



مشاوره تحصیلی هیوا

تخصصی ترین سایت مشاوره کشور

تماس با مشاوران ما، با شماره گیری

۹۰۹۹۰۷۵۳۰۵

از طریق تلفن ثابت

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ صَلِّ عَلَى مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ وَعَجِّلْ فَرَجَهُمْ

زمین شناسی

رشته های علوم تجربی – ریاضی و فیزیک

پایه یازدهم

دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

زمین‌شناسی - پایه یازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۱۲۳۷

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

محمدحسن بازوبندی، هاله تیمورزاده، فرزانه رجایی، مریم عابدینی و حمیدرضا ملک محمدی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

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

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

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

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

تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وبگاه: www.irtextbook.ir و www.chap.sch.ir

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

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

چاپ دهم ۱۴۰۵

نام کتاب:

پدیدآورنده:

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

مدیریت آماده‌سازی هنری:

شناسه افزوده آماده‌سازی:

نشانی سازمان:

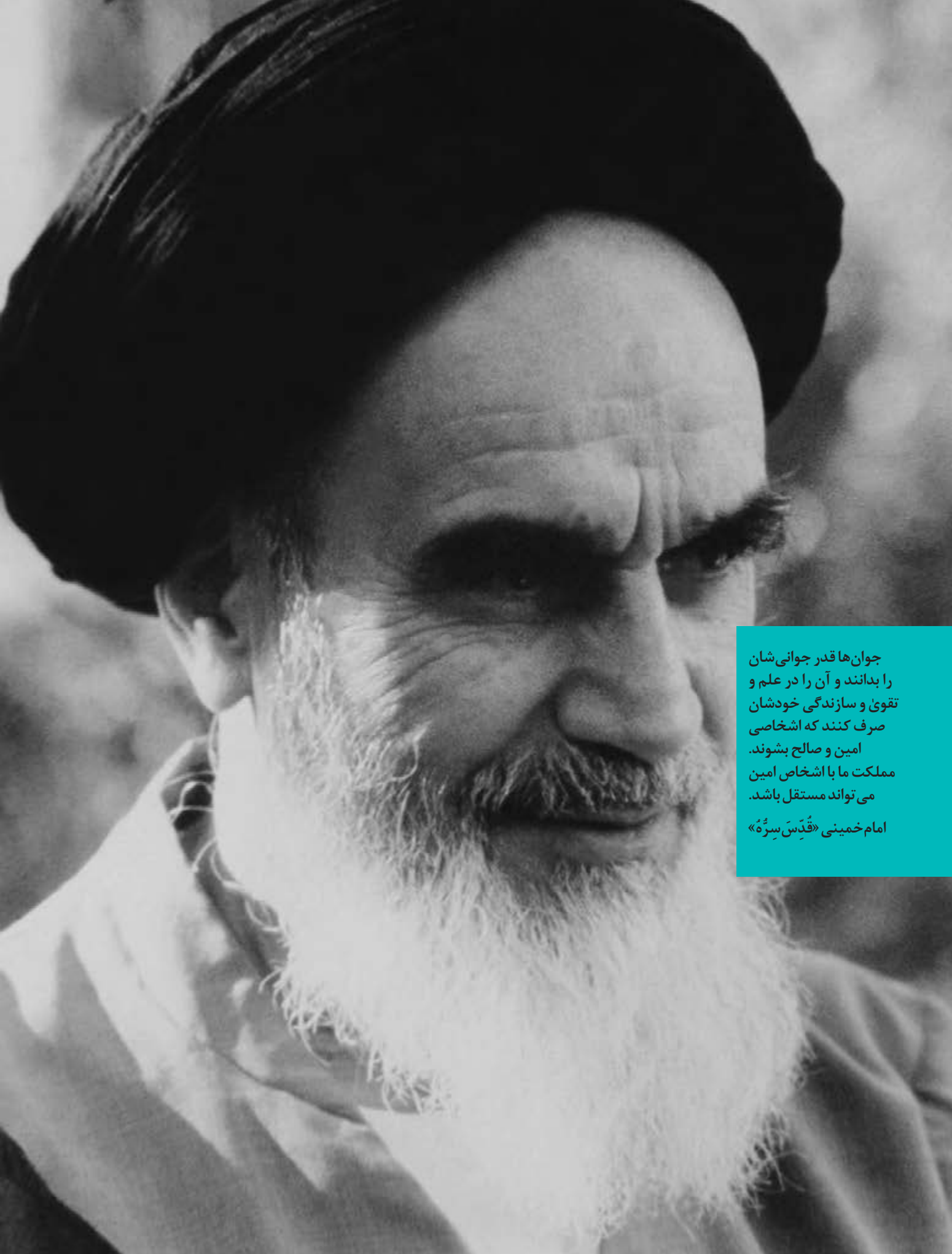
ناشر:

چاپخانه:

سال انتشار و نوبت چاپ:

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۸۰۵-۱

ISBN: 978.964.05.2805.1



جوان‌ها قدر جوانی‌شان
را بدانند و آن را در علم و
تقوی و سازندگی خودشان
صرف کنند که اشخاصی
امین و صالح بشوند.
مملکت ما با اشخاص امین
می‌تواند مستقل باشد.
امام خمینی «قَدَسَ 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 به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع، بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست

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

۵۹	فصل چهارم: پویایی زمین
۶۱	■ چرخه ویلسون
۶۲	■ تنش
۶۲	■ موقعیت لایه‌ها
۶۳	■ شکستگی‌ها
۶۴	■ چین خوردگی
۶۶	■ آتش فشان
۶۷	■ فواید آتش فشان‌ها
۶۸	■ زمین لرزه
۶۹	■ امواج لرزه‌ای
۷۱	■ مقیاس اندازه‌گیری زمین لرزه
۷۲	■ پیش‌بینی زمین لرزه
۷۳	■ ایمنی در برابر زمین لرزه
۷۷	فصل پنجم: زمین‌شناسی و سلامت
۷۸	■ زمین‌شناسی پزشکی
۷۹	■ چرخه بیوزئوشیمیایی
۷۹	■ تقسیم‌بندی بیوشیمیایی عناصر
۸۲	■ منشأ بیماری‌های زمین‌زاد
۸۸	■ اثرات توفان‌های گردوغبار و ریزگردها
۹۰	■ کاربرد کانی‌ها در داروسازی و صنایع بهداشتی
۹۳	فصل ششم: زمین‌شناسی و سازه‌های مهندسی
۹۴	■ مکان‌یابی سازه‌ها
۹۶	■ عوامل مؤثر بر مکان‌یابی سازه‌ها
۱۰۱	■ مکان مناسب برای ساخت سد
۱۰۲	■ مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی
۱۰۴	■ مکان‌یابی مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی
۱۰۵	■ شاخص‌های مهندسی مصالح
۱۰۵	■ مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها
۱۰۹	فصل هفتم: زمین‌شناسی ایران
۱۱۰	■ تاریخچه زمین‌شناسی ایران
۱۱۲	■ نقشه‌های زمین‌شناسی
۱۱۳	■ پهنه‌های زمین‌شناسی ایران
۱۱۵	■ منابع معدنی و ذخایر انرژی ایران
۱۱۹	■ ذخایر نفت و گاز ایران
۱۲۱	■ گسل‌های ایران
۱۲۲	■ آتش‌فشان‌های ایران
۱۲۲	■ زمین‌گردشگری
۱۲۳	■ ژئوپارک
۱۲۶	واژه‌نامه
۱۲۷	منابع

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

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

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

در فعالیت «فکر کنید»، دانش آموز با توجه به مطالب موجود در کتاب قادر به پاسخ‌گویی آن است. در فعالیت «جمع‌آوری اطلاعات»، دانش آموزان با مراجعه به منابع مختلف، مطالب بیشتری راجع به آن موضوع درسی جمع‌آوری می‌کنند و به اشکال مختلف گزارش، پوستر، روزنامه دیواری و پرده‌نگار در کلاس ارائه می‌دهند. در فعالیت «با هم بیندیشید»، دانش آموزان به صورت فعال و مشارکتی با طرح پرسش‌هایی، هم‌افزایی می‌کنند و پاسخ آن را می‌دهند.



نظر سنجی کتاب درسی

در «بیشتر بدانید»، فعالیت‌های تکمیلی، جمع‌آوری اطلاعات، آشنایی با دانشمندان علوم زمین در ایران و جهان و واژه‌نامه دانش آموز به دانش‌افزایی می‌پردازد. این بخش‌ها و مکان‌های ذکر شده در زیر شکل‌ها در ارزش‌یابی دانش‌آموزان قرار نمی‌گیرند.

