بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

زمین‌شناسی

رشته‌های علوم تجربی ـ ریاضی و فیزیک

پایهٔ یازدهم

دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: زمین‌شناسی ـ پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه ـ 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: محمدحسن بازوبندی، هاله تیمورزاده، فرزانه رجایی، مریم عابدینی و حمیدرضا ملک محمدی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

محمدحسن بازوبندی، بهروز صاحب‌زاده، مریم عابدینی، ناهید کرباسیان، سروش مدبری، حمیدرضا ناصری و با همکاری احمد حسینی (اعضای گروه تألیف) ـ علی‌اکبر احمدی، فرزانه رجایی، رضا سنگ‌قلعه، ابراهیم شریفی تشنیزی، مریم عابدینی، رزیتا عسگری گرمی (اعضای گروه بهسازی و غنی‌سازی) ـ مریم عابدینی (ویراستار علمی) ـ علی‌اکبر میرجعفری (ویراستار ادبی)

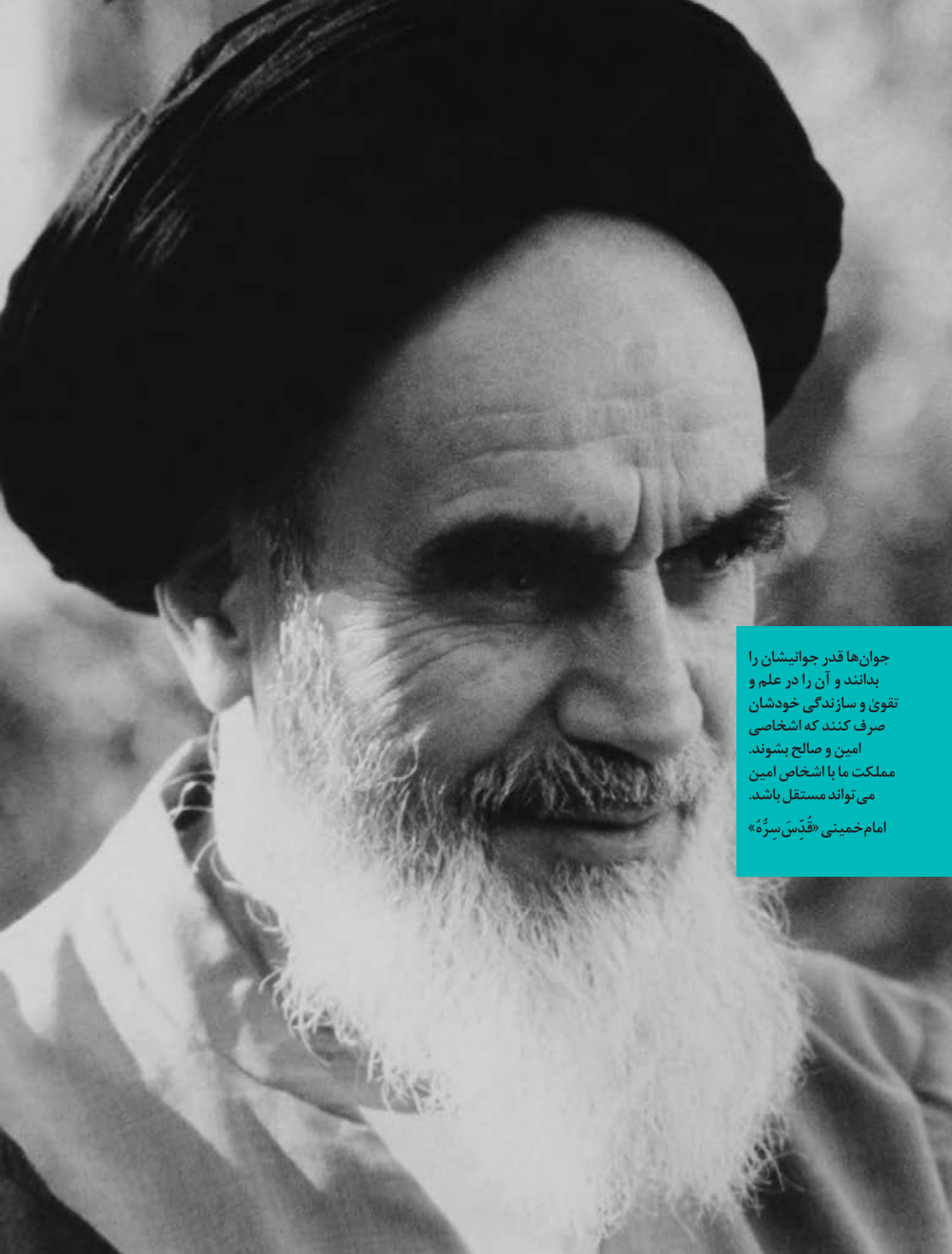
مدیریت آماده‌سازی هنری: اداره کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) ـ جواد صفری (مدیر هنری، طراح گرافیک)ـ مریم وثوقی انباردان (صفحه‌آرا)ـ علیرضا امری کاظمی (عکاس) ـ الهام محبوب (رسام) ـ فاطمه باقری‌مهر، شاداب ارشادی، علیرضا ملکان، فاطمه پزشکی و ناهید خیام‌باشی (امور آماده‌سازی)

نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن:۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وبگاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران تهران: کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵

چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ هشتم ۱۴۰۳

شابک ۱ـ۰۵ـ۲۸۰۵ـ۰۵ـ۹۶۴ـ۹۷۸
ISBN: 978-964-05-2805-1



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

امام خمینی «قُدِّسَ سِرُّهُ»

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 به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع، بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست

فصل اوّل: آفرینش کیهان و تکوین زمین ۹
- آفرینش کیهان ۱۰
- فرایند آفرینش جهان ۱۰
- تشکیل عناصر ۱۱
- کهکشان راه شیری ۱۳
- سامانه خورشیدی ۱۴
- تکوین زمین و آغاز زندگی در آن ۱۴
- سن زمین ۱۶
- زمان در زمین‌شناسی ۱۹
- تغییرات آب‌وهوایی ۲۰

فصل دوم: منابع معدنی و ذخایر انرژی، زیربنای تمدن و توسعه ۲۳
- منابع معدنی در زندگی ما ۲۴
- غلظت عناصر در پوستهٔ زمین ۲۴
- کانی‌های سیلیکاتی ۲۵
- سری واکنشی بوون ۲۷
- کانه ۲۸
- کانسنگ ۲۸
- طبقه‌بندی کانسنگ‌ها ۲۹
- اکتشاف معدن ۳۱
- استخراج معدن و فراوری ماده معدنی ۳۱
- گوهرها، زیبایی شگفت‌انگیز دنیای کانی‌ها ۳۲
- سوخت‌های فسیلی ۳۵

فصل سوم: منابع آب و خاک ۴۱
- آب جاری ۴۲
- آب زیرزمینی ۴۴
- فرونشست زمین ۵۲
- منابع خاک ۵۳
- فرسایش ۵۴

فصل چهارم: پویایی زمین ۵۹
- چرخهٔ ویلسون ۶۰

- تنش ۶۲
- چین‌خوردگی ۶۴
- آتشفشان ۶۵
- گاز و بخارهای آتشفشانی ۶۶
- فواید آتشفشان‌ها ۶۷
- زمین‌لرزه ۶۷
- امواج لرزه‌ای ۶۹
- مقیاس اندازه‌گیری زمین‌لرزه ۷۱
- پیش‌بینی زمین‌لرزه ۷۲
- ایمنی در برابر زمین‌لرزه ۷۳

فصل پنجم: زمین‌شناسی و سلامت **۷۷**

- زمین‌شناسی پزشکی ۷۸
- چرخه بیوژئوشیمیایی ۷۹
- تقسیم‌بندی بیوشیمیایی عناصر ۷۹
- منشأ بیماری‌های زمین‌زاد ۸۲
- اثرات توفان‌های گردوغبار و ریزگردها ۸۸
- کاربرد کانی‌ها در داروسازی و صنایع بهداشتی ۹۰

فصل ششم: زمین‌شناسی و سازه‌های مهندسی **۹۳**

- مکان‌یابی سازه‌ها ۹۴
- نحوه به‌دست آوردن اطلاعات زمین‌شناسی ۹۵
- عوامل مؤثر بر مکان یابی سازه‌ها ۹۶
- مکان مناسب برای ساخت سد ۱۰۱
- مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی ۱۰۲
- مکان‌یابی مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی ۱۰۴
- شاخص‌های مهندسی مصالح ۱۰۵
- مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها ۱۰۵

فصل هفتم: زمین‌شناسی ایران **۱۰۹**

- تاریخچه زمین‌شناسی ایران ۱۱۰
- نقشه‌های زمین‌شناسی ۱۱۲
- پهنه‌های زمین‌شناسی ایران ۱۱۳
- منابع معدنی و ذخایر انرژی ایران ۱۱۵
- توان معدنی پهنه‌های زمین‌شناسی ایران ۱۱۸
- ذخایر نفت و گاز ایران ۱۱۹
- گسل‌های ایران ۱۲۱
- آتشفشان‌های ایران ۱۲۲
- زمین‌گردشگری ۱۲۲
- ژئوپارک ۱۲۳
- واژه‌نامه ۱۲۶

منابع **۱۲۷**

پیشگفتار

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

از آنجایی که بسیاری از مطالب زمین‌شناسی مانند چرخهٔ آب و سنگ، نظریه زمین ساخت ورقه‌ای، نجوم و ساختمان درونی زمین در دورهٔ 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 کتاب های علوم تجربی پایه‌های تحصیلی قبلی خوانده‌اند را مورد مطالعه قرار دهید.

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

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

در فعالیت فکر کنید، دانش‌آموز با توجه به مطالب موجود در کتاب قادر به پاسخگویی آن می‌باشد.

در فعالیت جمع‌آوری اطلاعات، دانش‌آموزان با مراجعه به منابع مختلف، مطالب بیشتری راجع به آن موضوع درسی جمع‌آوری کرده و به اشکال مختلف (گزارش، پوستر، روزنامه دیواری و پرده‌نگار) در کلاس ارائه می‌دهند.

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

در بیشتر بدانیدها، فعالیت‌های تکمیلی، جمع‌آوری اطلاعات و آشنایی با دانشمندان علوم زمین در ایران و جهان دانش‌آموز به دانش‌افزایی می‌پردازد. این بخش‌ها در ارزشیابی دانش‌آموزان قرار نمی‌گیرند.

نظرسنجی کتاب درسی

زمان
۱۳/۸ میلیارد سال
رخداد مه‌بانگ
شکل‌گیری ستارگان

مزوزوئیک
پالئوزوئیک
پرکامبرین
سنوزوئیک
پالئوژن - نئوژن
کواترنری
رخداد مه بانگ
کهکشان راه شیری
تشکیل سامانه خورشیدی

فصل ۱

آفرینش کیهان و تکوین زمین

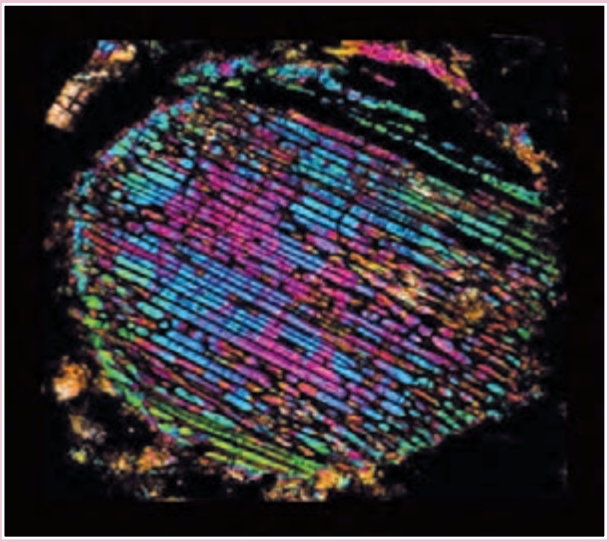
«وَالسَّماءَ بَنَیْناها بِأَیْدٍ وَإِنّا لَمُوسِعُونَ وَالْأَرْضَ فَرَشْناها فَنِعْمَ الْماهِدُونَ»

و آسمان را با قدرتی وصف‌ناپذیر بناکردیم و آن را گسترش دادیم و زمین را گسترانیدیم، پس چه نیکو گسترش دهنده‌ایم.

سورهٔ ذاریات ـ آیه‌های ۴۷ و ۴۸

ذهن کنجکاو بشر، همواره به دنبال کشف اسرار شگفت‌انگیز جهان هستی است. مشاهدهٔ منظرهٔ 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، سیّاره‌ها و اجرام دیگر 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 وسیلهٔ کاوشگران شناسایی شده‌اند و برخی دیگر، تاکنون حتی رصد هم نشده‌اند و اطلاعی از آنها در دست نیست. اندازه‌گیری‌های نجومی نشان می‌دهند که کیهان در حال گسترش است و کهکشان‌ها در حال دورشدن از یکدیگر هستند. در این زمینه، پرسش‌هایی نظیر: گسترش کیهان از چه زمانی آغاز شده است؟ آینده کیهان، چگونه خواهد بود؟ سرنوشت سامانه خورشیدی و تکوین زمین چیست؟ و سؤالات بی‌شماری مطرح می‌شود.



تصویر مقطع میکروسکوپی از یک کندرول[1] به اندازه یک میلی‌متر در یک شهاب سنگ کندریتی را نشان می‌دهد. کانی‌ها به‌صورت تیغه‌های کشیده و موازی در کنار یکدیگر متبلور شده‌اند.

آفرینش کیهان

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

بیشتر بدانید

● فیزیک‌دانان بهترین تصویر خود از ذرات بنیادی را به‌عنوان «مدل استاندارد» توصیف می‌کنند. براساس این مدل همه ذرات بنیادی توسط چهار نیروی شناخته شده (هسته‌ای ضعیف، هسته‌ای قوی، الکترومغناطیس، گرانش) در کنار هم قرار گرفته و ذرات بزرگ‌تر را تشکیل می‌دهند. عملکرد این ذرات با یکدیگر شرایطی را توصیف می‌کند که سرانجام باعث شکل‌گیری جهان فعلی می‌گردد.

فرایند آفرینش جهان

طبق نظر دانشمندان، جهان از نقطه‌ای بسیار کوچک، داغ و چگال در ۱۳/۸ میلیارد سال پیش آغاز شد. زمان بسیار کوچکی بعد از آن فقط صورتی از انرژی در جهان وجود داشت و سپس جهان وارد یک دوره گسترش بسیار شدیدی می‌شود که امروزه با نام مه‌بانگ[2] می‌شناسیم. از این زمان به بعد جهان شروع به سردشدن و توسعه به اطراف کرده است.

۱_ Chondrule ۲_ Big Bang

دانلود سوالات آزمون
راهنمای کامل آزمون

جمع‌آوری اطلاعات

● درسال گذشته خواندید که دانشمندان پیدایش جهان را با نظریهٔ مه بانگ توضیح می‌دهند. در این باره، اطلاعات بیشتری جمع‌آوری و دربارهٔ پیدایش اجرام آسمانی با هم گفت‌وگو کنید.

● در سال ۱۹۶۴ ستاره‌شناسان با استفاده از یک رادیوتلسکوپ قوی کشف کردند که از فضا نوعی امواج تابشی ضعیف که شدت آن در تمام جهت‌ها یکسان است دریافت می‌شود. این امواج را تابش پس‌زمینه کیهانی نامیدند.

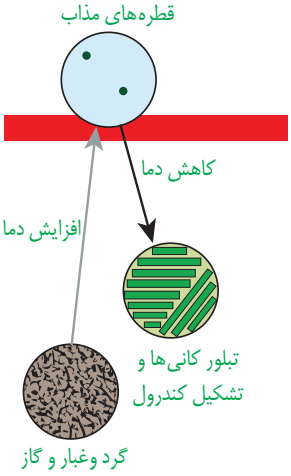
در این باره اطلاعات بیشتری جمع‌آوری کرده و توضیح دهید که تابش پس‌زمینه کیهانی چگونه وقوع انفجار بزرگ را ثابت می‌کند.

تشکیل عناصر

شکل ۱ـ۱ـ توده‌های گاز و غبار معروف به ستون‌های آفرینش در سحابی عقاب

بعد از پایان گسترش اولیه ، هسته‌های اتمی که از ترکیب ذرات بنیادی شکل گرفته‌اند، در دریایی از الکترون‌های آزاد شناور گشته و حالتی از ماده را به نام پلاسما به‌وجود می‌آورند. با گذشت زمان دما آن‌چنان افت می‌کند که برای به‌دام افتادن الکترون‌ها در مدار پیرامون هسته‌های اتمی کافی شده و نخستین اتم یعنی هیدروژن به‌وجود می‌آید. با تشکیل هیدروژن نخستین بار حالت گاز در جهان شکل می‌گیرد.

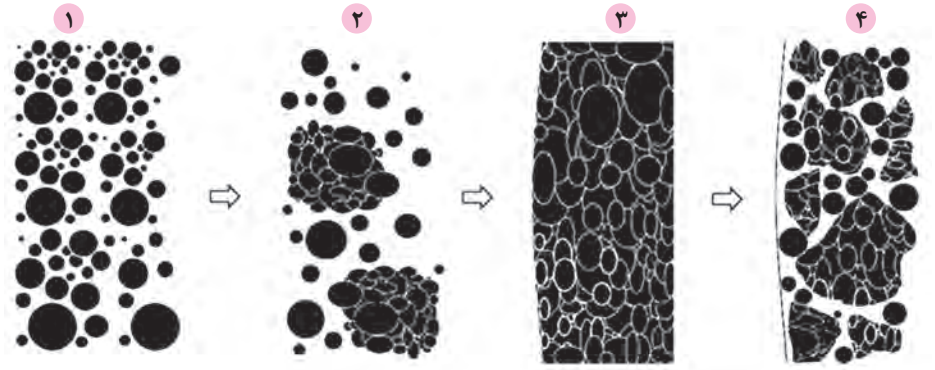
سپس اتم‌های هیدروژن به اتم‌های سنگین‌تر هلیوم، تبدیل شدند. با تولید اتم هلیوم اولین ستاره در جهان هستی به‌وجود آمده و با افزایش واکنش‌های زنجیری، عناصر سنگین‌تر در ستارگان تشکیل می‌شوند. با تشکیل عناصر و توزیع و سرد شدن آنها درجهان، نخستین جامدات به صورت ابرهایی از غبار شکل گرفته و به همراه گازهای مختلف در اشکالی بسیار متنوع تجمع یافته و سحابی‌ها را تشکیل می‌دهند (شکل ۱ـ۱).



شکل ۲ـ۱ـ طرحی از چگونگی شکل‌گیری کندرول‌ها

غبارها طی افزایش دما مجدداً ذوب شده و قطره‌های مذابی را تشکیل می‌دهند و هنگامی که قطره سرد می‌شود، نخستین کانی‌ها متبلور شده و به همراه سولفیدهای آهن و نیکل در شکل گلوله‌های کوچکی به نام کندرول تجمع می یابند (شکل ۲ـ۱). تجمع کندرول‌ها با یکدیگر منجر به تشکیل اجرام بزرگ‌تر گردیده و بدیهی است که این اجرام در اندازه‌های مختلف با برخورد شدید با یکدیگر بارها ذوب و مجدداً متبلور شده و کانی‌های مختلفی را می‌سازند. اجرام تشکیل شده از کندرول‌ها را کندریت می‌نامیم.

کندریت‌ها بعد از تشکیل در فضا بارها با یکدیگر برخورد کرده ذوب شده و مجدداً متبلور می‌شوند (شکل ۳ـ۱). بعد از تشکیل زمین بارها قطعاتی از این اجرام در مسیر برخورد با زمین قرار گرفته‌اند. هرگاه بقایایی از این اجرام هنگام عبور از هواکره منهدم نشوند و به سطح زمین برسند، قطعاتی از سنگ‌ها را تشکیل می‌دهند که شهاب سنگ نامیده می‌شوند (شکل ۴ـ۱).



شکل ۳ـ۱ـ تجمع کندرول‌ها و تشکیل سیارات

شکل ۴ـ۱ـ شهاب‌سنگ کندریتی یافت شده در کویر لوت

فکر کنید

- اهمیت مطالعه علمی شهاب‌سنگ‌ها در چیست؟
- چرا برخی از شهاب‌سنگ‌ها گران‌قیمت هستند؟

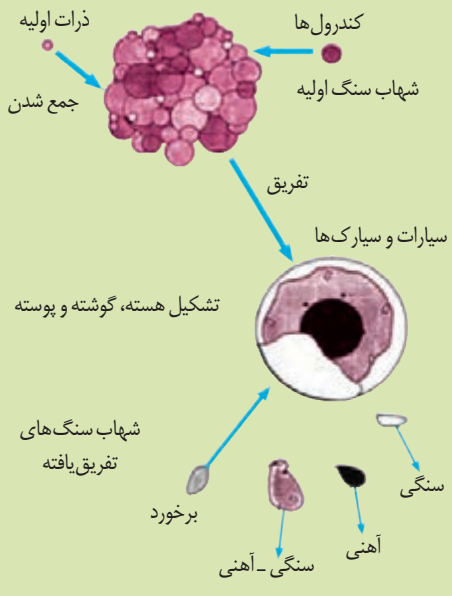
بیشتر بدانید

- دانشمندان شهاب‌سنگ‌ها را به دو گروه اصلی طبقه‌بندی می کنند:

۱ـ شهاب‌سنگ‌های اولیه (تفریق نیافته)

۲ـ شهاب‌سنگ‌های تفریق یافته

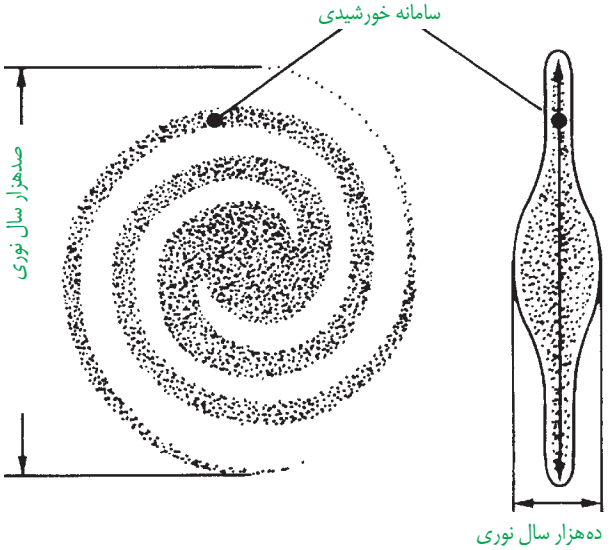
از زمان‌های قدیم سه گروه شهاب‌سنگ‌های آهنی، سنگی و سنگی ـ آهنی شناخته شده بودند. امروزه ارتباط معنی‌داری بین این تقسیم‌بندی و منشأ شهاب‌سنگ‌ها مشخص شده است. به این صورت که هر کدام از آنها مربوط به بخش خاصی از یک سیاره و یا سیارک متلاشی شده می‌باشند.



کهکشان راه‌شیری

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

در شب‌های صاف و بدون ابر و در مکان‌هایی که آلودگی نوری نداشته باشد، در آسمان شب نواری مه مانند و کم نور مشاهده می‌شود که کهکشان راه شیری نام دارد. کهکشان راه‌شیری یکی از بزرگ‌ترین کهکشان‌های شناخته شده دارای شکلی مارپیچی است که سامانه خورشیدی ما، در لبه یکی از بازوهای آن واقع شده است. کهکشان راه شیری از بالا مارپیچی شکل و از پهلو شبیه عدسی محدب است. قطر آن در حدود ۱۰۰ هزار سال نوری و ضخامت آن حدود ۱۰ هزار سال نوری است (شکل ۵ـ۱).



شکل ۵ـ۱ـ طرح شماتیک یک کهکشان مارپیچ مانند کهکشان راه شیری

فعالیت تکمیلی

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

بیشتر بدانید

- کشف مهمی که در سال ۱۹۵۲ توسط ادوین هابل صورت گرفت نشان داد که جهان در حال انبساط است. جالب آنکه در سال ۱۹۸۸ گروهی از منجمین پی بردند که انبساط جهان نه تنها کند نشده است بلکه شتاب هم گرفته و سریع‌تر شده است.

جمع‌آوری اطلاعات

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

سامانه خورشیدی

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

یادآوری

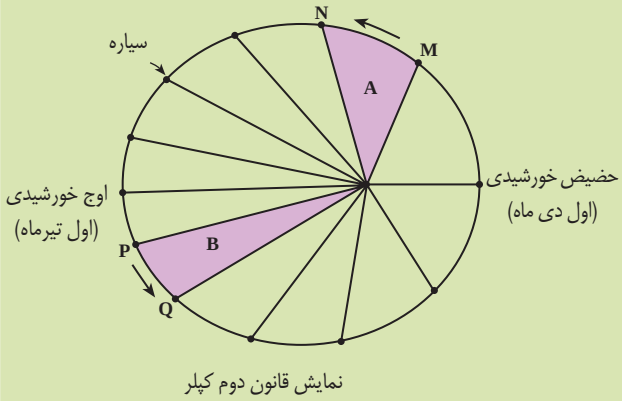
- باتوجه به اینکه، نور خورشید حدود ۸/۳ دقیقه نوری طول می‌کشد تا به زمین برسد، فاصله متوسط زمین تا خورشید چند کیلومتر است؟
- به این فاصله در اصطلاح ستاره‌شناسی چه گفته می‌شود؟

بیشتر بدانید

- حدود قرن ۱۶ میلادی یوهانس کپلر با ارائه سه قانون زیر، چگونگی حرکت سیارات در سامانه خورشیدی را مشخص ساخت:

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

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



نمایش قانون دوم کپلر

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

تکوین زمین و آغاز زندگی در آن

در حدود ۴/۶ میلیارد سال قبل، سیاره زمین به صورت کره‌ای مذاب، تشکیل و در مدار خود قرار گرفت. ۴/۴ میلیارد سال پیش یک جرم آسمانی با زمین برخورد کرد. نتیجه این برخورد متلاشی شدن کامل این جرم به همراه حدود یک پنجم حجم زمین و پراکنده شدن آنها در فضا بود. با ادامه جذب و تجمع قطعات پراکنده شده تنها قمر زمین یعنی ماه تشکیل شد (شکل ۶ـ۱).

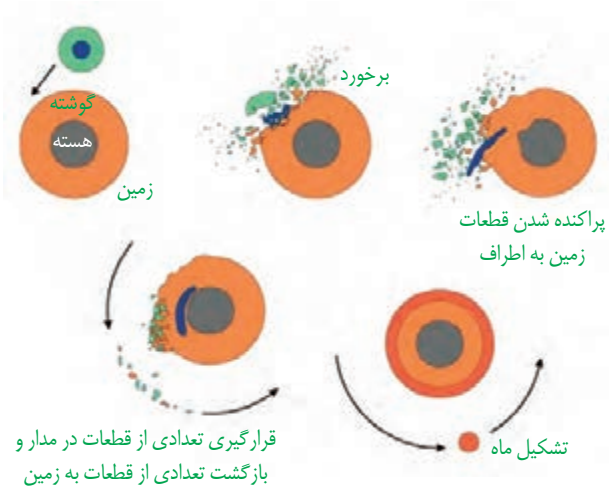
با گذشت زمان و سرد شدن زمین سنگ‌های آذرین به عنوان نخستین اجزای سنگ کره تشکیل شدند. سپس با فوران آتشفشان‌های متعدد، گازهایی از داخل زمین خارج شده و به تدریج گازهای مختلف مانند اکسیژن، هیدروژن و نیتروژن هواکره را به‌وجود آوردند. در ادامه کره‌زمین

سردتر شد و بخار آب به صورت مایع درآمد و آب‌کره تشکیل شد. با تشکیل اقیانوس‌ها شرایط برای به‌وجود آمدن زیست‌کره فراهم گردید. به‌وجود آمدن چرخه آب، باعث فرسایش سنگ‌ها، تشکیل رسوبات و سنگ‌های رسوبی شد. در ادامه با حرکت ورقه‌های سنگ‌کره و ایجاد فشار و گرمای زیاد در مناطق مختلف، سنگ‌های دگرگونی به وجود آمدند.

با توجه به شواهد زمین‌شناسی، دانشمندان دریافتند که خداوند در آفرینش جهان، ابتدا شرایط محیط زیست را مهیا کرده است و سپس جانداران را از ساده تا پیچیده آفریده است. مهم‌ترین شواهدی که به کمک آنها می‌توان روند تغییرات آب و هوایی و زیستی و اقلیمی را در طول تاریخ زمین دنبال کرد آثار باقی‌مانده از جانداران یا فسیل‌ها می‌باشند.

به عنوان مثال استروماتولیت‌ها از قدیمی‌ترین آثار فسیلی مربوط به سیانوباکتری‌ها (تک سلولی‌های فتوسنتز کننده) در دریاهای کم‌عمق می‌باشند (شکل ۷ـ۱). در دوران پرکامبرین فعالیت‌های حیاتی آنها سبب افزایش میزان اکسیژن اتمسفر و فراهم آمدن امکان زندگی پرسلولی‌ها در روی سطح زمین بوده است.

در دوران‌های مختلف، شرایط آب‌وهوایی و محیط زیست تغییرات فراوانی داشته‌اند و بر این اساس، گونه‌های مختلف جانداران در سطح زمین ظاهر و منقرض شده‌اند.



شکل ۶ـ۱ـ الگویی از چگونگی شکل‌گیری ماه (بر اثر برخورد زمین با یک جرم آسمانی)

شکل ۷ـ۱ـ قدیمی‌ترین فسیل یافت شده از ابتدایی‌ترین شکل استروماتولیت‌ها در گرینلند

یادآوری

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

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

شکل ۸ـ۱ـ هیالونوموس نخستین خزنده یافت شده در ابتدای کربونیفر با طول حدود ۱۲ سانتی‌متر

فعالیت تکمیلی

● با مطالعه در مورد فسیل خزندگان، در مورد عوامل ایجاد هر یک از وقایع زیر، مطالبی گردآوری و در کلاس ارائه کنید.

۱ـ دایناسورها در پایان دوره کرتاسه بسیار بزرگ‌جثه و سنگین‌وزن بودند.

۲ـ دایناسورها در پایان دوره کرتاسه بسیار متنوع شده بودند.

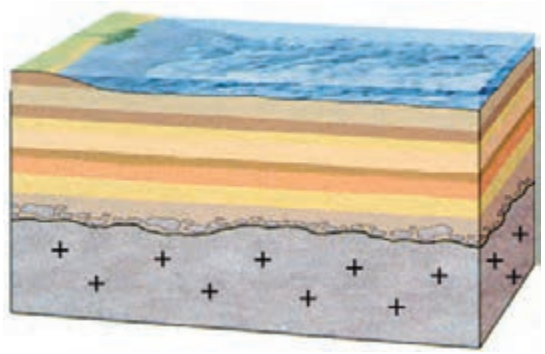
۳ـ دایناسورها در پایان دوره کرتاسه نتوانستند با تغییرات محیطی سازگار شوند.

سن زمین

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

برای پی‌بردن به سن رویدادهای گذشته زمین، لازم است به دنبال شواهدی بگردیم که ما را در رسیدن به واقعیت‌های رخ داده در گذشته راهنمایی کنند. سنگ‌ها مهم‌ترین شواهدی هستند که در این زمینه به دانشمندان کمک می‌کنند، مثلاً لایه لایه بودن، مهم‌ترین ویژگی سنگ‌های رسوبی است. هر لایه شواهدی از شرایط محیطی زمان رسوب‌گذاری را در خود حفظ کرده است. یک لایه رسوبی که ممکن است هزاران کیلومتر مربع را بپوشاند، در نقاط مختلف به صورت‌های متفاوتی دیده می‌شود. به‌طور مثال هنگامی که رسوبات در دریا ته‌نشین می‌شوند، قطعاً دانه‌های درشت در نزدیکی ساحل برجای می‌مانند، اما ذرات ریز و سبک تا مسافت زیادی از ساحل فاصله می‌گیرند.

می‌دانیم که طبقات رسوبی به‌طور افقی ته‌نشین می‌شوند، اما بعدها ممکن است براثر عوامل کوه‌زایی، چین‌خوردگی یا ایجاد گسل، وضع آنها به‌هم خورده و گاهی از آب خارج شوند.در این حالت تحت اثر عوامل فرسایشی قرار می‌گیرند و نوعی وقفه در توالی و نظم طبیعی لایه‌ها ایجاد می‌شود. به این وقفه ایجاد شده در توالی رسوبی، ناپیوستگی می‌گویند. روی زمین نمی‌توان نقطه‌ای را یافت که درطول تاریخ زمین همواره در زیر دریا مانده و همچنان رسوبات لایه‌به‌لایه در آنجا ته‌نشین شده باشند. اصولاً ناپیوستگی‌ها مشخص‌کنندهٔ زمان‌هایی هستند که عمل رسوب‌گذاری متوقف شده است.



شکل ۹ـ۱ـ ناپیوستگی آذرین پی

انواع ناپیوستگی‌ها عبارت‌اند از:

۱ـ ناپیوستگی آذرین‌پی: در نقاطی که لایه‌هایی از سنگ‌های رسوبی مستقیماً در روی توده‌های آذرین قرار گرفته باشند، نوعی ناپیوستگی پدید می‌آید که به آن آذرین‌پی گویند (شکل۹ـ۱).

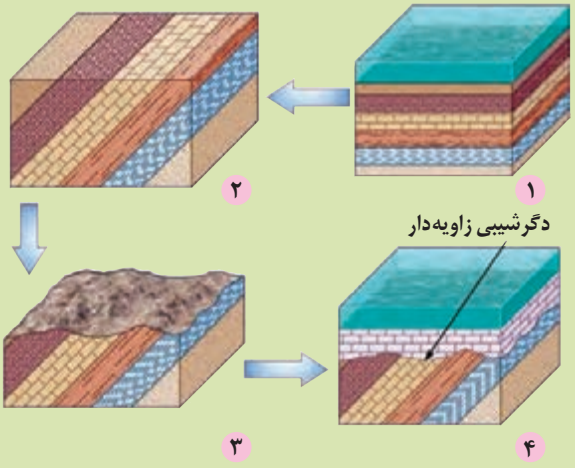
۲ـ ناپیوستگی دگرشیب (زاویه‌دار): در این نوع ناپیوستگی، سری رسوبات زیرین از حالت افقی خارج شده‌اند و روی آنها، سری رسوبات جوان‌تر و اغلب افقی، قرار گرفته است و تشخیص آن بسیار آسان است.

۳ـ ناپیوستگی هم‌شیب (موازی): این نوع ناپیوستگی‌ها فراوان‌تر، اما نامشخص‌تر از بقیه‌اند؛ زیرا لایه‌های رسوبی واقع در بالا و پایین سطح ناپیوستگی، با همدیگر موازی‌اند و حتی گاهی شواهد وقوع فرسایش احتمالی هم وجود ندارد (شکل ۱۰ـ۱).

شکل ۱۰ـ۱ـ لایه ناپیوستگی هم‌شیب (موازی)

فکر کنید

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



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

یادآوری

● در کتاب علوم نهم با روش تعیین سن و اصول نسبی آن آشنا شدید. این اصول عبارت بودند از:

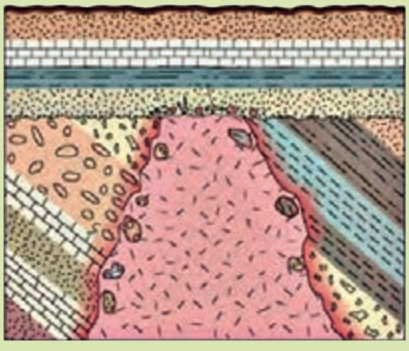
۱ـ همهٔ لایه‌های رسوبی به‌صورت افقی ته‌نشین می‌شوند.

۲ـ همیشه لایه زیرین قدیمی‌تر از لایه بالایی است. (در صورتی که لایه‌ها برنگشته باشند.)

۳ـ هر گونه تغییر (خارج شدن لایه‌ها از حالت افقی، چین‌خوردگی و گسل‌خوردن) بعد از تشکیل لایه اتفاق افتاده است.

۴ـ هر لایه و توده سنگی که لایه و یا توده سنگی دیگر را قطع کند از آن جوان‌تر است.

۵ـ هرگاه قطعه‌ای از یک سنگ در داخل یک لایه یافت شود از آن لایه قدیمی‌تر است.



با توجه به این اصول در شکل مقابل ترتیب وقایع را از قدیم به جدید شماره‌گذاری کنید.

در تعیین سن مطلق (پرتوسنجی)، سن واقعی نمونه‌ها با استفاده از عناصر پرتوزا (رادیواکتیو) اندازه‌گیری می‌شود. عناصر پرتوزا به طور مداوم، با سرعت ثابت درحال واپاشی هستند. این عناصر پس از واپاشی به عنصر پایدار (غیر رادیواکتیو) تبدیل می‌شوند. به عنصر پرتوزا عنصر والد و به عنصر پایدار به‌وجود آمده از آن عنصر دختر گفته می‌شود. مدت زمانی را که نیمی از یک عنصر پرتوزا به عنصر پایدار تبدیل می‌شود، نیم عمر آن عنصر می‌گویند. در تعیین سن مطلق با استفاده از رابطه زیر می‌توان سن مطلق نمونه‌هایی مانند سنگ، چوب، استخوان و غیره را تعیین نمود.

