کرمان
مس	سونگون	ورزقان	آذربایجان شرقی
	میدوک	شهرباک	کرمان
	فرومد	سیزوار	خراسان رضوی
کروم	اسفندقه	جیرفت	کرمان
	زرشوران	نکاب	آذربایجان غربی
	موته	گلپایگان	اصفهان
طلا	ساری‌گونای	قروه	کردستان
	شادان	خوسف	خراسان رضوی

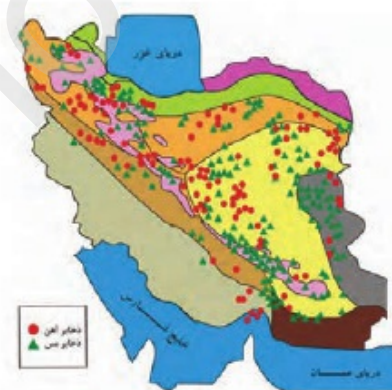
واژه نامه

Dip	شیب	Subsurface Reserves	ذخایر زیر سطحی	Extracts	انترکس
Strike	استندال	Alloy Metal	مخلوط فلز	Dinosaur	دایناسور
Available Storage Capacity	ظرفیت مفید مخزن	Ore Preparation	آماده سازی	Ice Age	عصر یخبندان
Cavern	غار	Concentrate	گسترده	Isot	ایزوت
Trench	ترانشه	Chalcopyrite	کالکوپیریت	Isot	ایزوت
Location	مکان/ای	Open - Pit mining	استخراج روباز	Period	دوره
Gabion	گابیون	Underground Mining	استخراج زیرزمینی	Epoch	دوره یا عهد
Nating	سنگ کوبی	Gas	گاز	Trilobite	تریلوبیت
Retaining Wall	دیوار حائل	Opal	آپال	Placoderm	ماهی زردار
Layer Lining	لایه آستر	Chrysoberyl	کریزوبریل	Lithosphere Plate	پلاک سنگ گدازه
Layer Procedure	لایه رویه	Opalescence	فرشش اپایی	Atmosphere	بست (خامخ) کره
Ballast	بالاست	Ruby	یاقوت	Petrochemistry	پتروشیمی
Cortex	بخش اساس	Emerald	زمرد	Quartz	کوارتز
Ornament	آریمانی	Source Rock	سنگ مادر	Garnet	گارت
Realign	راکتار	Primary Migration	مهاجرت اولیه	Biotite	بیوتیت
Medical Geology	زمین‌شناسی پزشکی	Oil Trap	نفذ گیر	Halter	هالیت
Lake of Element	گودود عنصر	Reservoir Rock	سنگ مخزن	Sylvite	سیلویت
Element Toxicity	سمیت عنصر	Cap Rock	پوش سنگ	Apatite	آپاتیت
Karatists Filtration	فیلتراسیون شایر	Petrology	پتروژئولوژی	Limestone	سنگ آهک
Amalgamation	مخلوط کردن	Interception	مقطوع	Gypsum	گچ
Bai - Bai Disease	بیماری آبشاری	Capillary Fringe	حاشیه سیمه	Feldspar	فلدسپار
Goutre	گوتری	Topographic Map	نقشه توپوگرافیک	Pronoun	پروان
Anthropogenic Grade	خیزهای زمین‌رود	Aquifer	آبخوان	Petite	پتیت
Silicon	سیمانی	Piezometric Level	سطح پیزومتریک	Conodont	کوندون
Environmental Geology	زمین‌شناسی زیست محیطی	Karst Line	آهک کارستی	Anatolyt	آناتولیت
Hydrotherapy	آب درمانی	Exposures Stone	سنگ‌های بصری	Beryl	بریل
Fault	گسل	Water Hardness	سختی آب	Agate	آگات (بشقاب)
Folding	چین خوردگی	Fossil Water	آب فسیل	Olivine	اولیون
Fault Surface	سطح گسل	Water Balance	میلان آب	Spinel	اسپینل
Fault Dip	شیب گسل	Leam	خاک لوم	Lapis Lazuli	لاپازد
Fault Strike	استندال گسل	Soil Profile	پروفیل خاک	Jade	یاد
Hanging Wall	فرانواژه	Hydrogeology	هیدروژئولوژی	Turquoise	تورکواز
Footwall	فرودواژه	Morphology	مورفولوژی	Baryte	باریت
Gull	فرزه	Stress	تنش	Fluorite	فلوئوریت
Oblique Fault	گسل مایل	Tension Stress	تنش کششی	Bemetic	بنمتیک
Normal Fault	گسل عادی	Compressive Stress	تنش فشاری	Kaoline	کائولین
Reverse Fault	گسل معکوس	Shear Stress	تنش برشی	Zircon	زیرکون
Strike - Slip Fault	گسل استندال لغز	Coring	بهره گیری	Diamond	الماس
Earthquake Epicenter	کانون زمین‌لرزه	Exploratory Bore	گشای اکتشافی	Clark Concentration	غلظت کلارک
Earthquake Hypocenter	مرکز سطحی زمین‌لرزه	Elastic Behavior	رفتار کشش-میل	Anomaly	بی‌نظمی
Internal Waves	امواج درونی	Plastic Behavior	رفتار خمیرمان	Mislead	گمراهی
Primary Waves	امواج اولیه	Gabbro	گابرو	Flagstone	پلازولان
Secondary Waves	امواج ثانویه	Quartzite	کوارتزیت	Orthoclase	فلدسپار پتاسیم
Surface Waves	امواج سطحی	Hornfels	هورنفلس	Ore Mineral	سنگ معدنی
Beleforeshecks	پیش‌لرزه	Schist	شیت	Ore	سنگ معدنی
Aftershocks	پس‌لرزه	Caliche	کلیشیت	Mixed Deposit (Ore Deposit)	مخلوط
Magnitude	بزرگای	Dakomite	دکومیت	Mica	میکا
Richter	ریختر	Biomere Materials	مواد بیومر	Pyrite	پیریت
Intensity	شدت	Soil Dam	سد خاکی	Placer	پلاسر
Monocline	تک‌شیب	Concrete Dam	سد بتنی	Mixed Slack	رگه معدنی
Anticline	آنتیکلیس	Dam Reservoir	مخزن سد	Electronic Conductivity of Rocks	رسانایی الکتریکی سنگ‌ها
Syncline	سینکلیس	Dam Body	بدنه سد	Anomalies of the Earth's Gravitational Field	غیرمیانگین گرانش زمین
Tophra	تفرّا	Pill Dam	پیل سد		

