

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# زمین شناسی

رشته های علوم تجربی - ریاضی و فیزیک

پایه یازدهم

دوره دوم متوسطه



## وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

زمین‌شناسی - پایه یازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۱۲۳۷  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی  
دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری  
محمدحسن بازوبندی، هاله تیمورزاده، فرزانه رجایی، مریم عابدینی و حمیدرضا ملک محمدی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

محمدحسن بازوبندی، بهروز صاحب‌زاده، مریم عابدینی، ناهید کرباسیان، سروش مدبری، حمیدرضا ناصری و با همکاری احمد حسینی (اعضای گروه تألیف) - محمدحسن بازوبندی (ویراستار علمی) - علی‌اکبر میرجعفری (ویراستار ادبی)

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - جواد صفری (مدیر هنری، نگاشتارگر اطراح گرافیک) - مریم وثوقی انباردان (صفحه‌آرا) - علیرضا امری کاظمی (عکاس) - الهام محبوب (رسم) - فاطمه باقری‌مهر، شاداب ارشادی، علیرضا ملکان، فاطمه پزشکی، ناهید خیام‌باشی (امور آماده‌سازی)

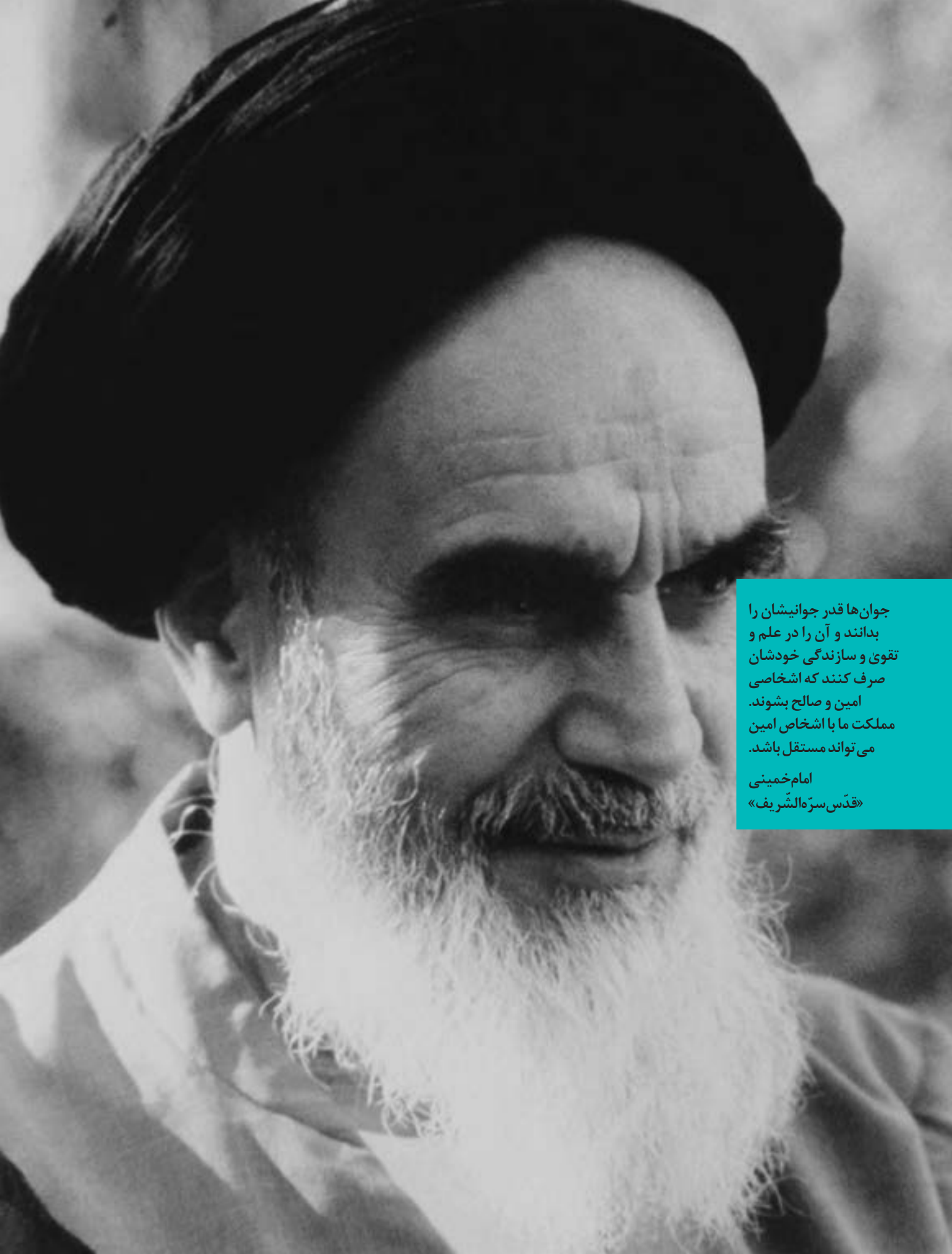
تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)  
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹  
وبگاه: [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران تهران: کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»  
چاپ دوم ۱۳۹۷

نام کتاب:  
پدیده‌آورنده:  
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:  
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:  
مدیریت آماده‌سازی هنری:  
شناسه افزوده آماده‌سازی:  
نشانی سازمان:  
ناشر:  
چاپخانه:  
سال انتشار و نوبت چاپ:

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۸۰۵-۱  
ISBN: 978.964.05.2805.1



جوان‌ها قدر جوانیشان را  
بدانند و آن را در علم و  
تقوی و سازندگی خودشان  
صرف کنند که اشخاصی  
امین و صالح بشوند.  
مملکت ما با اشخاص امین  
می‌تواند مستقل باشد.

امام خمینی  
«قدس سره الشریف»

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع، بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

## فهرست

۹	<b>فصل اول: آفرینش کیهان و تکوین زمین</b>
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 زمین شناسی
۱۸	■ پیدایش اقیانوس‌ها
۲۳	<b>فصل دوم: منابع معدنی و ذخایر انرژی، زیربنای تمدن و توسعه</b>
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	<b>فصل سوم: منابع آب و خاک</b>
۴۳	■ آب جاری
۴۴	■ آب زیرزمینی
۵۲	■ منابع خاک
۵۳	■ خاک و فرسایش
۵۹	<b>فصل چهارم: زمین شناسی و سازه‌های مهندسی</b>
۶۰	■ مکان‌یابی سازه‌ها
۶۰	■ تنش
۶۲	■ رفتار مواد در برابر تنش
۶۲	■ نفوذپذیری

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
<b>۷۳</b>	<b>فصل پنجم: زمین‌شناسی و سلامت</b>
۷۴	■ زمین‌شناسی پزشکی
۷۵	■ پراکندگی و تمرکز عناصر
۷۹	■ منشأ بیماری‌های زمین‌زاد
۸۶	■ کاربرد کانی‌ها در داروسازی
<b>۸۹</b>	<b>فصل ششم: پویایی زمین</b>
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
<b>۱۰۳</b>	<b>فصل هفتم: زمین‌شناسی ایران</b>
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
<b>۱۲۰</b>	<b>فهرست منابع</b>

## پیش‌گفتار

در دهه‌های اخیر همگام با توسعه فناوری، فرایند آموزش، دچار تغییرات و تحولات فراوانی شده است. پیش از این بیشتر کتاب‌های درسی با رویکرد موضوعی و دانش محور به رشته تحریر در می‌آمد، اما امروزه رویکرد حاکم بر تألیف کتاب‌های درسی، رویکرد پیامد محور و مبتنی بر کاربردی بودن محتوای آنها است. از این رو مؤلفین این کتاب تلاش کرده‌اند که با نگاه تلفیقی از پرداختن به مطالب غیر کاربردی پرهیز کنند. آموزش زمین‌شناسی در این کتاب بیشتر با نگاه تصویر محور و با استفاده از فعالیت‌هایی با عناوین: فکر کنید، جمع‌آوری اطلاعات، با هم بیندیشید، بیشتر بدانید، یادآوری و... مطرح شده است.

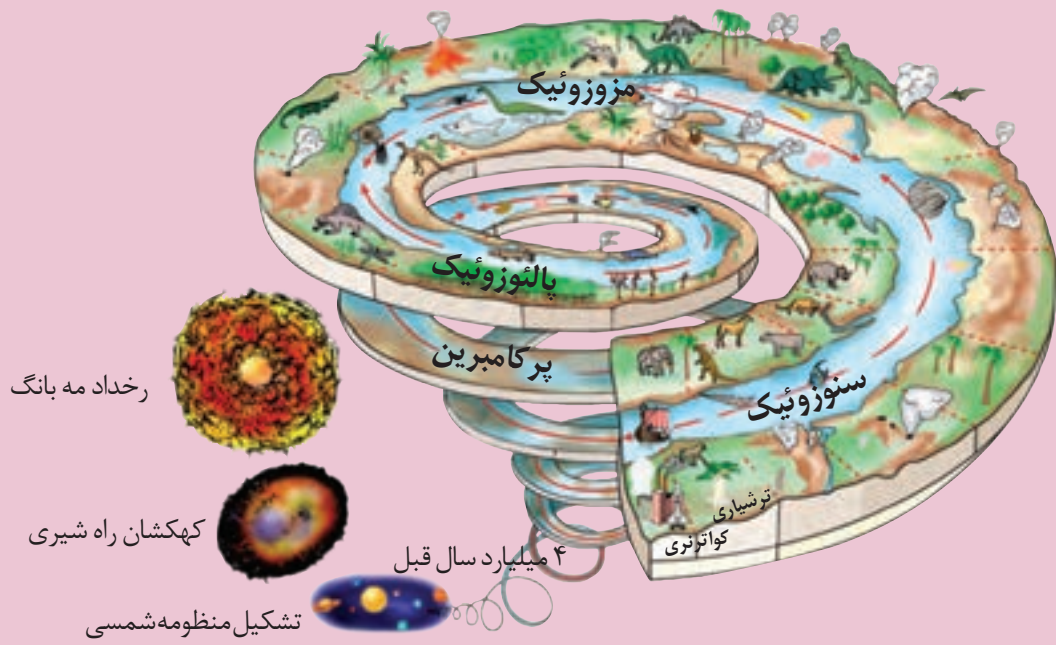
از آنجایی که بسیاری از مطالب زمین‌شناسی مانند چرخه آب و سنگ، نظریه زمین ساخت ورقه‌ای، نجوم و ساختمان درونی زمین در دوره ابتدایی و متوسطه اول مطرح شده‌اند، از تکرار آنها پرهیز شده و با عنوان **فعالیت یادآوری** به آنها اشاره شده است. بنابراین از شما همکاران گرامی خواهشمند است قبل از تدریس این کتاب، مطالب زمین‌شناسی که دانش‌آموزان در کتاب‌های علوم تجربی پایه‌های تحصیلی قبلی خوانده‌اند را مورد مطالعه قرار دهید.

منظور از فعالیت یادآوری این است که دانش‌آموزان در سال‌های قبل با مفهوم مورد بحث آشنا شده‌اند، بنابراین مطالب با توجه به آموخته‌های قبلی آنها تدریس می‌شود.

در فعالیت فکر کنید، دانش‌آموز با توجه به مطالب موجود در کتاب قادر به پاسخگویی آن می‌باشد. در فعالیت جمع‌آوری اطلاعات، دانش‌آموزان با مراجعه به منابع مختلف، مطالب بیشتری راجع به آن موضوع درسی جمع‌آوری کرده و به اشکال مختلف (گزارش، پوستر، روزنامه دیواری و پاورپوینت) در کلاس ارائه می‌دهند.

در فعالیت با هم بیندیشید، دانش‌آموزان به صورت فعال و مشارکتی با طرح پرسش‌هایی، هم‌افزایی کرده و پاسخ آن را می‌دهند.

در بیشتر بدانید، دانش‌آموز به فعالیت‌های تکمیلی، جمع‌آوری اطلاعات و آشنایی با مفاخر علوم زمین در ایران و جهان می‌پردازد. این بخش‌ها در ارزشیابی دانش‌آموزان قرار می‌گیرند. حفظ اعداد نیز جزء اهداف آموزشی کتاب نیست.







# فصل ۱

## آفرینش کیهان و تکوین زمین

ذهن کنجکاو بشر، همواره به دنبال کشف اسرار شگفت‌انگیز جهان هستی است. مشاهده‌ی منظره‌ی زیبای آسمان شب یا رصد آن، توجه آدمی را به مطالعه و شناخت اجرام و پدیده‌های آسمانی جلب می‌کند. در کیهان، پدیده‌های متنوعی مانند کهکشان‌ها، منظومه‌ها، ستاره‌ها، سیاره‌ها و ... وجود دارد. ستاره‌ها و سیاره‌هایی که در آسمان شب می‌توان دید، تنها، تعداد اندکی از میلیاردها جرم آسمانی در کهکشان راه شیری هستند.

برخی از اجرام و پدیده‌های آسمانی به وسیله‌ی کاوشگران شناسایی شده‌اند و برخی دیگر، تاکنون حتی رصد هم نشده‌اند و اطلاعی از آنها در دست نیست. اندازه‌گیری‌های نجومی نشان می‌دهند که کیهان در حال گسترش است و کهکشان‌ها در حال دور شدن از یکدیگر هستند. در این زمینه، پرسش‌هایی 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 اقیانوس‌ها چگونه است؟ و ... مطرح می‌شود.



## 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.

● 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.

### جمع آوری اطلاعات

## کهکشان راه شیری

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

اگر در شب‌های 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 کهکشان‌های شناخته شده است. کهکشان راه شیری، شکلی مارپیچی دارد که منظومه شمسی ما، در لبه یکی از بازوهای آن قرار دارد.

### پیوند با عکاسی

● عکس زیر بخشی از کهکشان راه شیری 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 کنید.



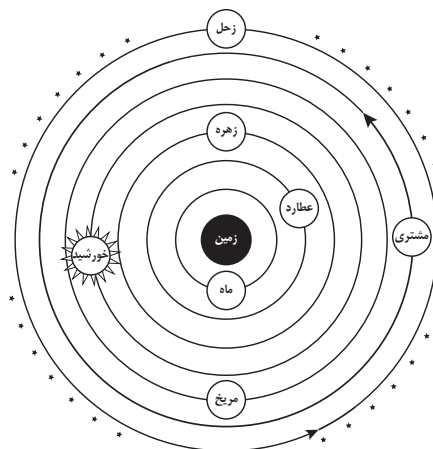
شکل ۱-۱- یک کهکشان مارپیچ مانند کهکشان راه شیری



در سال‌های گذشته با برخی از ویژگی‌های 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 می‌گردند؟ از هزاران سال قبل، بشر برای پاسخ به این پرسش و پرسش‌های مشابه آن، در جست‌وجو 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 می‌گردند.

بر اساس این نظریه، که نظریه «زمین مرکزی» نام‌گذاری شد، زمین، ثابت است و ماه و خورشید و پنج سیاره شناخته شده آن روزگار، یعنی عطارد، زهره، مریخ، مشتری و زحل، در مدارهایی دایره‌ای به دور زمین می‌گردند.



شکل ۱-۲- نمایش نظریه زمین مرکزی

### مفاخر ایرانی

● ابوسعید سجزی (۴۱۴-۳۳۰ هـ.ق)، ریاضی‌دان و ستاره‌شناس برجسته ایرانی در سیستان به دنیا آمد و در خراسان و شیراز به علم‌آموزی و مطالعه پرداخت. سجزی، نوعی اسطرلاب ساخت و کتاب «ترکیب الافلاک»، «رساله فی کیفیت صنع آلات النجومیه» و همچنین «رساله الاسطرلاب» از تألیفات او در ستاره‌شناسی و ریاضیات هستند که هر کدام دارای نوآوری‌ها و یافته‌های علمی فراوان می‌باشند.

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

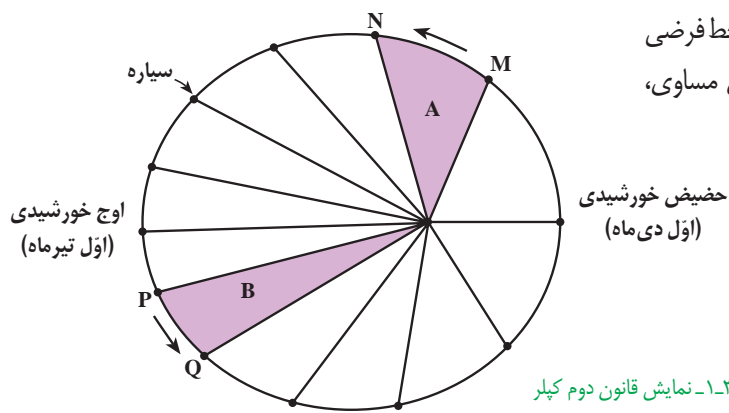
**نظریه خورشید مرکزی:** نیکولاس کوپرنیک، ستاره‌شناس لهستانی که با علم ریاضی نیز به خوبی آشنا بود، با مطالعه حرکت سیارات در زمان‌های مختلف، نظریه خورشید مرکزی را به شرح زیر بیان کرد:

- زمین همراه با ماه، مانند دیگر سیاره‌ها در مدار دایره‌ای و مخالف حرکت عقربه‌های ساعت به دور خورشید می‌گردد.

- 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 یادداشت‌های ستاره‌شناسان پرداخت و دریافت که سیارات در مدارهای بیضوی، به دور خورشید در حرکت می‌باشند. او با ارائه سه قانون زیر، نظریه خورشید مرکزی را اصلاح نمود.

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

- با توجه به اینکه، نور خورشید حدود  $8/3$  دقیقه نوری طول می کشد تا به زمین برسد. فاصله متوسط زمین تا خورشید چند کیلومتر است؟
- به این فاصله در اصطلاح ستاره شناسی چه گفته می شود؟



**قانون دوم:** هر سیاره، چنان به دور خورشید می گردد که خط فرضی که سیاره را به خورشید وصل می کند، در مدت زمان های مساوی، مساحت های مساوی ایجاد می کند.

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

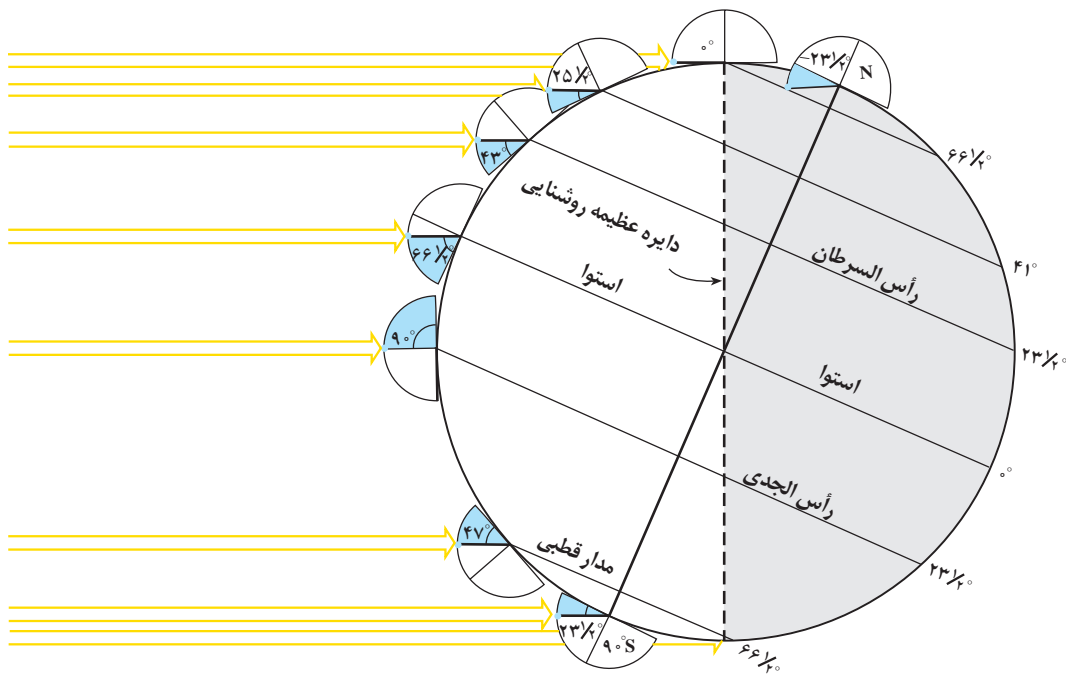
- اگر مدار سیاره ای در فاصله  $600 \times 10^6$  کیلومتری خورشید قرار داشته باشد. زمان گردش آن به دور خورشید، چند سال است؟

## حرکات زمین

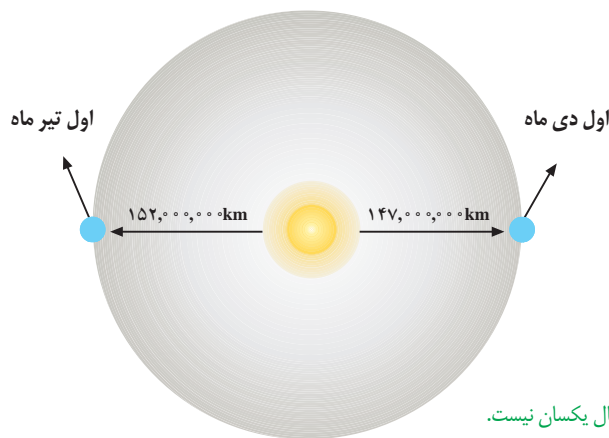
کره زمین دارای حرکت وضعی و انتقالی است. چرخش زمین به دور محورش را حرکت وضعی می گویند. این چرخش در جهت خلاف حرکت عقربه های ساعت است و در مدت زمان حدود ۲۴ ساعت انجام می شود.

شب و روز بر اثر حرکت وضعی به وجود می آید. انحراف  $23/5$  درجه ای محور زمین، نسبت به سطح مدار گردش زمین به دور خورشید، سبب ایجاد اختلاف مدت زمان روز و شب در عرض های جغرافیایی مختلف می شود. به طوری که در مناطق استوایی طول مدت روز و شب در تمام مدت سال با هم برابر (۱۲ ساعت روز و ۱۲ ساعت شب) است و با افزایش عرض جغرافیایی این اختلاف بیشتر می شود.

به گردش زمین بر روی مدار بیضوی به دور خورشید، حرکت انتقالی گفته می شود که در جهت خلاف حرکت عقربه های ساعت انجام می شود.



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؟

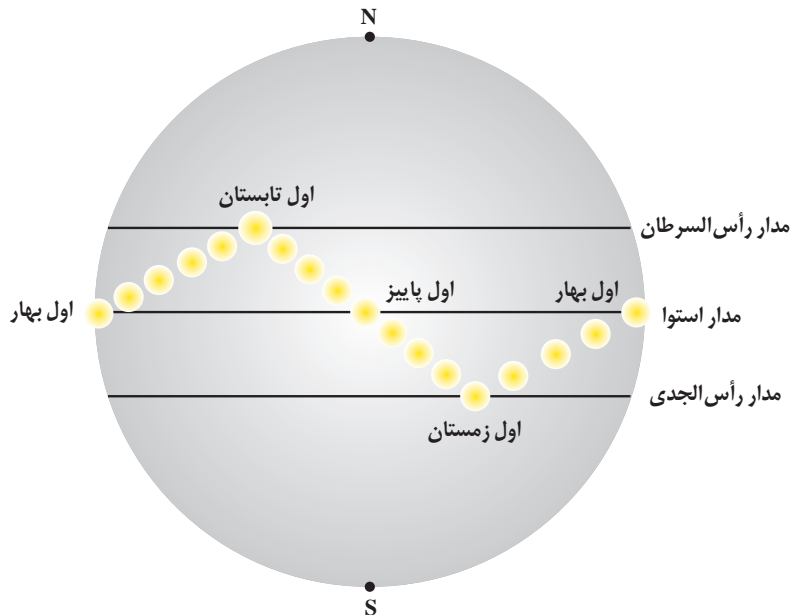
تحقیق کنید

پیدایش فصل‌ها، حاصل حرکت انتقالی زمین و انحراف ۲۳/۵ 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 ۶-۱).