نیم عمر × تعداد نیم عمر = سن نمونه

پیوند با ریاضی

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

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

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

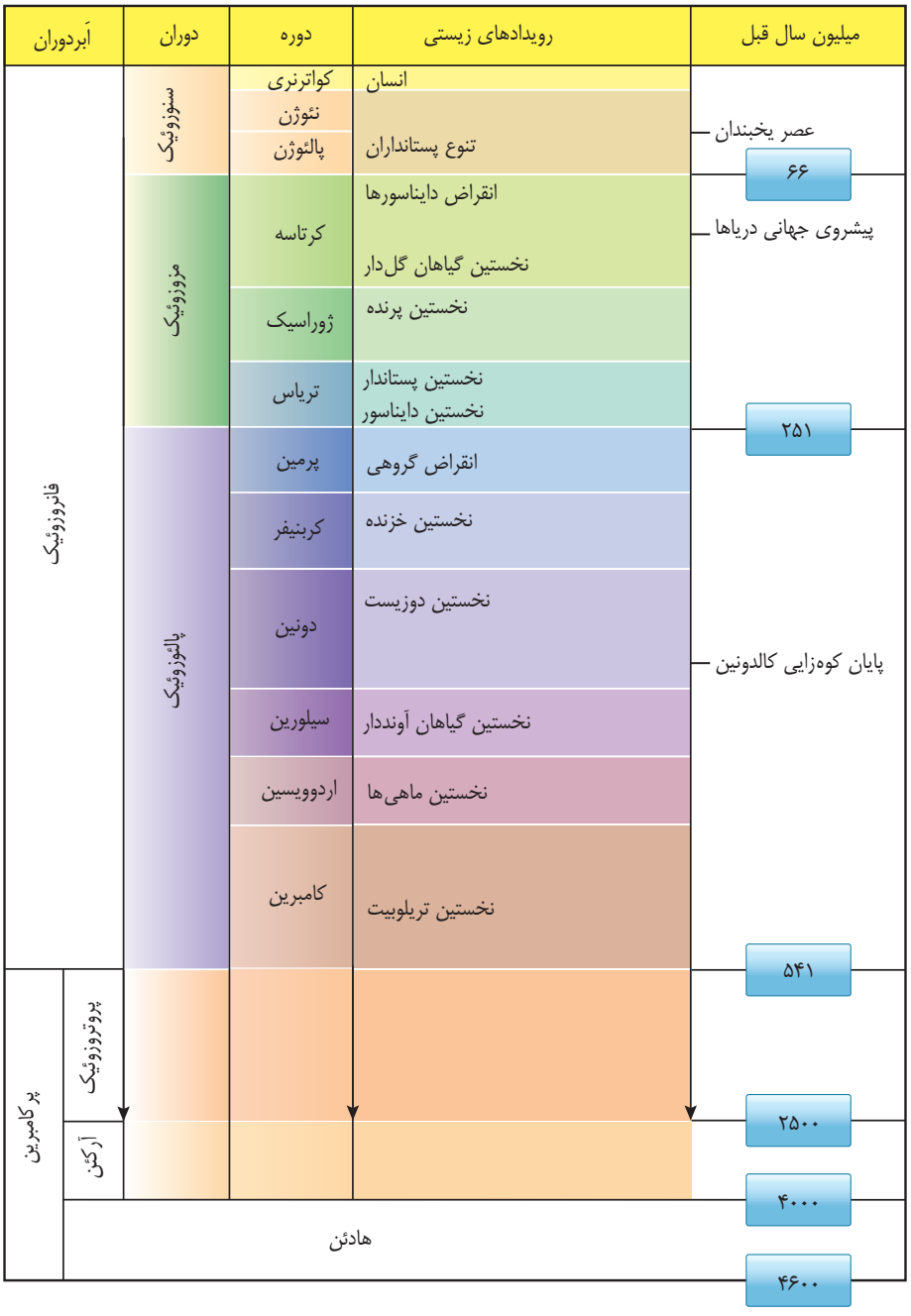
۳ـ اگر مقدار کربن ۱۴ باقی‌مانده در یک نمونهٔ استخوان قدیمی حدود $\frac{۱}{۸}$ مقدار اولیه آن باشد، سن استخوان را محاسبه کنید.

نیم‌عمر برخی از عناصر پرتوزا

عنصر پرتوزا	نیم‌عمر(تقریبی)	عنصر پایدار	مواد مناسب اندازه‌گیری
اورانیم ۲۳۸	۴/۵ میلیارد سال	سرب ۲۰۶	کانی‌ها و سنگ‌های آذرین
اورانیم ۲۳۵	۷۱۳ میلیون سال	سرب۲۰۷	
توریم ۲۳۲	۱۴/۱ میلیارد سال	سرب ۲۰۸	
پتاسیم ۴۰	۱/۳ میلیارد سال	آرگون ۴۰	
کربن ۱۴	۵۷۳۰ سال	نیتروژن ۱۴	مواد آلی، ریف‌های مرجانی، چوب و استخوان

زمان در زمین‌شناسی

مفهوم زمان در مقیاس‌های مختلفی به کار می‌رود. شما با واحدهای زمان مانند: ثانیه، دقیقه، ساعت، شبانه روز، هفته، ماه، سال، دهه، سده (قرن) و هزاره آشنا هستید؛ اما، واحدهای بزرگ‌تر زمان نیز وجود دارند که در زندگی روزمره ما، کاربرد زیادی ندارند، ولی در علوم زمین بسیار مهم‌اند. مانند عهد، دوره، دوران و اَبَردوران که واحدهای زمانی مورد استفاده در زمین‌شناسی هستند. معیار تقسیم‌بندی این واحدهای زمانی مختلف، به حوادث مهمی همچون پیدایش یا انقراض گونه خاصی از جانداران، حوادث کوه‌زایی، پیشروی یا پسروی جهانی دریاها، عصرهای یخبندان و رویدادهای دیگر بستگی دارد (شکل ۱۱ـ۱).



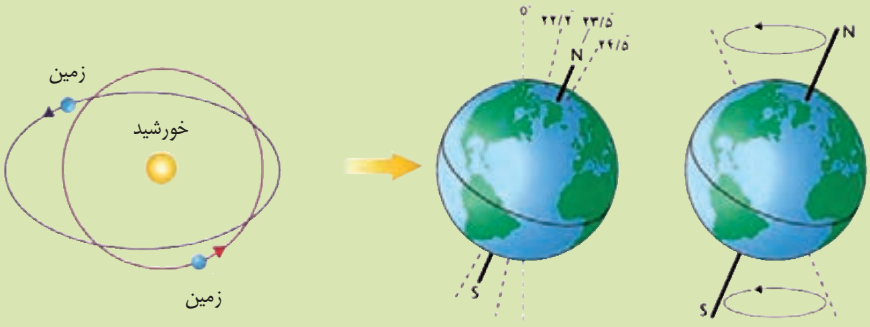
شکل ۱۱ـ۱ـ مقیاس زمان زمین شناسی و رویدادهای مهم آن

تغییرات آب و هوایی

کره زمین دارای حرکت وضعی و انتقالی است. چرخش زمین به‌دور محورش را حرکت وضعی می گویند. این چرخش در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت است و در مدت زمان حدود ۲۴ ساعت انجام شده و شب و روز بر اثر این حرکت ایجاد می‌شود. به گردش زمین روی مدار بیضوی به‌دور خورشید، حرکت انتقالی گفته می‌شود که در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت انجام می گردد. پیدایش فصل‌ها حاصل حرکت انتقالی زمین و انحراف ۲۳/۵ درجه‌ای محور زمین است. انحراف ۲۳/۵ درجه‌ای محور زمین، نسبت به خط عمود برسطح مدار گردش زمین به‌دور خورشید باعث اختلاف مدت زمان روز و شب و زاویه تابش خورشید به عرض‌های جغرافیایی مختلف می‌شود. تغییر فاصله سیاره زمین در حرکت مداری خود نسبت به خورشید، همراه با تغییر در انحراف محور زمین و حرکات محوری آن باعث کاهش و افزایش دوره‌ای در میزان انرژی دریافتی از خورشید و نوسان درجه حرارت سطحی آن می گردد. این پدیده باعث بروز دوره‌های خشکسالی و یخبندان شدید روی زمین در دراز مدت می‌شود.

بیشتر بدانید

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



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

علم، زندگی، کارآفرینی

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

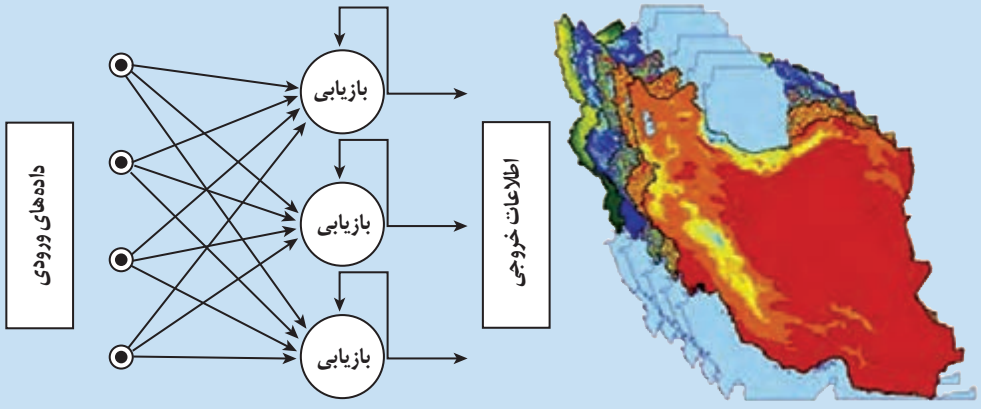
اگر اهل ماجراجویی هستید هر مقدار که دانش زمین‌شناسی خواهید آموخت در کوله‌پشتی خود قرار دهید، کفش‌های محکمی به پا کنید و برای فتح قله‌های دانش آماده شوید.

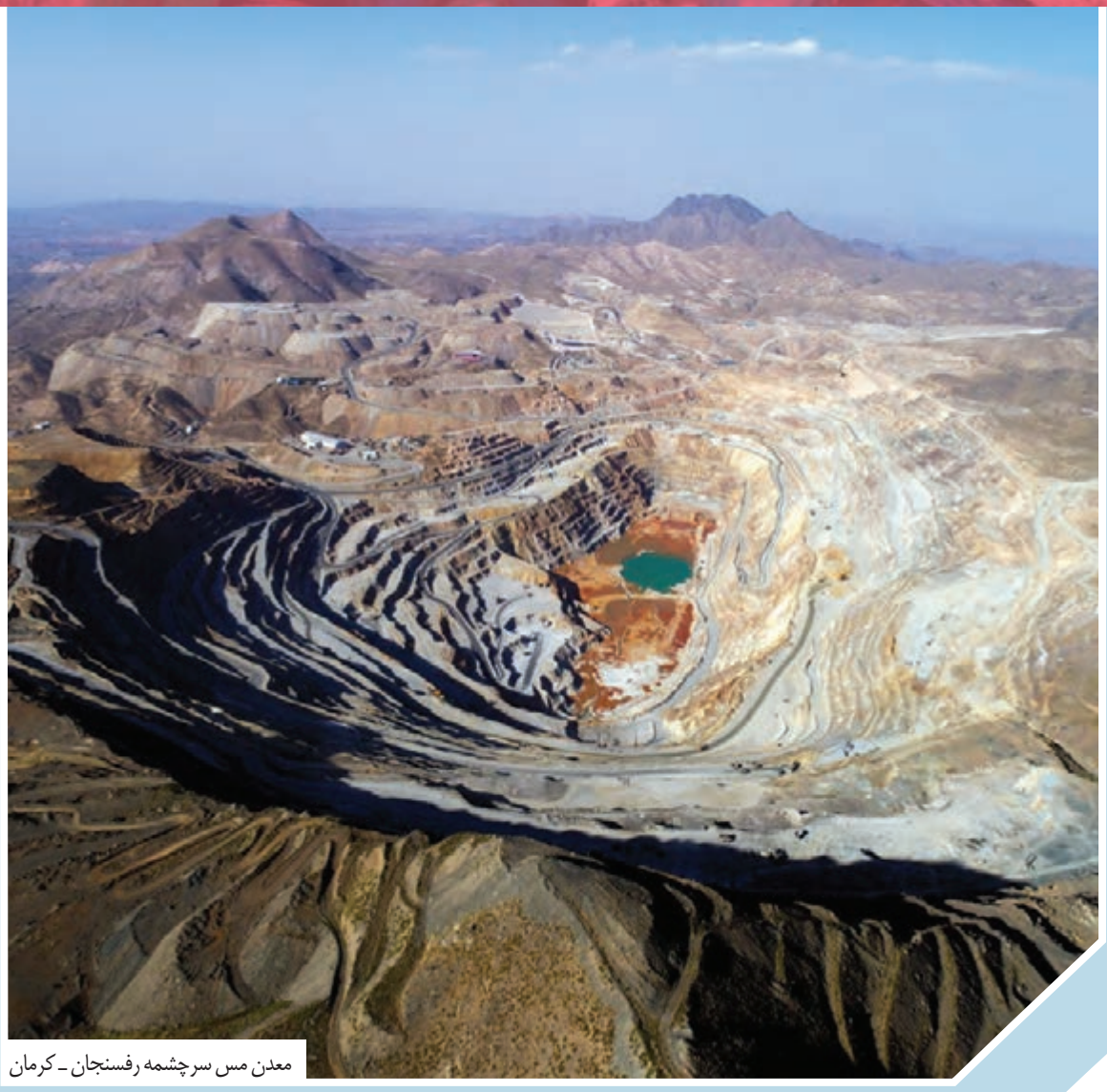
ما در مسیر حرکت خود از فناوری (مهندسی، ریاضیات، هوش مصنوعی) استفاده لازم را خواهیم برد و برای حل مشکلات زندگی، دورماندن از مخاطرات طبیعی و تأمین منابع معدنی و انرژی، دست به کارآفرینی خواهیم زد.

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

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

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





معدن مس سرچشمه رفسنجان ـ کرمان

فصل ۲

منابع معدنی و ذخایر انرژی، زیربنای تمدن و توسعه

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

مجتمع معدنی

شمش طلا و نقره

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 راه‌آهن، پلاتین استفاده شده در ساخت گوشی تلفن همراه، کانی گرافیت به‌کار گرفته شده در مدادی که با آن می‌نویسیم و فلوئور موجود در ترکیب خمیردندان از منابع معدنی تهیه می‌شوند. منابع معدنی پس از شناسایی توسط زمین‌شناسان، از معادن استخراج و پس از فراوری، به کالاهای مورد نیاز تبدیل می‌گردند.

غلظت عناصر در پوسته زمین

پوسته زمین از انواع سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی تشکیل شده است. ترکیب میانگین پوسته در اصل همان ترکیب میانگین سنگ‌های آذرین پوسته است؛ چرا که مقدار کل سنگ‌های رسوبی و دگرگونی نسبت به حجم سنگ‌های آذرین بسیار اندک و فاقد اهمیت است.

دو زمین‌شناس به نام‌های کلارک و واشنگتن در سال ۱۹۲۴ میلادی بر مبنای تجزیه نمونه‌های فراوانی که از سنگ‌های سراسر دنیا گردآوری شده بود، میانگین درصد وزنی عناصر سازنده پوسته زمین معروف به غلظت کلارک را تعیین کردند (جدول ۱ـ۲).

جدول ۱ـ۲ـ غلظت کلارک برخی عناصر در پوسته جامد زمین

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

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

فعالیت تکمیلی

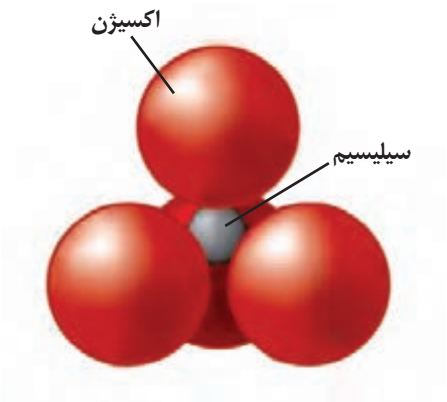
● نتایج حاصل از تجزیه سنگ‌های یک منطقه، در جدول ارائه شده است. در کدام عنصر بی‌هنجاری مثبت و در کدام بی‌هنجاری منفی دیده می‌شود؟

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

کانی‌های سیلیکاتی

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

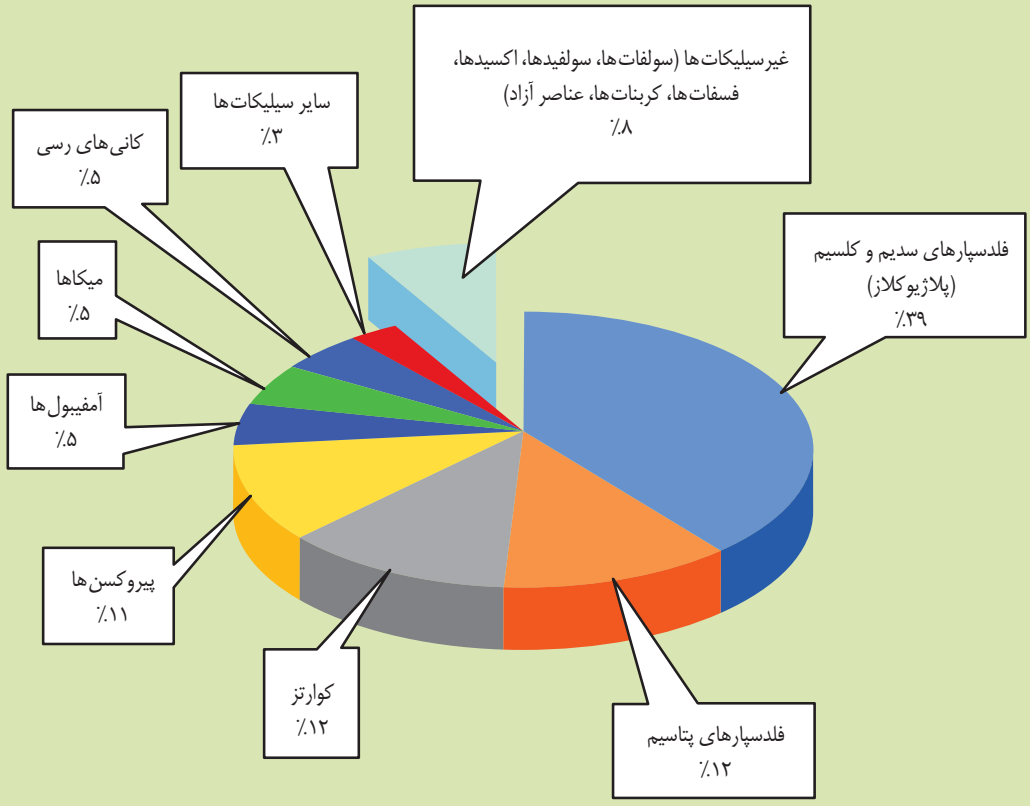
سیلیکات‌ها، کانی‌هایی هستند که بیش از ۹۰ درصد حجم پوسته زمین را تشکیل می‌دهند و در ترکیب شیمیایی خود، بنیان سیلیکاتی (SiO_4^{4-}) دارند (شکل ۱ـ۲). کانی‌های سیلیکاتی در سنگ‌های آذرین، رسوبی و یا دگرگونی یافت می‌شوند. کانی‌های غیرسیلیکاتی، گروهی از کانی‌ها هستند که در ترکیب خود، فاقد بنیان سیلیکاتی هستند. این کانی‌ها نیز در انواع سنگ‌ها یافت می‌شوند.



شکل ۱ـ۲ـ واحد بنیادی سیلیکات‌ها

بیشتر بدانید

درصد وزنی کانی‌های سازنده پوسته زمین



ساختمان کانی‌های سیلیکاتی

فرمول شیمیایی	نام کانی	ساختار سیلیکاتی
$(Mg,Fe)_2\ SiO_4$	سیلیکات‌های جزیره‌ای (منفرد)، مانند الیوین (زبرجد)	
$(Mg,Fe)\ SiO_3$	سیلیکات‌های زنجیری ساده، مانند پیروکسن‌ها	
$(Fe,Mg)\ Si_8O_{22}\ (OH)_2$	سیلیکات‌های زنجیری مضاعف، مانند آمفیبول‌ها	
$KAl_2\ (AlSi_3O_{10})\ (OH)_2$	سیلیکات‌های ورقه‌ای، مانند میکاها (بیوتیت و مسکوویت)	
$Be_3Al_2Si_6O_{18}$	سیلیکات‌های حلقوی، مانند بریل	
$KAlSi_3O_8$ $NaAlSi_3O_8$	سیلیکات‌های شبکه‌ای، مانند فلدسپارها	
SiO_2	و کوارتز	

سری واکنشی بوون

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

هنگامی که مذابی سرد می‌شود، کانی‌های متبلور شده با مذاب در تعادل هستند. با پیشرفت روند تبلور کانی‌ها، ترکیب مذاب تغییر می‌کند. بلورهای تشکیل شده قبلی، دیگر با مذاب در تعادل نبوده و ضمن واکنش با ماگما بلورهای جدیدی تشکیل می‌دهند. به عقیده او بیشتر ماگماها ترکیب بازالتی دارند. از این ماگمای اولیه که محتوای آهن و منیزیم نسبتاً بالا و SiO_2 نسبتاً کمی دارد، مطابق شکل ۲ـ۲، ضمن سرد شدن تدریجی و کاهش دما، کانی‌های مختلف و در نتیجه سنگ‌های آذرین متفاوت به‌وجود می‌آید.

مطابق سری واکنشی بوون هر کانی دمای ذوب و تبلور مخصوص خود را دارد و از آنجایی که بیشتر سنگ‌ها از کانی‌های مختلفی تشکیل شده‌اند، هر زمان سنگ‌ها شروع به ذوب کنند، برخی کانی‌ها زودتر و برخی دیرتر ذوب می‌شوند و لذا بسته به دما و درجه ذوب‌شدگی، ماگماهایی با ترکیبات متفاوت ایجاد می‌گردد. بوون در حین آزمایشات و مطالعات تجربی خود مشاهده کرد که نخستین کانی‌های حاصل از سردشدن ماگما، پلاژیوکلاز کلسیم دار و الیوین هستند که از تجمع این دو کانی همراه با مقداری پیروکسن، سنگ بازالت یا معادل درونی آن گابرو به وجود می‌آید. با ادامه تبلور، ترکیب ماده مذاب باقیمانده تغییر می‌کند، یعنی تقریباً قسمت مهمی از آهن، منیزیم و کلسیم خود را از دست می‌دهد. در عوض ماده مذاب از عناصری که تاکنون در ساختمان کانی‌ها وارد نشده‌اند (سدیم و پتاسیم) غنی می‌شود. مقدار سیلیس نیز در مایع مذاب باقیمانده افزایش می‌یابد.

اگر نخستین بلورها (یعنی الیوین و پلاژیوکلاز کلسیم دار) در محلول باقی بمانند و با مایع وارد واکنش شوند، کانی‌هایی با درجات حرارت پایین‌تر از خود را به وجود می‌آورند و این وضع ادامه می‌یابد. توالی تشکیل کانی‌ها را سری واکنشی بوون می‌گویند. کانی الیوین تشکیل شده، با مایع مذاب باقی مانده واکنش نموده و پیروکسن به وجود آمده است. به عنوان مثال:

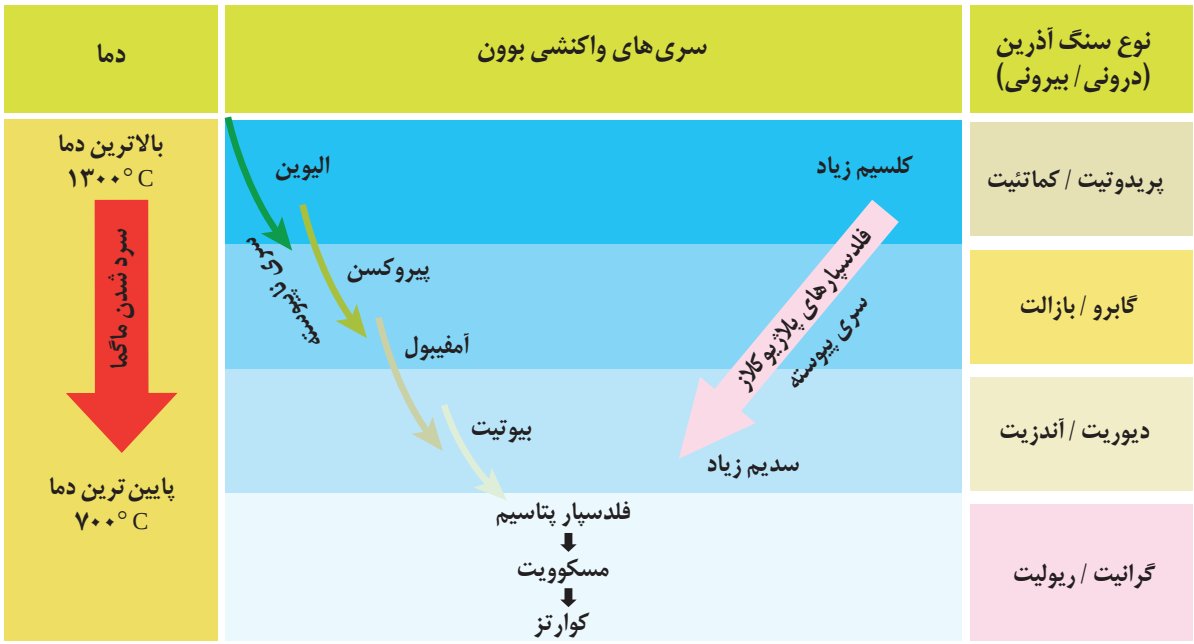
پیروکسن ← مایع مذاب باقیمانده + الیوین
آمفیبول ← مایع مذاب باقیمانده + پیروکسن
بیوتیت ← مایع مذاب باقیمانده + آمفیبول

در انتها، یعنی پس از انجماد قسمت اعظم ماگما، بلورهای فلدسپار پتاسیم، مسکوویت و کوارتز از باقیمانده ماده مذاب متبلور می‌شوند. در قسمت راست نیز ابتدا پلاژیوکلاز کلسیم‌دار و سرانجام پس از واکنش‌های متعدد پلاژیوکلاز سدیم‌دار حاصل می‌شود. با توجه به رنگ‌های مختلف در شکل ۲ـ۲، حداقل چهارنوع سنگ با ترکیب کانی‌شناسی متفاوت به‌وجود می‌آیند و به این طریق می‌توان ثابت کرد که بر اثر جدا شدن بلورهای اولیه (مثلاً ته‌نشین شدن در کف اتاقک ماگمایی) و عدم واکنش با مایع باقیمانده و انجماد، سنگ‌های آذرین مختلف شکل می‌گیرند.

دانشمندان علوم زمین

بدون شک بزرگ‌ترین سنگ‌شناس قرن بیستم و یکی از تأثیر گذارترین زمین‌شناسان همه دوران‌ها نورمن لوی بوون کانادایی است که در فاصله سال‌های ۱۸۸۷ تا ۱۹۵۶ می‌زیسته است. او یکی از مهم‌ترین پیشگامان در زمینه پترولوژی تجربی است که حاصل سال‌ها کار و فعالیتش در آزمایشگاه ژئوفیزیک علاوه بر ارائه مقالات متعدد و چاپ کتابی با عنوان تکامل سنگ‌های آذرین، ارائه سری واکنشی بوون است که در آن ترتیب تبلور کانی‌های رایج در سنگ‌های آذرین را نشان می‌دهد. تلاش‌ها و پژوهش‌های وی منجر به کسب جوایز و افتخارات متعدد از جوامع علمی آمریکایی و اروپایی گردید. اتحادیه ژئوفیزیک آمریکا مدالی را به افتخار او نام‌گذاری کرده است.

۱ـ Bowen



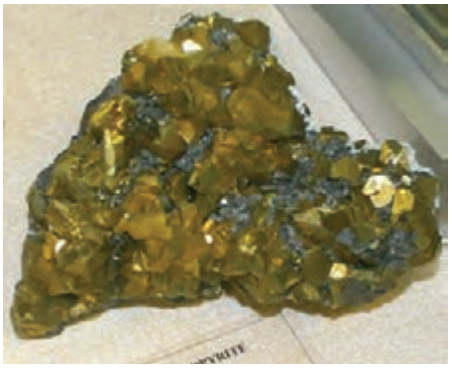
شکل ۲ـ۲ـ تصویر شماتیک سری‌های واکنشی بوون (Bowen)

کانه

از تعداد بی‌شمار کانی‌های شناخته شده در پوسته زمین، گروه اندکی از آنها دارای یک فلز ارزشمند اقتصادی هستند که به آنها کانه گفته می‌شود. کانه‌ها می‌توانند دارای ترکیبات متعدد سیلیکاتی و غیرسیلیکاتی باشند و در همه سنگ‌ها (رسوبی، آذرین و دگرگونی) یافت شوند. کانه‌ها دارای تمرکز بالاتری از فلز در خود هستند و مانند کانی‌ها ترکیب شیمیایی نسبتاً ثابتی دارند. به‌عنوان مثال هماتیت (Fe_2O_3) کانه آهن است، زیرا تمرکز بالایی از آهن در خود دارد. کانی الیوین $(Fe,Mg)_2SiO_4$ هم در ترکیب خود آهن دارد اما کانه آهن محسوب نمی‌شود، چرا که نسبت به هماتیت، تمرکز پایین‌تری از آهن دارد. برخی از کانه‌ها مانند طلا، نقره و مس به‌صورت آزاد هم یافت می‌شوند.

کانسنگ

هر ماده‌ای که طی فرایندهای طبیعی شکل گرفته باشد و بتوان از آن ماده یا مواد با ارزش و سودمندی استخراج و به بازار مصرف عرضه کرد، کانسنگ(سنگ معدن) نام دارد. مواد ارزشمند کانسنگ‌ها (کانه‌ها) همواره با مواد بی‌ارزشی همراه هستند که استخراج آنها اقتصادی نیست و به آنها باطله می‌گویند، به‌عنوان مثال کالکوپیریت با فرمول شیمیایی($CuFeS_2$) یکی از مهم‌ترین کانه‌های فلز مس است (شکل ۳ـ۲) که همراه با کانی‌های باطله مختلفی مانند کوارتز، فلدسپار، میکا، کانی‌های رسی، پیریت (FeS_2) و غیره، کانسنگ مس را تشکیل می‌دهند.



شکل ۳ـ۲ـ کالکوپیریت

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

فعالیت تکمیلی

● کلارک تمرکز برای عناصر مختلف از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

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

کلارک تمرکز عناصر درج شده در جدول را تعیین کنید.

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

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

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

فعالیت تکمیلی

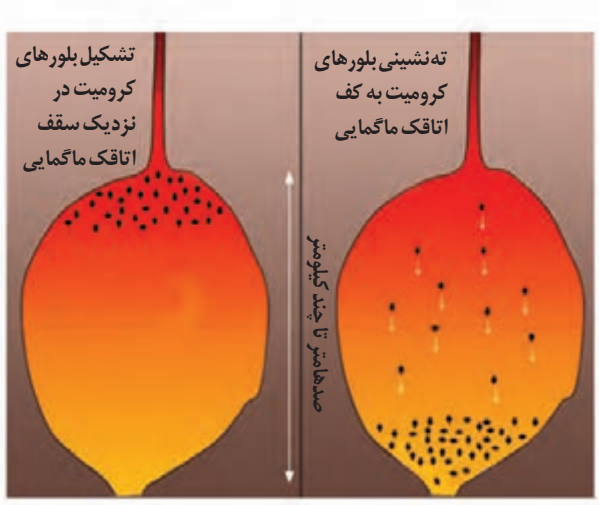
● علاوه بر عوامل حجم و غلظت، چه عواملی در مقرون به‌صرفه شدن یک معدن دخالت دارند؟

● به چه دلیل برخی از معادن متروکه، پس از مدتی مورد بهره‌برداری مجدد قرار می‌گیرند؟

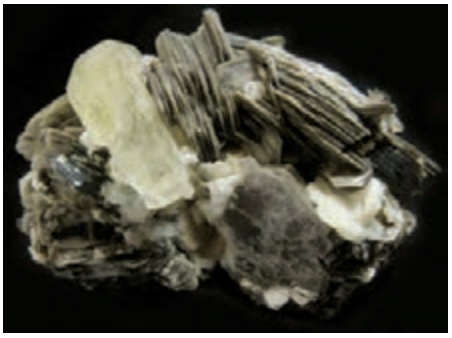
طبقه‌بندی کانسنگ‌ها

کانسنگ‌ها براساس منشأ و نحوهٔ تشکیل، به سه دسته ماگمایی، گرمابی و رسوبی تقسیم‌بندی می‌شوند.

الف) کانسنگ ماگمایی: بسیاری از کانسنگ‌ها حاصل سرد شدن ماگما و فرایندهای آذرین مرتبط با آن هستند. کانسنگ‌های فلزاتی چون نیکل، کروم، پلاتین و آهن می‌توانند از یک ماگمای در حال سرد شدن، تشکیل شوند. همچنان‌که دمای ماگما کاهش می‌یابد، تبلور کانی‌ها مطابق سری واکنشی بوون و براساس دمای تبلور، عمدتاً در نزدیکی سقف اتاقک ماگمایی که سردتر است آغاز می‌شود (شکل ۴ـ۲) و ابتدا کانی‌های آهن و منیزیم‌دار مثل کرومیت و مگنتیت در کنار الیوین متبلور می‌شوند و چون چگالی این کانی‌ها از مذاب باقیمانده بیشتر است، در کف اتاقک ماگمایی ته‌نشین می‌شوند و لایه‌هایی از کانسنگ کروم، آهن و سایر عناصر را به‌وجود می‌آورند (شکل ۴ـ۲).



شکل ۴ـ۲ـ چگونگی تشکیل و ته‌نشینی بلورهای کرومیت در اتاقک ماگمایی



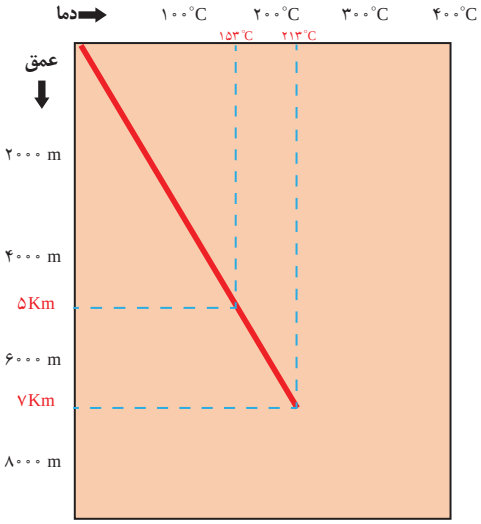
شکل ۵ـ۲ـ بلورهای درشت مسکوویت در پگماتیت

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

کانی‌های سازنده پگماتیت‌ها مشابه کانی‌های سازنده گرانیت‌ها بوده و شامل کوارتز، فلدسپار و مسکوویت است و می‌تواند منابع مهمی برای بعضی عناصر خاص مانند لیتیم و سزیم و بعضی کانی‌های گوهری مانند بریل یا کانی‌های صنعتی مانند مسکوویت (طلق نسوز) باشد (شکل ۵ـ۲).

ب)کانسنگ گرمابی: در پوستهٔ زمین، به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش عمق، به‌طور میانگین ۳ درجه سانتی‌گراد دما افزایش می‌یابد. به این تغییرات دما به‌ازای افزایش عمق در پوستهٔ زمین، شیب زمین گرمایی می‌گویند (شکل ۶ـ۲). دمای آب موجود در بخش‌های عمیق پوسته، به‌علت گرمای ناشی از شیب زمین‌گرمایی و یا حضور توده‌های مذاب، افزایش می‌یابد. منشأ این آب‌ها ممکن است از ماگما، آب‌های نفوذی بستر اقیانوس‌ها و یا آب‌های زیرزمینی راه یافته به اعماق زمین باشد.

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



شکل ۶ـ۲ـ نمودار شیب زمین گرمایی

توده‌های آذرین مذاب در اعماق با نقش حرارتی خود سبب ایجاد جریان همرفت در این آب‌ها شده و آب‌های مزبور ضمن چرخش در سنگ‌ها، کاتیون‌های فلزی مختلفی را در خود حل می‌کند. آب‌های ماگمایی و سایر آب‌هایی که با نفوذ به عمق گرم شده‌اند، ضمن صعود به سمت سطح زمین، هم‌زمان با کاهش فشار، دمای آنها نیز کاهش یافته و در نتیجه کاتیون‌های فلزی در شکستگی‌ها ته‌نشین شده و رگه‌های معدنی از فلزات مختلف تشکیل می‌گردد (شکل ۷ـ۲).