زمان

۱۳/۸ میلیارد سال

رخداد مه بانگ

شکل گیری ستارگان





فصل

آفرینش کیهان و تکوین زمین

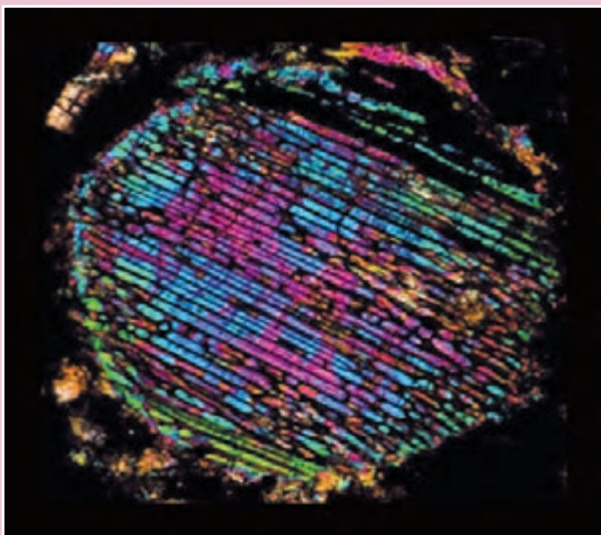
«وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ وَالْأَرْضَ فَرَشْنَاهَا فَنِعْمَ الْمَاهِدُونَ»
و آسمان را با قدرتی وصف‌ناپذیر بنا کردیم و آن را گسترش دادیم و زمین را
گسترانیدیم، پس چه نیکو گسترش دهنده‌ایم.

سوره ذاریات - آیه‌های ۴۷ و ۴۸

ذهن کنج‌کاو بشر، همواره به دنبال کشف اسرار شگفت‌انگیز جهان هستی است. مشاهده منظره زیبای آسمان شب یا رصد آن، توجه آدمی را به مطالعه و شناخت اجرام و پدیده‌های آسمانی جلب می‌کند. در کیهان پدیده‌های متنوعی مانند کهکشان‌ها، منظومه‌ها، ستاره‌ها، سیاره‌ها و 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 وسیله کاوشگران شناسایی شده‌اند و برخی دیگر تاکنون حتی رصد هم نشده‌اند و اطلاعی از آن‌ها در دست نیست. اندازه‌گیری‌های نجومی نشان می‌دهند که کیهان در حال گسترش است و کهکشان‌ها در حال دور شدن از یکدیگر هستند. در این زمینه، پرسش‌هایی نظیر: گسترش کیهان از چه زمانی آغاز شده است؟ آینده کیهان چگونه خواهد بود؟ سرنوشت سامانه خورشیدی و تکوین زمین چیست؟ و... می‌شود.





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

آفرینش کیهان

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

بیشتر بدانید

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

فرایند آفرینش جهان

طبق نظر دانشمندان، جهان از نقطه ای بسیار کوچک، داغ و چگال در ۱۳/۸ میلیارد سال پیش آغاز شد. مدت کوتاهی بعد از آن فقط شکلی از انرژی در جهان وجود داشت، سپس جهان وارد یک دوره گسترش بسیار شدید شد که امروزه با نام مه بانگ می شناسیم. از این زمان به بعد جهان شروع به سرد شدن و توسعه نمود.

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

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

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

تشکیل عناصر

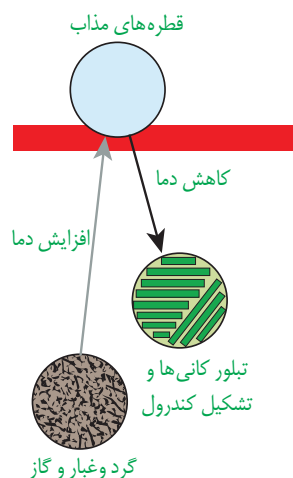


شکل ۱-۱- توده‌های گاز و غبار معروف به ستون‌های آفرینش در سحابی عقاب

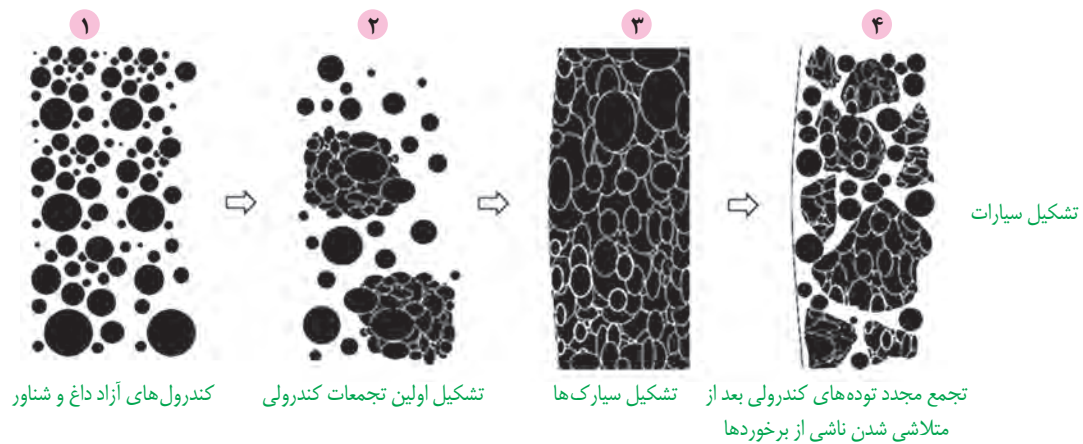
بعد از مه‌بانگ، هسته‌های اتمی که از ترکیب ذرات بنیادی شکل گرفته‌اند، در دریایی از الکترون‌های آزاد، شناور می‌شوند و حالتی از ماده را به نام پلازما به وجود می‌آورند. با گذشت زمان و افت درجه حرارت، دما برای به دام افتادن الکترون‌ها در مدار هسته اتم‌ها مناسب می‌شود و اولین اتم یعنی هیدروژن به وجود می‌آید. با تشکیل هیدروژن، برای نخستین بار حالت گاز در جهان شکل می‌گیرد.

سپس اتم‌های هیدروژن به اتم‌های سنگین‌تر هلیوم، تبدیل می‌شوند و با افزایش واکنش‌های زنجیری، عناصر سنگین‌تر را تشکیل می‌دهند. با تشکیل این عناصر، توزیع و سرد شدن آن‌ها در جهان، اولین جامدات به صورت ابرهایی از غبار، به همراه گازهای مختلف با اشکال بسیار متنوع تجمع می‌یابند و سحابی‌ها را تشکیل می‌دهند (شکل ۱-۱).

طی افزایش دمای ناشی از انقباض غبارها، ذرات جامد، قطره‌های مذابی را تشکیل می‌دهند که با سرد شدن آن‌ها، نخستین کانی‌ها متبلور می‌شوند و به شکل گلوله‌های کوچکی به نام کندرول تجمع می‌یابند (شکل ۱-۲). تجمع کندرول‌ها با یکدیگر منجر به تشکیل اجرامی بزرگ‌تر و با اندازه‌های مختلف می‌شود. از طرفی این اجرام بعد از تشکیل در فضا بارها با یکدیگر برخورد می‌کنند و ذوب می‌شوند و مجدداً متبلور می‌شوند و کانی‌های مختلفی را می‌سازند (شکل‌های ۱-۲ و ۱-۳). بعد از تشکیل زمین، بارها قطعاتی از این اجرام در مسیر برخورد با زمین قرار می‌گیرند. برخی از قطعات هنگام عبور از هوا کره از بین نمی‌روند و به سطح زمین می‌رسند که این سنگ‌ها، شهاب‌سنگ نامیده می‌شوند (شکل ۱-۴). شهاب‌سنگ‌های دارای کندرول را کندریت می‌نامند.