حرکت زمین و زاویه انحراف محور آن به گونه‌ای است که می‌توان موقعیت خورشید را نسبت به زمین به صورت شکل ۱-۶ تصور کرد.

### 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 (براساس نیمکره شمالی)

براساس 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  $23\frac{3}{5}$  درجه شمالی، قائم است و مجدداً اول پاییز بر استوا و در ادامه در شش ماهه دوم سال، بر عرض‌های جغرافیایی صفر تا  $23\frac{3}{5}$  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  $4\frac{1}{6}$  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 سنگ‌کره تشکیل شدند؛ سپس با فوران آتشفشان‌های متعدد، به تدریج گازهای مختلف مانند اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن و گازهایی که از داخل زمین خارج شدند، هواکره را به وجود آوردند. در ادامه، کره زمین سردتر شد و بخار آب به صورت مایع در آمد و آب‌کره تشکیل شد. با تشکیل اقیانوس‌ها و تحت تأثیر انرژی خورشید، شرایط برای تشکیل زیست‌کره فراهم و زندگی انواع تک سلولی‌ها در دریاها کم عمق آغاز شد.

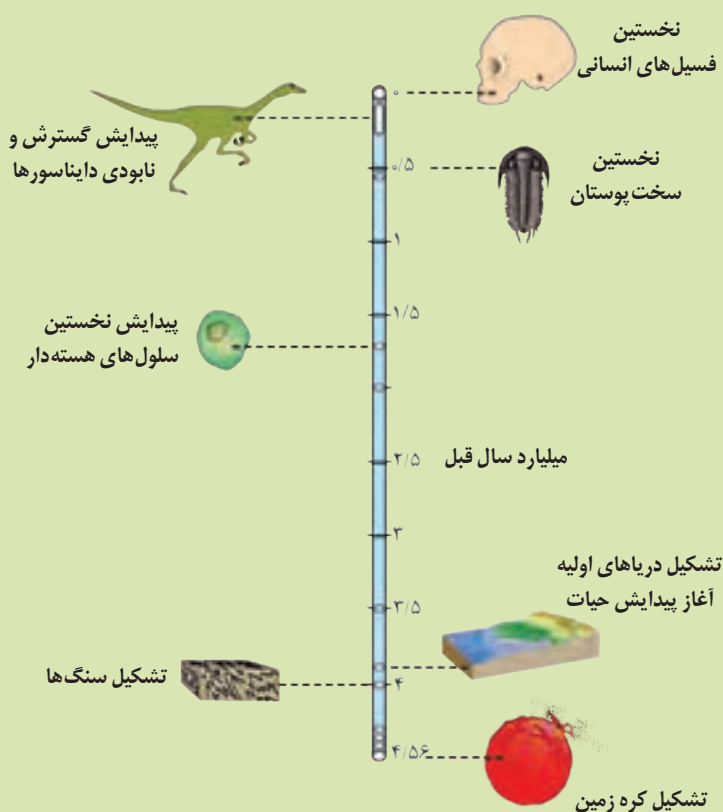
به وجود آمدن چرخه آب، باعث فرسایش سنگ‌ها، تشکیل رسوبات و سنگ‌های رسوبی گردید. در ادامه، با حرکت ورقه‌های سنگ کره

و ایجاد فشار و گرمای زیاد در مناطق مختلف، سنگ‌های دگرگونی به وجود آمدند. دانشمندان معتقدند شرایط محیط زیست فعلی به تدریج و در طی صدها میلیون سال مهیا شده است.

با توجه به شواهد زمین‌شناسی، دانشمندان دریافتند 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 محیط‌زیست تغییرات فراوانی داشته‌اند و بر این اساس، گونه‌های مختلف جانداران در سطح زمین ظاهر و منقرض شده‌اند. به عنوان مثال، خزندگان در اوایل دوره کربونیفر، ظاهر و در طی ۸۰-۷۰ میلیون سال، جثه آنها بزرگ شد و در کره 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.

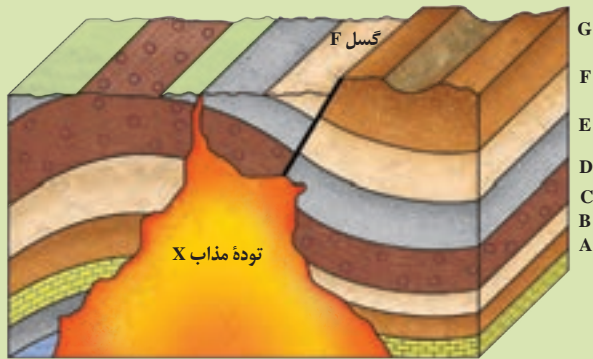
## تفسیر کنید

● با توجه به شکل زیر، ترتیب تشکیل هوا کره، سنگ کره، زیست کره و آب کره را از قدیم به جدید ذکر کنید.



## 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 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 ... اهمیت زیادی دارد. در زمین‌شناسی، سن سنگ‌ها و پدیده‌ها را به دو روش نسبی و مطلق تعیین می‌کنند.



- در کتاب علوم 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 شماره گذاری کنید.

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

$$\text{نیمه عمر} \times \text{تعداد نیمه عمر} = \text{سن نمونه}$$

- در جدول زیر، نیمه 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 باقی مانده در یک نمونه استخوان قدیمی حدود  $\frac{1}{8}$  مقدار اولیه آن باشد، سن استخوان را محاسبه کنید.

#### نیمه عمر برخی از عناصر پرتوزا

عنصر پرتوزا	نیمه عمر (تقریبی)	عنصر پایدار
اورانیوم ۲۳۸	۴/۵ میلیارد سال	سرب ۲۰۶ ←
اورانیوم ۲۳۵	۷۱۳ میلیون سال	سرب ۲۰۷ ←
توریوم ۲۳۲	۱۴/۱ میلیارد سال	سرب ۲۰۸ ←
کربن ۱۴	۵۷۳۰ سال	نیتروژن ۱۴ ←
پتاسیم ۴۰	۱/۳ میلیارد سال	آرگون ۴۰ ←



## 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 که واحدهای زمانی مورد استفاده در زمین‌شناسی هستند. معیار تقسیم‌بندی این واحدهای زمانی مختلف، به حوادث مهمی همچون ظهور یا انقراض گونه خاصی از جانداران، حوادث کوهزایی، پیشروی یا پسروی جهانی دریاها، عصرهای یخبندان و... بستگی دارد (شکل ۷-۱).

سن میلیون سال	رویدادهای زیستی	دوره	دوران	ائون
۶۵	انسان تنوع پستانداران	کواترنری ترشیاری	سنوزوئیک	فانروزوئیک
۲۵۱	انقراض دایناسورها اولین گیاه گلدار	کرتاسه		
	اولین پرنده تنوع دایناسورها اولین پستاندار	ژوراسیک		
	اولین دایناسور	تریاس		
۵۴۱	انقراض گروهی	پرمین	پالئوزوئیک	
	اولین خزنده	کربنیفر		
	اولین دوزیست	دونین		
	اولین گیاه آونددار	سیلورین		
	نخستین ماهی زره‌دار	اردوویسین		
۵۷۰	اولین تریلوبیت	کامبرین		
۲۵۰۰	آغاز حیات سرد شدن کره مذاب زمین		پراکامبرین	پراکامبرین
۴۰۰۰			کریپتوزوئیک	آرکتین
۴۶۰۰				هادثن

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

## پیدایش اقیانوس‌ها

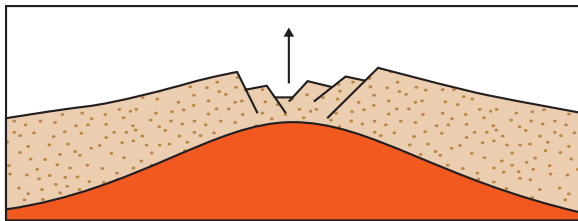
در سال‌های گذشته، با مفهوم سنگ کره و ساز و کار حرکت ورقه‌ها آشنا شدید. ورقه‌های سنگ کره، به دو نوع قاره‌ای و اقیانوسی تقسیم می‌شوند. البته گاهی ممکن است بخشی از یک ورقه، جنس قاره‌ای و در بخش دیگر از جنس اقیانوسی باشد (مانند ورقه هند) و یا در همه جا از آب پوشیده شده و از جنس اقیانوسی باشد (مانند ورقه اقیانوس آرام). سنگ کره قاره‌ای، نسبت به سنگ کره اقیانوسی ضخامت بیشتر و چگالی کمتری دارد.

### یادآوری

- در فصل زمین ساخت ورقه‌ای کتاب علوم نهم، در مورد حرکت ورقه‌های سنگ کره و پیامدهای آن مطالبی آموختید. در این باره به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
  - ۱- علت حرکت ورقه‌های سنگ کره چیست؟
  - ۲- انواع حرکت ورقه‌ها را بیان کنید.
  - ۳- پیامدهای حاصل از حرکت ورقه‌ها را ذکر کنید.

نخستین بار ساز و کار حرکت ورقه‌های سنگ کره توسط دانشمند کانادایی به نام توزو ویلسون در قالب چرخه‌ای به نام چرخه ویلسون مطرح شد. خلاصه مراحل چرخه ویلسون به شرح زیر می‌باشد:

**۱- مرحله بازشدگی:** تحت تأثیر جریان‌های همرفتی خمیر کره، بخشی از پوسته قاره‌ای شکافته می‌شود و مواد مذاب خمیر کره، صعود نموده و به سطح زمین می‌رسند. نمونه‌ای از آن در شرق آفریقا ایجاد شده است (شکل ۸-۱-الف).



شکل ۸-۱-الف) ایجاد شکاف در پوسته قاره‌ای

**۲- مرحله گسترش:** در این مرحله، در محل شکاف ایجاد شده، مواد مذاب خمیر کره به بستر اقیانوس رسیده و پشته‌های 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 ۸-۱-ب).

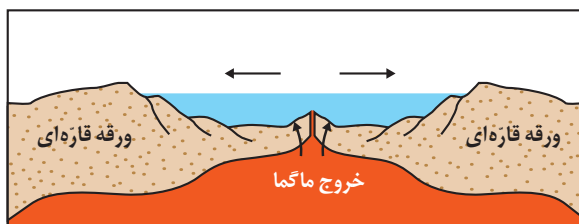
### مفاخر جهان

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



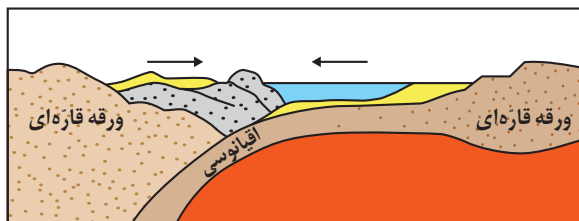
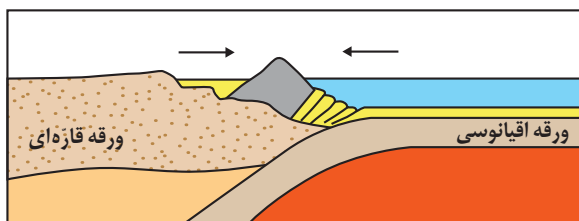
توزو ویلسون

۱۵ آوریل ۱۹۹۳ - ۱۲۴ اکتبر ۱۹۰۸



شکل ۸-۱ ب) ایجاد و گسترش پوسته اقیانوسی

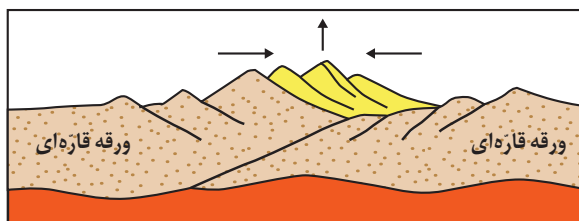
**۳- مرحله بسته شدن:** در این مرحله، ورقه اقیانوسی از حاشیه به زیر ورقه قاره‌ای مجاور خود فرو رانده می‌شود (دراز گودال اقیانوسی) و با ادامه فرورانش در نهایت اقیانوس بسته می‌شود (مانند بسته شدن اقیانوس تتیس) (شکل ۸-۱ پ).



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

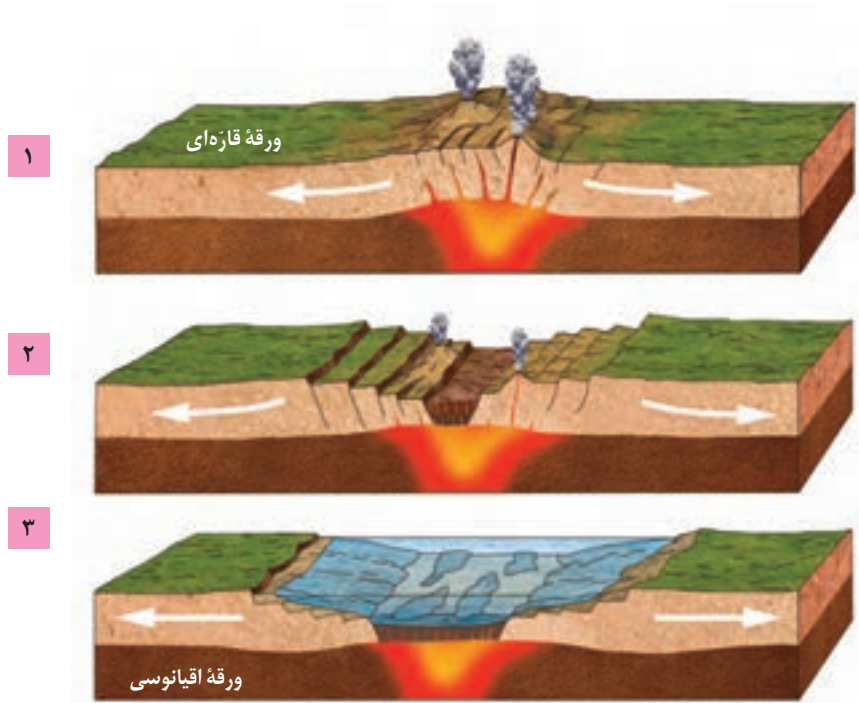
در برخی از اقیانوس‌ها مانند اقیانوس آرام در بخشی از آن، ورقه اقیانوسی به زیر ورقه اقیانوسی دیگر فرو رانده شده و منجر به دراز گودال اقیانوسی و تشکیل جزایر قوسی می‌شود.

**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 آسیا) و ... را به وجود می‌آورند (شکل ۸-۱ ت).



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

- ۱- عامل باز و بسته شدن اقیانوس‌ها چیست؟
- ۲- چرا با وجود گسترش بستر اقیانوس‌ها، وسعت سطح زمین افزایش نمی‌یابد؟



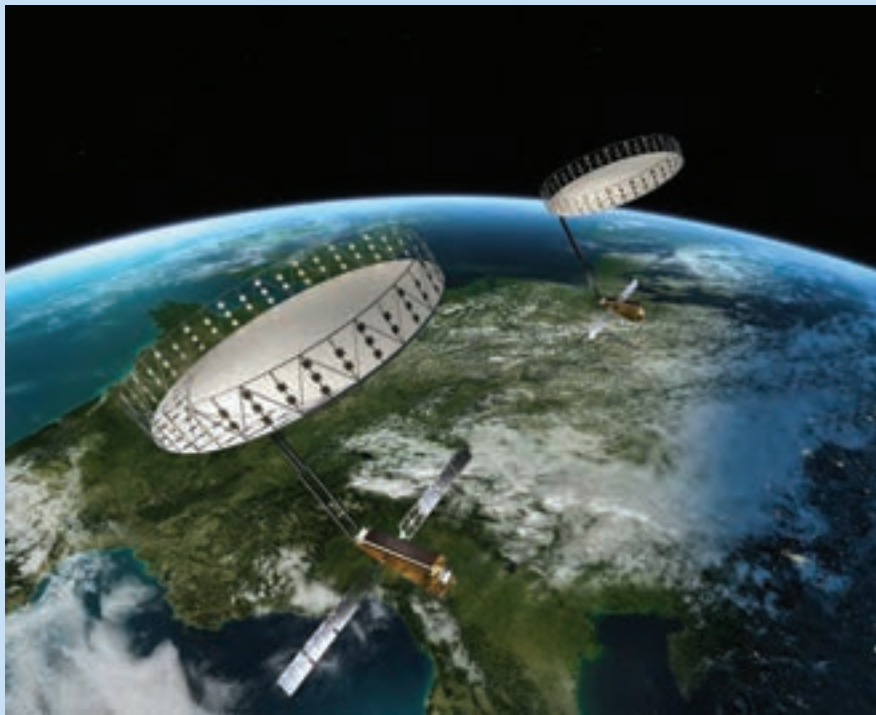
شکل ۹-۱- مراحل تشکیل اقیانوس جدید



● **دیرینه‌شناسی**: شاخه‌ای از علم زمین‌شناسی که به بررسی آثار و بقایای موجودات گذشته زمین و لایه‌های رسوبی می‌پردازد و 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:** 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. به دست آوردن اطلاعات از سطح زمین و سطح دریاها، با استفاده از تصاویر اخذ شده از فراز آنها، از بخش‌هایی از طیف الکترومغناطیس که از سطح زمین تابیده یا بازتابیده شده‌اند، انجام می‌شود. سنجش از دور، از انرژی الکترومغناطیسی 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 در کیفیت‌بخشی و بهبود اجرای پروژه‌های اکتشافی و آموزشی کمک شایانی داشته باشند.





معدن میدوک 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)، غیر فلزی (رس‌ها، زغال سنگ و ...) و یا مواد نفتی و پتروشیمیایی مانند پلاستیک، بنزین و ... به دست 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 عمدهٔ 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، مدادی که با آن می‌نویسیم، خمیردندان و ... از منابع معدنی تهیه می‌شوند. منابع معدنی پس از شناسایی توسط زمین شناسان، از معادن استخراج و پس از فراوری، به کالاهای مورد نیاز تبدیل می‌شوند. تعدادی از کاربردهای مواد معدنی (فلزی - غیر فلزی) در جدول ۱-۲ آورده شده است.



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

فراوانی	فلزها بر اساس فراوانی
فراوان: آهن، آلومینیم، منیزیم، منگنز، تیتانیوم	
کمیاب: مس، سرب، روی، نیکل، کروم، طلا، نقره، قلع، تنگستن، مولیبدن، اورانیوم، پلاتین و ...	
غیرفلزها بر اساس کاربرد	صنایع شیمیایی: هالیت، (سدیم کلرید)، فلوئوریت، (کلسیم فلوراید)
	کودهای شیمیایی: آپاتیت (کلسیم فسفات)، سیلویت (پتاسیم کلرید)، گوگرد، کلسیت و سنگ آهک (کلسیم کربنات)، شوره (سدیم نیترات)
	ساختمان‌سازی: ژئیس (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، کربنوم (یاقوت)، گارنت (بیجاده)، آمیتیست (کوارتز بنفش)، بریل (زرد)، فیروزه، آگات (عقیق)، الیون (زبرجد)، اسپینل (لعل)، لاجورد، یشم و ...
	پزشکی و داروسازی: باریت (عکس برداری 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...)، کائولن (سرامیک، کاغذسازی، پرکننده و لاستیک‌سازی)، کوارتز (ساعت‌سازی، شیشه‌سازی، قطعات الکترونیکی و ...)
	کشاورزی: کانی زئولیت در (سبک کردن و هوارسانی به خاک)، دامپروری (مکمل غذای دام و طیور)، پرورش ماهی، پالایش نفت، تصفیه آب و فاضلاب
	سایر موارد: تالک (کاغذسازی، رنگ)، باریت (گل حفاری)، گرافیت (نوک مداد، پیل الکتریکی، تایر خودروها)، ساینده (الماس، گارنت، کربنوم، کوارتز)

● افزون بر موارد ذکر شده در جدول، فهرستی از وسایل و موادی که در زندگی روزمره، به کار می‌برید یا با آن سروکار دارید، تهیه کنید و مشخص کنید کدام، به صورت مستقیم و کدام به صورت غیرمستقیم از زمین به دست می‌آید؟ کدام یک از این منابع، فلزی و کدام غیرفلزی است؟

در سال ۱۹۶۴ میلادی، دو زمین‌شناس به نام‌های کلارک<sup>۱</sup> و رینگ‌وود<sup>۲</sup> 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
منیزیم	۲/۷۷
سدیم	۲/۳۲
پتاسیم	۱/۶۸
تیتانیوم	۰/۸۶
هیدروژن	۰/۱۴
منگنز	۰/۱۰
فسفر	۰/۱۰
روی	۰/۰۱۳
مس	۰/۰۰۷
سرب	۰/۰۰۱۶

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 تکوین 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

● 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؟

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

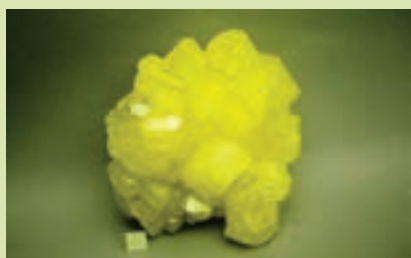
● در کتاب‌های درسی علوم تجربی، با مفهوم ویژگی‌ها و کاربرد برخی از کانی‌ها آشنا شدید. تعیین کنید کدام یک از تصاویر زیر، کانی می‌باشند؟ چرا؟



ب) یخ



الف) نبات

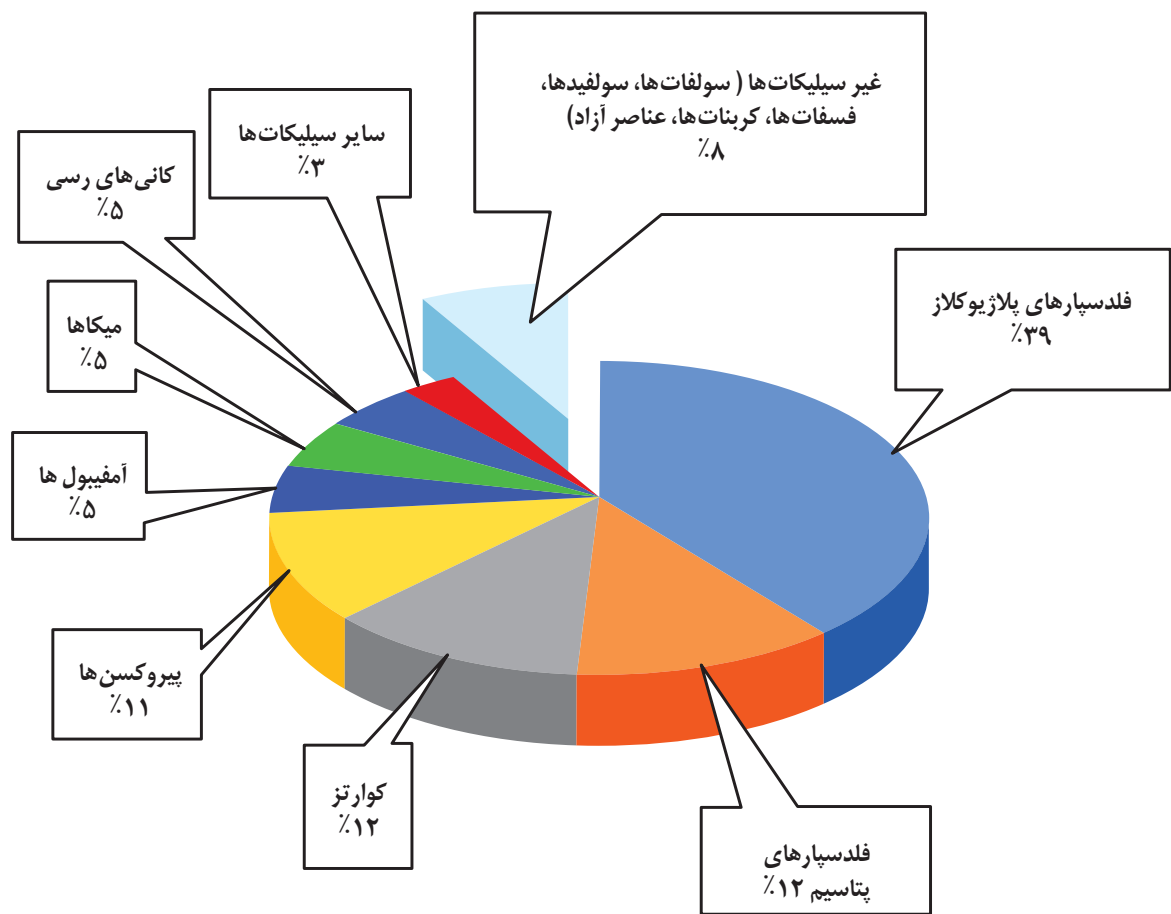


ت) گوگرد



پ) نفت

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 ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ) دارند. کانی‌های سیلیکاتی در سنگ‌های آذرین، رسوبی و یا دگرگونی یافت می‌شوند (شکل ۲-۱). کانی‌های غیرسیلیکاتی، گروهی از کانی‌ها هستند که در ترکیب خود، فاقد بنیان سیلیکاتی هستند. این کانی‌ها نیز در انواع سنگ‌ها یافت می‌شوند.



