

**وزارت آموزش و پرورش****سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی**

**نام کتاب:** زمین‌شناسی - پایه یازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۱۳۳۷

**پدیدآورنده:** سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

**مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:** دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

**شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:** محمدحسن بازوبندی، هاله تیمورزاده، فرزانه رجایی، مریم عابدینی و حمیدرضا ملک محمدی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

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

**مدیریت آماده‌سازی هنری:** اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

**شناسه افزوده آماده‌سازی:** احمرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - جواد صفری (مدیر هنری، طراح گرافیک) - مریم ونوفی انبازدان (صفحه آر) - علیرضا امری کاتلمی (عکاس) - الهام محبوب (رسم) - فاطمه باقری مهر، شاداب ارشادی، علیرضا ملکان، فاطمه پزشکی و ناهید خیابانپاشی (امور آماده‌سازی)

**نشانی سازمان:** تهران، خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)  
تلفن: ۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۹۲۶۶+۸۳۰۰۰۰ کد پستی: ۱۵۸۲۷۳۳۵۹  
وبسایت: [www.intextbook.ir](http://www.intextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

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

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

چاپ پنجم ۱۴۰۰

**شابک:** ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۸۰۵۰۱

**ISBN:** 978.964.05.2805.1

**وزارت آموزش و پرورش****سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی**

**نام کتاب:** زمین‌شناسی - پایه یازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۱۳۳۷

**پدیدآورنده:** سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

**مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:** دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

**شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:** محمدحسن بازوبندی، هاله تیمورزاده، فرزانه رجایی، مریم عابدینی و حمیدرضا ملک محمدی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

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

**مدیریت آماده‌سازی هنری:** اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

**شناسه افزوده آماده‌سازی:** احمرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - جواد صفری (مدیر هنری، طراح گرافیک) - مریم ونوفی انبازدان (صفحه آر) - علیرضا امری کاتلمی (عکاس) - الهام محبوب (رسم) - فاطمه باقری مهر، شاداب ارشادی، علیرضا ملکان، فاطمه پزشکی و ناهید خیابانپاشی (امور آماده‌سازی)

**نشانی سازمان:** تهران، خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)  
تلفن: ۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۹۲۶۶+۸۳۰۰۰۰ کد پستی: ۱۵۸۲۷۳۳۵۹  
وبسایت: [www.intextbook.ir](http://www.intextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

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

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

چاپ هفتم ۱۴۰۲

**شابک:** ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۸۰۵۰۱

**ISBN:** 978.964.05.2805.1

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، عکس برداری، 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.

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، عکس برداری، 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.

محتوای این کتاب تا پایان سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ تغییر نخواهد کرد.

## 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 ببینید، 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 ابتدای هر فصل، نشانه رمزینه سریع پاسخ (QR Code) آمده است که با تلفن همراه یا تبلت، می‌توان به محتوای آموزشی آن دسترسی پیدا کرد.

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 پرده‌نگار) در کلاس ارائه می‌دهند.

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

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

## 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 ببینید، 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 پرده‌نگار) در کلاس ارائه می‌دهند.

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

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

## فصل

## آفرینش کیهان و تکوین زمین

«وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ وَالْأَرْضَ فَرَشْنَاهَا فَنِعْمَ الْمَاهِدُونَ»  
و آسمان را با قدرتی وصف‌ناپذیر بنا کردیم و آن را گسترش دادیم و زمین را  
گسترانیدیم، پس چه نیکو گسترش دهنده‌ایم.

آیه‌های ۴۷ و ۴۸ سوره ذاریات

ذهن کنجکاو بشر، همواره به دنبال کشف اسرار شگفت‌انگیز جهان هستی است. مشاهده منظره 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 وسیله کاشفگران 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.



## فصل

## آفرینش کیهان و تکوین زمین

«وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ وَالْأَرْضَ فَرَشْنَاهَا فَنِعْمَ الْمَاهِدُونَ»  
و آسمان را با قدرتی وصف‌ناپذیر بنا کردیم و آن را گسترش دادیم و زمین را  
گسترانیدیم، پس چه نیکو گسترش دهنده‌ایم.

سوره ذاریات - آیه‌های ۴۷ و ۴۸

ذهن کنجکاو بشر، همواره به دنبال کشف اسرار شگفت‌انگیز جهان هستی است. مشاهده منظره 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 وسیله کاشفگران 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.

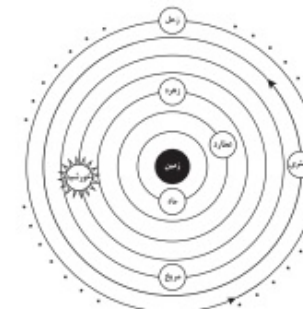


### منظومه شمسی

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

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.

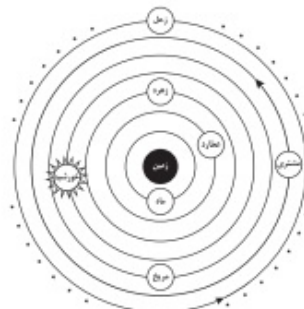
**قانون اول:** هر سیاره در مداری بیضوی، چنان به دور خورشید می‌گردد که خورشید همواره، در یکی از دو کانون آن قرار دارد.

### منظومه شمسی

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

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.

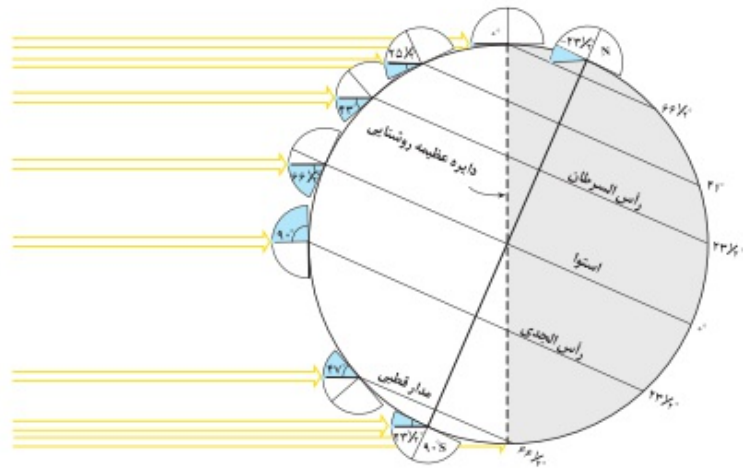
**قانون اول:** هر سیاره در مداری بیضوی، چنان به دور خورشید می‌گردد که خورشید همواره، در یکی از دو کانون آن قرار دارد.

### دانشمندان علوم زمین

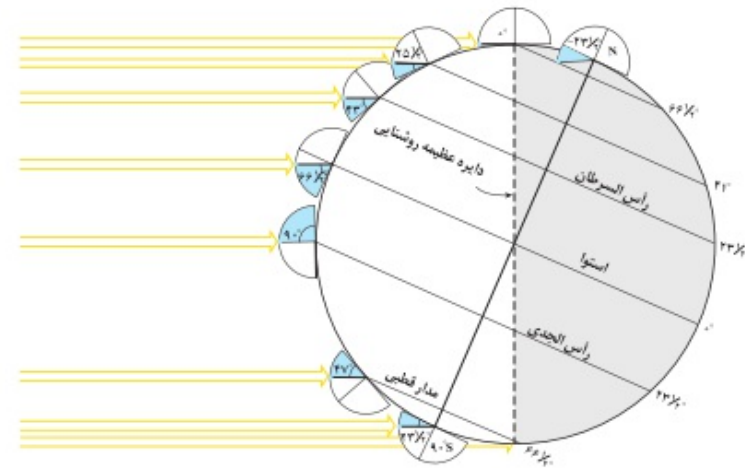
• ابوسعید سجزی (۴۱۳-۳۳ هـ. ق.)، ریاضی‌دان و ستاره‌شناس برجسته ایرانی در سیستان به دنیا آمد و در خراسان و شیراز به علم‌آموزی و مطالعه پرداخت. سجزی، نوعی اسطرلاب ساخت و کتاب «ترکیب الافلاک»، «رسالة فی کیفیت صنعة الآلات النجومیه» و همچنین «رسالة الاسطرلاب» از تألیفات او در ستاره‌شناسی و ریاضیات هستند که هرکدام دارای نوآوری‌ها و یافته‌های علمی فراوان می‌باشند.

### دانشمندان علوم زمین

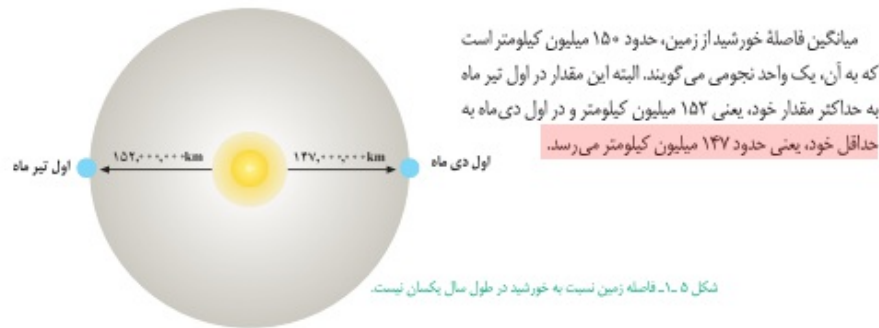
• ابوسعید سجزی (۴۱۳-۳۳ هـ. ق.)، ریاضی‌دان و ستاره‌شناس برجسته ایرانی در سیستان به دنیا آمد و در خراسان و شیراز به علم‌آموزی و مطالعه پرداخت. سجزی، نوعی اسطرلاب ساخت و کتاب «ترکیب الافلاک»، «رسالة فی کیفیت صنعة الآلات النجومیه» و همچنین «رسالة الاسطرلاب» از تألیفات او در ستاره‌شناسی و ریاضیات هستند که هرکدام دارای نوآوری‌ها و یافته‌های علمی فراوان می‌باشند.



شکل ۱-۳. مقدار انحراف محور زمین و تأثیر آن در مقدار زاویه تابش خورشید در عرض‌های جغرافیایی مختلف



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



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

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

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.

● 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 ۱-۶).

● 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؟

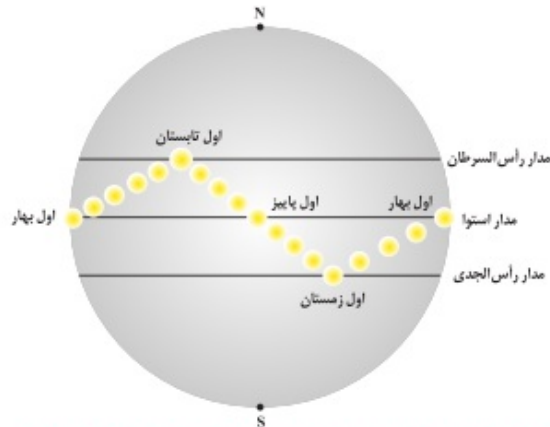
**تحقیق کنید**

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 ۱-۶).

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.

- 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؟

خود را  
بیازمایید



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

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

### تکوین زمین و آغاز زندگی در آن

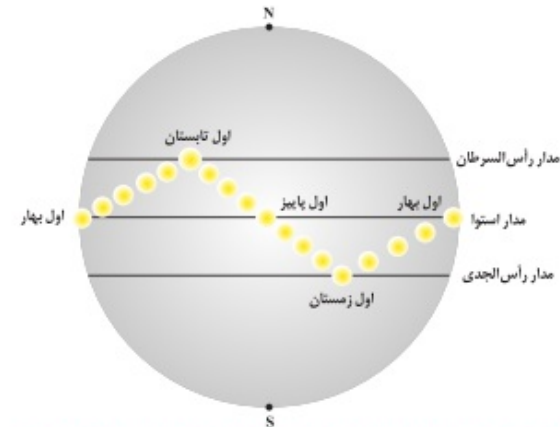
حدود ۶ میلیارد سال قبل، با نخستین تجمع‌های ذرات کیهانی، شکل‌گیری منظومه شمسی آغاز شد و در حدود  $4/6$  میلیارد سال قبل، سیاره زمین به صورت کره‌ای مذاب، تشکیل و در مدار خود قرار گرفت. با گذشت زمان و سرد شدن این گوی مذاب، حدود ۴ میلیارد سال قبل، سنگ‌های آذرین به عنوان نخستین اجزای سنگ‌گروه تشکیل شدند؛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

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.

- 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؟

خود را  
بیازمایید



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

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

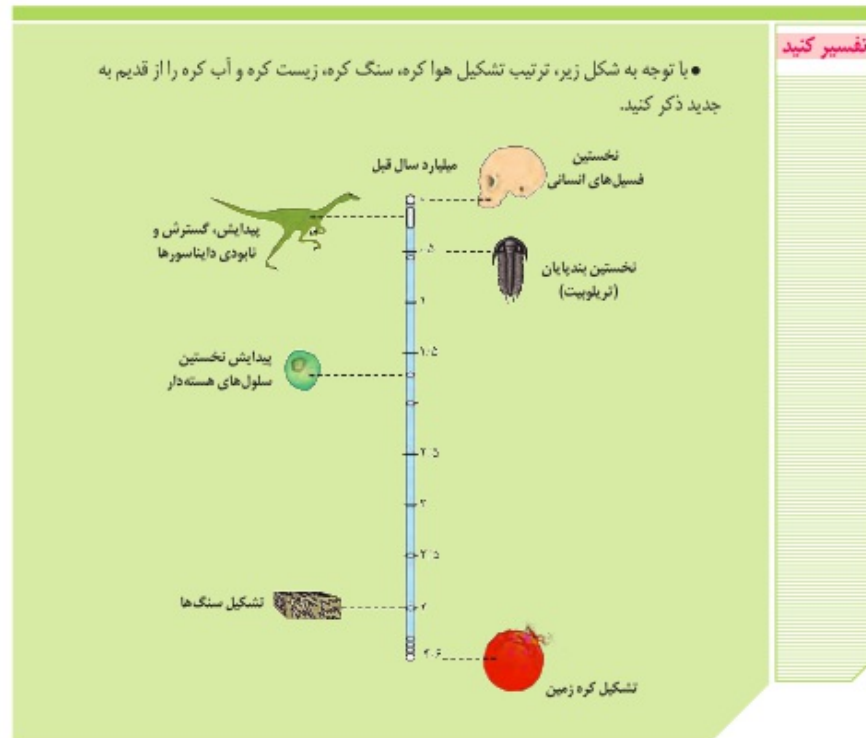
### تکوین زمین و آغاز زندگی در آن

حدود ۶ میلیارد سال قبل، با نخستین تجمع‌های ذرات کیهانی، شکل‌گیری منظومه شمسی آغاز شد و در حدود  $4/6$  میلیارد سال قبل، سیاره زمین به صورت کره‌ای مذاب، تشکیل و در مدار خود قرار گرفت. با گذشت زمان و سرد شدن این گوی مذاب، حدود ۴ میلیارد سال قبل، سنگ‌های آذرین به عنوان نخستین اجزای سنگ‌گروه تشکیل شدند؛ سپس با فوران آتشفشان‌های متعدد، گازهایی که از داخل زمین خارج شدند، به تدریج گازهای مختلف مانند اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن، هواکره را به وجود آوردند. در ادامه، کره زمین سردتر شد و بخار آب به صورت مایع در آمد و آب‌کره تشکیل شد. با تشکیل اقیانوس‌ها و تحت تأثیر انرژی خورشید، شرایط برای تشکیل زیست‌کره فراهم و زندگی انواع تک‌یاخته‌ها در دریاهای 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 دریافته‌اند که خداوند در آفرینش جهان، ابتدا شرایط محیط زیست را مهیا کرده و سپس جانداران را از ساده تا پیچیده آفریده است. در دوران‌های مختلف، شرایط آب و هوایی و محیط‌زیست تغییرات فراوانی داشته‌اند و براین اساس، گونه‌های مختلف جانداران در سطح زمین ظاهر و منقرض شده‌اند. به عنوان مثال، خزندگان در 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.

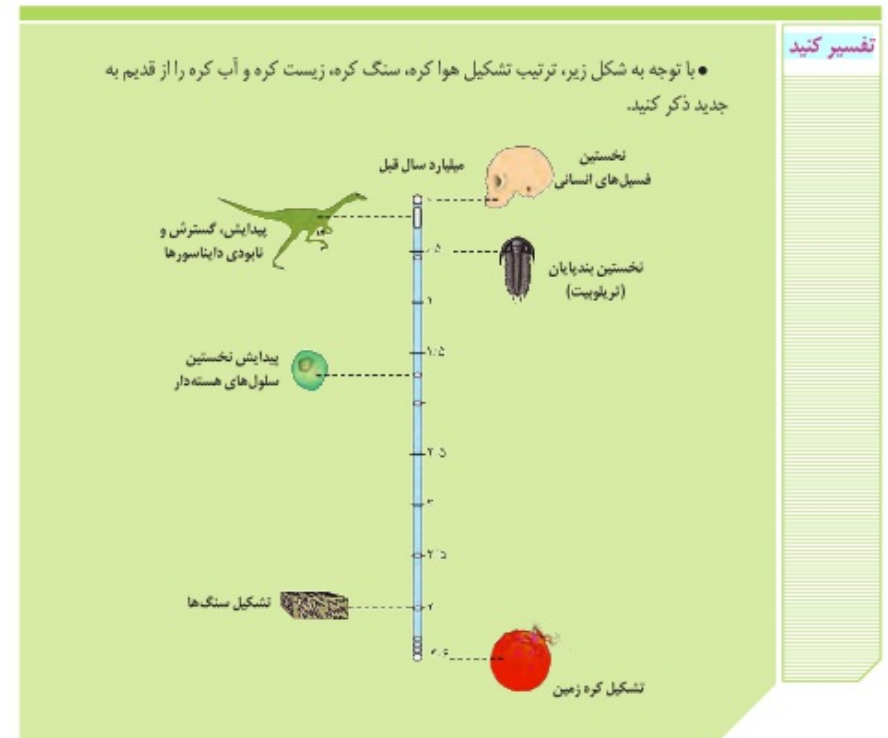


#### سن زمین

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.

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 دریافته‌اند که خداوند در آفرینش جهان، ابتدا شرایط محیط زیست را مهیا کرده و سپس جانداران را از ساده تا پیچیده آفریده است. در دوران‌های مختلف، شرایط آب و هوایی و محیط‌زیست تغییرات فراوانی داشته‌اند و براین اساس، گونه‌های مختلف جانداران در سطح زمین ظاهر و منقرض شده‌اند. به عنوان مثال، خزندگان در 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.



#### 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 پایه نهم با روش تعیین سن نسبی و اصول آن آشنا شدید. با توجه به آن، در شکل روبه‌رو، ترتیب وقایع را از قدیم به جدید شماره گذاری کنید.

### یادآوری



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

### یادآوری

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

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

نیم‌عمر = تعداد نیم‌عمر = سن نمونه

نیم‌عمر = تعداد نیم‌عمر = سن نمونه

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

۱- برای تعیین سن نخستین سنگ‌هایی که در کره زمین تشکیل شده‌اند، استفاده از کدام عنصر پرتوزا مناسب‌تر است؟ چرا؟

۲- برای تعیین سن فسیل ماموت و یا جمجمه انسان اولیه، از کربن ۱۴ استفاده می‌شود. دلیل آن را توضیح دهید.

۳- اگر مقدار کربن ۱۴ باقی‌مانده در یک نمونه استخوان قدیمی حدود  $\frac{1}{8}$  مقدار اولیه آن باشد، سن استخوان را محاسبه کنید.

نیم‌عمر برخی از عناصر پرتوزا

عناصر پرتوزا	نیم‌عمر (تقریبی)	عناصر پایدار
اورانیم ۲۳۸	۴/۵ میلیارد سال	سرب ۲۰۶ ←
اورانیم ۲۳۵	۷۱۲ میلیون سال	سرب ۲۰۷ ←
توریم ۲۳۲	۱۴/۱ میلیارد سال	سرب ۲۰۸ ←
کربن ۱۴	۵۷۳۰ سال	نیتروژن ۱۴ ←
پتاسیم ۴۰	۱/۲ میلیارد سال	آرگون ۴۰ ←

### ببند با ریاضی

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

۱- برای تعیین سن نخستین سنگ‌هایی که در کره زمین تشکیل شده‌اند، استفاده از کدام عنصر پرتوزا مناسب‌تر است؟ چرا؟

۲- برای تعیین سن فسیل ماموت و یا جمجمه انسان اولیه، از کربن ۱۴ استفاده می‌شود. دلیل آن را توضیح دهید.

۳- اگر مقدار کربن ۱۴ باقی‌مانده در یک نمونه استخوان قدیمی حدود  $\frac{1}{8}$  مقدار اولیه آن باشد، سن استخوان را محاسبه کنید.

نیم‌عمر برخی از عناصر پرتوزا

عناصر پرتوزا	نیم‌عمر (تقریبی)	عناصر پایدار
اورانیم ۲۳۸	۴/۵ میلیارد سال	سرب ۲۰۶ ←
اورانیم ۲۳۵	۷۱۲ میلیون سال	سرب ۲۰۷ ←
توریم ۲۳۲	۱۴/۱ میلیارد سال	سرب ۲۰۸ ←
کربن ۱۴	۵۷۳۰ سال	نیتروژن ۱۴ ←
پتاسیم ۴۰	۱/۲ میلیارد سال	آرگون ۴۰ ←

### ببند با ریاضی

## پیدایش اقیانوس‌ها

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

### یادآوری

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

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

### دانشمندان علوم زمین

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



تئوری ویلسون

۱۵ آوریل ۱۹۹۳ - ۲۴ اکتبر ۲۰۰۸

## پیدایش اقیانوس‌ها

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

### یادآوری

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

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

### دانشمندان علوم زمین

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

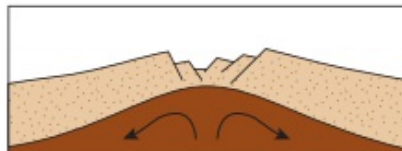


تئوری ویلسون

۱۵ آوریل ۱۹۹۳ - ۲۴ اکتبر ۲۰۰۸

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

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

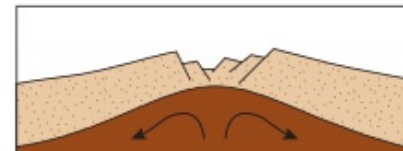


شکل ۱-۸-الف) ایجاد شکاف در پوسته قاره‌ای

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

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

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

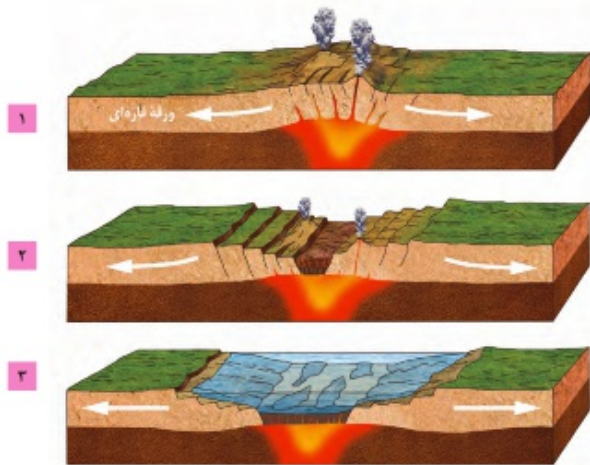


شکل ۱-۸-الف) ایجاد شکاف در پوسته قاره‌ای

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

- ۱- عامل باز و بسته شدن اقیانوس ها چیست؟
- ۲- چرا با وجود گسترش بستر اقیانوس ها، وسعت سطح زمین افزایش نمی یابد؟
- ۳- نتیجه فرورانش ورقه اقیانوسی - قاره ای و اقیانوسی - اقیانوسی چیست؟

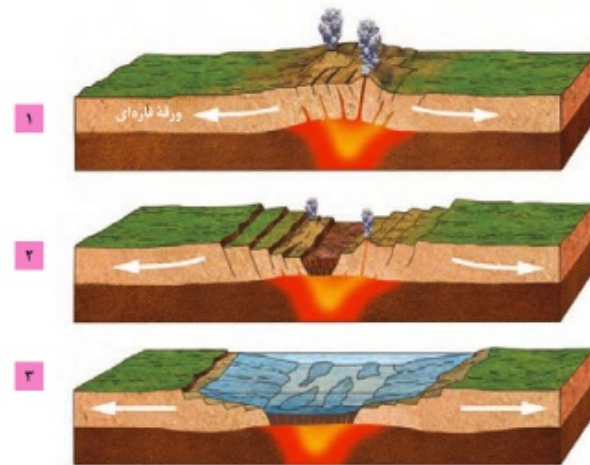
پاسخ  
دهید



شکل ۱-۹- مراحل تشکیل اقیانوس جدید

- ۱- عامل باز و بسته شدن اقیانوس ها چیست؟
- ۲- چرا با وجود گسترش بستر اقیانوس ها، وسعت سطح زمین افزایش نمی یابد؟
- ۳- علت فرورانش ورقه اقیانوسی چیست؟
- ۴- نتیجه فرورانش ورقه اقیانوسی - قاره ای و اقیانوسی - اقیانوسی چیست؟

پاسخ  
دهید



شکل ۱-۹- مراحل تشکیل اقیانوس جدید



● **دیرینه شناسی:** شاخه ای از علم زمین شناسی که به بررسی آثار و بقایای موجودات گذشته زمین در لایه های رسوبی می پردازد. بر پایه مطالعه فسیل ها، پیدایش و نابودی آنها می توان به سن نسبی لایه های زمین و محیط زندگی موجودات در گذشته پی برد.

علم،  
زندگی،  
کار آفرینی



● **دیرینه شناسی:** شاخه ای از علم زمین شناسی که به بررسی آثار و بقایای موجودات گذشته زمین در لایه های رسوبی می پردازد. بر پایه مطالعه فسیل ها، پیدایش و نابودی آنها می توان به سن نسبی لایه های زمین و محیط زندگی موجودات در گذشته پی برد.

علم،  
زندگی،  
کار آفرینی

● **سنجش از دور:** علم و فن جمع‌آوری اطلاعات از عوارض سطح زمین، بدون تماس فیزیکی با آنها است. سنجش از دور شامل اندازه‌گیری و ثبت انرژی بازتابی از سطح زمین و جو پیرامون آن، از یک نقطه مناسب در بالاتر از سطح زمین است. پرتوهای بازتابی که از نوع امواج الکترومغناطیس هستند، می‌توانند دارای منابع گوناگونی مانند پرتوهای خورشیدی، پرتوهای حرارتی اجسام یا حتی پرتوهای مصنوعی باشند. به‌دست آوردن اطلاعات از سطح زمین و سطح دریاها، با استفاده از تصاویر اخذ شده از 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 به کمک آن حوادثی مانند: وقوع سیل، تغییرات سطح زمین، پراکندگی ریزگردها و... را بررسی کنند و در کیفیت‌بخشی و بهبود اجرای پروژه‌های اکتشافی و آموزشی کمک شایانی داشته باشند.



● **سنجش از دور:** علم و فن جمع‌آوری اطلاعات از عوارض سطح زمین، بدون تماس فیزیکی با آنها است. سنجش از دور شامل اندازه‌گیری و ثبت انرژی بازتابی از سطح زمین و جو پیرامون آن، از یک نقطه مناسب در بالاتر از سطح زمین است. پرتوهای بازتابی که از نوع امواج الکترومغناطیس هستند، می‌توانند دارای منابع گوناگونی مانند پرتوهای خورشیدی، پرتوهای حرارتی اجسام یا حتی پرتوهای مصنوعی باشند. به‌دست آوردن اطلاعات از سطح زمین و سطح دریاها، با استفاده از تصاویر اخذ شده از 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 به کمک آن حوادثی مانند: وقوع سیل، تغییرات سطح زمین، پراکندگی ریزگردها و... را بررسی کنند و در کیفیت‌بخشی و بهبود اجرای پروژه‌های اکتشافی و آموزشی کمک شایانی داشته باشند.



## 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، آلومینیم، طلا و منیزیم)، غیر فلزی (رس‌ها، زغال‌سنگ و ...) و یا مواد نفتی و فراورده‌های پتروشیمی مانند پلاستیک، بنزین و ... به‌دست می‌آیند. در علم زمین‌شناسی با مواردی مانند نحوه تشکیل، ذخیره و اکتشاف منابع معدنی و سوخت‌های فسیلی مانند زغال‌سنگ، نفت و گاز آشنا می‌شوید.

