

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# زمین شناسی

رشته های علوم تجربی - ریاضی و فیزیک

پایه یازدهم

دوره دوم متوسطه

۱۳۹۶



## وزارت آموزش و پرورش

### سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب:

زمین‌شناسی - پایه یازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۱۲۳۷

پدیدآورنده:

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

خدیدجه امانی، علیرضا امری کاظمی، محمدحسن بازوبندی، هاله تیمورزاده، فرزانه رجایی،

مریم عابدینی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

مدیریت آماده‌سازی هنری:

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی:

لیدا نیک‌روش (مدیر امور فنی و چاپ) - مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - مرجان

آندرودی (نگاشتارگر) - طراح گرافیک، طراح جلد و صفحه‌آرا) - علیرضا امری کاظمی

(عکاس) - الهام محبوب (رسام) - فاطمه باقری‌مهر، شاداب ارشادی، علیرضا ملکان، سپیده

ملک‌ایزدی، ناهید خیام‌باشی (امور آماده‌سازی)

نشانی سازمان:

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۹۲۶۶-۸۸۳۰، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وبگاه: [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

ناشر:

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران تهران: ۱۷ جاده مخصوص کرج -

خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی:

۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه:

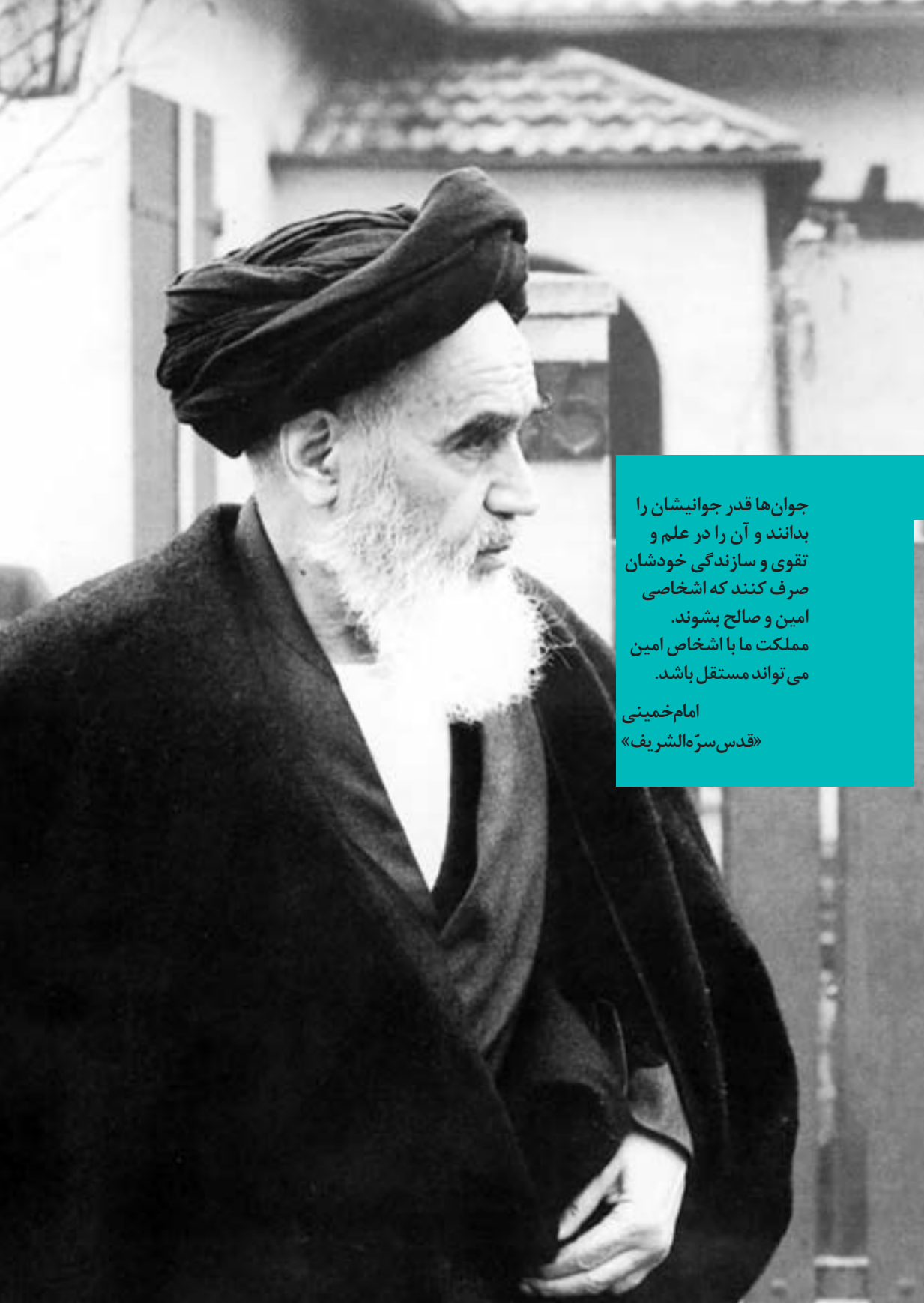
شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

چاپ اول ۱۳۹۶

سال انتشار و نوبت چاپ:

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۸۰۵-۱

ISBN: 978-964-05-2805-1



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

امام خمینی  
«قدس سرّه الشریف»

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

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 عنوانین: فکر کنید، جمع‌آوری اطلاعات، با هم بیندیشید، بیشتر بدانید، یادآوری و ... مطرح شده است.

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

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

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

در فعالیت بیشتر بدانید دانش‌آموز مطالب تکمیلی در زمینه مفهوم درسی را می‌آموزد. این مطالب و جداول در ارزشیابی مورد پرسش قرار نمی‌گیرند.

فصل اول: آفرینش کیهان و تکوین زمین ..... ۱۰

آفرینش کیهان ..... ۱۱

کهکشان راه شیری ..... ۱۱

منظومه شمسی ..... ۱۲

تکوین زمین و آغاز زندگی در آن ..... ۱۴

سن زمین ..... ۱۶

زمان در زمین شناسی ..... ۱۷

پیدایش اقیانوس ها ..... ۱۹

پیدایش فصل ها ..... ۲۲

فصل دوم: منابع معدنی، زیربنای تمدن و توسعه صنعتی ..... ۲۶

منابع معدنی در زندگی ما ..... ۲۷

غلظت عناصر در پوسته زمین ..... ۲۹

کانسنگ ..... ۳۲

اکتشاف معدن ..... ۳۶

استخراج معدن و فراوری ماده معدنی ..... ۳۶

گوهرها، زیبایی شگفت‌انگیز دنیای کانی‌ها ..... ۳۸

سوخت‌های فسیلی ..... ۴۳

زغال سنگ ..... ۴۵

فصل سوم: منابع آب و خاک ..... ۴۸

آب جاری ..... ۵۰

آب زیرزمینی ..... ۵۲

منابع خاک ..... ۶۱

خاک ..... ۶۲

فصل چهارم: زمین‌شناسی و سازه‌های مهندسی ..... ۶۸

مکان‌یابی سازه‌ها ..... ۶۹

تنش ..... ۷۰

رفتار مواد در برابر تنش ..... ۷۱

نفوذپذیری ..... ۷۲

مکان مناسب برای ساخت سد ..... ۷۲

مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی ..... ۷۵

۷۶..... مکان مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی

۷۸..... پایداری سازه‌ها

۷۹..... مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها

۸۰..... رفتار خاک‌ها و سنگ‌ها در سازه‌ها

۸۱..... کاربرد مصالح خاک و خرده سنگی در راه‌سازی

۸۴..... **فصل پنجم: زمین‌شناسی و سلامت**

۸۵..... زمین‌شناسی پزشکی

۸۷..... پراکندگی و تمرکز عناصر

۹۱..... منشأ بیماری‌های زمین‌زاد

۹۶..... سختی آب

۱۰۰..... کاربرد کانی‌ها در داروسازی

۱۰۲..... **فصل ششم: پویایی زمین**

۱۰۳..... شکستگی‌ها

۱۰۶..... زمین لرزه

۱۱۰..... شدت و بزرگی زمین لرزه

۱۱۱..... بزرگی (بزرگا)



۱۱۴.....چین خوردگی

۱۱۴.....آتشفشان

۱۲۰..... فصل هفتم: زمین شناسی ایران

۱۲۱.....تاریخچه زمین شناسی ایران

۱۲۳.....نقشه های زمین شناسی

۱۲۴.....پهنه های زمین شناسی ایران

۱۲۸.....منابع معدنی ایران

۱۳۲.....ذخایر نفت و گاز ایران

۱۳۴.....گسل های اصلی ایران

۱۳۵.....آتشفشان های ایران

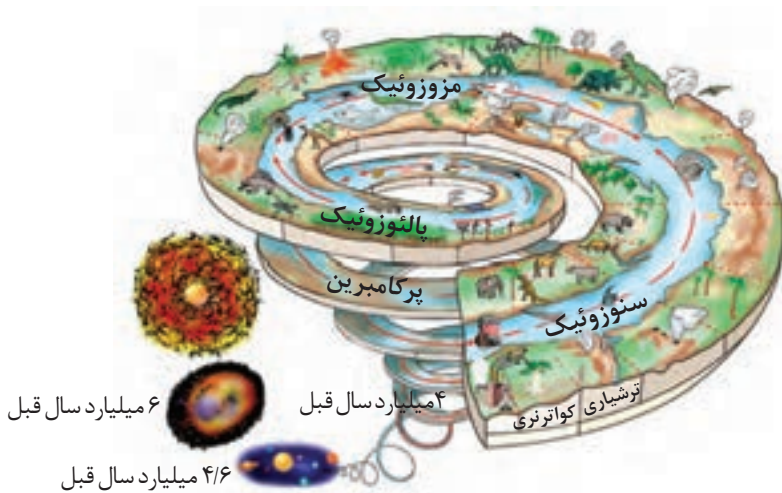
۱۳۶.....زمین گردشگری

۱۳۷.....ژئوپارک

۱۴۰..... فهرست منابع

# فصل اول

## آفرینش کیهان و تکوین زمین



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 کاشفان شناسایی شده‌اند و برخی دیگر، تاکنون حتی رصد هم نشده‌اند و اطلاعاتی 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؟ و... مطرح می‌شود.

در این فصل، در پی یافتن پاسخ پرسش‌هایی در زمینه نظم حاکم بر کیهان و اجزای مختلف آن، تاریخچه تشکیل و تکوین زمین، سن زمین و علت پیدایش اقیانوس‌ها و فصل‌ها هستیم.

## آفرینش کیهان

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

### جمع آوری اطلاعات

- در سال گذشته خواندید که دانشمندان پیدایش جهان را با نظریه مه بانگ توضیح می‌دهند. در این باره، اطلاعات بیشتری جمع‌آوری و درباره پیدایش اجرام آسمانی با هم گفت‌وگو کنید.

## کهکشان راه شیری

در کیهان، صدها میلیارد کهکشان وجود دارد. کهکشان‌ها، توده‌ای از گاز، غبار و میلیاردها جرم آسمانی شامل ستاره‌ها، سیاره‌ها، فضای بین ستاره‌ای و ... هستند که طی انفجاری بزرگ تشکیل شده‌اند. در هر کهکشان، تعدادی از اجرام مختلف، تحت تأثیر نیروهای گرانش متقابل، کنار هم جمع شده و منظومه‌ها را ساخته‌اند.

اگر در شب‌های صاف و بدون ابر، در مکانی که آلودگی نوری ندارد، به آسمان نگاه کنید، نواری مه‌مانند و کم نور، شامل انبوهی از اجرام می‌بینید. این نوار که، کهکشان راه شیری<sup>۱</sup> نام دارد، یکی از بزرگ‌ترین کهکشان‌های شناخته شده است. کهکشان راه شیری، شکلی مارپیچی دارد که منظومه شمسی ما، در لبه یکی از بازوهای آن تشکیل شده است.

### پیوند با عکاسی



- عکس روبه‌رو از کهکشان راه شیری در آسمان شب، از رصدگاه کویر خارا در اصفهان تهیه شده است. شما هم در مکانی مناسب، از کهکشان راه شیری، عکس بگیرید و آن را به کلاس ارائه کنید.



شکل ۱-۱: کهکشان راه شیری و موقعیت منظومه شمسی در آن

## منظومه شمسی

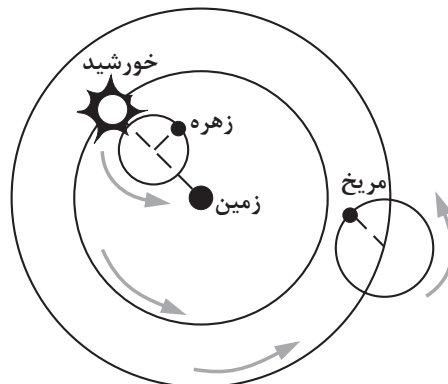
در سال‌های گذشته با برخی از ویژگی‌های منظومه شمسی و اجزای آن آشنا شدید. حرکت ظاهری خورشید از شرق به غرب است؛ بنابراین آیا زمین، مرکز جهان است و سایر اجرام به دور آن می‌گردند؟ از هزاران سال قبل، بشر برای پاسخ به این پرسش و پرسش‌های مشابه آن، در جست‌وجو و کاوشگری بوده است. در این زمینه، دو نظریه زیر مطرح 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.

براساس 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.



ب) بطلمیوس



شکل ۲-۱: الف) 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.

### مفاخر ایرانی

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

**نظریه خورشید مرکزی:** نیکولاس کوپرنیک، ستاره‌شناس لهستانی که به علم ریاضی نیز تسلط خوبی داشت، 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 به دور خورشید می‌گردد.
- حرکت روزانه خورشید در آسمان، ظاهری و نتیجه چرخش زمین به دور محور خود است.



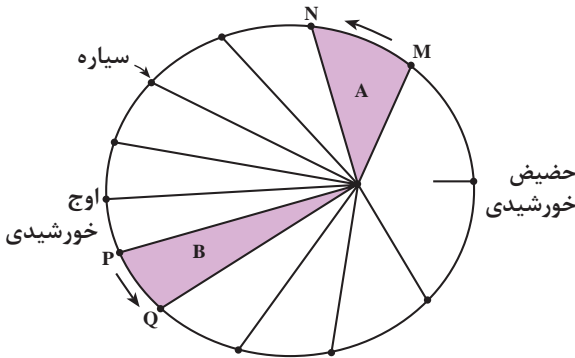
شکل ۳-۱: نمایش نظریه خورشید مرکزی کوپرنیک

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 کرد.

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

## یادآوری

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



شکل ۱-۴: نمایش قانون دوم کپلر

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

**قانون سوم:** زمان گردش یک دور سیاره به دور خورشید (p)، با افزایش فاصله از خورشید (d) افزایش می یابد و رابطه زیر بین آنها برقرار است. در این رابطه: p بر حسب سال زمینی و d بر حسب واحد نجومی است.

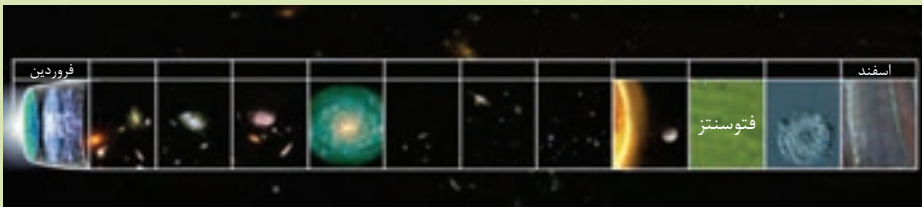
$$p^2 = d^3$$

## تکوین زمین و آغاز زندگی در آن

حدود شش میلیارد سال قبل، با نخستین تجمعات ذرات کیهانی، شکل گیری منظومه شمسی آغاز شد و در حدود  $\frac{4}{6}$  میلیارد سال قبل، سیاره زمین به صورت کره ای مذاب تشکیل و در مدار خود قرار گرفت. با گذشت زمان و سرد شدن این گوی مذاب، حدود چهار میلیارد سال قبل، سنگ های آذرین به عنوان نخستین اجزای سنگ کره تشکیل شدند؛ سپس با فوران آتشفشان های متعدد، به تدریج گازهای مختلف مانند اکسیژن، کربن، هیدروژن، نیتروژن و ... از داخل زمین خارج شدند و هوا کره را به وجود آوردند. در ادامه، کره زمین سردتر شد و بخار آب به صورت مایع درآمد و آب کره تشکیل شد. با تشکیل اقیانوس ها و تحت تأثیر انرژی خورشید، شرایط برای تشکیل زیست کره فراهم و زندگی انواع تک سلولی ها در دریاها ی کم عمق آغاز شد. به وجود آمدن چرخه آب، باعث فرسایش سنگ ها، تشکیل رسوبات و سنگ های رسوبی گردید. در ادامه، با حرکت ورقه های سنگ کره و ایجاد فشار و گرمای زیاد در مناطق مختلف، سنگ های دگرگونی به وجود آمدند. دانشمندان معتقدند شرایط محیط زیست فعلی به تدریج و در طی میلیاردها سال مهیا شده است.

## فعالیت

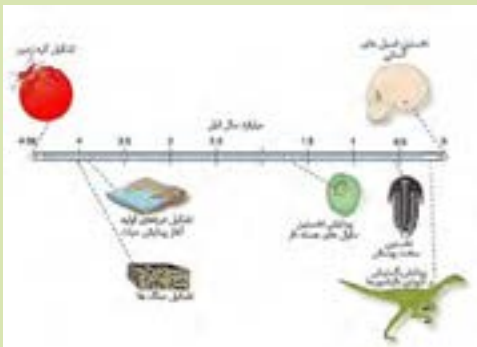
- مطابق شکل، اگر طول عمر کره زمین را به یک سال شمسی تبدیل کنیم، حوادث و رویدادهای زیر، در چه ماههایی رخ داده است؟
- الف) پیدایش کهکشان راه شیری
- ب) منظومه شمسی
- پ) پیدایش حیات
- ت) فناوری انسانی



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

## تفسیر کنید

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



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

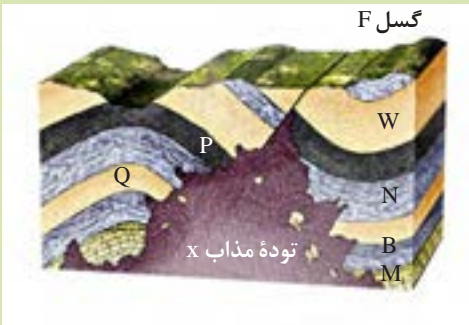
### فعالیت

- ۱- دو نفر از ورزشکاران مورد علاقه خود را در نظر بگیرید، بدون توجه به شناسنامه آنها، حدس بزنید که از نظر سن، کدام یک بزرگ‌تر و کدام کوچک‌ترند؟ این نوع تعیین سن، نسبی است یا مطلق؟
- ۲- با جست و جو در اینترنت سن شناسنامه‌ای این دو نفر را با هم مقایسه کنید. چه تفاوتی بین این دو نوع تعیین سن وجود دارد؟

در زمین‌شناسی نیز، سن سنگ‌ها و پدیده‌ها را به دو روش سن نسبی و مطلق تعیین می‌کنند.

### یادآوری

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



در تعیین سن نسبی، ترتیب تقدم و تأخر وقوع پدیده‌ها نسبت به یکدیگر مشخص می‌شود و در تعیین سن مطلق (رادیومتری)، سن واقعی پدیده‌ها با استفاده از عناصر رادیواکتیو اندازه‌گیری می‌شود. عناصر رادیواکتیو به‌طور مداوم و با سرعت ثابت در حال فروپاشی هستند. این عناصر پس از فروپاشی به عنصر پایدار تبدیل می‌شوند. مدت زمانی را که طول می‌کشد نیمی از یک عنصر رادیواکتیو به عنصر پایدار تبدیل شود، نیمه عمر آن عنصر می‌گویند. در تعیین سن مطلق با استفاده از رابطه زیر، زمان دقیق وقوع پدیده تعیین می‌شود.

$$\text{طول نیمه عمر} \times \text{تعداد نیمه عمر} = \text{سن پدیده}$$



## پیوند با ریاضی










- در جدول زیر، نیمه عمر برخی از عناصر رادیواکتیو 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 ماده رادیواکتیو مناسب تر است؟ چرا؟
  - ۲- برای تعیین سن فسیل ماموت و یا جمجمه انسان اولیه، از کربن رادیواکتیو استفاده می‌شود. دلیل آن را توضیح دهید.
  - ۳- با استفاده از کربن رادیواکتیو، سن فسیل ماموتی که تنها  $\frac{1}{8}$  ماده رادیواکتیو را دارد محاسبه کنید.

### جدول نیمه عمر برخی از مواد رادیواکتیو

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

## زمان در زمین‌شناسی

مفهوم زمان در مقیاس‌های مختلفی به کار می‌رود. واحد اساسی زمان، ثانیه است. شما با واحدهای بزرگ‌تر زمان مانند: دقیقه، ساعت، شبانه روز، هفته، ماه، سال، دهه، سده (قرن) و هزاره آشنا هستید؛ اما، واحدهای بزرگ‌تر زمان نیز وجود دارد که در زندگی روزمره ما، کاربرد زیادی ندارد مانند عصر، دوره، دوران و ائون که واحدهای زمانی مورد استفاده در زمین‌شناسی هستند. معیار تقسیم‌بندی این واحدهای زمانی مختلف، به حوادث مهمی همچون ظهور یا انقراض گونه خاصی از جانداران، حوادث کوهزایی، پیشروی یا پسروی جهانی دریاها و ... بستگی دارد (شکل ۵-۱).

دوران	دوره	رویدادهای زیستی	انسان
فانروزویک	سنوزویک	کواترنری	انسان
	سنوزویک	ترشیاری	تنوع پستانداران 
	مزرویک	کرتاسه	انقراض دایناسورها پیدایش اولین گیاه گلدار 
		ژوراسیک	تنوع دایناسورها پیدایش پرندگان پیدایش اولین پستاندار 
		تریاس	پیدایش اولین دایناسور 
		پرمین	عصر یخبندان
	پالئوزویک	کربونیفر	پیدایش اولین خزنده 
		دونین	پیدایش اولین دوزیست 
		سیلورین	پیدایش اولین گیاه آوند دار 
		اردویسین	پیدایش نخستین ماهی زره دار 
کامبرین		پیدایش نخستین تریلوبیت 	
	پرکامبرین	آغاز حیات	

شکل ۵-۱: مقیاس زمان زمین شناسی و رویدادهای مهم زیستی

### یادآوری

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

### مفاخر جهان



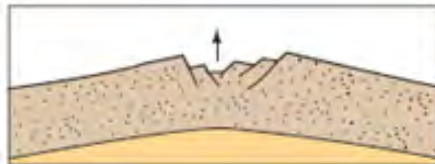
توزو ویلسون

۱۵ آوریل ۱۹۹۳ - ۲۴ اکتبر ۱۹۰۸ میلادی

- در ادامه نظریه‌های جابه‌جایی قاره‌ها و گسترش بستر اقیانوس‌ها، توزو ویلسون زمین‌شناس کانادایی، نخستین بار، ایده وجود ورقه‌های تشکیل دهنده سنگ کره زمین و مرز آنها را عنوان کرد که منجر به ارائه نظریه 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.