شکل ۲-۱- درصد وزنی کانی‌های سازنده پوسته زمین

### جمع‌آوری اطلاعات

● در ساخت سرامیک و شیشه، از چه کانی‌هایی استفاده می‌شود؟ در این مورد، اطلاعات جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

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 یافت می‌شوند: مانند طلا، نقره و مس.

• در مورد کانه‌های زیر، اطلاعات جمع‌آوری و جدول زیر را کامل کنید.

ترکیب شیمیایی	عنصر اقتصادی	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 فلز مس است. در معادن مس، این کانی همراه با کانی‌های باطله مختلفی مانند کوارتز، فلدسپار، میکا، کانی‌های رسی، پیریت و ... کانسنگ مس را تشکیل می‌دهند.



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

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 معدن کاری، یک معدن شکل می‌گیرد.



شکل ۲-۳. کاربرد کانی‌های صنعتی در سفالگری لالچین همدان، به دلیل وجود ذخایر مناسب خاک رس در آن منطقه

افزون بر کانسنگ‌ها، مواد معدنی دیگری هم برای کاربردهای صنعتی یا روزمره استخراج می‌شوند که فلزی نیستند. مانند: شن و ماسه در ساختمان‌سازی، خاک رس در ساخت آجر یا کاشی و سرامیک، سنگ‌های ساختمانی که در نمای ساختمان‌ها، کفپوش، پله و دیوارها به کار می‌روند. به این نوع از سنگ‌ها و کانی‌های غیرفلزی، سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی نیز می‌گویند.

## جمع‌آوری اطلاعات

● در مورد عوامل مؤثر بر مقرون به صرفه بودن یک معدن، اطلاعاتی جمع‌آوری و به پرسش زیر پاسخ دهید.

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.

## گفت‌وگو کنید

۱- در آب دریاها، مقداری عنصر طلا وجود دارد. به چه دلیل، طلا را از دریا استخراج نمی‌کنیم؟

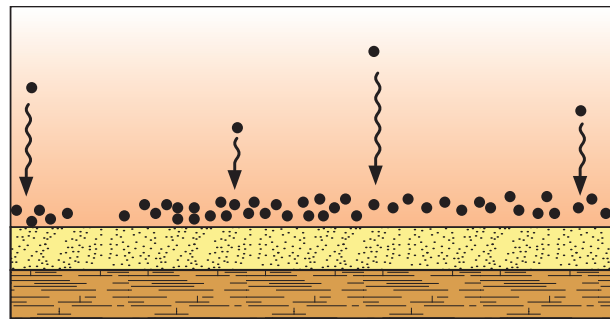
۲- به چه دلیل برخی از معادن متروکه، پس از مدتی مورد بهره‌برداری مجدد قرار می‌گیرد؟

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

**الف) کانسنگ‌های ماگمایی:** کانسنگ‌های برخی عناصر فلزی مانند کروم، نیکل و پلاتین 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 ۲-۴ الف).



(ب)



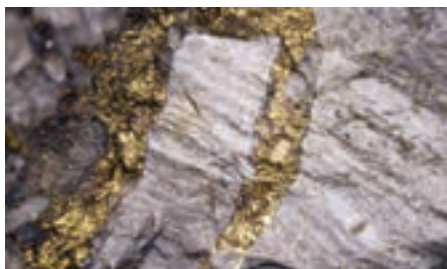
(الف)

شکل ۲-۴ الف) ته‌نشست کانسنگ کرومیت در کف مخزن ماگمایی - ب) معدن آهن چنارت - بافق یزد



شکل ۲-۵ - سنگ پگماتیت

در صورتی که پس از تبلور بخش اعظم ماگما، مقدار آب و مواد فرّار مانند کربن دی‌اکسید و ... فراوان باشد، شرایط برای رشد بلورهای تشکیل دهنده سنگ، فراهم و سنگ‌هایی با بلورهای بسیار درشت، به نام پگماتیت تشکیل می‌شود (شکل ۲-۵) که می‌تواند کانسار مهمی برای بعضی عناصر خاص مانند لیتیم و بعضی کانی‌های گوهری مانند زمرد یا کانی‌های صنعتی مانند مسکویت باشد.



شکل ۶-۲- کانسنگ رگه‌ای طلا

**ب) کانسنگ‌های گرمایی:** در پوسته زمین، به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش عمق، ۳ درجه سانتی‌گراد دما افزایش می‌یابد. به این تغییرات دما در پوسته زمین، شیب زمین گرمایی می‌گویند. در بخش‌های عمیق پوسته، به علت گرمای ناشی از شیب زمین گرمایی و یا توده‌های مذاب، دمای آب‌های موجود در این مناطق افزایش می‌یابد. منشأ این آب‌ها ممکن است از ماگما، آب‌های نفوذی بستر اقیانوس‌ها و یا آب‌های زیرزمینی راه‌یافته به اعماق زمین باشد که باعث انحلال برخی از عناصر می‌شوند. این آب‌ها، برخی عناصر را به شکل کانسنگ در داخل شکستگی‌های سنگ

ته‌نشین می‌کنند و رگه‌های معدنی را می‌سازند (شکل ۶-۲). از آنجا که عامل تشکیل این کانسنگ‌ها، آب گرم است، کانسنگ‌های گرمایی نامیده می‌شوند. بسیاری از ذخایر مس، سرب، روی، مولیبدن، قلع و برخی فلزات دیگر، منشأ گرمایی دارند.

**پ) کانسنگ‌های رسوبی:** ذخایر سرب و روی موجود در سنگ‌های آهنکی، مس و اورانیم موجود در ماسه سنگ‌ها، نمونه‌هایی از کانسنگ‌های رسوبی مهم هستند. گاهی نیز آب‌های روان، کانی‌ها را از سنگ‌ها جدا و در مسیر رود آنها را ته‌نشین می‌کنند و ذخایر پلاستی را تشکیل می‌دهند. از هزار سال پیش تاکنون در منطقه تخت سلیمان تکاب، از رودخانه زرشوران، طلا برداشت می‌شود.

## اکتشاف معدن

تشکیل ذخایر فلزی و غیرفلزی در برخی از مناطق پوسته زمین رخ می‌دهد. با آگاهی از اصول تشکیل و عوامل کنترل‌کننده آنها، می‌توان ذخایر معدنی را پیدا کرد.

در اولین مرحله اکتشاف، زمین‌شناسان با بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و بازدید صحرایی، مناطقی را که احتمال تشکیل ذخایر معدنی در آن وجود دارد، شناسایی می‌کنند. برای مثال زمین‌شناسان می‌دانند که برخی از ذخایر سرب در سنگ‌های آهنکی پیدا می‌شوند. بنابراین، آنها با آگاهی از ویژگی‌های فیزیکی کانسنگ‌ها، مانند خواص مغناطیسی کانسنگ، رسانایی الکتریکی سنگ‌ها، تغییرات میدان گرانش زمین و... با کمک روش‌های ژئوفیزیکی، ذخایر زیرسطحی و پنهان را شناسایی می‌کنند.

پس از مشخص شدن موقعیت تقریبی یک توده معدنی در زیر زمین، حفاری با دستگاه‌های پیشرفته و نمونه‌برداری از عمق، تا حدی که ماده معدنی وجود دارد، انجام می‌گیرد. این حفاری‌ها ممکن است تا صدها متر ادامه یابد. نمونه‌های تهیه شده از حفاری، برای تعیین عیار فلز یا کیفیت ماده معدنی و شناسایی کانی‌های موجود در آنها به آزمایشگاه حمل و در آنجا توسط میکروسکوپ و یا دستگاه‌های تجزیه شیمیایی مورد بررسی قرار می‌گیرند. در نهایت، زمین‌شناسان یا مهندسان اکتشاف، تمامی داده‌های به دست آمده را با نرم‌افزارها تحلیل و مقدار ذخیره معدن و عیار میانگین ماده معدنی را تعیین می‌کنند.

## استخراج معدن و فراوری ماده معدنی

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

### جمع‌آوری اطلاعات

- در منطقه‌ای که زندگی می‌کنید، چه معادن فلزی وجود دارد؟ در مورد آنها تحقیق کنید و در کلاس ارائه کنید.

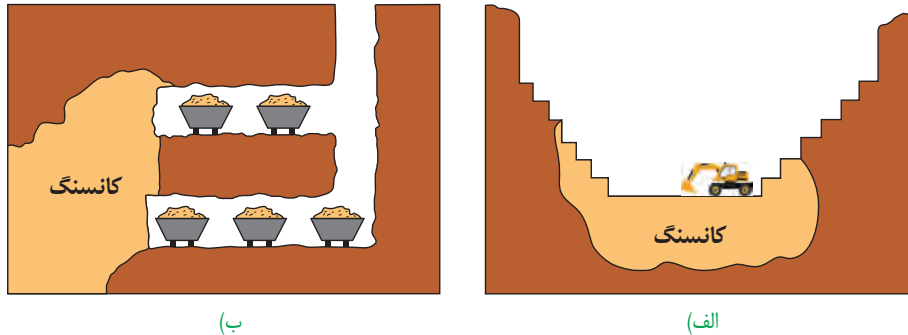
### جمع‌آوری اطلاعات

- در مورد ذخایر پلاسرا طلای ایران اطلاعات جمع‌آوری کنید و محل آنها را بر روی نقشه ایران نشان دهید.

## لذت زمین شناسی

● بازدیدهای صحرایی در شرایط هیجان انگیز، در مناطق مختلف انجام می‌شود. دیدن 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.

روش‌های روباز یا زیرزمینی صورت می‌گیرد (شکل ۲-۷). 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 کانی‌های مختلفی مانند کالکوپریت و تعدادی کانی دیگر، یافت می‌شود. عیار عنصر مس در این کانسنگ‌ها کمتر از یک درصد است. بنابراین نود و نه درصد کانسنگ استخراج شده، باطله است که باید از آن جدا شود.

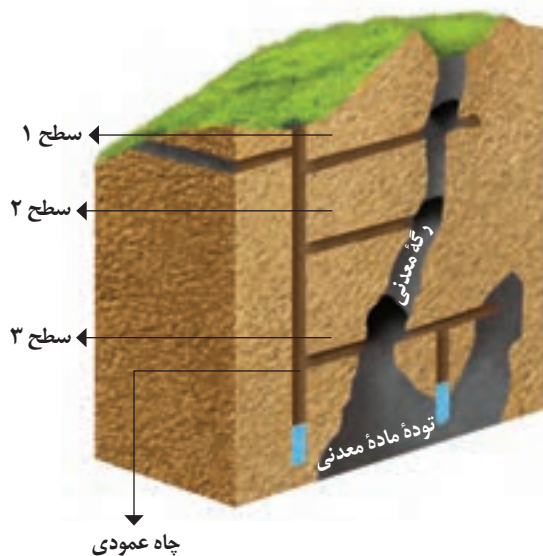


شکل ۲-۷. استخراج ماده معدنی به روش: (الف) روباز - (ب) زیرزمینی

## پیوند با ریاضی

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

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



شکل ۲-۸. نحوه بهره‌برداری از معادن زیرزمینی

## 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 زیبادوستی و زیبایی‌شناسی که خداوند متعال در نهاد انسان تعبیه کرده 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 ۴۰۰۰ کانی شناخته شده، حدود ۱۰۰ کانی، ویژگی‌های لازم یک گوهر را دارند.

گوهر یا جواهر، شامل سنگ‌ها و کانی‌های گرانبهایی است که به دلیل زیبایی، درخشش، سختی زیاد، رنگ و کمیاب بودن، از سایر کانی‌ها و سنگ‌ها متمایز هستند و مورد توجه خاص انسان‌ها قرار



## جمع‌آوری اطلاعات

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

می‌گیرند. زیبایی رنگ و درخشندگی گوهرهایی مانند یاقوت، زمرد، فیروزه، عقیق و آمیتیست (کوارتز بنفش)، توجه هر کسی را به خود جلب می‌کند. گوهرها، نمایندگان بسیار زیبا و خاص و کمیاب دنیای کانی‌ها هستند که توسط فرایندهای ماگمایی، گرمایی یا دگرگونی و تحت شرایط خاصی مانند دما و فشار زیاد در اعماق زمین و 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.

● دانشمندان ایرانی در زمینه گوهرها و کانی‌شناسی، تحقیقات زیادی کردند و کتاب‌هایی نگاشتند که می‌توان به کتاب‌های القانون فی الطب ابوعلی سینا، الجواهر فی معرفه الجواهر اثر ابوریحان بیرونی، جواهرنامه سلطانی نوشته محمد بن منصور، تنسوق‌نامه و جواهرنامه ایلخانی از خواجه نصیرالدین توسی و... اشاره کرد. 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 تنسوق‌نامه خواجه نصیرالدین توسی است.

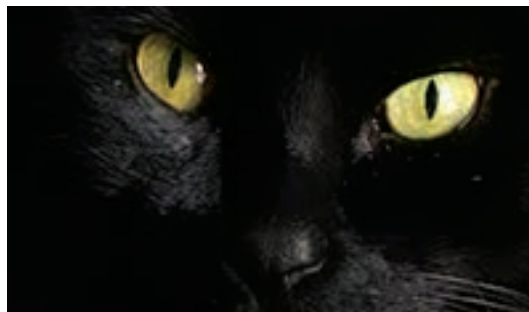
## پاسخ دهید

- حداقل یک دلیل بیاورید که کانی کلسیت یا ژئپس نمی‌تواند یک کانی قیمتی باشد؟

مهم‌ترین خواص گوهرها، سختی نسبتاً بالا، رنگ، و درخشش آنها است و معمولاً کمیاب‌اند. اگر یک گوهر، سختی کافی نداشته باشد، در برابر خراشیدگی مقاوم نیست و از بین می‌رود. برخی خواص دیگر، مانند بازی رنگ، به کانی‌ها درخشندگی و زیبایی خاصی می‌دهد. مانند کانی کریزوبریل با درخشندگی چشم‌گره و نوعی گوهر سیلیسی به نام اپال (معروف به اپال گرانبها) که درخشش رنگین‌مانی دارد (شکل ۹-۲).



پ) درخشش رنگین‌مانی در گوهر اپال



ب) شباهت گوهر کریزوبریل با چشم‌گره



شکل ۹-۲ الف) درخشندگی در کانی کریزوبریل (گوهر چشم‌گره)

- در مورد ابزار و نحوه تراش گوهرها اطلاعات جمع آوری و در کلاس ارائه کنید.
- تفاوت الماس و برلیان در چیست؟



**الماس:** گوهری با ترکیب کربن خالص است که در دما و فشار بسیار زیاد، در گوشته زمین تشکیل می شود. این کانی، افزون بر استفاده گوهری، در ساینده ها نیز کاربرد دارد (شکل ۱۰-۲).

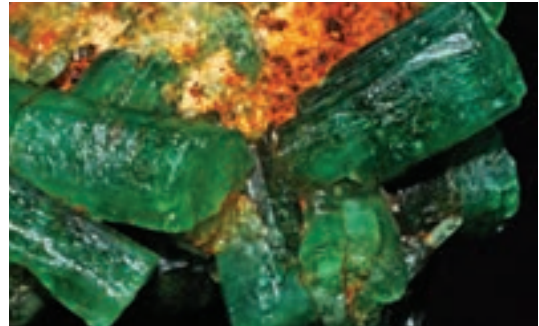
شکل ۱۰-۲- الماس

**یاقوت:** نام علمی آن کربنوم است. کانی کربنوم به رنگ آبی و سرخ دیده می شود، رنگ آبی آن یاقوت کبود و رنگ قرمز آن را یاقوت سرخ می گویند. این کانی بعد از الماس، سخت ترین کانی می باشد (شکل ۱۱-۲).



شکل ۱۱-۲- انواع کربنوم

**زمرد:** معروف ترین و گران ترین سیلیکات بریلیم که به رنگ سبز یافت می شود را «زمرد» می نامند (شکل ۱۲-۲).

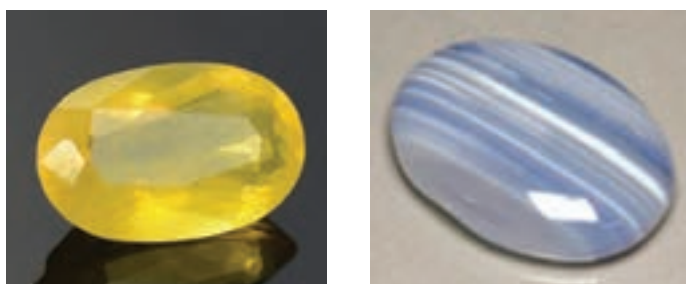


شکل ۱۲-۲- زمرد

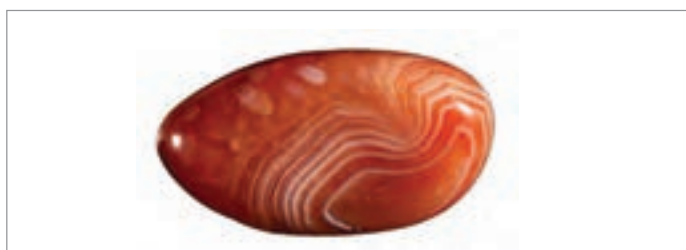
**گارنت:** از کانی‌های سیلیکاتی است که معمولاً به رنگ سبز، قرمز، زرد، نارنجی و ... دیده می‌شود. فراوان‌ترین رنگ آن، قرمز تیره است (شکل ۱۳-۲).



شکل ۱۳-۲. گارنت



**عقیق:** کانی سیلیسی 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 ۱۴-۲).



شکل ۱۴-۲. عقیق

**زبرجد:** به نوع شفاف و قیمتی کانی الیوین، زبرجد می‌گویند. این کانی، سیلیکاتی و به رنگ سبز زیتونی است به همین دلیل به آن الیوین گفته می‌شود (شکل ۱۵-۲).



شکل ۱۵-۲. زبرجد

**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. نام تجاری آن، تورکوایز است (شکل ۱۶-۲).



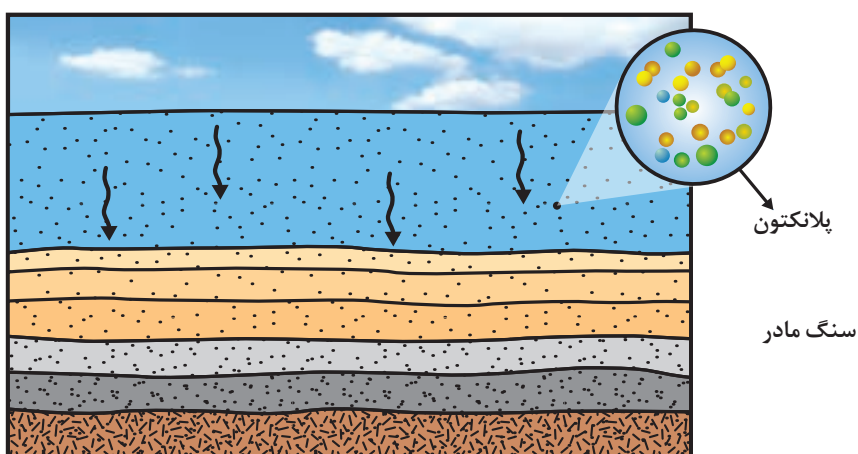
شکل ۱۶-۲. فیروزه

### 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 باقیمانده که توسط لایه‌های بالایی پوشیده و حفظ شده، در لایه‌های رسوبات ریز یعنی

سنگ منشأ (سنگ مادر) نفت را تشکیل می‌دهد (شکل ۱۷-۲). 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، مقدار دما، فشار و افزایش آن بسیار مهم است، اما این پایان داستان نیست (شکل ۱۷-۲).



شکل ۱۷-۲. تشکیل ذخایر نفت و گاز در محیط‌های دریایی

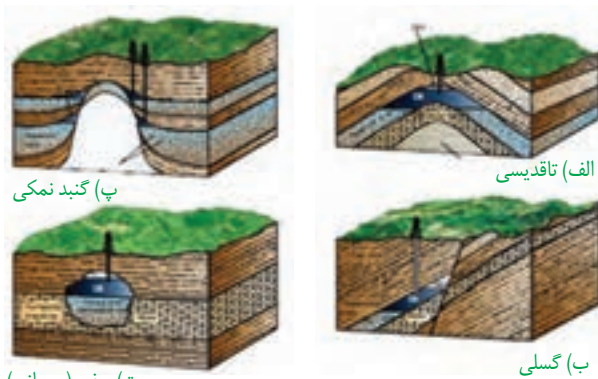
● اگر در فرایند تشکیل نفت خام، فشار و دما از حد مورد نیاز برای تشکیل نفت، بیشتر یا کمتر شود، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

**مهاجرت نفت:** نفت و گازی که در سنگ مادر تشکیل می‌شود، همراه با آب دریا که از زمان رسوب‌گذاری در سنگ به دام افتاده، از طریق نفوذپذیری سنگ‌ها، به سمت بالا حرکت می‌کند که به آن مهاجرت اولیه نفت می‌گویند. چنانچه 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 ممکن است نفت، در سطح زمین تبخیر و دچار اکسایش و غلیظ‌شدگی شده و ذخایر قیر طبیعی را به وجود آورد 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 به دام می‌اندازد. ویژگی مهم سنگ مخزن، وجود تخلخل و نفوذپذیری زیاد آن است. مانند: ماسه سنگ و سنگ آهک حفره‌دار (ریف‌ها). مخازن 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: تاقدیسی، گسلی، گنبد نمکی، ریفی (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 ۱/۰ درصد آن، همه ذخایر نفت موجود را تشکیل داده است.



(ب) گنبد نمکی

(الف) تاقدیسی

(ت) ریفی (مرجانی)

(ب) گسلی

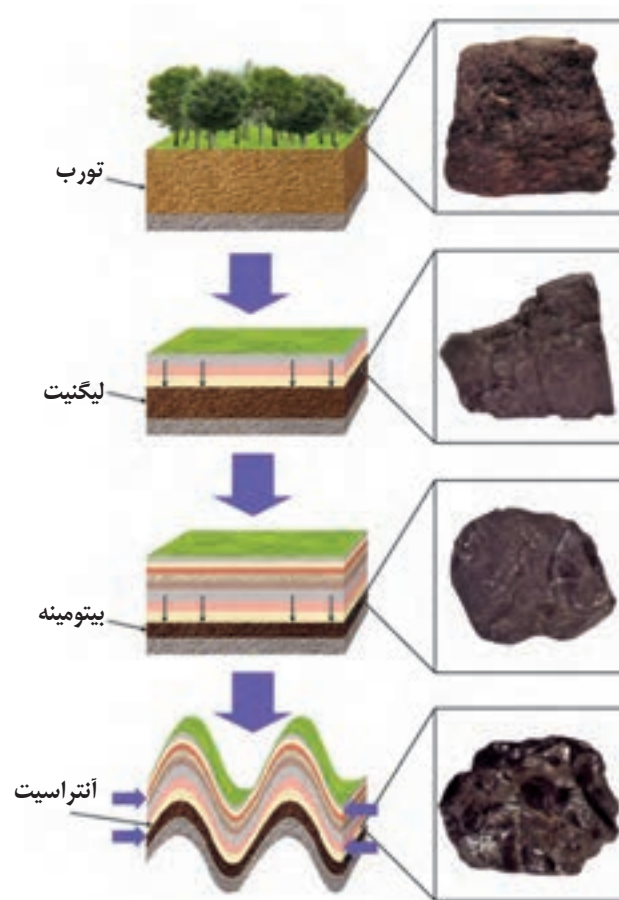
شکل ۱۸-۲. انواع تله‌های نفتی



**زغال سنگ:** 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 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 ۱۹-۲).