## فصل ۲

### منابع معدنی و ذخایر انرژی، زیربنای تمدن و توسعه

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





کانی گارنت



کانی کوآرتز



سکوی نفتی



مجتمع پتروشیمی

### منابع معدنی در زندگی ما

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



کانی گارنت



کانی کوآرتز



سکوی نفتی



مجتمع پتروشیمی

### منابع معدنی در زندگی ما

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

بیشتر بدانید

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

فراوانی	فراوانی
فراوان: آهن، آلومینیم، منیزیم، منگنز، تیتانیم	فراوان: آهن، آلومینیم، منیزیم، منگنز، تیتانیم
کمیاب: مس، سرب، روی، نیکل، کروم، طلا، نقره، قلع، تنگستن، مولیبدن، اورانیوم، پلاتین و ...	کمیاب: مس، سرب، روی، نیکل، کروم، طلا، نقره، قلع، تنگستن، مولیبدن، اورانیوم، پلاتین و ...
صنایع شیمیایی: هالیت (سدیم کلرید)، فلونوریت (کلسیم فلوراید)	صنایع شیمیایی: هالیت (سدیم کلرید)، فلونوریت (کلسیم فلوراید)
کودهای شیمیایی: آپاتیت (کلسیم فسفات)، سیلویت (پتاسیم کلرید)، گوگرد، کلسیت و سنگ آهک (کلسیم کربنات)، شوره (سدیم نترات)	کودهای شیمیایی: آپاتیت (کلسیم فسفات)، سیلویت (پتاسیم کلرید)، گوگرد، کلسیت و سنگ آهک (کلسیم کربنات)، شوره (سدیم نترات)
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)، یوزولان و پرلیت (مصالح سبک وزن)	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)، یوزولان و پرلیت (مصالح سبک وزن)
گوهرها و کانی‌های نیمه قیمتی: الماس، کزندوم (یاقوت)، گارنت (بیجاده)، آمیتیست (کوارتز بنفش)، بریل (زمرده)، فیروزه، آگات (عقیق)، الیوپن (زبرجد)، اسپینل (عل)، لاجورد، یشم و ...	گوهرها و کانی‌های نیمه قیمتی: الماس، کزندوم (یاقوت)، گارنت (بیجاده)، آمیتیست (کوارتز بنفش)، بریل (زمرده)، فیروزه، آگات (عقیق)، الیوپن (زبرجد)، اسپینل (عل)، لاجورد، یشم و ...
پزشکی و داروسازی: باریت (عکس برداری، رادیولوژی)، انواع کانی‌های رسی (آنتی‌بیوتیک‌ها، ضد اسید معده)، فلونوریت (خمیر دندان)، تالک (پودر بچه، لوازم آرایشی، کرم‌های ضد آفتاب)	پزشکی و داروسازی: باریت (عکس برداری، رادیولوژی)، انواع کانی‌های رسی (آنتی‌بیوتیک‌ها، ضد اسید معده)، فلونوریت (خمیر دندان)، تالک (پودر بچه، لوازم آرایشی، کرم‌های ضد آفتاب)
کانی‌های صنعتی: بنتونیت (گل حفاری، خاک رنگ‌بر، جاذب آب و لایندها، 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 ...)	کانی‌های صنعتی: بنتونیت (گل حفاری، خاک رنگ‌بر، جاذب آب و لایندها، 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 و جاذب رطوبت)، دامپروری (مکمل غذای دام و طیور)، پرورش ماهی، تصفیه آب و فاضلاب	کشاورزی: کانی زئولیت در (سبک کردن و هوارسانی به خاک و جاذب رطوبت)، دامپروری (مکمل غذای دام و طیور)، پرورش ماهی، تصفیه آب و فاضلاب
سایر موارد: تالک (کاغذسازی، رنگ)، باریت (گل حفاری)، گرافیت (نوک متاد، پیل الکتریکی، تایر خودروها)، ساینده (الماس، گارنت، کزندوم، کوارتز)	سایر موارد: تالک (کاغذسازی، رنگ)، باریت (گل حفاری)، گرافیت (نوک متاد، پیل الکتریکی، تایر خودروها)، ساینده (الماس، گارنت، کزندوم، کوارتز)

گفت و گو کنید

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

بیشتر بدانید

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

فراوانی	فراوانی
فراوان: آهن، آلومینیم، منیزیم، منگنز، تیتانیم	فراوان: آهن، آلومینیم، منیزیم، منگنز، تیتانیم
کمیاب: مس، سرب، روی، نیکل، کروم، طلا، نقره، قلع، تنگستن، مولیبدن، اورانیوم، پلاتین و ...	کمیاب: مس، سرب، روی، نیکل، کروم، طلا، نقره، قلع، تنگستن، مولیبدن، اورانیوم، پلاتین و ...
صنایع شیمیایی: هالیت (سدیم کلرید)، فلونوریت (کلسیم فلوراید)	صنایع شیمیایی: هالیت (سدیم کلرید)، فلونوریت (کلسیم فلوراید)
کودهای شیمیایی: آپاتیت (کلسیم فسفات)، سیلویت (پتاسیم کلرید)، گوگرد، کلسیت و سنگ آهک (کلسیم کربنات)، شوره (سدیم نترات)	کودهای شیمیایی: آپاتیت (کلسیم فسفات)، سیلویت (پتاسیم کلرید)، گوگرد، کلسیت و سنگ آهک (کلسیم کربنات)، شوره (سدیم نترات)
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)، یوزولان و پرلیت (مصالح سبک وزن)	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)، یوزولان و پرلیت (مصالح سبک وزن)
گوهرها و کانی‌های نیمه قیمتی: الماس، کزندوم (یاقوت)، گارنت (بیجاده)، آمیتیست (کوارتز بنفش)، بریل (زمرده)، فیروزه، آگات (عقیق)، الیوپن (زبرجد)، اسپینل (عل)، لاجورد، یشم و ...	گوهرها و کانی‌های نیمه قیمتی: الماس، کزندوم (یاقوت)، گارنت (بیجاده)، آمیتیست (کوارتز بنفش)، بریل (زمرده)، فیروزه، آگات (عقیق)، الیوپن (زبرجد)، اسپینل (عل)، لاجورد، یشم و ...
پزشکی و داروسازی: باریت (عکس برداری، رادیولوژی)، انواع کانی‌های رسی (آنتی‌بیوتیک‌ها، ضد اسید معده)، فلونوریت (خمیر دندان)، تالک (پودر بچه، لوازم آرایشی، کرم‌های ضد آفتاب)	پزشکی و داروسازی: باریت (عکس برداری، رادیولوژی)، انواع کانی‌های رسی (آنتی‌بیوتیک‌ها، ضد اسید معده)، فلونوریت (خمیر دندان)، تالک (پودر بچه، لوازم آرایشی، کرم‌های ضد آفتاب)
کانی‌های صنعتی: بنتونیت (گل حفاری، خاک رنگ‌بر، جاذب آب و لایندها، 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 ...)	کانی‌های صنعتی: بنتونیت (گل حفاری، خاک رنگ‌بر، جاذب آب و لایندها، 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 و جاذب رطوبت)، دامپروری (مکمل غذای دام و طیور)، پرورش ماهی، تصفیه آب و فاضلاب	کشاورزی: کانی زئولیت در (سبک کردن و هوارسانی به خاک و جاذب رطوبت)، دامپروری (مکمل غذای دام و طیور)، پرورش ماهی، تصفیه آب و فاضلاب
سایر موارد: تالک (کاغذسازی، رنگ)، باریت (گل حفاری)، گرافیت (نوک متاد، پیل الکتریکی، تایر خودروها)، ساینده (الماس، گارنت، کزندوم، کوارتز)	سایر موارد: تالک (کاغذسازی، رنگ)، باریت (گل حفاری)، گرافیت (نوک متاد، پیل الکتریکی، تایر خودروها)، ساینده (الماس، گارنت، کزندوم، کوارتز)

جمع‌آوری اطلاعات

• 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؟

## غلظت عناصر در پوسته زمین

در سال ۱۹۶۴ میلادی، دو زمین‌شناس به نام‌های **کلارک** و **رینگ‌وود** 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

عناصر	درصد براساس جرم
اکسیژن	۴۵/۲۰
سیلیسیم	۲۷/۲۰
آلومینیم	۸/۰۰
آهن	۵/۸۰
کلسیم	۵/۰۶
سدیم	۲/۷۷
پتاسیم	۲/۳۲
منیزیم	۱/۶۸
تیتانیوم	۰/۸۶
فسفر	۰/۱۲
منگنز	۰/۱۰
روی	۰/۰۱۳
مس	۰/۰۰۷
سرب	۰/۰۰۰۶۶

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 جوی‌های اکتشافی عناصر، به دنبال یافتن مناطقی با بی‌هنجاری مثبت آن عنصر هستند.

۱. Clark  
۲. Ringwood

## غلظت عناصر در پوسته زمین

در سال ۱۹۶۴ میلادی، دو زمین‌شناس به نام‌های **کلارک** و **رینگ‌وود** 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

عناصر	درصد براساس جرم
اکسیژن	۴۵/۲۰
سیلیسیم	۲۷/۲۰
آلومینیم	۸/۰۰
آهن	۵/۸۰
کلسیم	۵/۰۶
سدیم	۲/۳۲
پتاسیم	۲/۳۲
منیزیم	۱/۶۸
تیتانیوم	۰/۸۶
فسفر	۰/۱۲
منگنز	۰/۱۰
روی	۰/۰۱۳
مس	۰/۰۰۷
سرب	۰/۰۰۰۶۶

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 جوی‌های اکتشافی عناصر، به دنبال یافتن مناطقی با بی‌هنجاری مثبت آن عنصر هستند.

۱. Clark  
۲. Ringwood



## تفسیر کنید

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

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

## تفسیر کنید

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

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

## یادآوری

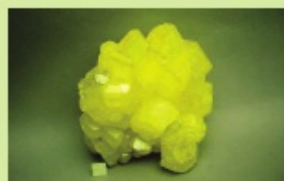
• در کتاب‌های درسی علوم تجربی، با مفهوم ویژگی‌ها و کاربرد برخی از کانی‌ها آشنا شدید. تعیین کنید کدام یک از تصاویر زیر، کانی می‌باشند؟ چرا؟



ب) یخ



الف) نبات



ت) گوگرد



ب) نفت

## یادآوری

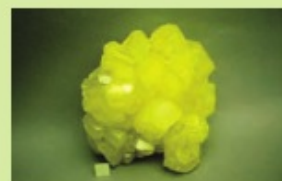
• در کتاب‌های درسی علوم تجربی، با مفهوم ویژگی‌ها و کاربرد برخی از کانی‌ها آشنا شدید. تعیین کنید کدام یک از تصاویر زیر، کانی می‌باشند؟ چرا؟



ب) یخ



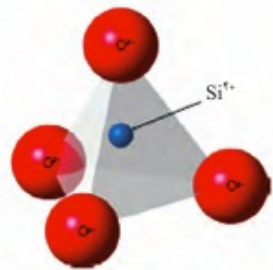
الف) نبات



ت) گوگرد



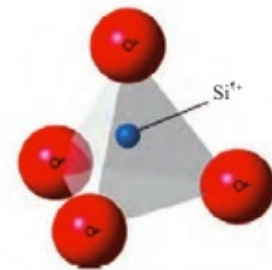
ب) نفت



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

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

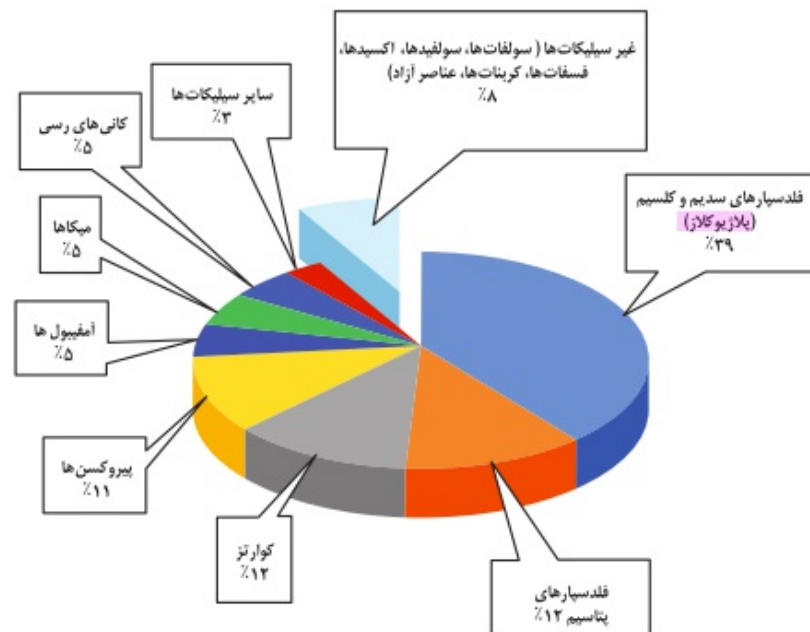
سیلیکات‌ها، کانی‌هایی هستند که بیش از ۹۰ درصد از پوسته زمین را تشکیل می‌دهند و در ترکیب شیمیایی خود، بنیان سیلیکاتی ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ) دارند. کانی‌های سیلیکاتی در سنگ‌های آذرین، رسوبی و یا دگرگونی یافت می‌شوند (شکل ۲-۲). کانی‌های غیرسیلیکاتی، گروهی از کانی‌ها هستند که در ترکیب خود، فاقد بنیان سیلیکاتی هستند. این کانی‌ها نیز در انواع سنگ‌ها یافت می‌شوند.



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

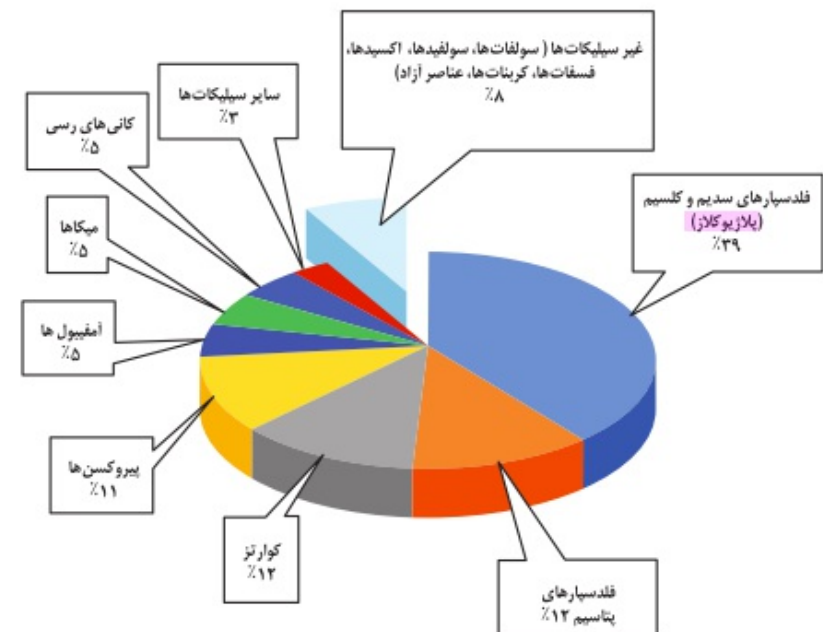
کانی‌ها، براساس ترکیب شیمیایی به دو گروه سیلیکات‌ها و غیرسیلیکات‌ها رده‌بندی می‌شوند.

سیلیکات‌ها، کانی‌هایی هستند که بیش از ۹۰ درصد از پوسته زمین را تشکیل می‌دهند و در ترکیب شیمیایی خود، بنیان سیلیکاتی ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ) دارند. کانی‌های سیلیکاتی در سنگ‌های آذرین، رسوبی و یا دگرگونی یافت می‌شوند (شکل ۲-۲). کانی‌های غیرسیلیکاتی، گروهی از کانی‌ها هستند که در ترکیب خود، فاقد بنیان سیلیکاتی هستند. این کانی‌ها نیز در انواع سنگ‌ها یافت می‌شوند.



شکل ۲-۲-۲ درصد وزنی کانی‌های سازنده پوسته زمین

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



شکل ۲-۲-۲ درصد وزنی کانی‌های سازنده پوسته زمین

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

گفت و گو  
کنید

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

کانه	ترکیب شیمیایی	عنصر اقتصادی
هماتیت		
مگنتیت		
کالکوپیریت		
گالن		

## کانسنگ

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

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

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 بهره‌برداري آغاز می‌شود که یک عنصر یا حجم و غلظت کافی در ماده معدنی وجود داشته باشد. با شروع بهره‌برداری یا معدن کاری، یک معدن شکل می‌گیرد.



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

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.



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

گفت و گو  
کنید

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

کانه	ترکیب شیمیایی	عنصر اقتصادی
هماتیت		
مگنتیت		
کالکوپیریت		
گالن		

## کانسنگ

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

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

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 بهره‌برداري آغاز می‌شود که یک عنصر یا حجم و غلظت کافی در ماده معدنی وجود داشته باشد. با شروع بهره‌برداری یا معدن کاری، یک معدن شکل می‌گیرد.



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

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.



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

**فکر کنید**

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

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

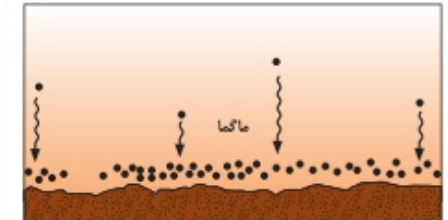
**گفت و گو کنید**

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

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



ب) معدن آهن چغارت - بافق بزد



الف) ته‌نشست کانسنگ کرومیت در کف مخزن ماگمایی

شکل ۲-۵

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



شکل ۲-۶ - سنگ پگماتیت

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

**فکر کنید**

- 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.

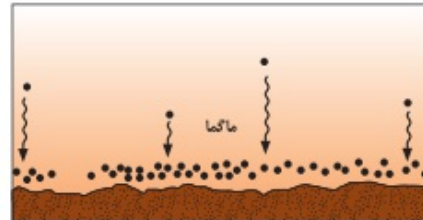
**گفت و گو کنید**

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

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



ب) معدن آهن چغارت - بافق بزد



الف) ته‌نشست کانسنگ کرومیت در کف مخزن ماگمایی

شکل ۲-۵

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



شکل ۲-۶ - سنگ پگماتیت

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



شکل ۲-۷. رگه کانسنگ حاوی طلا

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 ۲-۷). 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 آهکی، مس و اورانیم موجود در ماسه سنگ‌ها، نمونه‌هایی از کانسنگ‌های رسوبی مهم هستند. گاهی هوازدگی سنگ‌ها، باعث می‌شود تا کانی‌های آن در رسوبات تخریبی رودخانه به علت چگالی زیاد ته‌نشین شده و به صورت خالص قابل بهره‌برداری شود، مانند **پالاسرهای طلا، الماس، پلاتین** و... از هزار سال پیش تاکنون در منطقه تخت سلیمان تکاب، از رودخانه زرشوران، **طلا** برداشت می‌شود.

### اکتشاف معدن

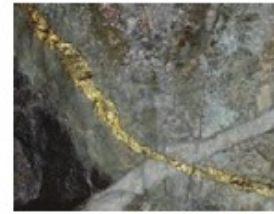
تشکیل ذخایر فلزی و غیرفلزی در برخی از مناطق پوسته زمین رخ می‌دهد. با آگاهی از اصول تشکیل و عوامل کنترل‌کننده آنها، می‌توان ذخایر معدنی را پیدا کرد.

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 ذخایر زغال‌سنگی را همواره باید در سنگ‌های رسوبی جست‌وجو کرد و یا اینکه آب‌وهوای گرم و خشک، مستعد تشکیل سنگ رسوبی تیخیری مانند گچ و نمک و ژئیس است. در مرحله بعد، 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 شناسایی کانی‌های موجود در آنها و تعیین عیار فلز یا کیفیت ماده معدنی 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



شکل ۲-۷. رگه کانسنگ حاوی طلا

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 ۲-۷). 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 آهکی، مس و اورانیم موجود در ماسه سنگ‌ها، نمونه‌هایی از کانسنگ‌های رسوبی مهم هستند. گاهی هوازدگی سنگ‌ها، باعث می‌شود تا کانی‌های آن در رسوبات تخریبی رودخانه به علت چگالی زیاد ته‌نشین شده و به صورت خالص قابل بهره‌برداری شود، مانند **پالاسرهای طلا، الماس، پلاتین** و... 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 ذخایر زغال‌سنگی را همواره باید در سنگ‌های رسوبی جست‌وجو کرد و یا اینکه آب‌وهوای گرم و خشک، مستعد تشکیل سنگ رسوبی تیخیری مانند گچ و نمک و ژئیس است. در مرحله بعد، 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 شناسایی کانی‌های موجود در آنها و تعیین عیار فلز یا کیفیت ماده معدنی 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 مورد ذخایر پالاسر طلای ایران اطلاعات جمع‌آوری کنید و محل آنها را بر روی نقشه ایران نشان دهید.

### جمع‌آوری اطلاعات

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

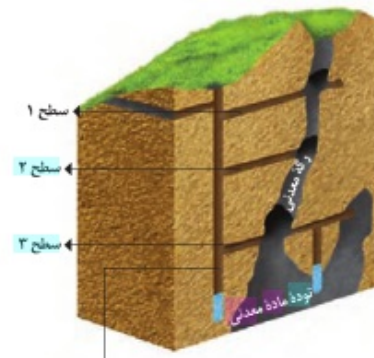


شکل ۲-۸. روش‌های استخراج ماده معدنی

### پیوند با ریاضی

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

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



شکل ۲-۹. 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 قرار داده است، برمی‌گردد. شاید این یکی از مهم‌ترین دلایل ایجاد علم گوهرشناسی و پیشرفت‌های بعدی آن بوده است. لازم به ذکر است که تنها از میان حدود ۴۰۰۰ کانی شناخته شده، حدود ۱۰۰ کانی، ویژگی‌های لازم یک گوهر را دارند.

### جمع‌آوری اطلاعات

● در مورد فرایند فرآوری طلا از کانسنگ، اطلاعات جمع‌آوری کرده و در کلاس ارائه دهید.

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

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

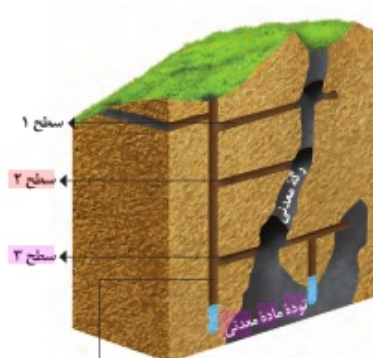


شکل ۲-۸. روش‌های استخراج ماده معدنی

### پیوند با ریاضی

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

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



شکل ۲-۹. 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.

### جمع‌آوری اطلاعات

● در مورد فرایند فرآوری طلا از کانسنگ، اطلاعات جمع‌آوری کرده و در کلاس ارائه دهید.

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

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

#### بیشتر بداند

- 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 بچی در ۵ تا ۶ هزار سال قبل، همگی نشان‌دهنده قدمت و تاریخ استفاده از گوهرها و سنگ‌های زینتی در ایران هستند.
- در ایران، از قرن دوم تا یازدهم هجری قمری، حدود ۲۵ کتاب در زمینه کانی‌شناسی و گوهرشناسی تألیف شده که معتبرترین آنها از لحاظ علمی، کتاب‌های الجواهر ابوریحان بیرونی و تنسوق نامه خواجه نصیرالدین توسی است.
- جواهرات، اغلب در ابعاد کوچک یافت می‌شوند و جرم آنها برحسب قیراط اندازه‌گیری می‌شود. هر قیراط معادل ۰/۲ گرم می‌باشد.

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 کریزوپریل با درخشندگی چشم‌گره و نوعی گوهر سیلیسی به نام **آپال** (معروف به **آپال گرانبها**) که درخشش رنگین‌کمانی دارد (شکل ۲-۱۰).



الف) درخشش رنگین‌کمانی در گوهر آپال

ب) شباهت گوهر کریزوپریل با چشم‌گره

شکل ۲-۱۰

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

#### بیشتر بداند

- 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 بچی در ۵ تا ۶ هزار سال قبل، همگی نشان‌دهنده قدمت و تاریخ استفاده از گوهرها و سنگ‌های زینتی در ایران هستند.
- در ایران، از قرن دوم تا یازدهم هجری قمری، حدود ۲۵ کتاب در زمینه کانی‌شناسی و گوهرشناسی تألیف شده که معتبرترین آنها از لحاظ علمی، کتاب‌های الجواهر ابوریحان بیرونی و تنسوق نامه خواجه نصیرالدین توسی است.
- جواهرات، اغلب در ابعاد کوچک یافت می‌شوند و جرم آنها برحسب قیراط اندازه‌گیری می‌شود. هر قیراط معادل ۰/۲ گرم می‌باشد.

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 کریزوپریل با درخشندگی چشم‌گره و نوعی گوهر سیلیسی به نام **آپال** (معروف به **آپال گرانبها**) که درخشش رنگین‌کمانی دارد (شکل ۲-۱۰).



ب) درخشش رنگین‌کمانی در گوهر آپال

ب) شباهت گوهر کریزوپریل با چشم‌گره

شکل ۲-۱۰

الف) درخشندگی در کانی کریزوپریل (گوهر چشم‌گره)

**گفت و گو کنید**

- گوهرها را چگونه تراش می دهند؟
- تفاوت الماس و برلیان در چیست؟
- از الماس در سر مته حفاری استفاده می کنند. علت چیست؟



شکل ۲-۱۱. الماس

**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 ساینده‌ها نیز کاربرد دارد (شکل ۱۱-۲).

**یاقوت:** نام علمی آن کزندوم (اکسید آلومینیم) است. کانی کزندوم 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 ۱۲-۲).



شکل ۲-۱۲. انواع کزندوم

**زمرد:** معروف ترین و گران ترین سیلیکات بریلیم که به رنگ سبز یافت می شود را «زمرد» می نامند (شکل ۱۳-۲).



شکل ۲-۱۳. زمرد

**گفت و گو کنید**

- گوهرها را چگونه تراش می دهند؟
- تفاوت الماس و برلیان در چیست؟
- از الماس در سر مته حفاری استفاده می کنند. علت چیست؟



شکل ۲-۱۱. الماس

**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 ساینده‌ها نیز کاربرد دارد (شکل ۱۱-۲).

**یاقوت:** نام علمی آن کزندوم (اکسید آلومینیم) است. کانی کزندوم 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 ۱۲-۲).



شکل ۲-۱۲. انواع کزندوم

**زمرد:** معروف ترین و گران ترین سیلیکات بریلیم که به رنگ سبز یافت می شود را «زمرد» می نامند (شکل ۱۳-۲).



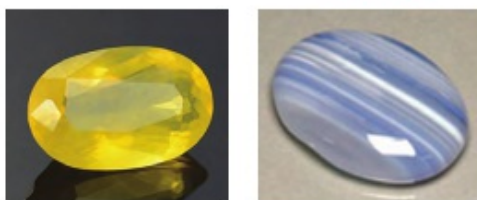
شکل ۲-۱۳. زمرد (بریل)



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



شکل ۲-۱۴. گارنت



**عقیق:** کانی سیلیسی با ترکیب شیمیایی  $\text{SiO}_2$  با رنگ‌های متنوع است که به نام‌ها و تراش‌های مختلف در بازار عرضه می‌شود. عقیق، یک نوع کوارتز نیمه قیمتی است که در بسیاری از نقاط ایران یافت می‌شود (شکل ۲-۱۵).



شکل ۲-۱۵. عقیق

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

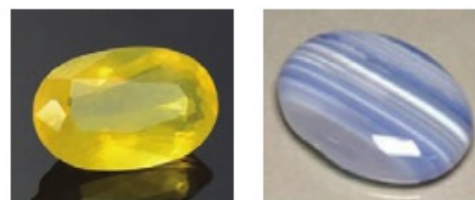


شکل ۲-۱۶. زبرجد

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



شکل ۲-۱۴. گارنت



**عقیق:** کانی سیلیسی با ترکیب شیمیایی  $\text{SiO}_2$  با رنگ‌های متنوع است که به نام‌ها و تراش‌های مختلف در بازار عرضه می‌شود. عقیق، یک نوع کوارتز نیمه قیمتی است که در بسیاری از نقاط ایران یافت می‌شود (شکل ۲-۱۵).



شکل ۲-۱۵. عقیق

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



شکل ۲-۱۶. 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. (شکل ۲-۱۷).

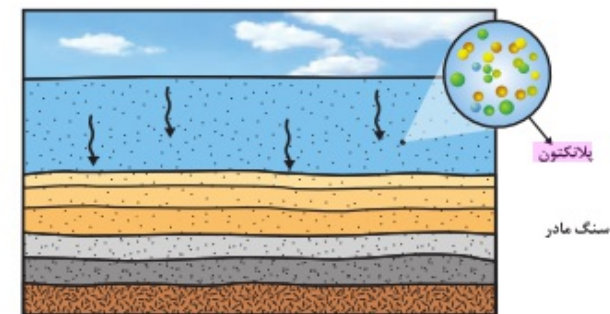


شکل ۲-۱۷. فیروزه (نور کوئیز)

### 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 **پلانکتون** ها، مهم‌ترین منشأ مواد آلی هستند. بقایای این موجودات پس از مرگ، در رسوبات ریزدانه بستر دریا مدفون می‌شوند. ماده آلی (نظیر اسیدهای چرب) باقیمانده که توسط لایه‌های بالایی پوشیده و حفظ شده، در لایه لای



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

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

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

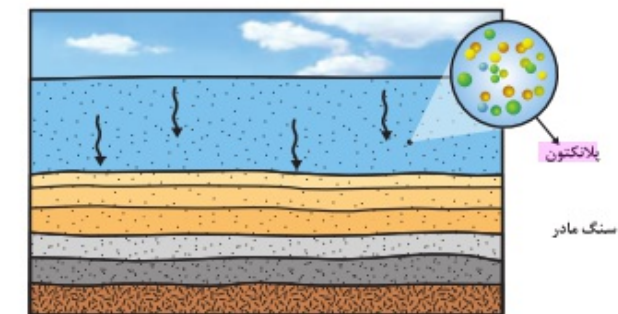


شکل ۲-۱۷. فیروزه (نور کوئیز)

### 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 **پلانکتون** ها، مهم‌ترین منشأ مواد آلی هستند. بقایای این موجودات پس از مرگ، در رسوبات ریزدانه بستر دریا مدفون می‌شوند. ماده آلی (نظیر اسیدهای چرب) باقیمانده که توسط لایه‌های بالایی پوشیده و حفظ شده، در لایه لای



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

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

**با هم  
ببیند پیشید**

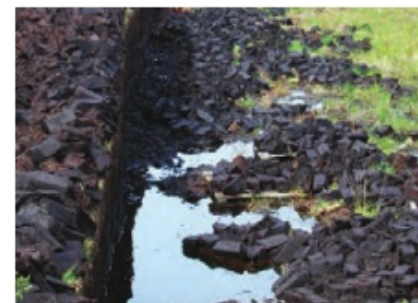
● اگر در فرایند تشکیل نفت خام، فشار و دما از حد مورد نیاز برای تشکیل نفت، بیشتر یا کمتر شود، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

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

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

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

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



شکل ۲-۲۰. تورب (پوده)\*

**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 (توسط باکتری غیرهوازی) به مرور زمان، به تورب که یک نوع زغال تارس است، تبدیل می‌شوند. در برخی کشورها مانند ایرلند، تورب به عنوان یک ماده سوختی بهره‌برداری می‌شود (شکل ۲-۲۰).

**با هم  
ببیند پیشید**

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

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

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

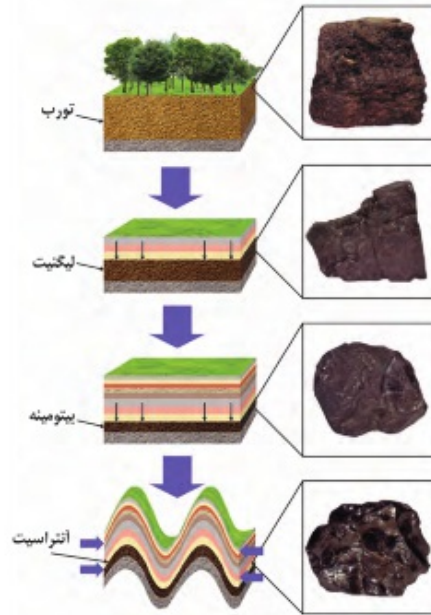
گفته می‌شود که ۹۹/۹ درصد نفتی که در طول تاریخ زمین تولید شده، به سطح زمین رسیده و از بین رفته و ۰/۱ درصد آن، همه ذخایر نفت موجود را تشکیل داده است.



شکل ۲-۲۰. تورب (پوده)\*

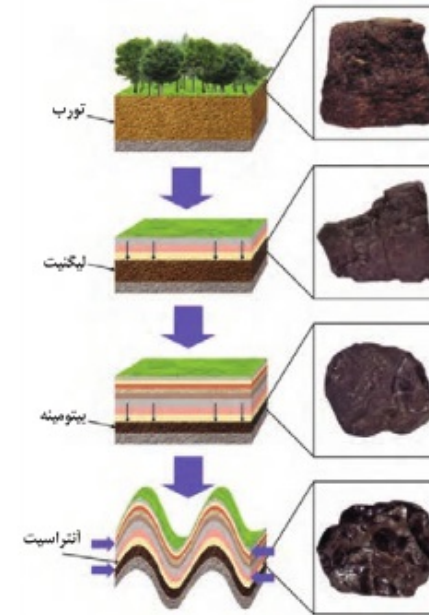
**زغال سنگ:** یک سوخت فسیلی جامد است که از مواد آلی در محیط‌های خشکی به وجود می‌آید. این مواد آلی، بیشتر از گیاهان جنگل حاصل می‌شوند. آنها، در باتلاق‌ها انباشته شده و توسط رسوبات پوشیده می‌شوند و بدون حضور اکسیژن (توسط باکتری غیرهوازی) به مرور زمان، به تورب که یک نوع زغال تارس است، تبدیل می‌شوند. در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

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



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

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



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

#### فکر کنید

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

#### فکر کنید

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

علم،  
زندگی،  
کار آفرینی

• **سنگ شناسی (پتروژی):** 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 پتروژیست‌ها (سنگ‌شناسان) مورد مطالعه قرار می‌گیرد.