توان معدنی پهنه‌های زمین‌شناسی ایران

پهنه‌های زمین‌شناسی ایران از نظر توان معدنی و ذخایر هیدروکربوری با هم متفاوت هستند. به گونه‌ای که عمده ذخایر نفت و گاز ایران در دو پهنه زاگرس و کپه داغ واقع شده‌اند. پهنه‌های مذکور از نظر ذخایر معدنی فلزی نسبت به سایر پهنه‌ها از توان کمتری برخوردار هستند. بزرگ‌ترین ذخایر مس ایران همراه با سنگ‌های آذرین متعلق به سنوزوئیک در نوار ارومیه - دختر دیده می‌شوند. پهنه سهند - سیرجان از نظر وجود ذخایر متعدد سرب و روی و آهن نسبت به سایر ذخایر فلزی از اهمیت بالاتری برخوردار است.

همچنین بزرگ‌ترین ذخایر آهن ایران در پهنه خرد قاره ایران مرکزی قرار دارند. شایان ذکر است که پهنه ایران مرکزی از نظر داشتن ذخایر متعدد فلزی (مانند سرب و روی) و غیر فلزی (زغال سنگ) نیز حائز اهمیت است. زغال سنگ علاوه بر خردقاره ایران مرکزی در پهنه البرز و کپه داغ نیز ذخایر ارزشمندی دارد (شکل ۹-۷). کوه‌های شرق ایران از نظر وجود ذخایر متعدد طلا و مس شایان توجه‌اند. جنوب شرق ایران (مکران) نسبت به سایر پهنه‌ها توان معدنی کمتری دارد، اما تعدادی از ذخایر کرومیت و مس را در خود جای داده است.



شکل ۷-۱۰. نقشه پراکندگی ذخایر مس و آهن ایران



شکل ۷-۹. نقشه پراکندگی ذخایر زغال سنگ ایران

- در گذشته‌های دور، کدام پهنه‌های زمین‌شناسی ایران در برخی مناطق، دارای محیط‌های باتلاقی با اکسیژن اندک، همراه با پوشش گیاهی متراکم بوده است؟
- این ویژگی منجر به تشکیل چه ذخایری شده است؟
- در چه دوره‌ای چنین شرایطی بر این پهنه‌ها حاکم بوده است؟
- اگر میان شرایط حاکم بر پهنه‌های زمین‌شناسی مذکور، هم‌زمانی وجود دارد، دلیل آن چیست؟