شکل ۱۹-۲. تورب

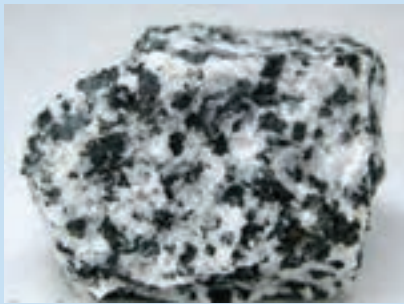
در طی میلیون‌ها سال، تورب در زیر فشار رسوبات و وزن سنگ‌های بالایی، فشرده‌تر شده و آب و مواد فرّار مانند کربن‌دی‌اکسید و متان از آن خارج می‌شود. با خروج این مواد، در نهایت، ضخامت تورب که ماده‌ای پوک و متخلخل است، کاهش می‌یابد و به لیگنیت تبدیل می‌شود. با افزایش تراکم، لیگنیت به زغال سنگ‌های مرغوب‌تری به نام بیتومینه و سپس آنتراسیت تبدیل می‌شود (شکل ۲۰-۲). 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 ۲۰-۲. مراحل تشکیل آنتراسیت (زغال رسیده)

### فکر کنید

- وجود ذخایر زغال سنگ در سیبری که امروزه، سرزمینی سرد و بدون جنگل‌های انبوه می‌باشد را چگونه توجیه می‌کنید؟
- لایه‌های زغال دار طبس، نشان دهنده چه نوع آب و هوایی در گذشته در این منطقه است؟
- چرا برخی از مناطق، با وجود جنگلی بودن، مکان مناسبی برای تشکیل زغال سنگ نیستند؟



● **سنگ شناسی (پترولوژی):** سنگ شناسی، شاخه‌ای از زمین شناسی است که در آن شیوه تشکیل، منشأ، رده‌بندی و ترکیب سنگ‌های آذرین و دگرگونی بررسی می‌شود. فرایندهای دگرگونی، آتش‌فشانی، نفوذ توده‌های آذرین در درون زمین و حتی در ماه و دیگر سیاره‌ها و مناطق زمین گرمایی، توسط پترولوژیست‌ها مورد مطالعه قرار می‌گیرد.



● **زمین شناسی اقتصادی:** زمین شناسانی که در موضوع زمین شناسی اقتصادی تخصص دارند، با بهره‌گیری از اصول زمین شناسی و پراکندگی عناصر در پوسته زمین، به دنبال مکان‌هایی 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 می‌کند. همچنین مکان‌هایی که نفت می‌تواند در آنجا انباشته شود، شناسایی و مکان‌هایی از یک میدان نفتی یا گازی که برای حفاری و استخراج نفت مناسب است را مشخص می‌کند.



● **ژئوشیمی:** کلارک و محققان دیگر، مطالعات زیادی درباره ترکیب سیارات به‌ویژه زمین انجام دادند و یافته‌های آنها، پایه علم ژئوشیمی امروزه را تشکیل داده است. مطالعات روی ترکیب سیارات که در واقع همان ترکیب تقریبی زمین است، تأثیر بسزایی در شناخت عناصر و منابع روی زمین و چگونگی تشکیل آنها دارد و باعث می‌شود منابع ارزشمند شناخته شوند و بهره‌برداری بهتری از آنها در زندگی امروزی صورت گیرد.

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





## فصل ۳

### منابع آب و خاک

فضانوردان، زمین را یک سیاره آبی و بسیار زیبا توصیف کرده‌اند. آب با حالت‌های جامد، مایع و گاز، باعث تغییرات وسیعی در لایه سطحی و پیرامون کره زمین می‌شود. آب، نماد زندگی است و در سفری پایان‌ناپذیر بین سنگ کره و هوا کره، سبب تغییر پوسته زمین، فرسایش، تغییرات اقلیمی و... می‌شود.

آیا می‌توان بدون آب به زندگی ادامه داد؟ سطح زمین بدون آب، چه منظره‌ای خواهد داشت؟ در آینده نزدیک، با افزایش روزافزون جمعیت و توسعه کشاورزی و صنعت، گرم شدن کره زمین و... بشر با چه چالش‌هایی برای تأمین آب شیرین روبه‌رو خواهد شد؟

آیا می‌توان بدون خاک به زندگی ادامه داد؟ خاک، چه نقشی در زندگی گیاهان و جانوران دارد؟ آیا می‌دانید خاک، چگونه و از چه موادی تشکیل می‌شود؟

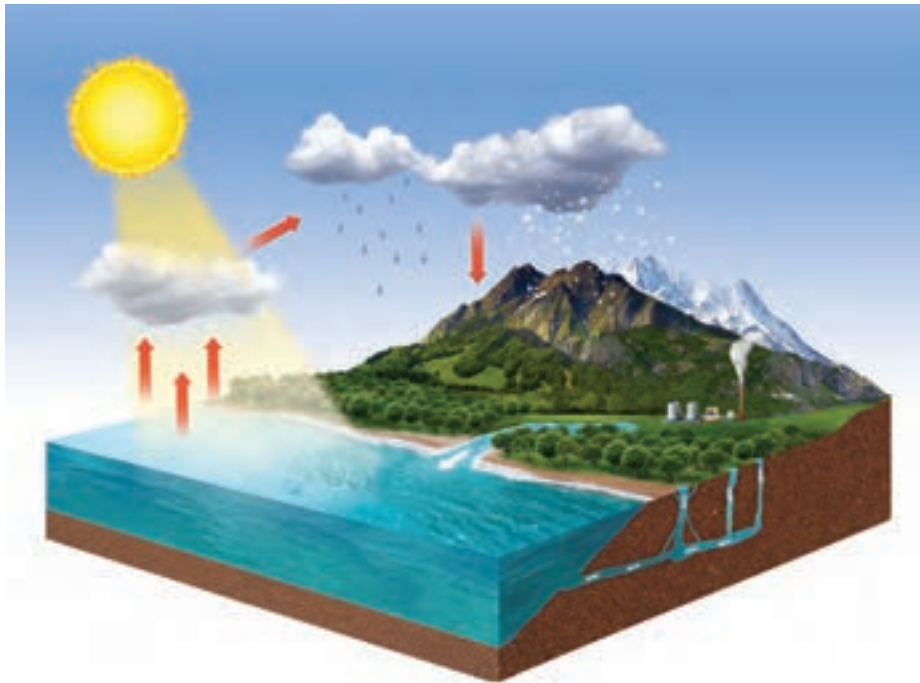


فرسایش



فرونشست زمین

زندگی انسان و سایر جانداران، بدون آب امکان پذیر 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 برگاب را به وجود می‌آورد (شکل ۱-۳-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، مجدد به سطح زمین راه می‌یابد (شکل ۱-۳-ب).



ب) چرخه آب

### با هم ببیند پیشید

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



شکل ۱-۳-الف) نمایی از برگاب

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



**جمع آوری اطلاعات**

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



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

$$Q = A \times V$$



$Q$ : دبی برحسب متر مکعب بر ثانیه  
 $A$ : مساحت سطح مقطع جریان آب برحسب متر مربع  
 $V$ : سرعت جریان آب برحسب 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 اندازه‌گیری آبدهی رود

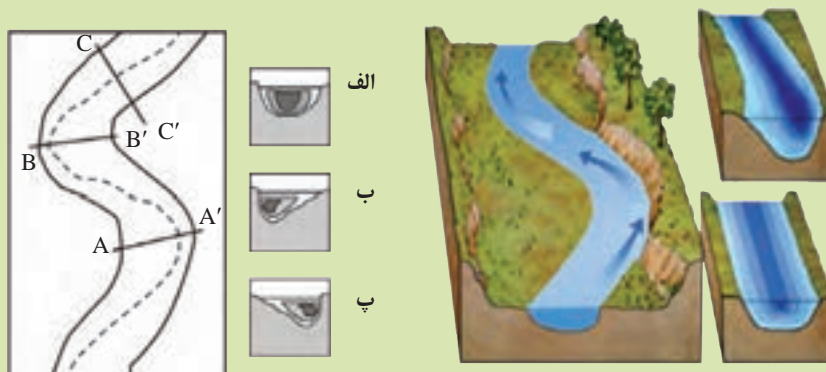
- آب در رودی با سطح مقطع ۱۰۰ مترمربع، و با سرعت متوسط ۲ متر بر ثانیه در جریان است. آبدهی رود را محاسبه کنید.
- اگر این رود به یک تالاب منتهی شود، در طی یک هفته، چند متر مکعب آب را وارد تالاب می‌کند؟

**پیوند با ریاضی**

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- هریک از نیم‌رخ‌های الف و ب و پ مربوط به کدام مقطع رود می‌باشد؟



مقاطع مختلف رود

### آب زیرزمینی

انسان‌های نخستین، از آب زیرزمینی تنها 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؟



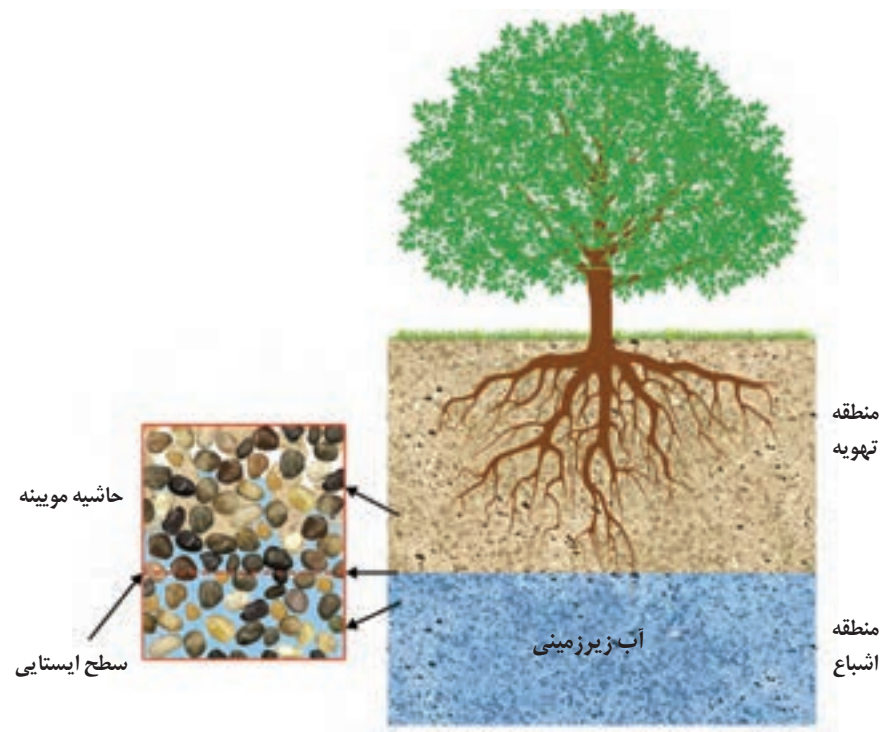
## مفاخر ایرانی

● 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. ابوحاتم مظفر اسفرازی (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.



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

شکل ۳-۴. تشکیل برکه با آب زیرزمینی

### جمع آوری اطلاعات

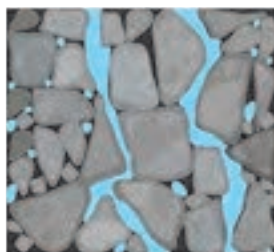
- در مورد عوامل مؤثر بر تغییرات عمق سطح ایستابی در یک منطقه، اطلاعاتی جمع آوری و در کلاس ارائه دهید.

**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.

$$\text{درصد تخلخل} = \frac{\text{حجم فضاهای خالی (m}^3\text{)}}{\text{حجم کل (m}^3\text{)}} \times 100$$

### پیوند با ریاضی

- بر اثر بهره برداری از یک آبخوان در یک دشت به مساحت  $10^6 \times 200$  متر مربع و تخلخل  $30\%$ ، سطح ایستابی  $10$  متر افت کرده است. چه حجمی از آب تخلیه شده است؟
- چنانچه این حجم آب در طی  $30$  روز پمپاژ شده باشد، میانگین آبدهی چاه ها چقدر بوده است؟

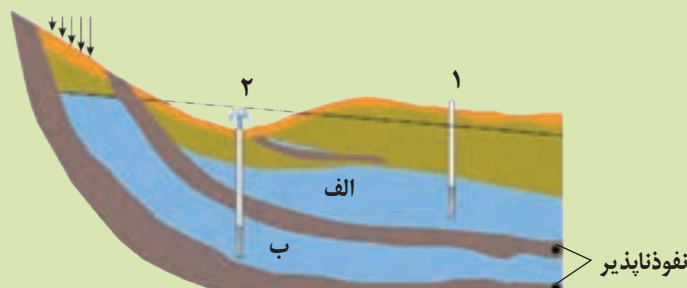


شکل ۳-۵. تخلخل و نفوذپذیری

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.

• در کتاب علوم پایه هفتم با آبخوان و انواع آن آشنا شدید. در این باره به پرسش های زیر پاسخ دهید:

- ۱- آبخوان چیست؟
- ۲- در شکل زیر، نوع آبخوان های الف و ب را مشخص کنید.
- ۳- چاه های شماره ۱ و ۲ چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟



**آبخوان:** سنگ ها و رسوبات مختلف از نظر تشکیل آبخوان و میزان آبدهی، ویژگی های متفاوتی دارند. آبرفت ها و سنگ های آهکی حفره دار (آهک کارستی) قابلیت تشکیل آبخوان را دارند ولی، شیل ها، سنگ های دگرگونی و آذرین، آبخوان خوبی تشکیل نمی دهند به طوری که، معمولاً یا چشمه ای در آنها به وجود نمی آید یا در صورت تشکیل، چشمه هایی با آبدهی بسیار کم و فصلی دارند. در حالی که در سنگ های آهکی حفره دار، معمولاً چشمه های پر آب و دائمی ایجاد می شود (شکل ۳-۶). افزون بر آن، عواملی مانند شرایط آب و هوایی، میزان نفوذپذیری، تخلخل، شیب زمین و ساختمان زمین شناسی محل بر نوع آبخوان تأثیر دارد. اگر چاهی در یک لایه آبدار آزاد حفر شود، تراز آب در چاه، نمایانگر سطح ایستابی و در لایه آبدار تحت فشار، سطح پیزومتریک است.



ب) چشمه کارستی گاماسیاب نهبوند



شکل ۳-۶- الف) چشمه کارستی طاق بستان کرمانشاه

**حرکت آب زیرزمینی:** آب برای حرکت در داخل زمین، نیاز به انرژی دارد. آب زیرزمینی به طور کلی، از مکانی با انرژی بیشتر به مکانی با انرژی کمتر حرکت می کند. 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 می کند.

**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 حل شده 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 است. سنگ‌های تخییری 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.

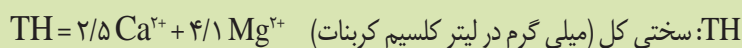
لایه‌های آبدار موجود در رسوبات رودخانه‌ای و آبرفتی به‌طور معمول، حاوی آب شیرین هستند. در نواحی خشک، مانند مناطق کویری ایران، در برخی نقاط، شوری آب چنان زیاد است که برای بسیاری از موارد، نامناسب است.

### گفت‌وگو کنید

• در مناطق خشک، هر چقدر بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی بیشتر باشد، کیفیت آب، نامطلوب‌تر است. دلیل آن را توضیح دهید.

### پیوند با شیمی

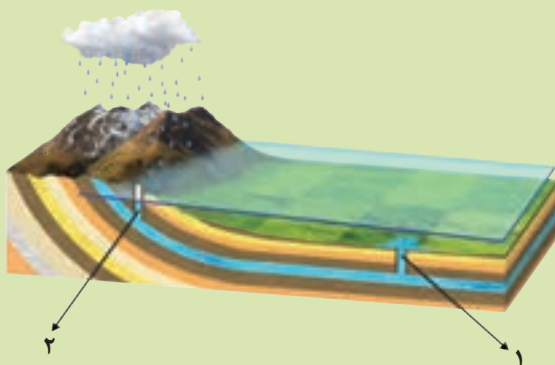
• سختی آب، به علت نمک‌های محلول در آن است. یون‌های کلسیم و منیزیم، به عنوان فراوان‌ترین یون‌های موجود در آب، ملاک تعیین سختی آب هستند.



• نمونه‌ای دارای ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، یون کلسیم و ۳۵ میلی‌گرم 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 شکل زیر را با هم مقایسه کنید.



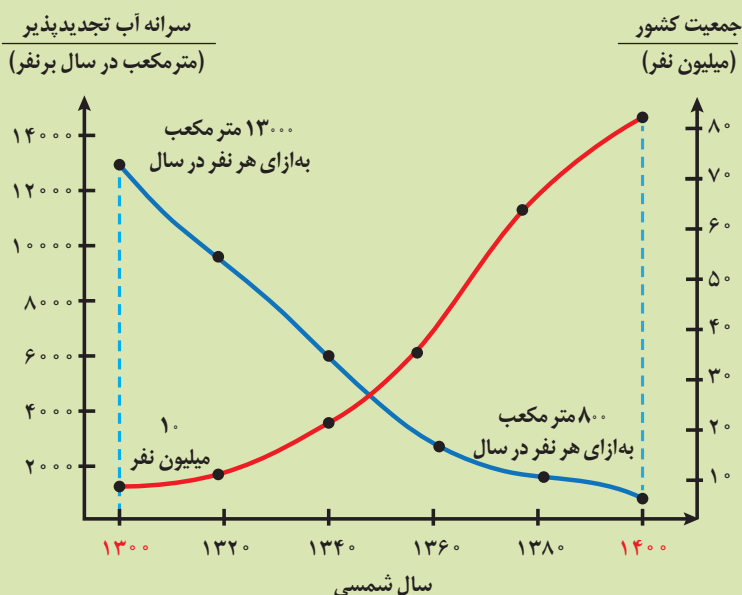


**تجدیدپذیری آب:** در مدیریت منابع آب، ذخایر آب به دو دسته تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم می‌شوند. آب تجدیدپذیر، آبی است که در مقیاس زمانی معین، پس از مصرف انسان، از طریق چرخه آب، جایگزین می‌شود. بخشی از ذخایر آب که پس از مصرف، جایگزین نمی‌شود، آب تجدیدناپذیر است. برای جلوگیری از ایجاد بحران آب، باید 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. بنابراین توجه به میزان مصرف منابع آبی کشور، بسیار مهم و حیاتی است. امروزه در برخی از کشورهای کم‌آب، بهره‌برداری از آب‌های فسیلی مطرح شده است.

**آب‌های فسیلی:** به آب‌هایی گفته می‌شود که در طی چند هزار سال گذشته در اعماق زیاد محبوس شده‌اند و در چرخه آب قرار ندارند.

### تفسیر کنید

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



**توازن آب (بیان 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.

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 می‌پیوندد ( $\Delta S$ )، رابطه زیر برقرار است:

$$I - O = \Delta S$$

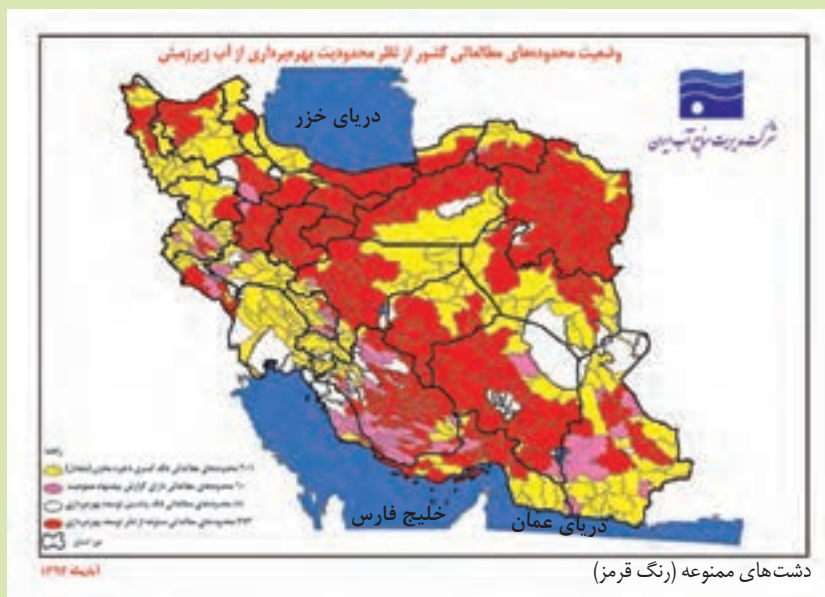
به عبارتی، تغییراتی که در حجم آب داخل آبخوان اتفاق می‌افتد، با اختلاف آب ورودی و خروجی از آن برابر است. اگر مقدار آب ورودی به آبخوان، بیشتر از مقدار آب خروجی باشد، بیان، مثبت و اگر کمتر از آن باشد، بیان، منفی است.

در طی سال‌های گذشته به علت بهره‌برداری زیاد از منابع آبی، بیابان منابع آب در کل کشور و در بیشتر ۶۰۹ 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:

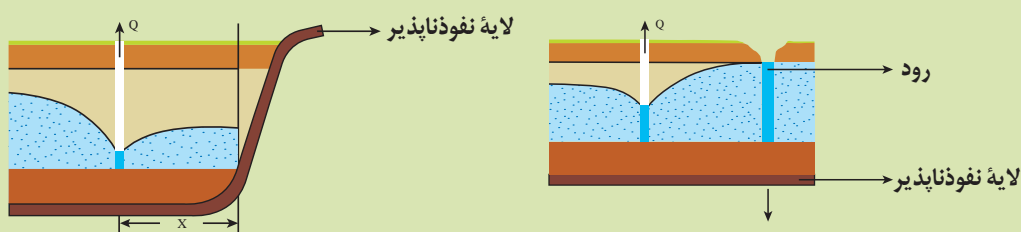
- پرمصرف‌ترین و کم‌مصرف‌ترین استان کشور از نظر مصرف آب تجدیدنپذیر، کدام استان‌ها هستند؟
- آیا محل سکونت شما در محدوده دشت‌های ممنوعه واقع شده است؟



## 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؟





الف) فرونشست ناگهانی



ب) فرونشست تدریجی

شکل ۷-۳

**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 ۷-۳ الف) و یا آرام و نامحسوس به صورت نشست سطح وسیعی از منطقه و ایجاد ترک و شکاف در سطح زمین نمایان می‌شود (شکل ۷-۳ 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.

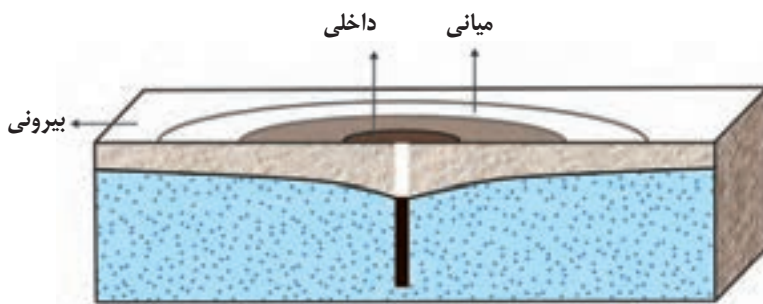
## کاوش کنید

- 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 ترکیب شیمیایی و 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)، به طور مستقیم وارد آب زیرزمینی می‌شوند. در حالت غیر نقطه‌ای، مواد آلوده کننده به وسیله 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 کمیّت 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 ۵۰۰ متر است. حریم 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 ۸-۳).