شکل ۱-۲- طرحی از چگونگی شکل‌گیری کندرول‌ها



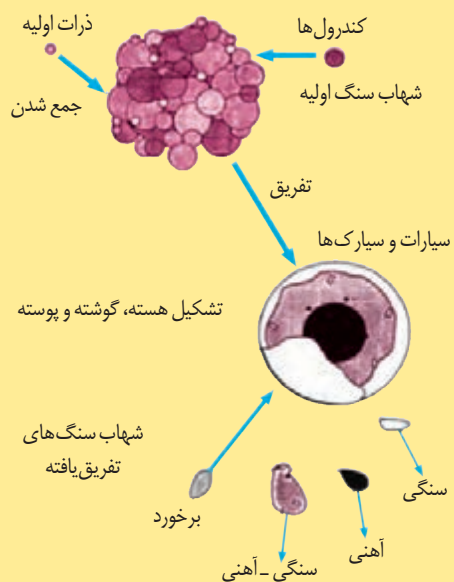
شکل ۱-۳- تجمع کندرویل‌ها و تشکیل سیارات

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

فکر کنید



شکل ۱-۴- شهاب‌سنگ کندییتی یافت شده در کویر لوت



- امروزه دانشمندان شهاب‌سنگ‌ها را به دو گروه اصلی طبقه‌بندی می‌کنند:
 - ۱- شهاب‌سنگ‌های اولیه (تفریق نیافته)؛
 - ۲- شهاب‌سنگ‌های تفریق یافته.
- در گذشته شهاب‌سنگ‌ها به سه گروه آهنی، سنگی و سنگی - آهنی تقسیم می‌شدند. 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 هستند.

بیشتر بدانید

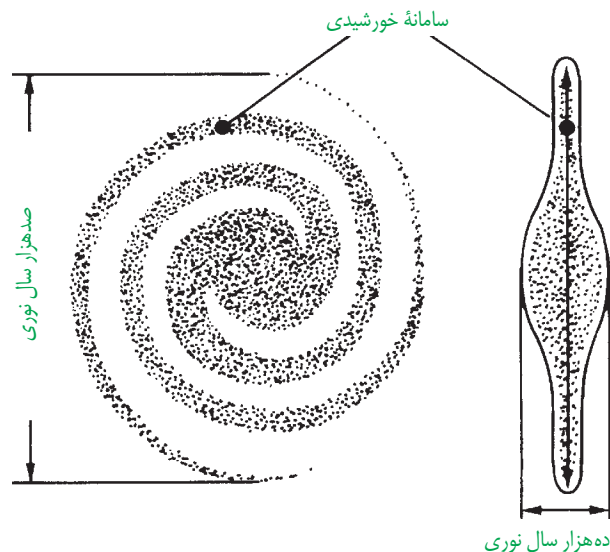
کهکشان راه شیری

بیشتر بدانید

● کشف مهمی که در سال ۱۹۵۲ توسط ادوین هابل صورت گرفت، نشان داد که جهان در حال انبساط است. جالب آن که در سال ۱۹۸۸ گروهی از منجمان پی بردند که انبساط جهان نه تنها کند نشده است، بلکه شتاب هم گرفته است.

بعد از شکل گیری ستارگان، برخی نقاط چگال تر و با گرانش قوی تر، بقیه ماده موجود در جهان را به سوی خود کشیدند و نوعی تجمع کیهانی را شکل دادند که امروزه کهکشان نامیده می شوند. درحقیقت کهکشان ها از تعداد زیادی ستاره، سیاره و فضای بین ستاره ای (اغلب گاز و گردوغبار) تشکیل شده اند که تحت تأثیر نیروی گرانش متقابل، یکدیگر را نگه می دارند.

در شب های صاف، بدون ابر و آلودگی نوری در آسمان شب، نواری مه مانند و کم نور مشاهده می شود که کهکشان راه شیری نام دارد. یکی از بزرگ ترین کهکشان های شناخته شده، کهکشان راه شیری است که سامانه خورشیدی ما، در لبه یکی از بازوهای آن واقع شده است. کهکشان راه شیری از بالا مارپیچی شکل و از پهلو شبیه عدسی محدب است. قطر آن در حدود ۱۰۰ هزار سال نوری و ضخامت آن حدود ۱۰ هزار سال نوری است (شکل ۱-۵).



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

جمع آوری اطلاعات

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



فعالیت تکمیلی

- آیا تاکنون از کل کهکشان راه شیری مستقیماً عکس برداری شده است؟
- چرا منجمان معتقدند که کهکشان راه شیری مارپیچی شکل است؟
- قطر و ضخامت کهکشان راه شیری را چگونه اندازه گیری می کنند؟

حدود ۶ میلیارد سال قبل، شکل گیری سامانه خورشیدی با نخستین تجمعات ذرات کیهانی، آغاز شد. در سال های گذشته با برخی از ویژگی های این سامانه و اجزای آن آشنا شدید. زمین همراه با ماه مانند دیگر سیاره ها در مدارهای بیضوی و مخالف حرکت عقربه های ساعت به دور خورشید می گردد.

یادآوری

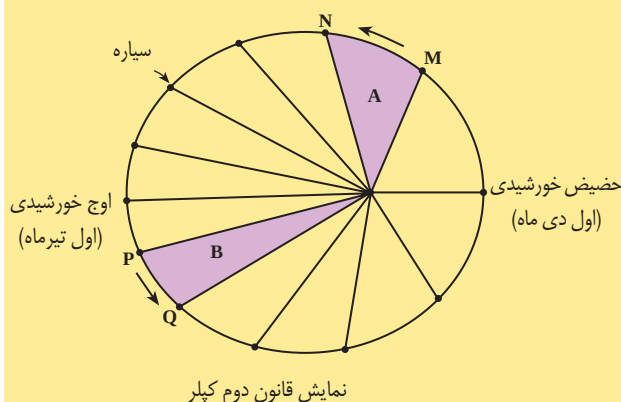
- باتوجه به این که، نور خورشید حدود $8/3$ دقیقه طول می کشد تا به زمین برسد، فاصله متوسط زمین تا خورشید چند کیلومتر است؟
- به این فاصله در اصطلاح ستاره شناسی چه گفته می شود؟

بیشتر بدانید

● در قرن شانزده 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 می گردد که خورشید همواره در یکی از دو کانون آن قرار دارد.

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



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

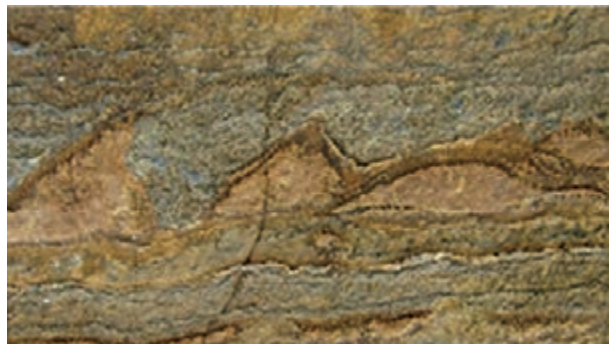
تکوین زمین و آغاز زندگی در آن

در حدود ۴/۶ میلیارد سال قبل، سیاره زمین به صورت کره ای 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 آن ها در فضا بود. با ادامه جذب و تجمع قطعات پراکنده شده تنها قمر زمین یعنی ماه تشکیل شد.

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

با سردتر شدن کره زمین، بخار آب به مایع تبدیل و آب کره تشکیل شد. با تشکیل اقیانوس ها شرایط برای به وجود آمدن زیست کره فراهم گردید. به وجود آمدن چرخه آب، باعث فرسایش سنگ ها، تشکیل رسوبات و سنگ های رسوبی شد. در ادامه با حرکت ورقه های سنگ کره و ایجاد فشار و گرمای زیاد در مناطق مختلف، سنگ های دگرگونی به وجود آمدند.

با توجه به شواهد زمین شناسی، دانشمندان دریافته اند که خداوند در آفرینش جهان، ابتدا شرایط محیط زیست را مهیا کرده و سپس جانداران را از ساده تا پیچیده آفریده است. مهم ترین شواهدی که به کمک آن ها می توان روند تغییرات آب و هوایی، زیستی و اقلیمی را در طول تاریخ زمین دنبال کرد، آثار باقی مانده از جانداران یا فسیل ها می باشند.



شکل ۱-۶- قدیمی ترین فسیل یافت شده از استروماتولیت ها در گرینلند

به عنوان مثال استروماتولیت ها (سیانوباکتری فتوسنتز کننده) از قدیمی ترین آثار فسیلی مربوط به دریاهای کم عمق اند (شکل ۱-۶). در زمان پرکامبرین فعالیت های حیاتی آن ها سبب افزایش میزان اکسیژن اتمسفر و فراهم آمدن امکان زندگی پرسلولی ها بر روی سطح زمین شده است.

تغییرات فراوان آب و هوایی و شرایط مختلف زیستی، باعث ظهور و انقراض گونه های مختلف جانداران در گذشته شده است.