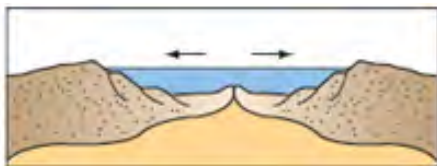
مراحل چرخه ویلسون به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- **مرحله بازشدگی:** تحت تأثیر جریان‌های همرفتی خمیرکره، بخشی از پوسته قاره‌ای شکافته می‌شود و مواد مذاب خمیرکره صعود نموده و به سطح زمین می‌رسند. اکنون نمونه‌ای از آن در شرق آفریقا ایجاد شده است.



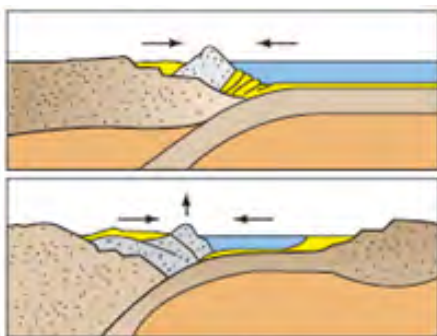
شکل ۶-۱: الف) ایجاد شکاف در پوسته قاره‌ای

**۲- مرحله گسترش:** در این مرحله، شکاف ایجاد شده، گسترش می‌یابد و در محل گودال‌های ایجاد شده، دریاچه‌هایی مانند دریای سرخ تشکیل می‌شود. با گذشت میلیون‌ها سال و دور شدن قاره‌ها از یکدیگر، اقیانوس‌هایی مانند اقیانوس اطلس به وجود می‌آید.



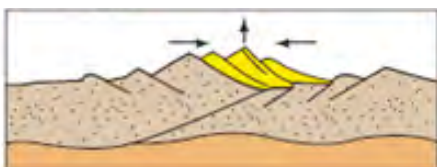
شکل ۶-۱: (ب) گسترش گودال ایجاد شده در پوسته قاره‌ای

**۳- مرحله بسته شدن:** در یک یا چند منطقه از اقیانوس ایجاد شده، سنگ کره اقیانوسی دچار فرورانش می‌شود و اقیانوس، کوچک‌تر و در نهایت بسته می‌شود.



شکل ۶-۱: (پ) بسته شدن حوضه اقیانوسی ایجاد شده

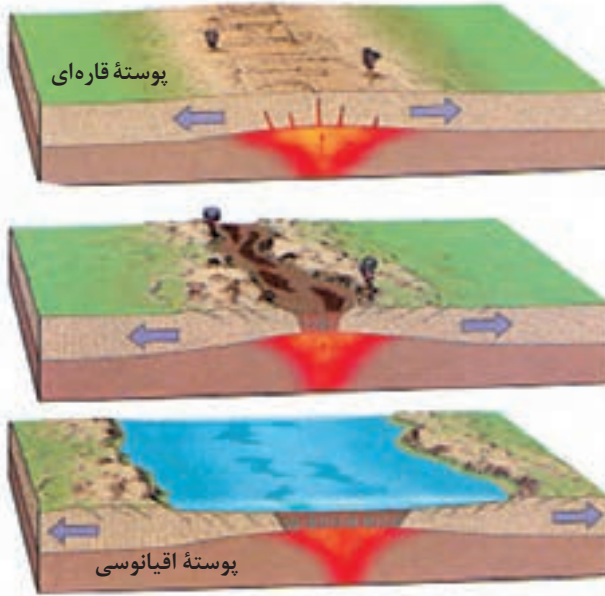
**۴- مرحله برخورد:** با بسته شدن اقیانوس و برخورد ورقه‌ها، رسوبات اقیانوسی، رشته کوه‌هایی مانند هیمالیا، البرز، زاگرس و ... را به وجود می‌آورند.



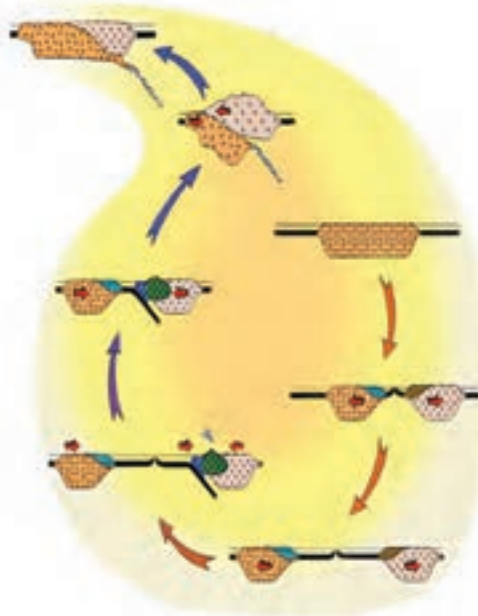
شکل ۶-۱: (ت) برخورد ورقه‌ها و ایجاد رشته کوه

### پاسخ دهید

- عامل باز و بسته شدن اقیانوس‌ها چیست؟
- چرا وسعت سطح زمین افزایش نمی‌یابد؟

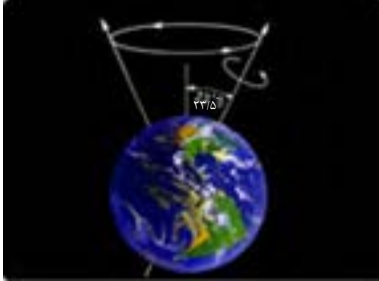


شکل ۷-۱: تشکیل اقیانوس جدید



شکل ۸-۱: چرخه و یلسون

آیا تاکنون به تغییرات شب و روز و فصل‌ها اندیشیده‌اید؟ علت تغییرات طول شب و روز در طی سال چیست؟ آیا در قطبین واقعاً شش ماه شب و شش ماه روز و در تمام نقاط کره زمین، چهار فصل وجود دارد؟ اگر تغییرات شب و روز و فصل‌ها وجود نداشت، آیا امکان تداوم حیات در روی سیاره زمین ممکن بود؟ و پرسش‌های متعدد از این نوع ممکن است ذهن کنجکاو شما را درگیر کرده باشند.

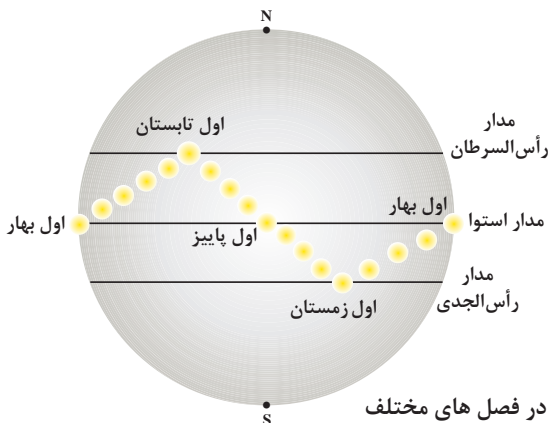


شکل ۹-۱: انحراف محور زمین

در پایه‌های تحصیلی گذشته خواندید که، پیدایش شب و روز ناشی از حرکت وضعی و پیدایش فصل‌ها ناشی از حرکت انتقالی زمین است. به راستی سازوکار این نظم حاکم بر خلقت جهان چیست؟

**موقعیت محور زمین:** یکی از شگفتی‌های آفرینش این است که، محور زمین با خط عمود بر صفحه مدار گردش خود به دور خورشید، زاویه حدود  $23\frac{5}{8}$  درجه‌ای می‌سازد (شکل ۹-۱) و در هنگام گردش به دور خورشید، راستای محور تقریباً ثابت و بدون تغییر است. از طرفی مدار حرکت زمین به دور خورشید، بیضی شکل است و فاصله زمین تا خورشید در یک سال تغییر می‌کند.

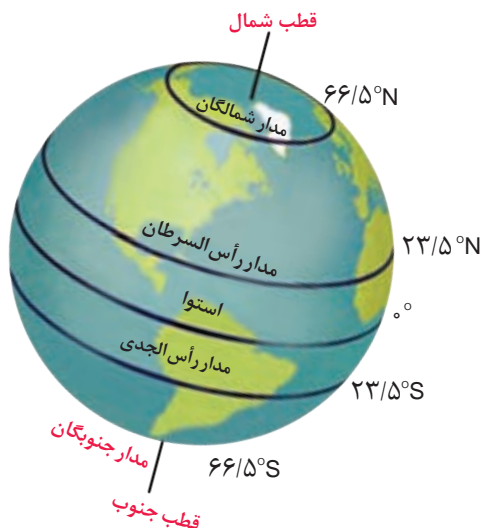
بنابراین در طی شش ماه از سال نیمکره شمالی و در طی شش ماه دیگر نیمکره جنوبی زمین، بیشتر در معرض تابش خورشید قرار می‌گیرد. با توجه به زاویه تابش خورشید بر سطح زمین، سه منطقه با شرایط اقلیمی متفاوت ایجاد می‌شود (شکل ۱۰-۱).



شکل ۱۰-۱: موقعیت تابش خورشید به زمین در فصل‌های مختلف

**۱- منطقه گرمسیر (حاره):** این منطقه از مدار رأس السرطان تا رأس الجدی را شامل می‌شود. امکان تابش عمودی بر سطح زمین در این منطقه ممکن است. در این منطقه، فقط فصل تابستان وجود دارد و میانگین دمای هوا در آن بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد است.

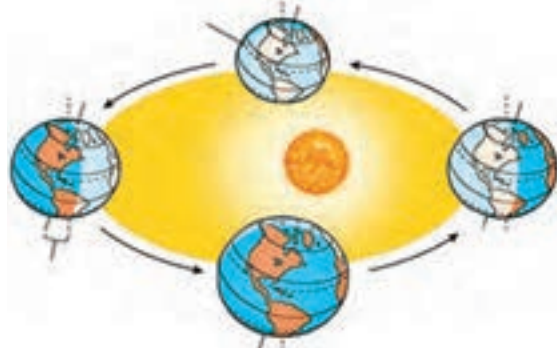
**۲- منطقه معتدله:** این منطقه از مدار ۲۳/۵ درجه تا ۶۶/۵ درجه در هر نیمکره را شامل می‌شود که در آن، چهار فصل سال تشکیل می‌شود. میانگین دمای هوا در این مناطق بین ۸ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد است.



**۳- منطقه سرد قطبی:** این منطقه از مدار ۶۶/۵ درجه تا ۹۰ درجه در هر نیمکره را شامل می‌شود. در آنجا فقط فصل زمستان وجود دارد. میانگین دمای هوا در مناطق شمالگان و جنوبگان کمتر از ۸ درجه سانتی‌گراد است.

شکل ۱۱-۱: موقعیت مناطق آب و هوایی در کره زمین

گردش زمین به دور خورشید به گونه‌ای است که در روز اول بهار، خورشید بر مدار استوا عمود می‌تابد. در روزهای بعد، خورشید بر مدارهای بالاتر در نیمکره شمالی عمود می‌تابد و در نهایت در روز آخر بهار، حداکثر بر مدار رأس السرطان (۲۳/۵ درجه شمالی) عمود می‌تابد. (شکل ۱۲-۱)

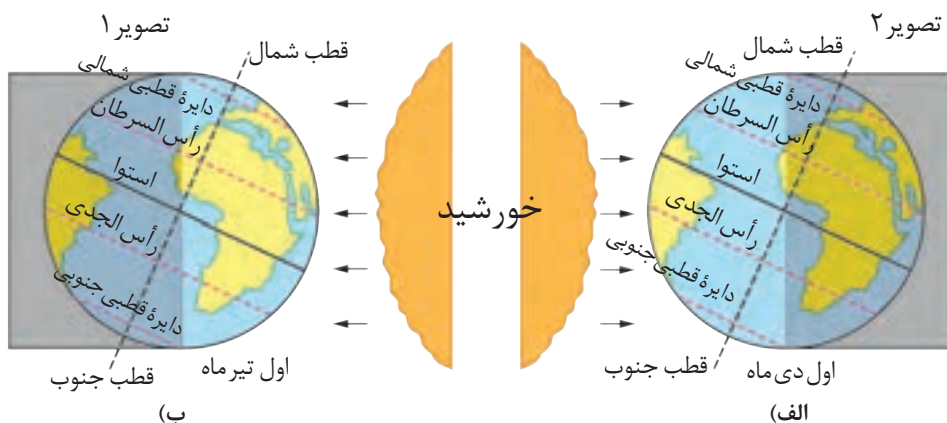


شکل ۱۲-۱: موقعیت فصل‌ها در طول یک سال



بنابراین در اول بهار طول شب و روز در تمام نقاط کره زمین برابر (۱۲ ساعت شب و ۱۲ ساعت روز) است. اما در روزهای بعد که خورشید بر نیمکره شمالی عمود می‌تابد، به مرور زمان سهم تاریکی جنوبگان بیشتر و به همان نسبت سهم تاریکی شمالگان، کمتر می‌شود، به طوری که در آخر بهار و اول تابستان، کل منطقه شمالگان روشن می‌شود، که به این روز ۲۴ ساعته، اصطلاحاً خورشید نیمه شب<sup>۱</sup> می‌گویند. در این زمان در قطب جنوب شب ۲۴ ساعته وجود دارد (شکل ۱۲-۱).

طول فصل تابستان، زمین در موقعیتی قرار می‌گیرد که خورشید بر مدارهای ۲۳/۵ درجه (رأس السرطان) تا صفر درجه (استوا) عمود می‌تابد.



شکل ۱۳-۱: الف) زوایای تابش خورشید در زمستان نیمکره شمالی ب) زوایای تابش در تابستان نیمکره شمالی

### خود را بیازمایید

- وضعیت فصل‌ها در نیمکره شمالی و جنوبی را مقایسه کنید.
- انحراف ۲۳/۵ درجه‌ای محور زمین، چه تأثیری در تشکیل فصل‌ها دارد؟
- جهت تشکیل سایه، در نیمکره شمالی و جنوبی چه تفاوتی دارد؟
- در طول یک سال، خورشید در چه روزهایی بر استوا عمود می‌تابد؟





● **ژئوشیمی:** اولین تحقیقات و مطالعات روی ترکیب سیارات و خورشید توسط لاک‌یر در سال ۱۸۶۸ میلادی که منجر به کشف هلیم در خورشید و بعدها توسط رمزی در سال ۱۸۹۵ میلادی و بعد از آن توسط دانشمندانی چون کامرون در سال ۱۹۳۷ و خصوصاً گلدشمیت و هارکینز در سال ۱۹۱۷ انجام شد و کلارک مطالعات زیادی درباره ترکیب سیارات به‌ویژه زمین انجام داد و یافته‌های آنها، پایه علم ژئوشیمی امروزه را تشکیل داده است. مطالعات روی ترکیب سیارات که در واقع همان ترکیب تقریبی



زمین است، تأثیر بسزایی در شناخت عناصر و منابع روی زمین و چگونگی تشکیل آنها دارد و باعث می‌شود منابع ارزشمند شناخته شوند و بهره‌برداری بهتری از آنها در زندگی امروزی خود داشته باشیم. شیمی سیارات، راهی برای شناخت ترکیب سیارات و زمین است و به کمک آن می‌توانیم به منابع مهم زمین دست یابیم. این علم در مورد زمین، ژئوشیمی نامیده می‌شود و راهی برای بهره‌برداری بهتر از منابع زمین است.



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

متخصصان این رشته‌ها، در مراکزی مانند سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شرکت ملی نفت ایران و ... می‌توانند در کیفیت بخشی و بهبود اجرای پروژه‌های اکتشافی و آموزشی کمک شایانی داشته باشند.

# فصل دوم

## منابع معدنی، زیربنای تمدن و توسعه صنعتی



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



بلورهای گارنت و کوارتز



سکوی نفتی



مجتمع پتروشیمی

## منابع معدنی در زندگی ما

بخش عمدهٔ مواد مورد نیاز برای زندگی ما از منابع معدنی، تأمین می‌شوند. مس موجود در کابل‌های برق، آهن مورد استفاده در ریل راه آهن، پلاتین موجود در تلفن همراه، مدادی که با آن می‌نویسیم، خمیردندانی که با آن مسواک می‌زنیم 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 - غیرفلزی) در جدول ۱-۲ آورده شده است.

جدول ۱-۲: ویژگی‌ها و کاربردهای منابع معدنی

فراوان: آهن، آلومینیم، منیزیم، منگنز، تیتانیوم	فلزها
<p>کمیاب: مس، سرب، روی، نیکل، کروم، طلا، نقره، قلع، تنگستن، مولیبدن، اورانیوم، پلاتین و ...</p>	
<p>پرتوزا: اورانیوم، توریم</p>	
<p>صنایع شیمیایی: هالیت، سدیم کربنات، بوراکس، کلسیم فلوراید</p>	غیر فلزها
<p>کودهای شیمیایی: آپاتیت (کلسیم فسفات)، سیلویت (پتاسیم کلرید)، گوگرد، کلسیت و سنگ آهک (کلسیم کربنات)، شوره (سدیم نیترات)</p>	
<p>ساختمان سازی: ژئوپس (گچ ساختمانی)، سنگ آهک (سیمان)، رس (آجر و کاشی و سرامیک)، شن و ماسه، سنگ‌های تزئینی و نما، فلدسپار (کاشی و سرامیک)، سیلیس (شیشه‌سازی)، پوزولان و پرلیت (مصالح سبک وزن)</p>	
<p>گوهرها و کانی‌های نیمه قیمتی: الماس، کزندوم (یاقوت)، گارنت (بیجاده)، آمیست (کوارتز بنفش)، بریل (زمرد)، فیروزه، آگات (عقیق)، الیوین (زبرجد)، اسپینل (لعل)، لاجورد، یشم و ...</p>	
<p>پزشکی و داروسازی: باریت (آندوسکوپی)، انواع کانی‌های رسی (آنتی‌بیوتیک‌ها، ضداسید معده)، فلوئوریت (خمیر دندان)، تالک (پودر بچه، لوازم آرایشی، کرم‌های ضد آفتاب)</p>	
<p>کانی‌های صنعتی: بنتونیت (گل حفاری، خاک رنگ بر، جاذب آب و آلاینده‌ها، صنعت فولاد، سرامیک، صنایع رنگ، کاغذسازی، تصفیه آب و فاضلاب، داروسازی، تصفیه و رنگ بری روغن، قند، نوشیدنی‌ها و...)، کائولن (سرامیک، کاغذسازی، پرکننده و لاستیک‌سازی)، کوارتز (ساعت‌سازی، شیشه‌سازی، قطعات الکترونیکی و ...)</p>	
<p>کانی زئولیت: کشاورزی (سبک کردن و هوا رسانی به خاک)، دامپروری (مکمل غذای دام و طیور)، پرورش ماهی، پالایش نفت، تصفیه آب و فاضلاب</p>	
<p>سایر موارد: تالک (کاغذسازی، رنگ)، باریت (گل حفاری)، گرافیت (نوک مداد، پیل الکتریکی، تایر خودروها)، ساینده (الماس، گارنت، کزندوم، کوارتز)</p>	

## جمع آوری اطلاعات

• افزون بر موارد ذکر شده در جدول، فهرستی از وسایل و موادی که در زندگی روزمره، به کار می‌برید یا با آن سر و کار 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<sup>۱</sup> و رینگ‌وود<sup>۲</sup> برای تعیین ترکیب شیمیایی پوسته زمین و بررسی پراکندگی عناصر در بخش‌های مختلف آن، تعداد بسیار زیادی از انواع سنگ‌های مناطق مختلف را نمونه‌برداری و ترکیب شیمیایی آنها را تعیین کردند که امروزه ترکیب شیمیایی میانگین پوسته زمین با عنوان غلظت کلارک عناصر شناخته می‌شود (جدول ۲-۲).

عنصر	درصد بر اساس وزن
اکسیژن	۴۵/۲۰
سیلیسیم	۲۷/۲۰
آلومینیوم	۸/۰۰
آهن	۵/۸۰
کلسیم	۵/۰۶
منیزیم	۲/۷۷
سدیم	۲/۳۲
پتاسیم	۱/۶۸
تیتانیوم	۰/۸۶
هیدروژن	۰/۱۴
منگنز	۰/۱۰
فسفر	۰/۱۰
مس	۰/۰۰۷
سرب	۰/۰۰۱۶
روی	۰/۰۱۳

۱- Clark

۲- Ringwood

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 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 به دنبال یافتن مناطقی با بی‌هنجاری مثبت هستند.

### تفسیر کنید

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

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

### یادآوری

- در کتاب علوم با مفهوم، ویژگی‌ها و کاربرد برخی از کانی‌ها آشنا شدید. تعیین کنید که کدام یک از تصاویر زیر کانی می‌باشد؟ چرا؟



ب



الف



ت



پ

کانی‌ها براساس ترکیب شیمیایی به دو گروه سیلیکات‌ها و غیرسیلیکات‌ها رده‌بندی می‌شوند. سیلیکات‌ها، کانی‌هایی هستند که ۹۶ درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهند و در ترکیب شیمیایی خود بنیان سیلیکاتی ( $\text{SiO}_2$ ) دارند. کانی‌های سیلیکاتی در سنگ‌های آذرین، رسوبی و یا دگرگونی یافت می‌شوند (شکل ۱-۲). کانی‌های غیرسیلیکاتی گروهی از کانی‌ها هستند که در ترکیب خود، فاقد بنیان سیلیکاتی هستند. این کانی‌ها نیز در انواع سنگ‌ها یافت می‌شوند.



شکل ۱-۲: درصد وزنی کانی‌های پوسته زمین

### جمع‌آوری اطلاعات

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

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

## جمع‌آوری اطلاعات

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

کانه	عنصر اقتصادی	ترکیب شیمیایی
هماتیت مگنتیت بوکسیت کالکوپیریت گالن آپاتیت		

## 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  $\text{CuFeS}_2$  مهم‌ترین کانه فلز مس است. در معادن مس، این کانی همراه با کانی‌های باطله مختلفی مانند کوارتز، فلدسپار، میکا، کانی‌های رسی، پیریت و ... کانسنگ مس را تشکیل می‌دهند.

در بخش‌هایی از پوسته زمین، غلظت عناصر در یک منطقه نسبت به غلظت میانگین افزایش می‌یابد و حجم زیادی از ماده معدنی در آنجا متمرکز می‌شود (بی‌هنجاری مثبت)، به طوری که استخراج آن از نظر اقتصادی، مقرون به صرفه است که به این مناطق، کانسار می‌گویند. استخراج ماده معدنی یا کانسنگ اغلب پرهزینه است و تنها در صورتی بهره‌برداری آغاز می‌شود که یک عنصر با حجم و غلظت کافی در ماده معدنی وجود داشته باشد. با شروع بهره‌برداری یا معدن کاری، یک معدن شکل می‌گیرد.