شکل ۸-۳- پهنه‌های حریم چاه

جدول زیر را کامل کنید.

فعالیت	حریم	ردیف
	بیرونی	۱
	میانی	۲
	داخلی	۳

## منابع خاک

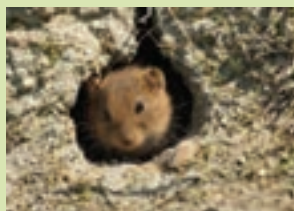
در کتاب‌های درسی علوم تجربی آموختید که خاک، حاصل هوازگی و خرد شدن سنگ‌ها است (شکل ۹-۳). خاک، محیط مناسبی برای کشت گیاهان و محلی برای زندگی برخی موجودات زنده است. خاک به‌عنوان سطحی‌ترین قشر زمین و بستر تولید محصول کشاورزی شناخته می‌شود که به‌طور دائمی در معرض تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی است.



شکل ۹-۳- خرد شدن سنگ‌ها

## یادآوری

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



پ



ب



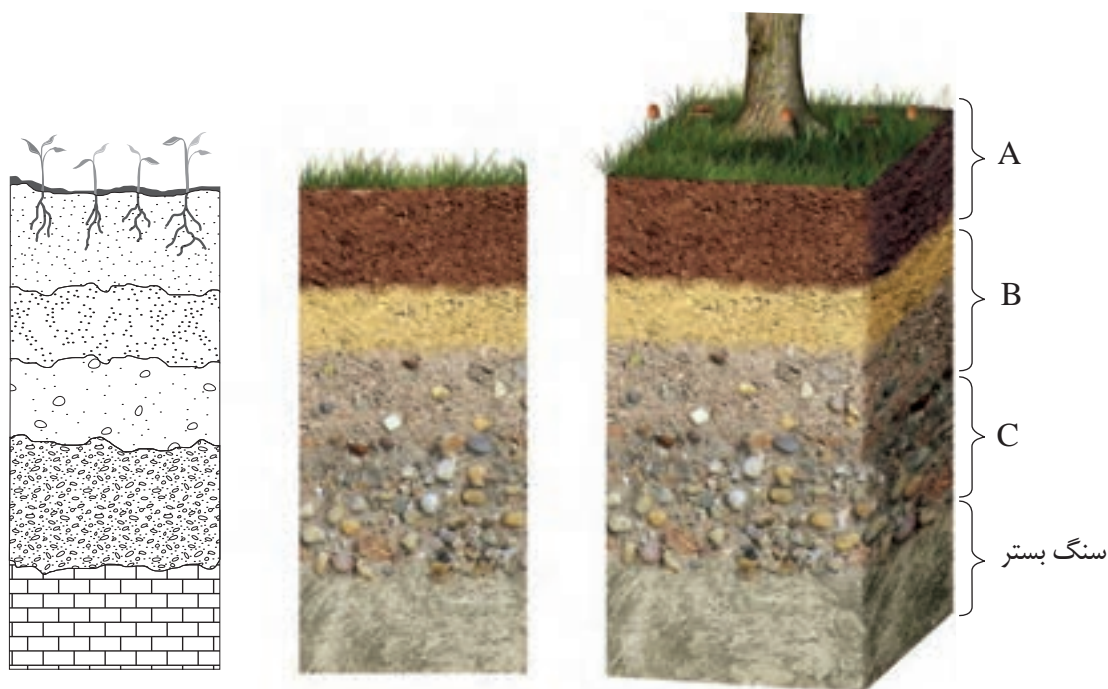
الف

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

ذرات تشکیل دهنده 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 در خود نگه دارند، بستگی به اندازه ذرات خاک دارد. هرچه ذرات خاک ریزتر باشد، آب بیشتری را در خود نگه می‌دارد. 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 گیاهک، 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 ۱۰-۳).



شکل ۱۰-۳- افق‌های خاک

افق A، بالاترین لایه خاک است. ریشه گیاهان در آن رشد می کنند. این افق، معمولاً حاوی گیاخاک به همراه ماسه و رس است. وجود مواد آلی باعث رنگ خاکستری تا سیاه این افق می شود. افق B یا خاک میانی، معمولاً از رس، ماسه، شن و مقدار کمی گیاخاک تشکیل می شود. 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 یا تجزیه ای در آن صورت نگرفته است. اگرچه این افقها در بسیاری از نیمرخ خاکها مشاهده می شود ولی، خاکهای مناطق مختلف از نظر رنگ، بافت، ضخامت و ترکیب شیمیایی متفاوت هستند. خاک حاصل از تخریب سیلیکاتها و سنگهای فسفاتی، از نظر کشاورزی و صنعتی ارزش زیادی دارد. در صورتی که خاکهای حاصل از تخریب سنگهای دارای کانیهای 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. 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.

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

• بیشترین محصولات کشاورزی از مناطق معتدله 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، یخچال، 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.

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



الف



ب

## گفت و گو کنید

● درباره نقش فعالیت‌های 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، در جریان باشد، مقداری از ذرات خاک از بستر، جدا و با آب حمل می‌شوند. مهم‌ترین ویژگی بارندگی که در فرسایش زمین مؤثر می‌باشد، 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 خندق‌ها، علاوه بر آنکه از ارزش زمین‌های کشاورزی 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 ۱۱-۳).

## جمع‌آوری اطلاعات

● هر یک از پیامدهای زیر، در محل زندگی شما مربوط به کدام نوع بارندگی (آرام و کوتاه - آرام و طولانی - شدید و کوتاه - شدید و طولانی) است؟  
نفوذ آب به آبخوان - فرسایش خاک - وقوع سیل - ایجاد رواناب

قدرت فرساینده‌ی رواناب، بستگی به سرعت و میزان مواد معلق موجود در رواناب دارد. هر چه سرعت رواناب و 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 شود، رسوب‌گذاری رود شروع می‌گردد.

## جمع‌آوری اطلاعات

در مورد فرسایش خاک و عوامل مؤثر بر آن، اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

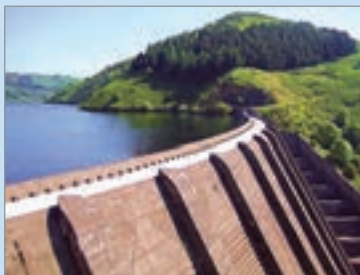
- ۱- برای افزایش نفوذپذیری خاک، به منظور کاهش رواناب، چه اقدامی می‌توان انجام داد؟
- ۲- آتش‌زدن زمین‌های کشاورزی، پس از برداشت محصول، چه تأثیری بر فرسایش خاک دارد؟

فرسایش خاک، باعث کاهش سطح زیر کشت و کاهش حاصلخیزی زمین‌ها می‌شود. همچنین با ته‌نشینی مواد در آبراهه‌ها و مخازن سدها و کاهش ظرفیت آب‌گیری آنها، خسارت‌های فراوانی را ایجاد می‌کند.



● 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.



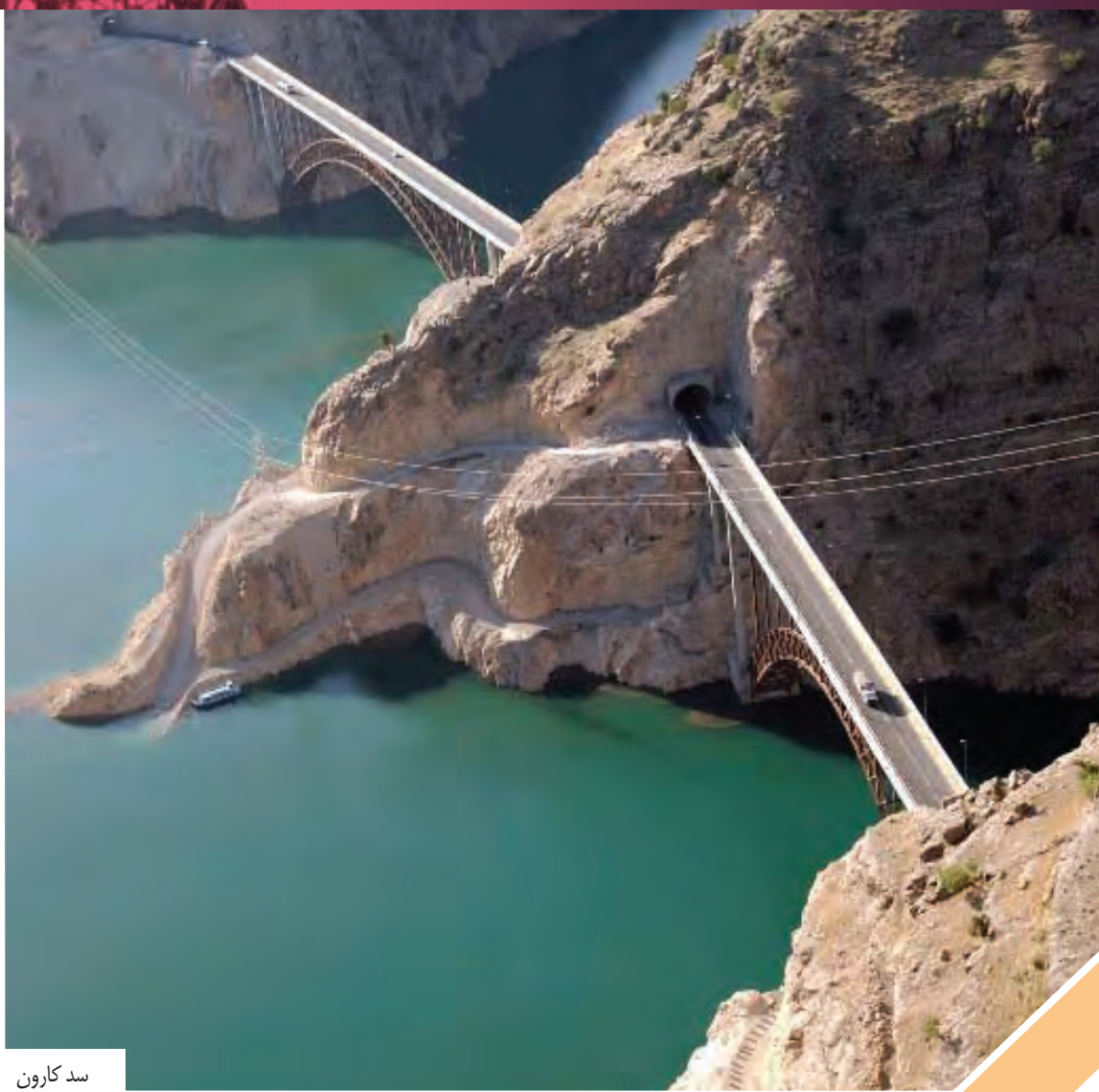
● **هیدروژئولوژی:** مطالعه در زمینه چگونگی حرکت آب در درون زمین، اکتشاف و شناخت ویژگی‌های آب‌های زیرزمینی، نحوه بهره‌برداری و فعالیت‌های عمرانی و معدنی مرتبط با آب‌های زیرزمینی در علم هیدروژئولوژی انجام می‌شود.

● **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 محیط‌زیست، شرکت‌های مهندسی مشاور مرتبط با تأمین و انتقال آب، سدسازی و تونل‌سازی، وزارت راه و شهرسازی، شهرداری‌ها و... می‌توانند در هدایت پروژه‌های عمرانی و پژوهشی کمک شایانی داشته باشند.



فرسایش زمین و تشکیل دره توسط آب و باد

علم،  
زندگی،  
کار آفرینی



سد کارون

# ۴ فصل

## 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 به دست 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.



سکوی نفتی - خلیج فارس



تونل نیایش - تهران

## مکان یابی سازه‌ها

قبل از اجرای پروژه‌های عمرانی مانند سد، نیروگاه، بزرگراه، پل، مجتمع‌های تجاری و مسکونی، برج‌ها و ... که سازه نامیده می‌شوند، انجام مطالعات زمین‌شناسی سنگ بستر آنها، ضروری است. در این مطالعات، ناهمواری‌های 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.



● در شکل روبه‌رو، با توجه به مورفولوژی منطقه، کدام محل را برای ساخت یک پل بر روی دره پیشنهاد می‌کنید؟

بیشتر  
بیندیشید

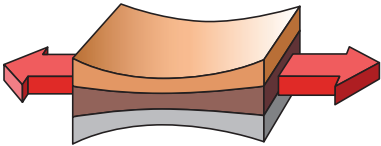
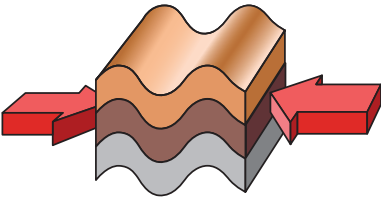
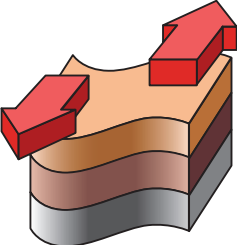
یکی از عوامل مهم در مکان‌یابی ساختگاه سازه‌ها، مقاومت زمین پی آنها در برابر نیروهای وارده است. به عنوان مثال، در پشت یک سد، فشار زیادی از طرف آب به لایه‌های زیرین، تکیه‌گاه و همچنین بدنه سد، وارد می‌شود. سد نیز، وزن زیادی دارد که گاه به چندین میلیون تن می‌رسد. بنابراین، آبرفت یا سنگ‌های پی سد، باید در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

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

جدول ۱-۴- 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، به منظور نمونه برداری از خاک یا سنگ پی سازه، گمانه‌ها یا چال‌های باریک و عمیقی در نقاط مختلف محل احداث سازه حفر می‌شود. نمونه‌های سنگ یا خاک برداشت شده، به آزمایشگاه‌های تخصصی ارسال می‌شود و مقدار مقاومت سنگ و خاک در برابر تنش‌های وارده را مورد بررسی قرار می‌دهند (شکل ۱-۴).



ب) دستگاه حفاری گمانه



شکل ۱-۴- الف) مغزه‌گیری با گمانه‌های اکتشافی

## 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 ۲-۴).



(پ)



(ب)



(الف)

شکل ۲-۴. الف) کش‌سان - ب) خمیرسان - پ) شکننده

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 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، به طور کامل به حالت اولیه خود بر نمی‌گردند.



ب) رفتار شکننده سنگ‌ها



الف) رفتار پلاستیک سنگ‌ها

شکل ۳-۴. 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 امیر کبیر 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 پی‌سازه‌ها مناسب نیستند. برخی از سنگ‌های رسوبی، مانند ماسه سنگ‌ها، استحکام لازم برای ساخت سازه را دارند اما، سنگ‌های تبخیری مانند سنگ گچ، نمک و شیل‌ها 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).



ب) تشکیل حفره‌های انحلالی



شکل ۴-۴ الف) کارستی شدن

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. انحلال پذیری 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 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

## بیشتر بدانید

● سد کریت (کوریت)، یک سد تاریخی است که در شهرستان طبس و در کیلومتر ۵۶ جاده طبس-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، قدیمی ترین و بزرگ ترین سد قوسی جهان به مدت ۵۵۰ سال بوده است. نکته جالب تر آنکه این سد، با عرض تاج یک متر، هنوز هم عنوان نازک ترین سد جهان را دارد. آجرهای مربعی شکل، سنگ و ساروج، آهک و خاک رس، از عمده ترین مصالح به کار رفته در ساخت سد است.



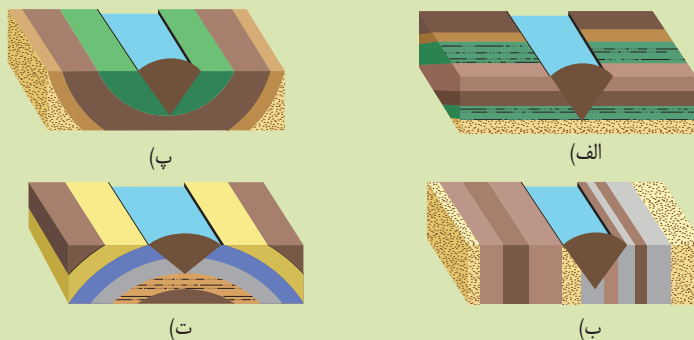
در مطالعات زمین شناسی سد، وضعیت مخزن، تکیه گاه ها و پی سد (شکل ۵-۴) از نظر پایداری و فرار آب مورد بررسی قرار می گیرد. برای آنکه فرار آب از مخزن سد صورت نگیرد باید دیواره ها و کف مخزن نفوذناپذیر باشند یا از نفوذپذیری بسیار کمی برخوردار باشند.



شکل ۵-۴- نمایی از بخش های مختلف یک سد

● شرایط مختلفی از وضعیت شیب و امتداد لایه های 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.

## با هم بیندیشید



## آیا می دانید

● قرار گرفتن سنگ های تبخیری مانند لایه های نمک در محدوده دریاچه سدها، معمولاً باعث تغییر نامطلوب کیفیت آب مخزن می شود. در سال های اخیر، وجود لایه های گچی و نمکی در محدوده مخزن چند سد، باعث مشکلاتی در کیفیت آب مخزن آنها شده است.

رسوباتی که از طریق رودها به مخزن سدها حمل می شوند، به تدریج از ظرفیت مخزن می کاهند. بعضی از سدهای کشور، بر اثر انباشته شدن از رسوبات، بخش قابل توجهی از کارایی خود را از دست داده اند.



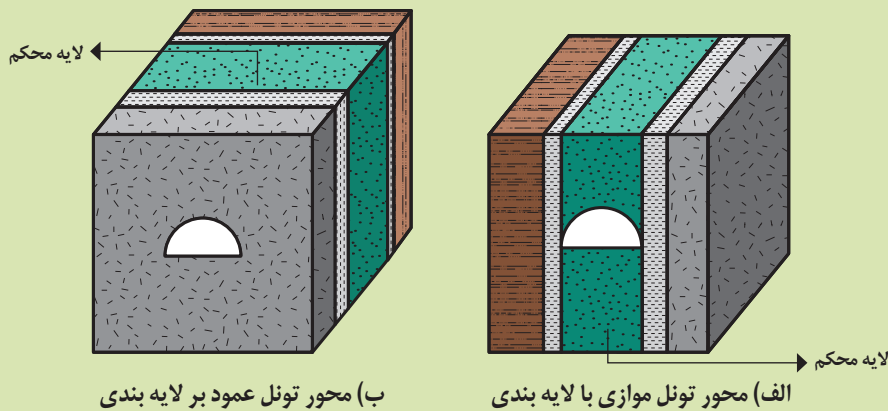
• در مورد علت فرار آب از مخزن سد لار اطلاعات جمع آوری کنید و در کلاس ارائه دهید.

### 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 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 خرد شدگی، هوازدگی یا نشست آب، متمرکز کند.

• با توجه به شکل‌های زیر، احداث تونل در کدام مناسب‌تر است؟  
دلیل خود را بیان کنید.



### کاوش کنید

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

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

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، ترانشه‌ها و زمین زیر سازه و حتی درون سازه‌هایی مانند سدها، بسیار مهم است. به طور کلی، تونل‌هایی که در بالای سطح ایستابی 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 ۴-۶).



شکل ۴-۶- پوشش داخلی تونل به وسیله قطعات بتن

### 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 دریا استخراج می‌شوند. سازه‌های دریایی، مانند اسکله‌ها، پایانه‌های نفتی، تونل‌های زیردریایی، پل‌ها و جاده‌ها، در سواحل دریا یا در دریا احداث می‌شوند. (شکل ۴-۷) در شمال و جنوب ایران، سازه‌های دریایی فراوانی احداث شده‌اند. در مکان‌هایی این سازه‌ها مانند سازه‌های خشکی، باید مطالعات زمین‌شناسی به طور 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 ژاپن

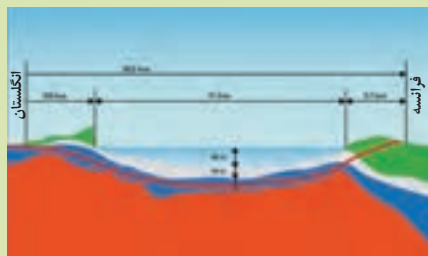


الف) پایانه نفتی خارک

شکل ۴-۷

۱- ترانشه: به فرورفتگی مصنوعی یا طبیعی در سطح زمین گفته می‌شود که ژرفای آن از پهنايش بیشتر (طولیل و عمیق) است.

## بیشتر بدانید



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

این تونل ۴۰ 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 مانس که به آن تونل کانال نیز گفته می‌شود، انگلستان را از طریق خشکی به دیگر کشورهای اروپایی متصل کرده است. مانس که انجمن مهندسان عمران آمریکا آن را یکی از عجایب هفت‌گانه 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



(الف)



(ب)

شکل ۸-۴. پایداری‌سازی شیب به روش (الف) دیوار حائل، (ب) دیوار حائل گابیونی (دیوار سنگی با تورهای سیمی)

کشور ما، در یکی از کمربندهای لرزه‌خیز جهان واقع شده است و گسل‌های فعال در بیشتر مناطق آن 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 بازدیدهای صحرائی، این گسل‌ها را شناسایی می‌کنند و با استفاده از داده‌های ثبت شده 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 بر آن اساس انجام دهند. افزون بر این، پایداری محل احداث سازه در برابر **حرکات دامنه‌ای**<sup>۱</sup> از مواردی است که در مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها، مورد توجه زمین‌شناسان است.

یکی از خطراتی که سازه‌ها را در مناطق شیب‌دار 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 میخ‌کوبی، دامنه‌ها را پایدار می‌کنند. (شکل ۸-۴)

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

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.

### جمع‌آوری اطلاعات

- در پایداری دامنه‌ها، پوشش گیاهی، تأثیر مثبت و منفی دارد. در این باره اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

### گفت‌وگو کنید

- یکی از روش‌های پایدارسازی دامنه‌ها و ترانشه‌ها، میخ‌کوبی است که در شکل زیر نشان داده شده است. در مورد این روش‌ها در کلاس بحث کنید.



پایدارسازی شیب به روش میخ‌کوبی

### مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها

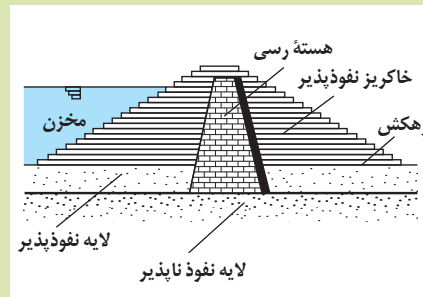
در احداث سازه‌ها، از مواد سازنده زمین، مانند خاک، شن، ماسه و سنگ استفاده می‌شود. مواد مورد نیاز برای هر سازه، باید دارای مقاومت، نفوذپذیری و اندازه دانه‌های مشخصی باشد که توسط آزمایش‌های لازم در آزمایشگاه‌های مکانیک خاک و سنگ مشخص می‌شوند.

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.

● 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 باند 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 ترانشه‌ها، به‌ویژه در ماه‌های مرطوب سال، ناشی از این پدیده است (شکل ۹-۴).



### مشاهده کنید

● 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.

شکل ۹-۴- زمین لغزش در یک جاده

## کاربرد مصالح خاک و خرده سنگی در راه سازی

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 می شود 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 می شود (شکل ۱۰-۴).



شکل ۱۰-۴. لایه های مختلف راه بر روی بستر طبیعی

در بخش زیر اساس که به عنوان لایه زهکش عمل می کند، از مخلوط شن و ماسه یا سنگ شکسته استفاده می شود. لایه های آستر و رویه که بایستی مقاوم باشند، از جنس آسفالت می باشند که مخلوطی از شن، ماسه و قیر است. یکی از کاربردهای مصالح خرده سنگی، در زیر سازی و تکیه گاه ریل های راه آهن است. این قطعات سنگی یا **بالاست**، علاوه بر نگهداری ریل ها و توزیع بار چرخ ها، عمل زهکشی را نیز به عهده دارند. بالاست مورد نیاز خطوط راه آهن، معمولاً از خرد کردن سنگی که از معدن استخراج می شود، به دست می آید (شکل ۱۱-۴).