یادآوری

● همان طور که در کتاب علوم تجربی سال نهم خواندید، فسیل ها، آثار و بقایای حفظ شده از جانداران قدیمی در محیط های مختلفی مانند اقیانوس ها، دریاها، رودها، یخچال های طبیعی و حتی در بعضی مواقع در محیط های آغشته به مواد نفتی، صمغ درختان، معادن نمک و خاکسترهای آتش فشانی هستند. بیشترین شواهد و مدارک برای مطالعه گذشته زمین در سنگ های رسوبی یافت می شوند. از سنگ های رسوبی به دلیل داشتن فسیل می توان در تشخیص سن لایه ها و محیط تشکیل آن ها استفاده کرد. به عنوان مثال



وقتی در یک لایه رسوبی، فسیل مرجان یافت می شود، نشان دهنده آن است که این لایه در محیط دریایی گرم و کم عمق تشکیل شده است.

● فسیل ها نشان دهنده تغییرات اشکال حیات در طول تاریخ زمین هستند.

شکل ۱-۷- هیلونوموس نخستین خزنده یافت شده در کربونیفر



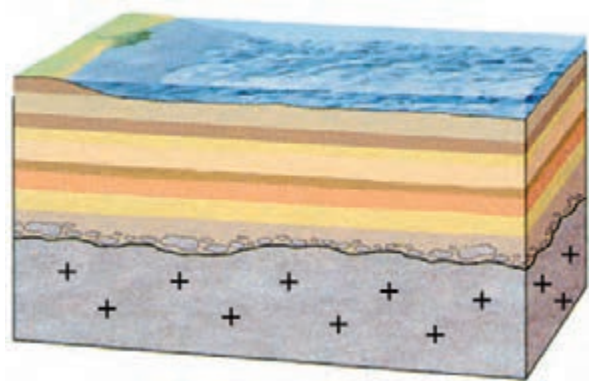
از آغاز پیدایش کره زمین تاکنون، مدت زمان بسیار زیادی می‌گذرد و در این مدت، حوادث و وقایع فراوانی در آن رخ داده است. آیا می‌دانید سن زمین و حوادث و وقایع گذشته را چگونه تعیین می‌کنند؟ تعیین سن سنگ‌ها و پدیده‌های مختلف، از نظر بررسی تاریخچه زمین، اکتشاف ذخایر و منابع موجود در زمین، پیش‌بینی حوادث احتمالی 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. به طور مثال هنگامی که رسوبات در دریا ته‌نشین می‌شوند، قطعاً دانه‌های درشت در نزدیکی ساحل بر جای می‌مانند، اما ذرات ریز و سبک تا مسافت زیادی از ساحل فاصله می‌گیرند. می‌دانیم که طبقات رسوبی به طور افقی ته‌نشین می‌شوند، اما بعدها ممکن است بر اثر عوامل کوه‌زایی، چین‌خوردگی یا ایجاد گسل، وضع آن‌ها به هم بخورد و گاهی از آب خارج می‌شوند و تحت اثر عوامل فرسایشی قرار می‌گیرند و نوعی وقفه در رسوب‌گذاری و نظم طبیعی لایه‌ها ایجاد می‌شود. به این وقفه ایجاد شده در توالی رسوبی، ناپیوستگی می‌گویند. روی زمین نمی‌توان نقطه‌ای را یافت که در طول تاریخ زمین همواره در زیر دریا مانده و همچنان رسوبات لایه‌به‌لایه در آن جا ته‌نشین شده باشد.

انواع ناپیوستگی‌ها عبارت‌اند از:

۱- ناپیوستگی آذرین پی: در مناطقی که لایه‌هایی از سنگ‌های رسوبی مستقیماً بر روی توده‌های آذرین قدیمی‌تر (یا گاهی

سنگ‌های دگرگونی) قرار گرفته باشند، نوعی ناپیوستگی پدید می‌آید که به آن آذرین پی گویند (شکل ۱-۸).



شکل ۱-۸- ناپیوستگی آذرین پی

۲- 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 ۱-۹).

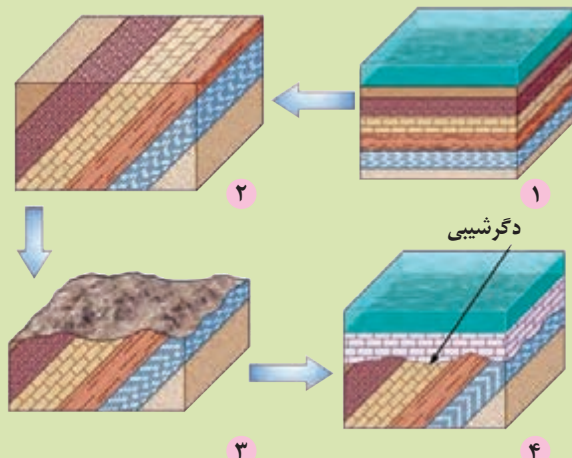
۳- ناپیوستگی زاویه‌دار (دگرشیبی): در این نوع ناپیوستگی، لایه‌های رسوبی زیرین از حالت افقی خارج می‌شوند و لایه‌های رسوبی جوان‌تر که اغلب افقی هستند، روی آن‌ها قرار می‌گیرند. از این رو تشخیص آن‌ها بسیار آسان است.



شکل ۱-۹- لایه ناپیوستگی هم‌شیب (موازی)

فکر کنید

● با توجه به تصاویر مقابل، مراحل تشکیل ناپیوستگی زاویه دار (دگرشیبی) را توضیح دهید.

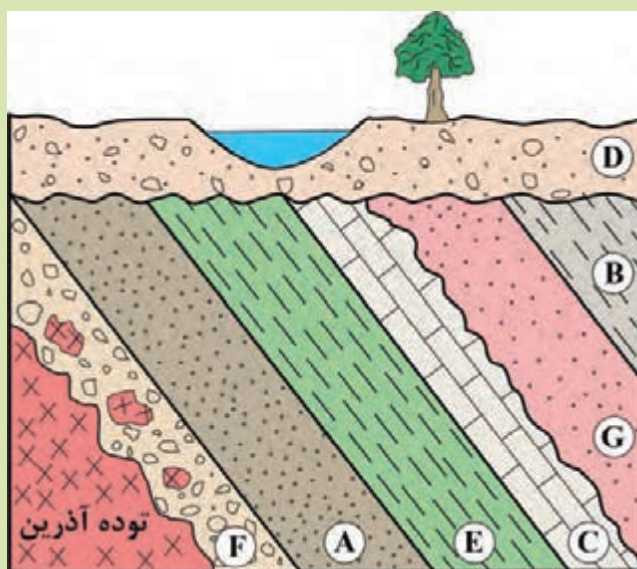


در زمین شناسی تعیین سن سنگ ها و پدیده ها به دو روش نسبی و مطلق صورت می پذیرد. در تعیین سن نسبی، ترتیب تقدم، تأخر و هم زمانی وقوع پدیده ها، نسبت به یکدیگر مشخص می شود.

یادآوری

● در کتاب علوم تجربی سال نهم با اصول تعیین سن نسبی آشنا شدید. این اصول عبارت بودند از:

- ۱- لایه های رسوبی به صورت افقی ته نشین می شوند.
 - ۲- لایه زیرین قدیمی تر از لایه بالایی است (در صورتی که نظم لایه ها به هم نخورده باشد).
 - ۳- هر گونه تغییر (خارج شدن لایه ها از حالت افقی، چین خوردگی و گسل خوردگی) بعد از تشکیل لایه اتفاق افتاده است.
 - ۴- هر لایه و توده سنگی که لایه و یا توده سنگی دیگر را قطع کند از آن جوان تر است.
 - ۵- هرگاه قطعه ای از یک سنگ در داخل یک لایه یافت شود، از آن لایه قدیمی تر است.
- با توجه به این اصول در شکل زیر ترتیب وقایع را از قدیم به جدید شماره گذاری 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 در حال واپاشی هستند. این عناصر پس از واپاشی به عنصر پایدار (غیر رادیواکتیو) تبدیل می‌شوند. به عنصر پرتوزا عنصر «والد» و به عنصر پایدار به وجود آمده از آن عنصر «دختر» گفته می‌شود. مدت زمانی را که نیمی از یک عنصر پرتوزا به عنصر پایدار تبدیل می‌شود، «نیمه 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 کرد.

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

پیوند با ریاضی

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

نیمه عمر برخی از عناصر پرتوزا

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

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 اُبردوران. از این واحدهای زمانی در زمین‌شناسی استفاده می‌شود. 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 ۱۰-۱).