شکل ۷ـ۲ـ رگه طلا همراه کوارتز

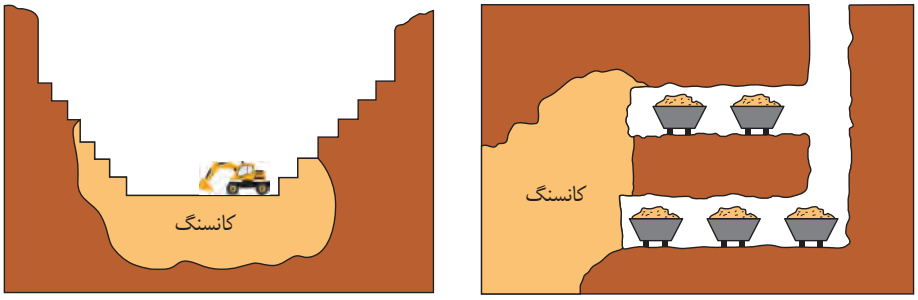
پ) کانسنگ رسوبی: بخشی از کانسنگ‌ها در سنگ‌های رسوبی قرار دارند و به‌وسیله فرایندهای رسوبی شکل می‌گیرند. مثلاً کانسنگ‌های آهن نواری حاصل ته‌نشینی شیمیایی اجزای تشکیل دهنده‌شان در محیط رسوبی هستند. ابتدا مواد به‌صورت محلول وارد محیط شده و سپس با تشکیل ترکیبات غیرمحلول ته‌نشین می‌شوند و کانسارهای رسوبی شیمیایی را به‌وجود می‌آورند. هرگاه سنگ‌های حاوی کانی‌های با چگالی بالا و مقاوم تحت تأثیر فرسایش قرار گیرند، کانی‌های چگال‌تر که دارای مقاومت فیزیکی و شیمیایی بالایی هستند آزاد شده و توسط عوامل حمل‌کننده به محل‌های تجمع مانند رودخانه و دریا انتقال یافته و کانسنگ‌های رسوبی پلاسری را تشکیل می‌دهند. فلزاتی مانند طلا و پلاتین می‌توانند تشکیل ذخایر پلاسری دهند. برداشت طلا از رودخانه زرشوران نمونه‌ای از ذخایر پلاسری است که سابقه طولانی دارد.

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 شناسایی کرد. هرچند کشف یک کانسار به پیدا کردن یک سوزن در انباری از کاه تشبیه شده است. در اولین مرحله اکتشاف، زمین‌شناسان به بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و گزارش‌ها و مطالعات قبلی می‌پردازند، سپس در بازدید صحرایی، مناطقی را که احتمال تشکیل ذخایر معدنی در آن وجود دارد را شناسایی می‌کنند؛ در واقع محل اصلی کار زمین‌شناس، طبیعت است. برای مثال زمین‌شناسان می‌دانند که ذخایر زغال‌سنگی را همواره باید در سنگ‌های رسوبی جست‌وجو کرد، لذا مطالعات و بررسی‌های اولیه خود را در مناطقی که از سنگ‌های رسوبی تشکیل شده، متمرکز می‌کنند. در مرحله بعد، آنها با آگاهی از ویژگی‌های فیزیکی کانسنگ‌ها، مانند خواص مغناطیسی کانسنگ، رسانایی الکتریکی سنگ‌ها، تغییرات میدان گرانش زمین و... با کمک روش‌های ژئوفیزیکی، ذخایر زیرسطحی و عمق آنها را شناسایی می‌کنند. پس از مشخص شدن موقعیت تقریبی یک توده معدنی در زیر زمین، حفاری با دستگاه‌های پیشرفته و نمونه‌برداری از عمق، تا حدی که ماده معدنی وجود دارد، انجام می‌گیرد. این حفاری‌ها ممکن است تا صدها متر ادامه یابد. نمونه‌های تهیه شده از حفاری، برای شناسایی کانی‌های موجود در آنها و تعیین عیار فلز یا کیفیت ماده معدنی به آزمایشگاه حمل و در آنجا توسط میکروسکوپ و یا دستگاه‌های تجزیه شیمیایی مورد بررسی قرار می‌گیرند. در نهایت، زمین شناسان یا مهندسان اکتشاف، تمامی داده‌های به دست آمده را با نرم‌افزارها تحلیل و مقدار ذخیره معدن و عیار میانگین ماده معدنی را تعیین می‌کنند.

استخراج معدن و فراوری ماده معدنی

پس از پایان عملیات اکتشاف، با تعیین اقتصادی بودن ذخایر، عملیات استخراج آغاز می‌شود. روش استخراج، بر اساس شکل و چگونگی قرارگیری توده معدنی در پوسته، ابعاد توده معدنی، عمق قرارگیری و نوع ماده معدنی تعیین می‌شود. استخراج به روش‌های روباز یا زیرزمینی صورت می‌گیرد (شکل ۸ـ۲).



روش روباز　　روش زیرزمینی

شکل ۸ـ۲ـ روش‌های استخراج مادهٔ معدنی

جمع‌آوری اطلاعات

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

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

پیوند با ریاضی

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

گوهرها، زیبایی شگفت‌انگیز دنیای کانی‌ها

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

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

بیشتر بدانید

جدول سختی موهس

کانی	تالک	ژیپس	کلسیت	فلوئوریت	آپاتیت	ارتوکلاز	کوارتز	توپاز	کرندوم	الماس
سختی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰

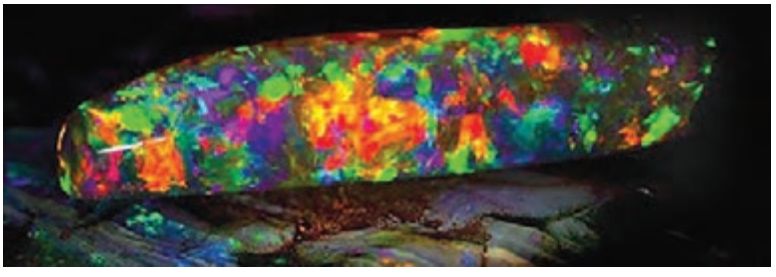
معدودی از گوهرها اثرات نوری خاصی را در نور مرئی نشان می‌دهند، به عبارتی حالتی خاص در گوهرها که ناشی از انعکاس، شکست و یا جذب نور در آن است را پدیده نوری می گویند. برخی از پدیده‌های نوری زیبا در گوهرها شامل پدیده چشم گربه‌ای در کانی کریزوبریل، ستاره‌واری در یاقوت، بازی رنگ و درخشش رنگین کمانی در اُپال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

پاسخ دهید

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

شکل ۹ـ۲ـ پدیده چشم گربه ای در گوهر کریزوبریل

شکل ۱۰ـ۲ـ پدیده ستاره واری در گوهر یاقوت



شکل ۱۱ـ۲ـ پدیده درخشش رنگین کمانی در گوهر اپال

شکل ۱۲ـ۲ـ پدیده تغییر رنگ در گوهرالکساندریت

الماس: گوهری بسیار گرانبها با ترکیب کربن خالص است که در دما و فشار بسیار زیاد، در گوشتهٔ زمین (در عمق حدود ۱۵۰ کیلومتری) تشکیل می‌شود . افزون بر استفاده گوهری، نمونه‌های غیرشفاف آن در مته‌های حفاری و ساینده‌ها نیز کاربرد دارد (شکل ۱۳ـ۲).

شکل ۱۳ـ۲ـ گوهر الماس

یاقوت: نام علمی آن کرندوم (اکسید آلومینیم) است. کانی کرندوم به رنگ‌های مختلف دیده می‌شود، رنگ قرمز آن را یاقوت سرخ (روبی) و برای نام‌گذاری سایر رنگ‌های آن، کلمه سافیر را قبل از رنگ آن می‌آورند مانند سافیر آبی (شکل ۱۴ـ۲). این کانی بعد از الماس، سخت‌ترین کانی است.

شکل ۱۴ـ۲ـ گوهر یاقوت

زمرد: سیلیکات بریلیم (بریل) به رنگ‌های مختلف و در سنگ‌های آذرین یافت می‌شود که معروف‌ترین و گران‌ترین نوع بریل با رنگ سبز، زمرد نام دارد (شکل ۱۵ـ۲).

شکل ۱۵ـ۲ـ گوهر زمرد

گارنت: نوعی کانی سیلیکاتی است که در سنگ‌های دگرگونی یافت می‌شود و معمولاً به رنگ سبز، قرمز، زرد، نارنجی و غیره، دیده می‌شود. فراوان‌ترین رنگ آن، قرمز تیره است. گارنت سبز در منطقه باغ برج کرمان شهرت جهانی دارد (شکل ۱۶ـ۲).

شکل ۱۶ـ۲ـ گوهر گارنت

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

شکل ۱۷ـ۲ـ گوهر عقیق

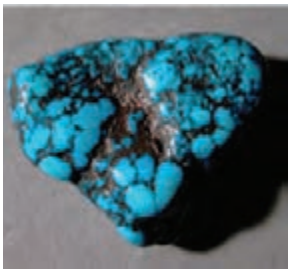
گفت‌وگو کنید

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

زبَرجَد: به نوع شفاف و قیمتی کانی اُلیوین، زبرجد می‌گویند. این کانی، سیلیکاتی و به رنگ سبز زیتونی است به همین دلیل به آن اُلیوین گفته می‌شود (شکل ۱۸ـ۲).

شکل ۱۸ـ۲ـ زبرجد

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



شکل ۱۹ـ۲ـ گوهر فیروزه (تورکوایز)

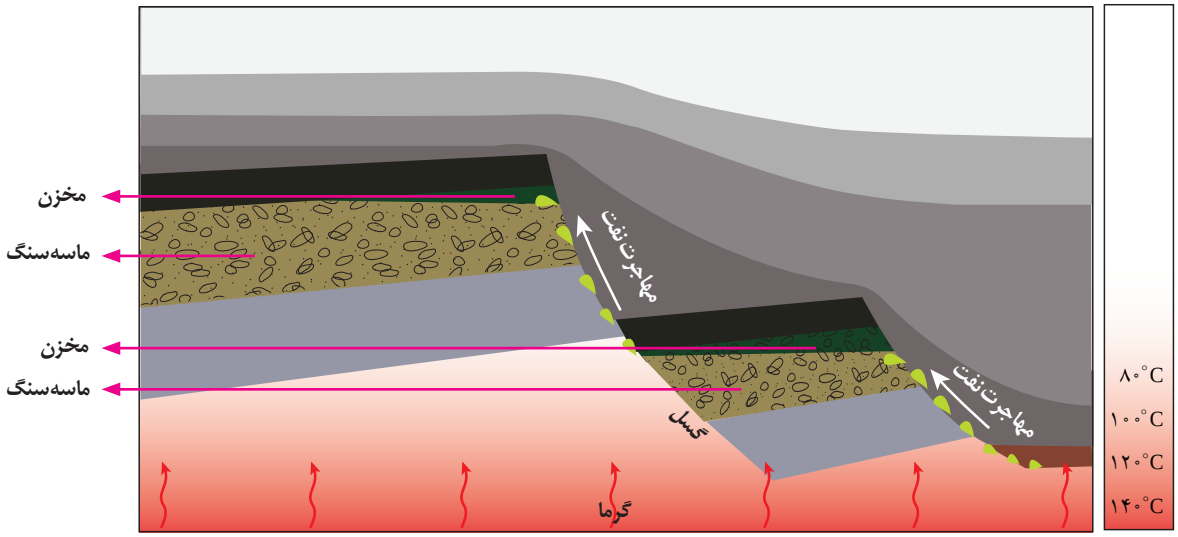
سوخت‌های فسیلی

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

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

دارای نور و مواد غذایی کافی است، زندگی می کنند. پلانکتون‌ها، که مهم‌ترین منشأ مواد آلی هستند، پس از مرگ، در رسوبات ریزدانه بستر دریا مدفون می‌شوند. ماده آلی حفظ شده در رسوبات ریزدانه که توسط لایه‌های بالایی پوشیده می‌شوند، سنگ منشأ نفت را تشکیل می‌دهند.

مواد آلی در طی تبدیل رسوب ریزدانه به سنگ منشأ، از طریق یک سری واکنش‌های شیمیایی ـ حرارتی نفت خام را به وجود می‌آورند. در فرایند تشکیل ذخایر نفتی، عواملی مانند دما، فشار، وجود باکتری غیرهوازی، زمان و محیطی بدون اکسیژن اهمیت فراوانی دارند.

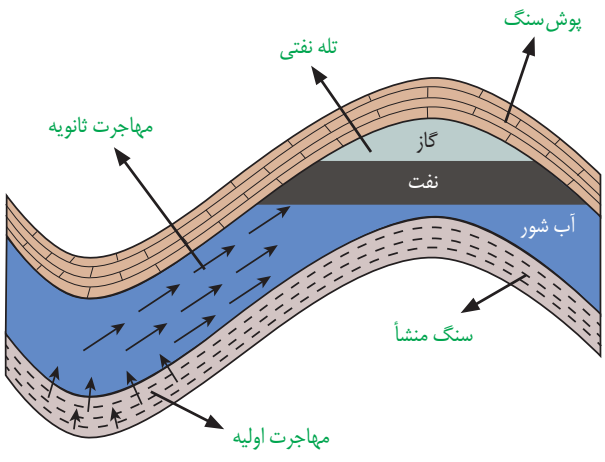


شکل ۲۰ـ۲ـ نفت از سنگ منشأ تا سنگ مخزن

فعالیت تکمیلی

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

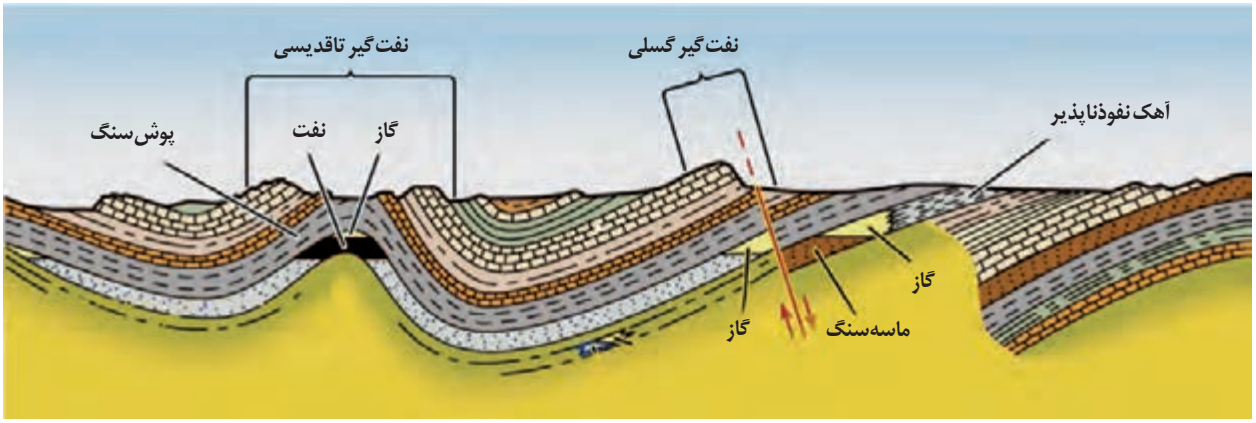
مهاجرت نفت: نفت و گازی که در سنگ منشأ تشکیل می‌شود، همراه با آب دریا که از زمان رسوب‌گذاری در سنگ به‌دام افتاده، به دلیل فشار طبقات فوقانی، از طریق شکستگی‌های سنگ‌ها، به سمت بالا و اطراف حرکت می‌کند که به آن مهاجرت اولیه نفت می‌گویند (۲۱ـ۲). اگر نفت و گاز درمسیر مهاجرت خود، به لایه‌ای از سنگ‌های نفوذناپذیر مانند سنگ گچ، نمک یا شیل برسند، دیگر قادر به ادامه مهاجرت نخواهند بود. این لایه نفوذناپذیر (پوش سنگ) جلوی حرکت نفت و گاز به سطح زمین را می‌گیرد و آنها را در سنگ مخزن که یکی از اجزای نفت‌گیر است، به‌دام می‌اندازد. ویژگی مهم سنگ مخزن، وجود تخلخل و نفوذپذیری زیاد آن است، مانند ماسه‌سنگ و سنگ آهک حفره‌دار (ریف های مرجانی).



شکل ۲۱ـ۲ـ مهاجرت نفت

مخازن نفتی (نفت گیرها و تله های نفتی)، دارای شکل (وضعیت) هندسی مناسب برای تجمع و ذخیره‌سازی نفت می‌باشند. حرکت نفت از طریق یک لایهٔ نفوذپذیر و متخلخل و رسیدن آن به سنگ مخزن و جدایش آب شور، نفت و گاز از هم به‌دلیل اختلاف چگالی درون مخزن را مهاجرت ثانویه می گویند (شکل ۲۱ـ۲). میزان جابه‌جایی نفت طی مهاجرت اولیه نسبت به مهاجرت ثانویه بسیار کمتر است. اگر در طی مهاجرت اولیه و ثانویه مانعی در مسیر حرکت آب و نفت و گاز نباشد، به سطح زمین راه یافته و چشمه‌های نفتی را به‌وجود می‌آورد. در این صورت نفت، در سطح زمین دچار اکسایش و غلیظ‌شدگی می‌شود و ذخایر قیر طبیعی را به‌وجود می‌آورد که نمونه‌ای از آن در استان‌های خوزستان و ایلام دیده می‌شود.

نفت‌گیرها انواع مختلفی دارند مانند نفت‌گیرهای تاقدیسی،گسلی، گنبد نمکی، ریف مرجانی و غیره (شکل ۲۲ـ۲). عمده ذخایر نفتی ایران در نفت‌گیرهای تاقدیسی قرار دارد. با توجه به اینکه شرایط لازم برای حفظ‌شدگی مواد آلی و تبدیل آنها به نفت خیلی خاص است تنها یک درصد از مواد آلی به نفت و گاز تبدیل شده‌اند.

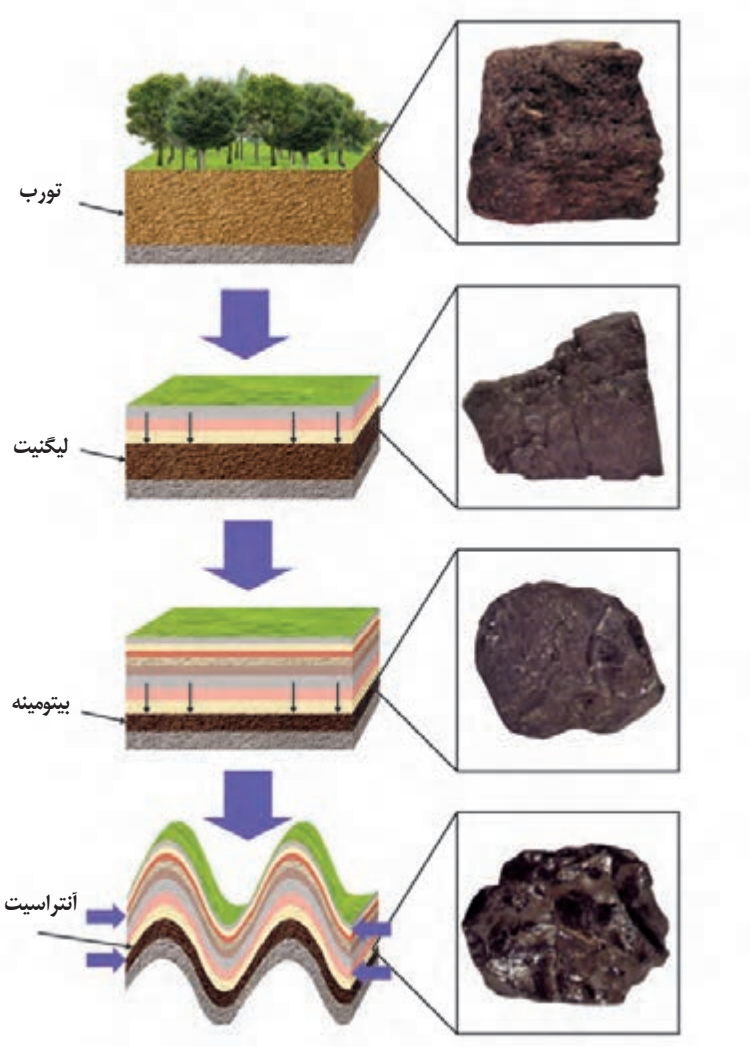


شکل ۲۲ـ۲ـ انواع نفت‌گیرها

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

در طی میلیون‌ها سال، تورب در زیر فشار رسوبات و وزن سنگ‌های بالایی، فشرده‌تر شده و آب و مواد فرّار مانند کربن‌دی‌اکسید و متان از آن خارج می‌شود. با خروج این مواد، در نهایت، ضخامت تورب که ماده‌ای پوک و متخلخل است، کاهش می‌یابد و به لیگنیت تبدیل می‌شود. با افزایش تراکم، لیگنیت به زغال سنگ‌های مرغوب‌تری به نام بیتومینه و سپس آنتراسیت تبدیل می شود (شکل ۲۳ـ۲).

در فرایندهای زغال شدگی از تورب تا آنتراسیت، تغییرات زیادی رخ می‌دهد و سبب می‌شود با خروج تدریجی آب و مواد فرّار، درصد کربن در سنگ حاصل، افزایش یابد و کیفیت و توان تولید انرژی زغال سنگ بهتر شود.



شکل ۲۳ـ۲ـ مراحل تشکیل آنتراسیت (زغال‌رسیده)

فکر کنید

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

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

• **زمین‌شناسی اقتصادی:** زمین‌شناسانی که در موضوع زمین‌شناسی اقتصادی تخصص دارند، با بهره‌گیری از اصول زمین‌شناسی و پراکندگی عناصر در پوسته زمین، به دنبال مکان‌هایی هستند که در آن ذخایر معدنی ارزشمند مانند مس،آهن، طلا، نقره، الماس و دیگر گوهرها و... قرار دارند.

• **زمین‌شناسی نفت:** زمین‌شناس نفت، از تخصص خود در شناخت، چگونگی تشکیل و مهاجرت نفت در اعماق چند کیلومتری زمین استفاده می‌کند. همچنین مکان‌هایی که نفت می‌تواند در آنجا انباشته شود، شناسایی و مکان‌هایی از یک میدان نفتی یا گازی که برای حفاری و استخراج نفت مناسب است را مشخص می‌کند.

• **ژئوشیمی:** کلارک و محققان دیگر، مطالعات زیادی درباره ترکیب سیارات به ویژه زمین انجام داده‌اند و یافته‌های آنها، پایه علم ژئوشیمی امروزه را تشکیل داده است. مطالعه روی ترکیب سیارات که در واقع همان ترکیب تقریبی زمین است، تأثیر بسزایی در شناخت عناصر و چگونگی تشکیل آنها دارد و همچنین توزیع نامساوی عناصر در زمین را بررسی می‌کند.

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

رود کارون

فصل ۳

منابع آب و خاک

فضانوردان، زمین را یک سیاره آبی و بسیار زیبا توصیف کرده اند چرا که بیشتر سطح زمین از آب اقیانوس‌ها و دریاها پوشیده شده است. آب با حالت‌های جامد، مایع و گاز، باعث تغییرات وسیعی در لایه سطحی و پیرامون کرهٔ زمین می‌شود. آب، نماد زندگی است و در سفری پایان‌ناپذیر بین سنگ کره و هواکره، سبب تغییر پوسته زمین، فرسایش و تغییرات اقلیمی 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؟

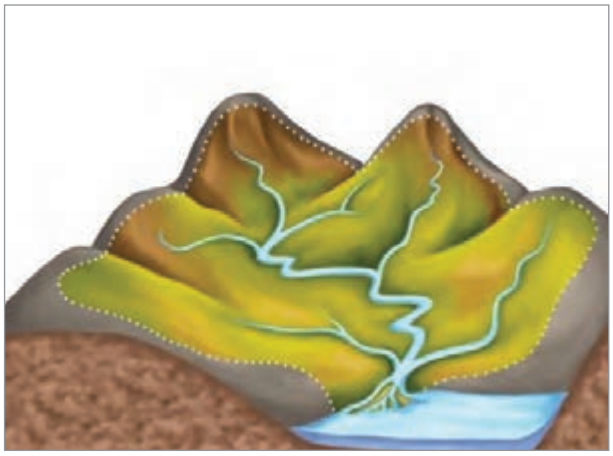
خاک ماده باارزشی است و در تشکیل آن عوامل متعددی دخالت دارند. آیا می‌توان بدون خاک به زندگی ادامه داد؟ خاک، چه نقشی در زندگی گیاهان و جانوران دارد؟ آیا خاک هر منطقه با مناطق دیگر تفاوت دارد؟ خاک چگونه و از چه موادی تشکیل می‌شود؟

شوره‌زار

باتلاق

زندگی انسان و سایر جانداران، بدون آب امکان‌پذیر نیست. آب مورد نیاز، از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی تأمین می‌شود.

مقداری از بارش به‌صورت تبخیر، مجدداً به هوا کره برمی‌گردد. بخشی دیگر که به سطح زمین می‌رسد یا تبخیر می‌شود و یا به‌صورت رواناب به سوی مناطق پست‌تر حوضه آبریز جریان می‌یابد. بخشی از رواناب به داخل زمین نفوذ و منابع آب زیرزمینی را تغذیه می‌کند. به منطقه‌ای که آب‌های آن به‌وسیله رودخانه اصلی و شاخه‌های فرعی، زهکشی می‌شود، حوضه آبریز می‌گویند. هر ذره آبی که در چنین منطقه‌ای جریان دارد، سرانجام به رودخانه اصلی می‌پیوندد و به‌وسیله آن از حوضه آبریز خارج می‌شود (شکل ۱ـ۳).



شکل ۱ـ۳ـ حوضه آبریز

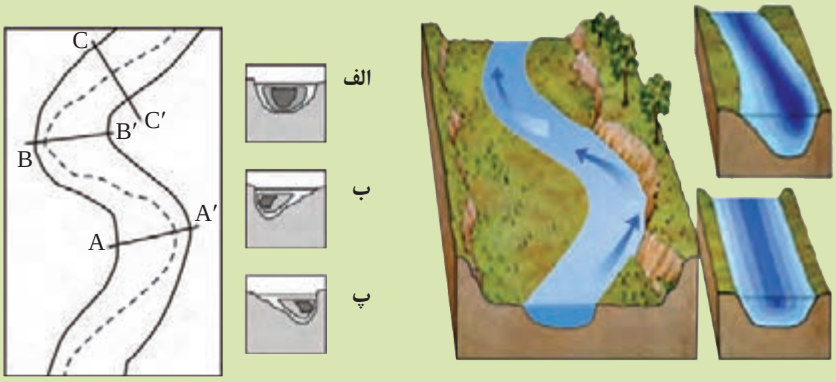
آب جاری

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

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

فکر کنید

- مقدار رسوب‌گذاری و فرسایش را در نقاط A و A′ مقایسه کنید.
- هریک از نیم‌رخ‌های الف و ب و پ مربوط به کدام مقطع رود می‌باشد؟



مقاطع مختلف رود

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

اندازه‌گیری سرعت آب و آبدهی رود، به‌صورت روزانه و یا در دوره‌های زمانی طولانی‌تر و به روش‌های مختلف انجام می‌شود (شکل ۲ـ۳). با تعیین سرعت آب در یک رود یا آبراهه و اندازه‌گیری سطح مقطع آن، می‌توان مقدارآبدهی (دبی) را با استفاده از رابطه زیر محاسبه کرد.

شکل ۲ـ۳ـ ایستگاه اندازه‌گیری آبدهی رود

$$Q=A\times V$$

Q: دبی برحسب مترمکعب بر ثانیه

A: مساحت سطح مقطع جریان آب برحسب مترمربع

V: سرعت جریان آب برحسب متر بر ثانیه

جمع‌آوری اطلاعات

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

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

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

پیوند با ریاضی

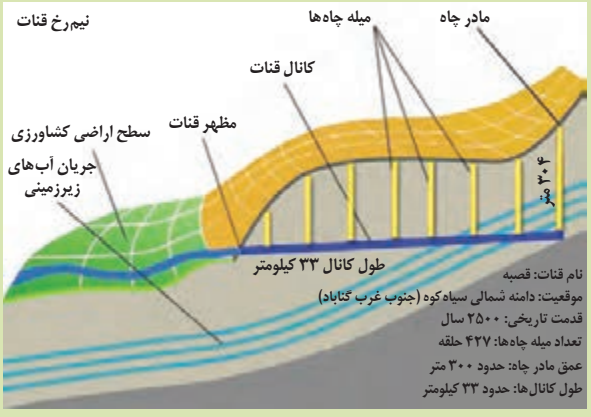
- آب در رودی با سطح مقطع ۱۰۰ مترمربع، و با سرعت متوسط ۲ متر بر ثانیه در جریان است. آبدهی رود را محاسبه کنید.
- اگر این رود به یک تالاب منتهی شود، در طی یک هفته، چند مترمکعب آب را وارد تالاب می‌کند؟

آب زیرزمینی

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

جمع‌آوری اطلاعات

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

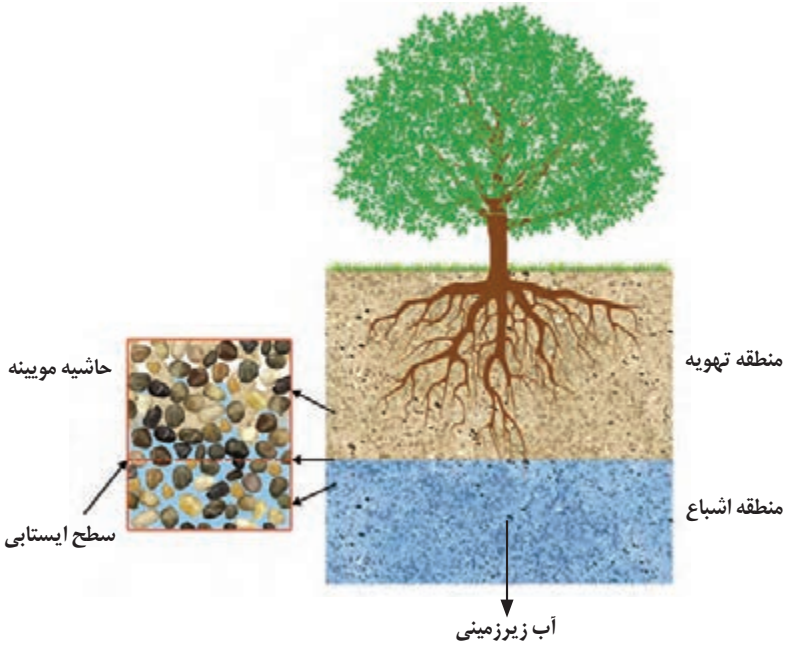


توزیع آب در زیرزمین: در هنگام نفوذ آب به داخل زمین، بخشی از آب نفوذی به سطح ذرات خاک یا سنگ می‌چسبد، به‌طوری که منافذ و فضاهای خالی، توسط آب و هوا پر می‌شود و منطقهٔ تهویه شکل می‌گیرد. منطقه تهویه از سطح زمین به سمت پایین، شامل کمربند رطوبت خاک، کمربند حدواسط و کمربند مویینه می‌باشد.

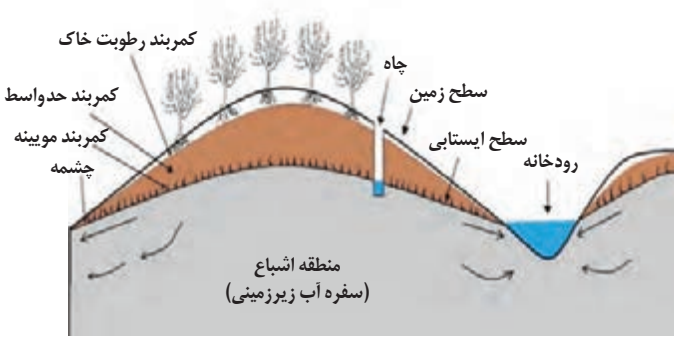
کمربند رطوبت خاک، مجاور سطح زمین بوده و دربرگیرنده ریشه گیاهان است و آب لازم برای گیاهان را تأمین می‌کند. در کمربند حدواسط، آب به علت جاذبه مولکولی معلق است و هنگام ورود آب باران یا ذوب برف، ضخامت آن افزایش می‌یابد. کمربند مویینه در مجاورت آب زیرزمینی قرار دارد. در اینجا آب‌های زیرزمینی به علت خاصیت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

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

بخشی از آب نفوذی، به طرف عمق بیشتر حرکت کرده تا به سنگ بستر برسد و منطقهٔ اشباع را ایجاد می‌کند. تمام فضاهای خالی منطقه اشباع توسط آب پرشده است. سطح بالایی این منطقه، سطح ایستابی است. (شکل ۳ـ۳ـ الف و ب)



(الف)



(ب)

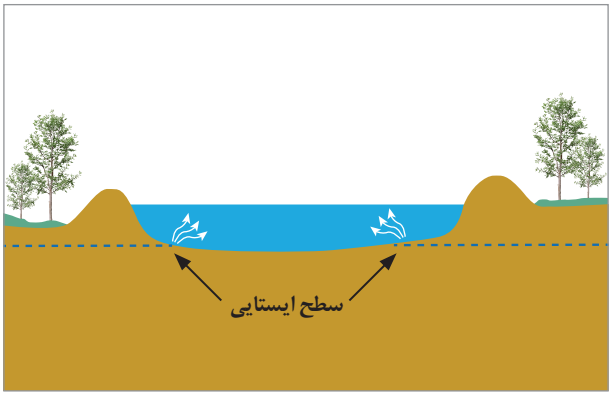
شکل ۳ـ۳ـ الف) توزیع آب زیرزمینی در خاک، ب) کمربندهای منطقه تهویه

پیوند با فیزیک

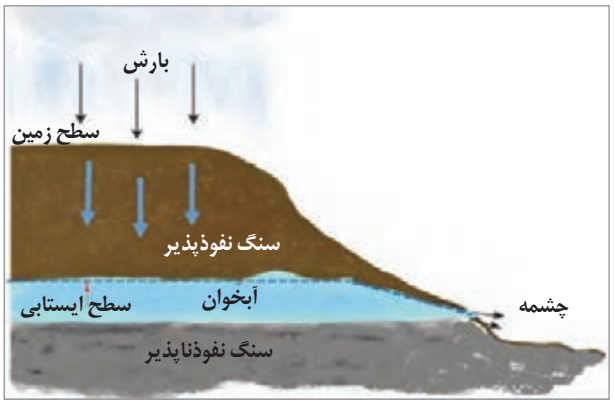
- چه نیرویی باعث تشکیل حاشیهٔ مویینه می‌شود؟
- اندازهٔ ذرات خاک، چه تأثیری بر ضخامت حاشیه مویینه دارد؟
- هنگامی که عمق سطح ایستابی کم باشد به‌طوری که حاشیه مویینه، به سطح زمین برسد، چه اتفاقی می‌افتد و چه مشکلاتی ایجاد می‌کند؟

عمق سطح ایستابی در مناطق مختلف، متفاوت است. دربعضی مناطق ممکن است تا صدها متر برسد. سطح ایستابی، تقریباً از توپوگرافی (عارضه نگاری*) سطح زمین تبعیت می‌کند. هنگامی که سطح ایستابی با سطح زمین برخورد کند، آب زیرزمینی به‌صورت چشمه و گاهی به‌صورت برکه در سطح زمین ظاهر می‌شود (شکل ۴ـ۳ـ الف و ب).

* مصوب فرهنگستان



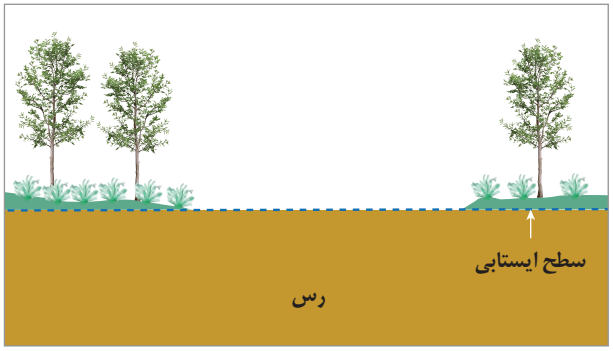
الف) برکه



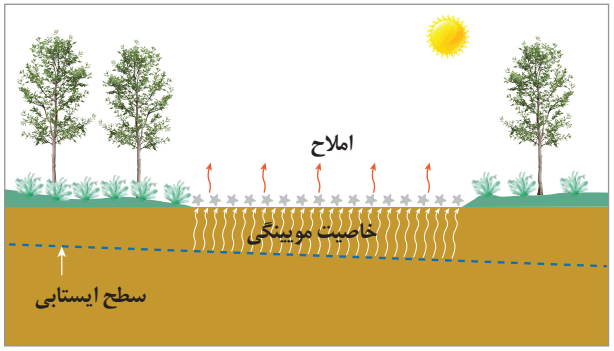
ب) چشمه

شکل ۴ـ۳

در صورتی که سطح ایستابی بر سطح زمین منطبق شود یا در نزدیک آن قرار گیرد، باتلاق یا شوره‌زار تشکیل می‌شود. به طور مثال در برخی مناطق کویری ایران، تبخیر از منطقه تهویه منجر به ته‌نشینی موادی در خاک می‌شود و این شوره‌زارهای ایجادشده برای کشاورزی نامناسب می‌باشند. (شکل ۵ـ۳ـالف و ب)



الف) باتلاق



ب) شوره‌زار

شکل ۵ـ۳

دانشمندان علوم زمین

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

یادآوری

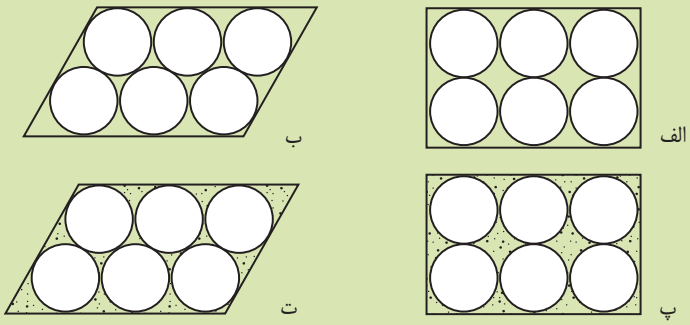
● در سال‌های گذشته در مورد عمق سطح ایستابی خوانده بودید. چه عواملی بر تغییرات سطح ایستابی مؤثر است؟

تخلخل و نفوذپذیری: برای تشکیل آبخوان، لازم است رسوبات و سنگ‌ها، دارای فضاهای خالی باشند. این فضاهای خالی یا منافذ اولیه هستند که از ابتدای تشکیل در آنها وجود داشته‌اند مانند منافذ موجود در رسوب آبرفتی و پوکه معدنی و یا پس از تشکیل سنگ به‌صورت ثانویه بر اثر شکستگی، هوازدگی، انحلال یا عوامل دیگر در آن به‌وجود آمده‌اند.