شکل ۱۱-۴. بالاست در زیرسازی جاده ریلی

• **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.









## فصل ۵

### زمین‌شناسی و سلامت

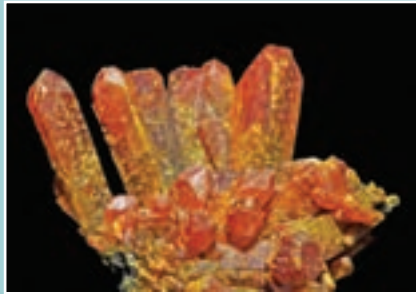
شاید در نگاه اول، ارتباطی بین زمین‌شناسی و سلامت انسان و علم پزشکی دیده نشود، اما وقتی بدانیم منشأ آبی که می‌نوشیم، غذایی که می‌خوریم و هوایی که تنفس می‌کنیم از زمین است، بهتر می‌توانیم این ارتباط را درک کنیم. بیشتر عناصری که در محیط زیست وجود دارند، از سنگ کره منشأ می‌گیرند. این عناصر بر اثر فرایندهای 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؟



کانی رالگار (حاوی مواد سمی)



کانی فلوئوریت



کانی اورپیمان (حاوی مواد سمی)



کانی هالیت

## زمین شناسی پزشکی

منشأ همهٔ 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.

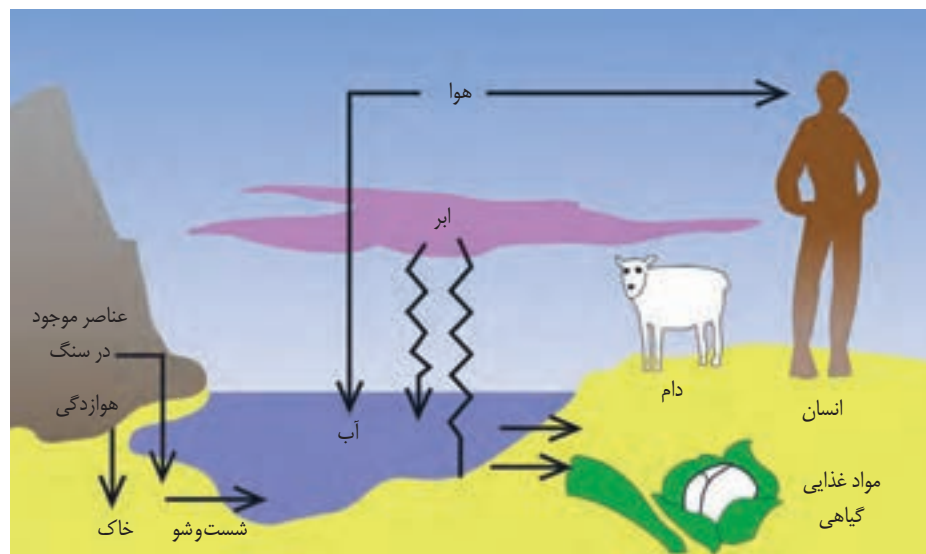
از مدت‌ها پیش مشخص شده بود که برخی بیماری‌ها در مناطق خاصی از زمین، شیوع بیشتری دارند. دانشمندان با آگاهی از ارتباط بین زمین و سلامتی، میان‌رشته جدیدی به نام زمین‌شناسی پزشکی را به شاخه‌های علم زمین‌شناسی افزودند تا نقش و تأثیر عناصر و کانی‌ها که از طریق هوا، آب و غذا، وارد بدن ما و دیگر موجودات زنده 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.

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



### مفاخر جهان

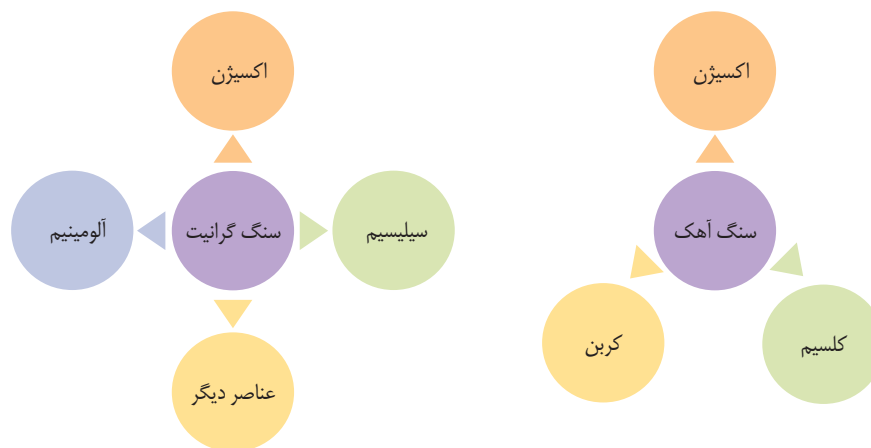
● **اوله سلینوس (Olle Selinus)** سوئدی، پدر علم زمین‌شناسی پزشکی است. پروفیسور سلینوس طی دو دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ میلادی، در زمینه اکتشاف مواد معدنی در سازمان زمین‌شناسی سوئد فعالیت داشت. از سال ۱۹۸۰ به بعد فعالیت‌های خود را در زمینه زمین‌شناسی زیست‌محیطی متمرکز کرد و به تحقیق در شاخه زمین‌شناسی پزشکی پرداخت. 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، 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.



شکل ۱-۵. عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر سلامت انسان

### پراکندگی و تمرکز عناصر

در علم ژئوشیمی، ترکیب شیمیایی سنگ، خاک و آب تعیین می‌شود. مطالعات ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که توزیع عناصر در زمین و ترکیب سنگ‌ها در مناطق مختلف، متفاوت است.

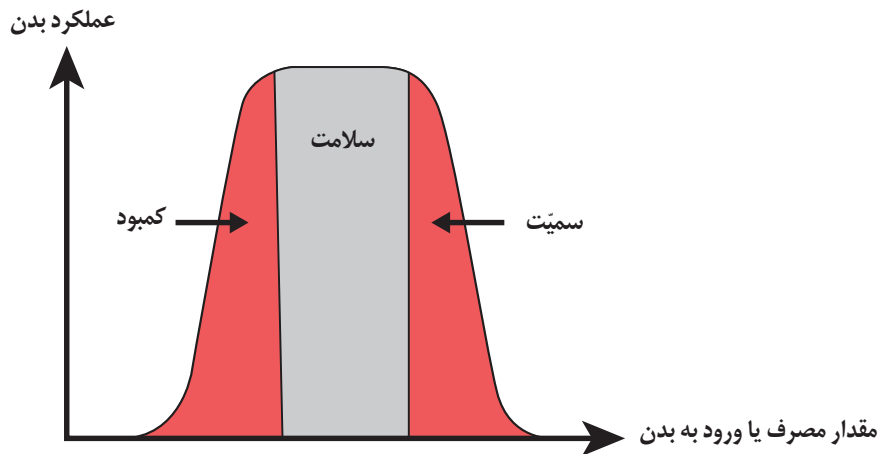


شکل ۲-۵. عناصر تشکیل‌دهنده گرانیت و سنگ آهک

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

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

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.



شکل ۳-۵- نمودار تأثیر عناصر بر سلامت انسان

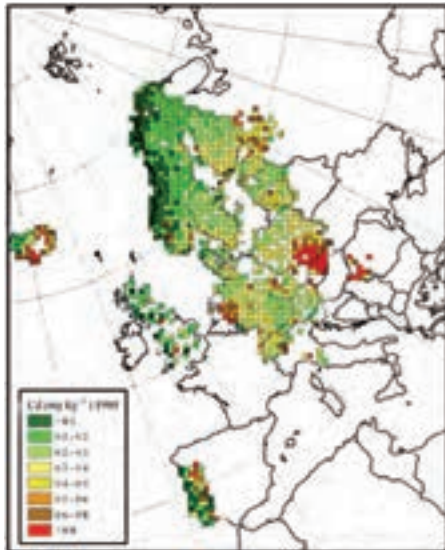
عناصر جزئی، در پوسته زمین و بدن موجودات زنده به مقدار بسیار کم یافت می‌شوند. این عناصر، گاهی در بدن به عنوان عنصر اساسی و مورد نیاز و گاهی به عنوان عنصر سمی محسوب می‌شوند که باعث ایجاد عوارض و یا بیماری می‌گردند.



## 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؟

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

## بیشتر بدانید

● 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. سنگ نوشته‌های 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 (پلومبیسزم)، شیوع شدید ناباروری، مرده‌زایی و عقب‌افتادگی ذهنی. بررسی شرح حال فیزیولوژیکی امپراتورهای



روم که بین سال‌های ۲۵۰ - ۱۵۰ سال پیش از میلاد می‌زیستند، نشان می‌دهد که بیشتر این افراد، دچار مسمومیت سرب بوده‌اند.

## منشأ بیماری های زمین زاد



**سنگ های دارای آرسنیک:** آرسنیک، یک عنصر غیر ضروری و سمی است. این عنصر، منشأ زمین زاد دارد و برخی سنگ ها مانند سنگ های آتشفشانی، دارای بی هنجاری مثبت آرسنیک است. مهم ترین 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، سنگ ها و کانی های دارای آرسنیک (مانند پیریت)، در معرض هوازدگی، اکسیده یا حل می شوند و عناصر موجود در آنها وارد منابع آب و سپس وارد بدن موجودات زنده می شود و باعث ایجاد بیماری می گردد.

وقتی مقادیر بالای این عنصر وارد بدن انسان می شود، عوارض و بیماری های متعددی مانند ایجاد لکه های پوستی، سخت شدن و شاخی شدن کف دست و پا، دیابت و سرطان پوست را ایجاد می کند.

شکل ۵-۵. آلودگی آب و خاک به آرسنیک

### بیشتر بدانید



● حدود پنجاه سال پیش، چاه های عمیق آب در بنگال غربی هندوستان حفر شد. مردم از این آب برای آبیاری مزارع برنج استفاده می کردند که زیربنای اقتصادی آنها را تشکیل می داد. پیش از آن، کشاورزان با آب محدودی که در دسترس بود، زمین های خود را آبیاری می کردند اما، با این روش جدید، سطح زیر کشت، بالا رفت و درآمد اقتصادی آنها به شدت افزایش یافت. آنها، آب را از چاه های عمیق برداشت می کردند و می توانستند 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 ۶۰۰۰۰۰ نفر دچار مرگ زودرس شدند. بعد از شیوع بیماری های فراوان در منطقه بنگال غربی و بنگلادش، مطالعات انجام شده توسط



خشک شدن و شاخی شدن پوست بر اثر مصرف آب حاوی آرسنیک در بنگلادش

زمین شناسان بر روی سنگ های سازنده آبخوان های منطقه، وجود لایه های رسوبی حاوی عنصر آرسنیک با رگه هایی از کانی پیریت را نشان داد که چاه ها را آلوده می کرد.



شکل ۵-۶. نقشه پراکندگی مناطق دارای آلودگی آرسنیک در جهان (نقاط 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 سرطان زاست 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.

### 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.

**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.



### بیشتر بدانید

● مسمومیت با جیوه، اولین بار در سال ۱۹۵۶ در میناماتا 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 ملقمه کردن طلا با جیوه، اطلاعات جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

### جمع‌آوری اطلاعات

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



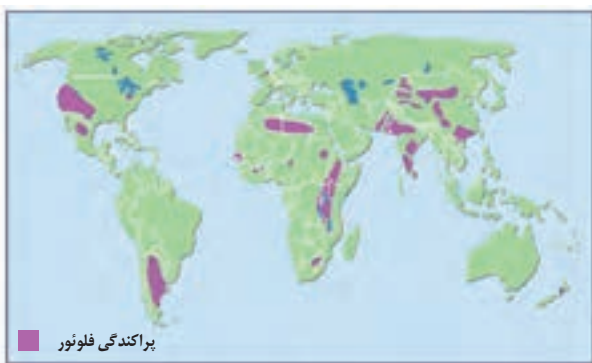
### بیشتر بدانید

● در صورتی که آب‌های طبیعی، دارای بی‌هنجاری مثبت فلوراید باشد، حدود ۲ تا ۸ برابر مقدار معمول فلوراید را وارد بدن می‌کند. در این حالت، دندان‌ها همچنان در برابر پوسیدگی مقاوم هستند و تنها ممکن است با لکه‌های تیره‌ای پوشیده شوند 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.



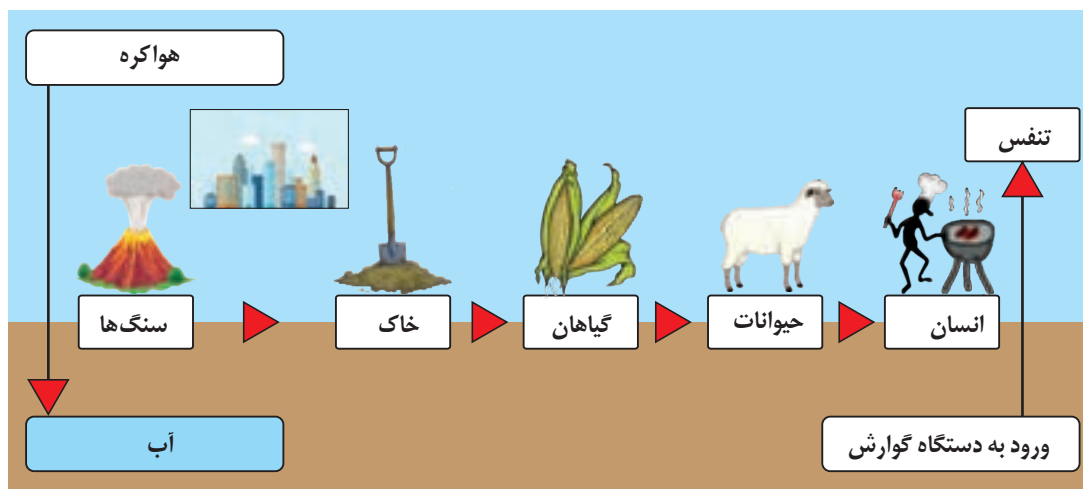
هنگامی که مصرف فلوراید بسیار افزایش می‌یابد و به ۲۰ تا ۴۰ برابر حد مجاز می‌رسد، خشکی استخوان و غضروف‌ها رخ می‌دهد.

مصرف بالای فلئورید، ممکن است برای انسان مسموم‌کننده باشد. بیش از ۲۰ میلیون نفر از مردم جهان از آبی استفاده می‌کنند که بر اساس استانداردهای جهانی، فلئورید بالاتر از حد مجاز دارند. مشکل کمبود فلئورید را می‌توان با اضافه کردن فلئورید به آب آشامیدنی رفع کرد. منشأ دیگر فلئورید، زغال سنگ حاوی فلئورید است و بر اثر سوزاندن زغال سنگ، مقدار زیادی فلئورید وارد محیط می‌شود.



شکل ۷-۵- پراکندگی مناطق دارای آلودگی فلئورید در جهان (رنگ صورتی)

**سنگ‌های دارای سلنیم: سلنیم**، یک عنصر اساسی ضدسرطان است که در کانی‌های سولفیدی و به خصوص در معادن طلا و نقره، 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 ۸-۵).



شکل ۸-۵- چرخه سلنیم

### بیشتر بدانید

- مارکو پولو، در سفر خود در سال ۱۲۷۵ میلادی به اقامتگاه قوییلای 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.



**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

### پیوند با زیست‌شناسی

- استفاده از اندوخته غذایی کدام گیاهان، سبب تأمین سلنیم موردنیاز بدن می‌شود؟



شکل ۹-۵- قرص روی

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

کمزدهای 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 هرمنز نام برد.

**غبارهای زمین‌زاد:** غباری که هر روز در حیاط خانه 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.

### ● 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



شکل ۱۰-۵. توفان گرد و غبار

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 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.

**آتشفشان‌ها:** فعالیت‌های آتشفشانی، فلزها و عناصر دیگر را از اعماق زمین به سطح می‌آورند. برای مثال بر اثر فوران آتشفشان 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، بریلیوم، کادمیم، جیوه، سرب، رادون و اورانیم 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.

### بیشتر بدانید

- بیماری سیلیکوسیس که حاصل استنشاق گرد و غبار دارای ذرات سیلیس است، در سده بیستم برای نخستین بار در بادیه‌نشینان 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 به نظر می‌رسد جمعیت مبتلا در آسیا به چند میلیون نفر برسد.



شکل ۱۱-۵. در طی دو روز، ۱۰ میلیارد تن ماگما و ۲۰ میلیون تن گوگرد دی‌اکسید از آتشفشان فعال پیناتوبو در سال ۱۹۹۱م، خارج شد و شرایط آب و هوایی کره زمین جهان 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 می‌کند.

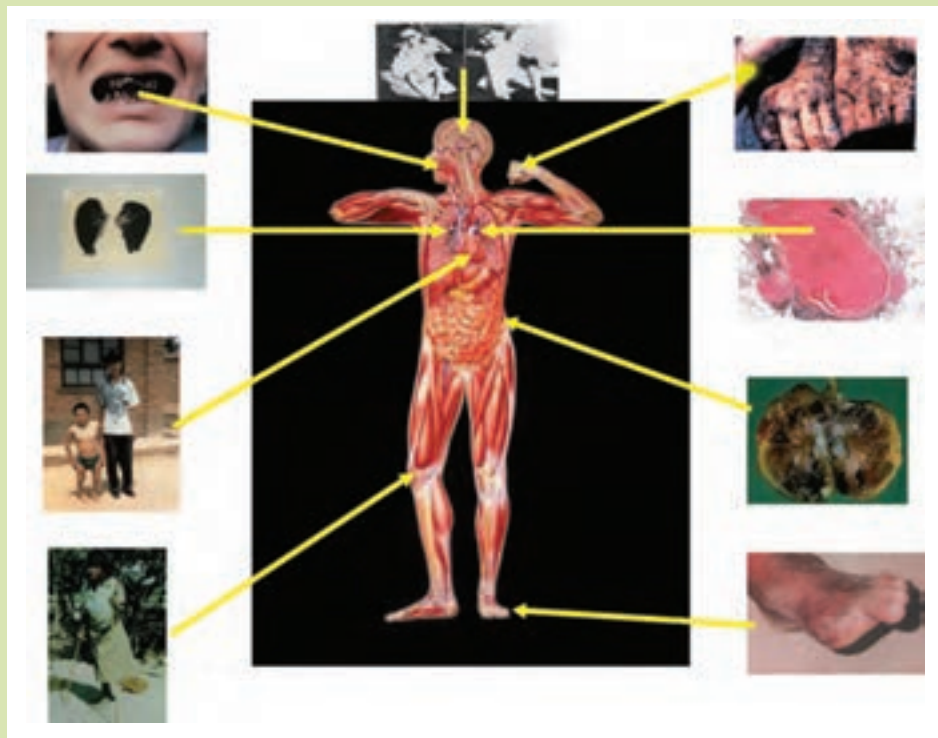
## یادآوری



• در کتاب علوم با کانی آزیست و تأثیر آن بر سلامت انسان آشنا شدید. در مورد استفاده از آزیست در ساخت وسایل مختلف 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؟



کانی ها، استفاده های گسترده ای در داروسازی و صنایع بهداشتی دارند. پودر بچه که از کانی تالک تشکیل شده، آشناترین مثال استفاده از کانی ها در این صنایع است. در آنتی بیوتیک ها و قرص های مسکن، بهبود زخم معده و ... از کانی های مختلف، به ویژه انواع رس ها استفاده می شود. در خمیردندان ها کانی فلوئوریت و کوارتز و در صنایع آرایشی، کرم های ضد آفتاب، تالک، میکا و رس ها کاربرد دارند. همچنین از سرب در تهیه لباس های محافظ در هنگام عکس برداری توسط پرتو X (ایکس) استفاده می شود.

علم،  
زندگی،  
کار آفرینی

● **زمین شناسی زیست محیطی:** شاخه ای از علم زمین شناسی است که با استفاده از اصول زمین شناسی، به حل مسائل زیست محیطی می پردازد. بهره برداری بیش از اندازه از منابع و معادن، فرسایش خاک، افزایش روزافزون پسماندها، فاضلاب ها و مواد شیمیایی موجب آلودگی بخش های مختلف زمین از جمله آب، هوا و خاک شده است. زمین شناسان زیست محیطی به مطالعه شیوه های انتقال و رفع آلاینده ها از محیط زیست می پردازند.



● **زمین شناسی پزشکی:** منشأ همه عناصر از زمین است و آلودگی های طبیعی و انسان زاد می تواند 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 ترکیب ها مانند نیترات ها 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 زمین شناسی پزشکی ضروری به نظر می رسد.



مجمع آب درمانی



نمک درمانی



گرمسار - استان سمنان



# ۶ فصل

## پویایی زمین

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



چین



گسل (بزرگراه زنجان - میانه)

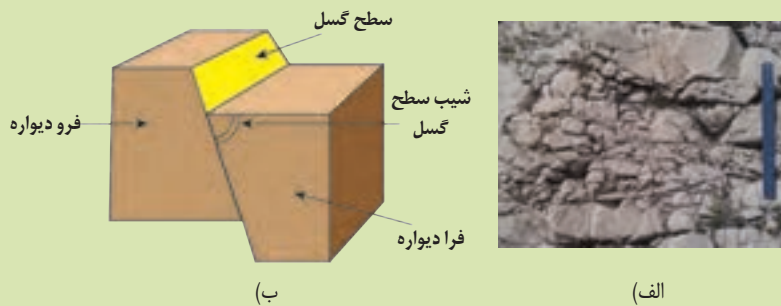


حرکت دامنه‌ای

## 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.

● 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.

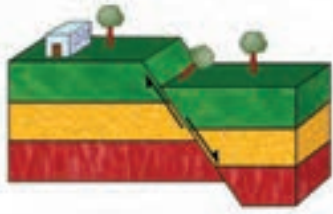
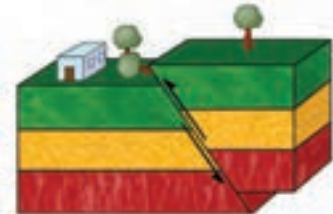
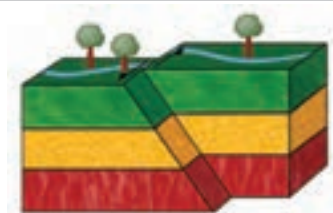


شکل ۱-۶- الف) درزه ب) گسل

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

## یادآوری

جدول ۱-۶- انواع گسل و ویژگی های آن

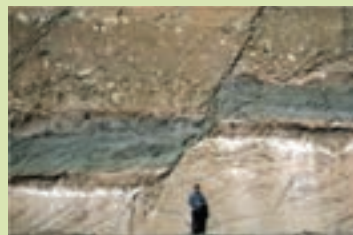
شکل شماتیک	نوع تنش	ویژگی	نوع گسل
	کششی	۱- سطح گسل مایل است. ۲- فرادیواره نسبت به فرودیواره به سمت پایین یا فرودیواره نسبت به فرادیواره به سمت بالا حرکت کرده است.	عادی
	فشاری	۱- سطح گسل مایل است. ۲- فرادیواره نسبت به فرودیواره، به سمت بالا یا فرودیواره نسبت به فرادیواره به سمت پایین حرکت کرده است.	معکوس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

فکر کنید

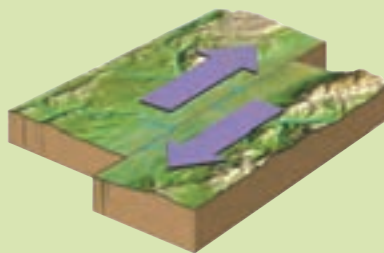
● در هر یک از گسل های زیر، نوع گسل را مشخص کنید.