• **زمین شناسی اقتصادی:** زمین‌شناسانی که در موضوع زمین شناسی اقتصادی تخصص دارند، با بهره‌گیری از اصول زمین‌شناسی و پراکتندگی 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.



• **زمین‌شناسی نفت:** زمین‌شناس 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. مطالعه روی ترکیب سیارات که در واقع همان ترکیب تقریبی زمین است، تأثیر بسزایی در شناخت عناصر و چگونگی تشکیل آنها دارد و همچنین توزیع نامساوی عناصر در زمین را بررسی می‌کند.



متخصصین فوق، در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صنایع و معادن، شرکت ملی نفت، گاز، پتروشیمی و جواهرسازی، کمک شایانی در بهبود اقتصاد کشور خواهند داشت.

علم،  
زندگی،  
کار آفرینی

• **سنگ شناسی (پتروژی):** 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 پتروژیست‌ها (سنگ‌شناسان) مورد مطالعه قرار می‌گیرد.



• **زمین شناسی اقتصادی:** زمین‌شناسانی که در موضوع زمین شناسی اقتصادی تخصص دارند، با بهره‌گیری از اصول زمین‌شناسی و پراکتندگی 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.



• **زمین‌شناسی نفت:** زمین‌شناس 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. مطالعه روی ترکیب سیارات که در واقع همان ترکیب تقریبی زمین است، تأثیر بسزایی در شناخت عناصر و چگونگی تشکیل آنها دارد و همچنین توزیع نامساوی عناصر در زمین را بررسی می‌کند.



متخصصین فوق، در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صنایع و معادن، شرکت ملی نفت، گاز، پتروشیمی و جواهرسازی، کمک شایانی در بهبود اقتصاد کشور خواهند داشت.



## 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؟



## 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



فرورفتست زمین



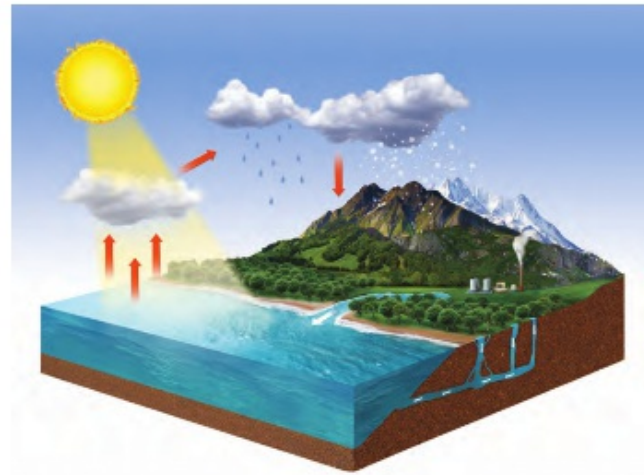
فرسایش



فرورفتست زمین

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

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



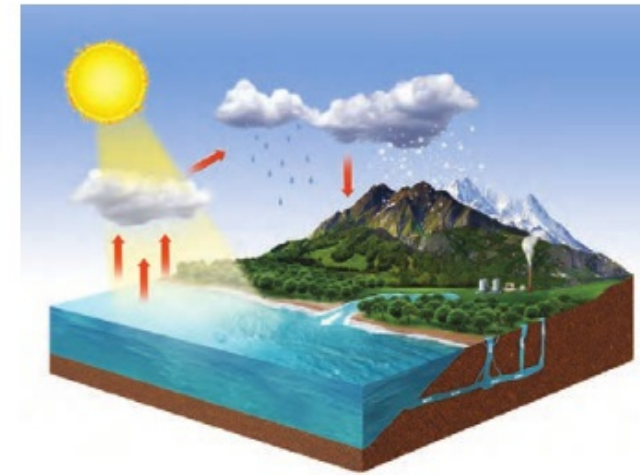
ب) چرخه آب

شکل ۳-۱

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



الف) نمایی از برگاب



ب) چرخه آب

شکل ۳-۱

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



الف) نمایی از برگاب

### آب جاری

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

#### جمع 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 آبراهه و اندازه‌گیری سطح مقطع آن، می‌توان مقدار آبدهی (دبی) را با استفاده از رابطه زیر محاسبه کرد (شکل ۳-۲).

$$Q=A \times V$$

Q: 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 ۳-۲. ایستگاه اندازه‌گیری آبدهی رود

#### پیوند با ریاضی

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

### آب جاری

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

#### جمع 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 آبراهه و اندازه‌گیری سطح مقطع آن، می‌توان مقدار آبدهی (دبی) را با استفاده از رابطه زیر محاسبه کرد (شکل ۳-۲).

$$Q=A \times V$$

Q: 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 ۳-۲. ایستگاه اندازه‌گیری آبدهی رود

#### پیوند با ریاضی

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



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.

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

**فکر کنید**

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

مقاطع مختلف رود

**فکر کنید**

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

مقاطع مختلف رود

**آب زیرزمینی**

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

**آب زیرزمینی**

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

**جمع‌آوری اطلاعات**

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

نیم‌رخ قنات

**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؟

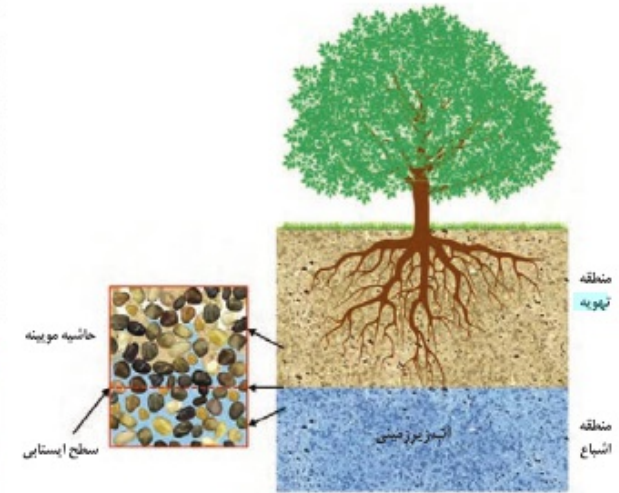
نیم‌رخ قنات

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 ایستایی:** 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 ایستایی است (شکل ۳-۳).

**دانشمندان علوم زمین**

- برخی از دانشمندان ایرانی در مورد آب‌های زیرزمینی، نظرات ارزنده‌ای ارائه کرده‌اند. ابوبکر محمدبن 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 اسفرآزی (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.



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

محمدبن حسن کرجی

**پیوند با فیزیک**

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

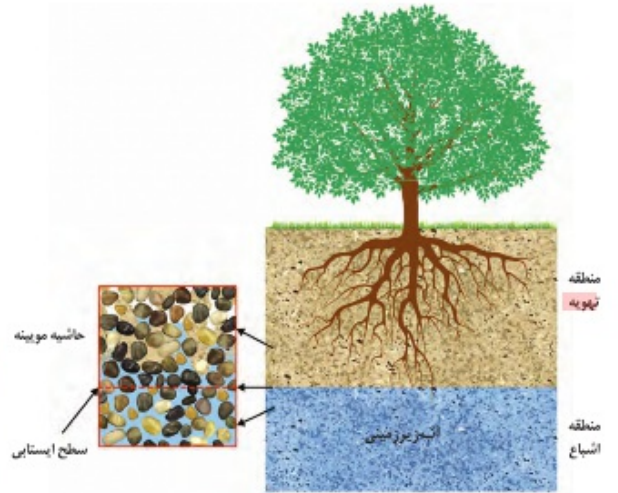
عمق سطح ایستایی در مناطق مختلف، متفاوت است. در بعضی مناطق ممکن است تا صدها متر برسد. سطح ایستایی، تقریباً از توپوگرافی (عارضه‌نگاری) سطح زمین تبعیت می‌کند. هنگامی که سطح ایستایی با سطح زمین برخورد کند، آب زیرزمینی به صورت چشمه و گاهی

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 ایستایی:** 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 ایستایی است (شکل ۳-۳).

**دانشمندان علوم زمین**

- برخی از دانشمندان ایرانی در مورد آب‌های زیرزمینی، نظرات ارزنده‌ای ارائه کرده‌اند. ابوبکر محمدبن 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 اسفرآزی (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.



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

**پیوند با فیزیک**

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

عمق سطح ایستایی در مناطق مختلف، متفاوت است. در بعضی مناطق ممکن است تا صدها متر برسد. سطح ایستایی، تقریباً از توپوگرافی (عارضه‌نگاری) سطح زمین تبعیت می‌کند. هنگامی که سطح ایستایی 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 ایستایی 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



به صورت برکه در سطح زمین ظاهر می شود و در صورتی که سطح ایستایی 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

#### یادآوری

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

#### یادآوری

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

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

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

**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.

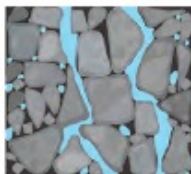
$$\text{درصد تخلخل} = \frac{(m^3) \text{ حجم فضاهای خالی}}{(m^3) \text{ حجم کل}} \times 100$$

#### پیوند با ریاضی

- بر اثر بهره برداری از یک آبخوان در یک دشت به مساحت  $200 \times 10^6$  مترمربع و تخلخل ۳۰ درصد، سطح ایستایی ۱۰ متر افت کرده است. چه حجمی از آب تخلیه شده است؟
- چنانچه این حجم آب در طی ۳۰ روز پمپاژ شده باشد، میانگین آبدهی چاه ها چقدر بوده است؟

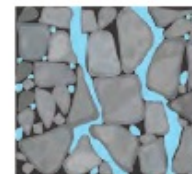
#### پیوند با ریاضی

- بر اثر بهره برداری از یک آبخوان در یک دشت به مساحت  $200 \times 10^6$  مترمربع و تخلخل ۳۰ درصد، سطح ایستایی ۱۰ متر افت کرده است. چه حجمی از آب تخلیه شده است؟
- چنانچه این حجم آب در طی ۳۰ روز پمپاژ شده باشد، میانگین آبدهی چاه ها چقدر بوده است؟



شکل ۳-۵. تخلخل و نفوذپذیری

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



شکل ۳-۵. تخلخل و نفوذپذیری

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

**یادآوری**

• در سال‌های گذشته، با آبخوان و انواع آن آشنا شدید. در این باره به پرسش‌های زیر

پاسخ دهید:

- ۱- آبخوان چیست؟
- ۲- در شکل زیر، نوع آبخوان‌های الف و ب را مشخص کنید.
- ۳- چاه‌های شماره ۱ و ۲ چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟
- ۴- کدام چاه از نوع آرتزین است؟



**یادآوری**

• در سال‌های گذشته، با آبخوان و انواع آن آشنا شدید. در این باره به پرسش‌های زیر

پاسخ دهید:

- ۱- آبخوان چیست؟
- ۲- در شکل زیر، نوع آبخوان‌های الف و ب را مشخص کنید.
- ۳- چاه‌های شماره ۱ و ۲ چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟
- ۴- کدام چاه از نوع آرتزین است؟



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



ب) چشمه کارستی گامالیاب نهاوند



الف) چشمه کارستی طاق بستان کرمانشاه

شکل ۳-۶

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

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



ب) چشمه کارستی گامالیاب نهاوند



الف) چشمه کارستی طاق بستان کرمانشاه

شکل ۳-۶

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

**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 و برای آشامیدن مطلوب است. سنگ‌های تبخیری مانند سنگ نمک و سنگ گچ، **انحلال** پذیری زیادی دارند و از این‌رو، 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.

**لايه‌های 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.
- در شهرهایی که نزدیک سواحل دریاها قرار دارند با پایین آمدن سطح ایستابی، چه مشکلاتی را ایجاد می‌کند؟

#### پیوند با شیمی

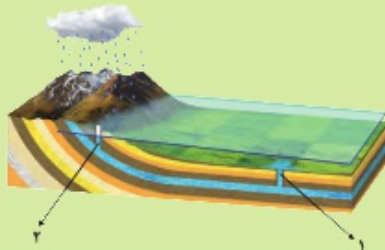
- سختی آب، به علت نمک‌های محلول در آن است. یون‌های کلسیم و منیزیم، به عنوان فراوان‌ترین یون‌های موجود در آب، ملاک تعیین سختی آب هستند.

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

- 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، در شکل زیر را با هم مقایسه کنید.



**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 و برای آشامیدن مطلوب است. سنگ‌های تبخیری مانند سنگ نمک و سنگ گچ، **انحلال** پذیری زیادی دارند و از این‌رو، 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.

**لايه‌های 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.
- در شهرهایی که نزدیک سواحل دریاها قرار دارند با پایین آمدن سطح ایستابی، چه مشکلاتی را ایجاد می‌کند؟

#### پیوند با شیمی

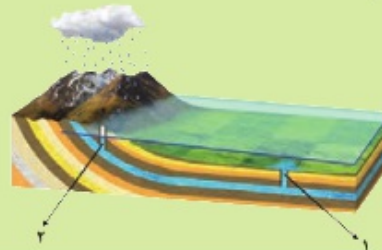
- سختی آب، به علت نمک‌های محلول در آن است. یون‌های کلسیم و منیزیم، به عنوان فراوان‌ترین یون‌های موجود در آب، ملاک تعیین سختی آب هستند.

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

- 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، در شکل زیر را با هم مقایسه کنید.

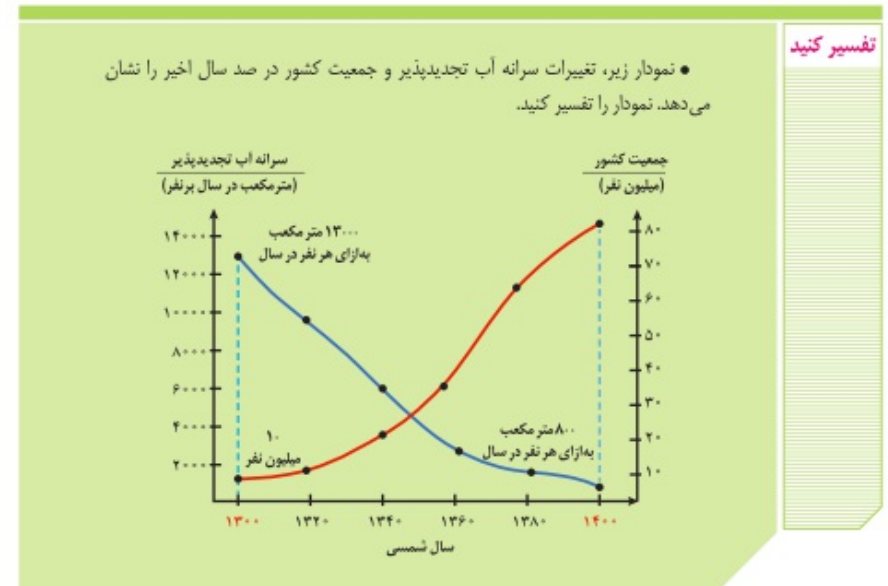
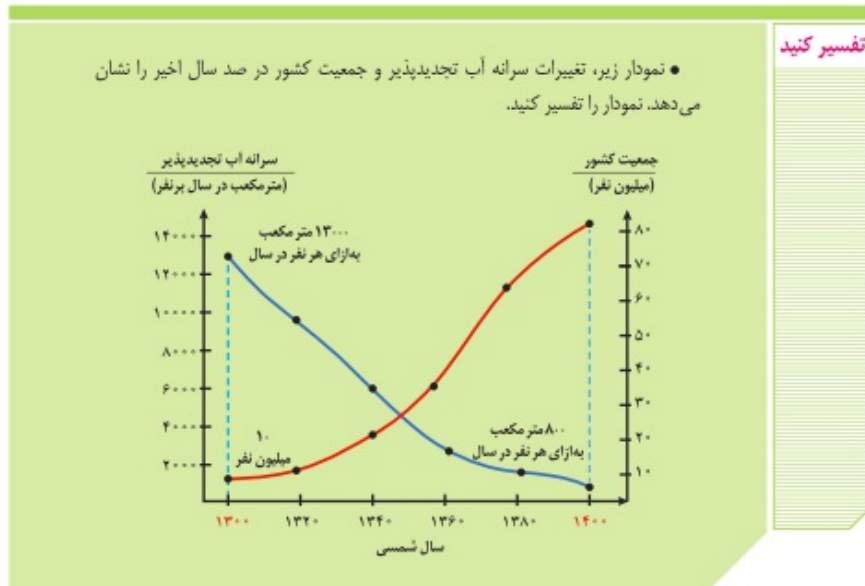


**تجدیدپذیری آب:** در مدیریت منابع آب، ذخایر آب به دو دسته تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم می‌شوند. آب تجدیدپذیر، آبی است که در مقیاس زمانی معین، پس از مصرف انسان، از طریق چرخه آب، جایگزین می‌شود. بخشی از ذخایر آب که پس از مصرف، جایگزین نمی‌شود، آب تجدیدناپذیر است. برای جلوگیری از ایجاد بحران آب، باید 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 کم آب، 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.

**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 کم آب، 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.



**بیان (ترازنامه) آب:** محاسبه بیان آب یک لایه آبدار، از بسیاری جهات، مشابه بررسی بیان هزینه یک خانواده یا هر واحد اقتصادی است که کمک می‌کند تا میزان درآمد و هزینه‌ها با هم مقایسه شوند. در مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب نیز، برای آنکه نوسانات حجم ذخیره منابع آب یک منطقه تعیین شود، بیان آب محاسبه می‌شود.

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:

$$\Delta S = I - O$$

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

**بیان (ترازنامه) آب:** محاسبه بیان آب یک لایه آبدار، از بسیاری جهات، مشابه بررسی بیان هزینه یک خانواده یا هر واحد اقتصادی است که کمک می‌کند تا میزان درآمد و هزینه‌ها با هم مقایسه شوند. در مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب نیز، برای آنکه نوسانات حجم ذخیره منابع آب یک منطقه تعیین شود، بیان آب محاسبه می‌شود.

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:

$$\Delta S = I - O$$

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

در طی سال‌های گذشته به علت بهره‌برداری زیاد از منابع آبی، **بیابان** منابع آب در کل کشور و در بیش از ۶۰۹ دشت کشور، منگی بوده است. بر این اساس، بسیاری از دشت‌های کشور از نظر توسعه بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی، به عنوان دشت ممنوعه اعلام شده است.

**جمع‌آوری اطلاعات**

- در منابع معتبر جستجو کنید و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
- بر مصرف‌ترین و کم‌مصرف‌ترین استان کشور از نظر مصرف آب تجدیدناپذیر، کدام استان‌ها هستند؟
  - آیا محل سکونت شما در محدوده دشت‌های ممنوعه واقع شده است؟



در طی سال‌های گذشته به علت بهره‌برداری زیاد از منابع آبی، **بیابان** منابع آب در کل کشور و در بیش از ۶۰۹ دشت کشور، منگی بوده است. بر این اساس، بسیاری از دشت‌های کشور از نظر توسعه بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی، به عنوان دشت ممنوعه اعلام شده است.

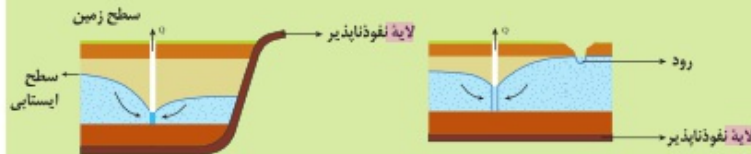
**جمع‌آوری اطلاعات**

- در منابع معتبر جستجو کنید و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
- بر مصرف‌ترین و کم‌مصرف‌ترین استان کشور از نظر مصرف آب تجدیدناپذیر، کدام استان‌ها هستند؟
  - آیا محل سکونت شما در محدوده دشت‌های ممنوعه واقع شده است؟



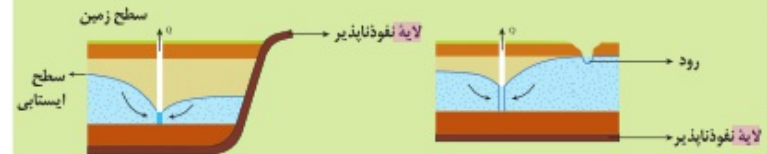
**گفت‌وگو کنید**

- 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؟



**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 ۳-۷

**فرونشست زمین:** یکی از پیامدهای برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی، فرونشست زمین است. این وضعیت در بسیاری از دشت‌های کشور ما که با **بیابان** منفی آب زیرزمینی روبه‌رو هستند، مشاهده می‌شود.

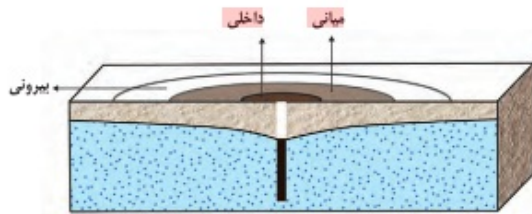
فرونشست زمین یا به صورت سریع، به شکل فروچاله ایجاد می‌شود (شکل ۳-۷-الف) و یا آرام و نامحسوس به صورت نشست سطح وسیعی از منطقه و ایجاد ترک و شکاف در سطح زمین نمایان می‌شود (شکل ۳-۷-ب). فرونشست زمین می‌تواند خسارت‌های فراوان به زیربناها و انواع سازه‌ها و زمین‌های کشاورزی وارد کند. برای کاهش میزان فرونشست زمین، باید بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی کاهش یابد و با تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها تقویت شوند.

#### فکر کنید

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

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

**حریم منابع آب:** کیفیت منابع آب زیرزمینی به وسیله کودهای کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و شهری و همچنین کمیت آنها از طریق بهره‌برداری زیاد، در معرض تهدید است. بنابراین حفاظت از این منابع، دارای اهمیت زیادی است. یکی از روش‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی، تعیین حریم برای آنها است. بر این اساس، حریم کمتی و کیفی تعریف می‌شود. حریم کمتی، براساس شعاع تأثیر دو چاه در نظر گرفته می‌شود که حدود ۵۰۰ متر است. حریم کیفی چاه‌های تأمین‌کننده آب شرب، به‌صورت پهنه‌های حفاظتی تعریف می‌شود. منظور از پهنه‌های حفاظتی، محدوده‌ای در اطراف چاه است که آلاینده قبل از رسیدن به چاه از بین می‌رود. پهنه‌های حفاظتی، معمولاً شامل سه بخش داخلی، میانی و بیرونی است (شکل ۳-۸).



شکل ۳-۸. پهنه‌های حریم چاه



الف) فرونشست ناگهانی



ب) فرونشست تدریجی

شکل ۳-۷

**فرونشست زمین:** یکی از پیامدهای برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی، فرونشست زمین است. این وضعیت در بسیاری از دشت‌های کشور ما که با **بیابان** منفی آب زیرزمینی روبه‌رو هستند، مشاهده می‌شود.

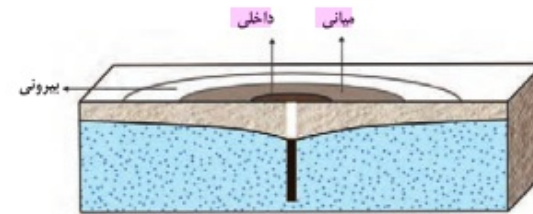
فرونشست زمین یا به صورت سریع، به شکل فروچاله ایجاد می‌شود (شکل ۳-۷-الف) و یا آرام و نامحسوس به صورت نشست سطح وسیعی از منطقه و ایجاد ترک و شکاف در سطح زمین نمایان می‌شود (شکل ۳-۷-ب). فرونشست زمین می‌تواند خسارت‌های فراوان به زیربناها و انواع سازه‌ها و زمین‌های کشاورزی وارد کند. برای کاهش میزان فرونشست زمین، باید بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی کاهش یابد و با تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها تقویت شوند.

#### فکر کنید

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

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

**حریم منابع آب:** کیفیت منابع آب زیرزمینی به وسیله کودهای کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و شهری و همچنین کمیت آنها از طریق بهره‌برداری زیاد، در معرض تهدید است. بنابراین حفاظت از این منابع، دارای اهمیت زیادی است. یکی از روش‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی، تعیین حریم برای آنها است. بر این اساس، حریم کمتی و کیفی تعریف می‌شود. حریم کمتی، براساس شعاع تأثیر دو چاه در نظر گرفته می‌شود که حدود ۵۰۰ متر است. حریم کیفی چاه‌های تأمین‌کننده آب شرب، به‌صورت پهنه‌های حفاظتی تعریف می‌شود. منظور از پهنه‌های حفاظتی، محدوده‌ای در اطراف چاه است که آلاینده قبل از رسیدن به چاه از بین می‌رود. پهنه‌های حفاظتی، معمولاً شامل سه بخش داخلی، میانی و بیرونی است (شکل ۳-۸).



شکل ۳-۸. پهنه‌های حریم چاه



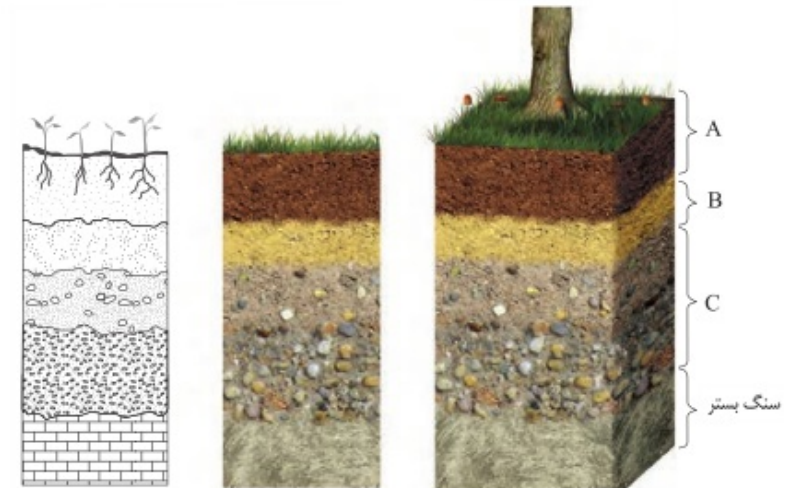
### خاک و فرسایش

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

ذرات 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 از خود عبور دهند، بستگی به اندازه ذرات خاک دارد. هرچه ذرات خاک، ریزتر باشد، آب بیشتری را در خود نگه می‌دارد و مقدار کمتری را عبور می‌دهد. خاک رس، بسیار ریزدانه است، بنابراین فضای بین ذرات آن بسیار کوچک است به طوری که گردش آب و هوا به خوبی صورت نمی‌گیرد و برای رشد گیاهان مناسب نیست. در خاک‌های شنی، آب به راحتی از میان ذرات عبور می‌کند یعنی، زهکشی خوبی دارد، اما برای رشد گیاهان مناسب نمی‌باشد، چون آب و مواد مغذی را در خود نگه نمی‌دارد. مخلوط مناسب خاک ماسه‌ای و رسی و استفاده از کود مناسب یا 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 ۳-۱۰).



شکل ۳-۱۰. افق‌های خاک و سنگ بستر

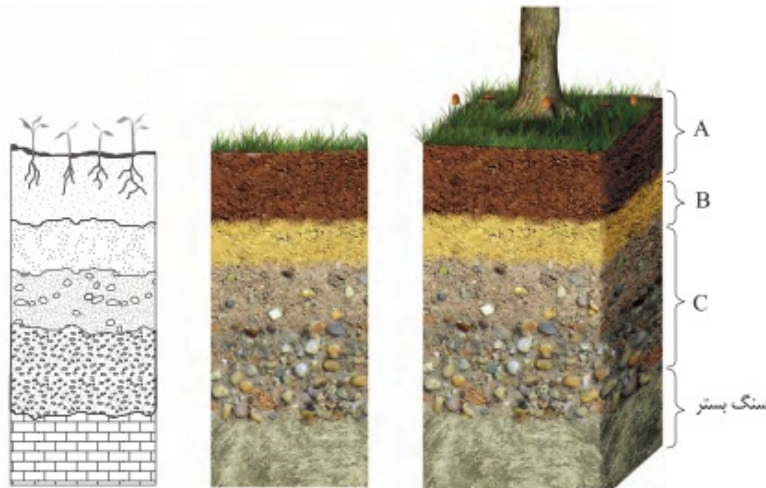
### خاک و فرسایش

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

ذرات 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 از خود عبور دهند، بستگی به اندازه ذرات خاک دارد. هرچه ذرات خاک، ریزتر باشد، آب بیشتری را در خود نگه می‌دارد و مقدار کمتری را عبور می‌دهد. خاک رس، بسیار ریزدانه است، بنابراین فضای بین ذرات آن بسیار کوچک است به طوری که گردش آب و هوا به خوبی صورت نمی‌گیرد و برای رشد گیاهان مناسب نیست. در خاک‌های شنی، آب به راحتی از میان ذرات عبور می‌کند یعنی، زهکشی خوبی دارد، اما برای رشد گیاهان مناسب نمی‌باشد، چون آب و مواد مغذی را در خود نگه نمی‌دارد. مخلوط مناسب خاک ماسه‌ای و رسی و استفاده از کود مناسب یا 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 ۳-۱۰).



شکل ۳-۱۰. افق‌های خاک و سنگ بستر

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

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

افق A، بالاترین لایه خاک است. ریشه گیاهان در آن رشد می‌کنند. این افق، معمولاً حاوی گیاهک (هوموس) به همراه ماسه و رس است. وجود مواد آلی باعث رنگ خاکستری تا سیاه این افق می‌شود. در افق B یا خاک میانی، رس، ماسه، شن، املاح نشتی شده از افق A و مقدار کمی گیاهک وجود دارد. افق C، خاک زیرین است و در آن، مواد سنگی به میزان کم، تخریب و تجزیه شده‌اند. 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 تجزیه‌ای در آن صورت نگرفته است. اگرچه این افق‌ها در بسیاری از تیم‌رخ خاک‌ها مشاهده می‌شود 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 سنگ‌ها دارای کانی‌های مقاوم (مانند کوارتز) که غالباً شنی و ماسه‌ای می‌باشند، فاقد ارزش کشاورزی هستند. در کشاورزی، خاکی را حاصلخیز می‌گویند که موجب رشد بیشتر گیاه شود مانند مناطق گرم و مرطوب که هوازگی شیمیایی اهمیت بیشتری دارد.

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

#### فکر کنید

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

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

• بیشترین محصولات کشاورزی از مناطق معتدل به دست می‌آید. 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 می‌شود. فعالیت‌های انسانی آن را کاهش یا افزایش می‌دهد اما نمی‌تواند آن را کاملاً متوقف کند. مقدار فرسایش پذیری خاک، معمولاً در ایام مختلف سال، ثابت نیست.