مقدارتخلخل در رسوبات و سنگ‌ها به عوامل مختلفی مانند بافت (اندازه، شکل و طرز قرارگیری دانه‌ها)، جورشدگی، سیمان‌شدگی، میزان هوازدگی و تعداد درز و شکاف‌ها بستگی دارد. در رسوبات دانه ریز با آنکه مقدار تخلخل زیاد است، ولی نفوذپذیری کم می‌شود؛ زیرا مجاری متصل‌کننده حفره‌ها بسیار کوچک بوده و نیروی مویینگی زیاد در دیواره‌های این مجاری مانع عبور مایعات می‌گردد. با افزایش اندازه دانه‌ها علاوه بر افزایش مقدار تخلخل، نفوذپذیری هم زیاد می‌شود. از طرفی، هرقدر جورشدگی (هم اندازه بودن قطر دانه‌ها) بیشتر باشد، تخلخل و نفوذپذیری هم زیادتر خواهد بود و چنانچه جورشدگی کمتر باشد به‌دلیل قرار گرفتن ذرات ریز در فضای بین ذرات درشت، تخلخل و نفوذپذیری کاهش می‌یابد.

فکر کنید

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



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

$$\text{درصد تخلخل} = \frac{\text{حجم فضاهای خالی } (m^3)}{\text{حجم کل } (m^3)} \times ۱۰۰$$

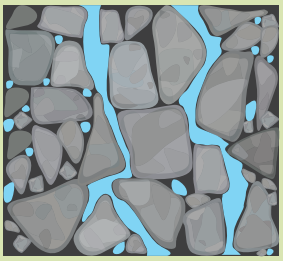
پیوند با ریاضی

- بر اثر بهره‌برداری از یک آبخوان در یک دشت به مساحت ۲۰۰×۱۰^۶ مترمربع و تخلخل ۳۰ درصد، سطح ایستابی ۱۰ متر افت کرده است. چه حجمی از آب تخلیه شده است؟
- چنانچه این حجم آب در طی ۳۰ روز پمپاژ شده باشد، میانگین آبدهی چاه‌ها چقدر بوده است؟

هر چه درصد تخلخل خاک یا سنگ بیشتر باشد، آب بیشتری را می‌تواند در خود نگه دارد. اما لزوماً باعث عبور آب نمی‌شود. مثلاً پوکه معدنی و سنگ‌پا (نوعی سنگ آذرین بیرونی) با آنکه بسیار متخلخل هستند اما، به علت عدم ارتباط منافذ، آب از آنها عبور نمی‌کند. رس‌ها دارای تخلخل ۵۰ درصد یا بیشترند، ولی به‌علت ریز بودن ذرات، نفوذپذیری بسیار اندکی دارند.

میزان نفوذپذیری خاک به میزان ارتباط و اندازهٔ منافذ بستگی دارد. به‌طور کلی می‌توان گفت درصد تخلخل آبخوان، بیانگر مقدار آبی است که می‌تواند در آن ذخیره شود و نفوذپذیری، نشانگر توانایی آبخوان در انتقال و هدایت آب می‌باشد.

فعالیت تکمیلی



- پوکه معدنی به‌عنوان عایق در ساختمان‌ها استفاده می‌شود. درباره علت کاربرد آن گفت‌وگو کنید.
- در شکل مقابل، بخشی از یک سنگ مخزن گازی را می‌بینید. تخلخل و نفوذپذیری آن چگونه است؟
- اگر فواصل موجود در بین قطعات سنگی آن توسط سیمان آهکی پر شود، چه اثری بر کمیت مخزن گاز می‌گذارد. با دوستان خود بحث کنید.

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

یادآوری

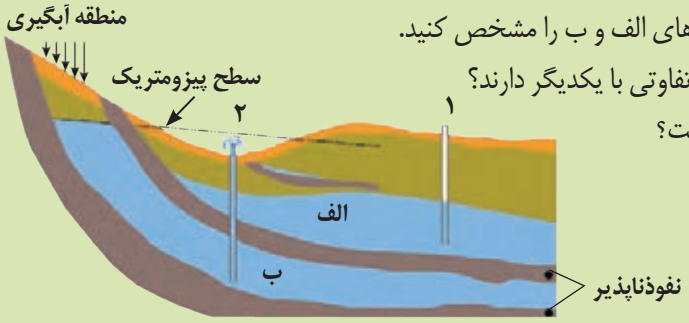
- در سال‌های گذشته، با آبخوان و انواع آن آشنا شدید. در این‌باره به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱ـ آبخوان چیست؟

۲ـ در شکل زیر، نوع آبخوان‌های الف و ب را مشخص کنید.

۳ـ چاه‌های شمارهٔ ۱ و ۲ چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟

۴ـ کدام چاه از نوع آرتزین است؟



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

بیشتر بدانید

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

کربناته مانند سنگ‌های آهکی بوده و توسعه تخلخل ثانویه در آنها به فراوانی انجام شده است. این پدیده در سایر سنگ‌های انحلال‌پذیر مانند سنگ‌های سولفاته و کلروره و سنگ گچ نیز اتفاق می‌افتد. کارست پدیده‌ای در پوسته زمین است که آثار آن به‌صورت اشکال مختلف از قبیل حفره‌ها و غارها، در سطح و در زیر سطح زمین وجود دارد. به‌علت وجود شکستگی‌های فراوان و قابلیت انحلال توده سنگی، یک سیستم گردش آب زیرزمینی در آنها شکل می‌گیرد. در مناطقی که کارست توسعه یافته است، معمولاً فروچاله‌های حاصل از کارست‌ها، آب را می‌بلعند و با انتقال آب از سطح به اعماق باعث تغذیه آبخوان‌های مجاور خود و یا خروج آب به شکل چشمه‌های پر آب و دائمی می‌شوند. از طرفی توده‌های کارستی حساسیت بالایی به ورود آلاینده‌ها داشته و به سرعت موجب آلودگی آب‌های زیرزمینی خواهند شد.

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.

فعالیت تکمیلی

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

مقدار نمک‌های محلول در آب زیرزمینی موجود در سنگ‌های آذرین و دگرگونی، به‌طور معمول کم است. این گونه سنگ‌ها اگر دچار هوازدگی و شکستگی شوند، قادر به ذخیره و عبور آب شده و به‌دلیل نداشتن املاح غالباً برای آشامیدن و مصارف دیگر مطلوبند. سنگ‌های تبخیری مانند سنگ نمک و سنگ گچ (کانی‌های ژیپس و انیدریت)، انحلال‌پذیری زیادی دارند و از این‌رو، آب این گونه آبخوان‌ها، عموماً دارای املاح فراوان هستند. آب موجود در سنگ‌های کربناتی، معمولاً از نوع آب‌های سخت است، یعنی درصد یون‌های کلسیم و منیزیم بیشتری دارد. این گونه آب‌ها، به‌خوبی با صابون کف نمی‌کنند و رسوباتی را در لوله‌ها و ظرف‌ها ته‌نشین می‌کنند، به همین جهت، استفاده از آنها در صنعت و آشامیدن دارای محدودیت‌هایی است.

لایه‌های آبدار موجود در رسوبات رودخانه‌ای و آبرفتی به‌طور معمول، حاوی آب شیرین هستند. اما آب‌های زیرزمینی در حوضه‌های بسته، که محلی برای خروج آب زیرزمینی وجود ندارد، املاح زیادی دارند. در نواحی خشک، مانند مناطق کویری ایران، در برخی نقاط، شوری آب چنان زیاد است که برای بسیاری از موارد، نامناسب است. در این نواحی تبخیر آب از منطقه تهویه منجر به ته‌نشینی موادی در خاک شده که این امر برای کشاورزی نامناسب است.

پیوند با شیمی

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

TH: سختی کل (میلی گرم در لیتر) $TH = ۲/۵\,Ca^{۲+} + ۴/۱\,Mg^{۲+}$

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

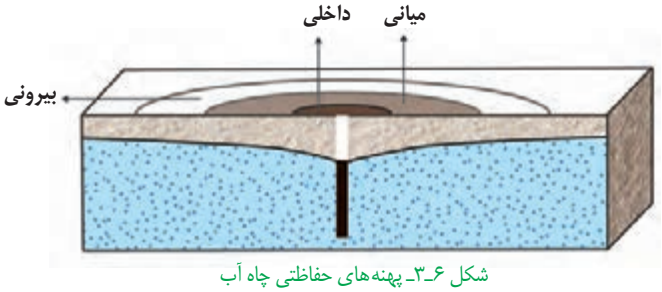
جمع‌آوری اطلاعات

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

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

حریم منابع آب: کیفیت منابع آب زیرزمینی به‌وسیله کودهای کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و شهری و همچنین کمیت آنها از طریق بهره‌برداری زیاد، در معرض تهدید است. بنابراین حفاظت از این منابع، دارای اهمیت زیادی است. یکی از روش‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی، تعیین حریم برای آنها است. بر این اساس، حریم کمی و کیفی تعریف می‌شود. حریم کمی، براساس شعاع تأثیر دو چاه در نظر گرفته می‌شود که حدود ۵۰۰ متر است. حریم کیفی چاه‌های تأمین‌کننده آب شرب، به‌صورت پهنه‌های حفاظتی تعریف می‌شود. منظور از پهنه‌های حفاظتی، محدوده‌ای در اطراف چاه است که آلاینده قبل از رسیدن به چاه از بین می‌رود. پهنه‌های حفاظتی، معمولاً شامل سه بخش داخلی، میانی و بیرونی است (شکل ۶ـ۳). در حریم داخلی هرگونه فعالیت آلوده‌کننده‌ای ممنوع می‌باشد. لازم به ذکر است که پس از آلوده شدن آبخوان، هیچ نوع راه‌حل ارزان و سریعی برای از بین بردن آلودگی از این منابع وجود ندارد.

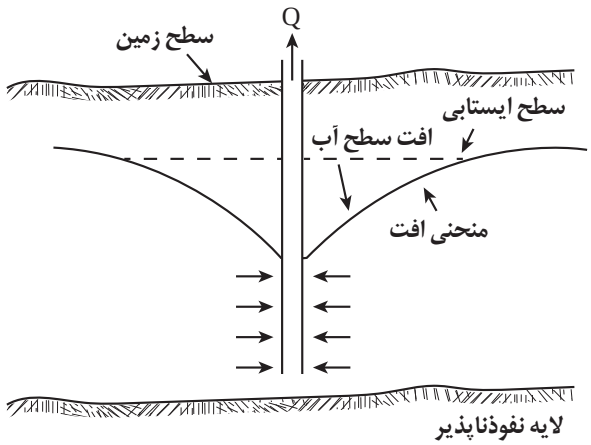
به‌دلیل تفاوت در ویژگی خاک‌ها، مقدار جریان آب زیرزمینی، سرعت نفوذ آلاینده‌ها، شرایط گوناگون محیطی مناسب برای رشد انواع باکتری‌ها و سایر عوامل دیگر، نمی‌توان به‌طور دقیق فاصله‌ای را که فاضلاب در خاک طی می‌کند تا آلاینده‌های آن حذف شوند را مشخص کرد. آلاینده‌ها در خاک‌های ریز دانه پس از طی مسیر کوتاهی متوقف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



شکل ۶ـ۳ـ پهنه‌های حفاظتی چاه آب

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

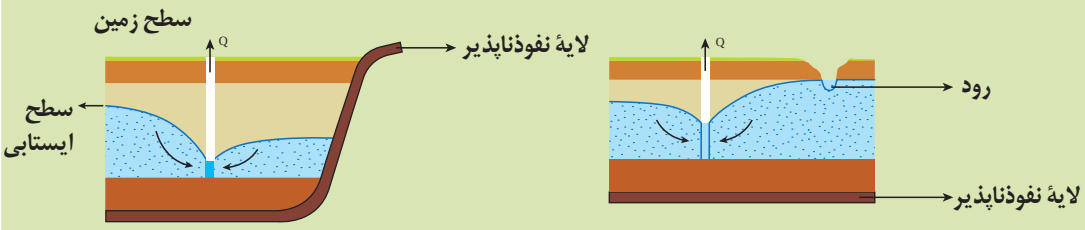
بهره‌برداری از آب زیرزمینی: انسان به‌وسیله چاه و قنات آب‌های زیر زمین را خارج می‌کند. چاه حفره‌ای است که از سطح زمین تا منطقه اشباع حفر شده و در نتیجه آن، آب زیرزمینی در داخل چاه جمع می‌شود. بیرون آوردن آب از چاه به راه‌های مختلف صورت می‌گیرد. (آب بعضی از چاه‌ها مانند چاه آرتزین خود به خود بیرون می‌جهد.) وقتی آب زیرزمینی از چاه استخراج می‌شود سطح آب به‌تدریج در اطراف چاه پایین می‌رود. بر اثر افت سطح آب اطراف چاه، جریان طبیعی آب زیرزمینی تغییر می‌کند و آب از نقاط دورتر و اطراف چاه به سمت آن جریان می‌یابد (شکل ۷ـ۳). فاصله چاه‌ها از یکدیگر در میزان آبدهی آنها مؤثر است.



شکل ۷ـ۳ـ مخروط افت چاه آب

گفت‌وگو کنید

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



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

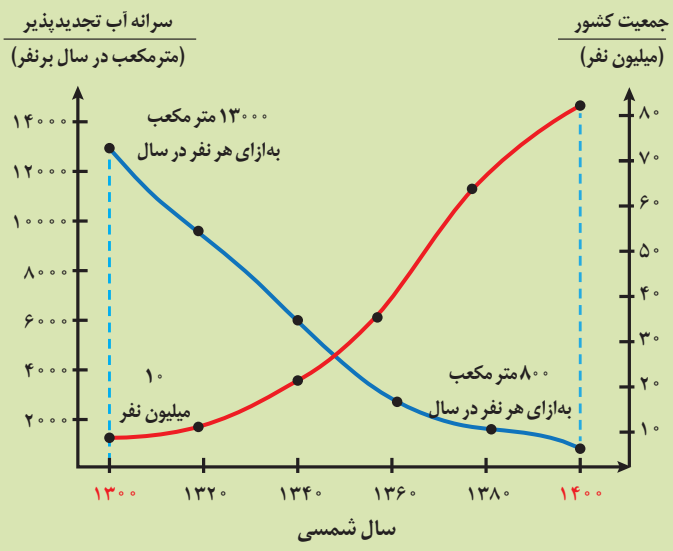
$$\Delta S = I - O$$

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

برای جلوگیری از ایجاد بحران آب، باید میزان بهره‌برداری از منابع آب، کمتر از میزان تغذیه آن منابع باشد. عدم رعایت این مورد، در طی سال‌های گذشته، منجر به کاهش شدید ذخایر آب زیرزمینی کشور ما شده است. در طی سال‌های گذشته به علت بهره‌برداری زیاد از منابع آبی، بیلان منابع آب در کل کشور منفی بوده است. بر این اساس، بسیاری از دشت‌های کشور از نظر توسعهٔ بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی، به‌عنوان دشت ممنوعه اعلام شده است.

تفسیر کنید

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



فرونشست زمین

فرونشست، نوعی حرکت قائم و روبه پایین سطح زمین است که توسط عوامل طبیعی مختلفی مثل ریزش زمین در محل سنگ‌های انحلال‌پذیر، گسل و یا عوامل انسانی مثل استخراج معادن، نفت، گاز و بهره‌برداری از آب زیرزمینی ایجاد می‌شود. با این وجود مهم‌ترین علت فرونشست سطح زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بهره‌برداری بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی است.

در اثر خروج آب از منافذ خاک، طرز قرارگیری دانه‌های خاک به‌هم خورده و از طرفی نیروی ناشی از وزن طبقات بالای سطح ایستابی باعث آرایش جدیدی در ذرات می‌شوند که کاهش حجم و ضخامت لایه‌های روی آبخوان را در پی خواهد داشت. این پدیده علاوه بر کاهش حجم آبخوان موجب ناپایداری زمین و به‌هم خوردن تعادل طبیعی لایه‌های خاک می‌گردد. در بسیاری از دشت‌های کشور ما که با بیلان منفی آب زیرزمینی روبه‌رو هستند، این وضعیت مشاهده می‌شود.

فرونشست زمین یا به‌صورت سریع، به شکل فروچاله ایجاد می‌شود (شکل ۸ـ۳ـ الف) و یا آرام و نامحسوس به‌صورت نشست سطح

وسیعی از منطقه و ایجاد ترک و شکاف در سطح زمین نمایان می‌شود (شکل ۸ـ۳ـ ب) این پدیده می‌تواند باعث مشکلاتی مانند کاهش حاصلخیزی خاک، لوله‌زایی (بالا آمدن لوله‌های آب از سطح زمین) (شکل ۸ـ۳ـ پ)، ریزش و کج شدن جداره چاه‌ها، تغییر شیب رودخانه‌ها و جاده‌ها، تغییر شیب سطح زمین و افزایش سیل‌خیزی منطقه گردد.

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

(الف)

(ب)

(پ)

شکل ۸ـ۳ـ فرونشست زمین

فعالیت تکمیلی

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

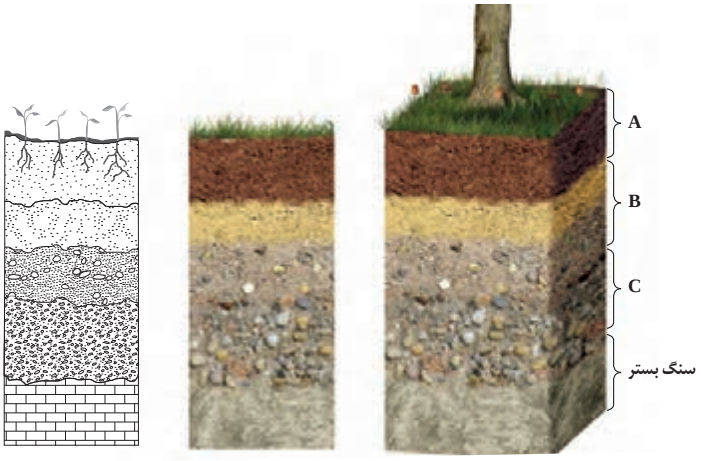
منابع خاک

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

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

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

نیم‌رخ خاک: به مقطع عمودی خاک از سطح زمین تا سنگ بستر که افق‌های مختلف خاک در آن قابل مشاهده می‌باشد، نیم‌رخ خاک می گویند. معمولاً در نیم‌رخ خاک، افق‌های زیر وجود دارد (شکل ۹ـ۳).



شکل ۹ـ۳ـ افق‌های خاک و سنگ بستر

افق A، بالاترین لایه خاک است. ریشهٔ گیاهان در آن رشد می کنند. این افق، معمولاً حاوی گیاخاک (هوموس) به همراه ماسه و رس است. وجود مواد آلی باعث رنگ خاکستری تا سیاه این افق می‌شود. در افق B یا خاک میانی، رس، ماسه، شن، املاح شسته شده از افق A و مقدار کمی گیاخاک وجود دارد. افق C، خاک زیرین است و در آن، مواد سنگی به میزان کم، تخریب و تجزیه شده‌اند، در نتیجه سنگ اولیه تغییر زیادی نکرده و به‌صورت قطعات خرد شده است. در زیر این افق، سنگ بستر قرار دارد که تخریب و یا تجزیه‌ای در آن صورت نگرفته است.

اگرچه این افق‌ها در بسیاری از نیم‌رخ خاک‌ها مشاهده می‌شود ولی، خاک‌های مناطق مختلف از نظر بافت، رنگ، ضخامت و ترکیب شیمیایی متفاوت هستند. خاک حاصل از تخریب سیلیکات‌ها و سنگ‌های فسفاتی، از نظر کشاورزی و صنعتی ارزش زیادی دارد. به‌طور مثال، بر اثر هوازدگی شیمیایی فلدسپارها، کانی‌های رسی مانند کائولینیت ایجاد می‌شود که علاوه بر اهمیت آن در تشکیل خاک، در صنعت کاشی‌سازی و چینی‌سازی نیز شرکت دارند. در اغلب اقلیم‌ها، کوارتز در مقابل هوازدگی شیمیایی فوق‌العاده پایدار است و فقط به‌طور جزئی حل می‌شود، در نتیجه خاک‌های حاصل از تخریب سنگ‌های دارای کانی مقاومی مانند کوارتز، غالباً شنی و ماسه‌ای بوده و فاقد ارزش کشاورزی هستند. در کشاورزی، خاکی را حاصلخیز می گویند که موجب رشد بیشتر گیاه شود مانند خاک‌های تشکیل شده درمناطق گرم و مرطوب که هوازدگی شیمیایی در آنها اهمیت بیشتری دارد.

فعالیت تکمیلی

● علت تنوع رنگ خاک در مناطق مختلف چیست؟

فرسایش

هوازدگی مقدمه فرسایش است و در طی فرسایش، هوازدگی نیز همچنان ادامه دارد. فرسایش، فرایندی مداوم است که طی آن، ذرات خاک از بستر اصلی خود جدا و به کمک عوامل انتقال‌دهنده به مکان دیگری حمل می‌شود. مقدار فرسایش‌پذیری خاک، معمولاً در ایام مختلف سال، ثابت نیست.

فرسایش به‌طور 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 آن را کاهش یا افزایش می‌دهد، اما نمی‌تواند آن را کاملاً متوقف کند. فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی، معدن کاری، جاده‌سازی و سایر فعالیت‌های عمرانی، فرسایش طبیعی را تشدید می کنند. افزون بر انسان، سایر جانداران نیز، در افزایش این فرسایش‌ها نقش دارند.

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

شکل ۱۰ـ۳

اگر سطح زمین به‌وسیله پوشش گیاهی محافظت نشده باشد فرسایش بیشتری پیدا کرده و در سطح زمین مجاری و آبراهه‌های کوچکی ایجاد می‌شود. با ادامه فرسایش، این مجاری وسیع‌تر و عمیق‌تر شده و شیارهای بزرگ‌تری به‌وجود می‌آید. مهم‌ترین ویژگی بارندگی که در فرسایش زمین مؤثر است، شدت و مدت بارش است. هنگامی که جریان آب، شدت پیدا کند، باعث فرسایش خندقی و از بین رفتن زمین‌های با ارزش کشاورزی می‌شود. پیدایش خندق‌ها، علاوه بر آنکه از ارزش زمین‌های کشاورزی می‌کاهد، باعث تخریب جاده‌ها، پل‌ها و ساختمان‌ها می‌شود. در اغلب شرایط می‌توان با ساخت کانال و ایجاد پوشش گیاهی، انرژی جریان آب را کاهش داد (شکل ۱۰ـ۳).

قدرت فرسایندگی رواناب، بستگی به سرعت و میزان مواد معلق موجود در رواناب دارد. هر چه سرعت رواناب، جرم و میزان مواد معلق بیشتر باشد، انرژی جنبشی آب و در نتیجه، قدرت فرسایندگی آن بیشتر می‌شود. قدرت فرسایندگی آب خالص، کمتر از آب دارای مواد معلق است.

وقتی میزان مواد معلق، بیشتر از توان حمل رواناب باشد و یا از سرعت آب جاری کاسته شده و انرژی خود را از دست بدهد، رسوب‌گذاری رود شروع می‌گردد. سرعت رود وقتی کم می‌شود که درجه شیب بستر آن کاهش یافته، بسترش عریض شود، یا مقدار آب آن کاهش یابد. رودها مخصوصاً زمانی سرعت خود را از دست می‌دهند که وارد دریا و یا مخزن سدها شوند و در اینجاست که تمام مواد همراهشان رسوب خواهد کرد.

بیشتر بدانید

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

انواع رسوبات (منفصل و ناپیوسته)	ذرات	سنگ‌های رسوبی
دانه درشت (بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر)	قطعه سنگ قلوه‌سنگ ریگ شن	کنگلومرا (ذرات گرد) یا برش (ذرات زاویه‌دار)
دانه متوسط (۲ـ۱/۱۶ میلی‌متر)	ماسه	ماسه سنگ
دانه ریز (کوچک‌تر از ۱/۱۶ میلی‌متر)	سیلت رس	سیلت سنگ شیل

فرسایش خاک باعث کاهش ضخامت خاک، موادمعدنی و آلی از آن شده، به‌تدریج حاصلخیزی خود را از دست می‌دهد. همچنین با ته‌نشینی رسوبات در آبراهه‌ها و مخازن سدها و کاهش ظرفیت آب‌گیری آنها، خسارت‌های فراوانی را ایجاد می‌کند. خاک‌های مارنی از فرسایش‌پذیرترین خاک‌ها به‌خصوص در مناطق خشک به‌حساب می‌آیند. مارن‌ها مخلوطی از ذرات منفصل آهکی و رسی هستند. این رسوبات دارای فرسایش‌پذیری بالایی بوده و سالیانه مقادیر زیادی رسوب تولید می‌کنند که باعث کاهش حاصلخیزی خاک و کاهش ظرفیت مخازن سدها می‌شود. از خصوصیات این نوع خاک‌ها می‌توان به نفوذپذیری کم، فقر پوشش گیاهی و شکل‌های مختلف فرسایشی مانند خندقی اشاره کرد.

حفاظت آب و خاک: آب و خاک برای هر کشور، به‌عنوان سرمایه‌های ارزشمند، اهمیت فراوان دارد زیرا، آب و خاک از عوامل ضروری برای رشد گیاه و افزایش محصولات کشاورزی، باغی و جنگلی است. حفاظت آب و خاک علاوه بر آنکه باعث جلوگیری از آلودگی هوا و فرسایش خاک می‌شود با استفادهٔ بهینه از این منابع موجب رسیدن به توسعهٔ پایدار خواهد شد.

فرایند تشکیل خاک بسیار کند است. در شرایط طبیعی به‌طور میانگین ۳۰۰ سال زمان لازم است تا خاکی به ضخامت ۲۵میلی‌متر تشکیل شود، لذا باید در بهره‌برداری از خاک دقت لازم را به‌عمل آورد. 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.

بیشتر بدانید

● سازندهای مارنی سطح وسیعی از کشور ایران را دربرگرفته است. فرسایش‌پذیری بالای این سازندها در سطح حوزه‌های آبخیز کشور مسائل و مشکلات زیادی از جمله کاهش کیفیت خاک در اراضی کشاورزی و مرتعی و جنگلی، افزایش خطر حرکات توده‌ای و زمین لغزش، کاهش کیفیت منابع آب سطحی، افزایش میزان بار معلق رسوبی وارد شده به مخازن سدهای کشور، بیابانی شدن مناطق به علت فرسایش شدید و شکست طرح‌های آبخیزداری اکثراً به‌دلیل شناخت ناکافی از میزان حساسیت سازندهای مارنی در مقابل عوامل فرسایش بوده است. انباشت رسوب در برکه‌ها و یا آب انبارها که همچنان مورد استفاده مردم بومی در تأمین آب شرب آنها است، از مشکلاتی است که باعث می‌شود تا این سازه سنتی ذخیره‌ای آب دچار مشکلات زیادی بشود. حساسیت سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش خاک و تولید رسوب باعث جمع شدن رسوبات در مخازن برکه‌ها و کاهش حجم ذخیره آب‌گیری آن می‌گردد. هر چند مردم محلی با دانش بومی خود در مکان‌یابی برکه‌ها مسئله رسوب را در نظر می‌گیرند و از طرف دیگر به منظور جلوگیری از ورود رسوبات به درون برکه، در محل ورودی آب، نسبت به احداث حوضچه رسوب‌گیر اقدام می‌نمایند، اما در سیلاب‌های بزرگ با پر شدن حوضچه رسوب‌گیر از رسوب معمولاً مقدار زیادی از رسوبات به برکه‌ها وارد می‌شود. در این مناطق لای‌روبی و رسوب‌برداری با شیوه‌های دستی و به کمک تراکتور انجام می‌شود.

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

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

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

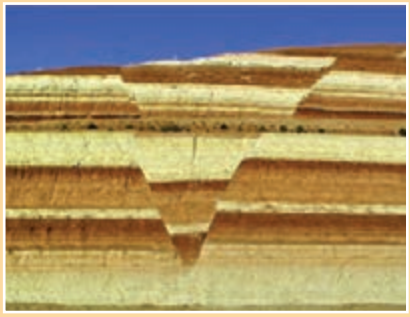
فرسایش زمین و تشکیل دره توسط آب و باد

چین‌خوردگی

فصل ۴

پویایی زمین

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



گسل (بزرگراه زنجان ـ میانه)

چین خوردگی

آتشفشان

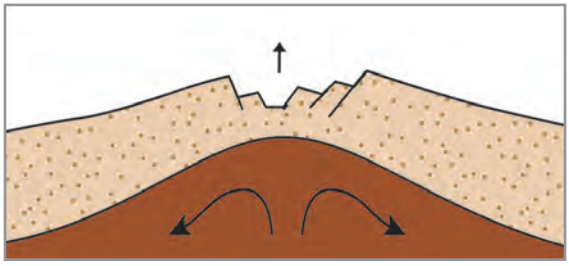
برای بررسی عوامل ایجادکننده تغییرات بزرگ در سطح زمین، لازم است نظریه زمین‌ساخت‌ورقه‌ای را بشناسیم و نشانه‌های پویایی سیاره زمین مانند تشکیل زمین لرزه‌ها، آتشفشان‌ها، چین‌خوردگی و شکستگی‌ها را به کمک آن تفسیر کنیم. در سال‌های قبل با مفاهیم اولیه‌ای از سنگ‌کره، سازوکار حرکت ورقه‌ها و نظریه زمین‌ساخت ورقه‌ای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

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

چرخهٔ ویلسون

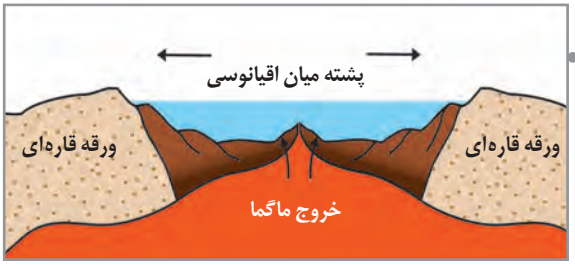
ویلسون در سال ۱۹۶۸ میلادی چرخه‌ای را برای تکامل اقیانوس‌ها پیشنهاد نمود که به نام خود او معروف گردید. این چرخه با ایجاد گسستگی در پوسته به‌صورت شکاف قاره‌ای (ریفت) شروع و با فرایند بازشدگی و ایجاد یک حوضه اقیانوسی ادامه پیدا می‌کند.

طی این چرخه ابتدا یک ریفت (مثل شرق آفریقا) به اقیانوسی کم‌عرض همانند دریای سرخ و سپس به اقیانوسی با عرض نسبتاً زیاد همانند اطلس تبدیل می‌شود. با گذشت زمان و ادامه گسترش، بستر اقیانوس مجبور به فرورانش در طرفین می‌گردد (اقیانوس آرام). سپس این اقیانوس وسیع، تبدیل به اقیانوس کوچکی که در حال بسته شدن است، می‌گردد (همانند مدیترانه). سرانجام قاره‌های دوطرف آن به‌هم برخورد نموده و در نتیجهٔ این برخورد کمربندهای کوه‌زایی شکل می‌گیرد (شکل ۱ـ۴).



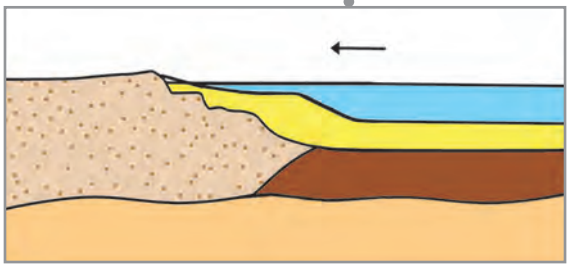
مرحله جنینی: جریان‌های همرفتی سست کره، پوسته قاره‌ای را گرم کرده و موجب کشش آن می‌شود. تا اینکه پوسته کشیده شده و در نهایت شکسته می‌شود و ریفت درون قاره‌ای ایجاد می‌شود. این مرحله که آغاز یک چرخه تکتونیکی است با فوران‌های بازالتی پایان می‌پذیرد؛ نظیر ریفت شرق آفریقا.

۱



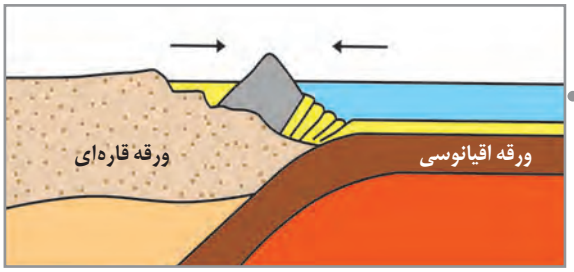
مرحلهٔ جوانی: در این مرحله، در محل شکاف ایجاد شده، مواد مذاب سست کره به بستر اقیانوس رسیده و پشته‌های میان اقیانوسی تشکیل می‌شوند و پوسته جدید ایجاد شده به طرفین حرکت کرده و باعث شکل‌گیری اقیانوسی با عرض کم می‌شود؛ همانند دریای سرخ کنونی (دور شدن عربستان از آفریقا).

۲



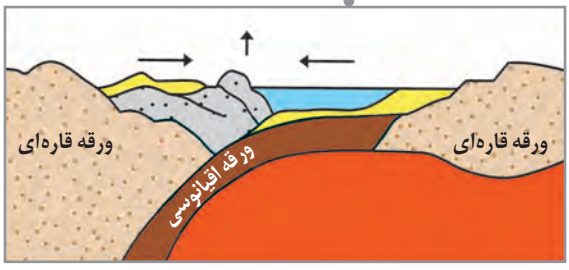
مرحلهٔ بلوغ: گسترش کف اقیانوس در این مرحله ادامه یافته و قاره‌های واقع در دوطرف آن تدریجاً از هم دورتر می‌گردند، زمانی که حوضه اقیانوسی گسترش می‌یابد، در این مرحله در امتداد پشته‌های میان اقیانوسی فوران‌های خطی درون اقیانوسی تشکیل می‌شود؛ همانند اقیانوس اطلس امروزی.

۳



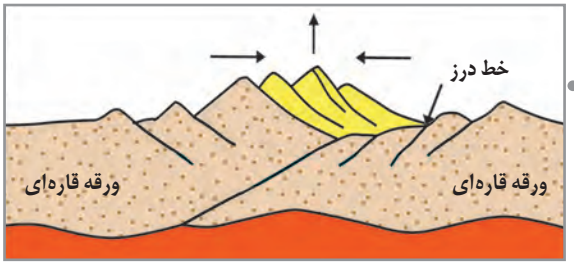
مرحلهٔ افول: در این مرحله، در برخی از اقیانوس‌ها مانند اقیانوسِ آرام ورقه اقیانوسی از حاشیه به زیر ورقه قاره‌ای مجاور خود رانده می‌شود و یا در بخشی از آن، ورقه اقیانوسی از حاشیه به زیر ورقه اقیانوسی دیگر فرورانده شده و با ادامه فرورانش، دراز گودال اقیانوسی و جزایر قوسی به‌وجود می‌آیند. در نهایت در این مرحله حوضه اقیانوسی شروع به بسته شدن می‌کند.

۴



مرحلهٔ پایانی: با ادامه بسته‌شدن حوضه اقیانوسی، قاره‌های دو طرف اقیانوس به‌هم نزدیک می‌شوند. نزدیکی قاره‌ها سبب شکل‌گیری رشته کوه‌ها و کوچک‌تر شدن حوضه اقیانوسی می‌شود. ماگماتیسم (فعالیت آذرین درونی) همانند مرحلهٔ قبل است. دریای مدیترانه در چنین وضعیتی قرار دارد.