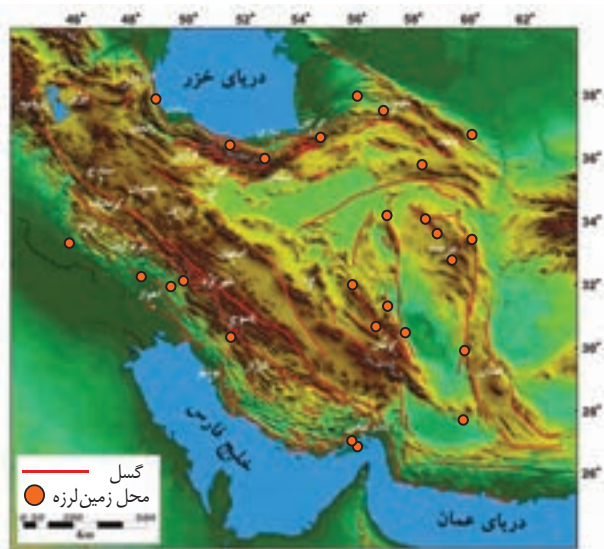
(الف)



(ب)



(پ)



شکل ۲-۶- نقشه خطر زمین لرزه در بخش‌های مختلف ایران. چه ارتباطی بین زمین لرزه‌ها با گسل‌ها دیده می‌شود؟

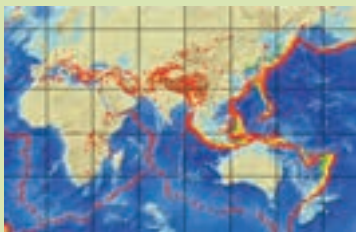
## زمین لرزه

زمین لرزه، نشانه آشکاری از پویایی زمین و بخشی از نظام آفرینش این سیاره است. در هر زمین لرزه، مقدار انرژی انباشته 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. 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. در هر زمین لرزه، از گروه لرزه‌ها صحبت می‌شود که شامل پیش لرزه، لرزه اصلی و پس لرزه است. زمین لرزه، معمولاً کمتر از یک دقیقه طول می‌کشد.

بسیاری از مناطق مسکونی، در معرض خطر زمین لرزه قرار دارند. آیا می‌دانید که با وقوع زمین لرزه، 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 زمین لرزه در مناطق مختلف می‌باشد. بسیاری از مناطق مسکونی ایران، بارها توسط زمین لرزه ویران شده‌اند.



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

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

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

با هم  
بیندیشید



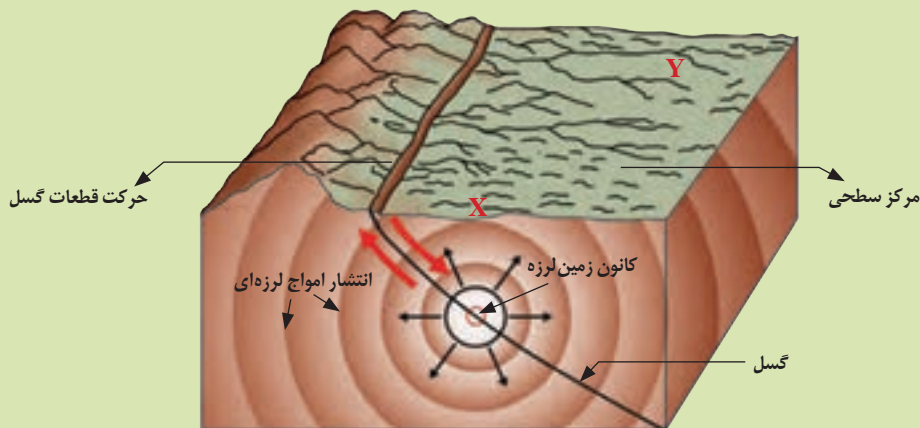
## گفت و گو کنید

• 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: <sup>۱</sup> محلی درون زمین است که انرژی ذخیره شده از آنجا آزاد می‌شود.  
مرکز سطحی زمین‌لرزه: <sup>۲</sup> 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.

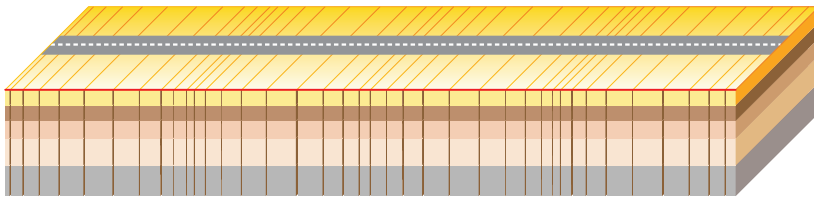


## امواج لرزه‌ای

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

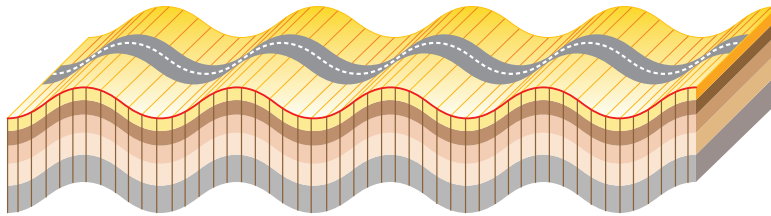


ب) نحوه حرکت موج طولی P



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.

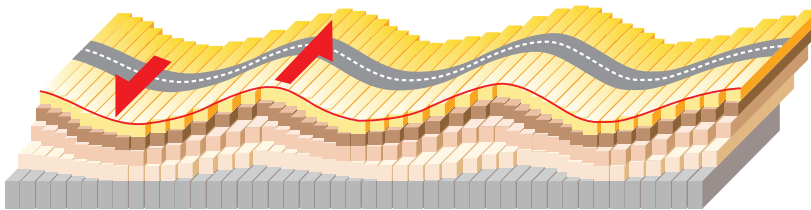


شکل ۳-۶- نحوه حرکت موج S



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 لائو (L) و ریلی (R) هستند. موج L، موجی است که پس از موج S، توسط لرزه نگارها ثبت می‌شود.

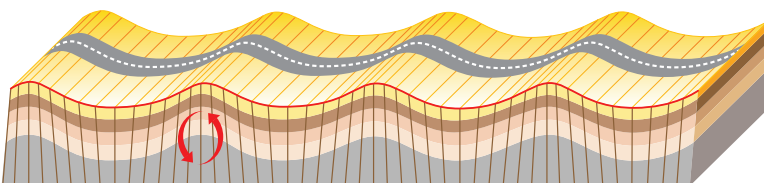


شکل ۴-۶- نحوه حرکت موج سطحی L

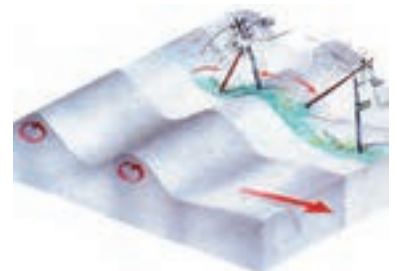


ج) امواج لائو (L)

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)

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. مر کالی، شدت زمین لرزه را در مقیاس ۱۲ درجه ای توصیف کرده است.

جدول مر کالی 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 زلزله 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	زلزله 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	زلزله 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 خسارات 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. زنگ 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 خسارات جزئی و متوسط وارد می گردد. خسارات قابل ملاحظه ای در ساختمان های ضعیف و بد طراحی شده وارد می شود. آجرهای سست، لقی می شوند. ایستادن مشکل می شود و اثاثیه شکسته می شوند. زنگ 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 جداکننده 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 پی 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 خسارات 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 مانند. 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. اشیا به هوا پرتاب می شوند و سنگ های بزرگ جابه جا می شوند.

## فکر کنید

• چه ایرادی به مقیاس شدت زمین لرزه وارد است؟

**بزرگی زمین لرزه:** بزرگی (بزرگا) زمین لرزه، براساس مقدار انرژی آزاد شده از زمین لرزه محاسبه می شود. هرچه انرژی آزاد شده، زیادتر باشد ارتعاشات ناشی از آن، شدیدتر و دامنه نوسانات امواج آن زمین لرزه، بزرگ تر خواهد بود. بزرگی زمین لرزه را به کمک اطلاعات لرزه نگار، تعیین می کنند. واحد اندازه گیری بزرگی، ریشتر است.

به ازای هر یک واحد بزرگی، دامنه امواج ۱۰ برابر و مقدار انرژی  $31/6$  برابر افزایش می یابد. بزرگی زمین لرزه در تمام نقاط زمین یکسان است، اما شدت آن با دور شدن از مرکز سطحی زمین لرزه کاهش می یابد.



۱۹۸۵-۱۹۰۰ میلادی

## مفاخر جهان

• چارلز ریشتر ژئوفیزیک دان، با ارائه گزارش مطالعه زمین لرزه های کم عمق 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 می کردند، اولین بار در سال ۱۹۳۵ از آن برای بیان بزرگی زمین لرزه استفاده کرد.

ریشتر، لگاریتم بزرگ ترین دامنه موجی است که در فاصله یک صد کیلومتری از مرکز یک زمین لرزه، توسط لرزه نگار استاندارد ثبت شده باشد.

## پیوند با ریاضی

• مقدار انرژی آزاد شده و دامنه امواج زمین لرزه ای با بزرگی ۶ ریشتر، چند برابر زمین لرزه ای با بزرگی ۴ ریشتر است؟

## فکر کنید

• بزرگی و شدت زمین لرزه بم را در شهرهای بم و تهران با هم مقایسه کنید.

## پیش بینی زمین لرزه

از گذشته تاکنون، بشر همواره به دنبال پیش بینی زمان وقوع حوادث طبیعی مانند زمین لرزه بوده است. از میلیون ها زمین لرزه کوچک و بزرگ که تاکنون رخ داده است، فقط تعداد انگشت شماری از آنها، قبل از وقوع، پیش بینی شده اند. علی رغم پیشرفت های وسیع ایجاد شده در دهه های اخیر، درباره فناوری های مختلف و علم لرزه شناسی، هنوز دانشمندان در زمینه روش های علمی قابل اعتماد برای پیش بینی زمان دقیق وقوع زمین لرزه به نتیجه نرسیده اند. البته زمین شناسان محل های لرزه خیز کره زمین را شناسایی کرده اند.

به برخی از علائم و نشانه ها که بتوان با استفاده از آنها وقوع زمین لرزه را پیش بینی کرد «پیش نشانگر» گفته می شود. برخی از این نشانه ها عبارت اند از:



- 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؟  
دربارۀ 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، نشستی لوله‌های گاز و وسایل گازسوز را بررسی کنید.
- ۲- محل فیوز برق و شیر اصلی گاز و آب را به خاطر بسپارید.
- ۳- وسایل شکستنی 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 آسیب‌دیدگی‌ها مربوط به رفت و آمد افراد در زمان وقوع زمین‌لرزه است. هر جا هستید، در همان جا 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. نشست 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.
- ۷- داروها و مواد شیمیایی زیان‌آور پخش شده را فوراً جمع کنید.

## مهم ترین علت های آسیب دیدگی از زمین لرزه

۱- فرو ریختن ساختمان، شیشه پنجره های شکسته و در حال افتادن و قطعات اثاثیه، زیرا ممکن است پس لرزه ها سبب فرو ریختن آنها شوند.

۲- خطرات آتش سوزی به علت شکستن لوله های گاز، اتصال سیم های برق به علت افتادن آنها بر روی زمین و بی آب ماندن به علت شکستن لوله های آب.

### وسایل و مواد لازمی که باید همیشه در دسترس باشند

۱- چراغ قوه با باتری های اضافی، پول نقد، رادیو و آچار قابل

تنظیم

۲- جعبه کمک های اولیه با داروها و مواد ضروری

۳- کپسول آتش نشانی

۴- آب آشامیدنی

۵- غذاهای کنسرو شده و خشک برای مصرف یک هفته

اعضای خانواده، در باز کن قوطی، کبریت، اجاق گاز قابل حمل (پیک نیک)

۶- شماره تلفن پلیس، آتش نشانی و اورژانس



## چین خوردگی

رشته کوه هایی مانند البرز و زاگرس، حاصل چین خوردگی بخشی از سنگ کره است. چین ها، به شکل های تک شیب، تاقدیس و ناودیس دیده می شوند. در صورتی که لایه های سنگی طوری خم شوند که لایه های قدیمی تر در مرکز و لایه های جدیدتر در حاشیه قرار گیرند، تاقدیس تشکیل می شود و چنانچه لایه های جدیدتر در مرکز و لایه های قدیمی تر در حاشیه چین قرار گیرند، ناودیس به وجود می آید.



(ب)



(الف)

شکل ۶-۶- انواع چین، الف) تک شیب ب) تاقدیس و ناودیس

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

اندازه ذرات (میلی‌متر)	نام ذرات
کوچک‌تر از ۲	خاکستر
بین ۲ تا ۳۲	لاپیلی
بزرگ‌تر از ۳۲	قطعه سنگ و بمب (دوکی شکل)



در آتشفشان‌های انفجاری، 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 آذرآواری 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 آذرآواری است.

شکل ۶-۸- سنگ آذرآواری

**گدازه:** گدازه‌ها، مواد مذابی هستند که از دهانه آتشفشان خارج می‌شوند. هر چه گدازه روان‌تر 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.



پ) خاکستر آتشفشانی



ب) گدازه



الف) بمب آتشفشانی

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

## فواید آتشفشانها

**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 آبدار 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 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 گودال‌های اقیانوسی می‌شوند. در این مناطق، به علت برخورد ورقه‌ها، فروانش صورت می‌گیرد و کوه‌ها به وجود می‌آیند. کوه‌ها نیز، با ایجاد پستی و بلندی در سطح زمین، سبب تداوم فرسایش و رسوب گذاری می‌گردند.



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

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

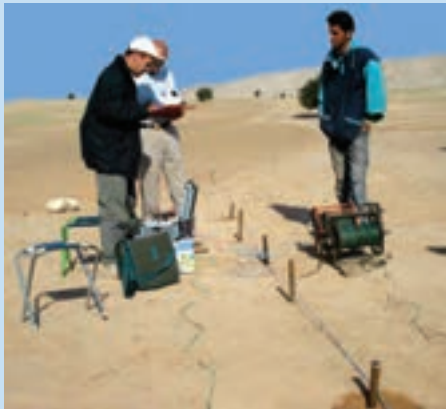
**تشکیل چشمه‌های آب گرم:** اطراف آتشفشانها، مناطق مناسبی برای تشکیل چشمه‌های آب گرم معدنی می‌باشند. آب‌هایی که درون پوسته هستند، گرم شده و از طریق شکستگی‌های سطح زمین، به صورت چشمه‌های آب گرم در سطح زمین ظاهر می‌شوند. آب این چشمه‌ها از نظر بهداشتی برای درمان بیماری‌های پوستی و آرامش عضلانی مفید هستند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



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

**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.

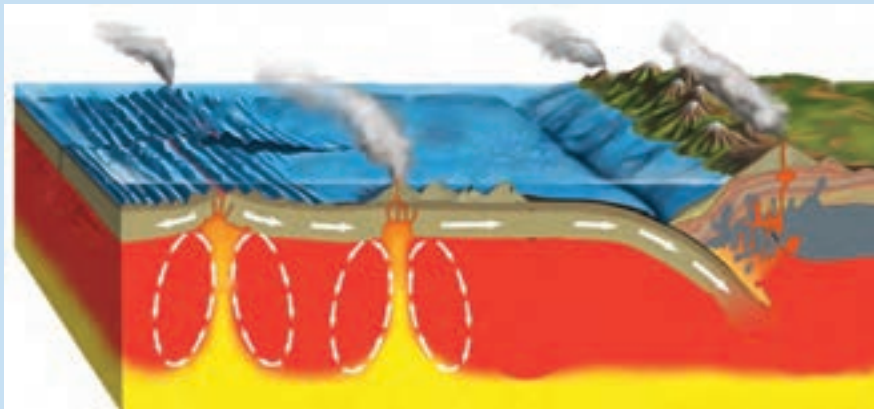
آتشفشانها، افزون بر خروج انرژی درونی زمین، منجر به آرامش نسبی ورقه‌های سنگ کره می‌شوند. از انواع سنگ‌های آتشفشانی در نمای ساختمانها و مصالح ساختمانی استفاده می‌شود.

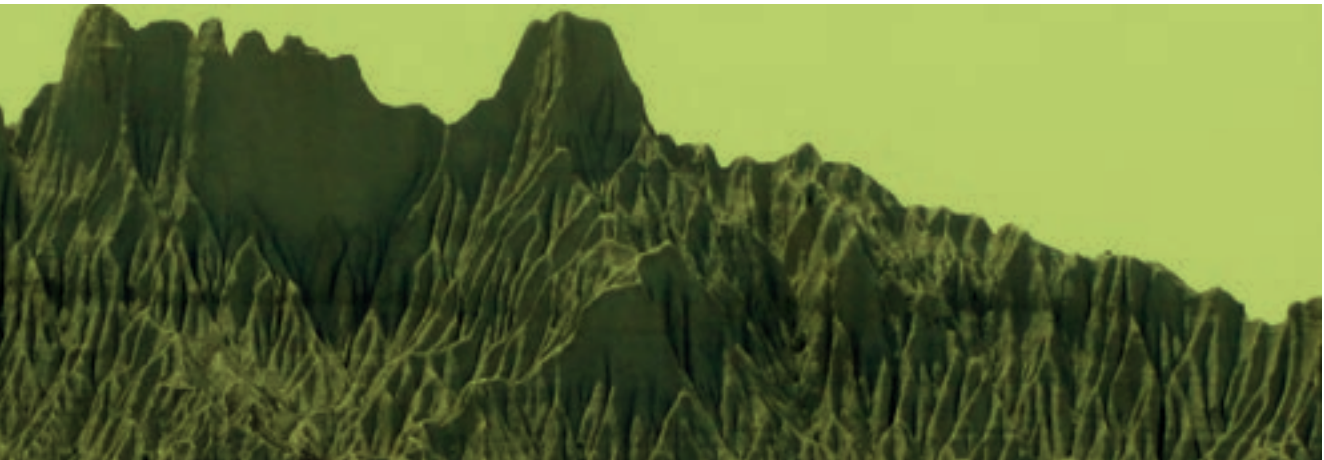


● ژئوفیزیک: ژئوفیزیک دان‌ها، برای مطالعه ساختمان درونی زمین، که به راحتی در دسترس نیست و همچنین شناسایی ذخایر و معادن زیرزمینی با استفاده از امواج لرزه‌ای، بررسی مغناطیس زمین، مقاومت الکتریکی و شدت گرانش سنگ‌ها، به مطالعه آنها می‌پردازند.

● زمین ساخت (تکتونیک): زمین شناسی ساختمانی و زمین ساخت، 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، زمین ساخت به مطالعه ساختار درونی زمین، چگونگی تشکیل رشته کوه‌ها، اقیانوس‌ها، زمین لرزه‌ها و حرکت ورقه‌های سنگ کره می‌پردازد.

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



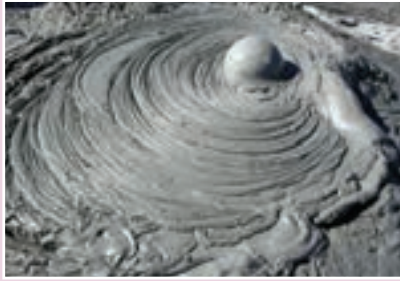


تصویر ماهواره‌ای ایران



## 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 کم‌نظیری مانند آتشفشان‌های نیمه فعال، گل‌فشان‌های متعدد، کلوتهای 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.



گل فشان (چابهار)



گنبد نمکی (جاشک)



دره ستارگان (قشم)

## تاریخچه زمین شناسی ایران

سرزمین ایران، تاریخ تکوین پیچیده‌ای را پشت سر گذاشته است. بخش‌های مختلفی که اکنون ایران زمین را تشکیل می‌دهند، در دوره‌های مختلف زمین شناسی، بخش‌هایی از آن قسمتی از ابرقاره گندوانا و لورازیا بوده اند. تعیین سن سنگ‌های مناطق مختلف ایران نشان می‌دهد که قدیمی‌ترین سنگ‌ها، سنی بیش از میلیاردها سال دارند که در مقایسه با سنگ‌های قدیمی یافت شده در آمریکای شمالی، آفریقا، هند، سیبری، استرالیا و عربستان جوان تر هستند.

● قدیمی‌ترین سنگ‌های ایران در کدام مناطق یافت می‌شوند؟

تحقیق  
کنید



● حدود ۶۰۰ میلیون سال پیش، قاره بزرگی به نام پانگه‌آ<sup>۱</sup> 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 تتیس 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 تتیس کهن، طولی بیش از چندین هزار کیلومتر داشت و از استرالیا تا چین، ایران، و اروپای امروزی ادامه می‌یافت.

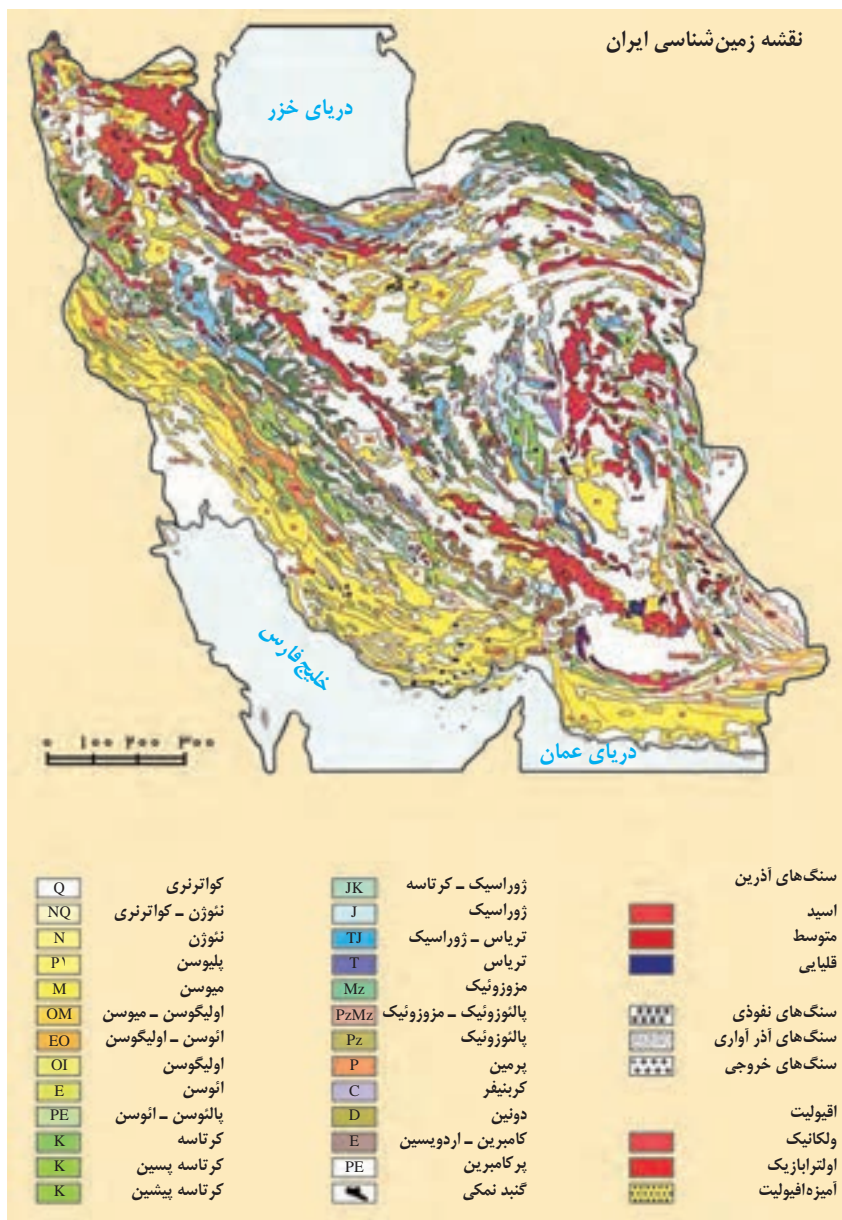
در اوایل پرمین، بر اثر باز شدن قاره گندوانا، تشکیل اقیانوس جدیدی به نام تتیس نوین در بخش جنوبی تتیس کهن، شروع شد. هر چه تتیس نوین بزرگ‌تر می‌شد، تتیس کهن بر اثر فرورانش به سمت جنوب کوچک‌تر می‌شد تا اینکه در ژوراسیک (حدود ۱۸۰ میلیون سال پیش) تتیس کهن کاملاً بسته شد و رشته کوه البرز در ایران تشکیل شد، تتیس نوین به بیشترین وسعت خود رسید. دریای سیاه در شمال ترکیه، بازمانده اقیانوس تتیس 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 تتیس نوین شروع به فرورانش به سمت شمال و به زیر قاره بزرگ شمالی (اوراسیا) کرد و در نهایت در حدود ۶۵ میلیون سال پیش، ورقه عربستان به ایران برخورد کرد و این اقیانوس بسته و شکل‌گیری رشته کوه زاگرس آغاز شد و تاکنون ادامه دارد. دریای خزر و دریاچه آرال، از بازمانده‌های این اقیانوس هستند.