شکل ۲-۲: کالکوپیریت کانه مهم مس



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 در نمای ساختمان‌ها، کفپوش، پله و دیوارها به کار می‌روند. به این نوع از سنگ‌ها و کانی‌های غیرفلزی، **سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی** می‌گویند.



شکل ۲-۳: کاربرد کانی‌های صنعتی و سفالگری در لالچین همدان که ناشی از وجود ذخایر مناسب خاک رس در آن منطقه است.

### جمع‌آوری اطلاعات

- در مورد عوامل مؤثر بر مقرون به صرفه بودن یک معدن، اطلاعاتی جمع‌آوری و به پرسش زیر پاسخ دهید.  
علاوه بر عوامل حجم و غلظت، چه عواملی در مقرون به صرفه شدن یک معدن دخالت دارند؟

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

### گفت‌وگو کنید

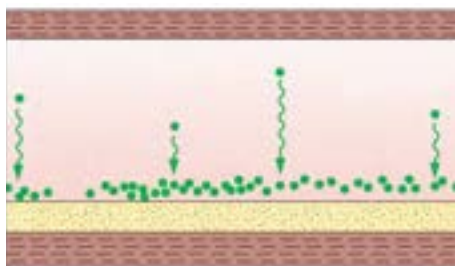
- ۱- در آب دریاها درصد مناسبی از عنصر طلا وجود دارد. به چه دلیل، طلا را از دریا استخراج نمی‌کنیم؟
- ۲- به چه دلیل برخی از معادن متروکه، پس از مدتی مورد بهره‌برداری مجدد قرار می‌گیرند؟

کانسنگ‌ها براساس نحوه تشکیل، به سه دسته ماگمایی، گرمابی و رسوبی تقسیم بندی می‌شوند.

**الف) کانسنگ‌های ماگمایی:** کانسنگ‌های برخی عناصر فلزی مانند کروم، نیکل و پلاتین می‌توانند از یک ماگمای در حال سرد شدن تشکیل شوند. با سرد شدن و تبلور یک ماگما، این عناصر که چگالی نسبتاً بالایی دارند، در بخش زیرین ماگما ته‌نشین می‌شوند و این کانسنگ‌ها را می‌سازند. (شکل ۴-۲)



(ب)



(الف)

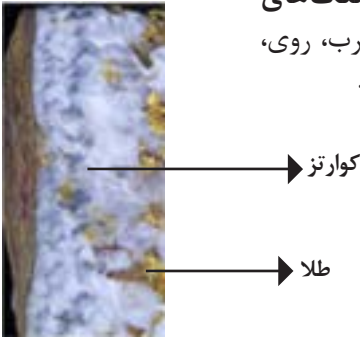
شکل ۴-۲: الف) ته‌نشست کانسنگ کرومیت (ماگمایی) در کف مخزن ماگمایی-ب) معدن آهن چُغارت- بافق در صورتی که پس از تبلور بخش اعظم ماگما، مقدار آب و مواد فزّار مانند کربن دی‌اکسید و ... فراوان باشد، شرایط برای رشد بلورهای تشکیل دهنده سنگ، فراهم و سنگ‌هایی با بلورهای بسیار درشت، به نام پگماتیت تشکیل می‌شود که می‌تواند کانسار مهمی برای بعضی عناصر خاص مانند لیتیم و بعضی کانی‌های گوهری مانند زمرد یا کانی‌های صنعتی مانند مسکوویت باشد.



شکل ۵-۲: سنگ پگماتیت

**ب) کانسنگ‌های گرمایی:** در پوسته زمین، به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش عمق، ۳ درجه سانتی‌گراد دما افزایش می‌یابد. به این تغییرات دما در پوسته زمین شیب زمین گرمایی می‌گویند. در بخش‌های عمیق پوسته به علت گرمای ناشی از شیب زمین گرمایی و یا توده‌های مذاب، دمای آب‌های موجود در این مناطق افزایش می‌یابد و باعث انحلال برخی از عناصر می‌شود.

این آب‌ها، برخی عناصر را به شکل کانسنگ در داخل شکستگی‌های سنگ‌ها ته‌نشین می‌کنند و **رگه‌های معدنی** را می‌سازند. از آنجا که عامل تشکیل این کانسنگ‌ها، آب گرم است، **کانسنگ‌های گرمابی** نامیده می‌شوند. بسیاری از ذخایر مس، سرب، روی، مولیبدن، قلع و برخی فلزات دیگر منشأ گرمابی دارند.



شکل ۶-۲: کانسنگ رگه ای طلا

### جمع‌آوری اطلاعات

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

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

### جمع‌آوری اطلاعات

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

## اکتشاف معدن

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

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

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

### لذت زمین‌شناسی

بازدیدهای صحرایی در شرایط هیجان‌انگیز، در مناطق مختلف انجام می‌شود. دیدن مناطق جدید و بکر، کار کردن در روز و اقامت شبانه در صحرا (فیلد) و دور از هیاهوی شهرها و کشف رازهای زمین، از نکات مثبت و جذاب زندگی زمین‌شناسان است. از این رو زندگی زمین‌شناسان، با لذت همراه است.

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



(ب)

(الف)

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

### پیوند با ریاضی

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



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

شکل ۸-۲: نحوه بهره برداری از معادن زیرزمینی

### جمع آوری اطلاعات

- در مورد فرایند فراوری طلا از کانسنگ، اطلاعات جمع آوری کنید و در کلاس ارائه دهید.

## گوهرها، زیبایی شگفت‌انگیز دنیای کانی‌ها

از روزگاران کهن انسان از گوهرها برای آراستن خود استفاده می‌کرده تا از زیبایی‌ها و ویژگی‌های خیره‌کننده و انواع جلوه‌های موجود در این کانی‌ها برای زیباتر جلوه دادن خود استفاده کند. 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.

گوهرها یا جواهر (واژه عربی)، شامل سنگ‌ها و کانی‌های گرانبهایی است که به دلیل زیبایی، درخشش، استحکام، سختی بالا، رنگ و کمیاب بودن از سایر کانی‌ها و سنگ‌ها متمایز هستند و مورد توجه خاص انسان‌ها قرار می‌گیرند. زیبایی رنگ و درخشندگی گوهرهایی مانند یاقوت، زمرد، فیروزه و عقیق، آمیتیس، توجه هر کسی را به خود جلب می‌کند. گوهرها نمایندگان بسیار زیبا و خاص و کمیاب دنیای کانی‌ها هستند که توسط فرایندهای ماگمایی، گرمایی یا دگرگونی به وجود می‌آیند.

### بیشتر بدانید

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

### معرفی کتاب

● دانشمندان ایرانی در زمینه گوهرها و کانی‌شناسی تحقیقات زیادی کردند و کتاب‌هایی نگاشتند که می‌توان به کتاب‌های القانون فی الطب ابوعلی سینا، الجواهر فی معرفه الجواهر اثر ابوریحان بیرونی، جواهرنامه سلطانی نوشته محمد بن منصور، تنسوق‌نامه و جواهرنامه ایلخانی از خواجه نصیرالدین توسی و... اشاره کرد. در ایران از قرن دوم تا یازدهم هجری قمری، حدود ۳۵ کتاب در زمینه کانی‌شناسی و گوهرشناسی تألیف شده که معتبرترین آنها از لحاظ علمی، کتاب‌های الجواهر ابوریحان بیرونی و تنسوق‌نامه خواجه نصیرالدین توسی است.

مهم‌ترین خواص گوهرها، سختی، رنگ، و درخشش آنهاست. 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 می‌دهد. مانند کانی کریزوبریل (چشم گربه) با درخشش اپالی و نوعی گوهر سیلیسی به نام اپال که درخششی رنگین‌کمانی دارد.



ب) درخشش اپالی در گوهر اپال



شکل ۹-۲: الف) درخشندگی در کانی کریزوبریل  
ب) (گوهر چشم گربه)



پ) شباهت گوهر کریزوبریل با چشم گربه

### کاوش کنید

- شاید تاکنون به نوع تراش گوهرها توجه کرده باشید. گوهرها به چه شکل‌هایی و توسط چه ابزارهایی تراش داده می‌شوند؟
- تفاوت الماس و برلیان در چیست؟



شکل ۱۰-۲: الماس

الماس: یک گوهر بی رنگ با ترکیب کربن خالص، که در فشار بسیار زیاد در گوشته زمین تشکیل می‌شود. افزون بر استفاده گوهری، در ساینده‌ها نیز کاربرد دارد.



شکل ۱۱-۲: یاقوت

یاقوت سرخ رنگ، کانی کزندوم است. کانی کزندوم به رنگ آبی هم ظاهر می‌شود که به آن یاقوت کبود می‌گویند. این کانی بعد از الماس، سخت‌ترین کانی می‌باشد.





شکل ۱۲-۲: زمرد

زمرد، کانی سیلیکات بریل است. معروف‌ترین و گران‌ترین آن، به رنگ سبز دیده می‌شود.



شکل ۱۳-۲: گارنت

گارنت از کانی‌های سیلیکاتی است که معمولاً به رنگ سبز، قرمز، زرد، نارنجی و ... دیده می‌شود. معروف‌ترین رنگ آن قرمز تیره است.



شکل ۱۴-۲: عقیق

عقیق، کوارتزی با رنگ‌های متنوع است که به نام‌ها و تراش‌های مختلف در بازار عرضه می‌شود. عقیق، یک کانی نیمه قیمتی است که در بسیاری از نقاط ایران یافت می‌شود.



شکل ۱۵-۲: زبرجد

زبرجد، کانی سیلیکاتی است که نام علمی آن الیوپین و به رنگ سبز زیتونی دیده می‌شود.



شکل ۱۶-۲: فیروزه

فیروزه، یک گوهر باستانی است که برای اولین بار در نیشابور یافت شد و به دیگر نقاط جهان صادر گردید. نام علمی آن، تورکوایز است.

### پاسخ دهید

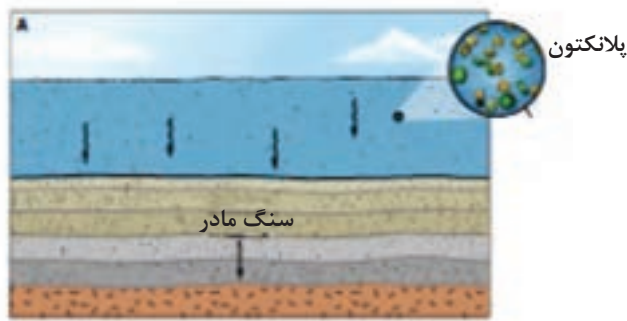
● به چه دلیل کانی کلسیت یا ژیپس نمی‌تواند یک کانی قیمتی باشد؟

## سوخت‌های فسیلی

منابع انرژی برای انجام تمامی فعالیت‌های انسان ضروری هستند و انسان از گذشته دور تا امروز، از منابع طبیعی برای تولید انرژی استفاده کرده است.

از میان منابع مختلف انرژی در دسترس، سوخت‌های فسیلی اهمیت زیادی دارند. در بیشتر کشورهای جهان، سوخت‌های فسیلی منابع اصلی تولید انرژی هستند. 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 نیمه‌جامد در زمین وجود دارند. برخلاف زغال‌سنگ که در محیط‌های خشکی تشکیل می‌شود، نفت خام در محیط دریایی کم عمق (کمتر از ۲۰۰ متر) به وجود می‌آید. در این محیط‌ها، جاندارانی مانند پلانکتون‌ها و باکتری‌ها، مهم‌ترین منشأ مواد آلی هستند. بقایای این موجودات پس از مرگ، در رسوبات ریزدانه بستر دریا مدفون می‌شوند. ماده آلی باقیمانده، توسط لایه‌های بالایی پوشیده و در لایه‌های رسوبات است که سنگ منشأ (سنگ مادر) نفت را تشکیل می‌دهد. مواد آلی در طی تبدیل رسوب ریزدانه به سنگ مادر، از طریق یک سری واکنش‌های شیمیایی به نفت خام تبدیل می‌شود. در فرایند تشکیل ذخایر نفتی مقدار دما و فشار، و افزایش آن بسیار مهم است. اما این پایان داستان نیست.



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

### باهم ببینید

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

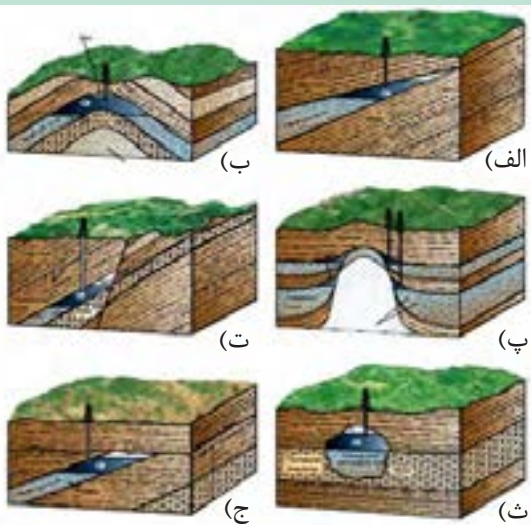
**مهاجرت نفت:** نفت و گازی که در سنگ مادر تشکیل می‌شود، همراه با آب دریا که از زمان رسوب‌گذاری در سنگ به دام افتاده، از طریق تخلخل سنگ‌ها به سمت بالا حرکت می‌کند که به آن مهاجرت اولیه نفت می‌گویند. در طی این مهاجرت، نفت، گاز و آب به سنگ‌هایی با نفوذپذیری بالا، مانند ماسه سنگ و سنگ آهک می‌رسند و حفره‌ها و فضاهای خالی آنها را پر می‌کنند. چون نفت و گاز از آب سبک‌ترند، از آب جدا شده و بر روی آن قرار می‌گیرند که به این جدایش، مهاجرت ثانویه می‌گویند. اگر مانعی در مسیر حرکت آنها نباشد، به سطح زمین راه می‌یابند و چشمه‌های نفتی را به وجود می‌آورند. در این صورت ممکن است در سطح زمین تبخیر شوند و یا گاهی این نفت، دچار اکسایش و غلیظ‌شدگی شده و ذخایر قیر طبیعی را به وجود می‌آورد که موارد زیادی از آنها در استان‌های خوزستان و ایلام دیده می‌شوند.

اگر نفت و گاز در مسیر مهاجرت خود به لایه‌ای از سنگ‌های نفوذناپذیر مانند شیل و گچ برسد، دیگر قادر به ادامه مهاجرت نخواهد بود. این لایه‌های نفوذناپذیر یا تله‌های نفتی، جلوی حرکت نفت و گاز به سطح زمین را می‌گیرند و آنها را در سنگ مخزن به دام می‌اندازند. نفت و گاز با حفاری چاه‌های عمیق، در سنگ مخزن استخراج می‌شود.

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

### کاوش کنید

- در مورد انواع تله‌های نفتی توضیح دهید.
- تله‌های نفتی ایران، بیشتر از کدام نوع هستند؟



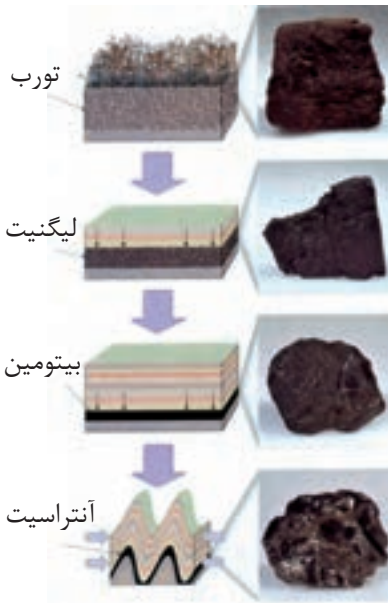
انواع تله‌های نفتی

## زغال سنگ



شکل ۱۸-۲: بهره برداری از تورب در ایرلند

زغال سنگ، یک سوخت فسیلی جامد است که از مواد آلی در محیط‌های خشکی به وجود می‌آید. این مواد آلی، بیشتر از درختان، بوته‌زارها و چمنزارها حاصل می‌شوند. آنها، در باتلاق‌ها انباشته و توسط رسوبات پوشیده می‌شوند و به مرور زمان به تورب که یک نوع زغال نارس است، تبدیل می‌شوند. در برخی کشورها مانند ایرلند، تورب به‌عنوان یک ماده سوختی بهره‌برداری می‌شود (شکل ۱۸-۲).



شکل ۱۹-۲: مراحل تشکیل آنتراسیت

در طی میلیون‌ها سال، تورب در زیر فشار رسوبات و سنگ‌های بالایی، فشرده‌تر شده و آب و مواد فرّاری 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 بیتومین و سپس آنتراسیت تبدیل می‌شود. در فرایندهای زغال‌شدگی از تورب تا آنتراسیت، تغییرات زیادی رخ می‌دهد و سبب می‌شود با خروج تدریجی آب و مواد فرّار، درصد کربن در سنگ حاصل، افزایش می‌یابد و کیفیت و توان تولید انرژی زغال سنگ بهتر می‌شود.

### فکر کنید

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



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



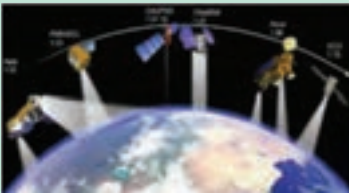
● **زمین شناسی اقتصادی:** زمین شناسانی که در موضوع زمین شناسی اقتصادی تخصص دارند، با بهره گیری از اصول زمین شناسی و پراکندگی عناصر در پوسته زمین، به دنبال مکان هایی هستند که در آن ذخایر معدنی ارزشمند مانند مس، آهن، طلا، نقره، الماس و دیگر گوهرها و... قرار دارند.



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



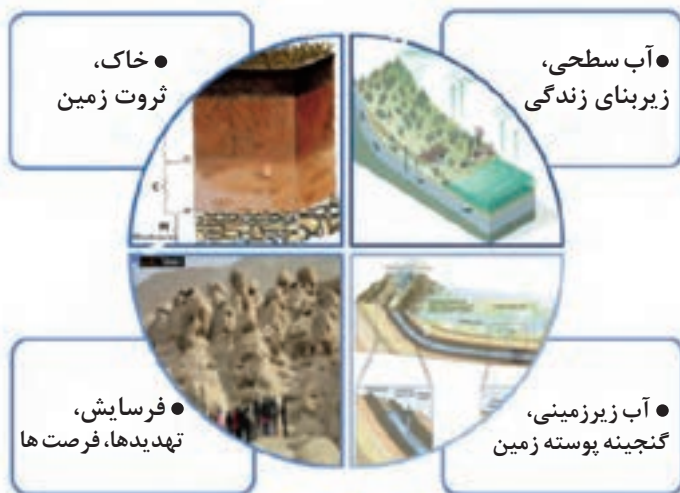
● **سنجش از دور:** سنجش از دور، علم و فن جمع‌آوری اطلاعات از عوارض سطح زمین، بدون تماس فیزیکی با آنها است. سنجش از دور، شامل اندازه‌گیری و ثبت انرژی بازتابی از سطح زمین و جو پیرامون آن از یک نقطه مناسب بالاتر از سطح زمین است. پرتوهای بازتابی که از نوع امواج الکترومغناطیس هستند، می‌توانند دارای منابع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



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

# فصل سوم

## 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 لایهٔ 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؟





قنات



حوضچه تغذیه مصنوعی



فرونشست زمین



فرسایش

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 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 جریان می‌یابد. بخشی از رواناب به داخل زمین نفوذ و منابع آب زیرزمینی را تغذیه می‌کند. بخش عمده آب زیرزمینی، سرانجام از طریق چشمه، چاه یا قنات، مجدداً به سطح زمین راه می‌یابد.



(ب) چرخه آب



شکل ۱-۳: الف) نمایی از برگاب

## با هم ببیندیشید

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

## 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 مانند آب آشامیدنی، کشاورزی، صنعت، تولید برق و ... اهمیت زیادی دارد.

## جمع آوری اطلاعات

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



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

$$Q=A \times V$$

Q: دبی بر حسب متر مکعب بر ثانیه

A: مساحت سطح مقطع جریان آب بر حسب متر مربع

V: سرعت جریان آب بر حسب متر بر ثانیه



شکل ۲-۳: ایستگاه اندازه‌گیری آبدهی رودخانه

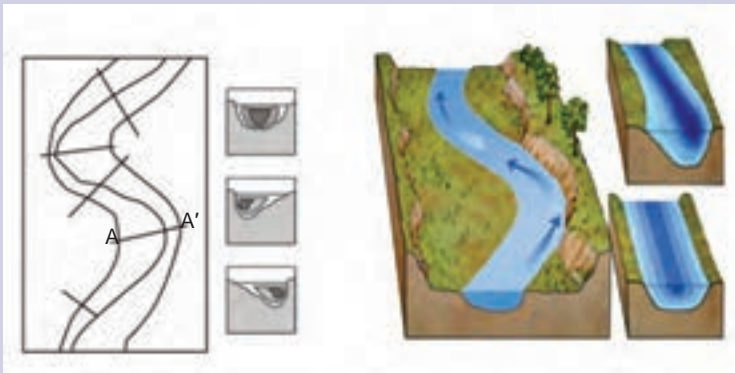
### پیوند ریاضی

- آب در رودخانه‌ای با سطح مقطع  $100$  مترمربع، و با سرعت متوسط دو متر بر ثانیه در جریان است. آبدهی رودخانه را محاسبه کنید.
- اگر این رودخانه به یک تالاب منتهی شود، در طی یک هفته، چند متر مکعب آب را وارد تالاب می‌کند؟

آبدهی رودخانه، در بهار، به علت ذوب برف‌ها و افزایش بارندگی، افزایش می‌یابد. در ادامه در طول تابستان، معمولاً آبدهی رودخانه کاهش می‌یابد. در مناطق مرطوب، که مقدار بارندگی زیاد و تبخیر، کم است، رودخانه‌ها از نوع دائمی هستند. در این رودخانه‌ها، بخشی از آب که همیشه جریان دارد، آبدهی پایه را تشکیل می‌دهد. آب این رودخانه‌ها، 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 رودخانه‌ها موقتی و فصلی هستند.

### فکر کنید

- مقدار رسوب‌گذاری و فرسایش را در نقاط  $A$  و  $A'$  مقایسه کنید.