۵



مرحلهٔ خط درز: با بسته شدن اقیانوس و برخورد ورقه‌ها، رسوبات فشرده شده و رشته کوه‌هایی مانند هیمالیا (برخورد هندوستان به آسیا) و زاگرس (برخورد عربستان به ایران) را به‌وجود می‌آورند. (مراحل افول، پایانی و خط درز به‌عنوان کوه‌زایی درنظر گرفته می‌شود.)

۶

شکل ۱ـ۴ـ مراحل چرخه ویلسون

پاسخ دهید

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

تنش

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

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

مقاومت سنگ، عبارت است از حداکثر تنش یا ترکیبی از تنش‌ها که سنگ می‌تواند تحمل کند، بدون آنکه بشکند.

مقدار و نوع تغییر شکل ایجاد شده بر اثر تنش، به رفتار آنها در برابر تنش بستگی دارد. برخی از اجسام، مانند سنگ‌ها از خود رفتار کشسان (الاستیک) نشان می‌دهند. بدین معنی که با اِعمال تنش، سنگ‌ها دچار تغییر شکل می‌شوند و با رفع تنش، به حالت اولیهٔ خود بازمی‌گردند. برخی از سنگ‌ها از خود رفتار خمیرسان (پلاستیک) نشان می‌دهند، یعنی پس از رفع تنش، سنگ‌های تغییر شکل یافته، به حالت اولیهٔ خود برنمی‌گردند. اما، اگر تنش ناگهانی و از حد مقاومت سنگ بیشتر شود، سنگ دچار شکستگی می‌شود (شکل ۲ـ۴).

مطالعهٔ شکستگی‌ها در هنگام ساخت جاده‌ها، سدها، تونل‌ها و سایر سازه‌های مهندسی اهمیت زیادی دارد. افزون بر آن، در تجمع آب‌های زیرزمینی و ذخایر نفت و گاز و تشکیل کانسنگ‌های گرمابی حائز اهمیت می‌باشد.

الف) رفتار پلاستیک سنگ‌ها

ب) رفتار شکننده سنگ‌ها

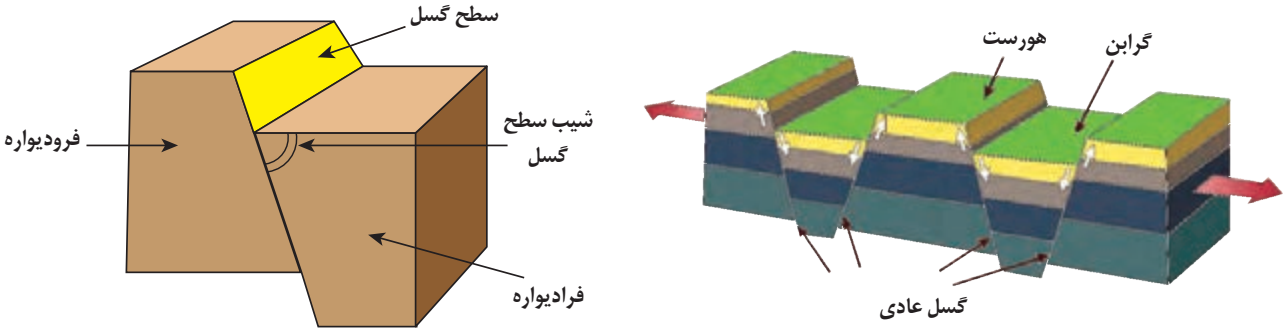
شکل ۲ـ۴ـ انواع رفتار سنگ‌ها در برابر تنش

درکتاب علوم تجربی آموختید که شکستگی‌ها، به دو دسته درزه و گسل تقسیم می‌شوند.اگر سنگ‌های دو طرف شکستگی، نسبت به هم جابه‌جا شده باشند، گسل را به وجود می‌آورند و اگر جابه‌جا نشده باشند، درزه به‌وجود می‌آید.

سطحی که شکستگی و جابه‌جایی در امتداد آن اتفاق افتاده است. سطح گسل نام دارد. سطح گسل ممکن است قائم، مایل و یا افقی باشد. اگر سطح گسل مایل باشد به طبقات روی سطح گسل، فرادیواره و به طبقات زیر سطح گسل، فرودیواره می‌گویند. زاویه‌ای که صفحه گسل با سطح افق می‌سازد، شیب سطح گسل نامیده می‌شود (شکل ۳ـ۴).

به خاطر حرکت رو به بالای فرادیواره در گسل‌های معکوس، لایه‌های قدیمی‌تر تحتانی به سمت بالا رانده می‌شود، از این رو فرادیواره نسبت به فرودیواره قدیمی‌تر می‌باشد. این وضعیت در گسل‌های عادی برعکس بوده و فرادیواره جوان‌تر از فرودیواره است.

در بخش‌هایی از پوسته زمین که تحت تنش‌های کششی قرار دارند، ممکن است تعدادی گسل عادی موازی هم ایجاد شود و به‌این ترتیب بخش‌هایی از پوسته پایین بیفتد و ساختی به نام گرابن (پایین افتادگی) را بسازد و بخش‌هایی بالارود و ساختی به نام هورست (بالاراندگی) را بسازد (شکل ۳ـ۴).

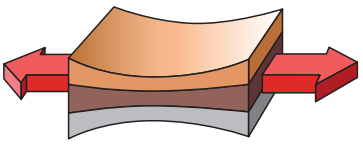
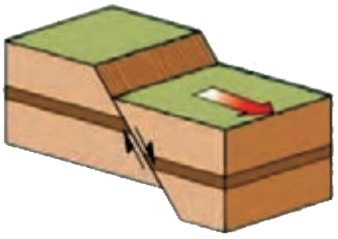
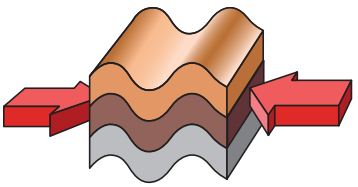
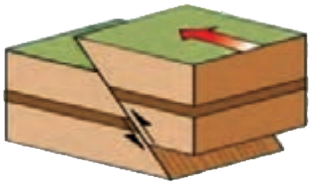
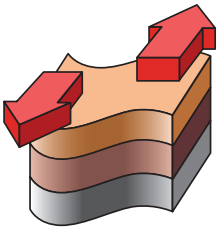


ب) گسل

الف) هورست و گرابن

شکل ۳ـ۴

جدول ۱ـ۴ـ تقسیم‌بندی گسل‌ها بر اساس لغزش (نحوهٔ حرکت)

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

فکر کنید

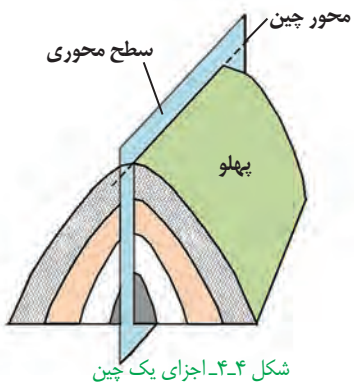
● نوع گسل‌ها را مشخص کنید.

(الف)

(ب)

چین خوردگی

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



شکل ۴ـ۴ـ اجزای یک چین

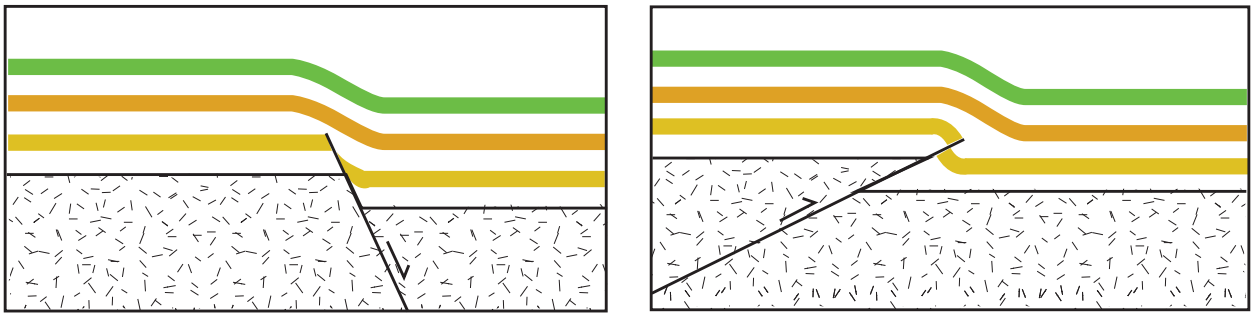
الف) ناودیس دهدشت ـ کهگیلویه و بویراحمد

ب) تاقدیس حوالی سراوان ـ سیستان و بلوچستان

شکل ۵ـ۴ـ انواع چین

اگر قسمتی از لایه‌های رسوبی در نتیجه فعالیت گسل عادی یا معکوس از حالت افقی خارج شوند و پایین‌تر یا بالاتر از سطح اصلی قرار گیرند آن را چین تک‌شیب می‌نامند (شکل ۷ـ۴).

شکل ۶ـ۴ـ چین تک شیب



الف) گسل معکوس ب) گسل عادی

شکل ۷ـ۴ـ مراحل تشکیل چین تک شیب الف) توسط گسل معکوس و ب) توسط گسل عادی

آتشفشان

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

الف) خاکستر آتشفشانی

ب) گدازه

پ) آتشفشان نیمه فعال با فعالیت فومرولی

شکل ۸ـ۴ـ انواع مواد خروجی از دهانهٔ آتشفشان‌ها

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

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

جدول ۲ـ۴ـ اندازه ذرات جامد آتشفشان

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

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

گاز و بخارهای آتشفشانی

مواد مذاب درون زمین، حاوی مقداری گاز و بخار آب می‌باشد. ترکیب شیمیایی گازهای خروجی از آتشفشان، بسیار متفاوت است. بیشتر گازهای آتشفشانی را بخار آب، گازهای کربن دی‌اکسید، اکسیدهای گوگردی، نیتروژن‌دار، 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 دهانهٔ آنها بخار آب، گاز گوگرد و سایر گازها خارج می‌شوند.

فواید آتشفشان‌ها

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

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

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

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

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

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

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

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

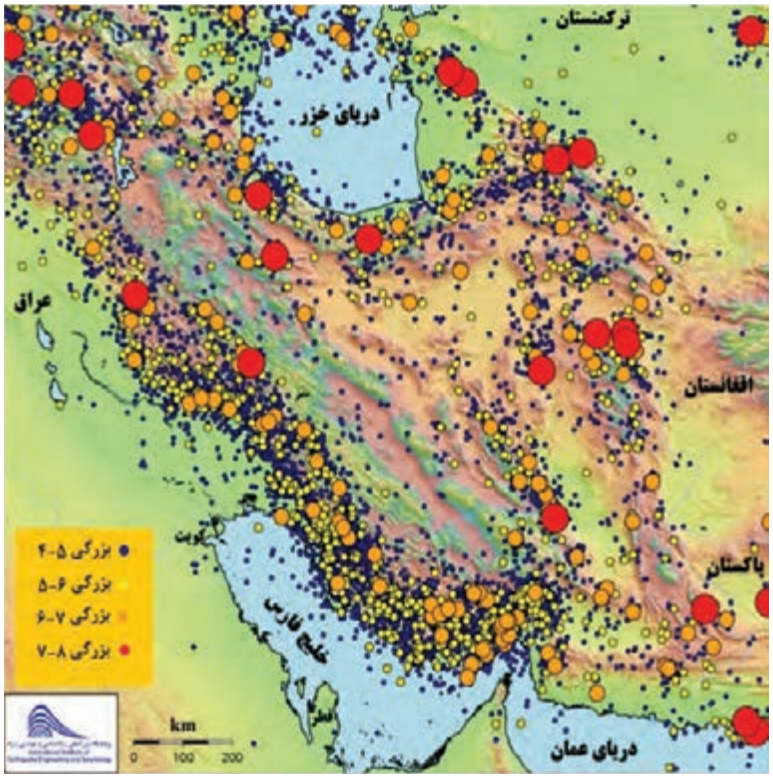
شکل ۹ـ۴ـ نیروگاه زمین‌گرمایی مشکین‌شهر ـ اردبیل

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

زمین‌لرزه

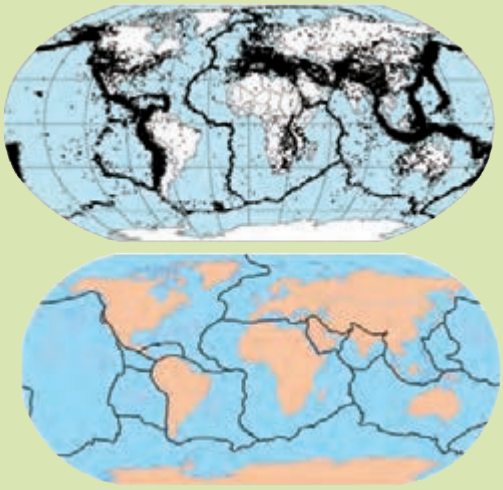
زمین‌لرزه، نشانه آشکاری از پویایی زمین و بخشی از نظام آفرینش این سیاره است. در هر زمین‌لرزه، مقدار انرژی انباشته شده در سنگ‌ها، به‌طور ناگهانی آزاد می‌شود و به‌صورت امواج لرزه‌ای به اطراف حرکت می‌کند. نگاهی به نقشه پراکندگی زمین‌لرزه‌ها نشان می‌دهد که توزیع آنها، در همه جا یکسان نیست. علت اصلی زمین‌لرزه،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

کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند لرزه‌خیز آلپ ـ هیمالیا، تقریباً هر روز شاهد وقوع زمین‌لرزه در مناطق مختلف می‌باشد. بسیاری از مناطق مسکونی ایران، بارها توسط زمین‌لرزه ویران شده‌اند. با نگاهی به شکل ۱۰ـ۴ می‌بینیم بسیاری از مناطق مسکونی، در معرض خطر زمین‌لرزه قرار دارند.



شکل ۱۰ـ۴ـ نقشه پراکندگی زمین‌لرزه‌های ایران با بزرگی بالای ۴ در بازه زمانی ۱۲۰ سال

با هم بیندیشید



● در پایهٔ نهم با ورقه‌های سنگ کره آشنا شدید.

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

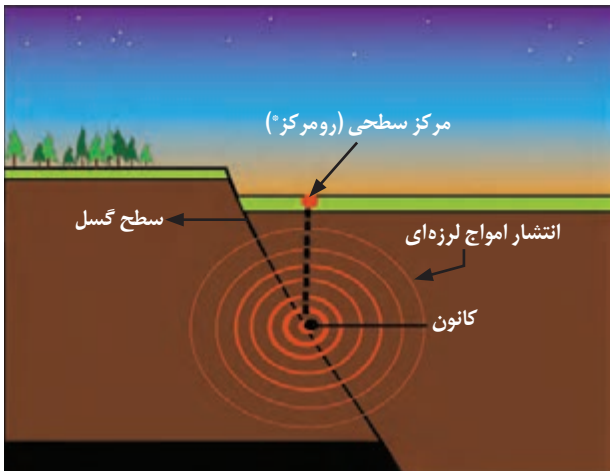
۱ـ محدودهٔ کمربند لرزه خیز آلپ ـ هیمالیا را مشخص کنید.

۲ـ دو تصویر روبه‌رو را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می گیرید؟

کانون زمین‌لرزه[۱]: محلی درون زمین است که انرژی ذخیره شده از آنجا آزاد می‌شود. امواج زمین لرزه در صفحه گسل تولید می‌شود ولی برای سهولت مطالعه، خاستگاه امواج زمین‌لرزه را نقطه فرض می کنند و آن را کانون می‌نامند. کانون اغلب زمین‌لرزه‌ها در اعماق کمتر از ۷۰ کیلومتر قرار دارد، اما کانون تعدادی از آنها هم در اعماق زیاد واقع است که عمق هیچ یک، از ۷۰۰ کیلومتر بیشتر نبوده است.

۱ـ Hypocenter

مرکزسطحی زمین‌لرزه[1]: نقطه‌ای در سطح زمین است که در بالای کانون زمین‌لرزه قرار دارد. این مرکز، کمترین فاصله را از کانون زمین‌لرزه دارد.



شکل ۱۱ـ۴ـ مشخصات محل وقوع زمین‌لرزه

گفت‌وگو کنید

● کدام یک از فعالیت‌های انسانی زیر می‌تواند باعث وقوع زمین‌لرزه شود؟
انفجارمعدن ـ تخلیه ناگهانی آب پشت‌سد ـ شخم‌زدن زمین ـ انفجارهای اتمی ـ آتش‌سوزی جنگل‌ها

فکر کنید

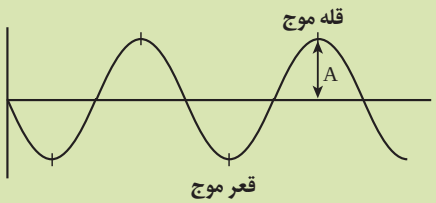
● عمق کانون چه تأثیری بر روی میزان خسارت و خرابی زمین‌لرزه دارد؟

امواج لرزه‌ای

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

جمع‌آوری اطلاعات

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



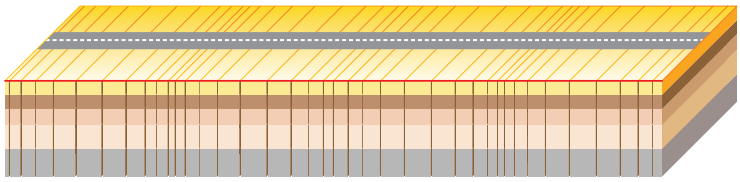
* مصوّب فرهنگستان

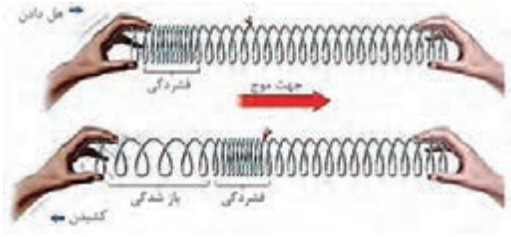
۱ـ Epicenter

امواج زمین‌لرزه را با توجه به اینکه در داخل یا سطح زمین عبور کنند به دو دسته امواج درونی و امواج سطحی تقسیم‌بندی می‌کنند.

امواج درونی: این امواج در کانون زمین‌لرزه ایجاد می‌شوند و در داخل زمین منتشر شده و شامل امواج P و S می‌باشند.

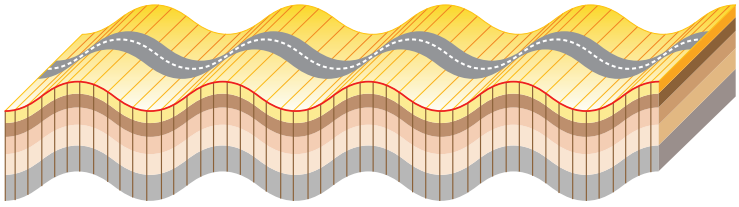
موج P (اولیه، طولی): موج P، بیشترین سرعت را دارد به‌همین دلیل، اولین موجی است که توسط دستگاه لرزه نگار ثبت می‌شود. این موج، از محیط‌های جامد، مایع و گاز می‌گذرد.

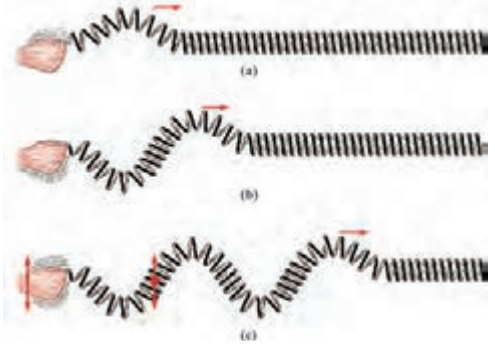




شکل ۱۲ـ۴ـ نحوه حرکت موج طولی P

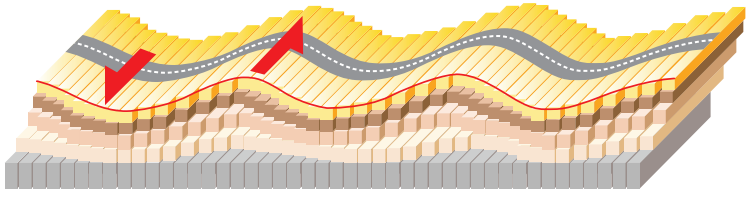
موج S (ثانویه، عرضی): این موج بعد از موج P، توسط لرزه‌نگارها ثبت می‌شود و فقط از محیط‌های جامد عبور می‌کند.





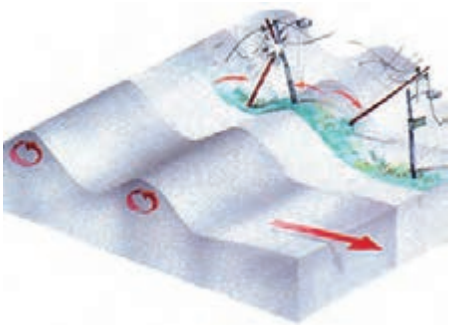
شکل ۱۳ـ۴ـ نحوه حرکت موج S

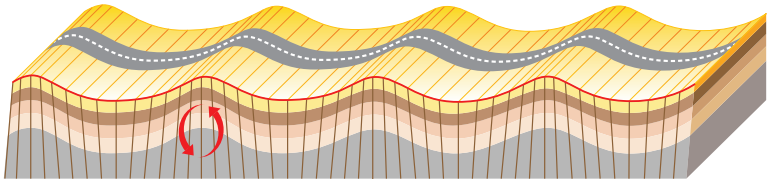
امواج سطحی: این امواج در کانون تولید نمی‌شوند؛ بلکه از برخورد امواج درونی با فصل مشترک لایه‌ها و سطح زمین ایجاد می‌شوند. این امواج بیشترین خسارت را در نزدیکی محل وقوع زمین‌لرزه باعث می‌شوند. متداول‌ترین آنها امواج لاو (L) و ریلی (R) هستند. موج L، حرکتی کم‌وبیش شبیه امواج S دارد، با این تفاوت که ذرات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



شکل ۱۴ـ۴ـ نحوه حرکت موج سطحی L

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





شکل ۱۵ـ۴ـ نحوه حرکت موج سطحی R

مقیاس اندازه‌گیری زمین‌لرزه

برای توصیف و اندازه‌گیری زمین‌لرزه از دو مقیاس شدت و بزرگی استفاده می‌شود.

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

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

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

دانشمندان علوم زمین

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

۱۹۸۵ـ۱۹۰۰ میلادی

بیشتر بدانید

● **انواع مقیاس اندازه‌گیری بزرگای زمین‌لرزه**

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

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

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

مقیاس امواج گشتاوری زمین (MW): برای سنجش بزرگای اغلب زمین‌لرزه‌ها به‌خصوص بیشتر برای زمین‌لرزه‌های بسیار شدید کاربرد دارد.

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

انرژی آزاد شده بر حسب ارگ (E) $\log E = ۱۱/۸ + ۱/۵M$

پیوند با ریاضی

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

فکر کنید

● بزرگی و شدت زمین لرزهٔ بم را در شهرهای بم و تهران با هم مقایسه کنید.

● چه ایرادی به مقیاس شدت زمین‌لرزه وارد است؟

پیش‌بینی زمین‌لرزه

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

۱ـ افزایش گاز رادون در آب‌های زیرزمینی.
۲ـ ایجاد تغییر در سطح تراز آب زیرزمینی، قطع‌شدن جریان آب‌های زیرزمینی و خشک شدن چاه‌های عمیق.
۳ـ پیش‌لرزه قبل از وقوع زمین‌لرزه‌های شدید، زمین‌لرزه‌های کوچک زیاد می‌شوند و سپس تعداد این زمین‌لرزه‌ها کاهش می‌یابد.
۴ـ ناهنجاری در رفتار حیوانات.
۵ـ ابر زمین‌لرزه.
۶ـ افزایش هدایت الکتریکی سنگ‌ها.

ایمنی در برابر زمین‌لرزه

قبل از وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

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

هنگام وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

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

بعد از وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

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

مهم‌ترین علت‌های آسیب‌دیدگی از زمین‌لرزه

۱ـ فرو ریختن ساختمان، شیشهٔ پنجره‌های شکسته و قطعات اثاثیه، زیرا ممکن است پس‌لرزه‌ها سبب فرو ریختن آنها شوند.

۲ـ خطرات آتش‌سوزی به علت شکستن لوله‌های گاز، اتصال سیم‌های برق به علت افتادن آنها بر روی زمین.

در ساختمان‌سازی باید به نکات زیر توجه کرد:

۱ـ ساختمان هرچه سبک‌تر باشد، بهتر است (به‌خصوص سقف‌ها).

۲ـ زمین‌های شیب‌دار محل مناسبی برای ساختمان‌سازی نیستند.

۳ـ ساختمان‌هایی که تقارن بیشتری دارند مانند مکعب و مکعب مستطیل، از ساختمان‌های دیگر استحکام بیشتری دارند.

۴ـ در و پنجره زیاد، ساختمان را ضعیف می‌کند؛ بنابراین، نباید آنها را در یک طرف ساختمان قرار داد.

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

الف) چوب؛ ب) آجر با اسکلت بتنی؛ پ) آجر بدون اسکلت بتنی؛ ت) خشت.

۶ـ باید سقف‌ها و دیوارها به‌خوبی به یکدیگر متصل شوند.

۷ـ در ساختمان‌های اسکلت فلزی، چهارچوب‌های داخلی باید به وسیلهٔ تیرآهن‌های ضربدری به هم متصل شوند.

۸ـ نباید قسمت‌های جدیدی را به ساختمان قبلی اضافه کرد.

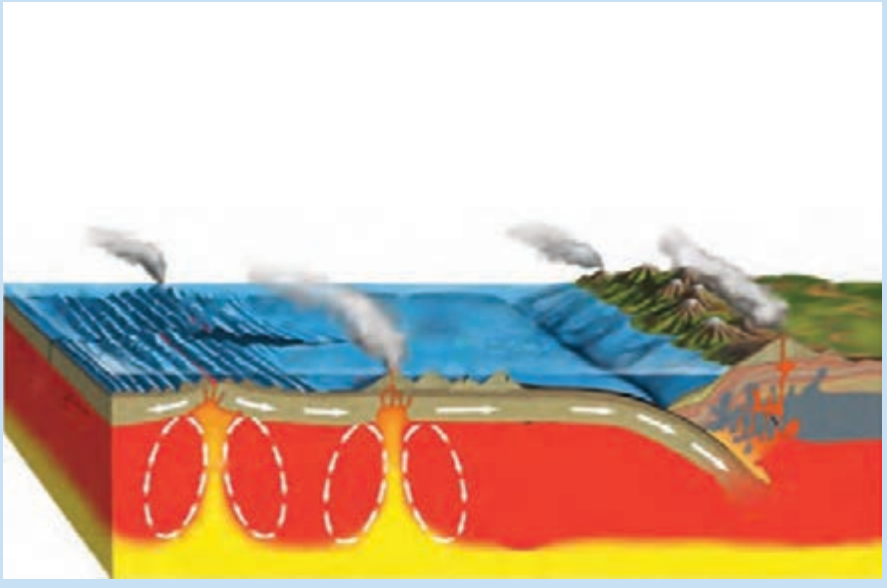
۹ـ ساختمان‌های خشتی نباید بیشتر از یک طبقه باشند.

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

• **ژئوفیزیک:** علمی بین رشته‌ای (فیزیک و زمین‌شناسی) که به مطالعه خصوصیات فیزیکی زمین و محیط اطراف آن می‌پردازد. ژئوفیزیک‌دان‌ها، با استفاده از امواج لرزه‌ای، مقاومت الکتریکی، بررسی مغناطیسی زمین و شدت گرانش سنگ‌ها، به مطالعهٔ ساختمان درونی زمین که به‌راحتی در دسترس نیست و همچنین شناسایی ذخایر، معادن و آب‌های زیرزمینی می‌پردازد.

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

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



فصل ۵

زمین‌شناسی و سلامت

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

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

کانی هالیت ($NaCl$)

کانی پیریت (FeS_2)

زمین شناسی پزشکی

منشأ همهٔ عناصر سازنده بدن انسان و سایر جانداران، زمین است. به عبارتی این عناصر، زمین‌زاد هستند. اگر مقدار آنها به دلایلی در بدن کم یا زیاد شود، سلامت انسان به خطر می‌افتد.

تأثیر مواد زمین بر تندرستی انسان، از هزاران سال پیش شناخته شده است. در متون قدیمی پزشکی چینی، ارتباط زمین و سلامت انسان یادآوری شده است. در ایران، دانشمندانی مانند ابوریحان بیرونی، ابن سینا و خواجه نصیرالدین طوسی در کتاب‌های خود به فواید برخی از سنگ‌ها و کانی‌ها برای درمان بیماری‌ها اشاره کرده‌اند.

بیشتر بدانید

● کانی هالیت به‌واسطه حضور پتاسیم در ترکیبش به رنگ آبی دیده می شود. نمک آبی ایرانی[1] از معادن دو شهر گرمسار و سمنان استخراج می‌شود.

نتایج مطالعهٔ اداره فدرال ایمنی غذا و دامپزشکی سوئیس[2] روی ۲۵ نوع نمک از سراسر جهان در سال ۲۰۱۶ نشان می‌دهد که انواع نمک‌های رنگی، در مقایسه با نمک معمولی از سلامت کمتری برخوردارند. نمک های رنگی حاوی ۹۴ درصد کلرید سدیم و ید کمتری بوده و دارای عناصر دیگری مثل آلومینیم، اورانیوم و کادمیوم هستند.

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

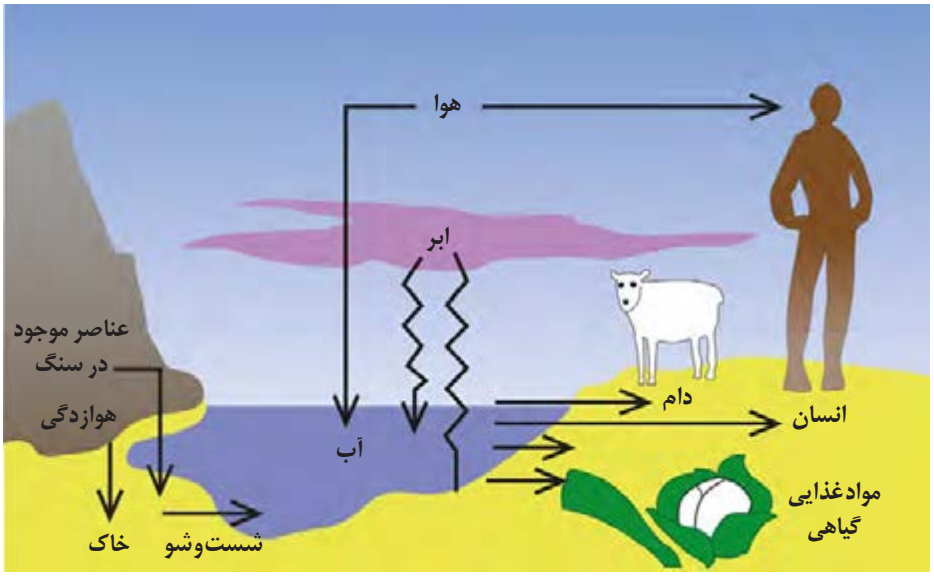
۱- Persian blue salt

۲- FSVO

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

چرخه بیوژئوشیمیایی

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



شکل ۱ـ۵ـ گردش عناصر و عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر سلامت انسان

دانشمندان علوم زمین

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

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

تقسیم‌بندی بیوشیمیایی عناصر

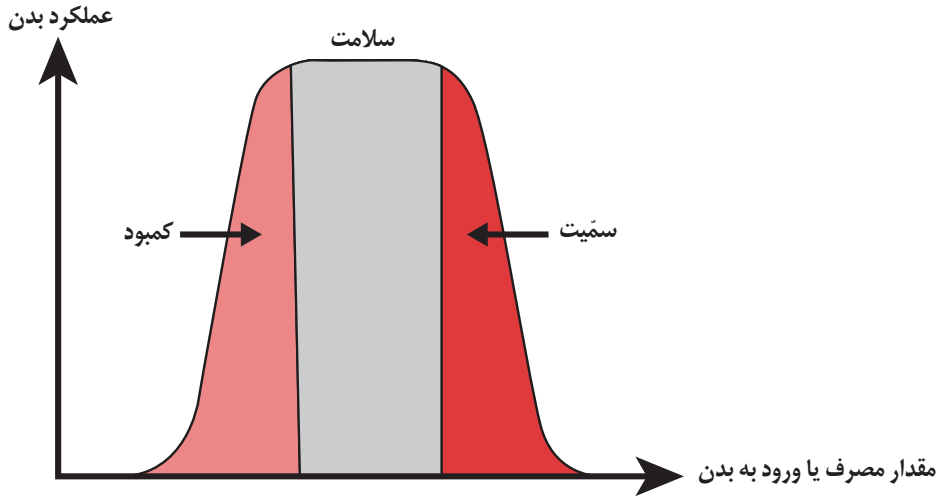
عناصر بسیاری از زمین به بدن موجودات منتقل و وارد بافت‌های مختلف بدن می‌شوند، این عناصر از دیدگاه زمین‌شناسی پزشکی به دو گروه اساسی و غیراساسی تقسیم می‌گردند. عناصر مورد نیاز برای عملکرد دستگاه‌های بدن، عناصر اساسی نامیده می‌شوند. این عناصر، در بافت‌های سالم بدن وجود دارند و نبود یا کمبود یا مقادیر بیشتر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

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

عناصر فرعی، کمتر از ۴ درصد توده بدن را تشکیل می‌دهند. بیشتر عناصر جدول تناوبی، جزئی می‌باشند و نقشی در عملکرد ارگان‌های بدن ندارند، فقط تعدادی از آنها عناصر «جزئی اساسی» هستند و بدن برای انجام فعالیت‌ها به آنها نیاز دارد و تعداد محدودتری از آنها نیز سمی به حساب می‌آیند (جدول ۱ـ۵).

جدول ۱ـ۵ـ طبقه‌بندی بیوشیمیایی عناصر

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



شکل ۲ـ۵ـ نمودار تأثیر عناصر اساسی بر سلامت انسان

پیوند با پزشکی

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

بیشتر بدانید

● در جدول تناوبی زیر، طبقه‌بندی بیوشیمیایی عناصر با رنگ‌های مختلف نشان داده شده است.

$_{1}H$																$_{2}He$
$_{3}Li$	$_{4}Be$											$_{5}B$	$_{6}C$	$_{7}N$	$_{8}O$	$_{9}F$	$_{10}Ne$
$_{11}Na$	$_{12}Mg$											$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$	$_{16}S$	$_{17}Cl$	$_{18}Ar$
$_{19}K$	$_{20}Ca$	$_{21}Sc$	$_{22}Ti$	$_{23}V$	$_{24}Cr$	$_{25}Mn$	$_{26}Fe$	$_{27}Co$	$_{28}Ni$	$_{29}Cu$	$_{30}Zn$	$_{31}Ga$	$_{32}Ge$	$_{33}As$	$_{34}Se$	$_{35}Br$	$_{36}Kr$
$_{37}Rb$	$_{38}Sr$	$_{39}Y$	$_{40}Zr$	$_{41}Nb$	$_{42}Mo$	$_{43}Tc$	$_{44}Ru$	$_{45}Rh$	$_{46}Pd$	$_{47}Ag$	$_{48}Cd$	$_{49}In$	$_{50}Sn$	$_{51}Sb$	$_{52}Te$	$_{53}I$	$_{54}Xe$
$_{55}Cs$	$_{56}Ba$	57-71	$_{72}Hf$	$_{73}Ta$	$_{74}W$	$_{75}Re$	$_{76}Os$	$_{77}Ir$	$_{78}Pt$	$_{79}Au$	$_{80}Hg$	$_{81}Tl$	$_{82}Pb$	$_{83}Bi$	$_{84}Po$	$_{85}At$	$_{86}Rn$
$_{87}Fr$	$_{88}Ra$	89-103	$_{104}Db$	$_{105}Jo$	$_{106}Rf$	$_{107}Bh$	$_{108}Hn$	$_{109}Mt$	110	111							
		$_{57}La$	$_{58}Ce$	$_{59}Pr$	$_{60}Nd$	$_{61}Pm$	$_{62}Sm$	$_{63}Eu$	$_{64}Gd$	$_{65}Tb$	$_{66}Dy$	$_{67}Ho$	$_{68}Er$	$_{69}Tm$	$_{70}Yb$	$_{71}Lu$	
		$_{89}Ac$	$_{90}Th$	$_{91}Pa$	$_{92}U$	$_{93}Np$	$_{94}Pu$	$_{95}Am$	$_{96}Cm$	$_{97}Bk$	$_{98}Cf$	$_{99}Es$	$_{100}Fm$	$_{101}Md$	$_{102}No$	$_{103}Lr$	

کادر سبز: عناصر جزئی ضروری　　کادر کرم: عناصر جزئی　　کادر طوسی: گازهای نجیب

حروف قرمز: عناصر سمّی　　کادر آبی: عناصرفرعی　　کادر صورتی: عناصر اصلی

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

فعالیت تکمیلی

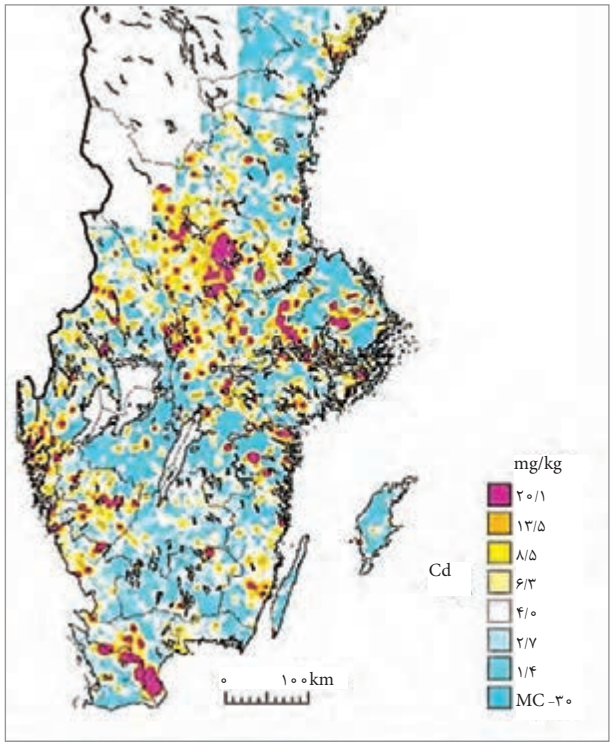
● برنج چه عناصری را می‌تواند در خود متمرکز کند؟

● گیاهانی را معرفی کنید که می‌توانند عناصر خاصی را در خود متمرکز کنند.