فرسایش به طور طبیعی و توسط عواملی مانند آب‌های جاری، باد، یخچال، نیروی جاذبه و آب‌های زیرزمینی و بدون دخالت انسان و به آرامی، یا با سرعت زیاد انجام می‌شود. فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی، معدن کاری، جاده‌سازی و سایر فعالیت‌های عمرانی، فرسایش طبیعی را تشدید می‌کنند. افزون بر انسان، سایر جانداران نیز، در افزایش این فرسایش‌ها نقش دارند.

افق A، بالاترین لایه خاک است. ریشه گیاهان در آن رشد می‌کنند. این افق، معمولاً حاوی گیاهک (هوموس) به همراه ماسه و رس است. وجود مواد آلی باعث رنگ خاکستری تا سیاه این افق می‌شود. در افق B یا خاک میانی، رس، ماسه، شن، املاح نشتی شده از افق A و مقدار کمی گیاهک وجود دارد. افق C، خاک زیرین است و در آن، مواد سنگی به میزان کم، تخریب و تجزیه شده‌اند. 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 تجزیه‌ای در آن صورت نگرفته است. اگرچه این افق‌ها در بسیاری از تیم‌رخ خاک‌ها مشاهده می‌شود 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 سنگ‌ها دارای کانی‌های مقاوم (مانند کوارتز) که غالباً شنی و ماسه‌ای می‌باشند، فاقد ارزش کشاورزی هستند. در کشاورزی، خاکی را حاصلخیز می‌گویند که موجب رشد بیشتر گیاه شود مانند مناطق گرم و مرطوب که هوازگی شیمیایی اهمیت بیشتری دارد.

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

#### فکر کنید

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

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

• بیشترین محصولات کشاورزی از مناطق معتدل به دست می‌آید. 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 می‌شود. فعالیت‌های انسانی آن را کاهش یا افزایش می‌دهد اما نمی‌تواند آن را کاملاً متوقف کند. مقدار فرسایش پذیری خاک، معمولاً در ایام مختلف سال، ثابت نیست.

فرسایش به طور طبیعی و توسط عواملی مانند آب‌های جاری، باد، یخچال، نیروی جاذبه و آب‌های زیرزمینی و بدون دخالت انسان و به آرامی، یا با سرعت زیاد انجام می‌شود. فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی، معدن کاری، جاده‌سازی و سایر فعالیت‌های عمرانی، فرسایش طبیعی را تشدید می‌کنند. افزون بر انسان، سایر جانداران نیز، در افزایش این فرسایش‌ها نقش دارند.

**گفت و گو کنید**

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

**فرسایش آبی:** در نقاطی که آب بر روی خاک بدون پوشش گیاهی، 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 بارز 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).



شکل ۱۱-۳. فرسایش خندقی

**فکر کنید**

• هر یک از پیامدهای زیر، 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 فرسایش‌دهی رواناب، بستگی به سرعت و میزان مواد معلق موجود در رواناب دارد. هر چه سرعت رواناب، جرم و میزان مواد معلق بیشتر باشد، انرژی جنبشی آب، و در نتیجه، قدرت فرسایش‌دهی آن بیشتر می‌شود. قدرت فرسایش‌دهی 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.

**گفت و گو کنید**

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

**فرسایش آبی:** در نقاطی که آب بر روی خاک بدون پوشش گیاهی، 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 بارز 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).



شکل ۱۱-۳. فرسایش خندقی

**فکر کنید**

• هر یک از پیامدهای زیر، 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 فرسایش‌دهی رواناب، بستگی به سرعت و میزان مواد معلق موجود در رواناب دارد. هر چه سرعت رواناب، جرم و میزان مواد معلق بیشتر باشد، انرژی جنبشی آب، و در نتیجه، قدرت فرسایش‌دهی آن بیشتر می‌شود. قدرت فرسایش‌دهی 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.

**بیشتر بدانید**

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

**بیشتر بدانید**

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

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

**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.

**علم،  
زندگی،  
کارآفرینی**

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



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

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



فرسایش زمین و تشکیل دره توسط آب و باد

آب، سدسازی و تونل‌سازی، وزارت راه و شهرسازی، شهرداری‌ها و... می‌توانند در هدایت پروژه‌های عمرانی و پژوهشی کمک شایانی داشته باشند.

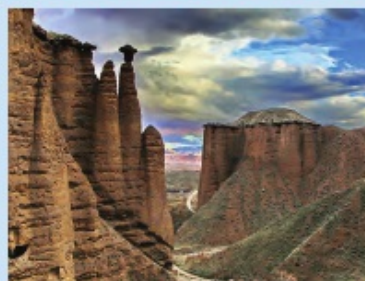
**علم،  
زندگی،  
کارآفرینی**

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



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

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



فرسایش زمین و تشکیل دره توسط آب و باد

آب، سدسازی و تونل‌سازی، وزارت راه و شهرسازی، شهرداری‌ها و... می‌توانند در هدایت پروژه‌های عمرانی و پژوهشی کمک شایانی داشته باشند.

## ۴ فصل

### زمین شناسی و سازه‌های مهندسی

انسان از گذشته‌های دور، بناهایی ساخته است که هنوز هم پس از گذشت هزاران سال، باقی مانده‌اند. ستون‌های بزرگ تخت جمشید، 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. به راستی، 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 زمین شناسی مطرح است که باید مورد مطالعه قرار گیرد. یکی از وظایف مهم زمین شناس، تشخیص احتمال وقوع فرایندهای مخرب و ارائه روش‌های مقابله با آنها است به نحوی که، آسیبی به تأسیسات و سازه‌های مهندسی وارد نشود.

## ۴ فصل

### زمین شناسی و سازه‌های مهندسی

انسان از گذشته‌های دور، بناهایی ساخته است که هنوز هم پس از گذشت هزاران سال، باقی مانده‌اند. ستون‌های بزرگ تخت جمشید، 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. به راستی، 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 زمین شناسی مطرح است که باید مورد مطالعه قرار گیرد. یکی از وظایف مهم زمین شناس، 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 نایبش - تهران

### مکان یابی سازه ها

قبل از اجرای پروژه های عمرانی مانند سد، نیروگاه، بزرگراه، پل، مجتمع های تجاری و مسکونی، برج ها و ... که سازه نامیده می شوند، انجام مطالعات زمین شناسی سنگ بستر آنها، ضروری است. در این مطالعات، ناهمواری های سطح زمین، استحکام سنگ ها، نفوذپذیری، پایداری دامنه ها در برابر ریزش و جنس مصالح به کار رفته در سازه مورد بررسی قرار می گیرد. مورفولوژی (شکل شناسی) و پستی و بلندی های محل احداث سازه، در پایداری آن تأثیر قابل توجهی دارد.



● شکل روبه رو، دره V شکل است؛ با توجه به مورفولوژی منطقه، آیا احداث پل بر روی آن را مناسب می دانید؟

بیشتر  
ببند پشید

یکی از عوامل مهم در مکان یابی ساختگاه سازه ها، مقاومت زمین پی آنها در برابر نیروهای وارده است. به عنوان مثال، در پشت یک سد، فشار زیادی از طرف آب به لایه های زیرین، تکیه گاه و همچنین بدنه سد، وارد می شود. سد نیز، وزن زیادی دارد که گاه به چندین میلیون تن می رسد. بنابراین، سنگ های پی سد، باید در برابر تنش های 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 می شود که تنش نامیده می شود. تنش های وارده بر یک سنگ یا خاک، ممکن است به صورت کششی، فشاری یا برشی یا ترکیبی از آنها باشند. تنش های وارده بر سنگ ها و خاک ها، باعث تغییر شکل آنها می شود.

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



سکوی نفتی - خلیج فارس



تونل نایبش - تهران

### مکان یابی سازه ها

قبل از اجرای پروژه های عمرانی مانند سد، نیروگاه، بزرگراه، پل، مجتمع های تجاری و مسکونی، برج ها و ... که سازه نامیده می شوند، انجام مطالعات زمین شناسی سنگ بستر آنها، ضروری است. در این مطالعات، ناهمواری های سطح زمین، استحکام سنگ ها، نفوذپذیری، پایداری دامنه ها در برابر ریزش و جنس مصالح به کار رفته در سازه مورد بررسی قرار می گیرد. مورفولوژی (شکل شناسی) و پستی و بلندی های محل احداث سازه، در پایداری آن تأثیر قابل توجهی دارد.



● شکل روبه رو، دره V شکل است؛ با توجه به مورفولوژی منطقه، آیا احداث پل بر روی آن را مناسب می دانید؟

بیشتر  
ببند پشید

یکی از عوامل مهم در مکان یابی ساختگاه سازه ها، مقاومت زمین پی آنها در برابر نیروهای وارده است. به عنوان مثال، در پشت یک سد، فشار زیادی از طرف آب به لایه های زیرین، تکیه گاه و همچنین بدنه سد، وارد می شود. سد نیز، وزن زیادی دارد که گاه به چندین میلیون تن می رسد. بنابراین، سنگ های پی سد، باید در برابر تنش های 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 می شود که تنش نامیده می شود. تنش های وارده بر یک سنگ یا خاک، ممکن است به صورت کششی، فشاری یا برشی یا ترکیبی از آنها باشند. تنش های وارده بر سنگ ها و خاک ها، باعث تغییر شکل آنها می شود.

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

### رفتار مواد در برابر تنش

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



پ) شکنده

ب) خمیرسان

الف) کش‌سان

شکل ۴-۲

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



پ) رفتار شکنده سنگ‌ها

الف) رفتار پلاستیک سنگ‌ها

شکل ۴-۳ انواع رفتار سنگ‌ها در برابر تنش

مقاومت انواع سنگ‌ها در برابر تنش وارده، متفاوت است. سنگ‌های آذرین، می‌توانند تکیه‌گاه مناسبی برای سازه‌ها باشند؛ مانند پی سنگ سد 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 پی سازه‌ها مناسب نیستند. برخی از سنگ‌های رسوبی، مانند ماسه سنگ‌ها، استحکام لازم برای ساخت سازه را دارند اما، سنگ‌های تیخیری مانند سنگ گچ، زئیس نمک (به دلیل انحلال‌پذیری) و شیل‌ها (به دلیل تورق و سست بودن) در برابر تنش مقاوم نیستند.

### نفوذپذیری

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

### رفتار مواد در برابر تنش

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



پ) شکنده

ب) خمیرسان

الف) کش‌سان

شکل ۴-۲

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



پ) رفتار شکنده سنگ‌ها

الف) رفتار پلاستیک سنگ‌ها

شکل ۴-۳ انواع رفتار سنگ‌ها در برابر تنش

مقاومت انواع سنگ‌ها در برابر تنش وارده، متفاوت است. سنگ‌های آذرین، می‌توانند تکیه‌گاه مناسبی برای سازه‌ها باشند؛ مانند پی سنگ سد 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 پی سازه‌ها مناسب نیستند. برخی از سنگ‌های رسوبی، مانند ماسه سنگ‌ها، استحکام لازم برای ساخت سازه را دارند اما، سنگ‌های تیخیری مانند سنگ گچ، زئیس نمک (به دلیل انحلال‌پذیری) و شیل‌ها (به دلیل تورق و سست بودن) در برابر تنش مقاوم نیستند.

### نفوذپذیری

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



ب) تشکیل حفره‌های انحلالی



الف) کارستی شدن

شکل ۳-۴

سنگ آهک ضخیم لایه که فاقد حفرات انحلالی باشد، پی و تکیه‌گاه خوبی برای احداث سازه می‌باشد اما، در صورتی که سنگ آهک، دارای حفرات انحلالی باشد، می‌تواند مشکلات جدی از قبیل فرار آب یا نشست زمین را به همراه داشته باشد. انحلال‌پذیری سنگ‌های تیخیری (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 به‌طور هم‌زمان 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



ب) تشکیل حفره‌های انحلالی



الف) کارستی شدن

شکل ۴-۴

سنگ آهک ضخیم لایه که فاقد حفرات انحلالی باشد، پی و تکیه‌گاه خوبی برای احداث سازه می‌باشد اما، در صورتی که سنگ آهک، دارای حفرات انحلالی باشد، می‌تواند مشکلات جدی از قبیل فرار آب یا نشست زمین را به همراه داشته باشد. انحلال‌پذیری سنگ‌های تیخیری (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 به‌طور هم‌زمان چند هدف را تأمین می‌کنند.

سدها، از نظر نوع مصالح ساختمانی به کار رفته، به دو دسته خاکی

و بتنی تقسیم می‌شوند. مهم‌ترین عامل در تعیین نوع سد و محل احداث آن، شرایط زمین‌شناسی منطقه و مصالح مورد نیاز است.

در مطالعات زمین‌شناسی سد، وضعیت مخزن، تکیه‌گاه‌ها و پی سد (شکل ۵-۴) از نظر پایداری و فرار آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای آنکه فرار آب از مخزن سد صورت نگیرد باید دیواره‌ها و کف مخزن نفوذناپذیر باشند یا از نفوذپذیری بسیار کمی برخوردار باشند.



شکل ۵-۴- نمایی از بخش‌های مختلف یک سد

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

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

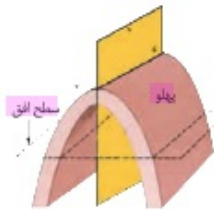


#### جمع‌آوری اطلاعات

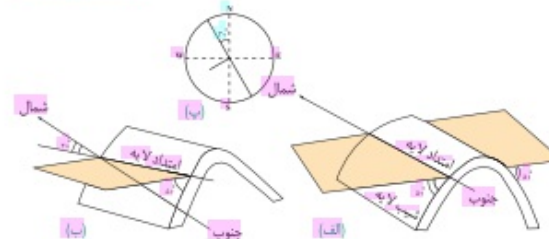


**موقعیت لایه**

موقعیت هر یک از لایه‌های چین خورده به وسیله امتداد و شیب مشخص می‌شود (شکل ۴-۷).  
**امتداد لایه:** فصل مشترک یک صفحه افقی با سطح هر لایه را امتداد آن لایه گویند و آن را با زاویه‌ای که نسبت به شمال یا جنوب می‌سازد مشخص می‌کنند.  
**شیب لایه:** زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق می‌سازد. شیب لایه بین صفر (لایه‌های افقی) تا ۹۰ درجه (لایه‌های قائم) تغییر می‌کند.



شکل ۴-۶- مشخصات چین



شکل ۴-۷- الف) امتداد لایه‌های این چین شمالی-جنوبی است و شیب لایه در پهلوی غربی آن ۵۰° به سمت غرب و در پهلوی شرقی ۵۰° به سمت شرق است. ب) امتداد لایه در پهلوی غربی این چین ۳۰° از شمال به سمت غرب انحراف دارد N30W. شیب لایه ۵۰° به سمت جنوب غرب است. 50SW بنابراین موقعیت این لایه را به‌طور کلی به‌صورت 50SW و N30W نشان می‌دهند. ب) علامت قراردادی برای نشان دادن امتداد و شیب یک لایه.

**بیشتر بدانید**

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



**بیشتر بدانید**

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



در مطالعات زمین‌شناسی سد، وضعیت مخزن، تکیه‌گاه‌ها و پی سد (شکل ۴-۵) از نظر پایداری و فرار آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای آنکه فرار آب از مخزن سد صورت نگیرد باید دیواره‌ها و کف مخزن نفوذناپذیر باشند یا از نفوذپذیری بسیار کمی برخوردار باشند.

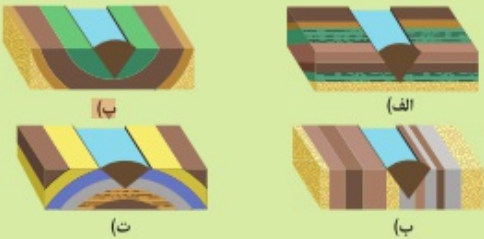


شکل ۴-۵- نمای از بخش‌های مختلف یک سد

**با هم ببیند پیشنهاد**

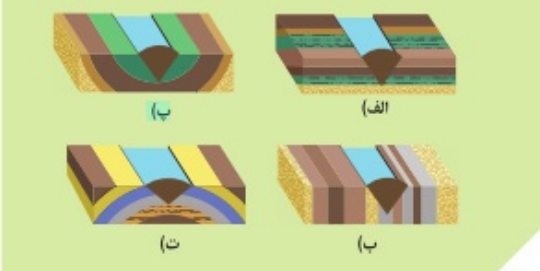
• برای بررسی موقعیت لایه‌ها از مشخصات امتداد و شیب استفاده می‌شود.  
 امتداد لایه عبارت است از محل برخورد سطح لایه با سطح افق و با جهت جغرافیایی بیان می‌شود.  
 شیب لایه، مقدار زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق می‌سازد.

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



**با هم ببیند پیشنهاد**

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



**جمع آوری اطلاعات**

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. برای رفع این مشکل، در فواصل زمانی لازم عمل لایروبی صورت می گیرد.

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

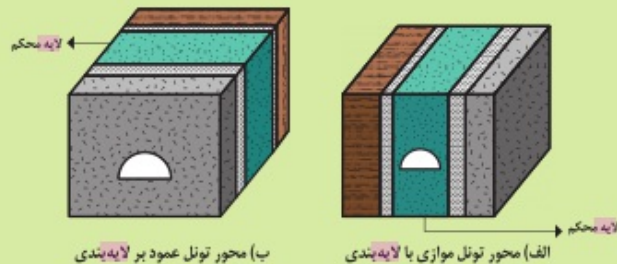
**مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی**

برخی از فعالیت های عمرانی و معدنی در زیر زمین صورت می گیرد. این فعالیت ها، نیاز به فضای زیرزمینی دارد. حفاری های زیرزمینی به صورت تونل و مغار است. تونل ها، به منظور حمل و نقل، انتقال آب، انتقال فاضلاب یا استخراج مواد معدنی مورد استفاده قرار می گیرند. مغارها، فضاهای زیرزمینی بزرگ تری هستند که برای ایجاد تأسیسات زیرزمینی مانند نیروگاه ها، ایستگاه های مترو، ذخیره نفت و یا موارد دیگر استفاده می شوند.

این گونه سازه ها، باید در زمین هایی با مقاومت کافی احداث شوند. بنابراین زمین شناس، باید مطالعات خود را بر شناسایی مناطقی با کمترین خردشدگی، هوازدگی یا نشست آب، متمرکز کند.

**یا هم****پیشنهاد**

• با توجه به شکل های زیر، احداث تونل در کدام مناسب تر است؟  
دلیل خود را بیان کنید.

**کاوش کنید**

وجود آب های زیر زمینی، بر ایمنی و پایداری سازه های سطحی مانند سدها و سازه های زیرزمینی مانند تونل ها در زمان ساخت و بهره برداری مؤثرند. جریان و فشار آب زیرزمینی، از عوامل مهم ناپایداری تونل ها و فضاهای زیرزمینی است. بخش بزرگی از مشکلات و خسارت ها در پروژه های

**جمع آوری اطلاعات**

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. برای رفع این مشکل، در فواصل زمانی لازم عمل لایروبی صورت می گیرد.

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

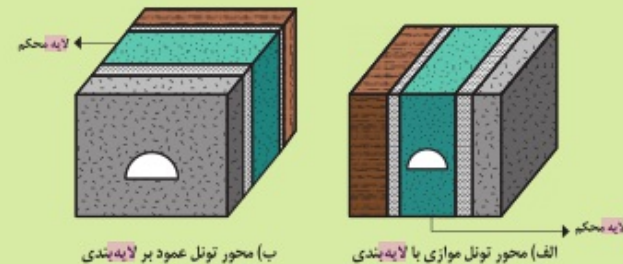
**مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی**

برخی از فعالیت های عمرانی و معدنی در زیر زمین صورت می گیرد. این فعالیت ها، نیاز به فضای زیرزمینی دارد. حفاری های زیرزمینی به صورت تونل و مغار است. تونل ها، به منظور حمل و نقل، انتقال آب، انتقال فاضلاب یا استخراج مواد معدنی مورد استفاده قرار می گیرند. مغارها، فضاهای زیرزمینی بزرگ تری هستند که برای ایجاد تأسیسات زیرزمینی مانند نیروگاه ها، ایستگاه های مترو، ذخیره نفت و یا موارد دیگر استفاده می شوند.

این گونه سازه ها، باید در زمین هایی با مقاومت کافی احداث شوند. بنابراین زمین شناس، باید مطالعات خود را بر شناسایی مناطقی با کمترین خردشدگی، هوازدگی یا نشست آب، متمرکز کند.

**یا هم****پیشنهاد**

• با توجه به شکل های زیر، احداث تونل در کدام مناسب تر است؟  
دلیل خود را بیان کنید.

**کاوش کنید**

وجود آب های زیر زمینی، بر ایمنی و پایداری سازه های سطحی مانند سدها و سازه های زیرزمینی مانند تونل ها در زمان ساخت و بهره برداری مؤثرند. جریان و فشار آب زیرزمینی، از عوامل مهم ناپایداری تونل ها و فضاهای زیرزمینی است. بخش بزرگی از مشکلات و خسارت ها در پروژه های

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 (شکل ۴-۶ الف) و زمین زیر سازه و حتی درون سازه‌هایی مانند سدها، بسیار مهم است. به‌طور کلی، تونل‌هایی که در بالای سطح ایستایی قرار می‌گیرند، از پایداری بیشتری برخوردار هستند. در شرایطی که سنگ‌های داخل تونل از نظر پایداری و نشست آب، وضعیت مطلوبی نداشته باشند، دیواره و سقف تونل با محافظی از بتن یا سایر مصالح پوشیده می‌شود (شکل ۴-۶ ب).



ب) پوشش داخلی تونل به وسیله قطعات بتن

الف) ترانشه

شکل ۴-۶

### مکان مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی

همیشه سازه‌ها بر روی خشکی بنا نمی‌شوند. کشور ما از جنوب و شمال به دریا منتهی می‌شود. از سوی دیگر، بخشی از ذخایر عظیم نفت ایران از بستر دریا استخراج می‌شوند. سازه‌های دریایی، مانند اسکله‌ها، پایانه‌های نفتی، تونل‌های زیردریایی، پل‌ها و جاده‌ها، در سواحل دریا یا در دریا احداث می‌شوند (شکل ۴-۷). در شمال و جنوب ایران، سازه‌های دریایی فراوانی احداث شده‌اند. در مکان‌هایی این سازه‌ها مانند سازه‌های خشکی، باید مطالعات زمین‌شناسی به‌طور ویژه مورد توجه قرار گیرد. افزون بر آن، توجه به جریان‌های دریایی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب دریا نیز ضروری می‌باشد.



ب) پل دریایی در ژاپن

الف) پایانه نفتی خارک

شکل ۴-۷

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

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 (شکل ۴-۸ الف) و زمین زیر سازه و حتی درون سازه‌هایی مانند سدها، بسیار مهم است. به‌طور کلی، تونل‌هایی که در بالای سطح ایستایی قرار می‌گیرند، از پایداری بیشتری برخوردار هستند. در شرایطی که سنگ‌های داخل تونل از نظر پایداری و نشست آب، وضعیت مطلوبی نداشته باشند، دیواره و سقف تونل با محافظی از بتن یا سایر مصالح پوشیده می‌شود (شکل ۴-۸ ب).



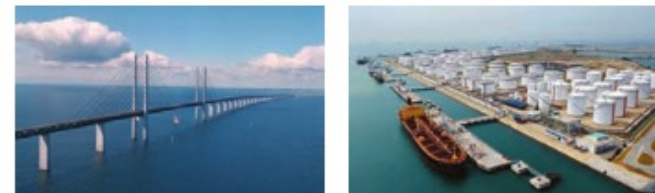
ب) پوشش داخلی تونل به وسیله قطعات بتن

الف) ترانشه

شکل ۴-۸

### مکان مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی

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



ب) پل دریایی در ژاپن

الف) پایانه نفتی خارک

شکل ۴-۹

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

**بیشتر بدانید**

● تونل/کانال مانس با بیش از ۵۰ کیلومتر طول که بندر پادوکاله فرانسه را به شهرک فوکستون انگلستان متصل می‌کند، در زیر بستر دریا حفر شده است.  
این تونل 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 هفت گانه دنیای مدرن نامیده است، دارای دو خط ریلی و یک تونل جانی برای خودروها است. این پروژه در زمان اجرا، با صرف ۲۲/۵ میلیارد دلار، پرهزینه‌ترین طرح مهندسی تاریخ به شمار می‌رفت.



**بیشتر بدانید**

● تونل/کانال مانس با بیش از ۵۰ کیلومتر طول که بندر پادوکاله فرانسه را به شهرک فوکستون انگلستان متصل می‌کند، در زیر بستر دریا حفر شده است.  
این تونل 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 هفت گانه دنیای مدرن نامیده است، دارای دو خط ریلی و یک تونل جانی برای خودروها است. این پروژه در زمان اجرا، با صرف ۲۲/۵ میلیارد دلار، پرهزینه‌ترین طرح مهندسی تاریخ به شمار می‌رفت.



**پایداری سازه‌ها**

کشور ما، در یکی از کمربندهای لرزه خیز جهان واقع شده است و گسل‌های فعال در بیشتر مناطق آن وجود دارند. این گسل‌ها و زمین لرزه‌های احتمالی می‌توانند پایداری سازه‌های مختلف را تهدید کنند. از این رو 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 زمین لرزه‌ها، احتمال فعالیت مجدد گسل‌ها و وقوع زمین لرزه و تأثیر آن بر سازه‌ها را مشخص می‌کنند. این اطلاعات در اختیار مهندسان عمران قرار می‌گیرد تا طراحی سازه را بر آن اساس انجام دهند. افزون بر این، پایداری محل احداث سازه در برابر حرکات دامنه‌ای<sup>۱</sup> از مواردی است که در مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها، مورد توجه زمین‌شناسان است.  
یکی از خطرانی که سازه‌ها را در مناطق شیب دار و کوهستانی تهدید می‌کند، خطر ریزش کوه و سقوط مواد در دامنه‌های پرشیب است. هر ساله اخبار زیادی مبنی بر ریزش کوه و مسدود شدن جاده‌ها و خطوط ریلی مناطق کوهستانی می‌شنویم. امروزه با اقداماتی مانند ایجاد انواع دیوار حائل، زهکشی برای تخلیه آب اضافی، ایجاد پوشش گیاهی و میخ کوبی، دامنه‌ها را پایدار می‌کنند. (شکل ۴-۱۰)



(الف)



(ب)

شکل ۴-۱۰. پایداری سازه‌های شیب به روش (الف) دیوار حائل، (ب) دیوار حائل گلیونی (نور سنگی)

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

**پایداری سازه‌ها**

کشور ما، در یکی از کمربندهای لرزه خیز جهان واقع شده است و گسل‌های فعال در بیشتر مناطق آن وجود دارند. این گسل‌ها و زمین لرزه‌های احتمالی می‌توانند پایداری سازه‌های مختلف را تهدید کنند. از این رو 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 زمین لرزه‌ها، احتمال فعالیت مجدد گسل‌ها و وقوع زمین لرزه و تأثیر آن بر سازه‌ها را مشخص می‌کنند. این اطلاعات در اختیار مهندسان عمران قرار می‌گیرد تا طراحی سازه را بر آن اساس انجام دهند. افزون بر این، پایداری محل احداث سازه در برابر حرکات دامنه‌ای<sup>۱</sup> از مواردی است که در مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها، مورد توجه زمین‌شناسان است.  
یکی از خطرانی که سازه‌ها را در مناطق شیب دار و کوهستانی تهدید می‌کند، خطر ریزش کوه و سقوط مواد در دامنه‌های پرشیب است. هر ساله اخبار زیادی مبنی بر ریزش کوه و مسدود شدن جاده‌ها و خطوط ریلی مناطق کوهستانی می‌شنویم. امروزه با اقداماتی مانند ایجاد انواع دیوار حائل، زهکشی برای تخلیه آب اضافی، ایجاد پوشش گیاهی و میخ کوبی، دامنه‌ها را پایدار می‌کنند. (شکل ۴-۸)



(الف)



(ب)

شکل ۴-۸. پایداری سازه‌های شیب به روش (الف) دیوار حائل، (ب) دیوار حائل گلیونی (نور سنگی)

۱- حرکات دامنه‌ای شامل: ریزش، لغزش، خزش، 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.

#### گفت و گو کنید

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



پایدارسازی شیب به روش میخ کوبی

#### مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها

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

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

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.

#### گفت و گو کنید

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



پایدارسازی شیب به روش میخ کوبی


#### مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها

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

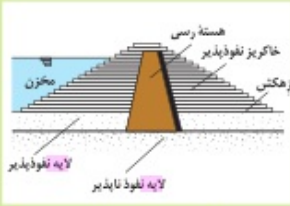
مصالح به کار رفته در سازه‌های مختلف، متفاوت است؛ به عنوان مثال در سدهای بتنی از سیمان، ماسه، شن، میلگرد و در سدهای خاکی از خاک رس، ماسه، شن و قلوه سنگ استفاده می‌شود.

**پاسخ دهید**

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



سد خاکی



هسته رسی  
خاکریز نفوذ پذیر  
زهکشی  
مخزن  
لایه نفوذ ناپذیر


هسته رسی یک سد خاکی

**پاسخ دهید**

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



سد خاکی



هسته رسی  
خاکریز نفوذ پذیر  
زهکشی  
مخزن  
لایه نفوذ ناپذیر

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 تحت‌تأثیر وزن خود روان می‌شود. لغزش خاک‌ها در دامنه‌ها و ترانشه‌ها، به‌ویژه در ماه‌های مرطوب سال، ناشی از این پدیده است (شکل ۴-۱۱).

### 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 تحت‌تأثیر وزن خود روان می‌شود. لغزش خاک‌ها در دامنه‌ها و ترانشه‌ها، به‌ویژه در ماه‌های مرطوب سال، ناشی از این پدیده است (شکل ۴-۹).

• در حرکات دامنه‌ای، تفاوت زمین‌لغزش با ریزش چیست؟

**پاسخ دهید**



شکل ۴-۹ زمین‌لغزش در یک جاده



شکل ۴-۱۱ زمین‌لغزش در یک جاده

### جمع‌آوری اطلاعات

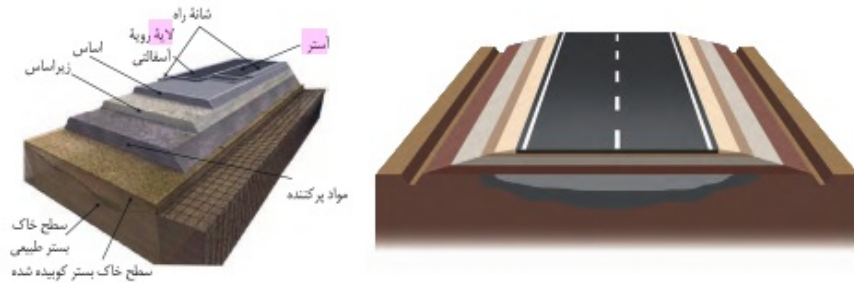
• یک کلوخ را روی سطح صافی قرار دهید و به تدریج روی آن آب بریزید و رطوبت آن را به تدریج افزایش دهید. تغییر شکل آن را در مراحل مختلف مشاهده کنید و اطلاعات خود را در کلاس ارائه دهید.