میلیون سال قبل		رویدادهای زیستی		دوره	دوران	اُبردوران			
۶۶	سنوزوئیک	انسان	کواترنری	تنوع پستان‌داران	سنوزوئیک	فانروزوئیک			
			نئوژن						
			پالئوژن						
		انقراض دایناسورها		مزوزوئیک	نخستین گیاهان گل‌دار		نخستین پرنده		
		کرتاسه							
		ژوراسیک							
	۲۵۱		نخستین پستان‌دار	تریاس	نخستین دایناسور				
			انقراض گروهی	پرمن					
			نخستین خزنده	کربنیفر					
	۵۴۱		نخستین دوزیست	دونین	نخستین گیاهان آونددار		پالئوزوئیک		
			نخستین ماهی‌ها	اردوویسین					
			نخستین تریلوبیت	کامبرین					
		۲۵۰۰							
						آرکئن			
۴۰۰۰	هاذن								
۴۶۰۰									

شکل ۱۰-۱- مقیاس زمان زمین‌شناسی و رویدادهای مهم آن



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

۱- دایناسورها در پایان دورهٔ کرتاسه، بسیار بزرگ جثه و سنگین وزن بودند.

۲- دایناسورها در پایان دورهٔ کرتاسه بسیار متنوع شده بودند.

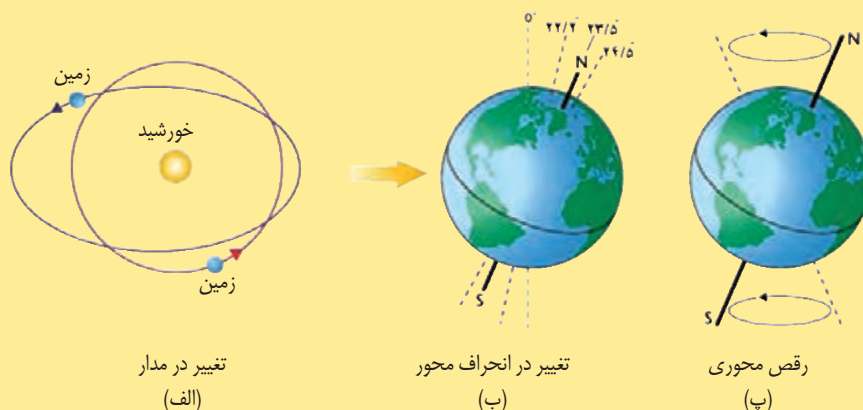
۳- دایناسورها در پایان دورهٔ کرتاسه نتوانستند با تغییرات محیطی سازگار شوند.

تغییرات آب و هوایی

کرهٔ زمین دارای حرکت وضعی و انتقالی است. چرخش زمین به دور محورش را حرکت وضعی می‌گویند. این چرخش در مدت زمان حدود ۲۴ ساعت در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت است و شب و روز بر اثر این حرکت ایجاد می‌شود. به گردش زمین روی مدار بیضوی به دور خورشید، حرکت انتقالی گفته می‌شود که در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت انجام می‌گردد. پیدایش فصل‌ها حاصل حرکت انتقالی زمین و انحراف $23\frac{5}{5}$ درجه‌ای محور زمین است. انحراف $23\frac{5}{5}$ درجه‌ای محور زمین، نسبت به خط عمود بر سطح مدار گردش زمین به دور خورشید باعث اختلاف مدت زمان روز و شب و زاویه تابش خورشید به عرض‌های جغرافیایی مختلف می‌شود. در طول زمان بارها دوره‌های خشک‌سالی و یخبندان شدید روی زمین اتفاق افتاده است. دانشمندان علت این امر را، تغییر فاصلهٔ سیاره زمین در حرکت مداری خود نسبت به خورشید، تغییر در انحراف محور زمین و حرکات محوری (رقص محوری) می‌دانند که باعث کاهش و افزایش دوره‌ای در میزان انرژی دریافتی از خورشید و تغییر درجه حرارت آن بر روی زمین در درازمدت می‌شود.

بیشتر بدانید

● محور زمین دارای چرخشی به صورت یک مخروط در دوره‌های ۱۲۰۰۰ و ۲۷۰۰۰ ساله است. جهت این حرکت برخلاف عقربه‌های ساعت است. محققان 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

• **زمین‌شناسی** را می‌توان به‌طور کلی علم مطالعهٔ 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. مادر مسیر حرکت خود از فناوری (مهندسی، ریاضیات، هوش مصنوعی) استفاده خواهیم کرد 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 می‌کند. هوش مصنوعی ابزاری است که می‌تواند به زمین‌شناسان کمک کند درک خود را از زمین و فرایندهای زمین‌شناسی ارتقا دهند. در حال حاضر هوش مصنوعی برای زمین‌شناسان نقش دست‌یار قدرتمندی در تجزیه و تحلیل سریع و دقیق داده‌ها و یافتن الگوی مناسب دارد.

تخمین خسارت‌های احتمالی مخاطرات طبیعی مانند سیل، زمین‌لرزه و... برطرف کردن محدودیت‌های این دانش در زمان و مکان (مانند دیدن هستهٔ زمین)، پیش‌بینی و مدل‌سازی پدیده‌های زمین‌شناسی (مانند شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی)، نمونه‌هایی از کاربرد هوش مصنوعی در زمین‌شناسی هستند.





معدن مس سرچشمه رفسنجان - کرمان



فصل ۲

منابع معدنی و ذخایر انرژی، زیربنای تمدن و توسعه

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





شمش طلا و نقره



مجتمع معدنی

منابع معدنی در زندگی ما

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

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

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

غلظت عناصر در پوسته زمین

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

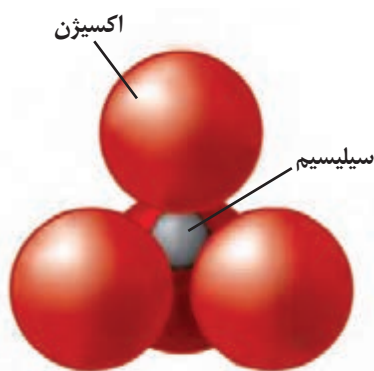
دو زمین‌شناس به نام‌های کلارک و واشنگتن در سال ۱۹۲۴ میلادی بر مبنای تجزیهٔ نمونه‌های فراوانی که از سنگ‌های سراسر دنیا گردآوری شده بود، میانگین درصد وزنی عناصر سازنده پوستهٔ زمین معروف به کلارک را تعیین کردند (جدول ۱-۲).

با اندازه‌گیری فراوانی یک عنصر در کانی‌ها یا سنگ‌های یک منطقه و مقایسه آن با میانگین درصد عناصر در پوسته زمین، می‌توان درباره بی‌هنجاری‌های عناصر اظهارنظر کرد. اگر تمرکز یک یا چند عنصر در سنگ و خاک یک منطقه در مقایسه با میانگین آن‌ها در پوسته زمین بالاتر یا پایین‌تر باشد، به آن «بی‌هنجاری» گفته می‌شود. هنگامی که تمرکز یک عنصر در منطقه‌ای بالاتر از میانگین پوسته باشد، به آن بی‌هنجاری مثبت و در صورتی که پایین‌تر از میانگین پوسته باشد به آن بی‌هنجاری منفی می‌گویند. زمین‌شناسان در پی جویی‌های اکتشافی عناصر به دنبال یافتن مناطقی با بی‌هنجاری‌های 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	