● ماهی چه عناصری را در بدن خود متمرکز می‌کند؟

زمین شناسان با شناسایی نقاط دارای بی هنجاری مثبت و تهیه نقشه پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر، مناطقی را که احتمال خطر بیماری‌های خاصی در آنها وجود دارد، معرفی می‌کنند.

قبلاً با کانسارها ، فعالیت‌های معدنی و فراوری آنها آشنا شدید. پراکندگی کانسارها و پیامدهای ناشی از فعالیت‌های معدنی منجر به بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی و شیوع بیماری در میان



شکل ۳ـ۵ـ نقشه ژئوشیمیایی فلز سمی کادمیم در کشور سوئد

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

شکل ۴ـ۵ـ مقایسه عناصر تشکیل‌دهنده سنگ گرانیت و سنگ آهک

جمع‌آوری اطلاعات

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

منشأ بیماری‌های زمین زاد

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

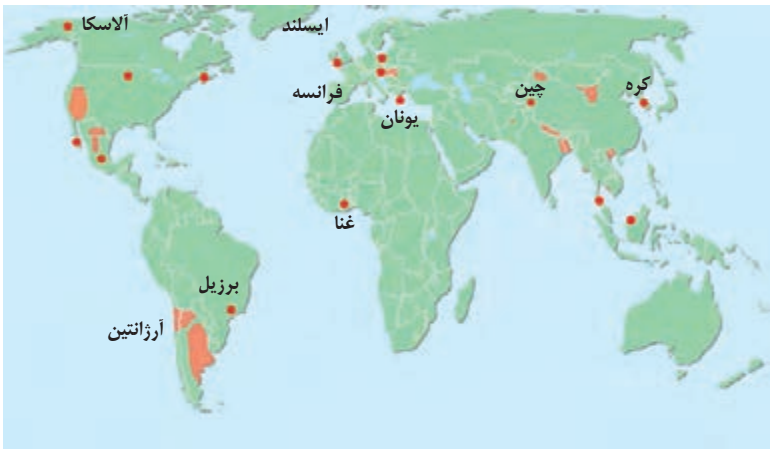
به‌طورکلی منابع ورود آرسنیک به محیط زیست شامل سوزاندن زغال‌سنگ آرسنیک‌دار، آب‌های زیرزمینی آلوده و معدن کاری می‌باشد.

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

شکل ۵ـ۵ـ کانی رالگار (AsS) ـ سمی

شکل ۶ـ۵ـ کانی اورپیمان (As_2S_3) ـ سمی

شکل ۷ـ ۵ـ آب و خاک دارای آرسنیک و آهن



شکل ۸ـ۵ـ نقشه آلودگی آرسنیک در جهان، آلودگی مربوط به معادن و کانی‌های آرسنیک‌دار (نقاط قرمز)، آب‌های زیرزمینی آلوده به آرسنیک (رنگ نارنجی)

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

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

پیوند با پزشکی

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

خشک و شاخی شدن پوست

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

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

تأثیر منفی دیگر کادمیم افزایش نفوذپذیری غشای سلولی است که باعث تسهیل ورود فلزات سنگین به داخل سلول‌ها می‌شود.

شکل ۹ـ۵ـ کانی گالن (PbS)

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

پیوند با پزشکی

● استخراج سرب از حدود ۵۰۰۰ سال پیش آغاز شد. نخستین کاربردهای آن در لوله‌کشی، معماری و کشتی‌سازی بود. نمک‌های سرب برای نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها به‌کار می‌رفت. بررسی شرح حال فیزیولوژیکی امپراتورهای روم نشان می‌دهد که بیشتر این افراد دچار مسمومیت سرب (پلومبیسم) بودند.

عوارض گوناگونی در نتیجه افزایش سرب در بدن انسان به‌وجود می‌آید که عمده آنها در کودکان رخ می‌دهد و شایع‌ترین آن پایین آمدن کاهش یادگیری و رشد ذهنی است. سایر عوارض در کودکان شامل خستگی، ناآرامی و تشنج است. در بزرگسالان عوارض فشار خون بالا، مشکلات گوارشی، عصبی، کم‌خونی و مشکل تمرکز حافظه شایع‌تر است.

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

شکل ۱۰ـ۵ـ کانی سینابر (HgS)

جیوه: جیوه عنصری سمی است که از منابع گوناگون مانند سنگ‌های آتشفشانی چشمه‌های آب گرم و طی فرایند استخراج مواد معدنی به محیط‌زیست وارد می‌شود. ملقمه کردن[1] طلا با جیوه که یکی از شیوه‌های استحصال از کانسنگ می‌باشد، منجر به آلودگی گستردهٔ جیوه می‌شود.

۱ـ ترکیب هر فلز با جیوه را ملقمه گویند.

قرارگیری دراز مدت در معرض جیوه از طریق استنشاق بخار جیوه، جذب پوستی و یا از راه غذا باعث آسیب رساندن به دستگاه‌های عصبی، گوارش و ایمنی می‌شود.

پیوند با پزشکی

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

جمع‌آوری اطلاعات

● در مورد دلیل نام‌گذاری رقص گربه‌ها بر روی بیماری میناماتا تحقیق کرده و در کلاس ارائه کنید.
● در مورد ملقمه کردن طلا با جیوه و اثرات آن بر محیط زیست، اطلاعات جمع‌آوری کرده و در کلاس ارائه کنید.

شکل ۱۱ـ۵ـ کانی فلوئوریت (CaF_2)

فلوئور: فلوئور، یک عنصر اساسی است که کمبود یا مصرف زیاد آن، هر دو باعث بروز بیماری می‌شود و منشأ اصلی و مسیر ورود آن به بدن، از راه نوشیدن آب است. فلوئور در ترکیب کانی فلوئوریت به مقدار زیاد وجود دارد که پس از هوازدگی و تجزیه شدن، عنصر فلوئور آزاد و وارد خاک شده و می‌تواند در رواناب‌های سطحی یا به آب‌های زیرزمینی منطقه وارد شود. منشأ دیگر فلوئور، زغال‌سنگ است و بر اثر سوزاندن زغال‌سنگ حاوی فلوئور، مقدار زیادی فلوئور وارد محیط می‌گردد.

مصرف بالای فلوئور، ممکن است برای انسان مسموم کننده باشد. میلیون‌ها نفر از مردم جهان از آبی استفاده می‌کنند که براساس استانداردهای جهانی، فلوئور بالاتر از حد مجاز دارند. مشکل کمبود فلوئور را می‌توان با اضافه کردن فلوئور به آب آشامیدنی رفع کرد.

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

جمع‌آوری اطلاعات

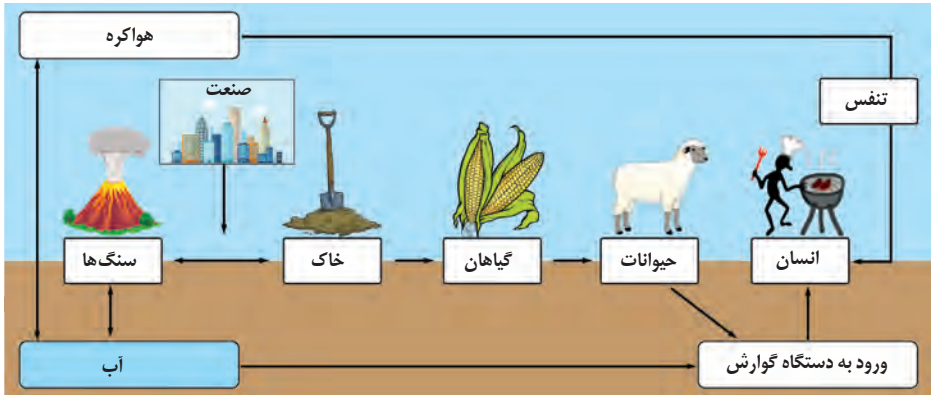
● خمیردندان مصرفی شما چه مقدار فلوئور باید داشته باشد؟
● آیا مردم ساکن در مناطق مختلف باید از یک نوع خمیردندان استفاده کنند؟
● در مورد روش‌های مختلف جبران فلوئور، اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس گفت‌وگو کنید.

پیوند با پزشکی

● در صورتی که آب‌های طبیعی، دارای بی‌هنجاری مثبت فلوراید باشد، حدود ۲ تا ۸ برابر مقدار معمول فلوراید را وارد بدن می‌کند. در این حالت، دندان‌ها با لکه‌های تیره‌ای پوشیده می‌شوند 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 افزایش یافته و به ۲۰ تا ۴۰ برابر حدمجاز برسد، تغییر شکل استخوان و خشکی غضروف‌ها رخ می‌دهد. مصرف مقادیر بالای فلوئور، ممکن است برای انسان مسموم کننده باشد.

سلنیم: سلنیم یک عنصر اساسی ضدسرطان است که در سنگ‌های آتشفشانی، کانی‌های سولفیدی، ذخایر اورانیوم، زغال‌سنگ، معادن طلا و نقره و خاک‌های حاصل از آنها به مقدار زیاد یافت می‌شود. بنابراین منشأ اصلی سلنیم خاک و مسیر ورود آن به بدن انسان، از طریق گیاهان و آب است (شکل ۱۲ـ۵)



شکل ۱۲ـ۵ـ چرخهٔ سلنیم

پیوند با پزشکی

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

قلب طبیعی

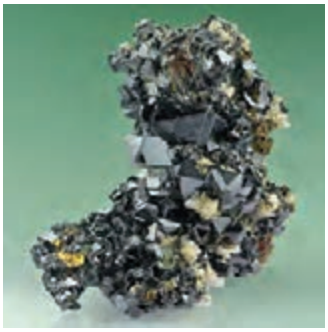
بیماری کشان

بیشتر بدانید

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

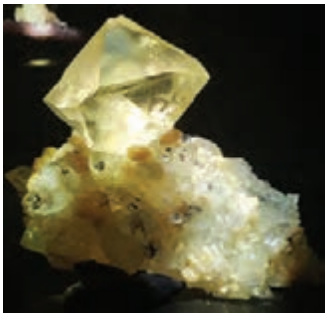
روی: عنصر روی، از عناصر فلزی مهم به‌شمار می‌رود و یک عنصر جزئی اساسی است. روی علاوه بر اینکه در کانی‌های سولفیدی به مقدار زیاد وجود دارد، در سنگ‌های کربناته و برخی سنگ‌های آتشفشانی نیز فراوان است. اسفالریت کانی اصلی روی می‌باشد.

عوارض کمبود روی، شامل کوتاهی قد، اختلال در سیستم ایمنی بدن، کم‌اشتهایی، تولد نوزاد نارس و کم‌وزن است. زیادی مقدار روی می‌تواند باعث کم‌خونی و حتی مرگ شود. کمبودهای ناحیه‌ای عنصر روی که ارتباطی با سنگ‌شناسی و خاک‌های منطقه دارد را باید با وارد کردن غذاها و داروهای مکمل حاوی روی رفع کرد.



شکل ۱۳ـ۵ـ کانی اسفالریت (ZnS)

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



شکل ۱۴ـ۵ـ کانی کلسیت ($CaCo_3$)

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

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

شکل ۱۵ـ۵ـ کانی منیزیت ($MgCo_3$)

فرسایش و بارندگی شدید، خاک را از ید فقیر می کند، بسیار شایع است. کمبود شدید این عنصر کرتی‌نیسم را به‌وجود می‌آورد که نتیجه آن توقف کامل رشد جسمی و ذهنی همراه با سوء تغذیه می‌باشد.

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

اثرات توفان‌های گرد و غبار و ریزگردها

شکل ۱۶ـ۵ـ توفان گردوغبار

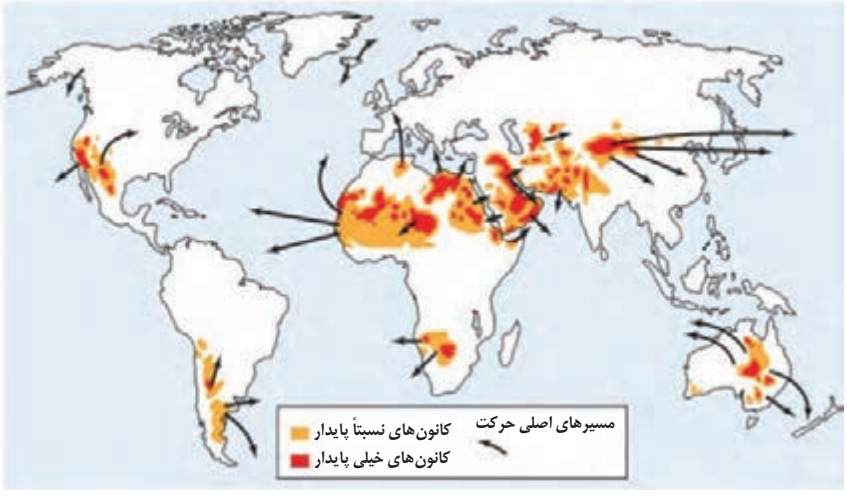
- کاهش میزان انرژی دریافتی از خورشید (غبارها گرما را بازتاب و زمین را سرد می کنند)
- انتقال باکتری‌های بیماری‌زا به مناطق پرجمعیت
- افت کیفیت هوا
- انتقال مواد سمی
- فراهم کردن مواد مغذی اساسی برای جنگل‌های بارانی مناطق گرمسیری
- هسته‌های رشد قطرات باران

این توفان‌ها باعث اختلال در زندگی روزمره شده و اثرات مخرب زیست‌محیطی و اقتصادی زیادی را بر جوامع بشری می‌گذارد رسوب گردوغبار با تأثیر بر فتوسنتز باعث کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌شود.

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

شناخت این پدیده و راهکارهای مقابله با آن از مباحث نوین در رسوب‌شناسی محیطی است.

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



شکل ۱۷ـ۵ـ نقشه کانون‌های اصلی گردوغبار و مسیر حرکت آنها

پیوند با پزشکی

● بیماری سیلیکوسیس که حاصل استنشاق گرد و غبار دارای ذرات سیلیس است، در سده بیستم برای نخستین بار در بادیه نشینان صحرای آفریقا شناسایی شد.

این بیماری یک بیماری شغلی است که براثر تنفس طولانی‌مدت غبارهای سیلیس در کارگران استخراج معدن، برش سنگ، صنایع ساینده از قبیل کارخانه‌های سازنده سیمان و شیشه ایجاد می‌شود.

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

شکل ۱۸ـ۵ـ 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 کرهٔ زمین را در طی سه سال تحت تأثیر قرار داد.

بیشتر بدانید

● اثر خاک‌های آلوده به فلزات سنگین بر گیاهان دارویی

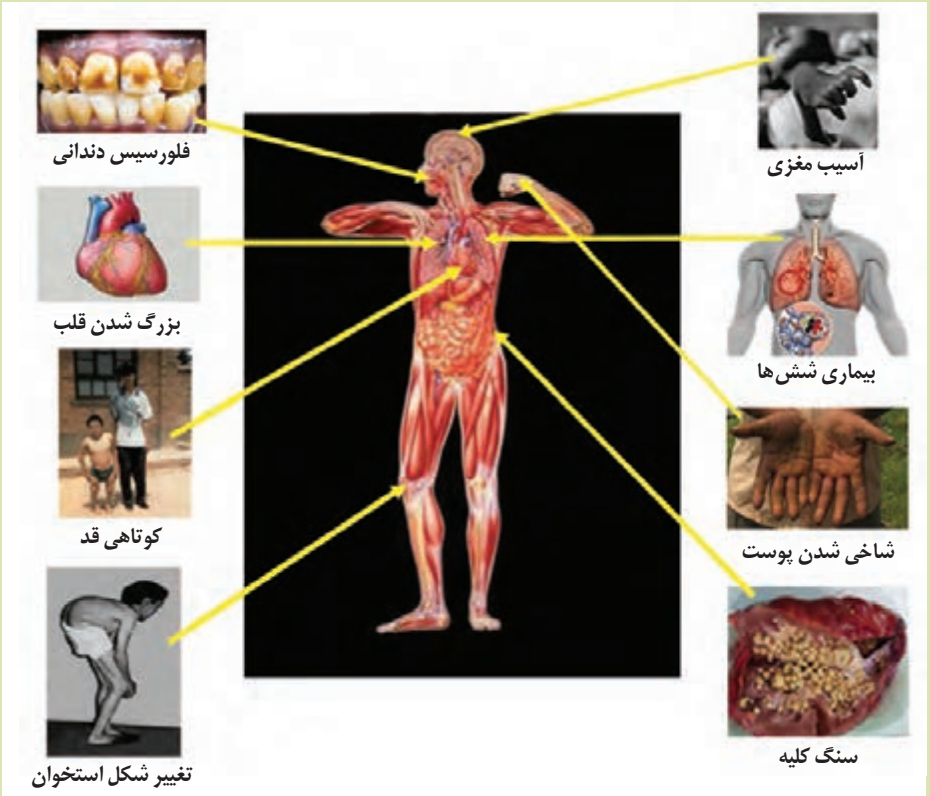
بررسی‌های سازمان بهداشت جهانی نشان داده است، در سال‌های اخیر استفاده از داروهای گیاهی به‌طور چشمگیری در سراسر جهان افزایش یافته است. با توجه به اینکه راه ورود برخی از عناصر به بدن از طریق گیاهان می‌باشد، آلودگی محیط رشد گیاهان دارویی به فلزات سنگین ممکن است باعث تغییرات قابل توجه در کمیت و کیفیت آنها شده و از این طریق وارد بدن گردند. تحقیقات مختلف نشان داده است، غلظت فلزات سنگین در گیاهان دارویی به محیط رشد آنها، نوع گونه گیاهی، شرایط خشک کردن، ذخیره‌سازی، حمل ونقل و فراوری آنها بستگی دارد. سازمان بهداشت جهانی حداکثر مقدار مجاز کادمیوم، آرسنیک و سرب برای گیاهان دارویی را به ترتیب ۰/۳، ۱ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اعلام کرده و تا به امروز محدودیت خاصی برای عناصر دیگر مانند مس، روی، منگنز، مولیبدن و نیکل اعمال نکرده است. با توجه به عدم نظارت و نبود مقررات ملی برای جمع‌آوری گیاهان وحشی (طبیعی) و احتمال جمع‌آوری از مکان‌های آلوده به فلزات سنگین در ایران، ممکن است در مواردی این عناصر در گیاهان دارویی انباشته شوند.

یادآوری

● در کتاب علوم پایهٔ هشتم با کانی آزبست و تأثیر آن بر سلامت انسان آشنا شدید. در مورد استفاده از آزبست (پنبه‌نسوز*)[1] در ساخت وسایل مختلفی مانند لنت ترمز و... و اثرات آن، مطالبی جمع‌آوری و در کلاس بحث کنید.

خود را بیازمایید

● علت ایجاد هریک از بیماری‌های مشخص شده در تصویر زیر چیست؟



کاربرد کانی‌ها در داروسازی و صنایع بهداشتی

کانی‌ها، استفاده‌های گسترده‌ای در داروسازی و صنایع بهداشتی دارند. روکش قرص‌ها و پودر بچه که از کانی تالک تشکیل شده، آشناترین مثال استفاده از کانی‌ها در این صنایع است. در آنتی بیوتیک‌ها و قرص‌های مسکن از کانی‌های مختلف، به‌ویژه انواع رس‌ها استفاده می‌شود. در خمیردندان‌ها کانی فلوئوریت و در صنایع آرایشی، کرم‌های ضدآفتاب، تالک، میکا و رس‌ها کاربرد دارند.

پودر باریت به‌صورت سوسپانسیون خوراکی در پرتونگاری استفاده می‌شود. این ماده ضمن عبور از دستگاه گوارش میزان جذب پرتو ایکس را افزایش می‌دهد و به این ترتیب شکل و ساختمان دستگاه گوارش آشکار می‌شود. نمک درمانی هم اخیراً برای بعضی بیماری‌های پوستی و تیروئید رایج شده است.

---

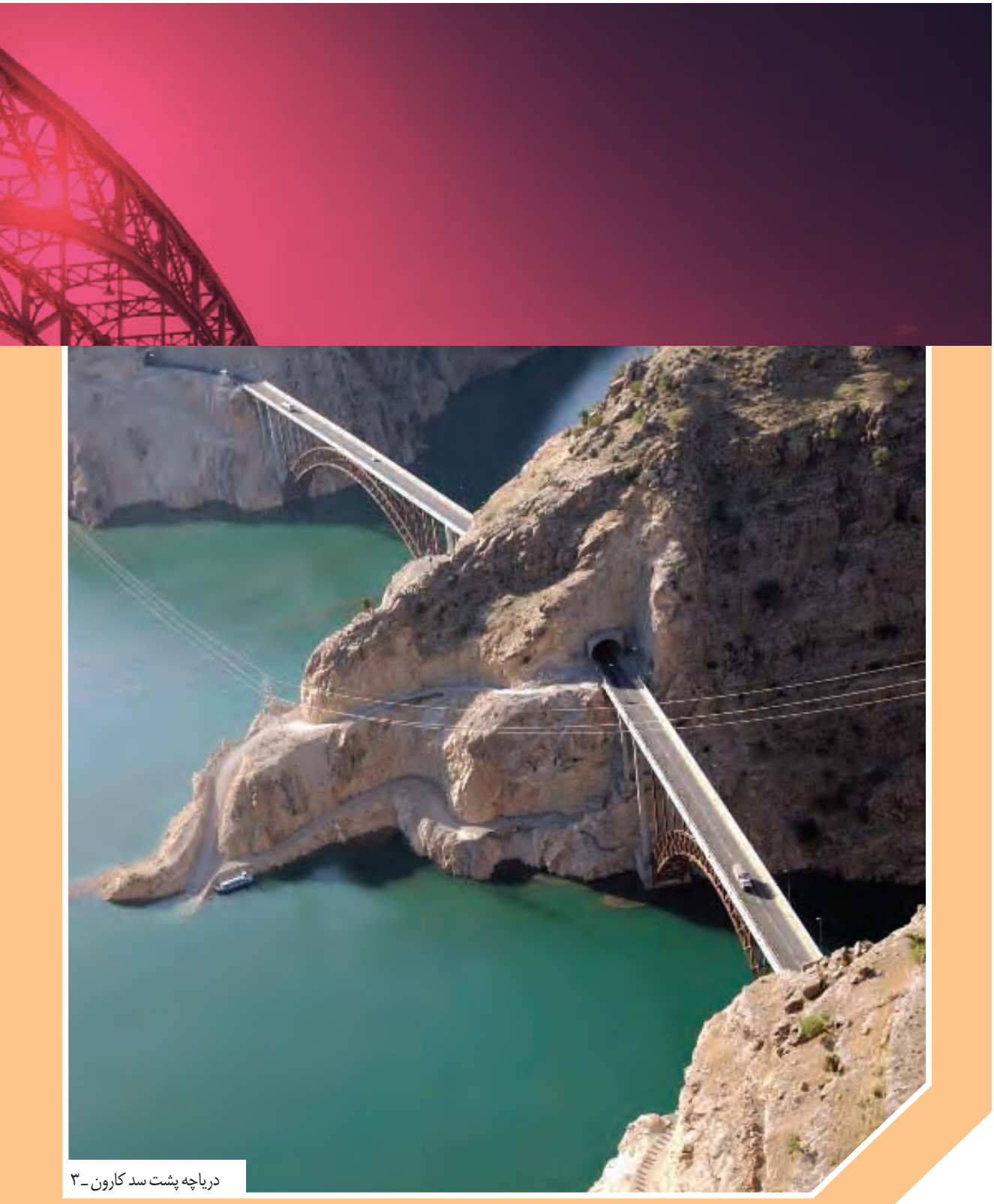
* مصوّب فرهنگستان

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

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

• **زمین‌شناسی پزشکی:** منشأ همه عناصر از زمین است که می‌تواند از طریق خاک، آب آلوده و زنجیره‌های غذایی وارد بدن انسان و سایر جانداران گردد و آنها را بیمار نماید. برخی عناصر، برای بدن انسان و دیگر موجودات ضروری هستند. آهن در هموگلوبین، فسفر و کلسیم در ساختار دندان و استخوان، نقش اساسی دارد، اما برخی ترکیب‌ها مانند نیترات‌ها و عناصری مانند جیوه، آرسنیک، سرب، کادمیم و ... برای سلامت انسان مضر هستند.

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



دریاچه پشت سد کارون ـ ۳

فصل ۶

زمین‌شناسی و سازه‌های مهندسی

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

تونل انتقال آب (تونل کانی سیب ـ پیرانشهر)

سد بتنی (سد شهید عباسپور ـ مسجدسلیمان)

موج‌شکن (چابهار)

پل لالی (مسجد سلیمان، استان خوزستان)

مکان‌یابی سازه‌ها

در عصر شکوفایی دانش و تکنولوژی، هرروز که می‌گذرد ساختمان‌های مرتفع‌تر، سدهای عظیم‌تر یا تونل‌هایی در اعماق بیشتر احداث می‌شوند و اهمیت مطالعه پایداری زمین هرچه بیشتر آشکار می‌گردد. برای این پیشرفت نمی‌توان حد و مرزی درنظر گرفت. تنها عامل بازدارنده دراغلب موارد، نبود زمین مناسب است که بتواند به‌طور طبیعی وزن ناشی از سازه‌ها را تحمل نماید. احداث سازه بر روی زمین‌های نامناسب نظیر زمین‌های باتلاقی، سست، کارستی و غیره می‌تواند با مشکلات متعددی نظیر نشست نامتقارن پی سازه، ریزش و در نهایت تخریب سازه همراه شود (شکل‌های ۱ـ۶ و ۲ـ۶). بنابراین یکی از وظایف مهم زمین‌شناسان، شناسایی وضعیت زمین و سنگ بستر سازه‌ها و فرایندهای مخرب در اطراف آن می‌باشد. در صورت تشخیص وجود مخاطرات زمین‌شناسی که باعث آسیب‌رسیدن به سازه می‌شود، زمین‌شناس باید راهکارهای مناسب جهت مقابله و کاهش آسیب‌های احتمالی به سازه‌ها و تأسیسات مهندسی، ارائه نماید.

شکل ۱ـ۶ـ نشست نامتقارن پی در برج پیزا

شکل ۲ـ۶ـ حفرات کارستی بزرگ ایجاد شده در مناطق شهری

نحوه به‌دست آوردن اطلاعات زمین‌شناسی

وجود زمین‌هایی با شرایط متفاوت از نظر زمین‌شناسی و پایین بودن مقاومت سنگ‌ها و خاک‌ها درمحل احداث سازه‌های مهندسی نظیر سدها، فضاهای زیرزمینی، پل‌ها و ساختمان‌های بلندمرتبه می‌تواند در طراحی و اجرای این سازه‌ها مشکلات زیادی را به وجود آورد. زمین‌های هوازده، گسل‌خورده، سست و ریزشی و اشباع، نمونه‌هایی از مکان‌های نامناسب برای احداث سازه می‌باشند. به همین دلیل ضروری است که در ارتباط با طراحی و اجرای سازه‌های مهندسی، زمین‌شناسان مواردی مثل مطالعه دقیق شرایط زمین‌شناسی محل، انطباق هرچه بهتر طرح و اجرای پروژه با شرایط طبیعی و کنترل حرکات زمین در زمان احداث و در دوران بهره‌برداری سازه‌ها را مورد بررسی و توجه قرار دهند.

از این‌رو زمین‌شناس مهندس یکی از کارشناسان مهم در پروژه‌های عمرانی در زمان مطالعات و زمان اجرای آنها خواهد بود. برای به‌دست آوردن اطلاعات لازم در پروژه‌های مهندسی نیاز به شناسایی سطحی و گاهی زیرسطحی زمین ضروری است.

برای شناسایی سطحی، با توجه به بازدیدهای صحرایی از محل احداث پروژه، اطلاعات زمین‌شناسی از محل توسط زمین‌شناس انجام شده و نقشه زمین‌شناسی از منطقه ترسیم می‌گردد.

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

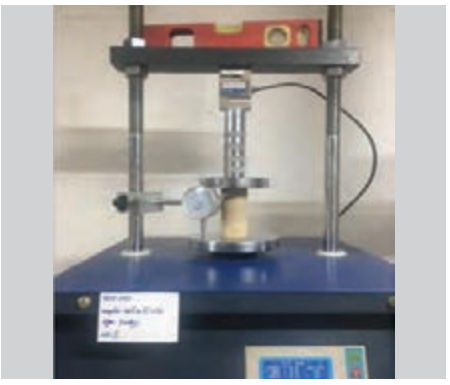
در روش مستقیم، علاوه بر مطالعات صحرایی می‌توان توسط حفر گمانه‌ها و چاهک‌های اکتشافی لایه‌های خاک و سنگ در اعماق مختلف شناسایی شود (شکل‌های ۳ـ۶ تا ۸ـ۶). برای به‌دست آوردن ویژگی‌هایی مانند مقاومت سنگ‌ها، لازم است بررسی‌هایی بر روی نمونه‌های به‌دست آمده در آزمایشگاه تخصصی انجام شود.

در روش غیرمستقیم بدون نمونه‌گیری از درون زمین، با استفاده از تجهیزات و ابزار ژئوفیزیکی مطالعات زمین‌شناسی مهندسی انجام می‌شود.

شکل ۳ـ۶ـ حفاری گمانه اکتشافی توسط دستگاه حفاری

شکل ۴ـ۶ـ مغزه‌گیری توسط گمانه‌های اکتشافی

۵ـ۶ـ ابزار مورد استفاده در حفاری‌های اکتشافی



۶ـ۶ـ ابزارهای مختلف آزمایشگاهی

۷ـ۶ـ تعدادی از تجهیزات صحرایی

۸ـ۶ـ نمونه‌هایی از تجهیزات لازم جهت مطالعات ژئوفیزیکی

جمع‌آوری اطلاعات

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

عوامل مؤثر بر مکان‌یابی سازه‌ها

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

یکی از عوامل مهم در مکان‌یابی ساختگاه سازه‌ها، مقاومت زمین پیِ آنها در برابر نیروهای وارده است؛ به‌عنوان‌مثال، 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 سنگ‌های پیِ سد، باید در برابر تنش‌های ناشی از وزن سد، مقاوم باشند و دچار گسیختگی و نشست نشوند.

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

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

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

فعالیت تکمیلی

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

سنگ‌های دگرگونی مانند کوارتزیت، هورنفلس و گنیس مقاومت بسیار بالایی دارند و می‌توانند برای احداث سازه‌های سنگین مورد استفاده قرار گیرند. برخی دیگر از سنگ‌های دگرگونی نظیر شیست‌ها به دلیل داشتن تورق، سست و ضعیف بوده و برای پی‌سازه‌ها مناسب نمی‌باشند.

یکی دیگر از عوامل مؤثر در مکان‌یابی سازه‌ها، نفوذپذیری خاک‌ها و سنگ‌های محل احداث سازه‌ها می‌باشد. نفوذپذیری به توانایی انتقال مایعات از بین حفرات و درزه‌های سنگ، گفته می‌شود. در پروژه‌های مهندسی، با استفاده از حفر گمانه‌های اکتشافی می‌توان میزان نفوذپذیری سنگ و خاک را تعیین نمود.

نفوذپذیری در سنگ‌ها متأثر از وضعیت درزه‌ها، شکستگی‌ها و حفرات موجود در آنها است. در آبرفت‌ها هرچه خاک درشت‌دانه‌تر باشد، نفوذپذیری آن بیشتر خواهد بود. سنگ‌های کربناتی به سنگ‌های رسوبی گفته می‌شود که بیش از ۵۰ درصد آنها کانی‌های کربناتی مانند کلسیت ($CaCO_3$) و دولومیت ($CaMg(CO_3)_2$) باشد. این سنگ‌ها اغلب درزه‌دار هستند.

سنگ آهک ضخیم لایه و فاقد حفرات انحلالی، پی و تکیه‌گاه خوبی برای احداث سازه‌های مهندسی می‌باشد. بخشی از سنگ‌های کربناته در معرض جریان آب‌های نفوذی و با گذشت زمان، حل شده و در آنها حفره‌هایی تشکیل می‌گردد که به این حفرات ایجاد شده، حفرات انحلالی کارستی گویند. پیشرفت عمل انحلال در این سنگ‌ها، ممکن است منجر به ایجاد حفره‌های انحلالی بزرگ و غارها شود؛ بنابراین سنگ‌های کربناته در صورت دارا بودن حفرات انحلالی برای حفر تونل‌ها و احداث سدها مناسب نیستند، زیرا مشکلات جدی از قبیل فرار آب یا نشست زمین را به همراه خواهند داشت (شکل ۹ـ۶).

الف) توسعه درز و شکاف انحلالی در آهک

ب) تشکیل حفرات انحلالی

ج) ایجاد غارهای کارستی

شکل ۹ـ۶ـ مراحل توسعه انحلال در سنگ‌های کربناته

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، طی مدت کوتاهی، حفرات انحلالی فراوانی درون سنگ ایجاد شده و باعث فرار آب از مخزن سد و همچنین ناپایداری بدنهٔ سد می‌گردد.

علاوه‌بر موضوعات مطرح شده، حتی وجود لایه‌های گچی و نمکی در محدوده مخزن و دریاچه سدها نیز مشکلاتی در کیفیت آب ایجاد خواهد کرد. انحلال این نوع سنگ‌ها، باعث افزایش املاح در آب پشت سدها و شوری آنها می‌شود.

گاهی عدم شناسایی حفرات انحلالی در هنگام حفاری سازه‌های زیرزمینی مانند تونل‌ها باعث هجوم آب فراوان و گل‌ولای به داخل تونل و توقف پروژه حفاری می‌شود (شکل ۱۰ـ۶). همچنین عدم شناسایی حفرات انحلالی پی سد لار در زمان ساخت، باعث فرار آب از زیر سد شده است (شکل ۱۱ـ۶).

شکل ۱۰ـ۶ـ هجوم آب، گل و لای در زمان حفاری تونل‌ها

شکل ۱۱ـ۶ـ نمونه‌ای از حفرات انحلالی در نزدیکی سد لار

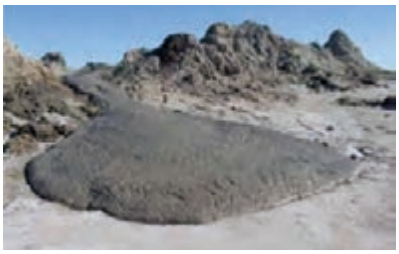
یکی دیگر از خطراتی که سازه‌ها را در مناطق شیب‌دار و کوهستانی تهدید می‌کند، خطر ریزش کوه و سقوط مواد در دامنه‌های پرشیب است. حرکات دامنه‌ای ممکن است بسیار مهیب و فاجعه‌آفرین باشد، به‌طوری که سازه‌های مهندسی را تحت تأثیر قرار داده و باعث خرابی و آسیب به آنها شود. به‌طور مثال لغزش و سقوط توده‌های بزرگ سنگ و خاک در دیوارهٔ مخزن سدها، تاکنون موجب خرابی‌های عمده‌ای در سدهای بزرگ جهان شده است. لغزش توده‌های سنگ و خاک، افزون بر ایجاد امواج خطرناک در مخزن، باعث کاهش ظرفیت و عمر مفید مخزن می‌شود. حرکت دامنه‌ای به‌طور ساده ناشی از عملکرد گرانش زمین، بر روی مواد هوازده موجود بر روی سطوح شیب‌دار می‌باشد و به شیوه‌های گوناگون خودنمایی می‌کند. سقوط ذرات سنگ و خاک از سراشیب‌های تند را، ریزش و اگر توده سنگ و خاک در امتداد یک سطح گسیختگی حرکت کند، لغزش نامیده می‌شود. (شکل‌های ۱۲ـ۶ تا ۱۴ـ۶). با انتخاب محل مناسب برای ایجاد سد و پایدارسازی دیواره‌های اطراف مخزن سد، می‌توان از چنین اتفاقاتی جلوگیری کرد. امروزه با اقداماتی مانند ایجاد دیوار حائل، ایجاد پوشش گیاهی، میخ‌کوبی و زهکشی جهت تخلیه آب اضافی، دیوار گابیونی (تورسنگی) و غیره می‌توان دامنه‌ها را پایدار کرد.