### جمع‌آوری اطلاعات

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

### کاربرد مصالح خاک و خرده سنگی در راه‌سازی

سطح طبیعی زمین، برای رفت و آمد وسایل نقلیه مناسب نیست زیرا، در مقابل عوامل جوی مانند بارش، تغییرات دما و نیروهای وارده از چرخ خودروها مقاومت کافی ندارد، به همین دلیل برای احداث جاده از مصالح خاک در بخش زیرسازی و روسازی استفاده می‌شود که هر کدام از دو بخش تشکیل شده است. زیرسازی از دو بخش زیر اساس و اساس و روسازی از دو بخش آستر و رویه تشکیل می‌شود (شکل ۴-۱۰).



ب) بخش زیر اساس و اساس

الف) لایه‌های مختلف راه بر روی بستر طبیعی

شکل ۴-۱۰

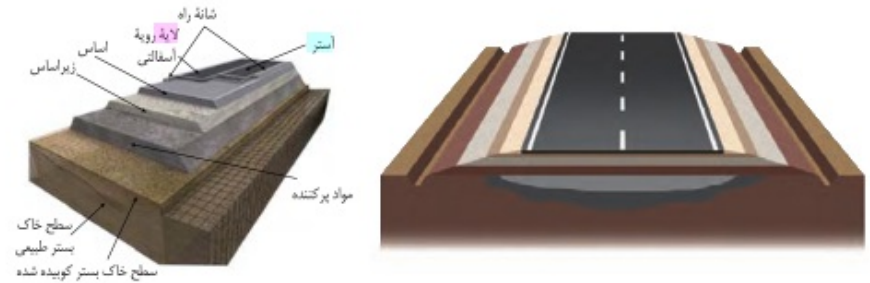
در بخش زیر اساس که به عنوان لایه زهکش عمل می‌کند، از مخلوط شن و ماسه یا سنگ شکسته استفاده می‌شود. لایه‌های آستر و رویه که بایستی مقاوم باشند، از جنس آسفالت می‌باشند که مخلوطی از شن، ماسه و قیر است. یکی از کاربردهای مصالح خرده سنگی، در زیر سازی و تکیه‌گاه ریل‌های راه آهن است. این قطعات سنگی یا بالاست، علاوه بر نگهداری ریل‌ها و توزیع بار چرخ‌ها، عمل زهکشی را نیز به عهده دارند. بالاست مورد نیاز خطوط راه آهن، معمولاً از خرد کردن سنگی که از معدن استخراج می‌شود، به دست می‌آید (شکل ۴-۱۱).



شکل ۴-۱۱- بالاست در زیرسازی جاده ریلی

### کاربرد مصالح خاک و خرده سنگی در راه‌سازی

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



ب) بخش زیر اساس و اساس

الف) لایه‌های مختلف راه بر روی بستر طبیعی

شکل ۴-۱۲

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



شکل ۴-۱۳- بالاست در زیرسازی جاده ریلی

## 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؟



## 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 رنگار (AsS) - سنی

کانی فلوئوریت (CaF<sub>2</sub>)کانی اورپیمان (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) - سنی

کانی حالت (NaCl)

### 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.



کانی رنگار (AsS) - سنی

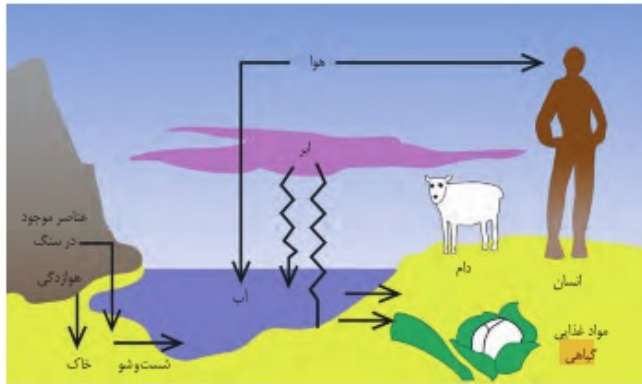
کانی فلوئوریت (CaF<sub>2</sub>)کانی اورپیمان (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) - سنی

کانی حالت (NaCl)

### 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. هوازدگی 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.



شکل ۵-۱. عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر سلامت انسان

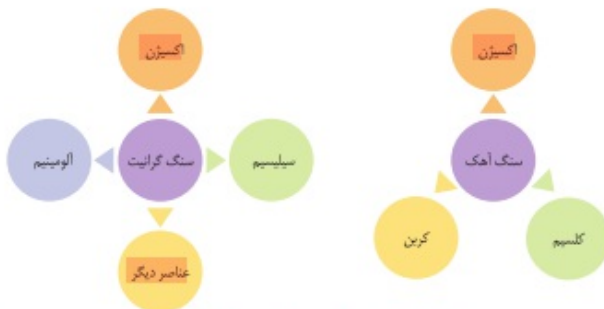


دانشمندان علوم زمین

● 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 دربارهٔ 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.

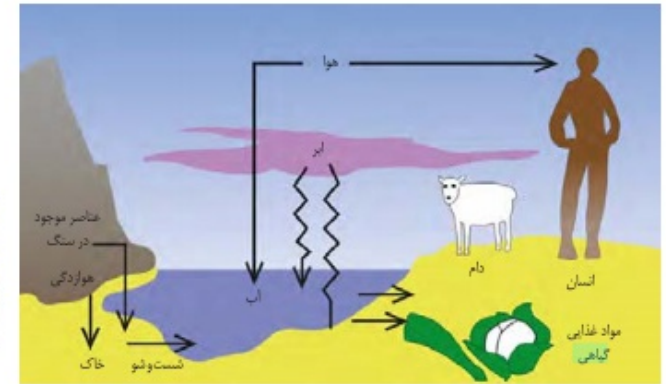
### پراکندگی و تمرکز عناصر

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 ۵-۲. عناصر تشکیل‌دهنده گرانیت و سنگ آهک

سنگ‌ها، بخش اساسی سازنده زمین هستند که از عناصر مختلف تشکیل شده‌اند. هوازدگی سنگ‌ها، باعث تشکیل خاک می‌شود. گیاهان بر روی خاک می‌رویند و برخی جانوران، از گیاهان تغذیه می‌کنند. آب نیز، 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.



شکل ۵-۱. عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر سلامت انسان

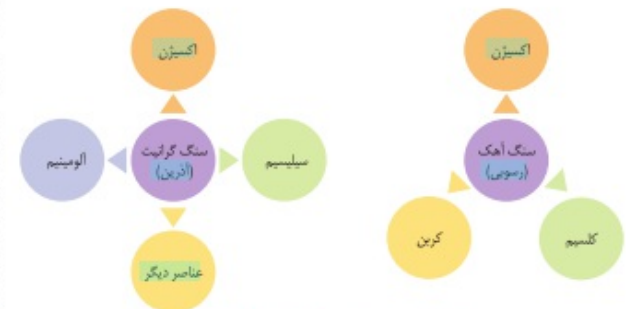


دانشمندان علوم زمین

● 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 دربارهٔ 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.

### 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.

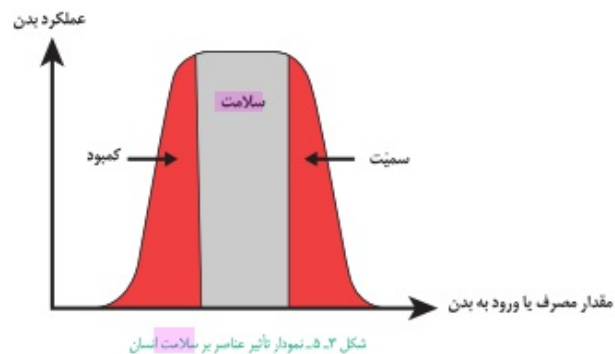


شکل ۵-۲. عناصر تشکیل‌دهنده گرانیت و سنگ آهک

جدول ۵-۱- تقسیم‌بندی عناصر از نظر غلظت در پوسته 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	تیتانیوم، منگنز و فسفر	بین ۰/۱ تا 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.

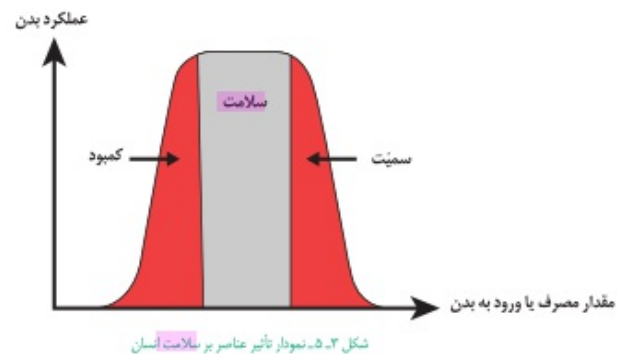


عناصر جزئی، در پوسته زمین و بدن موجودات زنده به مقدار بسیار کم یافت می‌شوند. این عناصر، گاهی در بدن به عنوان عنصر اساسی و مورد نیاز و گاهی به عنوان عنصر سمی محسوب می‌شوند که باعث ایجاد عوارض و یا بیماری می‌گردند.

جدول ۵-۱- تقسیم‌بندی عناصر از نظر غلظت در پوسته 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	تیتانیوم، منگنز و فسفر	بین ۰/۱ تا 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.



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.

بیشتر بدانید

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

1	H																	86	Rn																
2	He																	87	Fr																
3	Li	4	Be											13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar										
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
55	Cs	56	Ba	57-71	Hf	72	Ta	73	W	74	Re	75	Os	76	Ir	77	Pt	78	Au	79	Hg	80	Tl	81	Pb	82	Bi	83	Po	84	At	85	Rn		
87	Fr	88	Ra	89-103	Db	104	Lr	105	Ml	110	111																								
		89	La	90	Ce	91	Pr	92	Nd	93	Pm	94	Sm	95	Eu	96	Gd	97	Tb	98	Dy	99	Ho	100	Er	101	Tm	102	Yb	103	Lu				
		89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr				

حروف قرمز: عناصر سمی

کادر زرد: عنصری که مقدار بیش از حد آن سمی است.

پیوند با پزشکی

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

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

بیشتر بدانید

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

1	H																	86	Rn																
2	He																	87	Fr																
3	Li	4	Be											13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar										
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
55	Cs	56	Ba	57-71	Hf	72	Ta	73	W	74	Re	75	Os	76	Ir	77	Pt	78	Au	79	Hg	80	Tl	81	Pb	82	Bi	83	Po	84	At	85	Rn		
87	Fr	88	Ra	89-103	Db	104	Lr	105	Ml	110	111																								
		89	La	90	Ce	91	Pr	92	Nd	93	Pm	94	Sm	95	Eu	96	Gd	97	Tb	98	Dy	99	Ho	100	Er	101	Tm	102	Yb	103	Lu				
		89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr				

حروف قرمز: عناصر سمی

کادر زرد: عنصری که مقدار بیش از حد آن سمی است.

پیوند با پزشکی

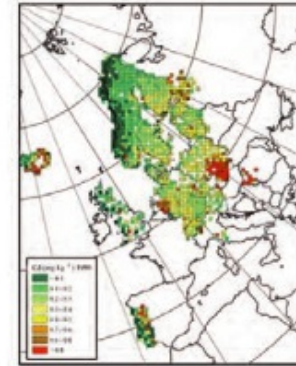
• سوپر اکسیدها مانند  $LiO_2$  (لیتیوم سوپر اکسید) با تشکیل بنیان‌های بسیار واکنش‌گر، باعث وقوع سرطان می‌شوند. برخی عناصر به خصوص سلنیوم، از طریق آنزیم‌های حاوی این عنصر، با از بین بردن سوپر اکسیدها، از وقوع سرطان پیشگیری می‌کنند. به همین دلیل این عنصر، اهمیت زیادی در سلامت انسان دارد و به عنوان ماده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

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

**جمع آوری 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 ۵-۴). به همین ترتیب می‌توان با تهیه نقشه از مناطقی که در آن بیماری‌های خاصی شایع است، به بررسی عوامل زمین‌شناسی مؤثر بر ایجاد آنها پرداخت.

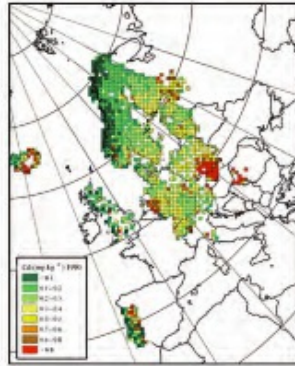


شکل ۵-۴. نقشه ژئوشیمیایی فلز سمی کادمیم در خاک کشور سوئد (بیشترین مقدار، رنگ قرمز)

**جمع آوری 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 ۵-۴). به همین ترتیب می‌توان با تهیه نقشه از مناطقی که در آن بیماری‌های خاصی شایع است، به بررسی عوامل زمین‌شناسی مؤثر بر ایجاد آنها پرداخت.



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

**پیوند با پزشکی**

• استخراج سرب از حدود ۵۰۰۰ سال پیش آغاز شد و به‌طور نسبی در عصر مس، مفرغ و آهن افزایش یافت و در ۲۰۰۰ سال پیش به اوج خود رسید. 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 (پلومبیسیم)، شیوع شدید ناباروری، مرده‌زایی و عقب‌افتادگی ذهنی. بررسی شرح حال فیزیولوژیکی امپراتورهای روم که بین سال‌های ۱۵۰-۲۵۰ سال پیش از میلاد می‌زیستند، نشان می‌دهد که بیشتر این افراد، دچار مسمومیت سرب بوده‌اند. یکی از نشانه‌های مسمومیت با سرب، ایجاد خط آبی رنگ در محل اتصال دندان‌ها به لثه است.



**پیوند با پزشکی**

• استخراج سرب از حدود ۵۰۰۰ سال پیش آغاز شد و به‌طور نسبی در عصر مس، مفرغ و آهن افزایش یافت و در ۲۰۰۰ سال پیش به اوج خود رسید. 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 (پلومبیسیم)، شیوع شدید ناباروری، مرده‌زایی و عقب‌افتادگی ذهنی. بررسی شرح حال فیزیولوژیکی امپراتورهای روم که بین سال‌های ۱۵۰-۲۵۰ سال پیش از میلاد می‌زیستند، نشان می‌دهد که بیشتر این افراد، دچار مسمومیت سرب بوده‌اند. یکی از نشانه‌های مسمومیت با سرب، ایجاد خط آبی رنگ در محل اتصال دندان‌ها به لثه است.



### منشأ بیماری‌های زمین زاد

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



شکل شرف آلودگی آب و خاک به آرسنیک

### منشأ بیماری‌های زمین زاد

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



شکل شرف آلودگی آب و خاک به آرسنیک

### بیشتر بدانید

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



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



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

### بیشتر بدانید

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



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



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



شکل ۶۵۸ نقشه پراکندگی مناطق دارای آلودگی آرسنیک در جهان (نقشه قرمز)



شکل ۶۵۹ نقشه پراکندگی مناطق دارای آلودگی آرسنیک در جهان (نقشه قرمز)

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

**سنگ‌های دارای عنصر کادمیم:** کادمیم، عنصری سمی و 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.

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 ترمی استخوان در زنان مسن می‌شود. بعدها در مردم این منطقه، آسیب‌های کلیوی نیز رخ داد. با توجه به اینکه کادمیم همیشه با عنصر روی همراه است، استفاده از کودهای روی که از سنگ معدن روی تولید می‌شود، در مزارع می‌تواند باعث افزایش غلظت کادمیم در گیاهان و زنجیره غذایی شود.

#### پیوند با پزشکی

• 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 ترمی 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، گوش و ایمنی می‌شود.

**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، گوش و ایمنی می‌شود.

**جمع آوری اطلاعات**  
 ● در مورد ملقمه کردن طلا با جیوه، اطلاعات جمع آوری و در کلاس ارائه کنید.



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 مثل جیوه در ژاپن، سوئد، عراق و ایالات متحده مشاهده شده است.

**جمع آوری 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 روش های مختلف جبران فلئورید، اطلاعاتی جمع آوری و در کلاس گفت و گو کنید.



**سنگ های دارای فلئورید: فلئورید**، یک عنصر اساسی است که کمبود یا مصرف زیاد آن، هر دو باعث بروز بیماری می شود و منشأ اصلی و مسیر ورود آن به بدن، از راه نوشیدن آب است. فلئورید در ترکیب کانی های رسی و میکای سیاه به مقدار زیاد وجود دارد. دندان از کلسیم فسفات و مواد آلی تشکیل شده است. ورود مقدراری فلئورید به ساختار بلوری دندان، باعث سخت تر شدن آن و مقاومت بیشتر در برابر پوسیدگی می شود. همچنین فلئورید در کاهش ابتلا به پوکی استخوان نیز مؤثر می باشد. کمبود فلئورید در رژیم غذایی، از مدت ها پیش عامل پوسیدگی دندان، شناخته شده و به همین دلیل، برای جبران این کمبود، مقدراری فلئورید در ترکیب خمیر دندان وارد شده است.

### پیوند با پزشکی

● در صورتی که آب های طبیعی، دارای بی هنجاری مثبت فلوراید باشد، حدود ۸ تا ۲ برابر مقدار معمول فلوراید را وارد بدن می کند. در این حالت، دندان ها همچنان در برابر پوسیدگی مقاوم هستند و تنها ممکن است با لکه های تیره ای پوشیده شوند که زیبایی دندان را از بین می برد. به این عارضه، فلورسیس دندان می گویند که عارضه ای بازگشت ناپذیر است و بر اثر تخریب بافت مینای دندان ایجاد می شود.



شکل ۵-۷. پراکنده می مناطق دارای آلودگی فلئورید در جهان (رنگ جورتی)

هنگامی که مصرف فلوراید بسیار افزایش می یابد و به ۲۰ تا ۴۰ برابر حد مجاز می رسد، خشکی استخوان و غضروف ها رخ می دهد.  
 مصرف بالای فلئورید، ممکن است برای انسان مسموم کننده باشد. بیش از ۲۰ میلیون نفر از مردم جهان از آبی استفاده می کنند که بر اساس استانداردهای جهانی، فلئورید بالاتر از حد مجاز دارند. مشکل کمبود فلئورید را می توان 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 می شود.

**جمع آوری اطلاعات**  
 ● در مورد ملقمه کردن طلا با جیوه، اطلاعات جمع آوری و در کلاس ارائه کنید.



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 مثل جیوه در ژاپن، سوئد، عراق و ایالات متحده مشاهده شده است.

**جمع آوری 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؟

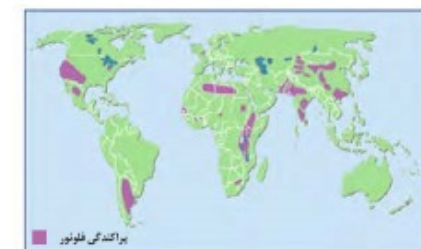
● در مورد روش های مختلف جبران فلئورید، اطلاعاتی جمع آوری و در کلاس گفت و گو کنید.



**سنگ های دارای فلئورید: فلئورید**، یک عنصر اساسی است که کمبود یا مصرف زیاد آن، هر دو باعث بروز بیماری می شود و منشأ اصلی و مسیر ورود آن به بدن، از راه نوشیدن آب است. فلئورید در ترکیب فلئوریت، کانی های رسی و میکای سیاه به مقدار زیاد وجود دارد. دندان از کلسیم فسفات و مواد آلی تشکیل شده است. ورود مقدراری فلئورید به ساختار بلوری دندان، باعث سخت تر شدن آن و مقاومت بیشتر در برابر پوسیدگی می شود. همچنین فلئورید در کاهش ابتلا به پوکی استخوان نیز مؤثر می باشد. کمبود فلئورید در رژیم غذایی، از مدت ها پیش عامل پوسیدگی دندان، شناخته شده و به همین دلیل، برای جبران این کمبود، مقدراری فلئورید در ترکیب خمیر دندان وارد شده است.

### پیوند با پزشکی

● در صورتی که آب های طبیعی، دارای بی هنجاری مثبت فلوراید باشد، حدود ۸ تا ۲ برابر مقدار معمول فلوراید را وارد بدن می کند. در این حالت، دندان ها همچنان در برابر پوسیدگی مقاوم هستند و تنها ممکن است با لکه های تیره ای پوشیده شوند که زیبایی دندان را از بین می برد. به این عارضه، فلورسیس دندان می گویند که عارضه ای بازگشت ناپذیر است و بر اثر تخریب بافت مینای دندان ایجاد می شود.

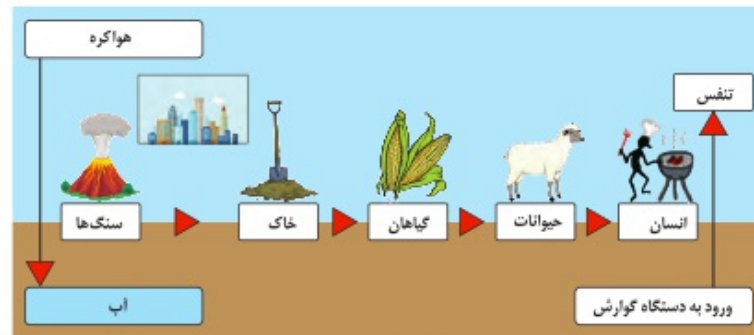


شکل ۵-۷. پراکنده می مناطق دارای آلودگی فلئورید در جهان (رنگ بنفش)

هنگامی که مصرف فلوراید بسیار افزایش می یابد و به ۲۰ تا ۴۰ برابر حد مجاز می رسد، خشکی استخوان و غضروف ها رخ می دهد.  
 مصرف بالای فلئورید، ممکن است برای انسان مسموم کننده باشد. بیش از ۲۰ میلیون نفر از مردم جهان از آبی استفاده می کنند که بر اساس استانداردهای جهانی، فلئورید بالاتر از حد مجاز دارند. مشکل کمبود فلئورید را می توان 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 می شود.

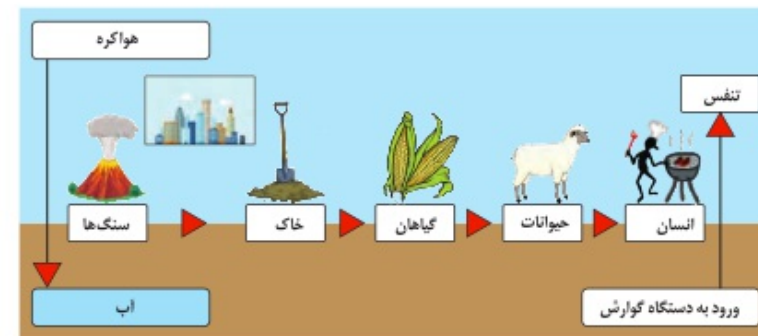


**سنگ‌های دارای سلنیم:** سلنیم، یک عنصر اساسی ضدسرطان است که در کانی‌های سولفیدی و به خصوص در معادن طلا و نقره، چشمه‌های آب گرم، سنگ‌های آتشفشانی و خاک‌های حاصل از آنها به مقدار زیاد یافت می‌شود. بنابراین، منشأ اصلی سلنیم از خاک و مسیر ورود آن به بدن انسان، از طریق گیاهان است (شکل ۵-۸).



شکل ۵-۸- چرخه سلنیم

**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 ۵-۸).



شکل ۵-۸- 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.

• 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. در انسان نیز مصرف بیش از حد سلنیم، باعث مسمومیت می‌شود.

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

**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



شکل ۹.۹. 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. کمبودهای ناحیه‌ای عنصر روی، که ارتباطی با سنگ‌شناسی و خاک‌های منطقه دارد را باید با وارد کردن غذاها و داروهای روی دار مکمل رفع کرد.

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



شکل ۹.۹. 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. کمبودهای ناحیه‌ای عنصر روی، که ارتباطی با سنگ‌شناسی و خاک‌های منطقه دارد را باید با وارد کردن غذاها و داروهای روی دار مکمل رفع کرد.

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

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

**بیشتر بدانید**



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

**بیشتر بدانید**



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

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

**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 توفان های گرد و غبار و ریزگردها:

- کاهش میزان انرژی دریافتی از خورشید (غبارها گرما را بازتاب و زمین را سرد می کنند)
- انتقال باکتری های بیماری زا به مناطق پر جمعیت
- افت کیفیت هوا
- انتقال مواد سمی
- فراهم کردن مواد مغذی اساسی برای جنگل های بارانی مناطق گرمسیری
- هسته های رشد قطرات باران



شکل ۵-۱۰- توفان گردوغبار

### اثرات توفان های گرد و غبار و ریزگردها:

- کاهش میزان انرژی دریافتی از خورشید (غبارها گرما را بازتاب و زمین را سرد می کنند)
- انتقال باکتری های بیماری زا به مناطق پر جمعیت
- افت کیفیت هوا
- انتقال مواد سمی
- فراهم کردن مواد مغذی اساسی برای جنگل های بارانی مناطق گرمسیری
- هسته های رشد قطرات باران



شکل ۵-۱۰- توفان گردوغبار

زمین شناسان در مطالعات خود، نوع کانی های تشکیل دهنده و ترکیب ژئوشیمیایی ریزگردها و غبارها را بررسی می کنند. آنها طی این بررسی ها، سرچشمه ریزگردها را با تصاویر ماهواره ای بررسی و نحوه انتقال آنها تا فواصل دور را مطالعه می کنند تا بتوانند پیامدهای حاصل از استنشاق غبارها بر سلامت انسان را پیش بینی و راهکارهایی برای کاهش اثرات آنها پیدا کنند.

ذرات بسیار ریز غبار یا ورود به ریه، باعث بیماری های ریوی می شوند. هرچه غلظت این غبارها، بیشتر باشد، نرخ بیماری های مزمن دستگاه تنفسی و مرگ و میر مرتبط با آن افزایش می یابد.

### آتشفشان ها: فعالیت های آتشفشانی، فلزها و عناصر دیگر را

از اعماق زمین به سطح می آورند. برای مثال بر اثر فوران آتشفشان انفجاری پیناتوبو فیلیپین در سال ۱۹۹۱ میلیون ها تن خاکستر وارد اتمسفر و بر روی منطقه ای به وسعت هزاران کیلومتر مربع پخش شد که بیشتر عناصر طبیعی جدول تناوبی بود. آتشفشان ها، افزون بر عناصر اساسی، عناصر دیگری مانند آرسنیک، بریلیم، کادمیم، جیوه، سرب، رادون و اورانیوم را هم وارد محیط می کنند که در شرایط خاص، خطرناک هستند.



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

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

بیماری سیلیکوسیس که حاصل استنشاق گرد و غبار دارای ذرات سیلیس است، در سده بیستم برای نخستین بار در بادیه نشینان صحرای آفریقا شناسایی شد 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 می گیرد و به نظر می رسد جمعیت مبتلا در آسیا به چند میلیون نفر برسد.

زمین شناسان در مطالعات خود، نوع کانی های تشکیل دهنده و ترکیب ژئوشیمیایی ریزگردها و غبارها را بررسی می کنند. آنها طی این بررسی ها، سرچشمه ریزگردها را با تصاویر ماهواره ای بررسی و نحوه انتقال آنها تا فواصل دور را مطالعه می کنند تا بتوانند پیامدهای حاصل از استنشاق غبارها بر سلامت انسان را پیش بینی و راهکارهایی برای کاهش اثرات آنها پیدا کنند.

ذرات بسیار ریز غبار یا ورود به ریه، باعث بیماری های ریوی می شوند. هرچه غلظت این غبارها، بیشتر باشد، نرخ بیماری های مزمن دستگاه تنفسی و مرگ و میر مرتبط با آن افزایش می یابد.

### آتشفشان ها: فعالیت های آتشفشانی، فلزها و عناصر دیگر

را از اعماق زمین به سطح می آورند. برای مثال بر اثر فوران آتشفشان پیناتوبو فیلیپین در سال ۱۹۹۱ میلیون ها تن خاکستر وارد اتمسفر و بر روی منطقه ای به وسعت هزاران کیلومتر مربع پخش شد که بیشتر عناصر طبیعی جدول تناوبی بود. آتشفشان ها، افزون بر عناصر اساسی، عناصر دیگری مانند آرسنیک، بریلیم، کادمیم، جیوه، سرب، رادون و اورانیوم را هم وارد محیط می کنند که در شرایط خاص، خطرناک هستند.



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

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

بیماری سیلیکوسیس که حاصل استنشاق گرد و غبار دارای ذرات سیلیس است، در سده بیستم برای نخستین بار در بادیه نشینان صحرای آفریقا شناسایی شد 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 می گیرد و به نظر می رسد جمعیت مبتلا در آسیا به چند میلیون نفر برسد.