مقاطع مختلف رودخانه

انسان‌های نخستین، از آب زیرزمینی تنها برای شرب استفاده می‌کردند. به تدریج، با گذشت زمان از این آب برای کشاورزی و گردش آسیاب‌ها نیز بهره می‌بردند. مردمان 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 زیرزمین 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؟

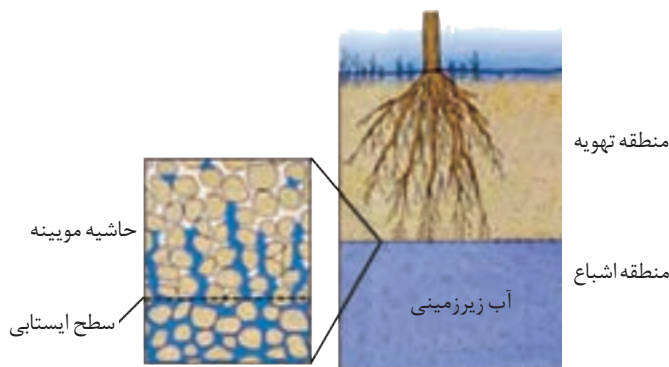
آب زیرزمینی قابل بهره‌برداری، گرچه فقط حجم کمی از آب کره را تشکیل می‌دهد، ولی همین مقدار، بزرگ‌ترین ذخیره آب شیرین قابل بهره‌برداری در خشکی‌ها است.

### مفاخر ایرانی

- 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 مرتبته بیان کرده است. ابو حاتم مظفر اسفرازی (قرن پنجم و ششم هـ.ق) در «رساله آثار علوی» مطالبی درباره شکل‌گیری چشمه‌ها و رودها، نفوذ آب به داخل زمین، تغییر کیفیت آب به دلیل وجود کانی‌های قابل حل در مسیر آب عنوان کرده است.



**سطح ایستابی:** در هنگام نفوذ آب به داخل زمین، بخشی از آب نفوذی به سطح ذرات خاک یا سنگ می چسبد، به طوری که منافذ و فضاهای خالی، توسط آب و هوا پر می شود و منطقه تهویه شکل می گیرد. بخشی از آب نفوذی، به طرف عمق بیشتر حرکت می کند تا به سنگ بستر برسد و بر روی آن جمع شود و منطقه اشباع را ایجاد کند. که فضاهای خالی توسط آب پر شده است. سطح بالایی این منطقه، سطح ایستابی است (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳: توزیع عمقی آب زیرزمینی

### پیوند با فیزیک

- چه نیرویی باعث تشکیل حاشیه مویینه می شود؟
- اندازه ذرات خاک، چه تأثیری بر ضخامت حاشیه مویینه دارد؟
- هنگامی که حاشیه مویینه، به سطح زمین می رسد، چه اتفاقی می افتد و چه مشکلاتی ایجاد می کند؟

عمق سطح ایستابی در مناطق مختلف، متفاوت است. در بعضی مناطق کمتر از یک متر و در برخی مناطق تا صدها متر می رسد. سطح ایستابی، تقریباً از توپوگرافی سطح زمین تبعیت می کند. هنگامی



که سطح ایستابی با سطح زمین برخورد کند، آب زیرزمینی به صورت چشمه یا برکه در سطح زمین ظاهر می شود و در صورتی که سطح ایستابی بر سطح زمین منطبق شود یا در نزدیک آن قرار گیرد، باتلاق یا شوره زار شکل می گیرد.

شکل ۳-۴: برکه

## جمع آوری اطلاعات

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

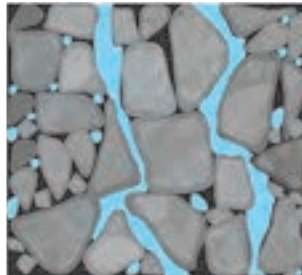
**تخلخل و نفوذپذیری:** برای تشکیل آبخوان، لازم است که رسوبات و سنگ‌ها، دارای فضاهای خالی باشند. این فضاهای خالی یا منافذ اولیه هستند که از ابتدای تشکیل در آنها وجود داشته‌اند، یا پس از تشکیل سنگ به صورت ثانویه بر اثر شکستگی، هوازدگی، انحلال یا عوامل دیگر در آن به وجود آمده‌اند. درصد فضاهای خالی (تخلخل)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

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

## پیوند با ریاضی

- بر اثر بهره‌برداری از یک آبخوان در یک دشت به مساحت ۲۰۰ کیلومتر مربع و تخلخل ۳۰ درصد، سطح ایستابی ۱۰ متر افت کرده است. چه حجمی از آب تخلیه شده است؟
- چنانچه این حجم آب در طی ۳۰ روز پمپاژ شده باشد، میانگین آبدهی چاه‌ها چقدر بوده است؟
- با بهره‌برداری ۱۰۰ میلیون مترمکعب آب از این آبخوان، سطح ایستابی چند متر افت خواهد کرد؟

هر چه درصد تخلخل خاک یا سنگ بیشتر باشد، آب بیشتری را می‌تواند در خود نگه دارد. اما لزوماً باعث عبور آب نمی‌شود. مثلاً سنگ‌پا بسیار متخلخل است اما، آب از آن عبور نمی‌کند. رس‌ها بسیار متخلخل‌اند، ولی به علت ریز بودن ذرات، نفوذپذیری بسیار اندکی دارند. میزان نفوذپذیری خاک به میزان ارتباط و اندازه منافذ بستگی دارد. برخی خاک‌ها دارای تخلخل زیاد و نفوذپذیری کم هستند و عبور آب از درون آنها، به دشواری صورت می‌گیرد. درصد تخلخل آبخوان، بیانگر مقدار آب ذخیره شده در آن و نفوذپذیری، نشانگر توانایی آبخوان در هدایت آب می‌باشد.

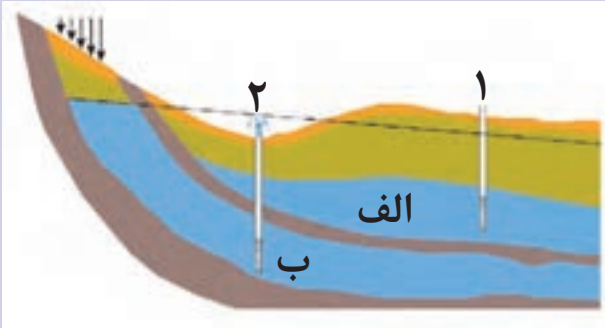


شکل ۵-۳: متخلخل و نفوذپذیر

## یادآوری

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

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



**آبخوان:** سنگ ها و رسوبات مختلف از نظر تشکیل آبخوان و میزان آبدهی، ویژگی های متفاوتی دارند. آبرفت ها و سنگ های آهکی حفره دار (آهک کارستی) قابلیت تشکیل آبخوان را دارند ولی، شیل ها، سنگ های دگرگونی و آذرین، آبخوان خوبی تشکیل نمی دهند به طوری که، معمولاً یا چشمه ای در آنها به وجود نمی آید یا در صورت تشکیل، چشمه هایی با آبدهی بسیار کم و فصلی دارند. در حالی که در سنگ های آهکی حفره دار، معمولاً چشمه های پر آب و دائمی ایجاد می شود.



ب) چشمه کارستی گاماسیاب نهانند



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

اگر چاهی در یک لایه آبدار آزاد حفر شود، تراز آب در چاه، نمایانگر سطح ایستابی و در لایه آبدار تحت فشار، سطح پیزومتریک است.

**حرکت آب زیرزمینی:** آب برای حرکت در داخل زمین، نیاز به انرژی دارد. آب زیرزمینی به طور کلی، از مکانی با انرژی بیشتر به مکانی با انرژی کمتر حرکت می کند. این حرکت خیلی کندتر از حرکت آب در رودخانه است. حرکت آب در داخل آبخوان، از کمتر از یک متر تا صدها متر در روز تغییر می کند. برای محاسبه سرعت آب زیرزمینی، از قانون دارسی استفاده می شود.



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

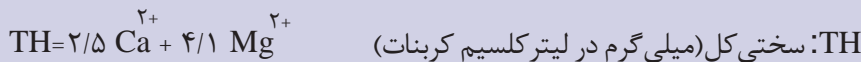
مقدار نمک‌های محلول در آب زیرزمینی موجود در سنگ‌های آذرین و دگرگونی، به‌طور معمول کم است. سنگ‌های تبخیری مانند سنگ نمک و سنگ گچ، انحلال‌پذیری زیادی دارند و از این‌رو، آب این‌گونه آبخوان‌ها، عموماً دارای املاح فراوان هستند. لایه‌های آبدار موجود در رسوبات رودخانه‌ای و آبرفتی به‌طور معمول حاوی آب شیرین هستند. در نواحی خشک، مانند مناطق کویری ایران، در برخی نقاط شوری آب چنان زیاد است که برای بسیاری از مصرف‌ها، نامناسب است.

### گفت و گو کنید

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

### پیوند با شیمی

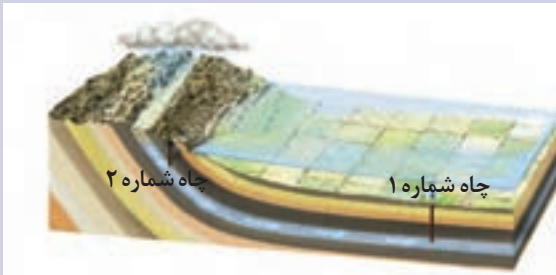
● سختی آب، به علت نمک‌های محلول در آن است. یون‌های کلسیم و منیزیم، به عنوان فراوان‌ترین یون‌های موجود در آب، ملاک تعیین سختی آب هستند.



● نمونه‌آبی دارای ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کلسیم و ۳۵ میلی‌گرم در لیتر منیزیم است. سختی کل آب چقدر است؟ تحقیق کنید که آیا این آب برای شرب مناسب است؟



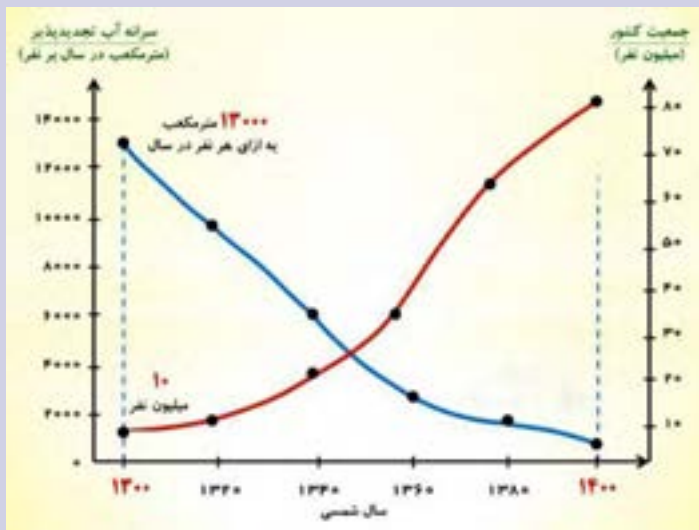
## فکر کنید



- مقدار املاح موجود در آب دو چاه ۱ و ۲ شکل رو به رو 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.

## تفسیر کنید



- نمودار روبه‌رو، تغییرات سرانه آب تجدیدپذیر و جمعیت کشور در قرن اخیر را نشان می‌دهد. نمودار را تفسیر کنید.

**توازن آب (بیان آب):** محاسبه بیان آب یک لایه آبدار، از بسیاری جهات، مشابه بررسی بیان هزینه یک خانواده یا هر واحد اقتصادی است که کمک می کند 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 براساس اصل بقای جرم است. بین مقدار آب ورودی (I) به آبخوان و آب خروجی از آن (O) و تغییراتی که در حجم ذخیره آب به وقوع می‌پیوندد ( $\Delta S$ )، رابطه زیر برقرار است.

$$I - O = \Delta S$$

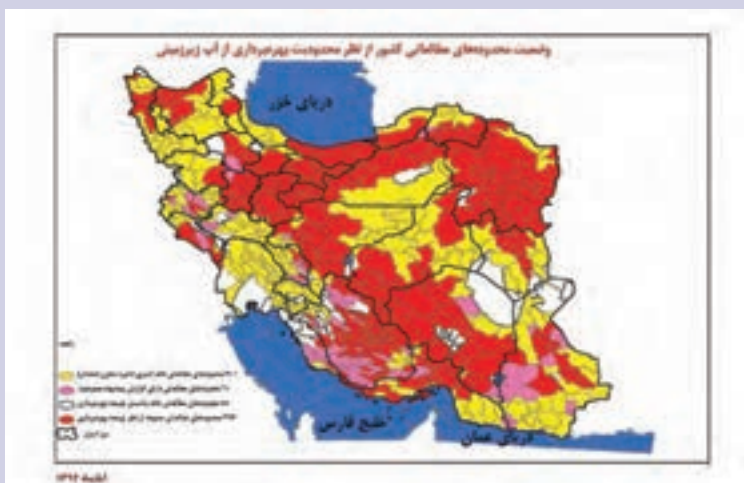
به عبارتی، تغییراتی که در حجم آب داخل آبخوان اتفاق می‌افتد، با اختلاف آب ورودی و خروجی از آن برابر است. اگر مقدار آب ورودی به آبخوان، بیشتر از مقدار آب خروجی باشد، بیان، مثبت و اگر کمتر از آن باشد، بیان، منفی است.

در طی سال‌های گذشته به علت بهره‌برداری زیاد از منابع آبی، بیان منابع آب در کل کشور و در بیشتر ۶۰۹ دشت کشور، منفی بوده است. بر این اساس، بسیاری از دشت‌های کشور از نظر توسعه بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی، به‌عنوان دشت ممنوعه اعلام شده است.

### جمع‌آوری اطلاعات

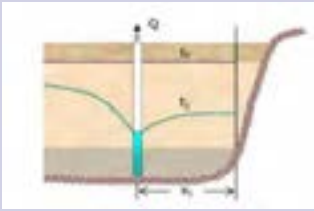
در منابع جستجو کنید و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

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

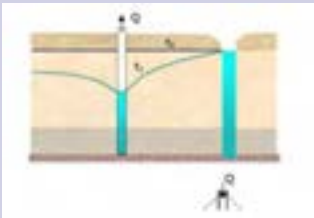


دشت‌های ممنوعه  
(رنگ قرمز)

## گفت و گو کنید

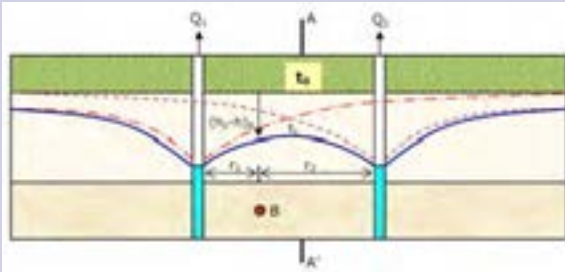


۱- شکل های رو به رو، گسترش مخروط افت چاه در اثر بهره برداری و تلاقی آن با یک لایه نفوذناپذیر و یک رودخانه را نشان می دهد. در مورد تأثیر آنها بر روی شکل مخروط افت و میزان آب ورودی به چاه گفت و گو کنید.



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

۳- شکل زیر، تلاقی مخروط افت دو چاه بهره برداری با یکدیگر را نشان می دهد. در مورد تأثیر این تلاقی بر روی میزان افت سطح ایستابی و دبی چاهها گفت و گو کنید.



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

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



ب) فرونشست تدریجی



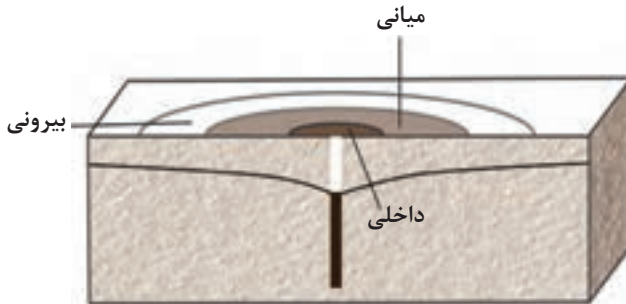
شکل ۷-۳: الف) فرونشست ناگهانی

### کاوش کنید

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

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

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



شکل ۸-۳: پهنه‌های حریم چاه

## منابع خاک

در کتاب علوم آموختید که خاک، حاصل هوازدگی سنگ‌هاست. خاک، محیط مناسبی برای کشت گیاهان و محلی برای زندگی برخی موجودات زنده است. خاک به عنوان سطحی‌ترین قشر زمین و بستر تولید محصول کشاورزی شناخته می‌شود که به طور دائمی در معرض تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی است.



شکل ۹-۳: خرد شدن سنگ‌ها

## یادآوری

- در گذشته، با هواز دگی و انواع آن آشنا شدید. در این باره به پرسش های زیر پاسخ دهید:
  - ۱- جنبه های مثبت و منفی هواز دگی را بیان کنید.
  - ۲- هر یک از تصاویر زیر، کدام نوع هواز دگی را نشان می دهد؟



ب



الف



ت



پ

## خاک

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

ذرات تشکیل دهنده خاک، بر حسب اندازه، به سه دسته اصلی درشت دانه (خاک های شنی)، متوسط دانه (ماسه و لای) و ریزدانه (خاک های رسی) تقسیم می شوند. معمولاً خاک های طبیعی، ترکیبی از آنها است.

مقدار آبی که خاک ها می توانند در خود نگه دارند، بستگی به اندازه ذرات خاک دارد. هر چه ذرات خاک ریزتر باشد، آب بیشتری را در خود نگه می دارد. خاک رس، بسیار ریزدانه است، بنابراین فضای بین ذرات آن بسیار کوچک است به طوری که گردش آب و هوا به خوبی صورت نمی گیرد و برای رشد گیاهان مناسب نیست. در خاک های شنی، آب به راحتی از میان ذرات عبور می کند یعنی، زهکشی خوبی دارد، اما برای رشد گیاهان مناسب نمی باشد، چون آب و مواد مغذی را در خود نگه نمی دارد. مخلوط مناسب خاک ماسه ای و رسی و استفاده از کود مناسب یا گیاخاک، ترکیب

مناسبی است که موجب حاصلخیزی خاک می شود. به طور کلی، خاک لوم که ترکیبی از ماسه، لای و رس است، خاک دلخواه کشاورزان و باغبان ها می باشد.

**نیم رخ خاک:** به مقطع عمودی خاک از سطح زمین تا سنگ بستر که افق های مختلف خاک در آن قابل مشاهده می باشد، نیم رخ خاک می گویند. معمولاً در نیم رخ خاک، افق های زیر وجود دارد (شکل ۱۰-۳).



شکل ۱۰-۳: افق های خاک

افق A، بالاترین لایه خاک است. ریشه گیاهان در آن قرار دارد. این افق معمولاً حاوی گیاخاک به همراه ماسه و رس است. وجود مواد آلی باعث رنگ خاکستری تا سیاه این افق می شود. افق B یا خاک میانی، معمولاً از رس، ماسه، شن و مقدار کمی گیاخاک تشکیل می شود. افق C، خاک زیرین است و در آن، مواد سنگی به میزان کم، تخریب و تجزیه شده اند، در نتیجه سنگ اولیه تغییر زیادی نکرده و به صورت قطعات خرد شده است. در زیر این افق، سنگ بستر قرار دارد که تخریب و یا تجزیه ای در آن صورت نگرفته است. اگرچه این افق ها در بسیاری از نیم رخ خاک ها مشاهده می شود ولی، خاک های مناطق مختلف از نظر رنگ، بافت، ضخامت و ترکیب شیمیایی متفاوت هستند. خاک حاصل از تخریب سیلیکات ها و سنگ های فسفاتی، از نظر کشاورزی و صنعتی ارزش زیادی دارد. در صورتی که خاک های حاصل از تخریب سنگ های دارای کانی های مقاوم (مانند کوارتز) که غالباً شنی و ماسه ای می باشند، فاقد ارزش کشاورزی هستند. در کشاورزی، خاکی را حاصلخیز می گویند که موجب رشد بیشتر گیاه شود. فرایند تشکیل خاک بسیار کند است. در شرایط طبیعی، به طور میانگین ۳۰۰ سال زمان لازم است تا خاکی به ضخامت ۲۵ میلی متر تشکیل شود.



## جمع آوری اطلاعات

• دربارهٔ خاک مناطق مختلف آب و هوایی، اطلاعات جمع آوری و جدول زیر را کامل کنید.

ضخامت خاک	مقدار هوموس	خاک مناطق
	ناچیز	معتدل
بیشترین		حاره‌ای
	ناچیز	قطبی
		بیابانی

**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، معدن‌کاری، جاده‌سازی و سایر فعالیت‌های عمرانی، فرسایش طبیعی را تشدید می‌کنند. افزون بر انسان، سایر جانداران نیز، در افزایش این فرسایش‌ها نقش دارند.

## فکر کنید

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



ب



الف



## گفت و گو کنید

● دربارهٔ اثرات مثبت و منفی فعالیت‌های انسان در فرسایش خاک گفت و گو کنید.

**فرسایش آبی:** در نقاطی که آب بر روی خاک بدون پوشش، در جریان باشد، مقداری از ذرات خاک از بستر جدا و با آب حمل می‌شوند. مهم‌ترین ویژگی بارندگی که در قدرت فرساینده‌گی آن مؤثر می‌باشد، شدت و مدت بارش است. معمولاً هر چه شدت بارندگی بیشتر باشد، قطرات باران، بزرگ‌تر است. بزرگ بودن قطرات باران، جرم و سرعت سقوط قطرات را افزایش می‌دهد که در نتیجه، منجر به انرژی جنبشی و قدرت فرسایشی بیشتر می‌شود. هنگامی که جریان آب، شدت پیدا کند، باعث فرسایش خندقی و از بین رفتن زمین‌هایی با ارزش کشاورزی می‌شود. پیدایش خندق‌ها، علاوه بر آنکه از ارزش زمین‌های کشاورزی می‌کاهد، باعث تخریب جاده‌ها، پل‌ها و ساختمان‌ها می‌شود. در اغلب شرایط می‌توان با ساخت کانال و ایجاد پوشش گیاهی، انرژی جریان آب را کاهش داد.



ب) برخورد قطره باران با سطح زمین



شکل ۱۱-۳: الف) فرسایش خندقی

## فکر کنید

● هر یک از پیامدهای زیر، مربوط به کدام نوع بارندگی (آرام و کوتاه - آرام و طولانی - شدید) است؟

نفوذ آب به آبخوان - فرسایش خاک - وقوع سیل - ایجاد رواناب

قدرت فرساینده‌گی رواناب، بستگی به سرعت و عمق جریان، و میزان مواد معلق موجود در رواناب دارد. هر چه سرعت رواناب و عمق آن بیشتر باشد، انرژی جنبشی آب، و در نتیجه، قدرت فرساینده‌گی آن بیشتر می‌شود. قدرت فرسایش آب خالص، کمتر از آب دارای مواد معلق است. وقتی میزان مواد معلق، بیشتر از توان حمل رواناب باشد، رسوب گذاری شروع می‌شود.