جمع‌آوری اطلاعات

- در مورد تفاوت انواع حرکات دامنه‌ای ریزش، لغزش، خزش و جریان گل اطلاعاتی جمع‌آوری کنید.
- مطالبی پیرامون رابطه تغییرات سطح آب زیرزمینی و ایجاد حرکت دامنه‌ای گردآوری نمایید.
- تأثیرات مثبت و منفی پایداری دامنه‌ها با استفاده از پوشش گیاهی را توضیح دهید.
- مراحل پایدارسازی به روش میخ‌کوبی را در کلاس برای دوستان خود توضیح دهید و دلایل استفاده از این روش را تشریح نمایید.

شکل ۱۲ـ۶ـ ریزش مصالح

شکل ۱۳ـ۶ـ لغزش مصالح



شکل ۱۴ـ۶ـ جریان گلی

الف) دیوار حائل

ب) دیوار گابیونی

پ) دیوار میخ کوبی شده

شکل ۱۵ـ۶ـ نمونه‌هایی از روش‌های پایدارسازی دامنه‌ها

فعالیت تکمیلی

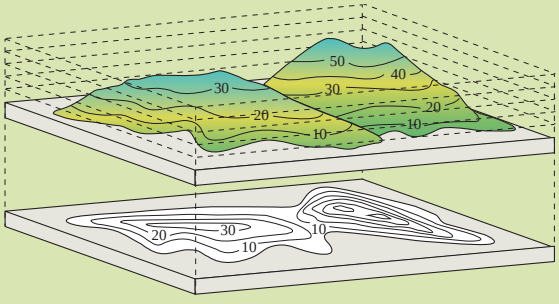
● دلیل استفاده از زهکش‌ها برای پایداری دیواره‌ها وترانشه‌ها چیست؟

یکی دیگر از موارد مهم در مکان‌یابی سازه‌ها توجه به وضعیت شکل‌های آن منطقه است. همان‌طور که در فصل‌های قبلی مطالعه کرده‌اید، کشور ما بر روی یکی از کمربندهای لرزه‌خیز جهان واقع‌شده است و در بیشتر مناطق آن گسل‌های فعال وجود دارند. این گسل‌ها و زمین‌لرزه‌های احتمالی می‌توانند پایداری سازه‌های مختلف را تهدید کنند. ازاین‌رو 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 ثبت‌شده توسط دستگاه‌های لرزه‌نگاری و اطلاعات تاریخی زمین‌لرزه‌ها، احتمال فعالیت مجدد گسل‌ها و وقوع زمین‌لرزه و تأثیر آن بر سازه‌ها را مشخص می‌کنند. این اطلاعات در اختیار مهندسان عمران قرار می‌گیرد تا طراحی سازه را براساس آن انجام دهند.

مورفولوژی (شکل‌شناسی) و توپوگرافی (پستی‌وبلندی‌ها) محل احداث سازه، در پایداری آن تأثیر قابل‌توجهی دارد.

جمع‌آوری اطلاعات

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



کاربرد نقشه‌های توپوگرافی در مشخص کردن مورفولوژی سطح زمین

منحنی‌های توپوگرافی از هم بیشتر است.

با توجه به مورفولوژی دره‌های V شکل و U شکل و ارتباط آن با احداث سازه‌هایی مثل پل و سد مطالبی جمع‌آوری کرده و در مورد مناسب یا نامناسب بودن آنها با دوستان خود، تبادل نظر کنید.

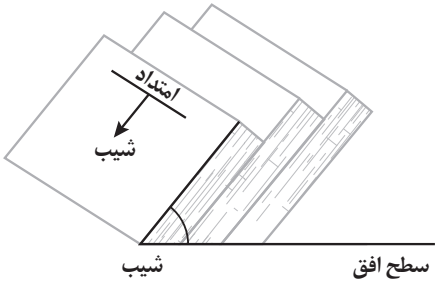
توجه به فرسایش‌پذیری رسوبات و واحدهای سنگی نیز در مکان‌یابی سازه‌هایی مانند سد بسیار اهمیت دارد.

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

شرایط مختلفی از وضعیت شیب و امتداد لایه‌های سنگی برای انتخاب محل مناسب در سازه‌هایی مانند سد، تونل و غیره باید مورد بررسی قرار بگیرند. برای بررسی موقعیت لایه‌ها از مشخصات امتداد و شیب استفاده می‌شود.

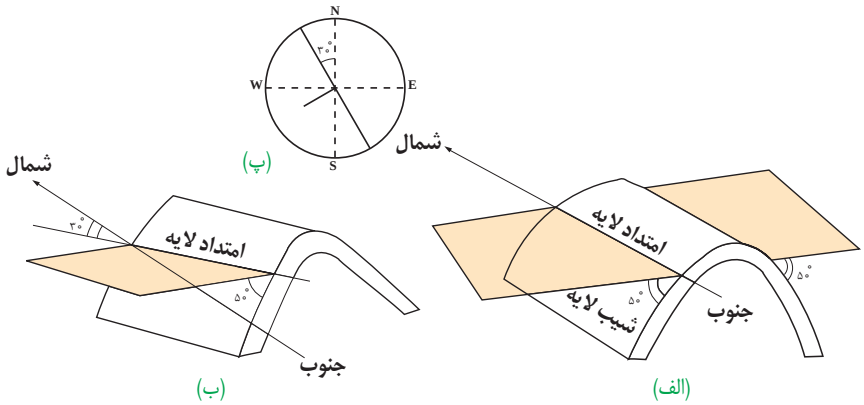
امتداد لایه، عبارت است از محل برخورد سطح لایه با سطح افق که با جهت جغرافیایی بیان می‌شود.

شیب لایه، مقدار زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق می‌سازد. شیب لایه بین صفر (لایه‌های افقی) تا ۹۰ درجه (لایه‌های قائم) تغییر می‌کند.



شکل ۱۶ـ۶

امتداد لایه‌های این چین‌شمالی ـ جنوبی است و شیب لایه در پهلوی غربی آن ۵۰° به سمت غرب و در پهلوی شرقی ۵۰° به سمت شرق است (شکل الف ـ۱۷ـ۶). امتداد لایه در پهلوی غربی این چین ۳۰° از شمال به سمت غرب انحراف دارد N30W، شیب لایه ۵۰° به سمت جنوب غرب است 50SW، بنابراین موقعیت این لایه را به‌طور کلی به‌صورت 50SW و N30W نشان می‌دهند (شکل ب ـ۱۷ـ۶). علائم قراردادی برای نشان دادن امتداد و شیب یک لایه (شکل پ ـ۱۷ـ۶).



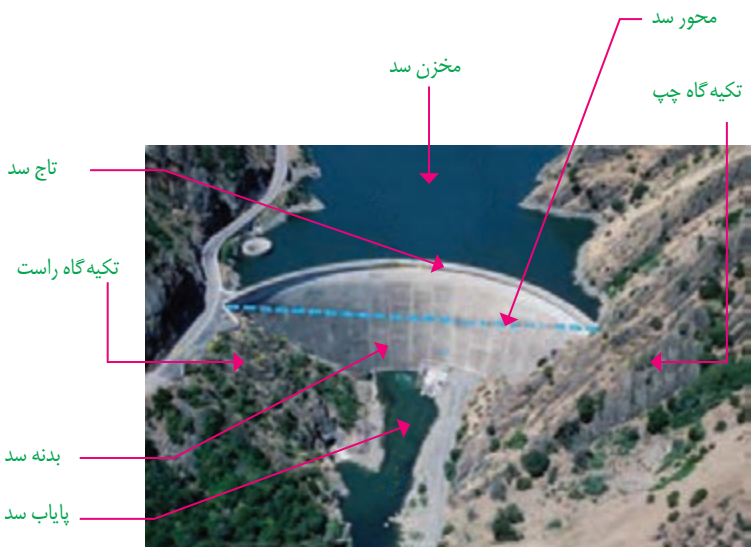
شکل ۱۷ـ۶ـ تعیین شیب و امتداد لایه

مکان مناسب برای ساخت سد

سد، سازه‌ای است که به‌منظور ذخیرهٔ آب، مهار سیلاب، تولید نیروی الکتریسیته، تأمین آب شرب و کشاورزی احداث می‌شود. بعضی از سدها چندمنظوره‌اند، یعنی به‌طور هم‌زمان چند هدف را تأمین می‌کنند.

سدها، از نظر نوع مصالح ساختمانی به‌کار رفته، به دو دستهٔ خاکی و بتنی تقسیم می‌شوند. در شکل ۱۸ـ۶ بخش‌های مختلف سد نشان داده‌شده است. مهم‌ترین عامل در تعیین نوع سد و محل احداث آن، شرایط زمین‌شناسی منطقه، مقاومت سنگ‌های پی و دیواره‌ها، لرزه‌خیزی منطقه، شکل دره و مصالح مورد نیاز است.

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



شکل ۱۸ـ۶ـ نمایی از بخش‌های مختلف یک سد

جمع‌آوری اطلاعات

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

۱ـ هدف از احداث سد

۲ـ نوع سد

۳ـ جنس سنگ پی سد

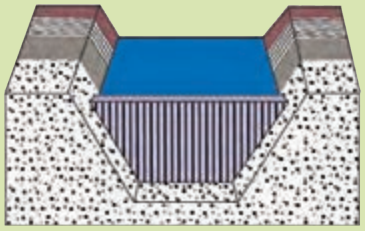
از عوامل مؤثر بر پایداری و نشت آب در محل سدها می‌توان به ساختارهای زمین‌شناسی اشاره نمود که در فصل‌های قبل با آنها آشنا شده‌اید.

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

با هم بیندیشید

● با توجه به ارتباط امتداد محور سد با امتداد لایه‌بندی کدام گزینه برای ساخت سد مناسب‌تر است؟

(الف)

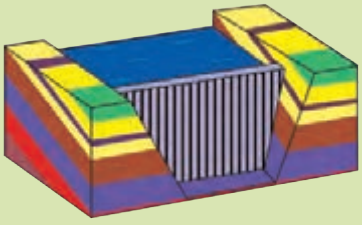


(ب)

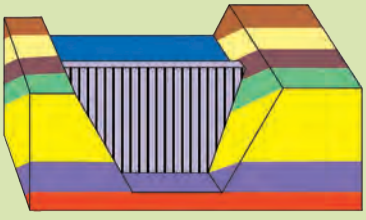
درصورتی که شیب لایه‌ها در محور سد به سمت بالادست (مخزن سد) باشد، احداث سد با مشکلات کمتری روبه‌رو خواهد شد؛ چراکه نشت آب به پایین‌دست اتفاق نمی‌افتد. وقتی شیب لایه‌ها به پایین‌دست باشد، در درازمدت به‌دلیل اشباع شدن لایه‌ها و جریان آب در جهت شیب لایه‌ها به پایین‌دست، باعث سست شدن و جابه‌جایی سد (به‌علت وزن سد و نیروی آب پشت سد) و درنهایت شکستن آن خواهد شد.

با هم بیندیشید

● با توجه به وضعیت نسبی جهت شیب لایه‌بندی در مقایسه با بالادست سد کدام گزینه برای احداث سد مناسب‌تر است؟



(الف)



(ب)

مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی

برخی از فعالیت‌های عمرانی و معدنی به‌صورت زیرزمینی انجام می‌شود. این فعالیت‌ها، نیاز به فضای زیرزمینی دارند. حفاری‌های زیرزمینی به شکل تونل و مُغار اجرا می‌گردند. تونل‌ها، به‌منظور حمل‌ونقل، انتقال آب، انتقال فاضلاب یا استخراج مواد معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مُغارها، فضاهای زیرزمینی بزرگ‌تری هستند که برای ایجاد تأسیسات زیرزمینی مانند نیروگاه‌ها، ایستگاه‌های مترو، ذخیرهٔ 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 خردشدگی، هوازدگی و نشت آب، متمرکز کند.

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

زیرزمینی، از عوامل مهم ناپایداری تونل‌ها، ترانشه[1]ها و سایر فضاهای زیرزمینی است. بخش بزرگی از مشکلات و خسارت‌ها در پروژه‌های عمرانی و معدنی، ناشی از برخورد با آب‌های زیرزمینی می‌باشد. در برخی موارد، پروژه‌هایی به‌دلیل مواجهه با این مشکل، تکمیل‌نشده و متوقف گشته‌اند؛ بنابراین برآورد میزان و کنترل جریان آب زیرزمینی در تونل‌ها و زمینِ زیرِ سازه و حتی درون سازه‌هایی مانند سدها، بسیار مهم است. به‌طورکلی، سازه‌های زیرزمینی که در بالای سطح ایستابی قرار می‌گیرند، از پایداری بیشتری برخوردار هستند.

پاسخ دهید

● دلیل ناپایداری تونل‌ها در زیر سطح ایستابی چیست؟

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 ۱۹ـ۶).

الف) پوشش‌های بتنی در مغارها

ب) پوشش‌های بتنی در مترو

پ) نحوه اجرای پوشش‌های بتنی در فضاهای زیرزمینی

شکل ۱۹ـ۶ـ پوشش داخلی تونل

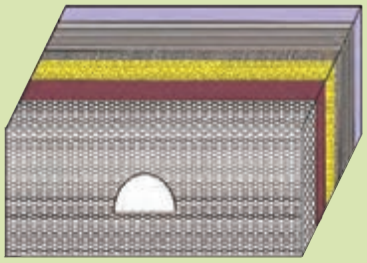
ساخت تونل، در صورتی که امتداد لایه‌ها بر محور تونل عمود باشد، مطلوب‌تر از زمانی است که امتداد لایه‌ها موازی با محور تونل می‌باشد. وقتی محور تونل بر امتداد لایه‌ها عمود است، هنگام عبور از لایه ضعیف یا سنگ‌های درزه‌دار با ضخامت محدود، مسیر کمتری از تونل ناپایدار بوده و نیاز به مقاوم‌سازی دارد. در شرایطی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

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

با هم بیندیشید

● با توجه به وضعیت نسبی محور تونل، کدام تونل از نظر پایداری مناسب‌تر خواهد بود؟

(الف)



(ب)

مکان‌یابی مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی

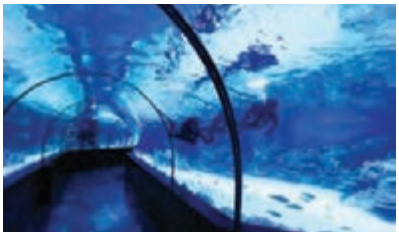
همیشه سازه‌ها بر روی خشکی بنا نمی‌شوند. کشور ما از جنوب و شمال به دریا منتهی می‌شود. از سوی دیگر، بخشی از ذخایر عظیم نفت ایران از بستر دریا استخراج می‌شوند. سازه‌های دریایی مانند اسکله‌ها، پایانه‌های نفتی، تونل‌های زیردریایی، پل‌ها و جاده‌ها، در سواحل دریا (ساحلی) یا در دریا (فراساحلی) احداث می‌شوند (شکل ۲۰ـ۶). در مکان‌یابی این سازه‌ها مانند سازه‌های خشکی، باید مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی به‌طور ویژه، انجام پذیرد. افزون بر آن، توجه به جریان‌های دریایی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب دریا نیز ضروری می‌باشد.

الف) اسکله شهید رجایی (بندرعباس)

ب) طولانی‌ترین پل دریایی جهان (چین)

پ) سکوی نفتی (خلیج‌فارس)

ت) موج شکن (جزیره قشم)



ث) آکواریوم زیردریایی (جزیره کیش)

ج) جاده ساحلی (بندر مقام)

شکل ۲۰ـ۶ـ تعدادی از سازه‌های دریایی

شاخص‌های مهندسی مصالح

اندازه‌گیری شاخص‌های مهندسی مصالح می‌تواند در کاربرد آنها برای اجرای پروژه‌های مهندسی مؤثر باشد. یکی از شاخص‌های مهندسی مصالح، اندازه ذرات است. خاک‌ها براساس اندازه ذرات به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از: خاک‌های درشت‌دانه (مانند شن)، اندازه این ذرات بزرگ‌تر از ۴/۷۵ میلی‌متر می‌باشد. خاک‌های متوسط دانه و ماسه‌ای که اندازه این ذرات بین ۴/۷۵ میلی‌متر تا ۰/۰۷۵ میلی‌متر بوده و در این محدوده قرار دارند. خاک‌های ریزدانه شامل سیلت و رس بوده و اندازه این ذرات کوچک‌تر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر می‌باشد.

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

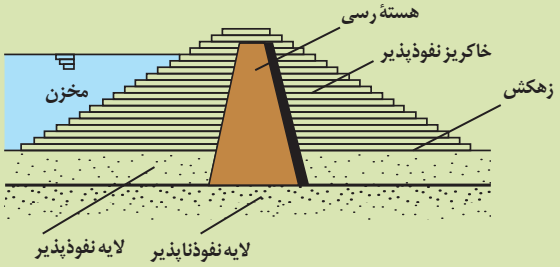
مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها

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

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

پاسخ دهید

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



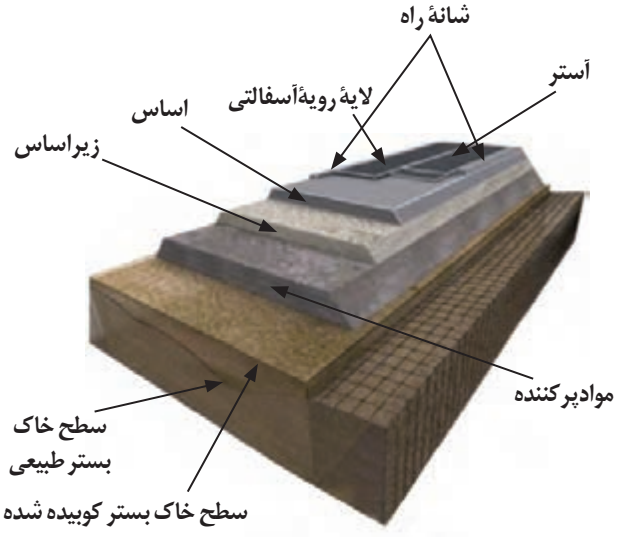
بتن یکی از پرکاربردترین مواد به‌عنوان مصالح ساختمانی در پروژه‌های عمرانی است. مصالح و اجزای بتن عبارت‌اند از سیمان، سنگدانه یا مصالح سنگی شامل شن، ماسه و آب.

سنگدانه‌ها نقش مهمی در دوام بتن دارند، چون حدود ۷۵ درصد از حجم بتن را تشکیل می‌دهند. این مصالح را می‌توان به‌صورت طبیعی (از بستر رودخانه‌ها)، از معادن و یا از مصالح موجود در کوه‌ها (با استفاده از سنگ‌شکن‌ها) به‌دست آورد (شکل ۲۱ـ۶).

شکل ۲۱ـ۶ـ مصالح مورد استفاده در بتن و بتن مصرفی

سطح طبیعی زمین، برای رفت‌وآمد وسایل نقلیه مناسب نیست، زیرا در مقابل عوامل جوّی مانند بارش، تغییرات دما و نیروهای وارده از چرخ خودروها مقاومت کافی ندارد، همین امر سبب توجه انسان به راه‌سازی شده است. برای احداث جاده، از مصالح خاک در زیرسازی و روسازی استفاده می‌شود که هرکدام از دو بخش تشکیل‌شده است. زیرسازی شامل دو بخش زیراساس و اساس و همچنین، روسازی شامل دو بخش آستر و رویه می‌باشد (شکل ۲۲ـ۶).

الف) لایه‌های مختلف راه بر روی بستر طبیعی



ب) بخش زیراساس و اساس

شکل ۲۲ـ۶ـ بخش‌های مختلف راه

بخش‌های اساس و زیراساس، به‌عنوان لایهٔ زهکش عمل می‌کنند و وظیفه آنها انتقال آب سطحی و نفوذی به خارج از بدنه جاده می‌باشد. برای ساخت آنها از مخلوط شن، ماسه و سنگ شکسته استفاده می‌شود ولی با توجه به اینکه در طراحی جاده‌ها، میزان نفوذپذیری بخش اساس، بیشتر از زیراساس است، لذا اندازه ذرات مصالح به‌کاررفته در بخش اساس، کمی درشت‌تر از مصالح زیراساس می‌باشد. لایه‌های آستر و رویه که بایستی در برابر نیروهای وارده، مقاوم باشند، از جنس آسفالت یعنی مخلوطی از شن، ماسه و قیر ساخته می‌شوند.

یکی دیگر از کاربردهای مصالح خرده‌سنگی، در زیرسازی و تکیه‌گاه ریل‌های راه‌آهن می‌باشد. این قطعات خرده‌سنگی که بالاست نامیده می‌شوند، علاوه بر نگهداری ریل‌ها و توزیع بار چرخ‌ها، عمل زهکشی را نیز به عهده دارند. بالاست مورد نیاز خطوط راه‌آهن، معمولاً از خرد کردن سنگ‌ها و باطله‌هایی که از معادن استخراج می‌شود، به دست می‌آید (شکل ۲۳ـ۶).

شکل ۲۳ـ۶ـ بالاست استفاده‌شده در زیرسازی جاده ریلی

علم، زندگی، کارآفرینی

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

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

تصویر ماهواره‌ای ایران

فصل ۷

زمین‌شناسی ایران

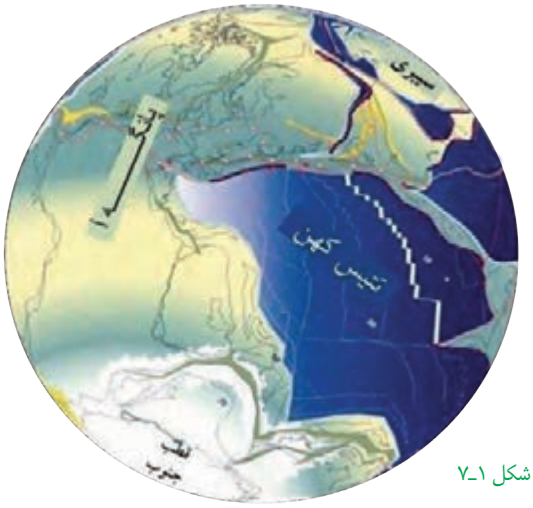
ایران، به‌نظر بسیاری از زمین‌شناسان جهان که از مناطق مختلف آن بازدید کرده‌اند، بهشت زمین‌شناسی است. به‌راستی، چه عواملی باعث این تفکر شده است؟ پدیده‌های متنوع کم‌نظیری مانند آتشفشان‌های نیمه‌فعال، گل‌فشان‌های متعدد، کلوت‌های وسیع و مرتفع، گنبدهای نمکی و ... در نقاط مختلف ایران یافت می‌شود که پژوهشگران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

تاقدیس امامقلی قوچان ـ خراسان رضوی

ناپیوستگی دگرشیب راور ـ کرمان

تاریخچه زمین‌شناسی ایران

بر اساس نظریه وگنر یک قاره واحد به نام پانگه‌آ (تمام خشکی‌ها) در میان تنها اقیانوس آن زمان یعنی پانتالاسا قرار داشت. ابرقاره پانگه‌آ به دو قاره لوراسیا و گندوانا شکسته شد و در حدفاصل آنها اقیانوس تتیس کهن شکل گرفت (شکل ۱ـ۷). مطالعات نشان می‌دهد که سرزمین ایران، تاریخ تکوین پیچیده‌ای را پشت سر گذاشته است. گرچه در حال حاضر پوسته ایران‌زمین یکپارچه و به ظاهر همگن است اما بخش‌های مختلفی که اکنون ایران‌زمین را تشکیل می دهند، در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی، قسمت‌هایی از ابرقاره گندوانا و لوراسیا بوده‌اند.



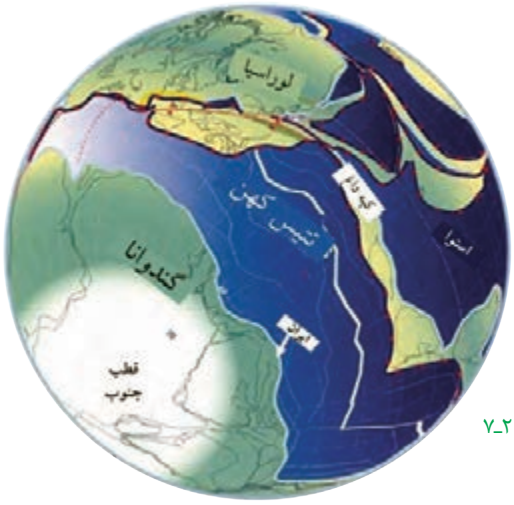
شکل ۱ـ۷

تعیین سن سنگ‌های مناطق مختلف ایران نشان می‌دهد که در مقایسه با سنگ‌های قدیمی یافت شده در آمریکای شمالی، آفریقا، هند، سیبری، استرالیا و عربستان بسیار جوان‌تر هستند، به گونه‌ای که قدیمی‌ترین سنگ‌های کشف شده در ایران بین ۶۰۰ تا یک میلیارد سال سن دارند.

تحقیق کنید

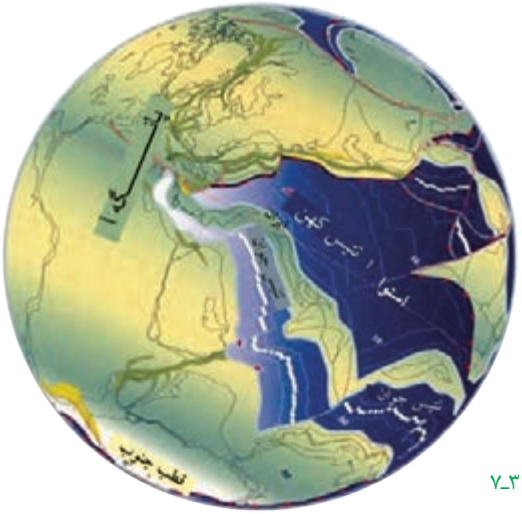
- قدیمی‌ترین سنگ‌های ایران در کدام مناطق یافت می‌شوند؟

در پرکامبرین بیشتر قسمت ایران‌زمین به‌جز شمال شرق آن در حاشیه شمالی ابرقاره گندوانا قرار داشته و به وسیله اقیانوس تتیس کهن از کپه داغ و قاره لوراسیا جدا بوده‌اند (شکل ۲ـ۷).



شکل ۲ـ۷

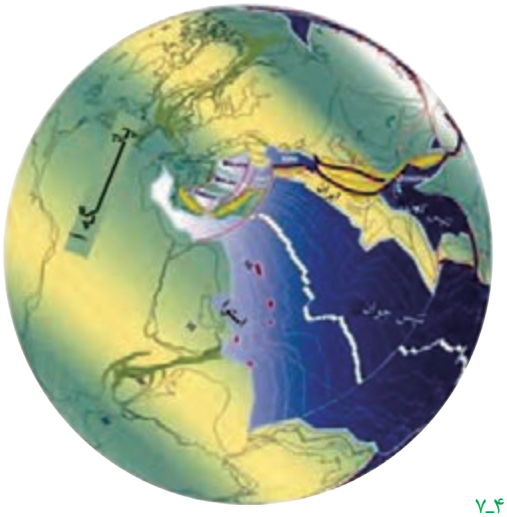
در دوران پالئوزوئیک، حرکت دو قاره لوراسیا و گندوانا همگرا بود و در نتیجه از پهنای تتیس کهن کاسته و سرآغاز بسته شدن آن رقم خورد. در این بازه زمانی ایران در محل خط استوا واقع بوده است (شکل ۳ـ۷).



شکل ۳ـ۷

از اوایل پرمین تا میانه تریاس با کاهش وسعت تتیس کهن، در محل زاگرس فعلی، اقیانوس تتیس جوان شکل گرفت و صفحه ایران را از صفحه زاگرس ـ عربستان جدا کرد. در اواخر تریاس دو صفحه ایران و توران به هم پیوسته و تتیس کهن به‌طور کامل بسته شد و صفحه ایران که تا آن زمان در حاشیه شمالی گندوانا قرار داشت با اتصال به حاشیه جنوبی لوراسیا، بخشی از ابرقاره لوراسیا گردید (شکل ۴ـ۷).

در اوایل ژوراسیک تتیس جوان شروع به بسته‌شدن کرد و از اواخر کرتاسه تا پالئوسن بخش‌هایی از پوسته اقیانوسی مذکور بر روی صفحه عربستان رانده شد. در دوره ترشیاری با گسترش دریای سرخ در ۵ میلیون سال پیش، اقیانوس تتیس جوان به‌طور کامل بسته شد (شکل ۵ـ۷).

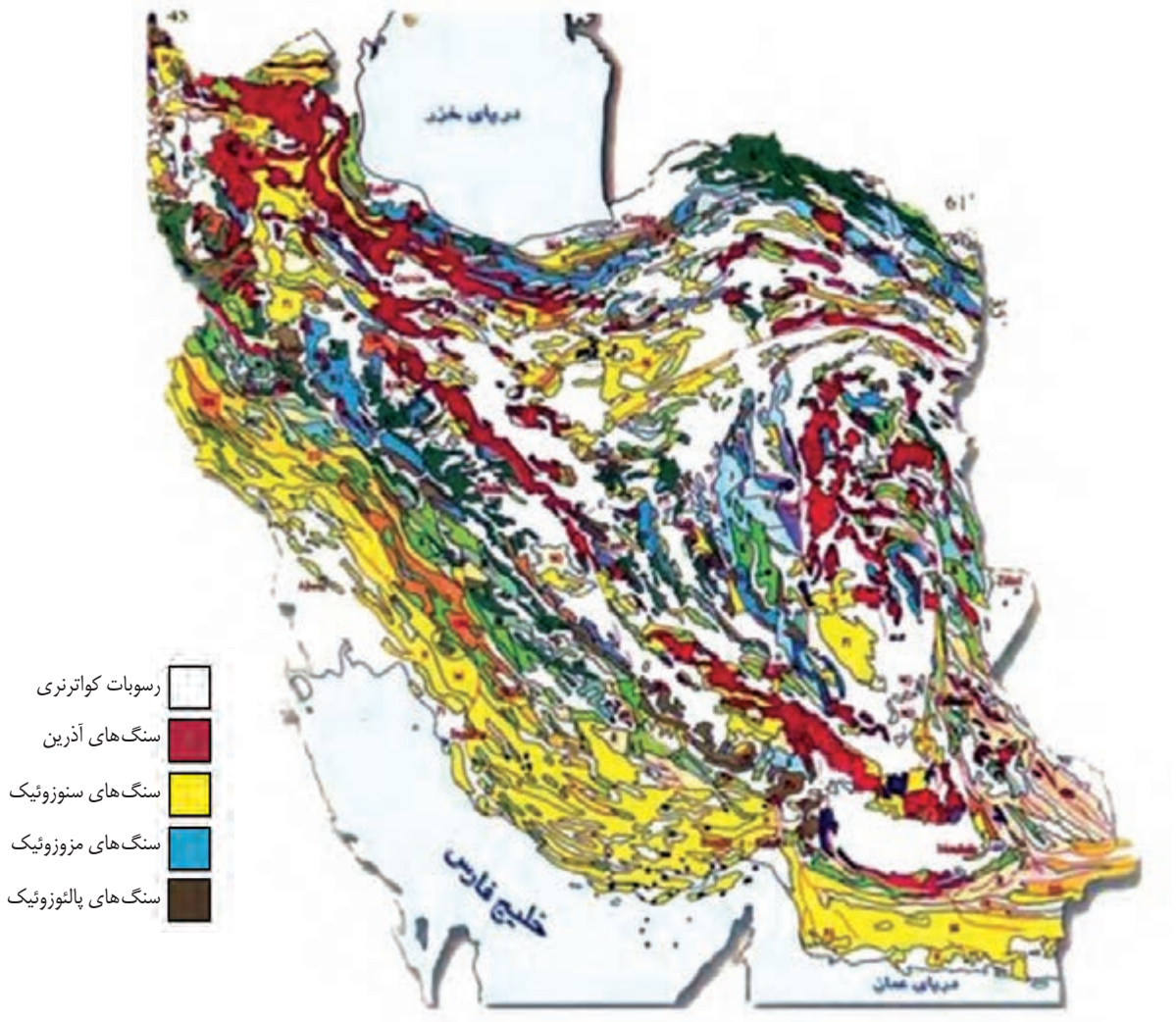


شکل ۴ـ۷

نقشه‌های زمین‌شناسی

در نقشه‌های زمین‌شناسی، جنس و پراکندگی سطحی سنگ‌ها، روابط سنی آنها، وضعیت شکستگی‌ها و چین‌خوردگی‌ها و موقعیت کانسارها و... نمایش داده می‌شوند و با توجه به نیاز، با دقت و مقیاس‌های مختلف تهیه می‌گردند. نقشه‌های زمین‌شناسی علاوه بر فراهم نمودن بستر مناسب جهت انجام تحقیقات زمین‌شناسی، در اکتشاف مواد معدنی، مطالعات لرزه‌خیزی، مطالعات زیست‌محیطی، آبخیزداری و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر بلایای طبیعی و موارد دیگر کاربرد دارند (شکل ۶ـ۷). نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس $\frac{۱}{۲۵۰۰۰۰}$ و $\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰}$ توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و شرکت ملی نفت ایران برای کل کشور تهیه شده و نقشه‌های بزرگ مقیاس $\frac{۱}{۵۰۰۰۰}$ و $\frac{۱}{۲۵۰۰۰}$ نیز برای بخش‌های خاصی از کشور ترسیم شده است.

شکل ۵ـ۷ـ پهنه‌های زمین‌شناسی ایران نسبت به هم و سرزمین‌های مجاور از ۵ میلیون سال پیش تاکنون



شکل ۶ـ۷ـ نقشه زمین‌شناسی ایران که نشان‌دهندهٔ پراکندگی سنگ‌های زمان‌های مختلف زمین‌شناسی با رنگ‌های متفاوت می‌باشد.

پهنه‌های زمین‌شناسی ایران

مطالعات انجام شده توسط زمین شناسان نشان می‌دهد که فرایندهای زمین‌شناسی متعددی در طول زمان، چهره امروزی سرزمین ایران را به وجود آورده است. تحولات زمین‌شناختی ایران در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی، پیچیده بوده است. سرزمین ایران، از چندین قطعه مختلف و جدا از هم سنگ‌کره تشکیل شده که هر کدام تاریخچه تکوین متفاوتی دارند. در نتیجه الگوی ساختاری تحولات زمین‌ساختی و شرایط رسوبی ایران‌زمین در طول تاریخ یکسان نبوده است. این تفاوت رسوبی و زمین‌ساختی باعث شده که تعیین ویژگی‌های یکسان برای کل پهنه‌های ایران‌زمین غیرممکن شود.

مطالعات هدفمند زمین‌شناسی در ایران از اواخر ۱۹۶۰ با پایه‌گذاری سازمان زمین‌شناسی آغاز شد. اشتوکلین، از پیشگامان مطالعات نوین زمین‌شناسی در ایران است. او با جمع‌بندی مطالعات و مشاهدات زمین‌شناسی، برای نخستین بار سرزمین ایران را از نظر ساختارهای زمین‌شناسی به چند بخش جداگانه تقسیم‌بندی کرد (جدول ۱ـ۷). او با همکاری نبوی در سال ۱۹۷۳ اولین نقشه تکتونیک ایران را منتشر کردند که بر اساس ویژگی‌های خاص زمین‌شناسی همچون نوع پوسته، شرایط حاکم بر حوضه‌های رسوبی گذشته، تفاوت‌های سنگ‌شناسی، نوع چین‌خوردگی‌ها و فعالیت‌های ماگمایی ایران به تعدادی پهنه رسوبی ساختاری مختلف تقسیم گردیده است. این تقسیم‌بندی، توسط سایر پژوهشگران مورد استفاده قرار گرفته و گاهی بازنگری شده است (شکل ۷ـ۷).

شکل ۷ـ۷ـ نقشه پهنه‌بندی زمین‌شناسی ایران ـ اقتباس از اشتوکلین با اندکی تغییرات

دانشمندان علوم زمین

مهندس نصراله خادم در سال ۱۲۸۹ در شهر تهران دیده به جهان گشود. پس از پایان تحصیلات متوسطه در دبیرستان علمیه، عازم فرانسه شد و در دانشکده معدن به تحصیل پرداخت. پس از پایان تحصیلات، به ایران بازگشت و عهده‌دار سمت‌های گوناگون در صنایع معدنی ایران شد. هم‌زمان در دانشکده علوم دانشگاه تهران به تدریس در رشته زمین‌شناسی مشغول بود. در سال ۱۳۴۱ سازمان زمین‌شناسی کشور را بنیان نهاد. با کوشش‌های او، سازمان زمین‌شناسی ایران به یکی از معتبرترین سازمان‌های زمین‌شناسی منطقه تبدیل شد، به طوری‌که در سال ۱۳۵۳ وظیفه تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه خاورمیانه توسط کمیسیون بین‌المللی تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی جهان به سازمان زمین‌شناسی ایران سپرده شد. نصراله خادم از آغاز بنیان سازمان زمین‌شناسی تا هنگام باز نشستگی، مقام ریاست سازمان را بر عهده داشت. در سال ۱۹۶۲ میلادی به افتخارش، نام کانی جدید کشف شده در منطقه ساغند، «خادمیت» نامیده شد. وی در اردیبهشت ۱۳۷۸ چشم از جهان فرو بست و در بهشت زهرای تهران به خاک سپرده شد.