۱- به آن پانجه‌آ نیز گفته می‌شود.

## نقشه‌های زمین‌شناسی

در نقشه‌های زمین‌شناسی، جنس و پراکندگی سطحی سنگ‌ها، روابط سنی آنها، وضعیت شکستگی‌ها و چین خوردگی‌ها و موقعیت کانسارها و... نمایش داده می‌شوند.



شکل ۱-۷ - نقشه زمین‌شناسی ایران که نشان دهنده پراکندگی سنگ‌های دوره‌های زمین‌شناسی مختلف است.

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 تکوین 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 گردید.

### برخی مشخصات پهنه‌های زمین‌ساختی در ایران

نام پهنه	سنگ‌های اصلی	منابع اقتصادی	ویژگی‌ها
زاگرس	سنگ‌های رسوبی	ذخایر نفت و گاز	تاق‌دیس‌ها و ناودیس‌های متوالی
سنندج - سیرجان	سنگ‌های دگرگونی	معادنی مانند: سرب و روی ایرانکوه	انواع سنگ‌های دگرگونی
ایران مرکزی	سنگ‌های رسوبی آذرین - دگرگونی	معادنی مانند: آهن چغارت و روی مهدی‌آباد	سنگ‌هایی از پرکامبرین تا سنوزوییک
پهنه البرز	سنگ‌های رسوبی	رگه‌های زغال سنگ	دارای دو بخش شرقی - غربی دارای قله دماوند
پهنه 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 تیس نوین به زیر ایران مرکزی

### مفاخر جهان



۱۹۲۱ - ۲۰۰۸ میلادی

• یووان 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.



اشتوکلین به 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.

وی در زمان اقامت و کار در ایران، با سفر به مناطق بکر و ناشناخته، با کمترین

امکانات و با مسافرت در دشت ها، کوه ها، نمکزارها و مناطق خطرناک، مطالعات زمین شناسی 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.

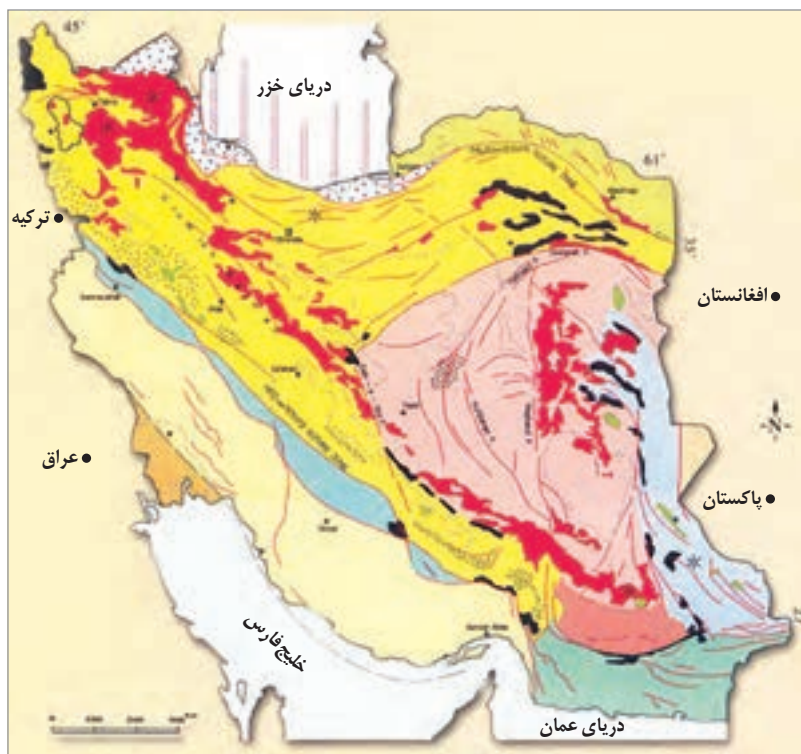
اشتوکلین، علاقه بسیاری به ایران داشت، به طوری که کمتر فرد خارجی را می توان یافت که تا این حد به ایران و ایرانیان عشق ورزیده باشد. در سال ۱۳۵۴، به این نتیجه رسید که وظیفه او در تربیت زمین شناسان خبره به انجام رسیده و بنابراین برای خدمت در کشور نپال عازم آنجا شد؛ اما، همچنان علاقه به ایران، در او وجود 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 می دانستند 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 ساله اش را در یک نوشتار ۱۷۰ صفحه ای به نام «ایران، خاطرات یک زمین شناس» تدوین و تنظیم کرد و آن را به چهار فرزندش که در ایران متولد شده اند، هدیه کرده است. این کتاب با نام «سرزمین پارس، خاطرات و نوشته های 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 میلادی (۲۷ فروردین ۱۳۸۷ ه. ش) در خانه اش در شهر کوچکی در سوئیس، چشم از جهان فروبست.

اشتوکلین در بخشی از کتاب خاطرات خود می نویسد:

«... همسرم الیزابت نیز به ایران علاقه زیادی پیدا کرده بود، سه دخترم تبینا، فرانسیسکا و آنژلا و آخرین فرزند که پسری به نام ژرژ است، همگی در ایران متولد شده اند. ایام کودکی و نوجوانی آنها در منزل هایی که اجاره کرده بودم در داودیه، دزاشیب و نیاوران سپری شده، آنها همیشه از خاطراتشان می گویند. از مدرسه ای در قلهک که در آنجا درس خوانده اند، خانواده ها و بچه های هم کلاسی ایرانی که با آنها دوست شده اند. ما همگی با همه گوشه های ایران طی بیست و هفت سال اقامت در این کشور آشنا شدیم. ... علی، راننده سابق و باوفای من در سازمان زمین شناسی که چند سال بعد با تأثر شنیدم تنها فرزند پسرش در جنگ با عراق شهید شده، مرا به فرودگاه مهرآباد برد. به هنگام خداحافظی و روبوسی با من گونه هایش از اشک خیس شده بود. این بار و برای همیشه به جای آنکه از غرب به شرق بیایم، از مشرق به مغرب پرواز می کردم. در ذهنم زندگی نامه نزدیک به سی سال اقامت در ایران را مرور می کردم.

آن روزها از سرزمین پارسیان و قوم مهربان و متمدن و باوفای ایرانی هیچ چیز نمی دانستم ولی امروز همه گوشه های این سرزمین را می شناسم. متعجب و حیرت زده هستم. دلم نمی خواهد غم زده و دلنگ از ایران بروم. وقتی هواپیمای سوئیس ایر صبحگاه از مرز ایران می گذشت و من از پنجره، طلوع آفتاب این روز زمستانی را می نگریم، بی اختیار این جملات بر زبانم جاری شد: ایران باور کن دلم نمی خواهد از تو خداحافظی کنم. آدیوایران، خداحافظ ایران ....»



شکل ۲-۷. نقشه پهنه بندی زمین شناسی در ایران

## منابع معدنی ایران

### جمع آوری اطلاعات

- در مورد سنگ‌های آذرین در رشته کوه البرز، اطلاعات جمع آوری کنید و به کلاس گزارش دهید.

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 می‌کند؟ 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. معدن کاری در ایران، قدمت زیادی داشته به طوری که در هر گوشه ایران، آثار معدن کاری قدیمی دیده می‌شود.

### جمع آوری اطلاعات

- در مورد معادن شدادی استان خود اطلاعاتی جمع آوری و در کلاس ارائه کنید.

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.

## بیشتر بدانید

### بیشتر بدانید

● ایران با حدود ۰/۲۳٪ 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.

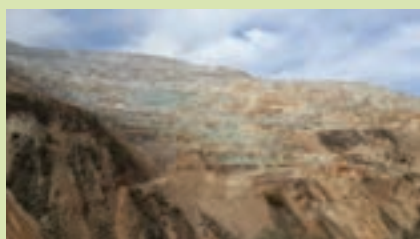
## برخی معادن بزرگ ایران و موقعیت آنها

شهرستان	استان	نام معدن	عنصر / ماده معدنی
سیرجان	کرمان	گل گهر	آهن
بافق	یزد	چُغارت، چادرملو، سه چاهون	
خواف	خراسان رضوی	سنگان	
رفسنجان	کرمان	سرچشمه	مس
شهربابک	کرمان	میدوک	
اهر	آذربایجان شرقی	سونگون	
کاشمر	خراسان رضوی	تکنار	
تفت	یزد	علی آباد و دره زرشک	
بیرجند	خراسان جنوبی	قلعه زری	
مهریز	یزد	مهدی آباد	
فیروزآباد	فارس	سورمه	سرب و روی
اصفهان	اصفهان	ایرانکوه	
شازند	مرکزی	عمارت	
ملایر	همدان	آهنگران	
چیرفت	کرمان	اسفندقه	کروم
سبزوار	خراسان رضوی	سبزوار	
نیریز	فارس	خواجه جمالی	
قم	قم	ونارچ	منگنز
رباط کریم	تهران	رباط کریم	
گلپایگان	اصفهان	موته	طلا
تکاب	آذربایجان غربی	زرشوران	
قروه	کردستان	ساری گونای	
سردشت	آذربایجان غربی	باریکا	
نیشابور	خراسان رضوی	نیشابور	فیروزه
دامغان	سمنان	باغو	
شاهرود	سمنان	طرود	آمتیست
چیرفت	کرمان	اسفندقه	گارنت



نمایی از معدن رویاز مس سرچشمه (کرمان) با ذخیره‌ای بیش از ۱ میلیارد و ۲۰۰ میلیون تن

● ایران یکی از ۱۵ کشور بزرگ معدنی جهان است و رتبه دوم جهان را از نظر ذخایر فلزسپار دارد و برای باریت و ژئپس 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.



معدن مس - مولیبدن سونگون (اهر)



نمایی از معدن طلای زرشوران (تکاب)



نقشه پراکنندگی ذخایر فلزی در ایران (نقاط رنگی)

## ذخایر نفت و گاز ایران

حفاری اولین چاه نفت خاورمیانه از سال ۱۲۸۶ هـ.ش در شهر مسجد سلیمان در استان خوزستان در منطقه‌ای به نام میدان نفتون آغاز شد و در ۵ خرداد ۱۲۸۷ هـ.ش به نفت رسید (شکل ۳-۷ 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 هم اکنون در شهر مسجد سلیمان به صورت موزه، تحت نظارت شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب قرار دارد (شکل ۳-۷ ب).



(الف)



(ب)

شکل ۳-۷- اولین چاه حفر شده در ایران - مسجد سلیمان

ذخایر نفت ایران به طور عمده در لایه‌های سنگ آهک قرار دارند. برخی از میدان‌های مهم نفت ایران در جدول 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 شرق 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.

● دو دلیل ذکر کنید که چرا عمده ذخایر نفت ایران در منطقه زاگرس است؟

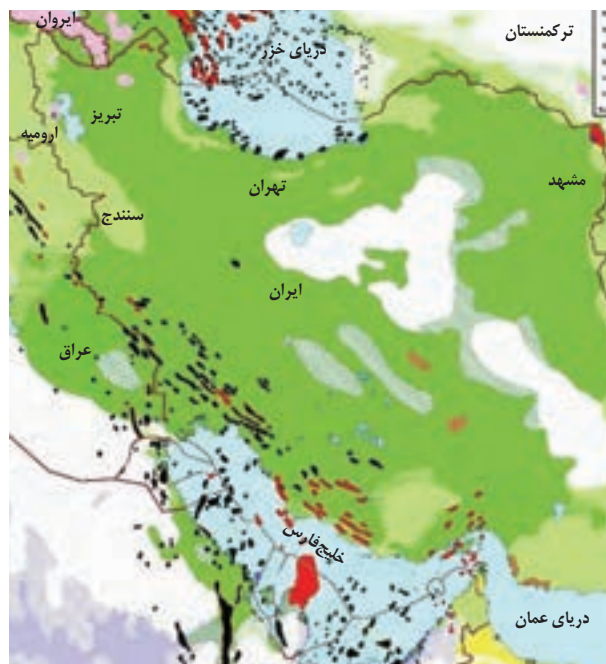
فکر کنید



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	۴۸۰/۰۰۰
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	۱۷/۴	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 کرج	۱۱/۲	۵/۷	۲۳۷/۰۰۰
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 ۴-۷. نقشه پراکنده‌گی ذخایر نفت و گاز ایران (نقاط سیاه رنگ، محل ذخایر)

## گسل‌های اصلی ایران

پوسته ایران زمین، دارای گسل‌های متعددی است و کمتر جایی از کشور را می‌توان یافت که در آنجا گسلی وجود نداشته باشد. وجود این گسل‌ها، فعالیت پوسته ایران زمین را نشان می‌دهد. تعدادی از گسل‌های ایران، قدیمی و غیرفعال و برخی از گسل‌ها، جوان و لرزه‌خیز هستند که امروزه زمین لرزه‌ها، در امتداد آنها رخ می‌دهد.



شکل ۵-۷. نقشه گسل‌های اصلی ایران

### پاسخ دهید

- در نزدیکی محل سکونت شما کدام گسل/گسل‌ها وجود دارد؟ آیا در سال‌های اخیر این گسل/گسل‌ها باعث زمین لرزه شده است؟

## آتشفشان‌های ایران

مهم‌ترین کوه‌های آتشفشانی ایران، دماوند، تفتان، بزمان، سهند و سبلان هستند. دماوند، بلندترین قله آتشفشانی ایران، در گذشته فعال بوده و آثار فعالیت‌های آن هنوز به صورت خروج گازهای گوگردی در دامنه‌های نزدیک دهانه آتشفشان دیده می‌شود.

بیشتر فعالیت‌های آتشفشانی جوان، در دوره کواترنری در ایران، آتشفشان‌هایی هستند که در امتداد نوار ارومیه - پل دختر قرار دارند.



شکل ۶-۷. نقشه پراکندگی قله‌های آتشفشانی در ایران

● **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. دهانه 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.

- 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 ۸-۷. دره ستارگان ژئوپارک قشم



شکل ۹-۷. چشمه باداب سورت ساری



شکل ۱۰-۷. کوه‌های مریخی چابهار



شکل ۱۲-۷. هوازدگی در روستای وردیج تهران



شکل ۱۱-۷. غار علیصدرهمدان

● ژئوتوریسم: اخیراً رشته جدیدی در گردشگری طبیعت به وجود آمده که توجه اصلی آن به میراث زمین شناختی است. این رشته را زمین گردشگری یا ژئوتوریسم نام گذاری کرده اند. هدف اصلی در زمین گردشگری، تماشا و شناخت پدیده های زمین شناختی است. البته هدف های بیشتری در زمین گردشگری دنبال می شوند.

برخلاف اکوتوریسم که جاذبه های طبیعت جاندار را در مرکز توجه قرار داده است، این صنعت به طور کلی با جاذبه های طبیعت بی جان سر و کار دارد. مخاطبان زمین گردشگری نه تنها متخصصان و کارشناسان زمین شناسی و ژئومورفولوژی، بلکه گردشگران عادی و علاقه مندان طبیعت هستند. در جریان فعالیت های زمین گردشگری، بازدیدکنندگان ضمن بازدید از پدیده های زیبا و ویژه زمین شناسی و ژئومورفولوژی، با مبانی پیدایش آنها آشنا می شوند و اهمیت وجودی آنها را در می یابند.

متخصصان این رشته تحصیلی در مراکزی مانند: سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، سازمان میراث فرهنگی و گردشگری می توانند در شناخت و معرفی ژئوپارک های جدید، کمک شایانی داشته باشند.



بازالت های منشوری - سریشه بیرجند

Placer	پلاسر	Extinction	انقراض
Mineral Steak	رگه معدنی	Dinosaur	دایناسور
Electronic Conductivity of Rocks	رسانایی الکتریکی سنگ ها	Ice Age	عصر یخبندان
Anomalies of the Earth's	تغییرات میدان گرانش زمین	Eon	ائون
Gravitational Field		Era	دوران
Subsurface Reserves	ذخایر زیر سطحی	Period	دوره
Alloy Metal	عیار فلز	Epoch	دور یا عهد
Ore Preparation	کانه آرایبی	Trilobite	تریلوبیت
Concentrate	کنسانتره	Placoderms	ماهی زره دار
Chalcopyrite	کالکوپیریت	Lithosphere Plate	ورقه سنگ کره
Open – Pit mining	استخراج روباز	Asthenosphere	سست (خمیر) کره
Underground Mining	استخراج زیرزمینی	Petrochemistry	پتروشیمی
Gem	گوهر	Quartz	کوارتز
Opal	اپال	Garnet	گارنت
Chrysoberyl	کریزوبریل	Borax	بوراکس
Opalescence	درخشش اپالی	Halite	هالیت
Ruby	یاقوت	Sylvite	سیلویت
Emerald	زمرد	Apatite	آپاتیت
Source Rock	سنگ مادر	Limestone	سنگ آهک
Primery Migration	مهاجرت اولیه	Gypse	ژپس
Oil Trap	نفت گیر	Feldspar	فلدسپار
Reservoir Rock	سنگ مخزن	Pozzolan	پوزولان
Cap Rock	پوش سنگ	Perlit	پرلیت
Petrology	پترولوژی	Corundum	کرنوم
Interception	برگاب	Amethyst	آمتیست
Capillary Fringe	حاشیه مویینه	Beryl	بریل
Topographic Map	نقشه توپوگرافی	Agate	آگات (عقیق)
Aquifer	آبخوان	Olivine	الیوین
Piezometric Level	سطح پیزومتریک	Spinel	اسپینل
Karst Lime	آهک کارستی	Lapis Lazuli	لاچورد
Evaporites Stone	سنگ های تبخیری	Jade	یشم
Water Hardness	سختی آب	Turquoise	فیروزه
Fossil Water	آب فسیل	Baryte	باریت
Water Balance	بیان آب	Fluorite	فلوئوریت
Loam	خاک لوم	Bentonite	بنتونیت
Soil Profile	نیم رخ خاک	Kaoline	کائولن
Hydrogeology	هیدروژئولوژی	Zeolite	زئولیت
Morphology	مورفولوژی	Diamond	الماس
Stress	تنش	Clark Concentration	غلظت کلارک
Tension Stress	تنش کششی	Anomaly	بی هنجاری
Compressive Stress	تنش فشاری	Mineral	کانی
Shear Stress	تنش برشی	Plagioclase	پلاژیو کلاز
Coring	مغزه گیری	Orthoclase	فلدسپار پتاسیم
Exploratory Bores	گمانه های اکتشافی	Ore Mineral	کانه
Elastic Behavior	رفتار کش سان	Ore	کانسنگ
Plastic Behavior	رفتار خمیر سان	Mineral Deposit (Ore Deposit)	کانسار
Gabbro	گابرو	Mica	میکا
		Pyrite	پیریت

Strike - Slip Fault	گسل امتداد لغز	Quartzite	کوارتزیت
Earthquake Epicenter	کانون زمین لرزه	Hornfels	هورنفلس
Earthquake Hypocenter	مرکز سطحی زمین لرزه	Schist	شیسیت
Internal Waves	امواج درونی	Calcite	کلسیت
Primary Waves	امواج اولیه	Dolomite	دولومیت
Secondary Waves	امواج ثانویه	Borrow Materials	مصالح قرضه
Surface Waves	امواج سطحی	Soil Dam	سد خاکی
Beforeshocks	پیش لرزه	Concrete Dam	سد بتنی
Aftershocks	پس لرزه	Dam Reservoir	مخزن سد
Magnitude	بزرگا	Dam Body	بدنه سد
Richter	ریشتر	Pill Dam	پی سد
Intensity	شدت	Dip	شیب
Monocline	تک شیب	Strike	امتداد
Anticline	تاقدیس	Available Storage Capacity	ظرفیت مفید مخزن
Syncline	ناودیس	Cavern	مغار
Tephra	تفرا	Trench	ترانشه
Lava	گدازه	Location	مکان یابی
Fumarol	فومرول	Gabion	گایبون
Pyroclastic	سنگ آذرآواری	Nailing	میخ کوبی
Tuff	توف	Retaining Wall	دیوار حائل
Lapilli	لاپیلی	Layer Lining	لایه آستر
Block	قطعه سنگ	Layer Procedure	لایه رویه
Bomb	بمب	Ballast	بالاست
Fumarole Stage	مرحله فومرولی	Cortex	بخش اساس
Geothermal Energy	انرژی زمین گرمایی	Oripiment	اورپیمان
Geophysics	ژئوفیزیک	Realgar	رالگار
Tectonic Structural Geology	تکتونیک و زمین شناسی ساختمانی	Medical Geology	زمین شناسی پزشکی
Prismatic Basalt	بازالت منشوری	Lake of Element	کمبرود عنصر
Mud Volcanoes	گل فشان	Element Toxicity	سمیت عنصر
Gondwana	گندوانا	Keratosis Pilaris	شاخی شدن پوست
Eurasia	اوراسیا	Amalgamation	ملقمه کردن
Tethys Ocean	اقیانوس تتیس	Itai - Itai Disease	بیماری ایتای ایتای
Subduction	فرورانش	Goitre	گواتر
Geotourism	زمین گردشگری	Anthropogenic Grade	غبارهای زمین زاد
Geopark	ژئوپارک	Silicosis	بیماری سیلیکوسیس
		Environmental Geology	زمین شناسی زیست محیطی
		Hydrotherapy	آب درمانی
		Fault	گسل
		Folding	چین خوردگی
		Fault Surface	سطح گسل
		Fault Dip	شیب گسل
		Fault Strike	امتداد گسل
		Hanging Wall	فرادیواره
		Footwall	فرودیواره
		Goint	درزه
		Oblique Fault	گسل مایل
		Normal Fault	گسل عادی
		Reverse Fault	گسل معکوس

## منابع فارسی

- آقانیاتی، ع ۱۳۸۴ زمین شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران
- اخروی، ر، ۱۳۸۲، زمین شناسی فیزیکی، انتشارات مدرسه
- صداقت، محمود، ۱۳۸۲، «زمین و منابع آب»، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- عباس نژاد، احمد، ۱۳۸۴، «خاک شناسی برای زمین شناسان»، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- علیزاده، امین، ۱۳۸۳، «اصول هیدرولوژی کاربردی»، انتشارات آستان قدس رضوی.
- قبادی، محمدحسین، ۱۳۸۵، «مبانی زمین شناسی مهندسی»، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا.
- مایکل پرایس، ۱۳۷۰، «مقدمه‌ای بر آب زیرزمینی»، ترجمه ولایتی و رضایی، انتشارات خراسان.
- مدبری، س. ۱۳۸۴، زمین شناسی نفت، مرکز نشر دانشگاهی
- معاریان، حسین، ۱۳۸۴، «زمین شناسی 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.

■ سایت های علمی در فضای اینترنت