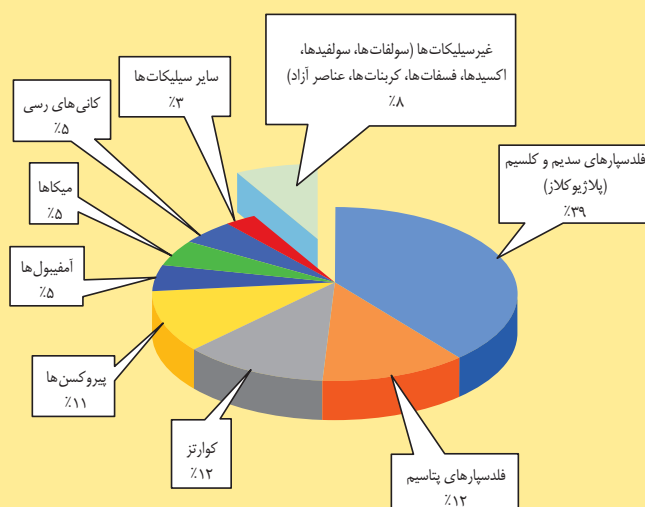
شکل ۲-۱. واحد بنیادی سیلیکات‌ها

کانی‌های سیلیکاتی

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

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

درصد وزنی کانی‌های سازنده پوسته زمین



ساختمان کانی‌های سیلیکاتی

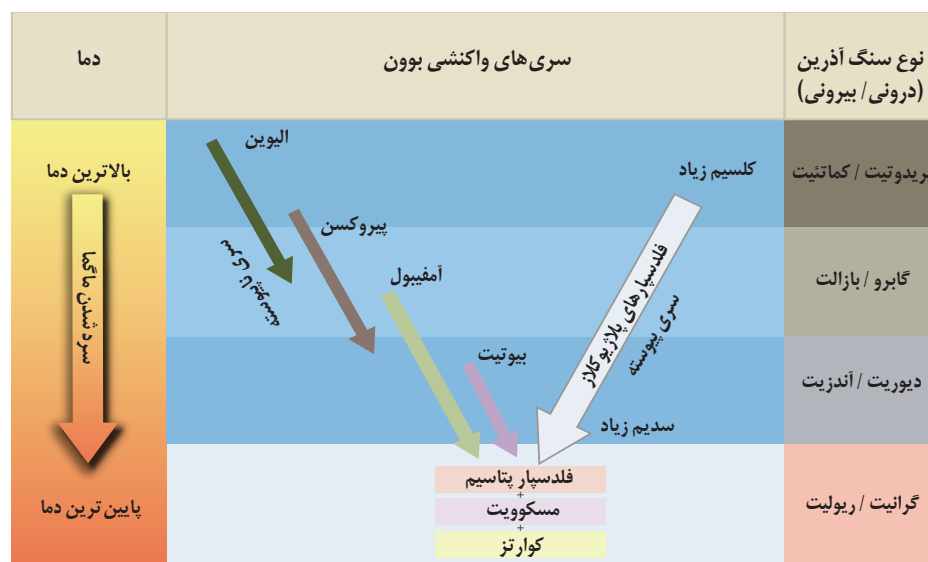
مثال	ساختمان سیلیکاتی	نام کانی	فرمول شیمیایی
	منفرد	الیوین	$(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$ گروه الیوین
	سیلیکات زنجیری ساده	پروکسن	$(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_3$ گروه پروکسن
	سیلیکات زنجیری مضاعف	آمفیبول	$\text{Ca}_2(\text{Fe, Mg})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ گروه آمفیبول
	سیلیکات ورقه‌ای	بیوتیت	$\text{K}(\text{Mg, Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
		مسکوویت	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$
فلدسپار پتاسیم	سیلیکات شبکه‌ای یا داربستی	فلدسپار پتاسیم	KAlSi_3O_8
		فلدسپار پلاژیوکلاز	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
کوارتز		کوارتز	SiO_2
	سیلیکات حلقوی	مانند بریل	$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$

بدون شک بزرگ‌ترین سنگ‌شناس قرن بیستم و یکی از تأثیرگذارترین 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 شد. اتحادیه ژئوفیزیک آمریکامدالی را به افتخار او نام‌گذاری کرده است.



در سال‌های قبل آموختید که گروهی از کانی‌ها، حاصل تبلور ماگما هستند. ترکیب ماگماها متفاوت است و به ترکیب سنگ ذوب شده و شرایط ذوب بستگی دارد. سنگ‌ها از کانی‌های مختلفی تشکیل شده‌اند که هر کدام نقطه ذوب مشخصی دارند. در هنگام ذوب، کانی‌های روشن که زود ذوب می‌شوند، زودگداز و کانی‌های تیره که دیرتر ذوب می‌شوند، را دیرگداز می‌نامند. این فرایند ذوب، «ذوب بخشی» نام دارد.

یکی از پژوهش‌های مهم درباره تبلور ماگما در اوایل قرن بیستم به‌وسیله بوون (Bowen) انجام شد. مطالعات تجربی بوون درباره تعیین ترتیب تبلور کانی‌های سیلیکاته از یک ماگما براساس دمای تبلور آن‌ها بود که از آن به‌عنوان سری واکنشی بوون یاد می‌شود. او در آزمایشگاه سنگ بازالت را پودر و سپس ذوب کرد، آنگاه اجازه داد تا مذاب به آرامی سرد شود. بوون متوجه شد که از این ماگمای اولیه بازالتی (که حاوی آهن و منیزیم نسبتاً بالا و SiO_2 نسبتاً کمی است) کانی‌ها و سنگ‌های مختلفی به‌وجود می‌آید. شرط تشکیل سنگ‌های مختلف، جدا شدن کانی‌های متبلور شده از ماگما (مثلاً ته‌نشین شدن کانی‌ها در کف اتاق ماگمایی) و عدم واکنش با مذاب باقی‌مانده است که از آن با نام تبلور بخشی یاد می‌شود (شکل ۲-۴). بدین ترتیب بوون نشان داد تبلور بخشی یک ماگمای اولیه، می‌تواند سنگ‌های آذرینی با ترکیب کانی‌شناسی متفاوت ایجاد کند. همچنین او دریافت که تبلور کانی‌های آذرین را می‌توان در دو سری مجزا بیان کرد؛ یکی سری واکنشی ناپیوسته که طی آن کانی‌های آهن و منیزیم‌دار مانند الیون، پیروکسن، آمفیبول و بیوتیت با ترکیب شیمیایی و ساختمان متفاوت در دماهای مختلف متبلور می‌شوند و دیگری سری واکنشی پیوسته که طی آن، فلدسپارهای پلاژیوکلاز با حفظ ساختمان سیلیکاتی و فقط تغییر در ترکیب شیمیایی تشکیل می‌گردند (شکل ۲-۲).



شکل ۲-۲. تصویر شماتیک سری واکنشی بوون (Bowen)

براساس سری واکنشی بوون، نخستین کانی‌های حاصل از سردشدن ماگمای بازالتی، حاوی مقادیر زیادی الیوین و مقداری پلاژیوکلاز کلسیم‌دار هستند. کانی‌های مزبور اگر از ماگما جدا شوند، به همراه مقداری پیروکسن، سنگ پریدوتیت (با معادل بیرونی آن یعنی کماتیت) را ایجاد می‌کنند و اگر در ماگما باقی بمانند، هم‌زمان با کاهش دما به‌طور کامل با ماگما واکنش می‌دهند و الیوین به پیروکسن و پلاژیوکلاز کلسیم‌دار نیز به پلاژیوکلاز با محتوای کلسیم کمتر تبدیل می‌شوند. از تجمع این دو کانی همراه با الیوین، سنگ گابرو یا معادل بیرونی آن به‌وجود می‌آید. در ادامه فرایند تبلور و کاهش دما، کانی‌های دمای بالاتر ضمن واکنش با ماگما، کانی‌هایی با درجات حرارت پایین‌تر از خود را به‌وجود می‌آورند و این وضع ادامه می‌یابد. به‌عنوان مثال:

پیروکسن → مذاب باقی‌مانده + الیوین
 آمفیبول → مذاب باقی‌مانده + پیروکسن
 بیوتیت → مذاب باقی‌مانده + آمفیبول

با ادامه تبلور و کاهش دما، مقادیر عناصری مانند پتاسیم که تاکنون در ساختمان کانی‌ها وارد نشده‌اند، در مذاب باقی‌مانده افزایش می‌یابد. در انتها، یعنی پس از انجماد قسمت اعظم ماگما، بلورهای فلدسپار پتاسیم، مسکوویت و کوارتز از باقی‌مانده ماده مذاب تبلور می‌شوند.

بدین ترتیب و براساس اصول سری واکنشی بوون از تبلور یک ماگمای بازالتی، می‌تواند حداقل چهارنوع سنگ با ترکیب کانی‌شناسی متفاوت مطابق شکل ۲-۲ به‌وجود آید. زمین‌شناسان در زمینه‌هایی مانند سنگ‌شناسی آذرین و اکتشاف مواد معدنی از سری واکنشی بوون بهره می‌گیرند.

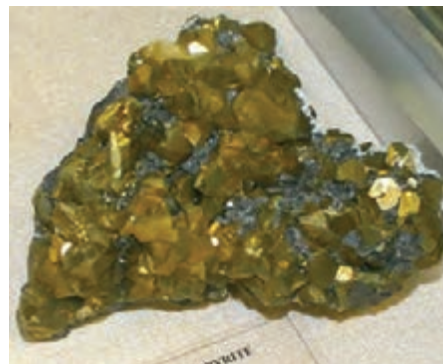
کانه

به گروهی از کانی‌ها که در آن یک فلز ارزشمند اقتصادی وجود دارد، کانه گفته می‌شود. تعداد کانه‌ها اندک‌اند و 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 $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ 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.