### یادآوری



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

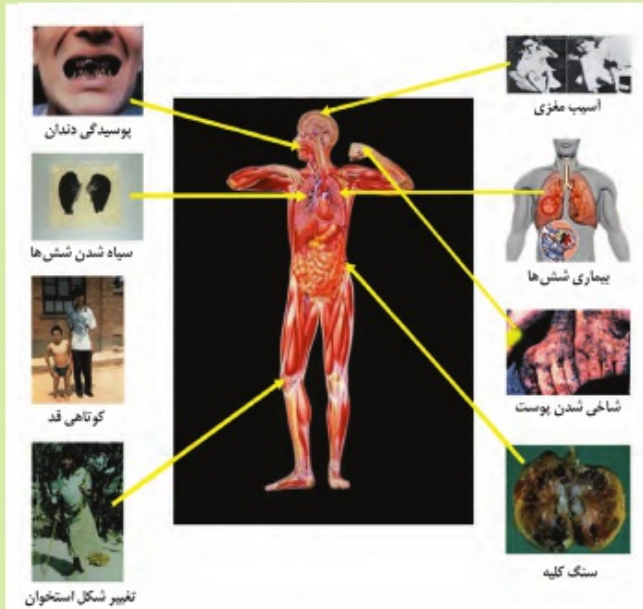
### یادآوری



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

### خود را ببازمایید

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



### خود را ببازمایید

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



### کاربرد کانی‌ها در داروسازی

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

علم،  
زندگی،  
کارآفرینی

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



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

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

### کاربرد کانی‌ها در داروسازی

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

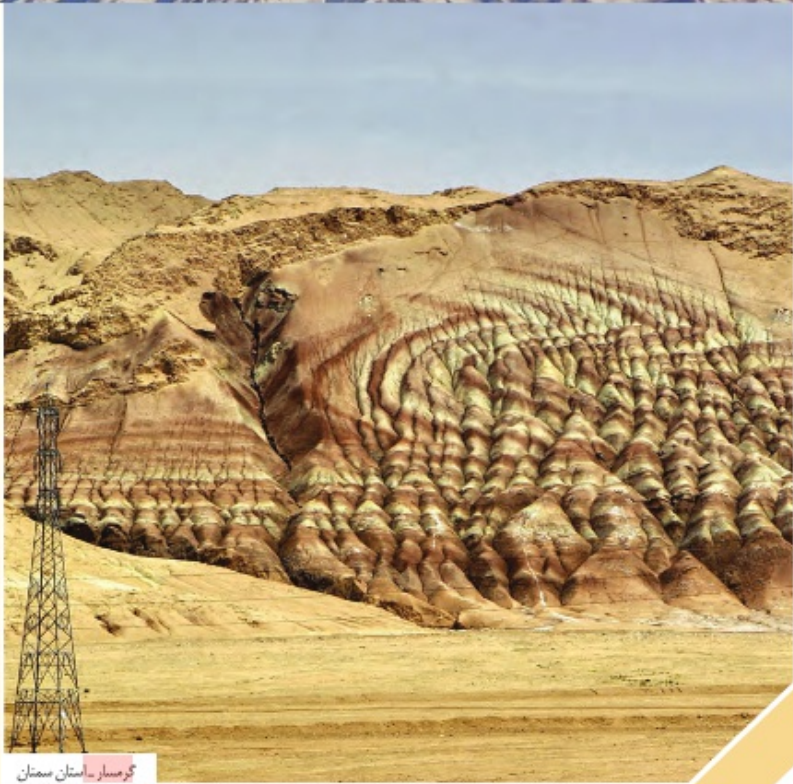
علم،  
زندگی،  
کارآفرینی

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

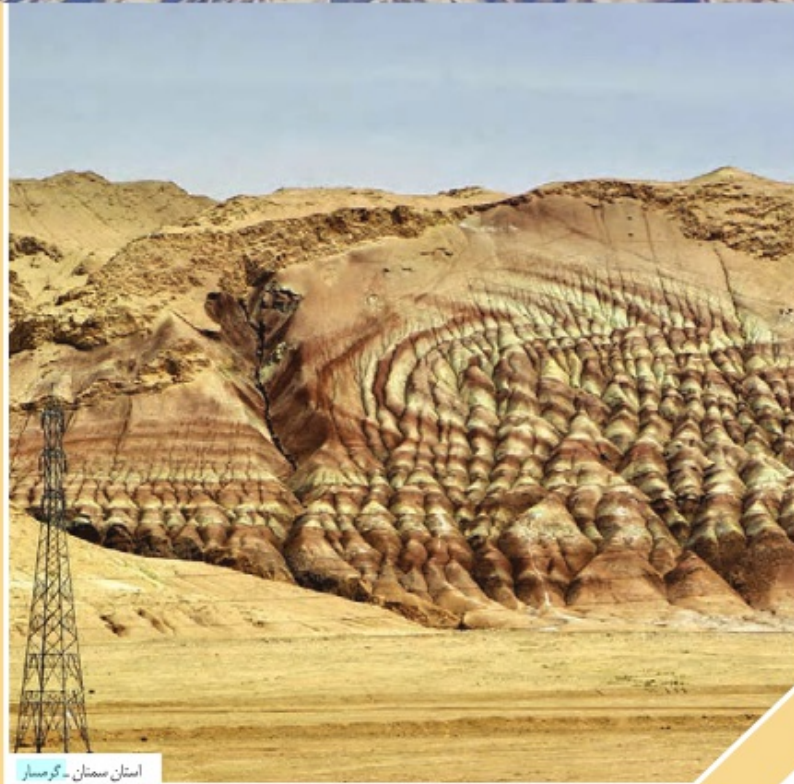


● **زمین‌شناسی پزشکی:** منشأ همه عناصر از زمین است و آلودگی‌های طبیعی و انسان‌زاد می‌تواند از سنگ و خاک به آب و گیاه و دام و از طریق غذا به بدن انسان انتقال یابد. برخی عناصر، برای بدن انسان و دیگر موجودات ضروری هستند. آهن در هموگلوبین، فسفر و کلسیم در ساختار دندان و استخوان، نقش اساسی دارد اما برخی ترکیب‌ها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

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



گرمسار - استان سمنان



استان سمنان - گرمسار

جدول ۱-۶- انواع گسل و ویژگی های آن

شکل	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 سنگ‌ها در امتداد سطح گسل است. ۲- حرکت قطعات شکسته شده، در امتداد افق است.	امتداد لغز

جدول ۱-۶- انواع گسل و ویژگی های آن

شکل	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 سنگ‌ها در امتداد سطح گسل است. ۲- حرکت قطعات شکسته شده، در امتداد افق است.	امتداد لغز

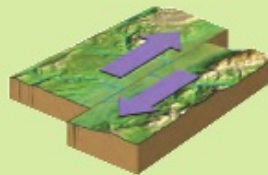
• در هر یک از گسل‌های زیر، نوع گسل را مشخص کنید.



(ب)



(الف)



(پ)

فکر کنید

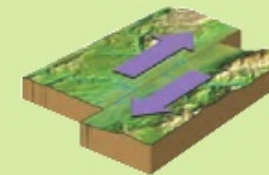
• در هر یک از گسل‌های زیر، نوع گسل را مشخص کنید.



(ب)

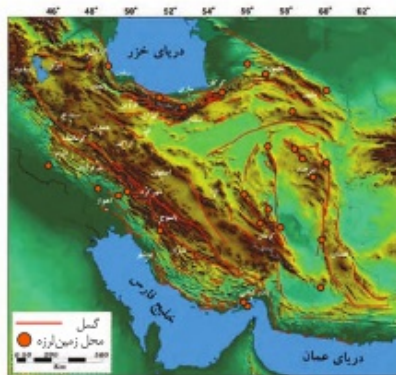


(الف)



(پ)

فکر کنید



شکل ۹-۱ نقشه خطر زمین لرزه در بخش های مختلف ایران. چه ارتباطی بین زمین لرزه ها با گسل ها دیده می شود؟

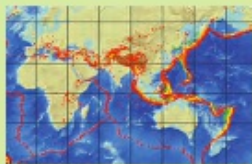
### زمین لرزه

زمین لرزه، نشانه آشکاری از بویایی زمین و بخشی از نظام آفرینش این سیاره است. در هر زمین لرزه، مقدار انرژی انباشته شده در سنگ ها، به طور ناگهانی آزاد می شود و به صورت امواج لرزه ای به اطراف حرکت می کند. نگاهی به نقشه پراکندگی زمین لرزه ها نشان می دهد که توزیع آنها، در همه جا یکسان نیست.

علت اصلی زمین لرزه، حرکت ورقه های سنگ کره است. سنگ های سازنده سنگ کره در مقابل نیروی وارده، رفتار الاستیک از خود نشان می دهند. چنانچه تنش از مقاومت سنگ فراتر رود، سنگ ها دچار شکستگی شده و انرژی زمین لرزه از محل شکستگی به صورت امواج لرزه ای، آزاد می شود. در هر زمین لرزه، از گروه لرزه ها صحبت می شود که شامل پیش لرزه، لرزه اصلی و پس لرزه است. زمین لرزه، معمولاً کمتر از یک دقیقه طول می کشد.

بسیاری از مناطق مسکونی، در معرض خطر زمین لرزه قرار دارند. آیا می دانید که با وقوع زمین لرزه، چه حوادثی در سطح محلی و ملی رخ می دهد؟

کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند لرزه خیز آلپ - هیمالیا، تقریباً هر روز شاهد وقوع زمین لرزه در مناطق مختلف می باشد. بسیاری از مناطق مسکونی ایران، بارها توسط زمین لرزه ویران شده اند.

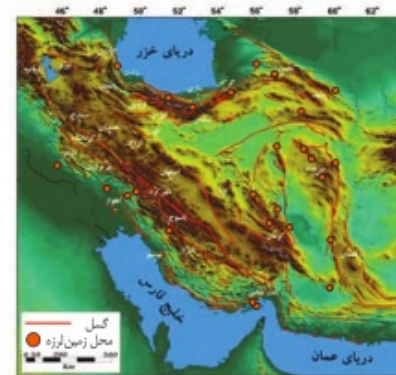


● با استفاده از اطلاعات موجود در تصویر روبه رو در مورد پراکندگی جغرافیایی زمین لرزه های جهان، به پرسش های زیر پاسخ دهید:  
۱- محدوده کمربند لرزه خیز آلپ - هیمالیا را مشخص کنید.



۲- در سال نهم با ورقه های سنگ کره آشنا شدید. دو تصویر روبه رو را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه ای می گیرید؟

### با هم ببینید



شکل ۹-۱ نقشه خطر زمین لرزه در بخش های مختلف ایران. چه ارتباطی بین زمین لرزه ها با گسل ها دیده می شود؟

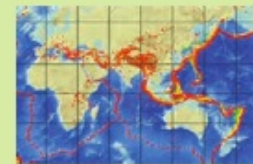
### زمین لرزه

زمین لرزه، نشانه آشکاری از بویایی زمین و بخشی از نظام آفرینش این سیاره است. در هر زمین لرزه، مقدار انرژی انباشته شده در سنگ ها، به طور ناگهانی آزاد می شود و به صورت امواج لرزه ای به اطراف حرکت می کند. نگاهی به نقشه پراکندگی زمین لرزه ها نشان می دهد که توزیع آنها، در همه جا یکسان نیست.

علت اصلی زمین لرزه، حرکت ورقه های سنگ کره است. سنگ های سازنده سنگ کره در مقابل نیروی وارده، رفتار الاستیک از خود نشان می دهند. چنانچه تنش از مقاومت سنگ فراتر رود، سنگ ها دچار شکستگی شده و انرژی زمین لرزه از محل شکستگی به صورت امواج لرزه ای، آزاد می شود. در هر زمین لرزه، از گروه لرزه ها صحبت می شود که شامل پیش لرزه، لرزه اصلی و پس لرزه است. زمین لرزه، معمولاً کمتر از یک دقیقه طول می کشد.

بسیاری از مناطق مسکونی، در معرض خطر زمین لرزه قرار دارند. آیا می دانید که با وقوع زمین لرزه، چه حوادثی در سطح محلی و ملی رخ می دهد؟

کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند لرزه خیز آلپ - هیمالیا، تقریباً هر روز شاهد وقوع زمین لرزه در مناطق مختلف می باشد. بسیاری از مناطق مسکونی ایران، بارها توسط زمین لرزه ویران شده اند.



● با استفاده از اطلاعات موجود در تصویر روبه رو در مورد پراکندگی جغرافیایی زمین لرزه های جهان، به پرسش های زیر پاسخ دهید:  
۱- محدوده کمربند لرزه خیز آلپ - هیمالیا را مشخص کنید.



۲- در پایه نهم با ورقه های سنگ کره آشنا شدید. دو تصویر روبه رو را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه ای می گیرید؟

### با هم ببینید



### گفت و گو کنید

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

### گفت و گو کنید

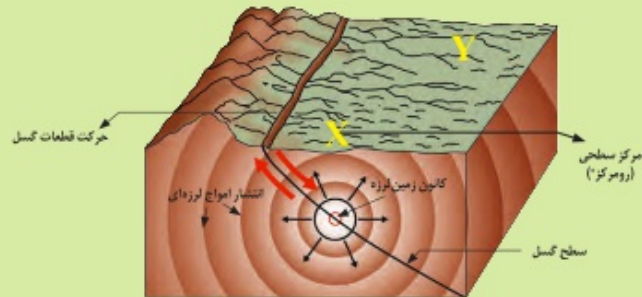
• کدام یک از فعالیت‌های انسانی زیر می‌تواند باعث وقوع زمین‌لرزه شود؟  
انفجار معدن - تخلیه ناگهانی آب پشت سد - شخم‌زدن زمین - انفجارهای اتمی - آتش‌سوزی جنگل‌ها

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

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

### یادآوری

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



### 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 لرزه‌نگار 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.

### امواج لرزه‌ای

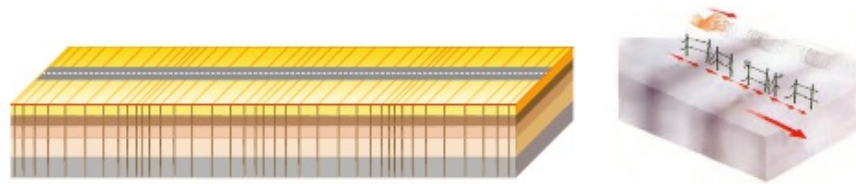
**امواج درونی:** این امواج در کانون زمین‌لرزه ایجاد می‌شوند و در داخل زمین منتشر می‌گردند و شامل امواج P و S می‌باشند.  
**موج P (اولیه، طولی):** موج P، بیشترین سرعت را دارد به همین دلیل، اولین موجی است که توسط دستگاه لرزه‌نگار ثبت می‌شود. این موج، از محیط‌های جامد، مایع و گاز می‌گذرد، سرعت امواج در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

۱. Hypocenter

۲. Epicenter

۱. Hypocenter

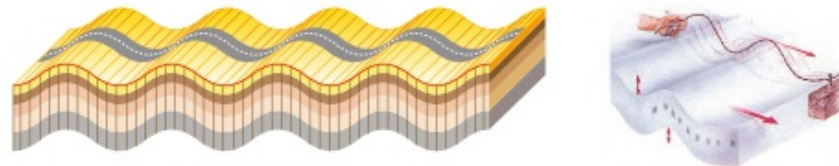
۲. Epicenter



شکل ۶-۲ نحوه حرکت موج طولی P

(الف) امواج طولی (P)

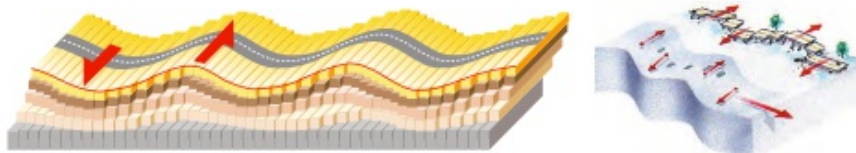
موج S (ثانویه، عرضی): این موج بعد از موج P، توسط لرزه نگارها ثبت می‌شوند. این موج، فقط از محیط‌های جامد عبور می‌کند.



شکل ۶-۳ نحوه حرکت موج S

(ب) امواج عرضی (S)

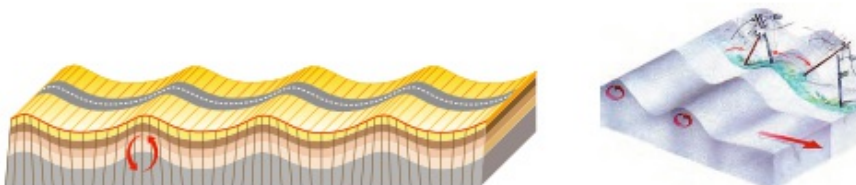
امواج سطحی: این امواج در کانون تولید نمی‌شوند؛ بلکه از برخورد امواج درونی با فصل مشترک لایه‌ها و سطح زمین ایجاد می‌شوند. متداول‌ترین آنها امواج (L) و (L) و ریلی (R) هستند. موج L، موجی است که پس از موج S، توسط لرزه نگارها ثبت می‌شود.



شکل ۶-۴ نحوه حرکت موج سطحی L

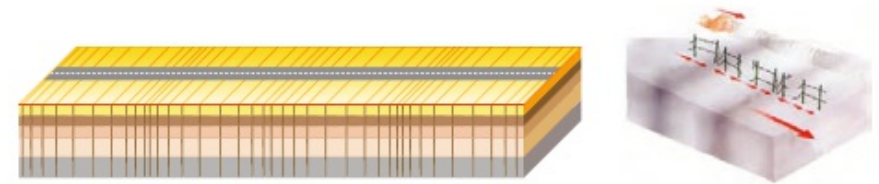
(ج) امواج (L)

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 ۶-۵ نحوه حرکت موج سطحی R

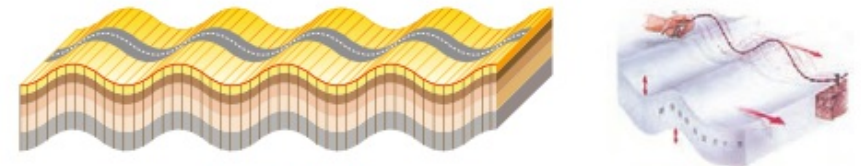
(د) امواج ریلی (R)



شکل ۶-۲ نحوه حرکت موج طولی P

(الف) امواج طولی (P)

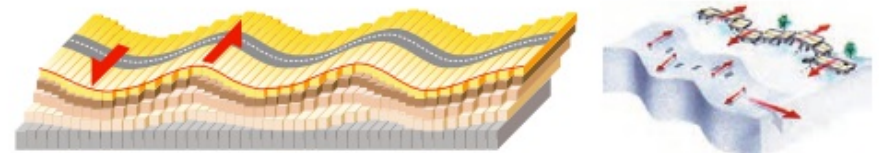
موج S (ثانویه، عرضی): این موج بعد از موج P، توسط لرزه نگارها ثبت می‌شوند. این موج، فقط از محیط‌های جامد عبور می‌کند.



شکل ۶-۳ نحوه حرکت موج S

(ب) امواج عرضی (S)

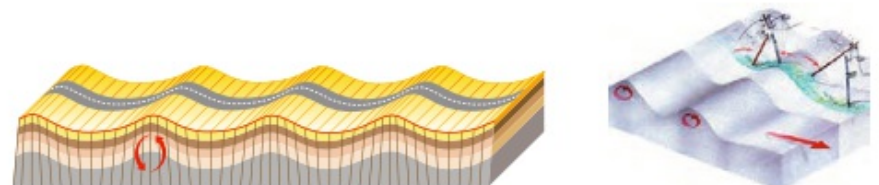
امواج سطحی: این امواج در کانون تولید نمی‌شوند؛ بلکه از برخورد امواج درونی با فصل مشترک لایه‌ها و سطح زمین ایجاد می‌شوند. متداول‌ترین آنها امواج (L) و (L) و ریلی (R) هستند. موج L، موجی است که پس از موج S، توسط لرزه نگارها ثبت می‌شود.



شکل ۶-۴ نحوه حرکت موج سطحی L

(ج) امواج (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 ۶-۵ نحوه حرکت موج سطحی R

(د) امواج ریلی (R)

مقیاس اندازه گیری زمین لرزه

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

**شدت زمین لرزه:** این مقیاس بر اساس 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 کم با عدد ۱ و در مقیاس ۱۲ ویرانی کامل، توصیف کرده است.

مقیاس اندازه گیری زمین لرزه

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

**شدت زمین لرزه:** این مقیاس بر اساس 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 کم با عدد ۱ و در مقیاس ۱۲ ویرانی کامل، توصیف کرده است.

بیشتر بدانید

جدول مر کالی توصیفی

I. احساس نمی شود	احساس نمی شود، مگر در شرایط ویژه تنها توسط دستگاه های لرزه نگار قابل ثبت است.
II. ضعیف	توسط افراد در حال استراحت و در طبقات بالای ساختمان ها حس می شود. برخی از اشیای آویزان ممکن است نوسان کنند.
III. ضعیف	در فضای باز و در طبقات بالایی ساختمان ها کاملاً قابل احساس است. مردم آن را به صورت زمین لرزه شناسایی نمی کنند. ارتعاش مانند عبور کامیون است. مدت زمان لرزش قابل تخمین است.
IV. ملایم	در طی روز در فضای بسته توسط افراد زیادی حس می شود و در فضای باز عده معدودی حس می کنند. در شب عده ای را از خواب بیدار می کند. بشقاب ها، پنجره ها و درب ها تکان خورده و صدا می کنند. در مائین های ایستاده ارتعاش قابل درک است.
V. متوسط	زمین لرزه توسط هر فردی قابل احساس است. بسیاری از خواب بیدار می شوند. برخی از پنجره ها، بشقاب ها و غیره شکسته می شوند. گچ کاری ساختمان ها ترک می خورند. اشیای ناپایدار، واژگون می گردند. سر و صدای درختان و سایر اشیای مرتفع شنیده می شود و آونگ ساعت ها متوقف می گردند. درب ها باز و بسته می شوند و امتداد حرکت زمین لرزه قابل درک است.
VI. قابل توجه	زمین لرزه توسط بسیاری از افراد حس می شود و بسیاری از مردم وحشت زده به فضای باز پناه می آورند. اشیای سنگین جابه جا می شوند و قطعات از گچ کاری کنده می شود. دودکش ها فرو می ریزند و 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 خنثی 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 خسارت جزئی و متوسط وارد می گردد. خسارت قابل ملاحظه ای در ساختمان های ضعیف و بد طراحی شده وارد می شود. آجرهای مستقر لقی می شوند. ایستادن مشکل می شود و آتاقیه شکسته می شوند. زنگ های بزرگ به صدا درمی آیند. زهکشی 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 آبدود 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 کنند. شاخه های درختان شکسته می شوند.
IX	خسارت قابل ملاحظه ای در ساختمان هایی که طراحی ویژه شده اند، ایجاد می شود. ساختمان های اسکلتی خوب طراحی شده کج می شوند. ساختمان بر روی پی تغییر مکان می دهد. ترک هایی آشکار در زمین ایجاد می گردد. خطوط لوله زیرزمینی شکسته می شوند. وحشت عمومی بر مردم غالب می شود. به ساختمان های ضعیف خسارت سنگین وارد می شود و حتی ممکن است کاملاً فرو بریزند. در مناطق آبرفتی ماسه و گل بیرون می آیند.
X	سازه های چوبی خوب ساخته شده ویران می شوند. بسیاری از سازه های اسکلت دار بنایی به همراه پی ویران می شوند. در زمین ترک های بزرگی ایجاد می گردد. خطوط راه آهن کج می شوند. زمین لغزش های قابل ملاحظه ای در کنار رودخانه ها و شیب های ملایم اتفاق می افتد. خسارت جدی به سد ها و مخازن وارد می گردد. در زمین، لغزش های بزرگ اتفاق می افتد و آب از مخازن و کانال ها و رودخانه ها و دریاچه ها و غیره بیرون ریخته می شود.
XI	تعداد کمی از ساختمان ها استوار باقی می ماند. بل ها و ویران می گردند. خطوط لوله زیرزمینی کاملاً غیرقابل استفاده می شوند. خطوط راه آهن به شدت کج می شوند. زمین باثباتی می شود. لغزش هایی در زمین های نرم ایجاد می شود. ویرانی کامل، امواج بر روی سطح زمین مشاهده می شوند. اشیاء به هوا پرتاب می شوند و سنگ های بزرگ جابه جا می شوند.
XII	ویرانی کامل، امواج بر روی سطح زمین مشاهده می شوند. اشیاء به هوا پرتاب می شوند و سنگ های بزرگ جابه جا می شوند.

بیشتر بدانید

جدول مر کالی توصیفی

I. احساس نمی شود	احساس نمی شود، مگر در شرایط ویژه تنها توسط دستگاه های لرزه نگار قابل ثبت است.
II. ضعیف	توسط افراد در حال استراحت و در طبقات بالای ساختمان ها حس می شود. برخی از اشیای آویزان ممکن است نوسان کنند.
III. ضعیف	در فضای باز و در طبقات بالایی ساختمان ها کاملاً قابل احساس است. مردم آن را به صورت زمین لرزه شناسایی نمی کنند. ارتعاش مانند عبور کامیون است. مدت زمان لرزش قابل تخمین است.
IV. ملایم	در طی روز در فضای بسته توسط افراد زیادی حس می شود و در فضای باز عده معدودی حس می کنند. در شب عده ای را از خواب بیدار می کند. بشقاب ها، پنجره ها و درب ها تکان خورده و صدا می کنند. در مائین های ایستاده ارتعاش قابل درک است.
V. متوسط	زمین لرزه توسط هر فردی قابل احساس است. بسیاری از خواب بیدار می شوند. برخی از پنجره ها، بشقاب ها و غیره شکسته می شوند. گچ کاری ساختمان ها ترک می خورند. اشیای ناپایدار، واژگون می گردند. سر و صدای درختان و سایر اشیای مرتفع شنیده می شود و آونگ ساعت ها متوقف می گردند. درب ها باز و بسته می شوند و امتداد حرکت زمین لرزه قابل درک است.
VI. قابل توجه	زمین لرزه توسط بسیاری از افراد حس می شود و بسیاری از مردم وحشت زده به فضای باز پناه می آورند. اشیای سنگین جابه جا می شوند و قطعات از گچ کاری کنده می شود. دودکش ها فرو می ریزند و 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 خنثی 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 خسارت جزئی و متوسط وارد می گردد. خسارت قابل ملاحظه ای در ساختمان های ضعیف و بد طراحی شده وارد می شود. آجرهای مستقر لقی می شوند. ایستادن مشکل می شود و آتاقیه شکسته می شوند. زنگ های بزرگ به صدا درمی آیند. زهکشی 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 آبدود 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 کنند. شاخه های درختان شکسته می شوند.
IX	خسارت قابل ملاحظه ای در ساختمان هایی که طراحی ویژه شده اند، ایجاد می شود. ساختمان های اسکلتی خوب طراحی شده کج می شوند. ساختمان بر روی پی تغییر مکان می دهد. ترک هایی آشکار در زمین ایجاد می گردد. خطوط لوله زیرزمینی شکسته می شوند. وحشت عمومی بر مردم غالب می شود. به ساختمان های ضعیف خسارت سنگین وارد می شود و حتی ممکن است کاملاً فرو بریزند. در مناطق آبرفتی ماسه و گل بیرون می آیند.
X	سازه های چوبی خوب ساخته شده ویران می شوند. بسیاری از سازه های اسکلت دار بنایی به همراه پی ویران می شوند. در زمین ترک های بزرگی ایجاد می گردد. خطوط راه آهن کج می شوند. زمین لغزش های قابل ملاحظه ای در کنار رودخانه ها و شیب های ملایم اتفاق می افتد. خسارت جدی به سد ها و مخازن وارد می گردد. در زمین، لغزش های بزرگ اتفاق می افتد و آب از مخازن و کانال ها و رودخانه ها و دریاچه ها و غیره بیرون ریخته می شود.
XI	تعداد کمی از ساختمان ها استوار باقی می ماند. بل ها و ویران می گردند. خطوط لوله زیرزمینی کاملاً غیرقابل استفاده می شوند. خطوط راه آهن به شدت کج می شوند. زمین باثباتی می شود. لغزش هایی در زمین های نرم ایجاد می شود. ویرانی کامل، امواج بر روی سطح زمین مشاهده می شوند. اشیاء به هوا پرتاب می شوند و سنگ های بزرگ جابه جا می شوند.
XII	ویرانی کامل، امواج بر روی سطح زمین مشاهده می شوند. اشیاء 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 می‌شود. هرچه انرژی آزاد شده، زیادت باشد ارتعاشات ناشی از آن، شدیدتر و دامنه نوسانات امواج آن زمین لرزه، بزرگتر خواهد بود. بزرگی زمین لرزه را به کمک **اطلاعات** لرزه‌نگار، تعیین می‌کنند. واحد اندازه گیری بزرگی، ریشتر است. ریشتر است. به ازای هر یک واحد بزرگی، دامنه امواج ۱۰ برابر و مقدار انرژی ۳۱/۶ برابر افزایش می‌یابد. بزرگی زمین لرزه در تمام نقاط زمین یکسان است، اما شدت آن با دور شدن از مرکز سطحی زمین لرزه کاهش می‌یابد.



۱۹۸۵-۱۹۰۰ میلادی

**دانشمندان علوم زمین**

• چارلز ریشتر ژئوفیزیک‌دان، با ارائه گزارش مطالعه زمین لرزه‌های 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 می‌کردند، اولین بار در سال ۱۹۳۵ از آن برای بیان بزرگی زمین لرزه استفاده کرد. ریشتر، لگاریتم بزرگ‌ترین دامنه موجی است که در فاصله یک صد کیلومتری از مرکز یک زمین لرزه، توسط لرزه‌نگار استاندارد ثبت شده باشد.

**پیوند با ریاضی**

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

**فکر کنید**

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

**پیش‌بینی زمین لرزه**

از گذشته تاکنون، بشر همواره به دنبال پیش‌بینی زمان وقوع حوادث طبیعی مانند زمین لرزه بوده است. از میلیون‌ها زمین لرزه کوچک و بزرگ که تاکنون رخ داده است، فقط تعداد انگشت‌شماری از آنها، قبل از وقوع، پیش‌بینی شده‌اند. علی‌رغم پیشرفت‌های وسیع ایجادشده در دهه‌های اخیر، درباره فناوری‌های مختلف و علم لرزه‌شناسی، هنوز دانشمندان در زمینه روش‌های علمی قابل اعتماد برای پیش‌بینی زمان دقیق وقوع زمین لرزه به نتیجه نرسیده‌اند. البته زمین‌شناسان محل‌های لرزه‌خیز کره زمین را شناسایی کرده‌اند. به برخی از علائم و نشانه‌ها که بتوان با استفاده از آنها وقوع زمین لرزه را پیش‌بینی کرد «**پیش‌نشانه‌گر**» گفته می‌شود. برخی از این نشانه‌ها عبارت‌اند از:

**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 می‌شود. هرچه انرژی آزاد شده، زیادت باشد ارتعاشات ناشی از آن، شدیدتر و دامنه نوسانات امواج آن زمین لرزه، بزرگتر خواهد بود. بزرگی زمین لرزه را به کمک **اطلاعات** لرزه‌نگار، تعیین می‌کنند. واحد اندازه گیری بزرگی، ریشتر است. ریشتر، لگاریتم بزرگ‌ترین دامنه موجی است که در فاصله یک صد کیلومتری از مرکز یک زمین لرزه، توسط لرزه‌نگار استاندارد ثبت شده باشد. به ازای هر یک واحد بزرگی، دامنه امواج ۱۰ برابر و مقدار انرژی ۳۱/۶ برابر افزایش می‌یابد. بزرگی زمین لرزه در تمام نقاط زمین یکسان است، اما شدت آن با دور شدن از مرکز سطحی زمین لرزه کاهش می‌یابد.



۱۹۸۵-۱۹۰۰ میلادی

**دانشمندان علوم زمین**

• چارلز ریشتر ژئوفیزیک‌دان، با ارائه گزارش مطالعه زمین لرزه‌های 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 می‌کردند، اولین بار در سال ۱۹۳۵ از آن برای بیان بزرگی زمین لرزه استفاده کرد.