## 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- آتش زدن زمین‌های کشاورزی پس از برداشت محصول، چه تأثیری بر فرسایش خاک دارد؟

فرسایش خاک، باعث کاهش سطح زیرکشت 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 غیراصولی 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 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 و جنگلی است. حفاظت 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. متخصصین این رشته در سازمان‌ها و شرکت‌های تابعه وزارت نیرو، وزارت جهاد کشاورزی، صنعت، معدن و تجارت، سازمان محیط‌زیست، شرکت‌های مهندسی مشاور مرتبط با تأمین و انتقال آب، سدسازی و تونل‌سازی، وزارت راه و شهرسازی، شهرداری‌ها و ... می‌توانند در هدایت پروژه‌های عمرانی و پژوهشی کمک شایانی داشته باشند.

# فصل چهارم

## زمین شناسی و سازه های مهندسی



انسان از گذشته های دور، بناهایی ساخته است که هنوز هم پس از گذشت هزاران سال، باقی مانده اند. ستون های بزرگ تخت جمشید، بناهای چغازنبیل، اهرام مصر، دیوار چین و قنات های باستانی با وجود گذشت سال ها، هنوز هم پابرجا هستند و اوج دانش مهندسی را در عهد باستان نشان می دهند. به راستی، چه عواملی باعث شده است تا این بناها همچنان پابرجا بمانند؟ در ساخت آنها، از چه مصالحی استفاده شده است؟

جاده ها، راه آهن، پل ها، تونل ها، خطوط انتقال نفت، گاز و آب، سدها، کارخانه ها، ساختمان های بلند، برج های مخابراتی مانند برج میلاد و بسیاری سازه های دیگر، از موادی ساخته می شوند که از زمین به دست می آیند.

بارها در رسانه ها، اخبار مربوط به انواع ریزش سنگ در جاده های کوهستانی، تخریب ساختمان ها و سازه های سنگین به دلیل گودبرداری، ریزش تونل ها، فرار آب از سدها و تخریب بدنه آنها، ریزش پل ها و ... را شنیده اید. چگونه با مطالعات زمین شناسی می توان این مخاطرات را پیش بینی و از خسارت های مالی و تلفات انسانی ناشی از آنها جلوگیری کرد؟

یکی از مسائل اصلی در ساخت و نگهداری سازه ها، پایداری زمین است. در ساخت سازه ها، مسائل مختلف زمین شناسی مطرح می باشد که باید مورد مطالعه قرار گیرد. یکی از وظایف مهم زمین شناس، تشخیص احتمال وقوع فرایندهای مخرب و ارائه روش های مقابله با آنها است به نحوی که، آسیبی به تأسیسات و سازه های عمرانی و معدنی وارد نشود.



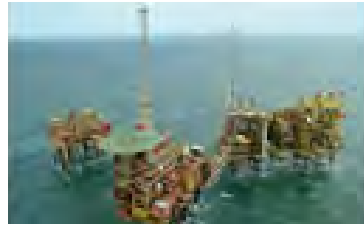
نیروگاه بوشهر



تونل نیایش



سد لتیان



اسکله نفتی

### مکان‌یابی سازه‌ها

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

### بیشتر ببینید






- با توجه به مورفولوژی منطقه، کدام محل را برای ساخت یک پل بر روی رودخانه پیشنهاد می‌کنید؟

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

## تنش

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

جدول ۱-۴: انواع تنش

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

در مطالعات آغازین یک پروژه، به منظور نمونه برداری از خاک یا سنگ پی سازه، گمانه‌ها یا چال‌های باریک و عمیقی در نقاط مختلف محل احداث سازه حفر می‌شود. نمونه‌های سنگ یا خاک برداشت شده، به آزمایشگاه‌های تخصصی ارسال می‌شود و مقدار مقاومت سنگ و خاک در برابر تنش‌های وارده، مورد بررسی قرار می‌دهند.

مقاومت سنگ، عبارت است از حداکثر تنش یا ترکیبی از تنش‌ها که سنگ می‌تواند تحمل کند، بدون آنکه بشکند. هر چه مقاومت، در مقابل این تنش‌ها، کمتر باشد، سنگ ناپایدارتر است و سطوح شکست بیشتری در آن ایجاد می‌شود. از این رو، درزه‌ها یا شکستگی‌ها، باعث ناپایداری سنگ یا خاک پی سازه‌ها می‌شوند.



ب) دستگاه حفاری گمانه



شکل ۱-۴: الف) نمونه های سنگ (مغزه گیری) از گمانه های اکتشافی

### رفتار مواد در برابر تنش

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



پ)



ب)



الف)

شکل ۲-۴: الف) کش سان - ب) خمیرسان - پ) شکننده

برخی از اجسام، مانند سنگ‌ها از خود رفتارکش سان (الاستیک) نشان می دهند. بدین معنی که با اعمال تنش، سنگ‌ها دچار تغییر شکل می شوند و با رفع تنش، به حالت اولیه خود بازمی گردند. اما، اگر تنش از حد مقاومت سنگ بیشتر شود، سنگ دچار شکستگی می شود و درزه‌ها و گسل‌ها را به وجود می آورد. برخی از سنگ‌ها از خود رفتار خمیرسان (پلاستیک) نشان می دهند یعنی، پس از رفع تنش، سنگ‌های تغییر شکل یافته، به طور کامل به حالت اولیه خود برنمی گردند.



پ) شکننده



ب) شکننده



الف) پلاستیک

شکل ۳-۴: انواع رفتار سنگ‌ها در برابر تنش

مقاومت انواع سنگ‌ها در برابر تنش وارده، متفاوت است. سنگ‌های آذرین، می‌توانند تکیه‌گاه مناسبی برای سازه‌ها باشند. مانند پی سنگ سد امیرکبیر که از جنس سنگ گابرو است. بعضی از سنگ‌های دگرگونی، مانند کوارتزیت و هورنفلس می‌توانند تکیه‌گاه مناسبی برای سازه‌های سنگین باشند و برخی دیگر از آنها مانند شیست‌ها، سست و ضعیف هستند و برای پی سازه‌ها مناسب نیستند.

برخی از سنگ‌های رسوبی، مانند ماسه سنگ‌ها، استحکام لازم برای ساخت سازه را دارند اما سنگ‌های تبخیری مانند سنگ گچ، نمک و شیل‌ها در برابر تنش مقاوم نیستند.

### نفوذپذیری

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



ب) تشکیل حفره‌های انحلالی

شکل ۴-۴: الف) کارستی شدن

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

انحلال‌پذیری سنگ‌های تبخیری (سنگ گچ و سنگ نمک)، بیش از سنگ‌های آهکی است. بنابراین حفره‌ها و غارهای انحلالی در این سنگ‌ها، سریع‌تر از دیگر سنگ‌ها ایجاد می‌شود. اگر سد بر روی لایه‌هایی از سنگ گچ احداث شود، ممکن است پس از چند سال، حفرات انحلالی در سنگ ایجاد و باعث فرار آب از مخزن سد و همچنین ناپایداری بدنه سد شود.

### مکان مناسب برای ساخت سد

سد، سازه‌ای است که به منظور ذخیره آب، مهار سیلاب، تأمین آب شرب و کشاورزی و همچنین تولید نیروی الکتریسیته احداث می‌شود. بعضی از سدها چند منظوره‌اند، یعنی 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 قرصه<sup>۱</sup> در دسترس است.

### جمع‌آوری اطلاعات

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

### بیشتر بدانید

● سد کریت یا سد کوریت، یک سد تاریخی است که در شهرستان طبس و در کیلومتر ۵۶ جاده طبس - دیهوک واقع شده است. این سد که در سال ۱۳۵۰ میلادی احداث شده، با ارتفاع ۶۰ متر، تا اوایل قرن بیستم، بلندترین سد جهان بوده است. این سد، قدیمی‌ترین و 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. این سد از نوع بتنی و قوسی با ارتفاع ۲۴/۵ متر است که برای آن ۸۵ هزار مترمکعب بتن‌ریزی انجام شده است و دارای عمق حوضچه آبیگیر ۲۰ متر، طول آن در بخش تاج ۵۲ متر و عرض تاج بین ۱۲۰ تا ۱۲۵ سانتی‌متر است.



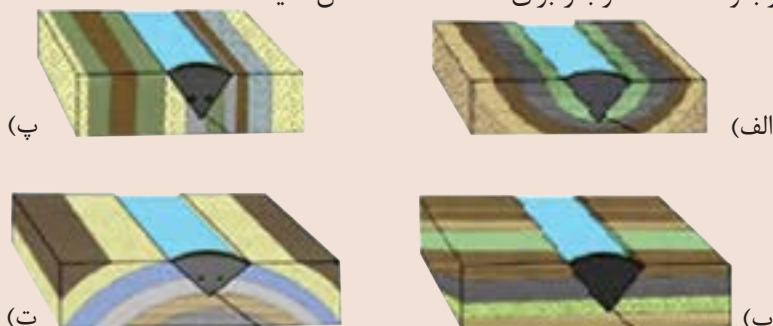
در مطالعات زمین‌شناسی سد، وضعیت مخزن، تکیه‌گاه‌ها و پی سد (شکل ۵-۴) از نظر پایداری و فرار آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای آنکه فرار آب از مخزن سد صورت نگیرد باید دیواره‌ها و کف مخزن نفوذناپذیر باشند یا از نفوذپذیری بسیار کمی برخوردار باشند.



شکل ۵-۴: نمایی از بخش‌های مختلف یک سد

### با هم ببیندیشید

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



### جمع‌آوری اطلاعات

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

رسوباتی که از طریق رودخانه‌ها به مخزن سدها حمل می‌شوند، به تدریج از ظرفیت مفید مخزن می‌کاهند. بعضی از سدهای کشور بر اثر انباشته شدن از رسوبات، بخش قابل توجهی از کارایی خود را از دست داده‌اند.

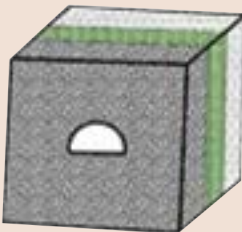
## آیا می دانید

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

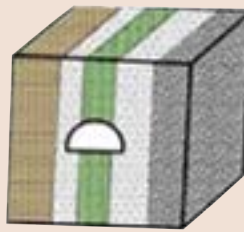
## مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی

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

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



ب) محور تونل عمود بر لایه بندی



الف) محور تونل موازی با لایه بندی

## با هم ببیند پیشید

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

وجود آب‌های زیرزمینی، بر ایمنی و پایداری سازه‌های سطحی مانند سدها و سازه‌های زیرزمینی مانند تونل‌ها در زمان ساخت و بهره‌برداری مؤثرند. جریان و فشار آب زیرزمینی، از عوامل مهم ناپایداری تونل‌ها و فضاهای زیرزمینی است. بخش بزرگی از مشکلات و خسارت‌ها در پروژه‌های عمرانی و معدنی، ناشی از برخورد با آب‌های زیرزمینی بوده است، در برخی موارد، پروژه‌هایی به علت این مشکلات، تکمیل نشده و متوقف شده‌اند. بنابراین، برآورد میزان و کنترل جریان آب زیرزمینی در تونل‌ها، ترانسه‌ها و زمین زیر سازه و حتی درون سازه‌هایی مانند سدها، بسیار مهم است. به‌طور کلی تونل‌هایی که در بالای سطح ایستابی قرار می‌گیرند، از پایداری بیشتری برخوردار هستند.

## کاوش کنید

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

در شرایطی که سنگ‌های داخل تونل از نظر پایداری و نشت آب وضعیت مطلوبی نداشته باشند، دیواره و سقف تونل با محافظی از بتن یا سایر مصالح پوشیده می‌شود (شکل ۶-۴).



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

## مکان مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی

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

## بیشتر بدانید

• تونل ۵۲ کیلومتری کانال مانش که بندر پادوکاله فرانسه را به شهرک فوکستون انگلستان متصل می‌کند، در 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. با این پروژه، زمان مسافرت از پاریس به لندن و بالعکس از طریق زمینی ۳۳ ساعت کاهش یافته است. تونل مانش که به آن تونل کانال نیز گفته می‌شود، انگلستان را از طریق خشکی به قاره اروپا متصل کرده است. این تونل ۵/۵ کیلومتر طول دارد که زیر بستر دریای مانش حفر شده و کنت در انگلیس را به کاله در فرانسه متصل می‌کند. مانش که انجمن مهندسان عمران امریکا آن را یکی از عجایب هفت‌گانه دنیای مدرن نامیده است، دارای دو خط ریلی و یک تونل جانبی برای خودروها است. گفته می‌شود تنها در عصر یخبندان یعنی چیزی حدود ۸۵۰۰۰ سال پیش، انگلستان به اروپا متصل بوده است. این پروژه در زمان اجراء با صرف ۲۱ میلیارد پوند، پرهزینه‌ترین طرح مهندسی تاریخ به شمار می‌رفت.



شکل ۷-۴: پایانه نفتی خارک، اسکله بندر شهید رجایی، پل دریایی در ژاپن

کشور ما، در یکی از کمربندهای لرزه‌خیز جهان واقع شده است و گسل‌های فعال لرزه‌خیز در بیشتر مناطق آن وجود دارند. این گسل‌ها و زمین‌لرزه‌های احتمالی می‌توانند پایداری سازه‌های مختلف را تهدید کنند. از این‌رو زمین‌شناسان، در مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها با استفاده از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای و بازدیدهای صحرایی، این گسل‌ها را شناسایی می‌کنند و با استفاده از داده‌های ثبت شده توسط دستگاه‌های لرزه‌نگاری و اطلاعات تاریخی زمین‌لرزه‌ها، احتمال فعالیت مجدد گسل‌ها و وقوع زمین‌لرزه و تأثیر آن بر سازه‌ها را مشخص می‌کنند. این اطلاعات در اختیار مهندسان عمران قرار می‌گیرد تا طراحی سازه را بر آن اساس انجام دهند. افزون بر این، پایداری محل احداث سازه در برابر حرکات دامنه‌ای و ریزش سنگ از مواردی است که در مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها، مورد توجه زمین‌شناسان است.

یکی از خطراتی که سازه‌ها را در مناطق شیب دار و کوهستانی تهدید می‌کند، خطر ریزش کوه و سقوط مواد در دامنه‌های پرشیب است. هر ساله اخبار زیادی مبنی بر ریزش کوه و مسدود شدن جاده‌ها و خطوط ریلی مناطق کوهستانی می‌شنویم. امروزه، با اقداماتی مانند ایجاد دیوارهای حائل، استفاده از تورهای سیمی (گابیون)، زهکشی برای تخلیه آب اضافی، ایجاد پوشش گیاهی و میخ‌کوبی، دامنه‌ها را پایدار می‌کنند. (شکل ۸-۴)



(ب)



(الف)

شکل ۸-۴: پایداری‌سازی شیب به روش (الف) دیوار حائل، (ب) گابیون

### با هم بیندیشید

- اثرات مثبت و منفی پوشش گیاهی، در پایداری‌سازی دامنه‌ها چگونه است؟

### با هم بیندیشید

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



پایدارسازی شیب به روش میخ‌کوبی

### آیامی دانید

● لغزش و سقوط توده‌های بزرگ سنگ و خاک در دیوارهٔ 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.

### مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها

در احداث سازه‌ها، از مواد سازندهٔ زمین، مانند خاک یا سنگ استفاده می‌شود. مواد مورد نیاز برای هر سازه، باید دارای مقاومت، نفوذپذیری و اندازهٔ 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 قلوه‌سنگ استفاده می‌شود.



## جمع آوری اطلاعات

● به چه دلیل از هسته رسی برای ساخت سد های خاکی استفاده می شود؟



مراحل ساخت سد خاکی



هسته رسی یک سد خاکی

## رفتار خاک ها و سنگ ها در سازه ها

طبقه بندی مهندسی خاک ها، بر مبنای دانه بندی، درجه خمیری بودن و مقدار مواد آلی آنها انجام می شود.

بر مبنای دانه بندی، خاک ها به دو دسته ریزدانه و درشت دانه تقسیم می شوند. در خاک های ریزدانه، مانند رس و لای، اندازه ذرات، کوچک تر از  $0.075$  میلی متر و در خاک های درشت دانه، مانند ماسه و شن، اندازه ذرات، بزرگ تر از  $0.075$  میلی متر است.

پایداری خاک های ریزدانه، به میزان رطوبت آنها بستگی دارد. هر چقدر رطوبت خاک های ریزدانه بیشتر باشد، پایداری آنها کمتر می شود. اگر رطوبت در این خاک ها از حدی بیشتر شود، خاک به حالت خمیری در می آید و تحت تأثیر وزن خود روان می شود. لغزش خاک ها در دامنه ها و ترانشه ها، به ویژه در ماه های مرطوب سال، ناشی از این پدیده است (شکل ۹-۴).



شکل ۹-۴: لغزش در ترانشه یک جاده



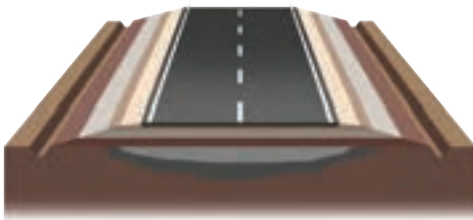
## مشاهده کنید

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

از خاک‌های دانه ریز و دانه درشت، در بسیاری از سازه‌ها مانند بدنه سدهای خاکی، زیرسازی جاده‌ها و باند فرودگاه‌ها استفاده می‌شود.

## کاربرد مصالح خاک و خرده‌سنگی 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 زیراساس و اساس و روسازی از دو بخش آستر و رویه تشکیل می‌شود (شکل ۱۰-۴).



شکل ۱۰-۴: لایه‌های مختلف راه بر روی بستر طبیعی

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 زیرسازی 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 ۱۱-۴).



شکل ۱۱-۴: بالاست در زیرسازی جاده ریلی



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

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





تشکیل دره توسط آب

# فصل پنجم

## 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 سنگ‌کره منشأ می‌گیرند. این عناصر بر اثر فرآیندهای مختلف و از طریق خاک، آب و هوا وارد چرخه زندگی می‌شود.

آیا تاکنون به این فکر کرده‌اید که از طریق آب، غذا، هوا و پوست چه مواد و عناصری وارد بدن شما می‌شود؟ آیا می‌دانید این مواد می‌توانند چه اثرات مثبت یا منفی بر بدن شما داشته باشند؟ این مواد از کجا آمده‌اند؟



کانی رالگار (سَمی)



کانی اور پیمان (سَمی)



هالیت (نمک طعام)



فلوریت

## زمین شناسی پزشکی

منشأ همهٔ عناصر سازنده بدن انسان و سایر جانداران، از زمین است. به عبارتی این عناصر، زمین زاد هستند. اگر مقدار این عناصر به دلایلی در بدن، کم یا زیاد شود، سلامت انسان به خطر می افتد. 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 توسی در کتاب‌های خود به فواید برخی از سنگ‌ها و کانی‌ها برای درمان بیماری‌ها اشاره کرده‌اند.

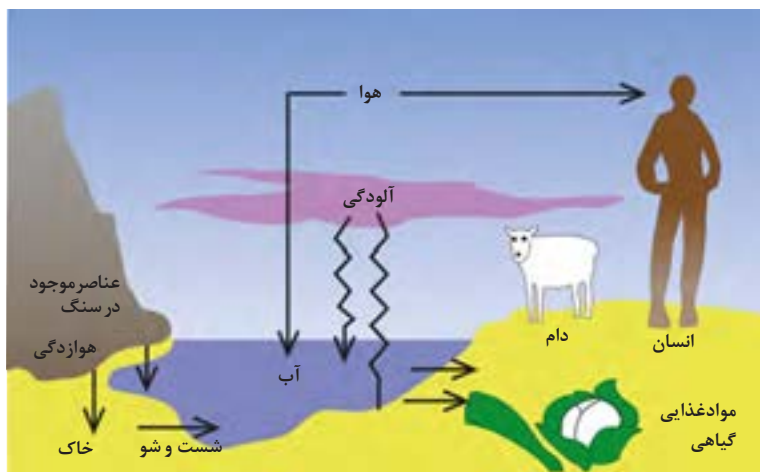
از مدت‌ها پیش مشخص شده بود که برخی بیماری‌ها در مناطق خاصی از زمین، شیوع بیشتری دارند. دانشمندان با آگاهی از ارتباط بین زمین و سلامتی، میان‌رشته جدیدی به نام زمین‌شناسی پزشکی را به شاخه‌های علم زمین‌شناسی افزودند تا نقش و تأثیر عناصر و کانی‌ها که از طریق هوا، آب و غذا وارد بدن ما و دیگر موجودات زنده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

## مفاخر جهان

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



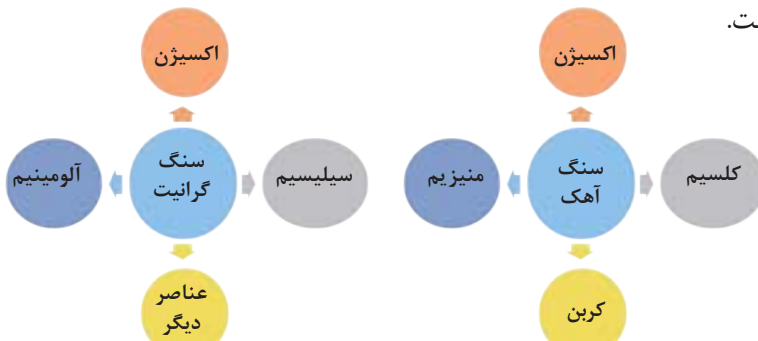
سنگ‌ها، بخش اساسی سازنده زمین هستند که از عناصر مختلف تشکیل شده‌اند. هوازدگی سنگ‌ها، باعث تشکیل خاک می‌شود. گیاهان بر روی خاک می‌رویند و جانوران، از گیاهان تغذیه می‌کنند. آب آشامیدنی نیز، در طی حرکت خود در چرخه آب، از درون سنگ‌ها و خاک‌ها، عبور و برخی عناصر آنها را در خود حل می‌کند. هوا و بیشتر غبارها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



شکل ۱-۵: عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر سلامت انسان

## پراکندگی و تمرکز عناصر

علم ژئوشیمی در بررسی ترکیب شیمیایی سنگ‌ها، خاک و آب به ما کمک می‌کند. مطالعات ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که توزیع عناصر در زمین و ترکیب سنگ‌ها در مناطق مختلف، متفاوت است.



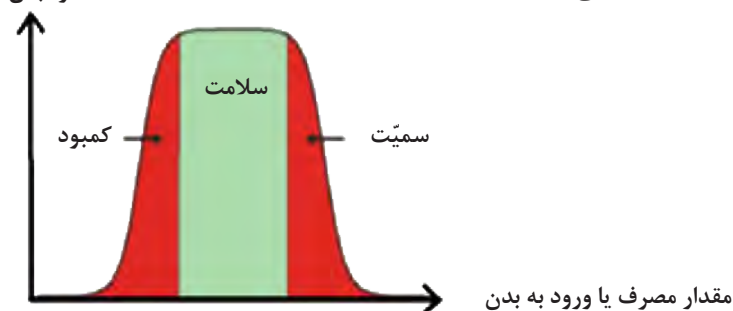
شکل ۲-۵: عناصر تشکیل‌دهنده گرانیت و سنگ آهک

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

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

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.