کان سنگ

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، کان سنگ (سنگ معدن) نام دارد. مواد ارزشمند کان سنگ‌ها (کانه‌ها) همواره با مواد بی‌ارزشی همراه هستند که استخراج آن‌ها اقتصادی نیست و به آن‌ها باطله می‌گویند. به‌عنوان مثال کالکوپیریت با فرمول شیمیایی (CuFeS_4) یکی از مهم‌ترین کانه‌های فلز مس است (شکل ۳-۲) که همراه با کانی‌های باطله مختلفی مانند کوارتز، فلدسپار، میکا، کانی‌های رسی، پیریت (FeS_2) و غیره، کان سنگ مس را تشکیل می‌دهند.

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.



شکل ۳-۲. کالکوپیریت

● باید توجه داشت که در یک کانسار، ضریب تمرکز عنصر مورد نظر در آن منطقه به عددی رسیده است که استخراج آن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است. ضریب تمرکز برای عناصر مختلف از رابطه زیر به دست می آید.

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

برای مثال اگر میانگین فراوانی آهن در پوسته ۵ درصد باشد و حداقل عیار جهت استخراج سودآور آن ۳۰ درصد باشد، ضریب تمرکز آهن ۶ است؛ یعنی برای این که استخراج آهن در منطقه ای سودآور باشد و بهره برداری آغاز شود، باید میانگین فراوانی آن در منطقه نسبت به میانگین پوسته ۶ برابر شود. ● ضریب تمرکز عناصر درج شده در جدول را تعیین کنید.

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

استخراج ماده معدنی از کان سنگ، اغلب پرهزینه است و تنها در صورتی بهره برداری آغاز می شود که حجم و تمرکز کافی از ماده معدنی در یک محل وجود داشته باشد. با شروع بهره برداری یا معدن کاری، یک معدن شکل می گیرد. در کنار کان سنگ های فلزی، گروهی از مواد معدنی غیرفلزی شامل کانی ها و سنگ ها جهت مصارف روزمره و صنعتی استخراج می شوند، کانی هایی همانند ژئوپس در تهیه گچ بنایی و مسکویت در تهیه طلق نسوز کاربرد دارند. سنگ گرانیات در نمای ساختمان و شن و ماسه در تهیه بتن به کار می روند. این کانی ها و سنگ ها را کانی ها و سنگ های صنعتی می نامند.

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

طبقه بندی کان سنگ ها

کان سنگ ها براساس منشأ و نحوه تشکیل، به سه دسته ماگمایی، گرمابی و رسوبی تقسیم بندی می شوند.
الف) کان سنگ ماگمایی: بسیاری از کان سنگ ها حاصل سرد شدن ماگما و فرایندهای آذرین مرتبط با آن هستند. کان سنگ های فلزاتی چون نیکل، کروم، پلاتین و آهن می توانند از یک ماگمای در حال سرد شدن، تشکیل شوند. همچنان که دمای ماگما کاهش

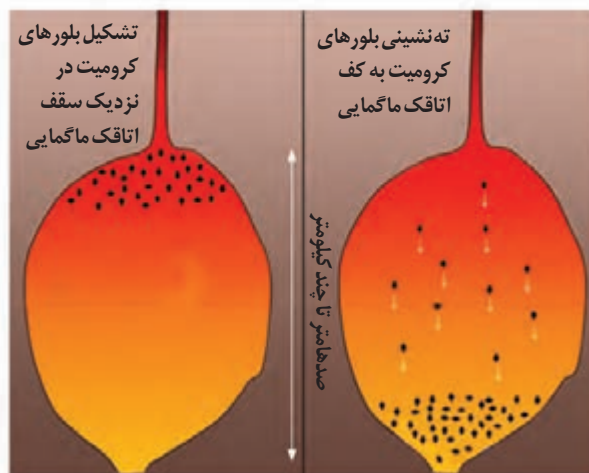
می‌یابد، تبلور کانی‌ها مطابق سری واکنشی بوون و براساس دمای تبلور، عمدتاً در نزدیکی سقف اتاقک ماگمایی که سردتر است آغاز می‌شود (شکل ۲-۴) و ابتدا کانی‌های آهن و منیزیم‌دار مثل کرومیت و مگنتیت در کنار الیوین متبلور می‌شوند و چون چگالی این کانی‌ها از مذاب باقی‌مانده بیشتر است، در کف اتاقک ماگمایی ته‌نشین می‌شوند و لایه‌هایی از کان سنگ کروم، آهن و سایر عناصر را به وجود می‌آورند (شکل ۲-۴).

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 دی‌اکسید در ماگما افزایش می‌یابد 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 شده و زمان تبلور بسیار کند و طولانی می‌شود 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 هستند و شامل کوارتز، فلدسپار و مسکویت می‌شوند و می‌توانند منابع مهمی برای بعضی عناصر خاص مانند لیتیم و سزیم و بعضی کانی‌های گوهری مانند بریل یا کانی‌های صنعتی مانند مسکویت (طلق نسوز) باشند (شکل ۲-۵).

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

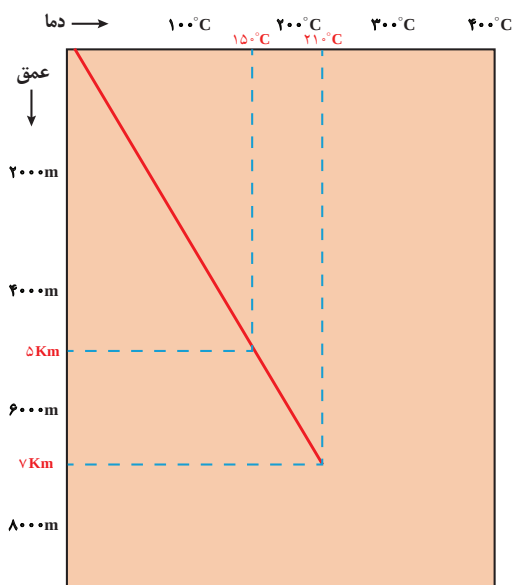
ماهیت آب منشأ گرفته از ماگما می‌تواند با آب خالص متفاوت و حاوی کاتیون‌های فلزی مس، سرب، روی، مولیبدن، نقره، طلا، قلع و ... باشد. دمای آب‌های با منشأ اقیانوسی و جوی پس از نفوذ به اعماق زمین به تدریج افزایش می‌یابد و هم‌زمان مقدار مواد محلول آن‌ها نیز زیاد می‌شود.



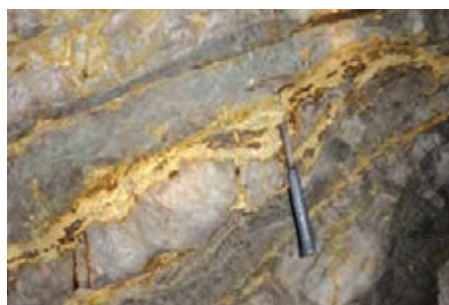
شکل ۲-۴. چگونگی تشکیل و ته‌نشینی بلورهای کرومیت در اتاقک ماگمایی



شکل ۲-۵. بلورهای درشت مسکویت در پگماتیت



شکل ۲-۶. نمودار شیب زمین گرمایی



شکل ۲-۷- رگه طلا همراه کوارتز

توده‌های آذرین مذاب در اعماق با نقش حرارتی خود سبب ایجاد جریان همرفت در این آب‌ها می‌شود و آب‌های مزبور ضمن چرخش در سنگ‌ها، کاتیون‌های فلزی مختلفی را در خود حل می‌کنند. آب‌های ماگمایی و سایر آب‌هایی که با نفوذ به عمق گرم شده‌اند، ضمن صعود به سطح زمین، هم‌زمان با کاهش فشار، دمای آن‌ها نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه کاتیون‌های فلزی در شکستگی‌ها ته‌نشین می‌شود و رگه‌های معدنی از فلزات مختلف تشکیل می‌گردد (شکل ۲-۷).