فعالیت تکمیلی

Devonian	دولین	Gondwana	گندوانا	Lava	گدازه
Carboniferous	کربنیفر	Damocla	داموکلا	Pyroclastic	پیروکلاستیک
Permian	پریم	Tethys Ocean	اقیانوس تیس	Tuff	توف
Triassic	تریاس	Subduction	سبدرانش	Lapilli	لاپیلی
Jurassic	ژوراسیک	Geosyncline	زمین گردشکری	Block	بلوک
Cretaceous	کرتاشه	Geopark	ژئوپارک	Bomb	بمب
Paleocene	پالئوسین	Hadean	هادیان	Pyroclastic Stage	مرحله پیروکلاستیک
Eocene	ایوسین	Archean	آرکین	Geothermal Energy	انرژی زمین گرمایی
Oligocene	اولیوسین	Proterozoic	پروتریوزیک	Geophysics	ژئوفیزیک
Paleogene	پالئوژن	Proterozoic	پروتریوزیک	Tectonic Structural Geology	تکتونیک و راس‌شناسی ساختمانی
Neogene	نئوژن	Cambrian	کمبرین	Prismatic Basalt	پراگمات مشهوری
Quaternary	کواترنری	Ordovician	اردوویسین	Mud Volcanism	گل‌فشان
		Silurian	سیلورین		

منابع

منابع فارسی

- آقابائی، ع. ۱۳۸۴. زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران.
- اخروی، ر. ۱۳۸۲. زمین‌شناسی فیزیکی، انتشارات مدرسه.
- صداقت، محمود، ۱۳۸۲. «زمین و منابع آب»، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- عباس‌زاده، احمد، ۱۳۸۴. «خاک‌شناسی برای زمین‌شناسان»، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- علیزاده، امین، ۱۳۸۳. «اصول هیدرولوژی کاربردی»، انتشارات آستان قدس رضوی.
- قبادی، محمدحسین، ۱۳۸۵. «مبانی زمین‌شناسی مهندسی»، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا.
- مایکل پرایس، ۱۳۷۰. «مقدمه‌ای بر آب زیرزمینی»، ترجمه ولایتی و رضایی، انتشارات خراسان.
- مدبری، س. ۱۳۸۴. زمین‌شناسی نفت، مرکز نشر دانشگاهی.
- معاریان، حسین، ۱۳۸۴. «زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک»، انتشارات دانشگاه تهران.

منابع لاتین

- Klein, C., & Philpotts, A. R. (2013). Earth materials: introduction to mineralogy and petrology. Cambridge University Press.
- Kesler, S. E., & Simon, A. C. (2015). Mineral resources, economics and the environment. Cambridge University Press.
- Leonard Capper, P. and Fisher Cassie, W., 1976, "The Mechanics of Engineering Soils", Spon LTD.
- Selinus, O., & Alloway, B. J. (2013). Essentials of medical geology. Springer.
- Stampfli, G. M., Hochard, C., Vérard, C., & Wilhem, C. (2013). The formation of Pangea. Tectonophysics, 593, 1-19.
- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K. & Tasa D. (2014). Earth: an introduction to physical geology. Pearson Pub.
- Todd, D. K. and Mays, L. W., 2005, "Groundwater Hydrology", John Wiley.

■ وب‌گاه‌های علمی در فضای اینترنت



ذخایر نفت و گاز ایران

حفاری اولین چاه نفت خاورمیانه از سال ۱۲۸۶ ه. ش در شهر مسجد سلیمان استان خوزستان در منطقه‌ای به نام میدان «نفتون» آغاز شد و در ۵ خرداد ۱۲۸۷ ه. ش به نفت رسید (شکل ۷-۱۱). این چاه ۳۶۰ متر عمق داشت که روزانه ۳۶۰۰۰ لیتر نفت از آن استخراج می‌شد. این چاه به «چاه شماره یک» معروف است و هم‌اکنون در شهر مسجد سلیمان به صورت موزه، تحت نظارت شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب قرار دارد. (شکل ۷-۱۲).



شکل ۷-۱۱. اولین حفاری چاه نفت در ایران



شکل ۷-۱۲. چاه شماره یک مسجد سلیمان

ذخایر نفت ایران به طور عمده در لایه‌های سنگ آهک قرار دارند. برخی از میدان‌های مهم نفت ایران در جدول صفحه بعد ارائه شده است. ایران با دارا بودن حدود ۱۰ درصد از نفت جهان، در رده چهارم و از نظر ذخایر گاز، در رده دوم جهان قرار دارد.

ذخایر نفت و گاز ایران به طور عمده در جنوب و غرب (منطقه زاگرس و خلیج فارس) و در شمال (دریای خزر) قرار دارند. ذخایر گاز خانگیران سرخس در شمال شرقی تیز، از ذخایر مهم هیدروکربن ایران است. بزرگ‌ترین میدان نفتی ایران، میدان اهواز است که سومین میدان نفتی عظیم جهان محسوب می‌شود. همچنین میدان گازی پارس جنوبی بزرگ‌ترین میدان گازی ایران و جهان است.