عملکرد بدن



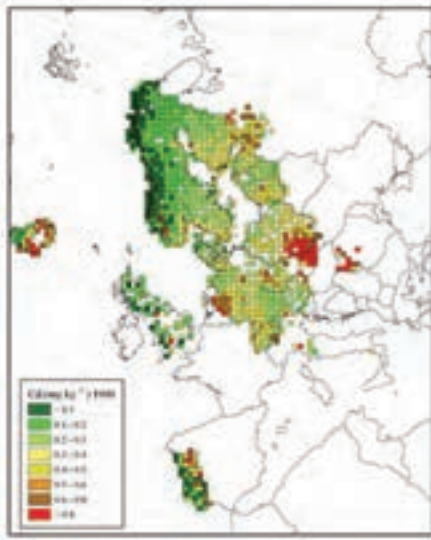
شکل ۳-۵: نمودار تأثیر عناصر بر سلامت انسان

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





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



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

### بیشتر بدانید

● استخراج سرب از حدود ۵۰۰۰ سال پیش آغاز شد و به‌طور نسبی در عصر مس، مفرغ و آهن افزایش یافت و در ۲۰۰۰ سال پیش به اوج خود رسید. سنگ نوشته‌های رسی دوره‌های میانی و پسین آشوری و متون مصری و سانسکریت مربوط به بیش از ۳۰۰۰ سال پیش، مواردی از مسمومیت به سرب را نشان می‌دهد.

نخستین کاربردهای سرب در لوله‌کشی، معماری و کشتی‌سازی بود. نمک‌های سرب برای نگهداری میوه و سبزی‌ها به کار می‌رفت. استفاده از مقادیر زیاد سرب در زندگی روزمره طبقه اشراف روم، اثری قابل ملاحظه بر سلامت آنها داشت، از جمله شیوع مسمومیت سرب (پلومیسم)، شیوع شدید ناباروری، مرده‌زایی و عقب‌افتادگی ذهنی. بررسی شرح حال فیزیولوژیکی امپراتورهای روم که بین سال‌های ۲۵۰ — ۱۵۰ سال پیش از میلاد می‌زیستند، نشان می‌دهد که بیشتر این افراد، دچار مسمومیت سرب بوده‌اند.





**سنگ های دارای آرسنیک:** آرسنیک، یک عنصر غیر ضروری و سمی است. این عنصر، منشأ زمین زاد دارد و برخی سنگ ها مانند سنگ های آتشفشانی، دارای بی هنجاری مثبت آرسنیک است. مهم ترین مسیر انتقال آن از زمین به گیاهان و جانوران و انسان، از راه آب آلوده به این عنصر است. کشورهای زیادی در معرض آلودگی این عنصر هستند. در این کشورها، سنگ ها و کانی های دارای آرسنیک (مانند پیریت)، در معرض هواز دگی، اکسیده یا حل می شوند و عناصر موجود در آنها وارد منابع آب و سپس وارد بدن موجودات زنده می شود و باعث ایجاد بیماری می گردد.

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

شکل ۵-۵: آلودگی آب و خاک به آرسنیک

### بیشتر بدانید

● حدود پنجاه سال پیش، چاه های عمیق آب در بنگال غربی هندوستان حفر شد. مردم از این آب برای آبیاری مزارع برنج استفاده می کردند که زیربنای اقتصادی آنها را تشکیل می داد. پیش از آن، کشاورزان با آب محدودی که در دسترس بود، زمین های خود را آبیاری می کردند اما، با این روش جدید، سطح زیر کشت، بالا رفت و درآمد اقتصادی آنها به شدت افزایش یافت. آنها، آب را از چاه های عمیق برداشت می کردند و می توانستند ۳ یا ۴ نوبت کشت در سال انجام دهند. اما این آب، مقدار زیادی آرسنیک داشت و بیش از ۴۰۰ روستا در بنگال غربی تحت تأثیر شدیدترین مسمومیت آرسنیک جهان قرار گرفت و حدود ۶۰۰۰۰۰ نفر دچار مرگ زودرس شدند.



بعد از شیوع بیماری های فراوان در منطقه بنگال غربی و بنگلادش، مطالعات انجام شده توسط زمین شناسان بر روی سنگ های سازنده آبخوان های منطقه، وجود لایه های رسوبی حاوی عنصر آرسنیک با رگه هایی از کانی پیریت را نشان داد که چاه ها را آلوده می کرد.



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



شکل ۶-۵: نقشه پراکندگی مناطق دارای آلودگی آرسنیک در جهان (نقاط قرمز)

آرسنیک موجود در بعضی از سنگ‌ها، مانند زغال سنگ به مواد غذایی منتقل می‌شود. به نمونه‌ای از آن می‌توان در خشک کردن لعل 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.

**کانسنگ‌های 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 و به اندام کلیه و مفاصل آسیب می‌رساند.

### پیوند با پزشکی

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

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

### جمع آوری اطلاعات

● در مورد ملقمه کردن طلا با جیوه، اطلاعات جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

### بیشتر بدانید



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

**سنگ‌های دارای فلئوئور:** فلئوئور، یک عنصر اساسی است که کمبود یا مصرف زیاد آن، هر دو باعث بروز بیماری می‌شود و منشأ اصلی و مسیر ورود آن به بدن، از راه نوشیدن آب است. فلئوئور در ترکیب کانی‌های رسی و میکای سیاه به مقدار زیاد وجود دارد. دندان از کلسیم فسفات و مواد آلی تشکیل شده است. ورود مقداری فلئوئور به ساختار بلوری دندان، باعث سخت‌تر شدن آن و مقاومت بیشتر در برابر پوسیدگی می‌شود. همچنین فلئوئور در کاهش ابتلا به پوکی استخوان نیز مؤثر می‌باشد. کمبود فلئوئور در رژیم غذایی، از مدت‌ها پیش عامل پوسیدگی دندان، شناخته شده و به همین دلیل، برای جبران این کمبود، مقداری فلئوئور در ترکیب خمیر دندان وارد شده است.

### بیشتر بدانید



● در صورتی که آب‌های طبیعی، دارای ناهنجاری مثبت فلوراید باشد، حدود ۲ تا ۸ برابر مقدار معمول فلوراید را وارد بدن می‌کند. در این حالت، دندان‌ها همچنان در برابر پوسیدگی مقاوم هستند و تنها ممکن است با لکه‌های تیره‌ای پوشیده شوند که زیبایی دندان را از بین می‌برد. به این عارضه، فلورسیس دندانی می‌گویند که عارضه‌ای بازگشت‌ناپذیر است و بر اثر تخریب بافت مینای دندان ایجاد می‌شود.

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

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



شکل ۷-۵: پراکندگی مناطق دارای آلودگی فلئوئور در جهان

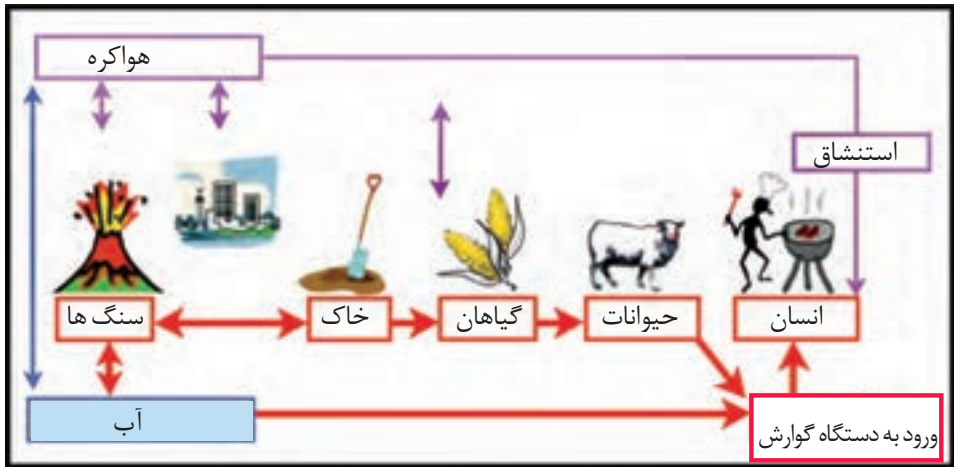


## جمع آوری اطلاعات



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

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



شکل ۸-۵: چرخه سلنیم

## پیوند با زیست‌شناسی

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

## بیشتر بدانید



● مارکو پولو در سفر خود در سال ۱۲۷۵ میلادی به اقامتگاه قوبیلای 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.

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

**سنگ‌های دارای روی:** 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 نیز فراوان است. عوارض کمبود روی، شامل کوتاهی قد و اختلال در سیستم ایمنی بدن است. زیادی مقدار روی می‌تواند باعث کم‌خونی و حتی مرگ شود. کمبودهای ناحیه‌ای عنصر روی که ارتباطی با سنگ‌شناسی و خاک‌های منطقه دارد را باید با وارد کردن غذاها و داروهای روی‌دار مکمل رفع کرد.



شکل ۹-۵: قرص روی

## سختی آب

از مدت‌ها پیش مشخص شده است که سختی آب آشامیدنی در مناطق مختلف، متفاوت و با زمین‌شناسی 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 مورد استفاده 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.

### ● اثرات توفان‌های گرد و غبار و ریزگردها:

※ کاهش میزان انرژی دریافتی از خورشید (غبارها گرما را بازتاب و زمین را سرد می‌کنند)

※ انتقال باکتری‌های بیماری‌زا به مناطق پر جمعیت

※ افت کیفیت هوا

※ فراهم کردن مواد مغذی اساسی برای جنگل‌های بارانی مناطق گرمسیری

※ انتقال مواد سمی



شکل ۱۰-۵: توفان گرد و غبار

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

### بیشتر بدانید

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

**آتشفشان‌ها:** فعالیت‌های آتشفشانی، فلزها و عناصر دیگر را از اعماق زمین به سطح می‌آورند. برای مثال بر اثر فوران آتشفشان پیناتوبو فیلیپین در سال ۱۹۹۱ میلیون‌ها تن خاکستر وارد اتمسفر و بر روی منطقه‌ای به وسعت هزاران کیلومتر مربع پخش شد که دارای همه عناصر جدول تناوبی بود. آتشفشان‌ها، افزون بر عناصر اساسی، عناصر دیگری مانند آرسنیک، بریلیم، کادمیم، جیوه، سرب، رادون و اورانیم را هم وارد محیط می‌کنند که در شرایط خاص، خطرناک هستند. این گونه فوران‌های آتشفشانی هر چند سال یک بار در تاریخ زمین رخ داده‌اند. این نکته را هم در نظر بگیریم که در هر زمان، به طور میانگین ۶۰ آتشفشان بر روی زمین فعال بوده و فوران کرده‌اند. مقدار کل فلزهای آزاد شده از آتشفشان‌ها قابل توجه است.



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

## یادآوری



- در کتاب علوم با کانی آزبست و تأثیر آن بر سلامت انسان آشنا شدید. در مورد استفاده از آزبست در ساخت وسایل مختلف و اثرات آن، مطالبی جمع‌آوری و در کلاس بحث کنید.

## خود را بیازمایید

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



کانی ها، استفاده های گسترده ای در داروسازی و صنایع بهداشتی دارند. پودر بچه که از کانی تالک تشکیل شده است، آشنا ترین مثال استفاده از کانی ها در این صنایع است. در آنتی بیوتیک ها و قرص های مسکن و ... از کانی های مختلف، به ویژه انواع رس ها استفاده می شود. در خمیردندان ها از کانی فلئوئوریت و کوارتز و در صنایع آرایشی از تالک، میکاها و رس ها استفاده می شود.



### علم، زندگی، کارآفرینی

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

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



در مراکز مرتبط با معادن و منابع آب و کشاورزی، وجود متخصص زمین شناسی پزشکی ضروری به نظر می رسد.



مجمع آب درمانی



نمک درمانی



# فصل ششم

## پویایی زمین



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



آتشفشان



گسل



چین خوردگی



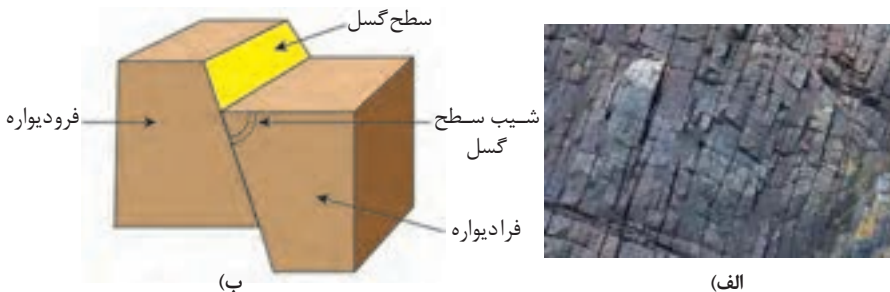
حرکت دامنه‌ای

### شکستگی‌ها

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

### یادآوری

● در کتاب علوم آموختید که شکستگی‌ها، به دو دسته درزه و گسل تقسیم می‌شوند. تفاوت و تشابه درزه و گسل را بیان کنید.



شکل ۱-۶: الف) درزه ب) گسل - سطح گسل که شکستگی و جابه‌جایی در امتداد آن اتفاق افتاده است. اگر سطح گسل مایل باشد به طبقات روی سطح گسل، فرادپواره و به طبقات زیر سطح گسل، فرودپواره می‌گویند.

جدول ۱-۶: انواع گسل و ویژگی های آن

شکل	نوع تنش	ویژگی	نوع گسل
	کششی	<p>۱- سطح گسل مایل است.</p> <p>۲- فرادیواره نسبت به فرودیواره به سمت پایین حرکت کرده است.</p>	گسل عادی
	فشاری	<p>۱- سطح گسل مایل است.</p> <p>۲- فرادیواره نسبت به فرودیواره، به سمت بالا حرکت کرده است.</p>	گسل معکوس
	برشی	<p>۱- لغزش سنگ‌ها در امتداد سطح گسل است.</p> <p>۲- حرکت قطعات شکسته شده، در امتداد افق است.</p>	گسل امتداد لغز

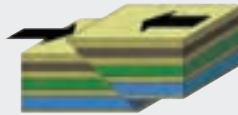


## فکر کنید

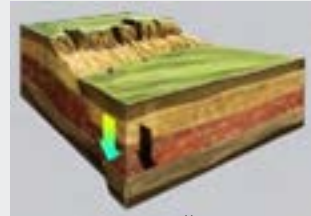
• در هر یک از گسل‌های زیر نوع گسل را مشخص کنید.



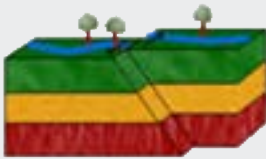
(پ)



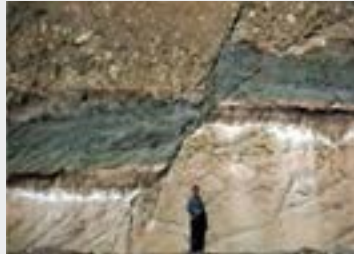
(ب)



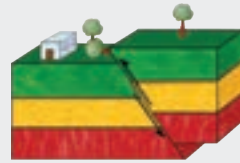
(الف)



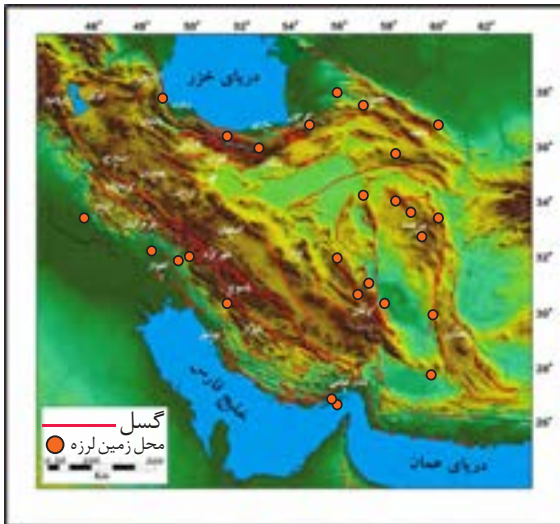
(ج)



(ث)



(ت)

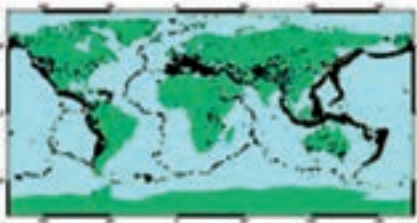


شکل ۲-۶: نقشه خطر زمین لرزه در بخش‌های مختلف ایران. چه ارتباطی بین زمین لرزه‌ها با گسل‌ها دیده می‌شود؟

## زمین لرزه

زمین لرزه، نشانه آشکاری از پویایی زمین است. در هر زمین لرزه، مقدار زیادی انرژی توسط امواج لرزه ای از درون زمین آزاد و باعث جا به جایی و لرزش سنگ کره می شود. نگاهی به نقشه پراکندگی زمین لرزه ها نشان می دهد که توزیع آنها، در همه جا یکسان نیست.

### با هم بیندیشید



- با استفاده از اطلاعات موجود در تصویر روبه رو در مورد پراکندگی جغرافیایی زمین لرزه های جهان، به پرسش های زیر پاسخ دهید:
  - ۱- زمین لرزه ها بیشتر درون ورقه های سنگ کره رخ می دهند یا در حاشیه آنها؟ برای اثبات نظر خود دلیل بیاورید.
  - ۲- محدوده کمربند لرزه خیز آلپ - هیمالیا را مشخص کنید.
  - ۳- در سال نهم با ورقه های سنگ کره آشنا شدید. دو تصویر رو به رو را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه ای می گیرید؟

کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند لرزه خیز آلپ - هیمالیا، همچون سایر مناطق واقع در کمربند های لرزه خیز در کره زمین، تقریباً هر روز شاهد وقوع زمین لرزه در مناطق مختلف می باشد. بسیاری از مناطق مسکونی ایران همچون تبریز، ری، دامغان، نیشابور، طبس و ... بارها توسط زمین لرزه ویران شده اند.

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؟

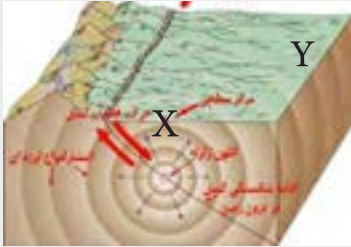
علت اصلی زمین لرزه، حرکت ورقه های سنگ کره است. سنگ های سازنده پوسته در مقابل نیروی وارده، رفتار الاستیک از خود نشان می دهند. چنانچه تنش از مقاومت سنگ فراتر رود، سنگ ها دچار شکستگی می شود و انرژی زمین لرزه از محل شکستگی به صورت امواج لرزه ای، آزاد می شود.

## گفت و گو کنید

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

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

## پاسخ دهید

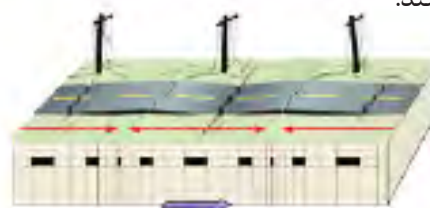


• طرح سه بعدی مقابل، برخی از مشخصات محل وقوع زمین لرزه را نشان می‌دهد. با استفاده از اطلاعات موجود در تصویر، میزان خسارت احتمالی در دو نقطه X و Y را مشخص کنید.

## امواج لرزه‌ای

**امواج درونی:** این امواج در کانون زمین لرزه ایجاد می‌شوند و در داخل زمین منتشر می‌گردند و شامل امواج P و S می‌باشند.

**امواج P (اولیه، طولی):** امواج P، بیشترین سرعت را دارند به همین دلیل، اولین امواجی هستند که توسط دستگاه لرزه نگار ثبت می‌شوند. این امواج، از محیط‌های جامد، مایع و گاز می‌گذرند، سرعت امواج در محیط‌های مختلف، متفاوت است. هر چه تراکم سنگ‌ها بیشتر باشد، امواج سریع‌تر حرکت می‌کنند.

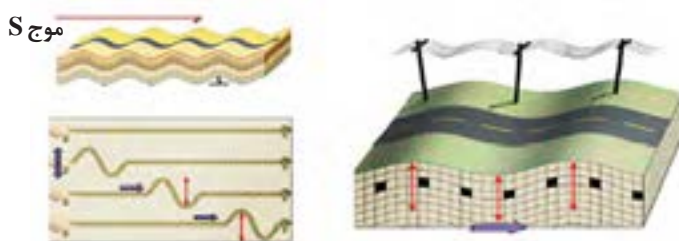


شکل ۳-۶: موج P

۱ - Hypocenter

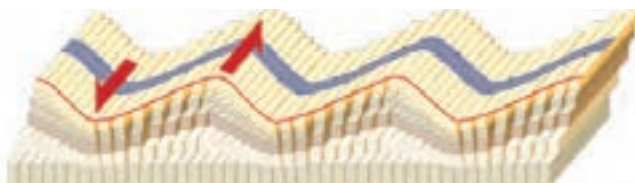
۲ - Epicenter

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



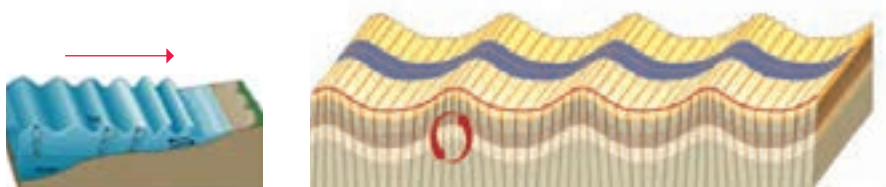
شکل ۴-۶: موج S

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

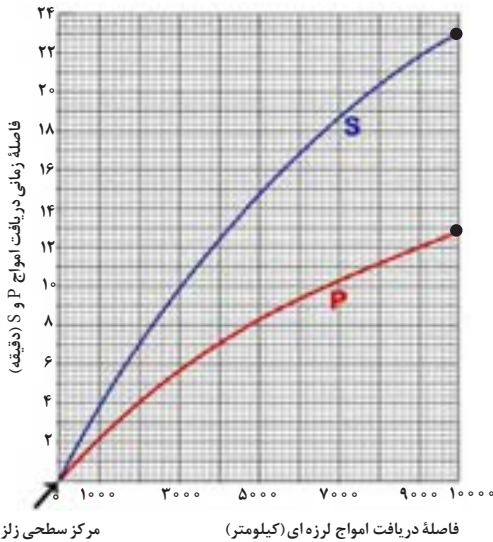


شکل ۵-۶: موج سطحی L

**امواج R:** آخرین امواجی هستند که توسط لرزه نگارها ثبت می‌شوند. حرکت این موج، شبیه امواج دریا است.



شکل ۶-۶: موج سطحی R



امواج زمین لرزه، تا فاصله بسیار طولانی از کانون زمین لرزه منتشر می‌شوند. با ادامه انتشار آنها در فاصله حدود ۱۰۰۰۰ کیلومتری از مرکز سطحی زمین لرزه، پس از آنکه موج P ثبت می‌شود، حدود ۱۰ دقیقه طول می‌کشد تا موج S به این منطقه برسد.