**پیوند با ریاضی**

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

**فکر کنید**

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

**پیش‌بینی زمین لرزه**

از گذشته تاکنون، بشر همواره به دنبال پیش‌بینی زمان وقوع حوادث طبیعی مانند زمین لرزه بوده است. از میلیون‌ها زمین لرزه کوچک و بزرگ که تاکنون رخ داده است، فقط تعداد انگشت‌شماری از آنها، قبل از وقوع، پیش‌بینی شده‌اند. علی‌رغم پیشرفت‌های وسیع ایجادشده در دهه‌های اخیر، درباره فناوری‌های مختلف و علم لرزه‌شناسی، هنوز دانشمندان در زمینه روش‌های علمی قابل اعتماد برای پیش‌بینی زمان دقیق وقوع زمین لرزه به نتیجه نرسیده‌اند. البته زمین‌شناسان محل‌های لرزه‌خیز کره زمین را شناسایی کرده‌اند. به برخی از علائم و نشانه‌ها که بتوان با استفاده از آنها وقوع زمین لرزه را پیش‌بینی کرد «**پیش‌نشانه‌گر**» گفته می‌شود. برخی از این نشانه‌ها عبارت‌اند 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

#### جمع آوری اطلاعات

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

#### ایمنی در برابر زمین‌لرزه

##### قبل از وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

- ۱- امکان خطر آتش‌سوزی، از طریق سیم‌های برق فرسوده، نشی لوله‌های گاز و وسایل گازسوز را بررسی کنید.
- ۲- محل فیوز برق و شیر اصلی گاز و آب را به خاطر بسپارید.
- ۳- وسایل شکستنی از قبیل ظروف شیشه‌ای و چینی، اشیا 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 همان‌جا پناه بگیرید.
- ۲- اگر داخل ساختمان هستید به زیر یک میز محکم، محل دارای سقف کم‌وسعت، یا کنار دیوارهای داخلی پناه بگیرید. از شیشه پنجره‌ها دور شوید. از شمع، کبریت و هر چه که شعله دارد، استفاده نکنید.
- ۳- در بیرون از ساختمان، از پل‌ها، تیرها، سیم‌های برق، ساختمان‌ها و دیوارها دور شوید.
- ۴- اگر داخل اتومبیل هستید، از پل‌ها و ساختمان‌ها فاصله بگیرید و فوراً متوقف شوید.

##### بعد از وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

- ۱- مراقب پس‌لرزه‌ها باشید.
- ۲- رادیو را روشن کنید و به پیام‌ها و راهنمایی‌ها عمل کنید.
- ۳- ضمن مراقبت از سلامتی خود به افراد ناتوان و کودکان کمک کنید.
- ۴- اگر بوی گاز می‌آید، شیر اصلی گاز را ببندید و پنجره‌ها را باز کنید. نشت گاز را به مقامات مربوطه گزارش دهید.
- ۵- در صورت 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.

- 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

#### جمع آوری اطلاعات

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

#### ایمنی در برابر زمین‌لرزه

##### قبل از وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

- ۱- امکان خطر آتش‌سوزی، از طریق سیم‌های برق فرسوده، نشی لوله‌های گاز و وسایل گازسوز را بررسی کنید.
- ۲- محل فیوز برق و شیر اصلی گاز و آب را به خاطر بسپارید.
- ۳- وسایل شکستنی از قبیل ظروف شیشه‌ای و چینی، اشیا 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 همان‌جا پناه بگیرید.
- ۲- اگر داخل ساختمان هستید به زیر یک میز محکم، محل دارای سقف کم‌وسعت، یا کنار دیوارهای داخلی پناه بگیرید. از شیشه پنجره‌ها دور شوید. از شمع، کبریت و هر چه که شعله دارد، استفاده نکنید.
- ۳- در بیرون از ساختمان، از پل‌ها، تیرها، سیم‌های برق، ساختمان‌ها و دیوارها دور شوید.
- ۴- اگر داخل اتومبیل هستید، از پل‌ها و ساختمان‌ها فاصله بگیرید و فوراً متوقف شوید.

##### بعد از وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

- ۱- مراقب پس‌لرزه‌ها باشید.
- ۲- رادیو را روشن کنید و به پیام‌ها و راهنمایی‌ها عمل کنید.
- ۳- ضمن مراقبت از سلامتی خود به افراد ناتوان و کودکان کمک کنید.
- ۴- اگر بوی گاز می‌آید، شیر اصلی گاز را ببندید و پنجره‌ها را باز کنید. نشت گاز را به مقامات مربوطه گزارش دهید.
- ۵- در صورت 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.

### در ساختمان سازی باید به نکات زیر توجه کرد:

- ۱- ساختمان هر چه سبک تر باشد، بهتر است (به خصوص سقف ها).
- ۲- زمین های شیب دار محل مناسبی برای ساختمان سازی نیستند.
- ۳- ساختمان هایی که تقارن بیشتری دارند مانند مکعب و مکعب مستطیل؛ از ساختمان های دیگر استحکام بیشتری دارند.
- ۴- در و پنجره زیاد، ساختمان را ضعیف می کند؛ بنابراین، نباید آنها را در یک طرف ساختمان قرار داد.



- ۵- مصالح ساختمانی به ترتیب از مناسب تا نامناسب عبارت اند از:

الف) چوب؛

ب) آجر با اسکلت بتنی؛

پ) آجر بدون اسکلت بتنی؛

ت) خشت.

- ۶- باید سقف ها و دیوارها به خوبی به یکدیگر متصل شوند.

- ۷- در ساختمان های اسکلت فلزی، چهارچوب های داخلی باید به وسیله تیر آهن های ضربدری به هم متصل شوند.

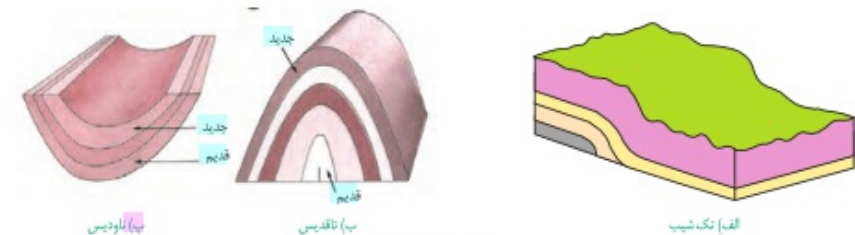
- ۸- نباید قسمت های جدیدی را به ساختمان قبلی اضافه کرد.

- ۹- ساختمان های خشتی نباید بیشتر از یک طبقه باشند.

- ۱۰- پشت دیوارهای خشتی را باید با حائل تقویت کرد.

### 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.



شکل ۶-۶- انواع چین

### 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، یول نقد، رادیو و آچار قابل تنظیم
- ۲- جعبه کمک های اولیه با داروها و مواد ضروری
- ۳- کیسول آتش نشانی
- ۴- آب آشامیدنی
- ۵- غذاهای کنسرو شده و خشک برای مصرف یک هفته
- اعضای خانواده، در بازکن فوطی، کبریت، اجاق گاز قابل حمل (پیک نیک)
- ۶- شماره تلفن پلیس، آتش نشانی و اورژانس

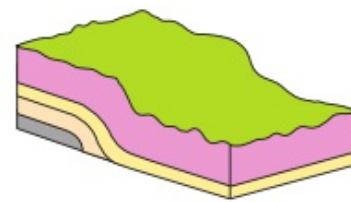


### چین خوردگی

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) تاقدیس و ناودیس



الف) تک شیب

شکل ۶-۶- انواع چین

### آتشفشان

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



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

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

#### جدول ۶-۲- اندازه ذرات جامد آتشفشان

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



شکل ۶-۸- سنگ آذرآوری

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

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

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

### آتشفشان

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

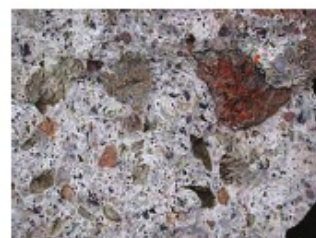


تفتان شکل ۶-۷- آتشفشان نیمه‌فعال تفتان و دماوند با فعالیت فومرولی دماوند

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

#### جدول ۶-۲- اندازه ذرات جامد آتشفشان

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



شکل ۶-۸- سنگ آذرآوری

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 آذرآوری تشکیل می‌شوند. در صورتی که خاکستر آتشفشانی در محیط‌های دریایی کم عمق ته‌نشین شوند، توف آتشفشانی به وجود می‌آید. به عنوان مثال می‌توان توف‌های سبز البرز را نام برد. توف، یک نوع سنگ آذرآوری است.

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

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



(ب) خاکستر آتشفشانی



(ب) گدازه



(الف) سبب آتشفشانی

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

### فواید آتشفشان‌ها

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

**تشکیل هواکره:** در گذشته همراه با سرد شدن زمین، بخش زیادی از گازهای درون زمین از طریق فعالیت آتشفشان‌ها، از شکستگی‌ها و منافذ سنگ‌ها و لایه‌های آیدار 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 دراز گودال‌های اقیانوسی می‌شوند. در این مناطق، به علت برخورد ورقه‌ها، فرورانش صورت می‌گیرد و کوه‌ها به وجود می‌آیند. کوه‌ها نیز، با ایجاد



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

**پستی و بلندی در سطح زمین،** سبب تداوم فرسایش و رسوب گذاری می‌گردند.  
**تشکیل رگه‌های معدنی:** فعالیت آتشفشانی منجر به تشکیل برخی رگه‌های معدنی مانند طلا، نقره و مس می‌شود.

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

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

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



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



(ب) خاکستر آتشفشانی



(ب) گدازه



(الف) سبب آتشفشانی

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

### فواید آتشفشان‌ها

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

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

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

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

**تشکیل پوسته جدید اقیانوسی:** خروج آرام مواد مذاب گوشته از محور میانی رشته کوه‌های میان اقیانوسی، سبب تشکیل پوسته جدید اقیانوسی می‌شود. نتیجه این آتشفشان‌ها، علاوه بر گسترش بستر اقیانوس‌ها، سبب نزدیک شدن ورقه‌ها در محل دراز گودال‌های اقیانوسی می‌شوند. در این مناطق، به علت برخورد ورقه‌ها، فرورانش صورت می‌گیرد و کوه‌ها به وجود می‌آیند. کوه‌ها نیز، با ایجاد



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

**پستی و بلندی در سطح زمین،** سبب تداوم فرسایش و رسوب گذاری می‌گردند.  
**تشکیل رگه‌های معدنی:** فعالیت آتشفشانی منجر به تشکیل برخی رگه‌های معدنی مانند طلا، نقره و مس می‌شود.

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

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

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



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





## زمین شناسی ایران

ایران، به نظر بسیاری از زمین شناسان جهان که از مناطق مختلف آن بازدید کرده‌اند، بهشت زمین شناسی است. به راستی، چه عواملی باعث این تفکر شده است؟ پدیده‌های متنوع کم نظیری مانند آتشفشان‌های نیمه فعال، گل فشان‌های 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. زمین شناسان 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.



## زمین شناسی ایران

ایران، به نظر بسیاری از زمین شناسان جهان که از مناطق مختلف آن بازدید کرده‌اند، بهشت زمین شناسی است. به راستی، چه عواملی باعث این تفکر شده است؟ پدیده‌های متنوع کم نظیری مانند آتشفشان‌های نیمه فعال، گل فشان‌های 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. زمین شناسان 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 (چاهبار)



گنبد نمکی (چانگک)



دره سارگان (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 بوده‌اند. تعیین سن سنگ‌های مناطق مختلف ایران نشان می‌دهد که در مقایسه با سنگ‌های قدیمی یافت شده در آمریکای شمالی، آفریقا، هند، سبیری، استرالیا و عربستان جوان‌تر هستند. قدیمی‌ترین سنگ‌های کشف شده در ایران بین ۶۰۰ میلیون تا بیش از ۱ میلیارد سال سن دارند.

حدود ۱۸۰ میلیون سال پیش تئیس کهن کاملاً بسته و رشته کوه البرز در ایران تشکیل شد. در حدود ۶۵ میلیون سال پیش، ورقه عربستان به ورقه ایران برخورد کرد و اقیانوس تئیس بسته و شکل‌گیری رشته کوه زاگرس آغاز شد و تاکنون ادامه دارد. دریای خزر و دریاچه آرال، از بازمانده‌های این اقیانوس هستند.

#### تحقیق کنید

- قدیمی‌ترین سنگ‌های ایران در کدام مناطق یافت می‌شوند؟



گنبد نمکی (چانگک)



دره سارگان (قشم)



گل فشان (چاهبار)

### 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 بوده‌اند. تعیین سن سنگ‌های مناطق مختلف ایران نشان می‌دهد که در مقایسه با سنگ‌های قدیمی یافت شده در آمریکای شمالی، آفریقا، هند، سبیری، استرالیا و عربستان جوان‌تر هستند. قدیمی‌ترین سنگ‌های کشف شده در ایران بین ۶۰۰ میلیون تا بیش از ۱ میلیارد سال سن دارند.

**بیشتر بدانید**

• حدود ۶۰۰ میلیون سال پیش، قاره بزرگی به نام پانگه<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. پس از آن 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.

۱- به آن پانجه<sup>۱</sup> نیز گفته می‌شود.

حدود ۱۸۰ میلیون سال پیش تتیس کهن کاملاً بسته و رشته کوه البرز در ایران تشکیل شد. در حدود ۶۵ میلیون سال پیش، ورقه عربستان به ورقه ایران برخورد کرد و اقیانوس تتیس بسته و شکل‌گیری رشته کوه زاگرس آغاز شد و تاکنون ادامه دارد. دریاچه خزر و آرال، از بازمانده‌های این اقیانوس هستند.

**تحقیق کنید**

• قدیمی‌ترین سنگ‌های ایران در کدام مناطق یافت می‌شوند؟

• حدود ۶۰۰ میلیون سال پیش، قاره بزرگی به نام پانگه<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. پس از آن 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.

۱- به آن پانجه<sup>۱</sup> نیز گفته می‌شود.

### پهنه‌های زمین‌شناسی ایران

مطالعات انجام شده توسط زمین‌شناسان، نشان می‌دهند که فرایندهای زمین‌شناسی متعددی در طول زمان، چهره امروزی سرزمین ایران را به وجود آورده است. **تجولات** زمین‌شناختی ایران در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی، پیچیده بوده است. سرزمین ایران، از چندین قلمه 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 می‌شود.

#### مشخصات برخی از پهنه‌های زمین‌ساختی در ایران

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

#### دانشمندان علوم زمین

• یووان اشتوکلین (Jovan Stocklin) زمین‌شناس سوئسی 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 هـ.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.



۲۰۰۸ - ۱۹۲۳ میلادی

### پهنه‌های زمین‌شناسی ایران

مطالعات انجام شده توسط زمین‌شناسان، نشان می‌دهند که فرایندهای زمین‌شناسی متعددی در طول زمان، چهره امروزی سرزمین ایران را به وجود آورده است. **تجولات** زمین‌شناختی ایران در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی، پیچیده بوده است. سرزمین ایران، از چندین قلمه 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 می‌شود.

#### مشخصات برخی از پهنه‌های زمین‌ساختی در ایران

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

#### دانشمندان علوم زمین

• یووان اشتوکلین (Jovan Stocklin) زمین‌شناس سوئسی 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 هـ.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.



۲۰۰۸ - ۱۹۲۳ میلادی



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 خیره 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 اشکیار 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 هـ. ش) در خانه اش در شهر کوچکی در سوئیس، چشم از جهان فرو بست.

اشتوکلین در بخشی از کتاب خاطرات خود می نویسد:

«... همسرم الیزابت نیز به ایران علاقه زیادی پیدا کرده بود، سه دخترم تینا، فرانسیسکا و آنزلا 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 داویدیه، 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 باوقای 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 خدا حافظی و روبروسی 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 اقامتم در ایران را مرور می کردم.

آن روزها از سرزمین پارسیمان و قوم مهربان و متمدن و باوقای ایرانی هیچ چیز نمی دانستم ولی امروز همه گوشه های این سرزمین را می شناسم، متعجب و حیرت زده هستم، دلم نمی خواهد غمزده و دلتنگ از ایران بروم. وقتی هواپیمای سوئیس ایر صحیحگاه از مرز ایران می گذشت و من از پنجره، طلوع آفتاب این روز زمستانی را می نگریستم، بی اختیار این جملات بر زبانم جاری شد ایران باور کن دلم نمی خواهد از تو خدا حافظی کنم، آدیوایران، خدا حافظ ایران ...»



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.

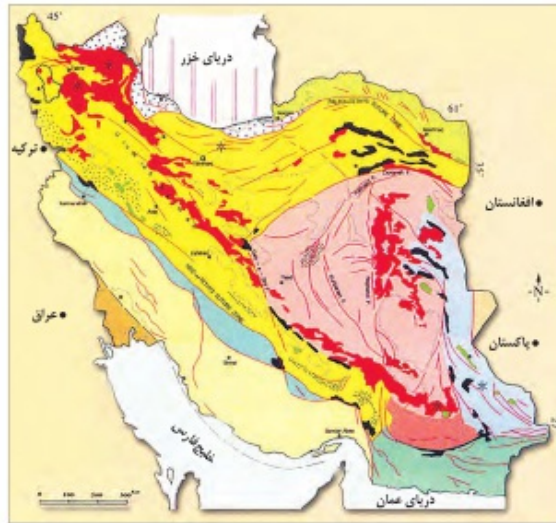
اشتوکلین، علاقه بسیاری به ایران داشت، به طوری که کمتر فرد خارجی را می توان یافت که تا این حد به ایران و ایرانیان عشق ورزیده باشد. در سال ۱۳۵۴، به این نتیجه رسید که وظیفه او در تربیت زمین شناسان خیره به انجام رسیده و بنابراین برای خدمت در کشور نپال عازم آنجا شد؛ اما، همچنان علاقه به ایران، در او وجود 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 اشکیار 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 هـ. ش) در خانه اش در شهر کوچکی در سوئیس، چشم از جهان فرو بست.

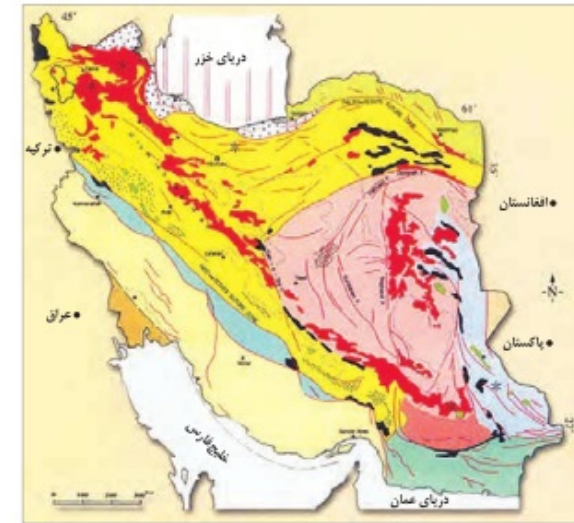
اشتوکلین در بخشی از کتاب خاطرات خود می نویسد:

«... همسرم الیزابت نیز به ایران علاقه زیادی پیدا کرده بود، سه دخترم تینا، فرانسیسکا و آنزلا 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 داویدیه، 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 باوقای 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 خدا حافظی و روبروسی 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 اقامتم در ایران را مرور می کردم.

آن روزها از سرزمین پارسیمان و قوم مهربان و متمدن و باوقای ایرانی هیچ چیز نمی دانستم ولی امروز همه گوشه های این سرزمین را می شناسم، متعجب و حیرت زده هستم، دلم نمی خواهد غمزده و دلتنگ از ایران بروم. وقتی هواپیمای سوئیس ایر صحیحگاه از مرز ایران می گذشت و من از پنجره، طلوع آفتاب این روز زمستانی را می نگریستم، بی اختیار این جملات بر زبانم جاری شد ایران باور کن دلم نمی خواهد از تو خدا حافظی کنم، آدیوایران، خدا حافظ ایران ...»



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



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

### منابع معدنی ایران

در فصل ۲ خواندید که منابع معدنی می‌تواند زیربنای اقتصاد و توسعه کشورها باشد. اگر کشوری، مواد معدنی مورد نیاز خود را نداشته باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟ آنها را چگونه تأمین می‌کنند؟ آیا می‌دانید ایران از نظر ذخایر معدنی چه جایگاهی در جهان دارد؟ آیا ما تمام مواد معدنی مورد نیاز را در کشور داریم؟ ایران، دارای ذخایر معدنی مهم و قابل توجهی است که آن را از بسیاری از کشورهای جهان متمایز می‌کند. فعالیت‌های معدنی در ایران به طور گسترده در بیشتر نقاط کشور انجام می‌شود و نقش مهمی در اقتصاد کشور دارد. معدن کاری در ایران، قدمت زیادی داشته به طوری که در هر گوشه ایران، آثار معدن کاری قدیمی دیده می‌شود.

پیشینیان ما، تجربه بسیار زیادی در اکتشاف و بهره‌برداری از معادن و به خصوص ذخایر فلزی مانند مس، آهن، طلا، سرب و روی داشته‌اند. استفاده از فلزات از حدود ۸۵۰۰ سال پیش آغاز گردید. نتایج مطالعات پژوهشگران نشان می‌دهد استخراج و استفاده از فلزات برای اولین بار در فلات ایران و فلات آناتولی ترکیه صورت گرفت.

#### جمع‌آوری اطلاعات

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

#### جمع‌آوری اطلاعات

- در مورد معادن شذادی استان خود اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

### منابع معدنی ایران

در فصل ۲ خواندید که منابع معدنی می‌تواند زیربنای اقتصاد و توسعه کشورها باشد. اگر کشوری، مواد معدنی مورد نیاز خود را نداشته باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟ آنها را چگونه تأمین می‌کنند؟ آیا می‌دانید ایران از نظر ذخایر معدنی چه جایگاهی در جهان دارد؟ آیا ما تمام مواد معدنی مورد نیاز را در کشور داریم؟ ایران، دارای ذخایر معدنی مهم و قابل توجهی است که آن را از بسیاری از کشورهای جهان متمایز می‌کند. فعالیت‌های معدنی در ایران به طور گسترده در بیشتر نقاط کشور انجام می‌شود و نقش مهمی در اقتصاد کشور دارد. معدن کاری در ایران، قدمت زیادی داشته به طوری که در هر گوشه ایران، آثار معدن کاری قدیمی دیده می‌شود.

پیشینیان ما، تجربه بسیار زیادی در اکتشاف و بهره‌برداری از معادن و به خصوص ذخایر فلزی مانند مس، آهن، طلا، سرب و روی داشته‌اند. استفاده از فلزات از حدود ۸۵۰۰ سال پیش آغاز گردید. نتایج مطالعات پژوهشگران نشان می‌دهد استخراج و استفاده از فلزات برای اولین بار در فلات ایران و فلات آناتولی ترکیه صورت گرفت.

#### جمع‌آوری اطلاعات

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

#### جمع‌آوری اطلاعات

- در مورد معادن شذادی استان خود اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

**بیشتر بدانید**

● ایران با حدود ۲۳٪ از مساحت کل کره زمین، حدود ۷ درصد ذخایر معدنی جهان را داراست. بیش از ۵۰ ماده معدنی در کشور تولید می‌شود. ایران در برخی مواد معدنی، در جهان رتبه‌های بالایی دارد. مقدار کل ذخایر شناسایی شده قطعی ایران، حدود ۲۷ 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**

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

**شما هم می‌توانید جستجوگر معدن باشید**

مراحل کاوش و یافتن محل تمرکز مواد معدنی بی‌شابهت به روش یافتن یکی از دوستانتان که به دنبال او هستید نیست. برای پیدا کردن دوست موردنظر ابتدا «محل» او را حدس می‌زنید و در آنجا به دنبال او می‌گردید. در مورد مواد معدنی هم مراحل تقریباً به همین شکل است. با توجه به آنکه هر ماده معدنی در شرایط ویژه‌ای تشکیل می‌شود. بنابراین برای یافتن ماده معدنی خاص، تنها باید مناطقی را مورد جستجو قرار داد که شرایط تشکیل ماده معدنی وجود داشته باشد. به عنوان مثال اگر به دنبال زغال سنگ هستید، تنها باید قسمت‌هایی از ایران را جستجو کنید که اولاً دارای سنگ‌های رسوبی اند و ثانیاً در زمانی تشکیل شده‌اند که آب و هوا برای رویش گیاهان مناسب بوده است. شواهد زمین‌شناسی تاریخی نشانگر آن است که طی دوره‌های تریاس و ژوراسیک، شرایط جوی برای تشکیل زغال مناسب بوده است. بنابراین، جستجوی ما درباره زغال سنگ محدود به سنگ‌های این دو دوره خواهد شد.

مجموعه شاخص‌هایی را که برای جستجوی مواد معدنی به کار می‌روند، معیارهای جستجو می‌گویند. بسته به نوع ماده معدنی و نحوه تشکیل آن معیارهای متفاوتی وجود دارد که در هر مورد باید معیارهای مناسب را بدین منظور به کار برد. به عنوان مثال به هنگام جستجوی نفت، باید ساختمان‌های زمین‌شناسی را مورد کاوش قرار داد که برای تشکیل نفتگیر، مناسب‌اند.

حتی گاهی بررسی گیاهان یک منطقه نیز می‌تواند شما را به فراوانی یک عنصر با ارزش در خاک آن منطقه راهنمایی کند. حال شما هم با جستجو در فضای مجازی، روش‌های دیگری را برای یافتن منابع معدنی، پیدا کنید.

**بیشتر بدانید**

● ایران با حدود ۲۳٪ از مساحت کل کره زمین، حدود ۷ درصد ذخایر معدنی جهان را داراست. بیش از ۵۰ ماده معدنی در کشور تولید می‌شود. ایران در برخی مواد معدنی، در جهان رتبه‌های بالایی دارد. مقدار کل ذخایر شناسایی شده قطعی ایران، حدود ۲۷ 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.

**بیشتر بدانید**

**برخی معادن بزرگ ایران و موقعیت آنها**

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

بیشتر بدانید



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

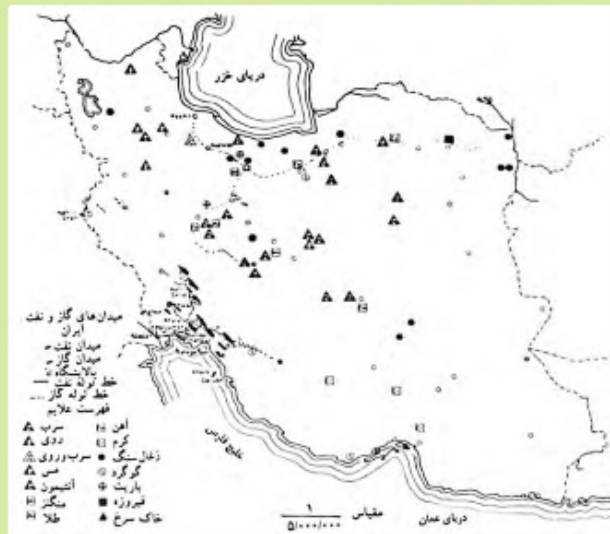
• ایران یکی از ۱۵ کشور بزرگ معدنی جهان است و رتبه دوم جهان را از نظر ذخایر فلذسیار دارد و برای باریت و ژئیس در رتبه پنجم و از نظر سنگ آهن، در رتبه دهم جهان جای دارد. علاوه بر ذخایر فلزهای اساسی مانند آهن، روی، سرب و مس، ایران دارای ذخایر قابل توجهی نیز از آلومینیم، منگنز، مولیبدن، طلا، کروم و نیز مواد معدنی غیرفلزی مورد استفاده در صنعت مانند باریت، سنگ‌های ساختمانی، کائولن و بنتونیت است.



معدن مس - مولیبدن سونگون (وزرقان)



نمایی از معدن طلای زرشوران (تکاب)



نقشه پراکندگی ذخایر فلزی در ایران

بیشتر بدانید



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

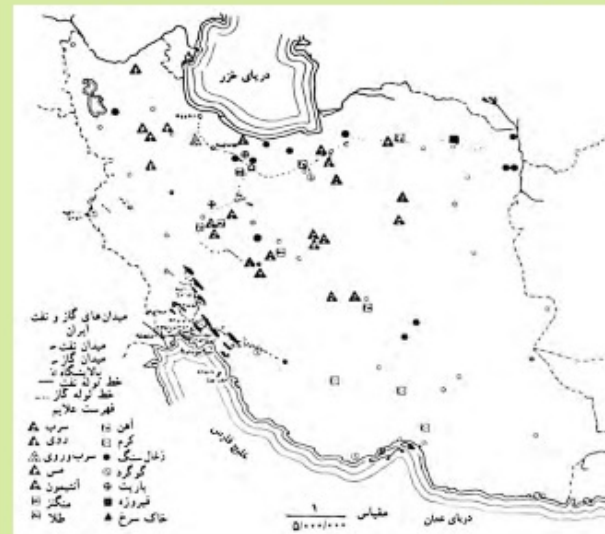
• ایران یکی از ۱۵ کشور بزرگ معدنی جهان است و رتبه دوم جهان را از نظر ذخایر فلذسیار دارد و برای باریت و ژئیس در رتبه پنجم و از نظر سنگ آهن، در رتبه دهم جهان جای دارد. علاوه بر ذخایر فلزهای اساسی مانند آهن، روی، سرب و مس، ایران دارای ذخایر قابل توجهی نیز از آلومینیم، منگنز، مولیبدن، طلا، کروم و نیز مواد معدنی غیرفلزی مورد استفاده در صنعت مانند باریت، سنگ‌های ساختمانی، کائولن و بنتونیت است.



معدن مس - مولیبدن سونگون (وزرقان)



نمایی از معدن طلای زرشوران (تکاب)



نقشه پراکندگی ذخایر فلزی در ایران



## 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 ۷-۳ الف). این چاه ۳۶۰ متر عمق داشت که از آن، روزانه ۳۶۰۰۰ لیتر نفت استخراج می‌شد. این چاه به «چاه شماره یک» معروف است و هم اکنون در شهر مسجد سلیمان به صورت موزه، تحت نظارت شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب قرار دارد (شکل ۷-۳ ب).



ب) مسجد سلیمان

الف) اولین چاه حفر شده در ایران

ذخایر نفت ایران به‌طور عمده در **لایه‌های سنگ آهک** قرار دارند. برخی از میدان‌های مهم نفت ایران در جدول صفحه بعد ارائه شده است. (نقشه ۷-۳ ب)



ب) میدان‌های مهم نفتی ایران

ایران با دارا بودن حدود ۱۰ درصد از نفت جهان، در رده چهارم و از نظر ذخایر گاز، در رده دوم جهان قرار دارد. ذخایر نفت و گاز ایران به‌طور عمده در جنوب و غرب (منطقه زاگرس و خلیج فارس) و در شمال (دریای خزر) قرار دارند. ذخایر گاز 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.

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

## 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 ۷-۳ الف). این چاه ۳۶۰ متر عمق داشت که از آن، روزانه ۳۶۰۰۰ لیتر نفت استخراج می‌شد. این چاه به «چاه شماره یک» معروف است و هم اکنون در شهر مسجد سلیمان به صورت موزه، تحت نظارت شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب قرار دارد (شکل ۷-۳ ب).



ب) مسجد سلیمان

الف) اولین چاه حفر شده در ایران

ذخایر نفت ایران به‌طور عمده در **لایه‌های سنگ آهک** قرار دارند. برخی از میدان‌های مهم نفت ایران در جدول صفحه بعد ارائه شده است. (نقشه ۷-۳ ب)



ب) میدان‌های مهم نفتی ایران

ایران با دارا بودن حدود ۱۰ درصد از نفت جهان، در رده چهارم و از نظر ذخایر گاز، در رده دوم جهان قرار دارد. ذخایر نفت و گاز ایران به‌طور عمده در جنوب و غرب (منطقه زاگرس و خلیج فارس) و در شمال (دریای خزر) قرار دارند. ذخایر گاز 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.