بیشتر بدانید

پراکندگی ذخایر نفت و گاز ایران (نقاط سبزرنگ میدان نفت و نقاط قرمز رنگ میدان گاز)



سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خلیج خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب های درسی راه اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب های درسی تونگاشت، کتاب های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرآیند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان ها، گروه های آموزشی، دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده اند به شرح زیر اعلام می شود.

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت کننده در اعتبارسنجی کتاب زمین شناسی با کد ۱۱۱۲۳۷

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	افسر علاییان	یزد	۲۳	افسانه عزیزیان	ایلام
۲	مصومه جبریان	همدان	۲۴	سید علیرضا فلاح	شهرستان های تهران
۳	محمد حسین سیف	همدان	۲۵	خدیجه اسامی هفشجانی	البرز
۴	سیده فاطمه مرتضوی	چهارمحال و بختیاری	۲۶	سالار شایگان	گیلان
۵	سید زهرا افشونی	شهرستان های تهران	۲۷	شهربانو احمدی	مازندران
۶	ظاهر نادری	کرمان	۲۸	ملیحه حمیدی پور	سمنان
۷	رسول سوزنی	خراسان شمالی	۲۹	علی اسفر ربانی فرد	گلستان
۸	مریم مومنی	مرکزی	۳۰	نجیبه غلامی	هرمزگان
۹	غلامرضا زاهدی پور	خراسان جنوبی	۳۱	محمد حسین صمدی	کردستان
۱۰	فضل الله ایمانیان	اسفهان	۳۲	سمیه محمدی	آذربایجان غربی
۱۱	مصومه مجملی ربانی	اسفهان	۳۳	رقیه موبد	آذربایجان شرقی
۱۲	ملکه سادات سجادی	قزوین	۳۴	شبنم تقائیان	آذربایجان شرقی
۱۳	اعظم داستان	اردبیل	۳۵	علی اکبر احمدی	خراسان رضوی
۱۴	زهرا پسران	فارس	۳۶	روح الله زیرم	ایلام
۱۵	محمدصادق رفیعی زاده	هرمزگان	۳۷	مریم اکائی	سیستان و بلوچستان
۱۶	علی یاری	شهر تهران	۳۸	حسینعلی چهارنایی	گلستان
۱۷	فاروق ایزدی	کرمانشاه	۳۹	کامران اسماعیلی	چهارمحال و بختیاری
۱۸	عظیمه رهبر کوهی	گیلان	۴۰	وجه حبیبی	کرمانشاه
۱۹	مریم رفیعی	فارس	۴۱	عبدالرحمان چمن آرا	کهگیلویه و بویراحمد
۲۰	فاطمه تقی	شهر تهران	۴۲	مریم ستوده	کهگیلویه و بویراحمد
۲۱	منصوره ایرامنتش	کرمان	۴۳	ناهدی یزدانفر	تهران
۲۲	محمد عقیبی	خراسان جنوبی	۴۴	شهلا مغزی نجف آبادی	خراسان جنوبی

مهم ترین میدان های گازی ایران (رنگ قرمز)



برخی از مشخصات میدان های مهم نفتی ایران

رتبه	نام میدان	ذخیره درجا (میلیارد بشکه)	ذخیره قابل برداشت (میلیارد بشکه)	تولید روزانه (هزار بشکه)
۱	میدان نفتی اهواز	۶۵/۵	۳۷	۷۵۰/۰۰۰
۲	میدان نفتی گچساران	۵۲/۹	۲۳/۷	۴۸۰/۰۰۰
۳	میدان نفتی مارون	۴۶/۷	۲۱/۹	۵۲۰/۰۰۰
۴	میدان نفتی آزادگان	۳۳/۲	۵/۲	۴۰۰/۰۰۰
۵	میدان نفتی آغاچاری	۳۰/۲	۱۷/۴	۳۰۰/۰۰۰
۶	میدان نفتی رگ سفید	۱۶/۵	۳/۴۴	۱۸۰/۰۰۰
۷	میدان نفتی آب تیمور	۱۵/۲	۲/۶	۶۰۰/۰۰۰
۸	میدان نفتی سروش	۱۴/۲	۱۰	۴۶۰/۰۰۰
۹	میدان نفتی کرج	۱۱/۲	۵/۷	۲۳۷/۰۰۰
۱۰	میدان نفتی بی بی حکیمه	۷/۵۹	۵/۶۷	۱۲۰/۰۰۰

فکر کنید

• دو دلیل ذکر کنید که چرا عمده ذخایر نفت ایران در منطقه زاگرس متمرکز شده است؟