شکل ۷-۶: منحنی امواج P و S

مرکز سطحی زلزله

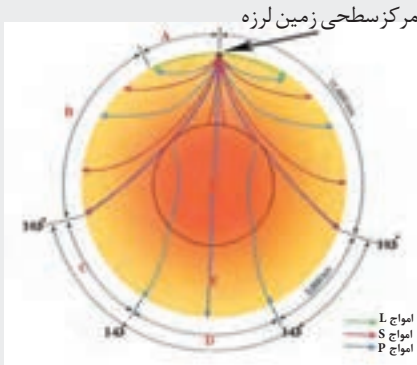
فاصله دریافت امواج لرزه‌ای (کیلومتر)

### پیوند با ریاضی

- جدول زیر، فاصله زمانی ثبت امواج P و S یک زمین لرزه، در سه ایستگاه لرزه نگاری را نشان می‌دهد. مرکز زمین لرزه را تعیین کنید.
- توضیح دهید چرا برای تعیین مرکز سطحی زمین لرزه، لازم است حداقل فاصله زمانی امواج P و S، در سه ایستگاه لرزه نگاری را داشته باشیم؟
- در فاصله ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلومتری، موج S نسبت به P با چه اختلاف زمانی دریافت می‌شود؟

فاصله زمانی بین موج P و S	موقعیت ایستگاه
۲/۵ دقیقه	شمال
۵ دقیقه	جنوب شرقی
۱۲/۵ دقیقه	غرب

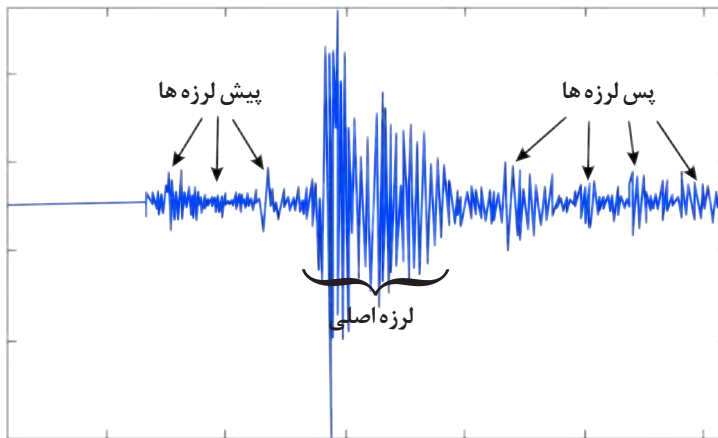
## پاسخ دهید



● با استفاده از اطلاعات موجود در تصویر رو به رو که انتشار امواج زمین لرزه ای در بخش های درون کره زمین را نشان می دهد، به پرسش زیر پاسخ دهید: کدام موج، پس از شکست در مرز هسته خارجی به درون آن وارد نمی شود؟ چرا؟

## شدت و بزرگی زمین لرزه

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.



شکل ۸-۶: گروه لرزه ها

برای توصیف و اندازه گیری زمین لرزه از دو مقیاس شدت و بزرگا استفاده می شود. مقیاس شدت بر حسب مرکالی است که میزان خرابی های ایجاد شده را از ۱ تا ۱۲ طبقه بندی می کند.

## مفاخر جهان



۱۹۸۵-۱۹۰۰ میلادی

• چارلز ریشر لرزه شناس، به دلیل ابداع مقیاس ریشر که در سال ۱۹۷۹ به مقیاس بزرگای گشتاوری ارتقا یافت، مشهور شد. این مقیاس، بزرگای زمین لرزه‌ها را مشخص می‌کند. ریشر با دقت در 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 باهم در مؤسسه تکنولوژی کالیفرنیا کار می‌کردند، اولین بار در سال ۱۹۳۵ از آن برای بیان بزرگای زمین لرزه استفاده کرد.

## بزرگی (بزرگا)

ریشر، واحد اندازه‌گیری بزرگی زمین لرزه است که به افتخار چارلز ریشر نام‌گذاری شده است. وی برای اولین بار، بزرگی زمین لرزه را براساس مقدار انرژی آزاد شده محاسبه کرد. هرچه انرژی آزاد شده، توسط یک زمین لرزه زیادتر باشد ارتعاشات ناشی از آن، شدیدتر و دامنه نوسانات امواج آن زلزله، بزرگ‌تر خواهد بود. بزرگی (بزرگا) زمین لرزه را به کمک اطلاعات لرزه نگار، تعیین می‌کنند. این اطلاعات در حقیقت، همان اندازه‌گیری دامنه امواج زمین لرزه، برحسب میکرون است و ریشر، لگاریتم بزرگ‌ترین دامنه موجی است که در فاصله یک صد کیلومتری از مرکز یک زمین لرزه، توسط لرزه نگار استاندارد ثبت شده باشد. به ازای هر یک واحد بزرگا، دامنه امواج ۱۰ برابر و مقدار انرژی  $31/6$  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.

## پیوند با ریاضی

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

## فکر کنید

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

## آیامی دانید

### برخی پیش‌نشانگرها و پیش‌بینی زمین‌لرزه

به هر پدیده‌ای که قبل از وقوع زمین‌لرزه نشان می‌دهد تغییراتی در زمین در حال ایجاد شدن است؛ به گونه‌ای که بتوان با بررسی دقیق این تغییرات، زمین‌لرزه را پیش‌بینی کرد، پیش‌نشانگر گفته می‌شود.

**انتشار گاز رادن:** تغییر شکل حاصل از تنش، سبب خروج این گازها می‌شود و به مخازن آب زیرزمینی نفوذ می‌کند.

**تغییر در سطح تراز آب زیرزمینی:** سنگ‌ها در مجاورت گسل‌ها، تنش زیادی دریافت می‌کنند و سبب ایجاد تغییر فشار در سطح شکاف‌ها می‌گردد و باعث تغییر سطح آب زیرزمینی می‌شود.

**پیش‌لرزه:** ثبت امواج خفیف موسوم به ریزموج، با افزایش ناگهانی و منظم تعداد آنها، ممکن است نشانه‌ای بر رویداد لرزه‌ای بزرگ‌تر باشد. معمولاً فراوانی آنها با نزدیک شدن به زمان وقوع لرزه اصلی افزایش می‌یابد. هرچند برخی از زلزله‌های بزرگ فاقد پیش‌لرزه بوده و پس از یک دوره کامل آرامش اتفاق افتاده‌اند.

**ناهنجاری در رفتار جانوران:** معمول‌ترین ناهنجاری رفتاری جانوران در هنگام وقوع زمین‌لرزه شامل پروبال زدن پرندگان به صورت هم‌زمان، هیجان‌زدگی جانورانی مانند گربه، موش، خروج مارها از لانه‌ها، زوزه کشیدن سگ‌ها، خروج کرم‌های خاکی و... است. پیش‌بینی زمان دقیق وقوع زمین‌لرزه (به ویژه زمین‌لرزه‌های بزرگ) تاکنون با موفقیت همراه نبوده است. بر مبنای داده‌های علمی، تنها می‌توان احتمال رویداد را برای پتانسیل زمین‌لرزه‌های آینده محاسبه کرد.

## فعالیت

- محل‌های امن نسبت به زمین‌لرزه را در مدرسه و منزل مشخص کنید.



### قبل از وقوع زمین لرزه چه باید کرد؟

- ۱- امکان خطر آتش سوزی، از طریق سیم‌های برق فرسوده، ارتباطات، نشتی لوله‌های گاز و وسایل گازسوز را بررسی کنید.
- ۲- محل فیوز اصلی برق و شیر اصلی گاز و آب را به خاطر بسپارید.
- ۳- وسایل شکستنی از قبیل ظروف شیشه‌ای و چینی، اشیاء و وسایل سنگین را در طبقات پایین قفسه‌ها بگذارید و قفسه‌ها را به دیوار متصل کنید.
- ۴- لامپ‌ها و لوسترهای سقفی را محکم کنید.
- ۵- محل‌های امن خانه، مدرسه یا محل کار خود را پیدا کنید.

### هنگام وقوع چه باید کرد؟

- ۱- اگر خارج از ساختمان یا داخل ساختمان هستید همان جا بمانید زیرا بیشتر آسیب‌دیدگی‌ها مربوط به رفت و آمد افراد در زمان وقوع زمین لرزه است.
- ۲- اگر داخل ساختمان هستید به زیر یک میز محکم، چارچوب در، محل دارای سقف کم وسعت، یا کنار دیوارهای داخلی پناه بگیرید. از پنجره دور شوید. از شمع، کبریت و هرچه 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 چه باید کرد؟

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

### مهم‌ترین علت‌های آسیب‌دیدگی از زمین لرزه

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

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

- ۱- پول نقد، چراغ قوه با باتری‌های اضافی، رادیو و آچار قابل تنظیم
- ۲- جعبه کمک‌های اولیه با داروها و مواد ضروری
- ۳- ظرف پر از آب و کپسول آتش‌نشانی
- ۴- غذاهای کنسرو شده و خشک برای مصرف یک هفته‌ی اعضای خانواده، در بازکن قوطی، کبریت، اجاق گاز قابل حمل (پیک نیک)
- ۵- شماره تلفن پلیس، آتش‌نشانی و اورژانس را به خاطر بسپارید.

## چین خوردگی

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



(ب)



(الف)

شکل ۹-۶: انواع چین، الف) تک شیب ب) تاقدیس و ناودیس

## آتشفشان

امروزه فعالیت‌های آتشفشانی زیادی در جهان در حال وقوع است که حکایت از پویایی زمین دارد. فعالیت آتشفشان‌ها در تمام نقاط کره زمین، داخل خشکی‌ها، در بستر اقیانوس‌ها، زیر دریاها و دریاچه‌های بزرگ صورت می‌گیرد.

مواد خارج شده از آتشفشان‌ها، به صورت جامد (تفرا)، مایع (لاوا یا گدازه) و بخارهای آتشفشانی (فومرول) است.



ب) دماوند



الف) تفتان

شکل ۱۰-۶: دو آتشفشان نیمه فعال ایران با فعالیت فومرولی

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

جدول ۲-۶: اندازه ذرات جامد آتشفشان

اندازه ذرات	نام ذرات
کوچک تر از ۲ میلی‌متر	خاکستر
بین ۲ تا ۳۲ میلی‌متر	لاپیلی
بزرگ تر از ۳۲ میلی‌متر	قطعه سنگ و بمب (دوکی شکل)

در آتشفشان‌های انفجاری، مواد جامد آتشفشانی به هوا پرتاب می‌شوند. از به هم چسبیدن و سخت شدن این مواد، گروهی از سنگ‌های آتشفشانی، به نام سنگ‌های آذرآواری تشکیل می‌شوند.

در صورتی که خاکستر آتشفشانی در محیط‌های دریایی ته‌نشین شوند، توف آتشفشانی حاصل می‌شود. توف‌ها در فوران آتشفشان‌های زیردریایی، به‌خصوص در نقاط کم عمق آب تشکیل می‌شوند؛ به عنوان مثال می‌توان توف‌های سبز البرز را نام برد. توف، یک نوع سنگ آذرآواری است.



شکل ۱۱-۶: سنگ آذرآواری

**گدازه:** گدازه‌ها، مواد مذابی هستند که از دهانه آتشفشان خارج می‌شوند. هرچه گدازه روان تر باشد، مخروط آتشفشان، شیب و ارتفاع کمتری دارد.

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



(پ) خاکستر آتشفشانی



(ب) گدازه



(الف) بمب آتشفشانی

شکل ۱۲-۶: نوع و اندازه متفاوت مواد خروجی از دهانه آتشفشان‌ها

## فواید آتشفشان‌ها

**تشکیل هوا کره:** در گذشته همراه با سرد شدن زمین، بخش زیادی از گازهای درون زمین از طریق فعالیت آتشفشان‌ها، از شکستگی‌ها و منافذ 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:** 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؛ مانند آمریکای مرکزی و اندونزی.

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

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

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



شکل ۱۳-۶: چشمه آب گرم در دامنه آتشفشان بزمان

**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. در کشور ما نیز، اولین نیروگاه زمین گرمایی خاورمیانه در مشکین شهر استان اردبیل تأسیس شده است.



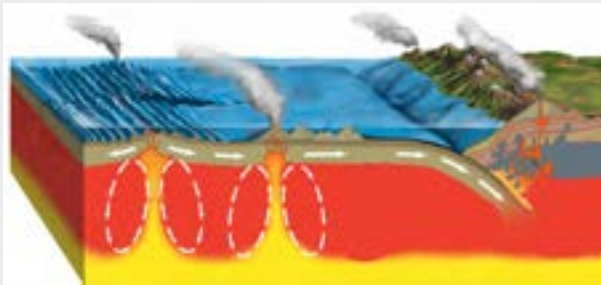
شکل ۱۴-۶: نیروگاه زمین گرمایی مشکین شهر

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



● **ژئوفیزیک:** ژئوفیزیکدانان ها، در مناطق قابل دسترسی، به مشاهده مستقیم می پردازند ولی، برای مطالعه ساختمان درونی زمین، که به راحتی در دسترس نیست و همچنین شناسایی ذخایر و معادن زیرزمینی با استفاده از امواج لرزه ای، بررسی مغناطیس زمین، مقاومت الکتریکی و شدت گرانش سنگ ها، به شناسایی درون آن می پردازند.

● **زمین ساخت (تکتونیک):** زمین شناسی ساختمانی و زمین ساخت، علم شناسایی و بررسی ساختارهای تشکیل دهنده پوسته زمین و نیروهای به وجود آورنده آنهاست. گسل ها، درزه ها، چین ها، و دیگر ساختارهای زمین، نقش مهمی در تجمع منابع زیرزمینی و احداث پروژه های عمرانی دارند. از سوی دیگر، زمین ساخت به مطالعه ساختار درونی زمین، چگونگی تشکیل رشته کوه ها، اقیانوس ها، زمین لرزه ها و ... می پردازد.



متخصصین این رشته ها، در مراکزی مانند سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مؤسسه ژئوفیزیک، پژوهشگاه زلزله، مدیریت بحران، شهرداری ها و ... به کار مشغول می شوند.



بازالت های منشوری - سریشه بیرجند



# فصل هفتم

## زمین شناسی ایران



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





دره ستارگان (قشم)



گنبد نمکی (جاشک)



قله دماوند (مازندران)



گل فشان (چابهار)



گسل (جاده میانه)

## 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 ابرقاره گندوانا و لورازیا بوده‌اند.

تعیین سن سنگ‌های مناطق مختلف ایران نشان می‌دهد که قدیمی‌ترین سنگ‌ها، سنی بین ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ میلیون سال دارند که در مقایسه با سنگ‌های قدیمی یافت شده در آمریکای شمالی، آفریقا، هند، سیبری، استرالیا و عربستان جوان‌تر هستند.

### تحقیق کنید

● قدیمی‌ترین سنگ‌های ایران در کدام مناطق یافت می‌شوند؟

## 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.



موقعیت قاره‌ها و اقیانوس تتیس کهن  
بین ۲۹۰ تا ۴۰۰ میلیون سال پیش

در اوایل پرمین، بر اثر باز شدن قاره گندوانا، تشکیل اقیانوس جدیدی به نام تتیس نوین در بخش جنوبی تتیس کهن، شروع شد. هر چه تتیس نوین بزرگ‌تر می‌شد، تتیس کهن بر اثر فرورانش به سمت جنوب کوچک‌تر می‌شد تا اینکه در ژوراسیک (حدود ۱۸۰ میلیون سال پیش) تتیس کهن کاملاً بسته شد و رشته کوه البرز در ایران تشکیل شد، تتیس نوین به بیشترین وسعت خود رسید. دریای سیاه در شمال ترکیه، بازمانده اقیانوس تتیس کهن است.



موقعیت قاره‌ها و اقیانوس‌های تتیس  
کهن و نوین در حدود ۲۹۰ میلیون  
سال پیش

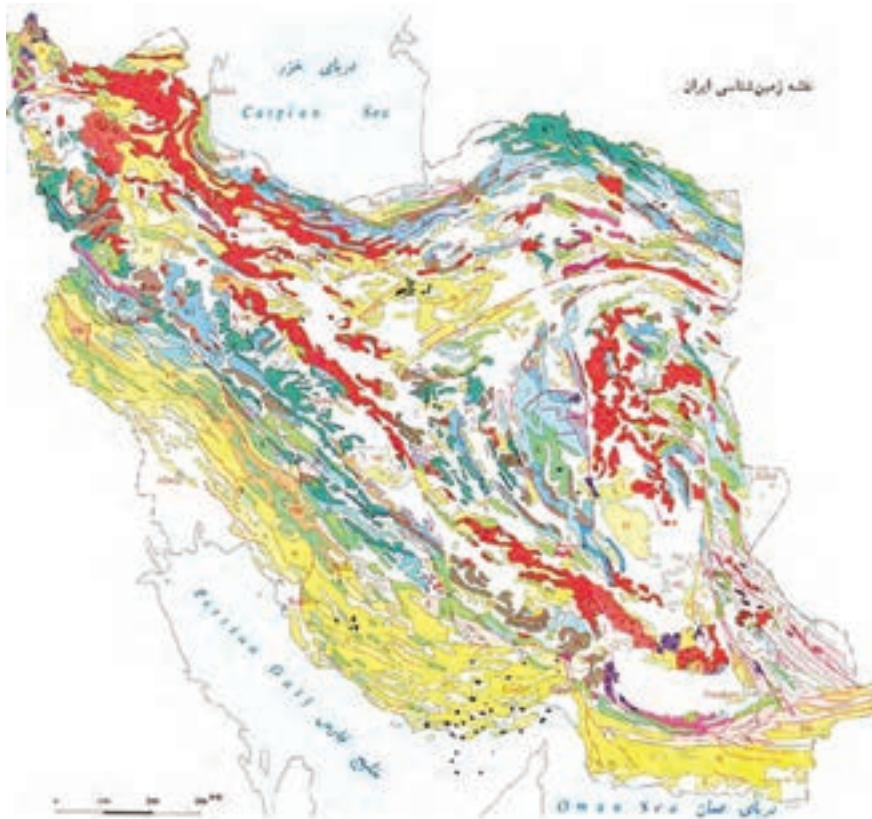
در حدود ۱۰۰ میلیون سال پیش، با باز شدن اقیانوس هند، آفریقا و شبه قاره هند از گندوانا جدا شدند و به سمت شمال حرکت کردند. با این حرکت، اقیانوس تتیس نوین شروع به فرورانش به سمت شمال و به زیر قاره بزرگ شمالی (اوراسیا) کرد و در نهایت در حدود ۶۵ میلیون سال پیش، ورقه عربستان به ایران برخورد کرد و این اقیانوس بسته و شکل‌گیری رشته کوه زاگرس آغاز شد و تاکنون ادامه دارد. دریای خزر و دریاچه آرال، از بازمانده‌های این اقیانوس هستند.



موقعیت قاره‌ها و تتیس نوین در ۱۰۰  
میلیون سال پیش

## نقشه های زمین شناسی

در نقشه های زمین شناسی، جنس و پراکندگی سطحی سنگ ها (شکل ۱-۷)، روابط سنی آنها، وضعیت شکستگی ها و چین خوردگی ها و موقعیت کانسارها و... نمایش داده می شوند.



Q	Quaternary	چهارمین	K	Kerman-Cambrian	پارسیک - کمان	ENIGMA	Enigma	سنگ های انیگما
Q1	Quaternary - Quaternary	چهارمین - چهارمین	J	Jurassic	یوراسیک	A	Andite	سنگ های آندیت
N	Nogro	نورون	WJ	Wost-Jurassic	یوراسیک - ووستاسک	Br	Brachiopods	سنگ های براکیوپود
P	Pliocene	پلیوسن	S	Silurian	سیلورین	St	Stromatolites	سنگ های استروماتولیت
M	Miocene	میوسن	M	Mesozoic	مزوزوئیک	Tr	Trilobites	سنگ های تریلوبیت
OM	Oligocene-Miocene	اولیگوسن - میوسن	PM	Permian-Mesozoic	پریمین - مزوزوئیک	U	Utricularia	سنگ های اوتریکولاریا
OP	Oligocene - Oligocene	اولیگوسن - اولیگوسن	P	Permian	پریمین	V	Volcanic	سنگ های آتشفشانی
O	Oligocene	اولیگوسن	Py	Pyrenean	پیرنی	W	Wolframite	سنگ های وولفرامیت
E	Eocene	ئوسن	C	Carboniferous	کربن	Opt	Opticite Melting	سنگ های اوبتیکیت
EE	Eocene-Eocene	ئوسن - ئوسن	E	Eocene	ئوسن			
C	Cretaceous	کرتاسه	EO	Eocene-Oligocene	ئوسن - اولیگوسن			
EO	Eocene-Oligocene	ئوسن - اولیگوسن	F	Fluvial	فلویال			
LO	Lower Oligocene	کرتاسه پایین	S	Salt Domes	کوه های نم			

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

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

اشتوکلین، از پیشگامان مطالعات نوین زمین‌شناسی در ایران است. برای نخستین بار اشتوکلین، ایران را به چند بخش جداگانه تقسیم‌بندی کرد. این تقسیم‌بندی، مبنایی برای کار پژوهشگران بعدی شد. در ادامه، با آگاهی‌های بیشتر از ویژگی‌های زمین‌شناختی ایران، تقسیم‌بندی‌های جامع‌تری ارائه گردید.

### مفاخر جهان



۲۰۰۸-۱۹۲۱ میلادی

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

اشتوکلین به مدت ۲۷ سال از عمر خود را در ایران گذراند، به همهٔ نقاط ایران سفر کرد و به مطالعه زمین‌شناسی پرداخت و برای اغلب نقاط با همکاری بسیاری از زمین‌شناسان ایران، نقشه‌های زمین‌شناسی را تهیه و تعداد زیادی از کانسارها و منابع نفت و گاز در خشکی را کشف کرد.

وی در زمان اقامت و کار در ایران، با سفر به مناطق بکر و ناشناخته، با کمترین امکانات و با مسافرت در دشت‌ها، کوه‌ها، نمکزارها و مناطق خطرناک، مطالعات زمین‌شناسی را انجام داد. وی که در کودکی، آرزوی دیدن شتر را در سر داشت، به گفته خودش، به مراد خود رسید و در بیشتر عملیات صحرایی خود



در مناطق دشوار کوهستانی و بیابانی، با استفاده از شتر، این مطالعات را در شرایط دشوار آب و هوایی از سرمای کوهستان تا گرمای مناطق کویری با شوق وافر انجام داد.