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

## فکر کنید

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

## فکر کنید

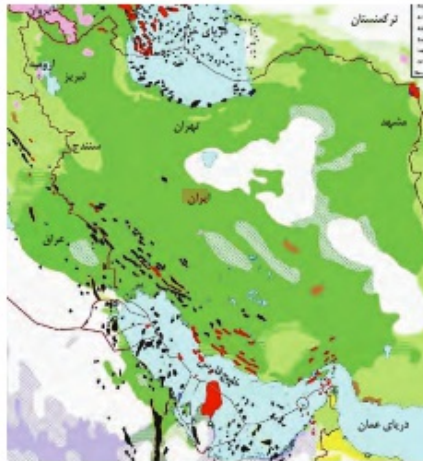
• دو دلیل ذکر کنید که چرا عمده ذخایر نفت ایران در منطقه زاگرس است؟

برخی از مشخصات میدان های مهم نفتی ایران

بیشتر بدانید

رتبه	نام میدان	ذخیره درجا (میلیارد بشکه)	ذخیره قابل برداشت (میلیارد بشکه)	تولید روزانه (هزار بشکه)
۱	میدان نفتی اهواز	۶۵/۵	۳۷	۷۵۰/۰۰۰
۲	میدان نفتی گچساران	۵۲/۹	۲۳/۷	۴۸۰/۰۰۰
۳	میدان نفتی مارون	۴۶/۷	۲۱/۹	۵۲۰/۰۰۰
۴	میدان نفتی آزادگان	۳۳/۲	۵/۲	۴۰۰/۰۰۰
۵	میدان نفتی آغاچاری	۳۰/۲	۱۷/۴	۳۰۰/۰۰۰
۶	میدان نفتی رگ سفید	۱۶/۵	۳/۴۴	۱۸۰/۰۰۰
۷	میدان نفتی آب تیمور	۱۵/۲	۲/۶	۶۰/۰۰۰
۸	میدان نفتی سروش	۱۴/۲	۱۰	۴۶/۰۰۰
۹	میدان نفتی کرنج	۱۱/۲	۵/۷	۲۳۷/۰۰۰
۱۰	میدان نفتی بی بی حکیمه	۷/۵۹	۵/۶۷	۱۲۰/۰۰۰

میدان های گاز پارس جنوبی در خلیج فارس و خانگیران در منطقه سرخس، از مهم ترین میدان های گازی ایران هستند.



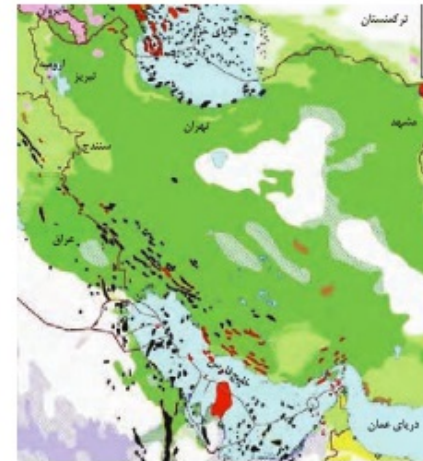
شکل ۷-۴. نقشه پراکندگی ذخایر نفت و گاز ایران (نقاشا سیاه رنگ، محل ذخایر)

برخی از مشخصات میدان های مهم نفتی ایران

بیشتر بدانید

رتبه	نام میدان	ذخیره درجا (میلیارد بشکه)	ذخیره قابل برداشت (میلیارد بشکه)	تولید روزانه (هزار بشکه)
۱	میدان نفتی اهواز	۶۵/۵	۳۷	۷۵۰/۰۰۰
۲	میدان نفتی گچساران	۵۲/۹	۲۳/۷	۴۸۰/۰۰۰
۳	میدان نفتی مارون	۴۶/۷	۲۱/۹	۵۲۰/۰۰۰
۴	میدان نفتی آزادگان	۳۳/۲	۵/۲	۴۰۰/۰۰۰
۵	میدان نفتی آغاچاری	۳۰/۲	۱۷/۴	۳۰۰/۰۰۰
۶	میدان نفتی رگ سفید	۱۶/۵	۳/۴۴	۱۸۰/۰۰۰
۷	میدان نفتی آب تیمور	۱۵/۲	۲/۶	۶۰/۰۰۰
۸	میدان نفتی سروش	۱۴/۲	۱۰	۴۶/۰۰۰
۹	میدان نفتی کرنج	۱۱/۲	۵/۷	۲۳۷/۰۰۰
۱۰	میدان نفتی بی بی حکیمه	۷/۵۹	۵/۶۷	۱۲۰/۰۰۰

میدان های گاز پارس جنوبی در خلیج فارس و خانگیران در منطقه سرخس، از مهم ترین میدان های گازی ایران هستند.



شکل ۷-۴. نقشه پراکندگی ذخایر نفت و گاز ایران (نقاشا 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.

#### جمع‌آوری اطلاعات

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



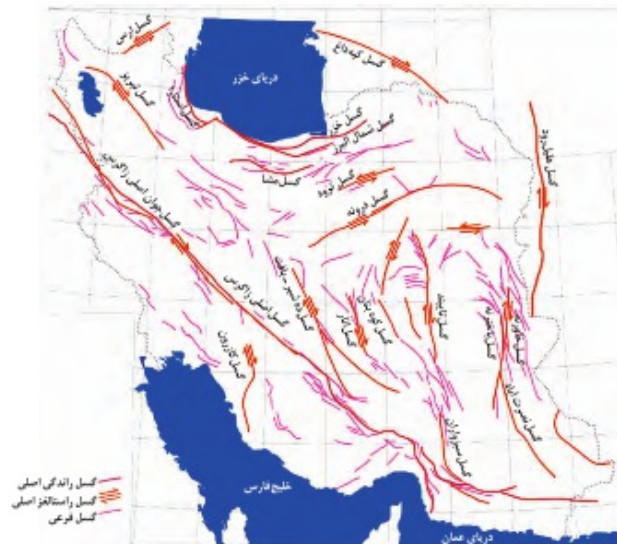
شکل ۷-۵. نقشه گسل‌های اصلی ایران

### 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.

#### جمع‌آوری اطلاعات

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



شکل ۷-۵. نقشه گسل‌های اصلی ایران

### آتشفشان‌های ایران

مهم‌ترین کوه‌های آتشفشانی ایران، دماوند، تفتان، بزمان، سهند و سیلان 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 - دختر قرار دارند.



شکل ۷-۶. نقشه پراکندگی قله‌های آتشفشانی در ایران

### آتشفشان‌های ایران

مهم‌ترین کوه‌های آتشفشانی ایران، دماوند، تفتان، بزمان، سهند و سیلان 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 - دختر قرار دارند.



شکل ۷-۶. نقشه پراکندگی قله‌های آتشفشانی در ایران

## بیشتر بدانید

● **دماوند:** آتشفشان مخروطی شکل دماوند با ارتفاع ۵۶۷۱ متر، در بخش میانی رشته کوه البرز، بارزترین فعالیت آتشفشانی دوره کواترنری در ایران است. دامنه کوه دماوند پوشیده از جریان گدازه‌هایی به وسعت ۴۰۰ کیلومتر مربع است. جدیدترین گدازه‌ها در دامنه غربی مخروط قرار گرفته‌اند و روی همین دامنه است که به‌طور محلی مخروط‌هایی از خاکستر وجود دارد. در ارتفاع ۱۰۰ متر پایین تر 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.

## زمین گردشگری

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 زمین گردشگری می‌تواند در کشورمان، جایگاه اقتصادی ویژه‌ای داشته باشد.

گروهی از پدیده‌های زمین‌شناختی مانند غارها، گل فشان‌ها، آبشارها و... که ارزش بالایی از نظر علمی و آموزشی یا زیبایی ویژه داشته و یا بسیار کمیاب هستند، به عنوان میراث زمین‌شناختی معرفی می‌شوند.

## تحقیق کنید

- ۱- زمین گردشگری چگونه در رونق اقتصادی کشور تأثیر می‌گذارد و شما در زمینه حفاظت از آن چه نقشی می‌توانید داشته باشید؟
- ۲- یکی از جاذبه‌های زمین گردشگری 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

## بیشتر بدانید

● **دماوند:** آتشفشان مخروطی شکل دماوند با ارتفاع ۵۶۷۱ متر، در بخش میانی رشته کوه البرز، بارزترین فعالیت آتشفشانی دوره کواترنری در ایران است. دامنه کوه دماوند پوشیده از جریان گدازه‌هایی به وسعت ۴۰۰ کیلومتر مربع است. جدیدترین گدازه‌ها در دامنه غربی مخروط قرار گرفته‌اند و روی همین دامنه است که به‌طور محلی مخروط‌هایی از خاکستر وجود دارد. در ارتفاع ۱۰۰ متر پایین تر 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.

## زمین گردشگری

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 زمین گردشگری می‌تواند در کشورمان، جایگاه اقتصادی ویژه‌ای داشته باشد.

گروهی از پدیده‌های زمین‌شناختی مانند غارها، گل فشان‌ها، آبشارها و... که ارزش بالایی از نظر علمی و آموزشی یا زیبایی ویژه داشته و یا بسیار کمیاب هستند، به عنوان میراث زمین‌شناختی معرفی می‌شوند.

## تحقیق کنید

- ۱- زمین گردشگری چگونه در رونق اقتصادی کشور تأثیر می‌گذارد و شما در زمینه حفاظت از آن چه نقشی می‌توانید داشته باشید؟
- ۲- یکی از جاذبه‌های زمین گردشگری 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



شکل ۷-۷- روستای کندوان

گروهی از پدیده‌های زمین‌شناختی مانند غارها، گل فشان‌ها، 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.



شکل ۷-۷- روستای کندوان

گروهی از پدیده‌های زمین‌شناختی مانند غارها، گل فشان‌ها، 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.

علم،  
زندگی،  
کار آفرینی

● **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 کرده‌اند. هدف اصلی در زمین گردشگری، تماشای و شناخت پدیده‌های زمین شناختی است. البته هدف‌های بیشتری در زمین گردشگری دنبال می‌شوند.

**برخلاف** اکوتوریسم (طبیعت گردی) که جاذبه‌های طبیعت جاندار را در مرکز توجه قرار داده است، این صنعت به طور کلی با جاذبه‌های طبیعت بی جان سرو کار دارد. مخاطبان زمین گردشگری نه تنها متخصصان و کارشناسان زمین شناسی و ژئومورفولوژی (زمین ریخت شناسی)، بلکه گردشگران عادی و **علاقه‌مندان** طبیعت هستند. در جریان فعالیت‌های زمین گردشگری، بازدیدکنندگان ضمن بازدید از پدیده‌های زیبا و ویژه زمین شناسی و ژئومورفولوژی، با مباحث پیدایش آنها آشنا می‌شوند و اهمیت وجودی آنها را در می‌یابند.

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



بازالت‌های مشوری - سریشه بیرجند

علم،  
زندگی،  
کار آفرینی

● **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 کرده‌اند. هدف اصلی در زمین گردشگری، تماشای و شناخت پدیده‌های زمین شناختی است. البته هدف‌های بیشتری در زمین گردشگری دنبال می‌شوند.

**برخلاف** اکوتوریسم (طبیعت گردی) که جاذبه‌های طبیعت جاندار را در مرکز توجه قرار داده است، این صنعت به طور کلی با جاذبه‌های طبیعت بی جان سرو کار دارد. مخاطبان زمین گردشگری نه تنها متخصصان و کارشناسان زمین شناسی و ژئومورفولوژی (زمین ریخت شناسی)، بلکه گردشگران عادی و **علاقه‌مندان** طبیعت هستند. در جریان فعالیت‌های زمین گردشگری، بازدیدکنندگان ضمن بازدید از پدیده‌های زیبا و ویژه زمین شناسی و ژئومورفولوژی، با مباحث پیدایش آنها آشنا می‌شوند و اهمیت وجودی آنها را در می‌یابند.

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



بازالت‌های مشوری - سریشه بیرجند

واژه نامه

Dip	شیب	Subsurface Reserves	ذخایر زیر سطحی	Extinction	انقراض
Strike	اشتداد	Alloy Metal	مخلوط فلز	Dinosaur	دایناسور
Available Storage Capacity	ظرفیت طبقه مخزن	Ore Preparation	کانه آهن	Ice Age	عصر یخبندان
Cavern	سما	Concentrate	کنسانتره	Isn	اوتن
Trench	ترانشه	Chalcopyrite	کالکوپریت	En	دونان
Location	مکان خاص	Open - Pit mining	استخراج روباز	Period	فتره
Gabion	گلبون	Underground Mining	استخراج زیرزمینی	Epoch	دوره با عده
Nailing	میخ کوبی	Gem	گوهر	Tribolite	تریبولیت
Retaining Wall	دیوار حالت	Opal	آپال	Placoderm	ماهی زردار
Layer Lining	لایه آستر	Chryseberyl	کریزوبریل	Lithosphere Plate	پهله سنگ کره
Layer Procedure	لایه رویه	Opalescence	فرشتهش اپال	Athensphere	سست (مخبر) کره
Bulbat	بلات	Ruby	یاقوت	Petrochemistry	پتروشیمی
Cortex	بخش اسامی	Emerald	زمر	Quartz	کوارتز
Origination	آوریمان	Source Rock	سنگ مادر	Garnet	گارت
Roalgar	رالگار	Primary Migration	مهاجرت اولیه	Borax	بوراکس
Medical Geology	زمین شناسی پزشکی	Oil Trap	فدنگر	Halite	حالت
Lake of Element	کنود عنصر	Reservoir Rock	سنگ مخزن	Sylvite	سلویت
Element Toxicity	سمیت عنصر	Cap Rock	پوش سنگ	Apatite	آپاتیت
Kantosis Pharis	شای شدن پوست	Petrology	پترولوجی	Limestone	سنگ آهک
Amalgamation	مقدنه کردن	Interception	برگلبه	Gypso	ژپس
Iai - Iai Disease	بماری آهای آهای	Capillary Fringe	حاشیه مویجه	Feldspar	فلدسپار
Goitre	گواتر	Topographic Map	نقشه توپوگرافی	Pozzolan	پولزولان
Anthropogenic Grade	خارجای زمین اراده	Aquifer	آبخوان	Perlit	پرلیت
Silicosis	بماری سیلیکوسیس	Pneumonic Level	سطح پیژوستریک	Corundum	کرندوم
Environmental Geology	زمین شناسی زیست محیطی	Kant Line	آهک کانتس	Amebyst	آمبیت
Hydrotherapy	آب درمانی	Evaporites Stone	سنگ های تبخیری	Beryl	بریل
Fault	گسل	Water Hardness	سختی آب	Agate	آگات (مطلق)
Felding	چین خوردگی	Fossil Water	آب فسیل	Olivine	اولیون
Fault Surface	سطح گسل	Water Balance	موازن آب	Spinel	اسپینل
Fault Dip	شیب گسل	Loam	خاک لوم	Lapis Lazuli	لاپوزول
Fault Strike	اشداد گسل	Soil Profile	نوع خاک	Jade	یاقه
Hangin Wall	فرودواره	Hydrogeology	هیدرولوجی	Turquoise	فیروزه
Faunaill	فرودواره	Morphology	مورفولوجی	Baryte	باریت
Gein	درزه	Stress	تنش	Fluorite	فلوریت
Oblique Fault	گسل حائل	Tension Stress	تنش کششی	Benxonite	بنکسیت
Normal Fault	گسل حادی	Compressive Stress	تنش فشری	Kaoline	کائولن
Reverse Fault	گسل معکوس	Shear Stress	تنش برشی	Zoofite	زئولیت
Strike - Slip Fault	گسل اشداد لغز	Coning	متورگی	Diamond	الماس
Earthquake Epicenter	کانون زمین لرزه	Exploratory Bares	گشدهای اکتشافی	Clark Concentration	غلظت کلارک
Earthquake Hypocenter	مرکز سطحی زمین لرزه	Elastic Behavior	رفتار کشمان	Anomaly	بی هنجاری
Internal Waves	نوع امواج درونی	Plastic Behavior	رفتار خمیرمان	Mineral	کانی
Primary Waves	نوع امواج اولیه	Gabion	گلبون	Phagoclast	فایگوسکلاز
Secondary Waves	نوع امواج ثانویه	Quarante	کوارتزیت	Orthoclast	فلسپار پاشیم
Surface Waves	نوع سطحی	Hornfels	هورنفلس	Ore Mineral	کانه
Bifreshocks	بیش لرزه	Schist	شیت	Ore	کنسانتر
Aftershocks	پس لرزه	Calche	کالچه	Mineral Deposit (Ore Deposit)	کنسانتر
Magnitude	بزرگا	Delemite	دولومیت	Mica	میکا
Richter	ریشتر	Borrow Materials	مصاح فراده	Pyrite	پیریت
Intensity	شدت	Soil Dan	مد خاک	Placer	پلاسر
Monocline	تک شیب	Concrete Dam	سد بتنی	Mineral Stork	رگه معدنی
Anticline	قاصب	Dam Reservoir	مخزن سد	Electric Conductivity of Rocks	رسانایی الکتریکی سنگها
Syncline	فولیس	Dam Body	بنه سد	Anomalies of the Earths Geostional Field	تغیرات میدان گرانش زمین
Topho	تفر	Fill Dan	پیل دان		

واژه نامه

Dip	شیب	Subsurface Reserves	ذخایر زیر سطحی	Extinction	انقراض
Strike	اشتداد	Alloy Metal	مخلوط فلز	Dinosaur	دایناسور
Available Storage Capacity	ظرفیت طبقه مخزن	Ore Preparation	کانه آهن	Ice Age	عصر یخبندان
Cavern	سما	Concentrate	کنسانتره	Isn	اوتن
Trench	ترانشه	Chalcopyrite	کالکوپریت	En	دونان
Location	مکان خاص	Open - Pit mining	استخراج روباز	Period	فتره
Gabion	گلبون	Underground Mining	استخراج زیرزمینی	Epoch	دوره با عده
Nailing	میخ کوبی	Gem	گوهر	Tribolite	تریبولیت
Retaining Wall	دیوار حالت	Opal	آپال	Placoderm	ماهی زردار
Layer Lining	لایه آستر	Chryseberyl	کریزوبریل	Lithosphere Plate	پهله سنگ کره
Layer Procedure	لایه رویه	Opalescence	فرشتهش اپال	Athensphere	سست (مخبر) کره
Bulbat	بلات	Ruby	یاقوت	Petrochemistry	پتروشیمی
Cortex	بخش اسامی	Emerald	زمر	Quartz	کوارتز
Origination	آوریمان	Source Rock	سنگ مادر	Garnet	گارت
Roalgar	رالگار	Primary Migration	مهاجرت اولیه	Borax	بوراکس
Medical Geology	زمین شناسی پزشکی	Oil Trap	فدنگر	Halite	حالت
Lake of Element	کنود عنصر	Reservoir Rock	سنگ مخزن	Sylvite	سلویت
Element Toxicity	سمیت عنصر	Cap Rock	پوش سنگ	Apatite	آپاتیت
Kantosis Pharis	شای شدن پوست	Petrology	پترولوجی	Limestone	سنگ آهک
Amalgamation	مقدنه کردن	Interception	برگلبه	Gypso	ژپس
Iai - Iai Disease	بماری آهای آهای	Capillary Fringe	حاشیه مویجه	Feldspar	فلدسپار
Goitre	گواتر	Topographic Map	نقشه توپوگرافی	Pozzolan	پولزولان
Anthropogenic Grade	خارجای زمین اراده	Aquifer	آبخوان	Perlit	پرلیت
Silicosis	بماری سیلیکوسیس	Pneumonic Level	سطح پیژوستریک	Corundum	کرندوم
Environmental Geology	زمین شناسی زیست محیطی	Kant Line	آهک کانتس	Amebyst	آمبیت
Hydrotherapy	آب درمانی	Evaporites Stone	سنگ های تبخیری	Beryl	بریل
Fault	گسل	Water Hardness	سختی آب	Agate	آگات (مطلق)
Felding	چین خوردگی	Fossil Water	آب فسیل	Olivine	اولیون
Fault Surface	سطح گسل	Water Balance	موازن آب	Spinel	اسپینل
Fault Dip	شیب گسل	Loam	خاک لوم	Lapis Lazuli	لاپوزول
Fault Strike	اشداد گسل	Soil Profile	نوع خاک	Jade	یاقه
Hangin Wall	فرودواره	Hydrogeology	هیدرولوجی	Turquoise	فیروزه
Faunaill	فرودواره	Morphology	مورفولوجی	Baryte	باریت
Gein	درزه	Stress	تنش	Fluorite	فلوریت
Oblique Fault	گسل حائل	Tension Stress	تنش کششی	Benxonite	بنکسیت
Normal Fault	گسل حادی	Compressive Stress	تنش فشری	Kaoline	کائولن
Reverse Fault	گسل معکوس	Shear Stress	تنش برشی	Zoofite	زئولیت
Strike - Slip Fault	گسل اشداد لغز	Coning	متورگی	Diamond	الماس
Earthquake Epicenter	کانون زمین لرزه	Exploratory Bares	گشدهای اکتشافی	Clark Concentration	غلظت کلارک
Earthquake Hypocenter	مرکز سطحی زمین لرزه	Elastic Behavior	رفتار کشمان	Anomaly	بی هنجاری
Internal Waves	نوع امواج درونی	Plastic Behavior	رفتار خمیرمان	Mineral	کانی
Primary Waves	نوع امواج اولیه	Gabion	گلبون	Phagoclast	فایگوسکلاز
Secondary Waves	نوع امواج ثانویه	Quarante	کوارتزیت	Orthoclast	فلسپار پاشیم
Surface Waves	نوع سطحی	Hornfels	هورنفلس	Ore Mineral	کانه
Bifreshocks	بیش لرزه	Schist	شیت	Ore	کنسانتر
Aftershocks	پس لرزه	Calche	کالچه	Mineral Deposit (Ore Deposit)	کنسانتر
Magnitude	بزرگا	Delemite	دولومیت	Mica	میکا
Richter	ریشتر	Borrow Materials	مصاح فراده	Pyrite	پیریت
Intensity	شدت	Soil Dan	مد خاک	Placer	پلاسر
Monocline	تک شیب	Concrete Dam	سد بتنی	Mineral Stork	رگه معدنی
Anticline	قاصب	Dam Reservoir	مخزن سد	Electric Conductivity of Rocks	رسانایی الکتریکی سنگها
Syncline	فولیس	Dam Body	بنه سد	Anomalies of the Earths Geostional Field	تغیرات میدان گرانش زمین
Topho	تفر	Fill Dan	پیل دان		

Devonian	دوین	Gondwana	گوندوا	Lava	گدازه
Carboniferous	کربنفر	Earth	اراسیا	Furnace	فومریل
Permian	پرمن	Tethys Ocean	اقیانوس تیس	Pyroclastic	سنگ آذر آبروی
Triassic	تریاس	Subduction	سورایش	Tuff	توف
Jurassic	ژوراسیک	Cretaceous	زمن کرتاشکی	Lapilli	لابلری
Cretaceous	کرتاش	Cenozoic	زئوئوژن	Block	قطعه سنگ
Paleozoic	پالئوزوئیک	Hadean	هادیان	Beeh	بیب
Mesozoic	مزوزوئیک	Archean	آرکن	Fumarole Stage	مرحله فومرول
Cenozoic	سنوزوئیک	Proterozoic	پروتروژنیک	Geothermal Energy	انرژی زمین گرمایی
Palaeogene	پالئوژن	Proterozoic	پروتروژنیک	Geophysics	ژئوفزیک
Neogene	نئوژن	Cambrian	کمبرین	Tectonic Structural Geology	تکتونیک زمین شناسی ساختاری
Quaternary	کواترنری	Ordovician	اردوئوسین	Prismatic Basalt	بارفت منشوری
		Silurian	سیلورین	Mud Volcanoes	گل‌فشان

Devonian	دوین	Gondwana	گوندوا	Lava	گدازه
Carboniferous	کربنفر	Earth	اراسیا	Furnace	فومریل
Permian	پرمن	Tethys Ocean	اقیانوس تیس	Pyroclastic	سنگ آذر آبروی
Triassic	تریاس	Subduction	سورایش	Tuff	توف
Jurassic	ژوراسیک	Cretaceous	زمن کرتاشکی	Lapilli	لابلری
Cretaceous	کرتاش	Cenozoic	زئوئوژن	Block	قطعه سنگ
Paleozoic	پالئوزوئیک	Hadean	هادیان	Beeh	بیب
Mesozoic	مزوزوئیک	Archean	آرکن	Fumarole Stage	مرحله فومرول
Cenozoic	سنوزوئیک	Proterozoic	پروتروژنیک	Geothermal Energy	انرژی زمین گرمایی
Palaeogene	پالئوژن	Proterozoic	پروتروژنیک	Geophysics	ژئوفزیک
Neogene	نئوژن	Cambrian	کمبرین	Tectonic Structural Geology	تکتونیک زمین شناسی ساختاری
Quaternary	کواترنری	Ordovician	اردوئوسین	Prismatic Basalt	بارفت منشوری
		Silurian	سیلورین	Mud Volcanoes	گل‌فشان

### منابع

#### منابع فارسی

- آقاباتی، 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، ۱۳۸۲. «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.
- معماریان، 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., Vèrand, C., & Wilhem, C. (2013). The formation of Pangea. Tectonophysics, 593, 1-19
- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K. & Tasa D. (2014). Earth: an introduction to physical geology. Pearson Pub.
- Todd, D. K. and Mays, L. W., 2005, "Groundwater Hydrology", John Wiley.

■ وب‌گاه‌های علمی در فضای اینترنت



### منابع

#### منابع فارسی

- آقاباتی، 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، ۱۳۸۲. «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.
- معماریان، 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., Vèrand, C., & Wilhem, C. (2013). The formation of Pangea. Tectonophysics, 593, 1-19
- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K. & Tasa D. (2014). Earth: an introduction to physical geology. Pearson Pub.
- Todd, D. K. and Mays, L. W., 2005, "Groundwater Hydrology", John Wiley.

■ وب‌گاه‌های علمی در فضای اینترنت



سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی تونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان لرحمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی، دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت کننده در اعتبارسنجی کتاب زمین شناسی با کد ۱۱۱۲۳۷

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	افسر غلابیان	یزد	۲۳	افسانه عزیزیان	ایلام
۲	معمومه حیدریان	همدان	۲۴	سید علیرضا فلاح	شهرستان‌های تهران
۳	محمد حسین سیف	همدان	۲۵	خدیجه امانی هفتنجانی	البرز
۴	سیده فاطمه مرتضوی	چهارمحال و بختیاری	۲۶	سایار شایگان	گیلان
۵	سید زهرا افشونی	شهرستان‌های تهران	۲۷	شهربانو احمدی	مازندران
۶	طاهره نادری	کرمان	۲۸	ملیحه حمیدی پور	سمنان
۷	رسول سوزنی	خراسان شمالی	۲۹	علی اصغر ربانی فرد	گلستان
۸	مریم مومنی	مرکزی	۳۰	تجمله بلایی	هرمزگان
۹	غلامرضا زاهدی پور	خراسان جنوبی	۳۱	محمد حسین صادی	کردستان
۱۰	فصل الله ایمانیان	اصفهان	۳۲	سمیه محمدی	آذربایجان غربی
۱۱	معمومه جمعی رثانی	اصفهان	۳۳	رقیه موبد	آذربایجان شرقی
۱۲	ملکه سادات سجادی	قزوین	۳۴	شبنم قالیان	آذربایجان شرقی
۱۳	اعظم داستان	اردبیل	۳۵	علی اکبر احمدی	خراسان رضوی
۱۴	زهرا پسران	فارس	۳۶	روح الله زبیرم	ایلام
۱۵	محمدحادی رئوفی زاده	هرمزگان	۳۷	مریم اکائی	سیستان و بلوچستان
۱۶	علی یاری	شهر تهران	۳۸	حسینعلی چهارنایی	گلستان
۱۷	فاروق ایزدی	کرمانشاه	۳۹	کامران اسماعیلی	چهارمحال و بختیاری
۱۸	عظیمه رهبرکوهی	گیلان	۴۰	وجه حبیبی	کرمانشاه
۱۹	مریم رفیعی	فارس	۴۱	عبدالرحمان چمن آرا	کهگیلویه و بویراحمد
۲۰	فاطمه تقدی	شهر تهران	۴۲	مریم ستوده	کهگیلویه و بویراحمد
۲۱	منصوره ایرانشن	کرمان	۴۳	ناهید یزدانفر	تهران
۲۲	محمد عقیلی	خراسان جنوبی	۴۴	شهبلا مغزی نجف‌آبادی	خراسان جنوبی

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی تونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان لرحمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی، دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت کننده در اعتبارسنجی کتاب زمین شناسی با کد ۱۱۱۲۳۷

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	افسر غلابیان	یزد	۲۳	افسانه عزیزیان	ایلام
۲	معمومه حیدریان	همدان	۲۴	سید علیرضا فلاح	شهرستان‌های تهران
۳	محمد حسین سیف	همدان	۲۵	خدیجه امانی هفتنجانی	البرز
۴	سیده فاطمه مرتضوی	چهارمحال و بختیاری	۲۶	سایار شایگان	گیلان
۵	سید زهرا افشونی	شهرستان‌های تهران	۲۷	شهربانو احمدی	مازندران
۶	طاهره نادری	کرمان	۲۸	ملیحه حمیدی پور	سمنان
۷	رسول سوزنی	خراسان شمالی	۲۹	علی اصغر ربانی فرد	گلستان
۸	مریم مومنی	مرکزی	۳۰	تجمله بلایی	هرمزگان
۹	غلامرضا زاهدی پور	خراسان جنوبی	۳۱	محمد حسین صادی	کردستان
۱۰	فصل الله ایمانیان	اصفهان	۳۲	سمیه محمدی	آذربایجان غربی
۱۱	معمومه جمعی رثانی	اصفهان	۳۳	رقیه موبد	آذربایجان شرقی
۱۲	ملکه سادات سجادی	قزوین	۳۴	شبنم قالیان	آذربایجان شرقی
۱۳	اعظم داستان	اردبیل	۳۵	علی اکبر احمدی	خراسان رضوی
۱۴	زهرا پسران	فارس	۳۶	روح الله زبیرم	ایلام
۱۵	محمدحادی رئوفی زاده	هرمزگان	۳۷	مریم اکائی	سیستان و بلوچستان
۱۶	علی یاری	شهر تهران	۳۸	حسینعلی چهارنایی	گلستان
۱۷	فاروق ایزدی	کرمانشاه	۳۹	کامران اسماعیلی	چهارمحال و بختیاری
۱۸	عظیمه رهبرکوهی	گیلان	۴۰	وجه حبیبی	کرمانشاه
۱۹	مریم رفیعی	فارس	۴۱	عبدالرحمان چمن آرا	کهگیلویه و بویراحمد
۲۰	فاطمه تقدی	شهر تهران	۴۲	مریم ستوده	کهگیلویه و بویراحمد
۲۱	منصوره ایرانشن	کرمان	۴۳	ناهید یزدانفر	تهران
۲۲	محمد عقیلی	خراسان جنوبی	۴۴	شهبلا مغزی نجف‌آبادی	خراسان جنوبی