دانشمندان علوم زمین

یووان اشتوکلین (Jovan Stocklin) زمین‌شناس سوئیسی و چهره‌ای ماندگار در زمین‌شناسی ایران است که نقش تأثیرگذاری در توسعه علم زمین‌شناسی ایران داشته است. اشتوکلین، پس از اخذ مدرک دکترای زمین‌شناسی از دانشگاه ETH زوریخ 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 مدت ۲۷ سال از عمر خود را در ایران گذراند، به همه نقاط ایران سفر کرد و به مطالعه زمین‌شناسی پرداخت و برای اغلب نقاط با همکاری بسیاری از زمین‌شناسان ایران، نقشه‌های زمین‌شناسی را تهیه و تعداد زیادی از کانسارها و منابع نفت و گاز در خشکی را کشف کرد. اشتوکلین در سال ۲۰۰۶ میلادی خاطرات زندگی هشتاد و چند ساله‌اش را در یک نوشتار ۱۷۰ صفحه‌ای به نام «ایران، خاطرات یک زمین شناس» تدوین کرد و آن را به چهار فرزندش که در ایران متولد شده‌اند، هدیه کرد. این کتاب با نام «سرزمین پارس، خاطرات و نوشته‌های یک زمین‌شناس ـ یووان اشتوکلین» به فارسی ترجمه و توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور منتشر شده است. یووان اشتوکلین در ۱۵ آوریل ۲۰۰۸ (۲۷ فروردین ۱۳۸۷ ه.ش) در سوئیس، چشم از جهان فرو بست.

۲۰۰۸ ـ ۱۹۲۱ میلادی

جدول ۱ـ۷ ـ مشخصات برخی از پهنه‌های زمین ساختی در ایران

نام پهنه	سنگ‌های اصلی	برخی از منابع اقتصادی	ویژگی‌ها
زاگرس	رسوبی	نفت و گاز	تاقدیس‌ها و ناودیس‌های متوالی
سنندج ـ سیرجان	دگرگونی	سرب و روی ایرانکوه اصفهان	انواع سنگ‌های دگرگونی
ایران مرکزی	رسوبی، آذرین و دگرگونی	ذخایر متعدد فلزی	دارای سنگ‌های پرکامبرین تا سنوزوئیک
البرز	رسوبی و آذرین	معادن زغال سنگ مانند زغال سنگ طزره دامغان	به شکل بزرگ تاقدیس با راستای شرقی ـ غربی از آذربایجان تا خراسان امتداد دارد.
کوه‌های شرق ایران و مکران	آذرین و رسوبی	معادن کرومیت، منیزیت، مس و طلا	فرورانش ورقه اقیانوسی عمان به زیر مکران و تشکیل آتشفشان‌های تفتان و بزمان، سنگ‌های قدیمی‌تر از کرتاسه ندارد.
کپه‌داغ	رسوبی	میدان‌های گازی خانگیران و گنبدلی سرخس	دارای توالی رسوبی منظم
ارومیه ـ دختر	آذرین	ذخایر فلزی به‌ویژه مس مانند مس سرچشمه کرمان	حاصل فرورانش تتیس نوین به زیر ایران مرکزی
خرد قاره ایران مرکزی	در گذشته خرد قاره را بخشی از ایران مرکزی می‌دانستند اما مطالعات بعدی نشان داد که تفاوت‌های ساختاری و رسوبی متعددی بین آنها وجود دارد. بخش‌های مختلف خرد قاره ایران مرکزی نیز هرکدام، ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود را دارند و ذکر مشخصات زمین‌شناسی یکسان برای آنها تا حدی دشوار است، لذا از ذکر جزئیات خودداری می‌شود.		

فعالیت تکمیلی

● با مقایسه نقشه زمین‌شناسی (شکل ۶ـ۷) و نقشه پهنه‌بندی ایران (شکل ۷ـ۷)، بگویید کدام یک از پهنه‌های زمین‌شناسی ایران تقریباً فاقد سنگ‌های آذرین می‌باشند؟

منابع معدنی و ذخایر انرژی ایران

در فصل ۲ خواندید که منابع معدنی و ذخایر انرژی می‌توانند زیربنای اقتصاد و توسعه کشورها باشند. اگر کشوری مواد معدنی و ذخایر انرژی مورد نیاز خود را نداشته باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟ آنها را چگونه تأمین می‌کند؟ آیا می‌دانید ایران از نظر ذخایر معدنی و انرژی چه جایگاهی در جهان دارد؟ آیا ما به تمام مواد معدنی و انرژی موردنیاز خود در کشور دسترسی داریم؟

ایران دارای ذخایر معدنی مهم و قابل توجهی است که آن را از بسیاری از کشورهای جهان متمایز می‌کند. فعالیت‌های معدنی در ایران به‌طور گسترده در بیشتر نقاط انجام می‌شود و نقش مهمی در اقتصاد کشور دارد. کشور ما، حدود ۷ درصد ذخایر جهان را داراست.

بیشتر بدانید

● منابع معدنی ایران را می‌توان در دو گروه اصلی منابع فلزی همچون آهن، مس، سرب، روی، طلا و منابع غیرفلزی همچون سنگ نمک، فلوئوریت، باریت، کائولن، ژیپس و فلدسپار تقسیم‌بندی کرد. ایران یکی از ۱۵ کشور بزرگ معدنی جهان است به‌طوری که از نظر ذخایر فلدسپار در رتبه دوم، ذخایر باریت و ژیپس در رتبه پنجم و ذخایر سنگ آهن در رتبه دهم جهان جای دارد. همچنین ۹ درصد ذخایر مس جهان متعلق به کشور ماست.

انرژی یکی از ضروری‌ترین نیازهای زندگی بشر امروزی است؛ منابع انرژی در دو دسته تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر قرار می‌گیرند. منابع تجدیدناپذیر انرژی شامل زغال سنگ، نفت، گاز طبیعی و اورانیوم است. کشور ایران ۱ درصد ذخایر زغال سنگ، ۱۰ درصد منابع نفت و ۱۶ درصد منابع گاز دنیا را داراست و در این زمینه یکی از ثروتمندترین کشورهای دنیا محسوب می‌شود.

در جهان صنعتی امروز که پیشرفت‌های علمی و فنی هر کشوری به عنوان شاخص توسعه و رفاه اجتماعی مورد توجه قرار دارد، تکنولوژی هسته‌ای نقش مهمی ایفا می‌کند. انرژی هسته‌ای مهم‌ترین منبع انرژی بعد از نفت و گاز است و در کشورهای پیشرفته سهم بیشتری در تولید الکتریسیته دارد. ذخایر قطعی اورانیوم و میزان غنی‌سازی آن در ایران می‌تواند برای مدت زیادی سوخت رآکتورهای اتمی را تأمین کند.

کشور عزیزمان ایران به سبب ویژگی‌های جغرافیایی و زمین‌شناسی خاص، مانند وجود دریای خزر در شمال، خلیج‌فارس و دریای عمان در جنوب و جنوب شرق و رشته کوه‌های البرز و زاگرس و قرارگیری در میان عرض‌های جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و وجود مراکز آتشفشانی متعدد متعلق به کواترنری، از منابع انرژی تجدیدپذیر فراوانی همچون انرژی هیدروالکتریک، انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی جزر و مد و انرژی زمین گرمایی برخوردار است.

شکل ۸ـ۷ـ کوره و دودکش تأسیسات ذوب فلز در معدن سرب ـ اصفهان

بیشتر بدانید

● معدن کاری در ایران، قدمت زیادی دارد به‌طوری که در هر گوشه ایران، آثار معدن کاری قدیمی دیده می‌شود. صدها نام به جا مانده از روزگاران گذشته مانند آهنگران، سنگان، کوه زر، زرشوران، کوه سرمه، کوه نقره، مس کنی و تل مسی گواه این مدعاست. پیشینیان ما، تجربه بسیار زیادی در اکتشاف و بهره‌برداری از معادن و به خصوص ذخایر فلزی مانند مس، آهن، طلا و سرب داشته‌اند. وجود آثار فعالیت‌های معدنی و ذوب فلزات در نواحی مختلف نشان‌دهنده سابقه طولانی معدن کاری در ایران و شناخت ایرانیان از علوم مربوطه است. گذر از عصر نو سنگی به عصر برنز در ایران به هزاره هفتم قبل از میلاد مسیح بر می‌گردد که حدود ۳۰۰۰ سال قبل از اروپاست. لذا می‌توان گفت علم معدن کاری و صنایع وابسته به آن در کشور ما سابقه‌ای بس طولانی دارد. یافته‌ها و آموخته‌های باستان‌شناسی بر این گواهی می‌دهند که شناخت و کاربرد آهن، تاریخی ۶ هزار ساله دارد. گلوله‌های متعدد آهنی از جنس هماتیت طبیعی از هزاره پنجم پیش از میلاد در تپه «سیلک» کاشان کشف شده‌اند. یکی دیگر از قدیمی‌ترین شواهد مربوط به استخراج آهن متعلق به دوره پیش از تشکیل امپراتوری هخامنشی در«هنشک» واقع در ۶۰ کیلومتری شمال پاسارگاد است. همچنین نتایج مطالعات پژوهشگران نشان می‌دهد که مس نخستین بار در ایران شناخته شده و به کار رفته است. ضرب نخستین سکه طلای جهان در ایران و توسط هخامنشیان انجام گرفته است. شواهد تاریخی به معدن کاری باستانی طلا در «خوینارى» آذربایجان، «معدن خرابه» در شمال زرشوران،«کوه زر» در سمنان و «زرتوشت» در جنوب کرمان دلالت دارد. نقره در ایران از اواخر هزاره چهارم و اوایل هزاره سوم پیش از میلاد شناخته و استخراج شده است. در دوره ساسانیان، نقره کاری در ایران پیشرفت نمود و هم اکنون بسیاری از ظروف نقره کاری آن عهد در موزه‌ها وجود دارند. سرب در معدن نخلک از هزاره چهارم قبل از میلاد تا هزاره اول بعد از میلاد همواره مورد توجه معدن کاران فلات ایران بوده است. در شهرهای «سیال»، «اریسمان»، «حصار» و «شکین» نیز شواهدی از معدن کاری و متالوژی سرب در دوران باستان دیده شده است. از منظر باستان‌شناسان، قلع از اواخر هزاره

بیشتر بدانید

سوم قبل از میلاد در ایران برای ساختن مفرغ به کار می‌رفته است. در اشیای مفرغی به دست آمده از کاوش‌های باستانی تا ۲۵ درصد قلع وجود داشته است. مورخان از ۷ نقطه ایران شامل شمال خراسان، استر آباد، سیستان، اطراف دریای خزر، لرستان، حوالی کوهبنان کرمان و حوالی تبریز نام برده‌اند که در آنها معادن قلع وجود داشته است.

نمایی از معدن روباز مس میدوک شهربابک ، کرمان

نمایی از معدن سرب و روی انگوران، زنجان

برخی معادن بزرگ ایران و موقعیت آنها

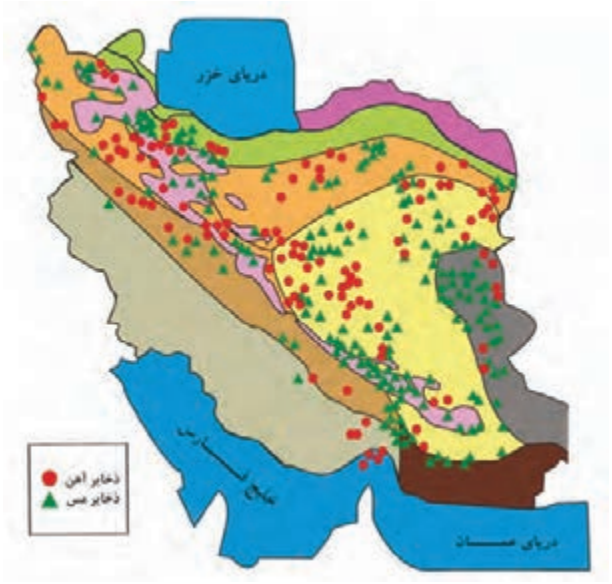
عنصر / ماده معدنی	نام معدن	شهرستان	استان
آهن	گل گهر	سیرجان	کرمان
	چادرملو، چُغارت، سه چاهون	بافق	یزد
	سنگان	خواف	خراسان رضوی
سرب و روی	انگوران	ماهنشان	زنجان
	مهدی آباد	مهریز	یزد
مس	سرچشمه	رفسنجان	کرمان
	سونگون	ورزقان	آذربایجان شرقی
	میدوک	شهربابک	کرمان
کروم	فرومد	سبزوار	خراسان رضوی
	اسفندقه	جیرفت	کرمان
طلا	زرشوران	تکاب	آذربایجان غربی
	موته	گلپایگان	اصفهان
	ساری گونای	قروه	کردستان
	شادان	خوسف	خراسان رضوی

توان معدنی پهنه‌های زمین شناسی ایران

پهنه‌های زمین‌شناسی ایران از نظر توان معدنی و ذخایر هیدروکربوری با هم متفاوت هستند. به گونه‌ای که عمده ذخایر نفت و گاز ایران در دو پهنهٔ زاگرس و کپه داغ واقع شده‌اند. پهنه‌های مذکور از نظر ذخایر معدنی فلزی نسبت به سایر پهنه‌ها از توان کمتری برخوردار هستند. بزرگ‌ترین ذخایر مس ایران همراه با سنگ‌های آذرین متعلق به سنوزوئیک در نوار ارومیه ـ دختر دیده می‌شوند. پهنه سنندج ـ سیرجان از نظر وجود ذخایر متعدد سرب و روی و آهن نسبت به سایر ذخایر فلزی از اهمیت بالاتری برخوردار است.

همچنین بزرگ‌ترین ذخایر آهن ایران در پهنه خرد قاره ایران مرکزی قرار دارند. شایان ذکر است که پهنه ایران مرکزی از نظر داشتن ذخایر متعدد فلزی (مانند سرب و روی) و غیر فلزی (زغال سنگ) نیز حائز اهمیت است. زغال سنگ علاوه برخردقاره ایران مرکزی در پهنه البرز وکپه داغ نیز ذخایر ارزشمندی دارد (شکل ۹ـ۷). کوه‌های شرق ایران از نظر وجود ذخایر متعدد طلا و مس شایان توجه‌اند. جنوب شرق ایران (مکران) نسبت به سایر پهنه‌ها توان معدنی کمتری دارد، اما تعدادی از ذخایر کرومیت و مس را در خود جای داده است.

شکل ۹ـ۷ـ نقشه پراکندگی ذخایر زغال سنگ ایران



شکل ۱۰ـ۷ـ نقشهٔ پراکندگی ذخایر مس و آهن ایران

فعالیت تکمیلی

- در گذشته‌های دور، کدام پهنه‌های زمین‌شناسی ایران در برخی مناطق، دارای محیط‌های باتلاقی با اکسیژن اندک، همراه با پوشش گیاهی متراکم بوده است؟
- این ویژگی منجر به تشکیل چه ذخایری شده است؟
- در چه دوره‌ای چنین شرایطی بر این پهنه‌ها حاکم بوده است؟
- اگر میان شرایط حاکم بر پهنه‌های زمین‌شناسی مذکور، هم‌زمانی وجود دارد، دلیل آن چیست؟

ذخایر نفت و گاز ایران

حفاری اولین چاه نفت خاورمیانه از سال ۱۲۸۶ ه. ش در شهر مسجد سلیمان استان خوزستان در منطقه‌ای به نام میدان «نفتون» آغاز شد و در ۵ خرداد ۱۲۸۷ ه.ش به نفت رسید (شکل ۱۱ـ۷). این چاه ۳۶۰ متر عمق داشت که روزانه ۳۶۰۰۰ لیتر نفت از آن استخراج می شد. این چاه به «چاه شماره یک» معروف است و هم اکنون در شهر مسجد سلیمان به صورت موزه، تحت نظارت شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب قرار دارد. (شکل ۱۲ـ۷).

ذخایر نفت ایران به‌طور عمده در لایه‌های سنگ آهک قرار دارند. برخی از میدان‌های مهم نفت ایران در جدول صفحه بعد ارائه شده است. ایران با دارا بودن حدود ۱۰ درصد ازنفت جهان، در رده چهارم و از نظرذخایرگاز، در رده دوم جهان قرار دارد.

ذخایر نفت و گاز ایران به‌طور عمده درجنوب و غرب (منطقهٔ زاگرس و خلیج‌فارس) و در شمال (دریای خزر) قراردارند. ذخایر گاز خانگیران سرخس در شمال‌شرق نیز، از ذخایر مهم هیدروکربن ایران است. بزرگ‌ترین میدان نفتی ایران، میدان اهواز است که سومین میدان نفتی عظیم جهان محسوب می‌شود. همچنین میدان گازی پارس جنوبی بزرگ‌ترین میدان گازی ایران و جهان است.

شکل ۱۱ـ۷ـ اولین حفاری چاه نفت در ایران

شکل ۱۲ـ۷ـ چاه شماره یک مسجد سلیمان

بیشتر بدانید

پراکندگی ذخایر نفت و گاز ایران (نقاط سبزرنگ میادین نفت و نقاط قرمزرنگ میادین گاز)

مهم‌ترین میدان‌های گازی ایران (رنگ قرمز)

برخی از مشخصات میدان‌های مهم نفتی ایران

رتبه	نام میدان	ذخیره درجا (میلیارد بشکه)	ذخیره قابل برداشت (میلیارد بشکه)	تولید روزانه (هزار بشکه)
۱	میدان نفتی اهواز	۶۵/۵	۳۷	۷۵۰/۰۰۰
۲	میدان نفتی گچساران	۵۲/۹	۲۳/۷	۴۸۰/۰۰۰
۳	میدان نفتی مارون	۴۶/۷	۲۱/۹	۵۲۰/۰۰۰
۴	میدان نفتی آزادگان	۳۳/۲	۵/۲	۴۰/۰۰۰
۵	میدان نفتی آغاجاری	۳۰/۲	۱۷/۴	۳۰۰/۰۰۰
۶	میدان نفتی رگ سفید	۱۶/۵	۳/۴۴	۱۸۰/۰۰۰
۷	میدان نفتی آب تیمور	۱۵/۲	۲/۶	۶۰/۰۰۰
۸	میدان نفتی سروش	۱۴/۲	۱۰	۴۶/۰۰۰
۹	میدان نفتی کرنج	۱۱/۲	۵/۷	۲۳۷/۰۰۰
۱۰	میدان نفتی بی‌بی‌حکیمه	۷/۵۹	۵/۶۷	۱۲۰/۰۰۰

فکر کنید

- دو دلیل ذکر کنید که چرا عمده ذخایر نفت ایران در منطقه زاگرس متمرکز شده است؟

گسل‌های ایران

همان‌طور که در فصل‌های گذشته آموختید گسل‌ها ساختارهای خطی، همراه با جابه‌جایی هستند که بر تحولات و تکوین پهنه‌های زمین ساختی ایران نقش دارند. پوسته ایران زمین، دارای گسل‌های متعددی است و کمتر نقطه‌ای از کشور را می‌توان یافت که در آنجا گسلی وجود نداشته باشد. وجود این گسل‌ها، فعالیت پوسته ایران زمین را نشان می‌دهد. انطباق کانون زمین لرزه‌های سده بیستم با محل گسل‌های ایران، نشانه فعال بودن آنهاست.

برای تقسیم‌بندی گسل‌ها، به معیارهای متعددی توجه شده است که عبارت‌اند از معیارهای زمین‌شناسی و پراکندگی جغرافیایی (شکل ۱۳ـ۷).

تعدادی از گسل‌های ایران، قدیمی و غیرفعال و برخی از گسل‌ها جوان و لرزه‌خیز هستند و امروزه زمین لرزه‌ها، در امتداد آنها رخ می‌دهد. ناگفته نماند که همواره زمین‌لرزه‌ها بر روی گسل‌های شناخته شده رخ نمی‌دهد؛ به‌طورمثال زلزله طبس به بزرگای ۷/۷ ریشتر که یکی از بزرگ‌ترین زمین لرزه‌های ایران به شمار می‌آید، در شهریور سال ۱۳۵۷ بر روی یک گسل ناشناخته و بی‌نام رخ داد. گسل‌های ایران دارای سه امتداد اصلی هستند که شامل امتداد شمال غرب ـ جنوب شرق (مانند گسل زاگرس)، امتداد شمال شرق ـ جنوب غرب (مانندگسل درونه) و امتداد شمالی ـ جنوبی (مانندگسل هریرود) است.

شکل ۱۳ـ۷ـ نقشه پراکندگی گسل‌های ایران

آتشفشان‌های ایران

مهم‌ترین قله‌های آتشفشانی ایران دماوند، تفتان، بزمان، سهند و سبلان هستند. بیشتر فعالیت‌های آتشفشانی جوان ایران متعلق به دوره کواترنری است که در امتداد نوار ارومیه ـ دختر واقع شده‌اند. دماوند و تفتان در گذشته فعال بوده‌اند و آثار فعالیت آنها به‌صورت خروج گازهای گوگردی در دامنه‌های نزدیک دهانه آتشفشان دیده می‌شود. مخروط آتشفشان سهند بسیار پهن و گسترده است که از تناوب خاکستر و گدازه تشکیل شده است. آتشفشان سبلان چندین قله دارد که در دهانه بلندترین آنها یکی از مرتفع‌ترین دریاچه‌های آب شیرین جهان قرار دارد که به احتمال زیاد باقیمانده دهانه آتشفشان است (شکل ۱۴ـ۷).

شکل ۱۴ـ ۷ـ نقشه پراکندگی آتشفشانی در ایران

بیشتر بدانید

● **دماوند:** آتشفشان مخروطی شکل دماوند با ارتفاع ۵۶۷۱ متر، در بخش میانی رشته کوه البرز، بارزترین فعالیت آتشفشانی دوره کواترنری در ایران است. دامنه کوه دماوند پوشیده از جریان گدازه‌هایی به وسعت ۴۰۰ کیلومتر مربع است. جدیدترین گدازه‌ها در دامنه غربی مخروط قرار گرفته‌اند و روی همین دامنه است که به‌طور محلی مخروط‌هایی از خاکستر وجود دارد. در ارتفاع ۱۰۰ متر پایین‌تر از قله، در ضلع جنوبی دماوند، خروج گازها نمایان می‌شوند. دهانهٔ این آتشفشان با ۳۰۰ متر قطر، توسط 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 دهانهٔ آتشفشانی آن، بخارهای گوگرد خارج می‌شود. در ورودی حفره‌های آتشفشانی، بلورهای گوگردی خالص به وفور دیده می‌شوند. نزدیک‌ترین شهر به تفتان، خاش است. تَپت در زبان بلوچی به معنای گرما و تفتان، برگرفته شده از تپتان است.

زمین‌گردشگری

سیاره زمین، دارای مناظر و چشم‌اندازهای متنوعی است. این تنوع و گوناگونی، نتیجه 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. به‌همین دلیل زمین‌گردشگری می‌تواند در کشورمان، جایگاه اقتصادی ویژه‌ای

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

شکل ۱۵ـ۷ـ ساحل سرخ جزیره هرمز ـ هرمزگان

جمع‌آوری اطلاعات

- زمین‌گردشگری چگونه در رونق اقتصادی کشور تأثیر می‌گذارد و شما در زمینه حفاظت از آن چه نقشی می‌توانید داشته باشید؟
- یکی از جاذبه‌های زمین‌گردشگری در اطراف محل سکونت خود را به کلاس معرفی کنید.

ژئوپارک

برای حفاظت از جاذبه‌های میراث زمین‌شناختی در یک محدوده و بهره‌برداری درست از آنها ژئوپارک ایجاد می‌شود. ژئوپارک، یک محدوده مشخص است که در آن، میراث زمین‌شناختی با جاذبه‌های طبیعی و فرهنگی ویژه واقع شده است. در هر ژئوپارک، مردم آن منطقه با آموزش‌هایی که می‌بینند در حفاظت از جاذبه‌های زمین‌شناختی، طبیعی و فرهنگی همکاری و از این جاذبه‌ها، برای گردشگری بهره‌برداری و کسب درآمد می‌کنند. ژئوپارک باعث می‌شود که جامعه محلی، رشد و رونق اقتصادی و فرهنگی داشته باشد و این میراث‌ها حفظ شود.

شکل ۱۶ـ۷ـ هوازدگی در روستای وردیج ـ تهران

شکل ۱۷ـ۷ـ روستای میمند در رسوبات آذرآواری آتشفشان ـ کرمان

جمع‌آوری اطلاعات

- در کشور ایران، چند ژئوپارک به ثبت جهانی رسیده است؟ تصاویر و مطالبی از آنها جمع‌آوری کنید و به‌صورت پرده‌نگار در کلاس ارائه دهید.

شکل ۱۸ـ۷ـ منشورهای بازالتی دایک ـ خراسان رضوی

شکل ۱۹ـ۷ـ تاقدیس روستای قالیچه ـ کرمانشاه

شکل ۲۰ـ۷ـ چشمه باداب سورت ساری ـ مازندران

شکل ۲۱ـ۷ـ غار کتله خور ـ زنجان

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

برخلاف اکوتوریسم (طبیعت‌گردی) که جاذبه‌های طبیعت جاندار را در مرکز توجه قرار داده است، این صنعت به‌طور کلی با جاذبه‌های طبیعت بی‌جان سر و کار دارد. مخاطبان زمین‌گردشگری نه تنها متخصصان و کارشناسان زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی (زمین ریخت‌شناسی)، 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 درمی‌یابند.

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

قله آتشفشانی تفتان ـ سیستان و بلوچستان

دانلود سوالات آزمون
راهنمای کامل آزمون

واژه نامه

Extinction	انقراض
Dinosaur	دایناسور
Ice Age	عصر یخبندان
Eon	ائون
Era	دوران
Period	دوره
Epoch	دور یا عهد
Trilobite	تریلوبیت
Placoderms	ماهی زره‌دار
Lithosphere Plate	ورقه سنگ کره
Asthenosphere	سست (خمیر) کره
Petrochemistry	پتروشیمی
Quartz	کوارتز
Garnet	گارنت
Borax	بوراکس
Halite	هالیت
Sylvite	سیلویت
Apatite	آپاتیت
Limestone	سنگ آهک
Gypse	ژیپس
Feldspar	فلدسپار
Pozzolan	پوزولان
Perlit	پرلیت
Corondum	کرندوم
Amethyst	آمتیست
Beryl	بریل
Agate	آگات (عقیق)
Olivine	الیوین
Spinel	اسپینل
Lapis Lazuli	لاجورد
Jade	یشم
Turquoise	فیروزه
Baryte	باریت
Fluorite	فلوئوریت
Bentonite	بنتونیت
Kaoline	کائولن
Zeolite	زئولیت
Diamond	الماس
Clark Concentration	غلظت کلارک
Anomaly	بی‌هنجاری
Mineral	کانی
Plagioclase	پلاژیوکلاز
Orthoclase	فلدسپار پتاسیم
Ore Mineral	کانه
Ore	کانسنگ
Mineral Deposit (Ore Deposit)	کانسار
Mica	میکا
Pyrite	پیریت
Placer	پلاسر
Mineral Steak	رگه معدنی
Electronic Conductivity of Rocks	رسانایی الکتریکی سنگ‌ها
Anomalies of the Eatth›s Gravitional Field	تغییرات میدان گرانش زمین

Subsurface Reserves	ذخایر زیر سطحی
Alloy Metal	عیار فلز
Ore Preparation	کانه آرایی
Concentrate	کنسانتره
Chalcopyrite	کالکوپیریت
Open – Pit mining	استخراج روباز
Underground Mining	استخراج زیرزمینی
Gem	گوهر
Opal	اپال
Chrysoberyl	کریزوبریل
Opalescence	درخشش اپالی
Ruby	یاقوت
Emerald	زمرد
Source Rock	سنگ مادر
Primery Migration	مهاجرت اولیه
Oil Trap	نفت‌گیر
Reservoir Rock	سنگ مخزن
Cap Rock	پوش سنگ
Petrology	پترولوژی
Interception	برگاب
Capillary Fringe	حاشیه مویینه
Topographic Map	نقشه توپوگرافی
Aquifer	آبخوان
Piezometric Level	سطح پیزومتریک
Karst Lime	آهک کارستی
Evaporites Stone	سنگ‌های تبخیری
Water Hardness	سختی آب
Fossil Water	آب فسیل
Water Balance	بیلان آب
Loam	خاک لوم
Soil Profile	نیم‌رخ خاک
Hydrogeology	هیدروژئولوژی
Morphology	مورفولوژی
Stress	تنش
Tension Stress	تنش کششی
Compressive Stress	تنش فشاری
Shear Stress	تنش برشی
Coring	مغزه‌گیری
Exploratory Bores	گمانه‌های اکتشافی
Elastic Behavior	رفتار کش‌سان
Plastic Behavior	رفتار خمیرسان
Gabbro	گابرو
Quartzite	کوارتزیت
Hornfels	هورنفلس
Schist	شیست
Calcite	کلسیت
Dolomite	دولومیت
Borrow Materials	مصالح قرضه
Soil Dam	سد خاکی
Concrete Dam	سد بتنی
Dam Reservoir	مخزن سد
Dam Body	بدنه سد
Pill Dam	پی سد

Dip	شیب
Strike	امتداد
Available Storage Capacity	ظرفیت مفید مخزن
Cavern	مغار
Trench	ترانشه
Location	مکان‌یابی
Gabion	گابیون
Nailing	میخ‌کوبی
Retaining Wall	دیوار حائل
Layer Lining	لایه آستر
Layer Procedure	لایه رویه
Ballast	بالاست
Cortex	بخش اساس
Oripiment	اورپیمان
Realgar	رالگار
Medical Geology	زمین‌شناسی پزشکی
Lake of Element	کمبود عنصر
Element Toxicity	سمیت عنصر
Keratosis Pilaris	شاخی شدن پوست
Amalgamation	ملقمه کردن
Itai - Itai Disease	بیماری ایتای ایتای
Goitre	گواتر
Anthropogenic Grade	غبارهای زمین‌زاد
Silicosis	بیماری سیلیکوسیس
Environmental Geology	زمین‌شناسی زیست‌محیطی
Hydrotherapy	آب درمانی
Fault	گسل
Folding	چین‌خوردگی
Fault Surface	سطح گسل
Fault Dip	شیب گسل
Fault Strike	امتداد گسل
HangingWall	فرادیواره
Footwall	فرودیواره
Goint	درزه
Oblique Fault	گسل مایل
Normal Fault	گسل عادی
Reverse Fault	گسل معکوس
Strike - Slip Fault	گسل امتداد لغز
Earthquake Epicenter	کانون زمین‌لرزه
Earthquake Hypocenter	مرکز سطحی زمین‌لرزه
Internal Waves	امواج درونی
Primary Waves	امواج اولیه
Secondary Waves	امواج ثانویه
Surface Waves	امواج سطحی
Beforeshocks	پیش‌لرزه
Aftershocks	پس‌لرزه
Magnitude	بزرگا
Richter	ریشتر
Intensity	شدت
Monocline	تک شیب
Anticline	تاقدیس
Syncline	ناودیس
Tephra	تفرا

Devonian	دونین	Gondwana	گندوانا	Lava	گدازه		
Carboniferous	کربنیفر	Eurasia	اوراسیا	Fumarol	فومرول		
Permian	پرمین	Tethys Ocean	اقیانوس تتیس	Pyroclastic	سنگ آذرآواری		
Triassic	تریاس	Subduction	فرورانش	Tuff	توف		
Jurassic	ژوراسیک	Geotourism	زمین گردشگری	Lapilli	لاپیلی		
Cretaceous	کرتاسه	Geopark	ژئوپارک	Block	قطعه سنگ		
Paleozoic	پالئوزوییک	Hadean	هادئن	Bomb	بمب		
Mesozoic	مزوزوییک	Archean	آرکئن	Fumarole Stage	مرحله فومرولی		
Cenozoic	سنوزوییک	Proterozoic	پروتروزوئیک	Geothermal Energy	انرژی زمین‌گرمایی		
Paleogene	پالئوژن	Precambrian	پرکامبرین	Geophysics	ژئوفیزیک		
Neogene	نئوژن	Cambrian	کامبرین	Tectonic Structural Geology	تکتونیک و زمین‌شناسی ساختمانی		
Quaternary	کواترنری	Ordovician	اردوویسین	Prismatic Basalt	بازالت منشوری		
		Silurian	سیلورین	Mud Volcanoes	گل‌فشان		

منابع

منابع فارسی

- آقانباتی، سید علی، ۱۳۸۴، زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران.
- اخروی، رسول، ۱۳۸۲، زمین‌شناسی فیزیکی، انتشارات مدرسه.
- درویش زاده، علی، ۱۳۹۴، زمین‌شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر.
- راب، لورنس، رشیدنژاد عمران، نعمت الله، ۱۳۸۷، مقدمه‌ای بر فرآیندهای کانه‌ساز، ترجمه سید مهران حیدری و همکاران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- شهاب‌پور، جمشید، ۱۳۹۴، زمین‌شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- صداقت، محمود، ۱۳۸۲، زمین و منابع آب، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- عباس نژاد، احمد، ۱۳۸۴، خاک شناسی برای زمین شناسان، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- علیزاده، امین، ۱۳۸۳، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی.
- قبادی، محمدحسین، ۱۳۸۵، مبانی زمین‌شناسی مهندسی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا.
- پرایس، مایکل، ۱۳۷۰، مقدمه‌ای بر آب زیرزمینی، ترجمه ولایتی و رضایی، انتشارات خراسان.
- مدبری، س. ۱۳۸۴، زمین‌شناسی نفت، مرکز نشر دانشگاهی.
- معماریان، حسین، ۱۳۸۴، زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، انتشارات دانشگاه تهران.
- یعقوب پور، عبدالمجید، ۱۳۹۱، زمین منبع سلامت و خطرات، انتشارات نگار.

منابع لاتین

- Comins, Neil F. Kaufmann, W.J (2005). Discovering the univese.Seventh Edition: W.H.Freeman and company.
- Kesler, S. E., & Simon, A. C. (2015). Mineral resources, economics and the environment. Cambridge University Press.
- Klein, C., & Philpotts, A. R. (2013). Earth materials: introduction to mineralogy and petrology. Cambridge University Press.
- G.M.Stampfli, G.D. Borel, A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrones, Earth and planetary Science Letters
- Leonard Capper, P. and Fisher Cassie, W. (1976). " The Mechanics of Engineering Soils", Spon LTD.
- Selinus, O., & Alloway, B. J. (2013). Essentials of medical geology. Springer.
- Stampfli, G. M., Hochard, C., Vérard, C., & Wilhem, C. (2013). The formation of Pangea Tectonophysics.
- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K. & Tasa D. (2014). Earth: an introduction to physical geology. Pearson Pub.
- Todd, D. K. and Mays, L. W. (2005). " Groundwater Hydrology", John Wiley.
- وب‌گاه‌های علمی در فضای اینترنت

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را 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 دربارهٔ 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، دبیرخانهٔ 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 ارائهٔ نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

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

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	افسر علاییان	یزد	۲۳	افسانه عزیزیان	ایلام
۲	معصومه حیدریان	همدان	۲۴	سید علیرضا فلاح	شهرستان‌های تهران
۳	محمد حسین سیف	همدان	۲۵	خدیجه امانی هفشجانی	البرز
۴	سیده فاطمه مرتضوی	چهارمحال وبختیاری	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	نجمیه 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 رنانی	اصفهان	۳۳	رقیه موید	آذربایجان شرقی
۱۲	ملکه سادات سجادی	قزوین	۳۴	شبنم لقائیان	آذربایجان شرقی
۱۳	اعظم داستان	اردبیل	۳۵	علی اکبر احمدی	خراسان رضوی
۱۴	زهرا پسران	فارس	۳۶	روح الله زیبرم	ایلام
۱۵	محمدهادی رئوفی‌زاده	هرمزگان	۳۷	مریم اکاتی	سیستان وبلوچستان
۱۶	علی یاری	شهرتهران	۳۸	حسینعلی چهارنایی	گلستان
۱۷	فاروق ایزدی	کرمانشاه	۳۹	کامران اسماعیلی	چهارمحال وبختیاری
۱۸	عظیمه رهبرکوهی	گیلان	۴۰	وجیه حبیبی	کرمانشاه
۱۹	مریم رفیعی	فارس	۴۱	عبدالرحمان چمن آرا	کهگیلویه وبویراحمد
۲۰	فاطمه نقدی	شهرتهران	۴۲	مریم ستوده	کهگیلویه وبویراحمد
۲۱	منصوره ایرانمنش	کرمان	۴۳	ناهید یزدانفر	تهران
۲۲	محمد عقابی	خراسان جنوبی	۴۴	شهلا مغزی نجف‌آبادی	خراسان جنوبی