اشتوکلین، علاقه بسیاری به ایران داشت، به طوری که کمتر فرد خارجی را می توان یافت که تا این حد به ایران و ایرانیان عشق ورزیده باشد. در سال ۱۳۵۴، به این نتیجه رسید که وظیفه او در تربیت زمین شناسان خبره به انجام رسیده و بنابراین برای خدمت در کشور نپال عازم آنجا شد؛ اما، همچنان علاقه به ایران، در او وجود داشت تا اینکه در سال ۱۳۵۵ بار دیگر برای سرپرستی بخش اکتشاف در سازمان انرژی اتمی ایران، از وی دعوت به کار شد و او با اشتیاق پذیرفت، زیرا به گفته وی، فرزندانش، ایران را بیشتر از سوئیس، وطن خود می دانستند و به آن علاقه داشتند. پس از پایان این مأموریت، با چشمانی اشکبار عازم سوئیس شد.

اشتوکلین در سال ۲۰۰۶ میلادی خاطرات زندگی هشتاد و چند ساله اش را در یک نوشتار ۱۷۰ صفحه‌ای به نام «ایران، خاطرات یک زمین شناس» تدوین و تنظیم کرد و آن را به چهار فرزندش که در ایران متولد شده‌اند، هدیه کرده است. این کتاب با نام «سرزمین پارس، خاطرات و نوشته‌های یک زمین شناس - یووان اشتوکلین» به فارسی ترجمه و توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور منتشر شده است. یووان اشتوکلین در ۱۵ آوریل ۲۰۰۸ میلادی (۲۷ فروردین ۱۳۸۷ ه. ش) در خانه اش در شهر کوچکی در سوئیس، چشم از جهان فرو بست.

یاد و خاطره اش گرامی باد.

او در بخشی از کتاب خاطرات خود می نویسد:

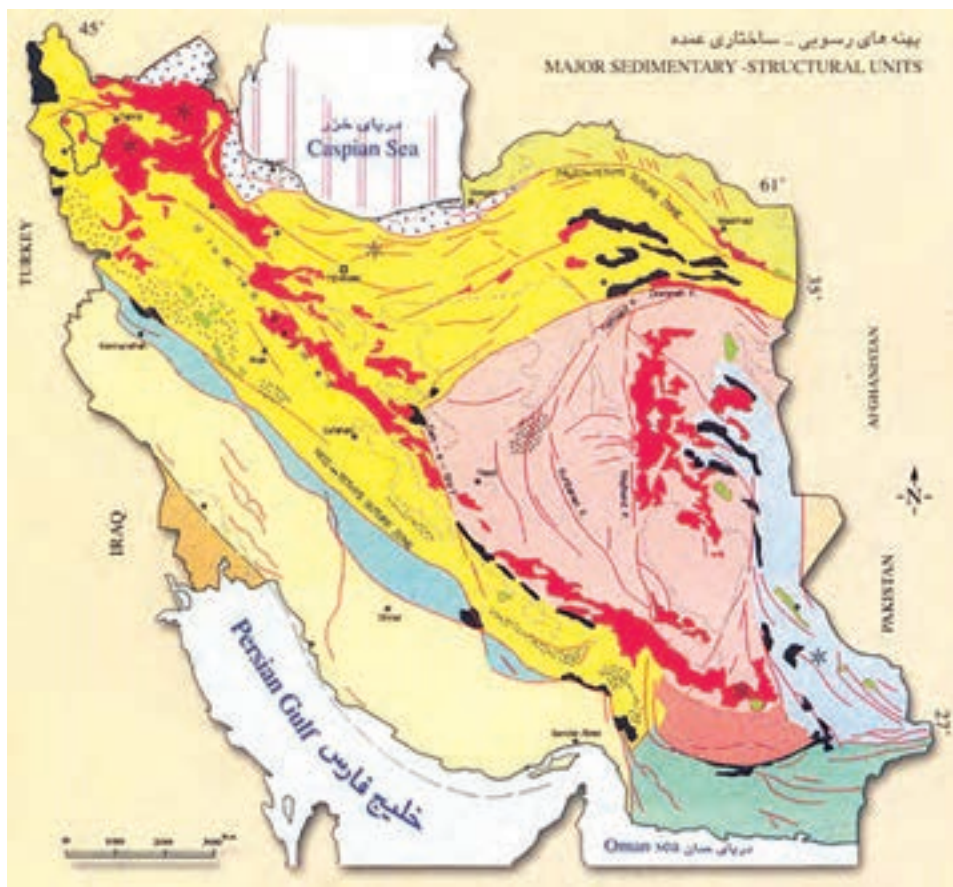
«... همسرم الیزابت نیز به ایران علاقه زیادی پیدا کرده بود، سه دخترم تبینا، فرانسیسکا و آنژلا و آخرین فرزند که پسری به نام ژرژ است، همگی در ایران متولد شده‌اند. ایام کودکی و نوجوانی آنها در منزل‌هایی که اجاره کرده بودم در داودیه، دزاشیب و نیوران سپری شده، آنها همیشه از خاطراتشان می گویند. از مدرسه‌ای در قلهک که در آنجا درس خوانده‌اند، خانواده‌ها و بچه‌های هم کلاسی ایرانی که با آنها دوست شده‌اند. ما همگی با همه گوشه‌های ایران طی بیست و هفت سال اقامت در این کشور آشنا شدیم. ... علی، راننده سابق و باوفای من در سازمان زمین شناسی که چند سال بعد با تأثر شنیدم تنها فرزند پسرش در جنگ با عراق شهید شده، مرا به فرودگاه مهرآباد برد. به هنگام خداحافظی و روبوسی با من گونه‌هایش 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 زندگی‌نامه نزدیک به سی سال اقامتم در ایران را مرور می کردم.

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

## برخی مشخصات پهنه های زمین ساختی در ایران

نام پهنه	سنگ های اصلی	منابع اقتصادی	ویژگی ها
زاگرس	سنگ های رسوبی	ذخایر نفت و گاز	تاقدیس ها و ناودیس های متوالی
سنندج - سیرجان	سنگ های دگرگونی	معادنی مانند: سرب و روی ایرانکوه	انواع سنگ های دگرگونی
ایران مرکزی	سنگ های رسوبی آذرین - دگرگونی	معادنی مانند: آهن چغارت و روی مهدی آباد	سنگ هایی از پرکامبرین تا سنوزوییک
پهنه البرز	سنگ های رسوبی	رگه های زغال سنگ	دارای دو بخش شرقی - غربی دارای قله دماوند
پهنه شرق و جنوب شرق ایران	سنگ های آذرین و رسوبی	معادنی مانند: منیزیت - مس	دشت های پهناور، خشک و کم آب فرورانش پوسته اقیانوسی دریای عمان به زیر ایران در منطقه مکران
کپه داغ	سنگ های رسوبی	ذخایر عظیم گاز	توالی رسوبی منظم
سهلند - بزمان (ارومیه - دختر)	سنگ های آذرین	ذخایر فلزی	فرورانش تتیس نوین به زیر ایران مرکزی





شکل ۲-۷: نقشه پهنه بندی رسوبی - ساختاری عمده در ایران

### جمع آوری اطلاعات

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

## منابع معدنی ایران

در فصل ۲ خواندید که منابع معدنی، زیربنای اقتصاد و توسعه کشورها بوده، و بدون این منابع، زندگی دشوار است. اگر کشوری، مواد معدنی مورد نیاز خود را نداشته باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟ آنها را چگونه تأمین می‌کند؟ آیا می‌دانید ایران از نظر ذخایر معدنی چه جایگاهی در جهان دارد؟ آیا ما تمام مواد معدنی مورد نیاز را در کشور داریم؟

ایران، دارای ذخایر معدنی مهم و قابل توجهی است که آن را از بسیاری از کشورهای جهان و حتی از برخی کشورهای همسایه متمایز می‌کند. فعالیت‌های معدنی در ایران به‌طور گسترده در بیشتر نقاط کشور انجام می‌شود و نقش مهمی در اقتصاد کشور دارد. معدن کاری در ایران، قدمت زیادی دارد به طوری که در هر گوشه ایران، آثار معدن کاری قدیمی (یا در اصطلاح معدنی، شَدّادی) دیده می‌شود.

### جمع آوری اطلاعات

• در مورد معادن شَدّادی استان خود تحقیق کنید.

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

### بیشتر بدانید

• ایران با حدود ۳۲٪ از مساحت کل کره زمین، حدود ۷ درصد ذخایر معدنی جهان را داراست. بیش از ۵۰ ماده معدنی در کشور تولید می‌شود. ایران در برخی مواد معدنی، در جهان رتبه‌های بالایی دارد. مقدار کل ذخایر شناسایی شده قطعی ایران، حدود ۳۷ میلیارد تن برآورد شده است که بخشی از آن در حال استخراج است. در حال حاضر حدود ۵۰۰۰ معدن بزرگ و کوچک فلزی و غیرفلزی در کشور فعال هستند.



برخی معادن بزرگ ایران و موقعیت آنها

شهرستان	استان	نام معدن	عنصر / ماده معدنی
سیرجان	کرمان	گل گهر	آهن
بافق	یزد	چُغارت، چادرملو، سه چاهون	
خواف	خراسان رضوی	سنگان	
رفسنجان	کرمان	سرچشمه	مس
شهر بابک	کرمان	میدوک	
اهر	آذربایجان شرقی	سونگون	
کاشمر	خراسان رضوی	تکنار	
تفت	یزد	علی آباد و دره زرشک	
بیرجند	خراسان جنوبی	قلعه زری	
مهریز	یزد	مهدی آباد	سرب و روی
فیروزآباد	فارس	سورمه	
اصفهان	اصفهان	ایرانکوه	
شازند	مرکزی	عمارت	
ملایر	همدان	آهنگران	
جیرفت	کرمان	اسفندقه	کروم
سبزواری	خراسان رضوی	سبزواری	
نیریز	فارس	خواجه جمالی	

شهرستان	استان	نام معدن	عنصر / ماده معدنی
قم	قم	ونارچ	منگنز
رباط کریم	تهران	رباط کریم	
گلپایگان	اصفهان	موته	طلا
تکاب	آذربایجان غربی	زرشوران	
قروه	کردستان	ساری گونای	
سردشت	آذربایجان غربی	باریکا	
نیشابور	خراسان رضوی	نیشابور	فیروزه
دامغان	سمنان	باغو	
شاهرود	سمنان	طرود	آمتیست
جیرفت	کرمان	اسفندقه	گارنت

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



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



معدن مس - مولیبدن سونگون (اهر)



نمایی از معدن طلای زرشوران (تکاب)



نقشه پراکندگی ذخایر فلزی در ایران (نقاط رنگی)

حفاری اولین چاه نفت خاورمیانه از سال ۱۲۸۶ ه.ش در شهر مسجد سلیمان در استان خوزستان در منطقه‌ای به نام میدان نفتون آغاز شد و در ۵ خرداد ۱۲۸۷ ه.ش به نفت رسید. این چاه ۳۶۰ متر عمق داشت که از آن روزانه ۳۶۰۰۰ لیتر نفت استخراج می‌شد. نیروی محرکه ماشین‌های استخراج نفت از این چاه از بخار آب تأمین می‌شد. این چاه به «چاه شماره یک» معروف است و هم‌اکنون در شهر مسجد سلیمان به صورت موزه، تحت نظارت شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب قرار دارد.



شکل ۳-۷: اولین چاه حفاری شده در ایران - مسجد سلیمان

ذخایر نفت ایران به‌طور عمده در لایه‌های سنگ آهک قرار دارند. برخی از میدان‌های مهم نفت‌ایران در جدول ارائه شده است.

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

برخی از مشخصات میدان‌های مهم نفتی ایران

رتبه	نام میدان	ذخیره درجا (میلیارد بشکه)	ذخیره قابل برداشت (میلیارد بشکه)	تولید روزانه (هزار بشکه)
۱	میدان نفتی اهواز	۶۵/۵	۳۷	۷۵۰/۰۰۰۰
۲	میدان نفتی گچساران	۵۲/۹	۲۳/۷	۴۸۰/۰۰۰۰
۳	میدان نفتی مارون	۴۶/۷	۲۱/۹	۵۲۰/۰۰۰۰
۴	میدان نفتی آزادگان	۳۳/۲	۵/۲	۴۰/۰۰۰۰
۵	میدان نفتی آغاچاری	۳۰/۲	۱۷/۴	۳۰۰/۰۰۰۰
۶	میدان نفتی رگ سفید	۱۶/۵	۳/۴۴	۱۸۰/۰۰۰۰
۷	میدان نفتی آب تیمور	۱۵/۲	۲/۶	۶۰/۰۰۰۰
۸	میدان نفتی سروش	۱۴/۲	۱۰	۴۶/۰۰۰۰
۹	میدان نفتی کرج	۱۱/۲	۵/۷	۲۳۷/۰۰۰۰
۱۰	میدان نفتی بی‌بی حکیمه	۷۰۵۹	۵/۶۷	۱۲۰/۰۰۰۰

میدان‌های گاز پارس جنوبی در خلیج فارس و خانگیران در منطقه سرخس، از مهم‌ترین میدان‌های گازی ایران هستند.



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

### گسل‌های اصلی ایران

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



شکل ۵-۷: نقشه گسل‌های اصلی ایران

## پاسخ دهید

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

## آتشفشان های ایران

مهم ترین کوه های آتشفشانی ایران، دماوند، تفتان، بزمان، سهند و سبلان هستند. دماوند، بلندترین قله آتشفشانی ایران، در چند میلیون سال پیش فعال بوده و آثار فعالیت های آن هنوز به صورت خروج گاز های گوگردی در دامنه های نزدیک دهانه آتشفشان دیده می شود. بیشتر فعالیت های آتشفشانی جوان، در دوره کواترنری در ایران، آتشفشان هایی هستند که در امتداد نوار ارومیه - پل دختر قرار دارند.



شکل ۶-۷: نقشه پراکنده گی قله های آتشفشانی در ایران



(ت)



(پ)



(ب)



(الف)

شکل ۷-۷: (الف) قله دماوند (ب) خروج گاز از دهانه دماوند (پ) قله بزمان (ت) چشمه های آبگرم بزمان



## بیشتر بدانید

● **دماوند:** آتشفشان مخروطی شکل دماوند با ارتفاع ۵۶۷۱ متر، در بخش میانی رشته کوه البرز، بارزترین فعالیت آتشفشانی دوره کواترنری در ایران است. دامنه کوه دماوند پوشیده از جریان گدازه‌هایی به وسعت ۴۰۰ کیلومتر مربع است. جدیدترین گدازه‌ها در دامنه غربی مخروط قرار گرفته‌اند و روی همین دامنه است که به‌طور محلی مخروط‌هایی از خاکستر وجود دارد. در ارتفاع ۱۰۰ متر پایین‌تر از قله، در ضلع جنوبی دماوند، خروج گازها نمایان می‌شوند. 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 هنوز بخارهای گوگرد خارج می‌شود. در ورودی حفره‌های آتشفشانی بلورهای گوگردی خالص به وفور دیده می‌شوند. نزدیک‌ترین شهر به تفتان، خاش است. تپت در زبان بلوچی به معنای گرما و تفتان، برگرفته شده از تپتان است.

## زمین‌گردشگری<sup>۱</sup>

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 (شکل ۸-۷). به همین دلیل زمین‌گردشگری می‌تواند در کشورمان، جایگاه اقتصادی ویژه‌ای داشته باشد.



شکل ۸-۷: 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، به‌عنوان میراث زمین‌شناختی معرفی می‌شوند.

### تحقیق کنید

۱- زمین‌گردشگری چگونه در رونق اقتصادی کشور تأثیر می‌گذارد و شما در زمینه حفاظت از آن چه نقشی می‌توانید داشته باشید؟

۲- یکی از جاذبه‌های زمین‌گردشگری در اطراف محل سکونت خود را به کلاس معرفی کنید.

### ژئوپارک

برای حفاظت از جاذبه‌های میراث زمین‌شناختی در یک محدوده و بهره‌برداری درست از آنها ایجاد می‌شود. ژئوپارک، یک محدوده مشخص است که در آن، میراث زمین‌شناختی با جاذبه‌های طبیعی و فرهنگی ویژه واقع شده است. در هر ژئوپارک، مردم آن منطقه با آموزش‌هایی که می‌بینند در حفاظت از جاذبه‌های زمین‌شناختی، طبیعی و فرهنگی همکاری و از این جاذبه‌ها، برای گردشگری بهره‌برداری و کسب درآمد می‌کنند. ژئوپارک باعث می‌شود که جامعه محلی، رشد و رونق اقتصادی و فرهنگی داشته باشد و میراث طبیعی و فرهنگی آنها حفظ شود. اکنون در کشور ما ژئوپارک جزیره قشم به ثبت جهانی رسیده است. با برنامه‌ریزی‌های انجام شده و بر اساس مطالعات علمی و گردشگری، در سال‌های آینده، تعداد ژئوپارک‌های کشورمان افزایش خواهد یافت.



شکل ۹-۷: دره ستارگان ژئوپارک قشم



شکل ۱۱-۷: چشمه باداب سورت ساری



شکل ۱۰-۷: غار علیصدر همدان



شکل ۱۲-۷: کوه‌های مریخی چابهار



شکل ۱۳-۷: هوازدگی در روستای وردیج تهران



## علم، زندگی، کار آفرینی

● **ژئوتوریسم:** اخیراً رشته جدیدی در گردشگری طبیعت به وجود آمده که توجه اصلی آن به میراث زمین‌شناختی است. این رشته را زمین‌گردشگری یا ژئوتوریسم نام گذاری کرده‌اند. هدف اصلی در زمین‌گردشگری، تماشا و شناخت پدیده‌های زمین‌شناختی است. البته هدف‌های بیشتری در زمین‌گردشگری دنبال می‌شوند.

برخلاف اکوتوریسم که جاذبه‌های طبیعت جاندار را در مرکز توجه قرار داده است، این صنعت به‌طور کلی با جاذبه‌های طبیعت بی‌جان سروکار دارد. مخاطبان زمین‌گردشگری نه تنها متخصصان و کارشناسان زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، بلکه گردشگران عادی و علاقه‌مندان طبیعت هستند. در جریان فعالیت‌های زمین‌گردشگری، بازدیدکنندگان ضمن بازدید از پدیده‌های زیبا و ویژه زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، با مبانی پیدایش آنها آشنا می‌شوند و اهمیت وجودی آنها را در می‌یابند.

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



## فارسی

- ۱- آقائباتی، ع ۱۳۸۴ زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران
- ۲- اخروی، ر، ۱۳۸۲، زمین‌شناسی فیزیکی، انتشارات مدرسه
- ۳- صداقت، محمود، ۱۳۸۲، «زمین و منابع آب»، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۴- عباس نژاد، احمد، ۱۳۸۴، «خاک‌شناسی برای زمین‌شناسان»، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- ۵- علیزاده، امین، ۱۳۸۳، «اصول هیدرولوژی کاربردی»، انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۶- قبادی، محمدحسین، ۱۳۸۵، «مبانی زمین‌شناسی مهندسی»، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا.
- ۷- مایکل پرایس، ۱۳۷۰، «مقدمه‌ای بر آب زیرزمینی»، ترجمه ولایتی و رضایی، انتشارات خراسان.
- ۸- مدبری، س. ۱۳۸۴، زمین‌شناسی نفت، مرکز نشر دانشگاهی
- ۹- معماریان، حسین، ۱۳۸۴، «زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک»، انتشارات دانشگاه تهران.

## لاتین

- ۱۰-Klein, C., & Philpotts, A. R. (2013). Earth materials: introduction to mineralogy and petrology. Cambridge University Press.
- ۱۱-Kesler, S. E., & Simon, A. C. (2015). Mineral resources, economics and the environment. Cambridge University Press.
- ۱۲-Leonard Capper, P. and Fisher Cassie, W., 1976, " The Mechanics of Engineering Soils", Spon LTD.
- ۱۳-Selinus, O., & Alloway, B. J. (2013). Essentials of medical geology. Springer.
- ۱۴-Stampfli, G. M., Hochard, C., Vérard, C., & Wilhem, C. (2013). The formation of Pangea. Tectonophysics, 593, 1-19
- ۱۵-Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K. & Tasa D. (2014). Earth: an introduction to physical geology. Pearson Pub.
- ۱۶-Todd, D. K. and Mays, L. W., 2005, " Groundwater Hydrology", John Wiley.

۱۷- سایت های 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 به‌عنوان 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 نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و 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 شرکت‌کننده در اعتبارسنجی کتاب زمین‌شناسی کد ۱۱۱۲۳۷

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	افسر علاییان	یزد	۲۳	افسانه عزیزیان	ایلام
۲	معصومه حیدریان	همدان	۲۴	سید علیرضا فلاح	شهرستانهای تهران
۳	محمد حسین سیف	همدان	۲۵	خدیدجه امانی هفشجانی	البرز
۴	سیده فاطمه مرتضوی	چهارمحال و بختیاری	۲۶	سالار 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	نجیمه غلامی	هرمزگان
۹	غلامرضا زاهدی پور	خراسان جنوبی	۳۱	محمد حسین صمدی	کردستان
۱۰	فضل الله ایمانیان	اصفهان	۳۲	سمیه محمدی	آذربایجان غربی
۱۱	معصومه مجملی زانی	اصفهان	۳۳	رقیه موید	آذربایجان شرقی
۱۲	ملکه سادات سجادی	قزوین	۳۴	شینم لقاغان	آذربایجان شرقی
۱۳	اعظم داستان	ازبیل	۳۵	علی اکبر احمدی	خراسان رضوی
۱۴	زهرا پسران	فارس	۳۶	روح الله زبیرم	ایلام
۱۵	محمدهادی رنوفی زاده	هرمزگان	۳۷	مریم اکاتی	سیستان و بلوچستان
۱۶	علی یاری	شهر تهران	۳۸	حسینعلی چهارنایی	گلستان
۱۷	فاروق ایزدی	کرمانشاه	۳۹	کامران اسماعیلی	چهارمحال و بختیاری
۱۸	عظیمه رهبر کوهی	گیلان	۴۰	وجیه حبیبی	کرمانشاه
۱۹	مریم رفیعی	فارس	۴۱	عبدالرحمان چمن آرا	کهگ - یلویه وبوبراحمد
۲۰	فاطمه نقدی	شهر تهران	۴۲	مریم ستوده	کهگیلویه وبوبراحمد
۲۱	منصوره ایرانش	کرمان	۴۳	ناهید یزدانفر	شهر تهران
۲۲	محمد عقابی	خراسان جنوبی	۴۴	شهلا مغزی نجف آبادی	خراسان جنوبی



معلمان محترم، صاحب نظران، دانش آموزان عزیز و اولیای آنان می توانند نظر اصلاحی خود را در باره مطالب

این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۴۸۷۴ - گروه درسی مربوط و یا پیام نگار (Email)

talif@talif.sch.ir ارسال نمایند.

دقتاً تألیف کتاب های درسی عمومی و متوسط نظری