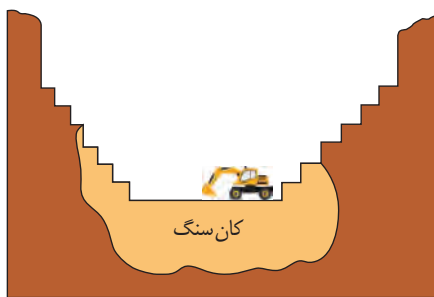
پ) کان سنگ رسوبی: بخشی از کان سنگ‌ها در سنگ‌های رسوبی قرار دارند و براساس فرایند تشکیل آن‌ها به دو دسته رسوبی شیمیایی و رسوبی تخریبی تقسیم می‌شوند. مثلاً کان سنگ‌های آهن نواری حاصل ته‌نشینی شیمیایی اجزای تشکیل دهنده‌شان در محیط رسوبی هستند. ابتدا مواد به صورت محلول وارد محیط می‌شوند و سپس با تشکیل ترکیبات غیر محلول ته‌نشین شده و کانسارهای رسوبی شیمیایی را به وجود می‌آورند. از طرفی هرگاه سنگ‌های دارای کانی‌هایی با چگالی زیاد و مقاوم تحت تأثیر فرسایش قرار گیرند، کانی‌های آزاد شده، توسط عوامل حمل‌کننده به رودخانه و دریا انتقال و تجمع می‌یابند و کان سنگ‌های رسوبی پلاسری (نوعی از کان سنگ‌های رسوبی تخریبی) را تشکیل می‌دهند. فلزاتی مانند طلا و پلاتین می‌توانند تشکیل ذخایر پلاسری دهند. برداشت طلا از رودخانه زرشوران نمونه‌ای از ذخایر پلاسری است که سابقه‌ای طولانی دارد.

اکتشاف معدن

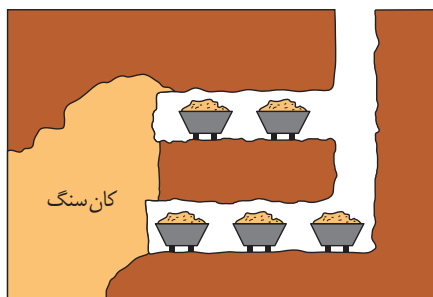
تشکیل ذخایر فلزی و غیرفلزی در برخی از مناطق پوسته زمین رخ می‌دهد. با آگاهی از اصول تشکیل و عوامل کنترل‌کننده آن‌ها، می‌توان ذخایر معدنی را شناسایی کرد. هرچند کشف یک کانسار به پیدا کردن یک سوزن در انباری از کاه تشبیه شده است. در اولین مرحله اکتشاف، زمین‌شناسان به بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و گزارش‌ها و مطالعات قبلی می‌پردازند، سپس در بازدید صحرایی، مناطقی را که احتمال تشکیل ذخایر معدنی در آن وجود دارد، 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 کان سنگ‌ها، مانند خواص مغناطیسی کان سنگ، 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 منتقل شده و در آن‌جا توسط میکروسکوپ یا دستگاه‌های تجزیه شیمیایی بررسی می‌شوند. در نهایت زمین‌شناسان یا مهندسان اکتشاف، تمامی داده‌های به دست آمده را با نرم‌افزارها تحلیل و مقدار ذخیره معدن و عیار میانگین ماده معدنی را تعیین می‌کنند.

استخراج معدن و فراوری ماده معدنی

پس از پایان عملیات اکتشاف با تعیین اقتصادی بودن ذخایر، عملیات استخراج آغاز می‌شود. روش استخراج بر اساس شکل و چگونگی قرارگیری توده معدنی در پوسته تعیین می‌شود. استخراج به روش‌های روباز یا زیرزمینی صورت می‌گیرد (شکل ۲-۸).



روش روباز



روش زیرزمینی

شکل ۸-۲- روش‌های استخراج ماده معدنی

جمع‌آوری اطلاعات

- درباره مزایا و معایب دو روش استخراج روباز و زیرزمینی مطالبی جمع‌آوری کنید و در کلاس ارائه دهید.

همان‌طور که گفته شد، در کان سنگ 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 کان سنگ‌های آن، کمتر از یک درصد است. بنابراین بیش از نود و نه درصد کان سنگ استخراج شده، باطله است که باید از آن جدا شود. به فرایند جداسازی کانی‌های مفید اقتصادی از باطله، «کانه‌آرایی» (فراوری ماده معدنی) گفته می‌شود که در کارخانه‌های کنار معادن انجام می‌شود. محصول نهایی (کنسانتره) که همان کانه جدا شده از کان سنگ است، 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 2ppm باشد، محاسبه کنید در یک معدن طلا، از ۳ تن سنگی که استخراج می‌شود، چند گرم طلا به دست می‌آید؟

گوهرها، زیبایی شگفت‌انگیز دنیای کانی‌ها

از روزگاران کهن، انسان از ویژگی‌های خیره‌کننده بعضی از سنگ‌ها و کانی‌ها، برای زیباتر جلوه دادن خود استفاده می‌کرده است. گوهرها به دلیل زیبایی، 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. سختی کانی را می‌توان به عنوان مقاومت آن در مقابل خراشیده شدن یا ساییدگی به وسیله سایر اجسام تعریف کرد که بیشتر به طرز قرار گرفتن اتم‌ها در شبکه بلوری و نوع پیوندهای اتمی بستگی دارد تا ترکیب شیمیایی آن‌ها. برای توصیف سختی، از مقیاس «موهس» استفاده می‌شود. در این مقیاس تالک با عدد یک نرم‌ترین و الماس با عدد ۱۰ سخت‌ترین کانی است و بر روی سایر کانی‌ها خراش می‌اندازد.

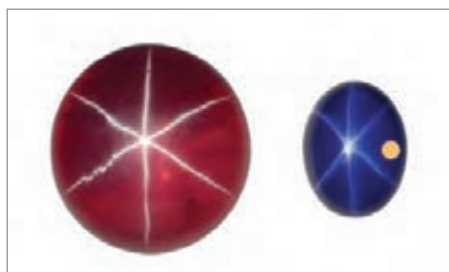
جدول سختی موهس

کانی	تالک	ژیپس	کلسیت	فلوئوریت	آپاتیت	ارتوکلاز	کوارتز	توپاز	کرنندوم	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 را که ناشی از انعکاس، شکست و یا جذب نور در آن است، پدیده نوری می‌گویند. برخی از پدیده‌های نوری زیبا در گوهرها شامل پدیده چشم گربه‌ای در کانی کریزوبریل، ستاره‌واری در یاقوت، بازی رنگ و درخشش رنگین کمانی در اپال (نوعی گوهر سیلیسی) و تغییر رنگ در گوهر الکساندریت (نوعی کریزوبریل) است. گوهرها، توسط فرایندهای ماگمایی، گرمایی و دگرگونی، اکثراً تحت شرایط خاصی مانند دما و فشار زیاد در اعماق زمین و گاهی با حضور مواد فرار به‌وجود می‌آیند.

پاسخ دهید

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



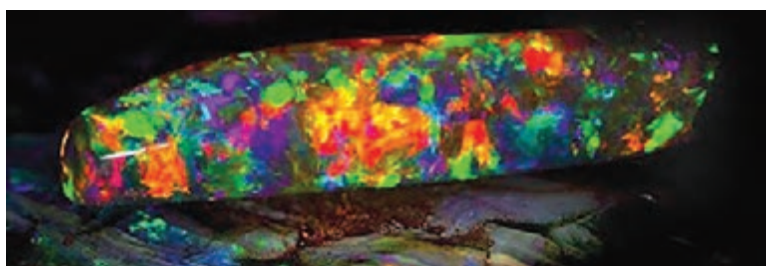
شکل ۱۰-۲ پدیده ستاره‌واری در گوهر یاقوت



شکل ۹-۲ پدیده چشم گربه‌ای در گوهر کریزوبریل



شکل ۱۲-۲ پدیده تغییر رنگ در گوهر الکساندریت



شکل ۱۱-۲ پدیده درخشش رنگین کمانی در گوهر اپال

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



شکل ۲-۱۳- گوهر الماس

یاقوت: نام علمی آن کزندوم (اکسید آلومینیم) است. کانی کزندوم به رنگ‌های مختلف دیده می‌شود. رنگ قرمز آن را یاقوت سرخ (روبی) می‌نامند (شکل ۲-۱۴). این کانی بعد از الماس، سخت‌ترین کانی است.



شکل ۲-۱۴- 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 ۲-۱۵).



شکل ۲-۱۵- گوهر زمرد

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



شکل ۲-۱۶- گوهر گارنت



شکل ۱۷-۲. گوهر عقیق

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

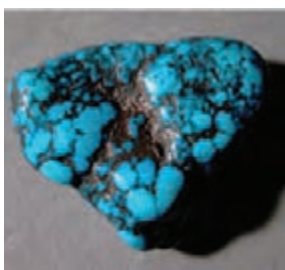
گفت‌وگو کنید

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



شکل ۱۸-۲. زبرجد

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



شکل ۱۹-۲. گوهر فیروزه (تورکوایز)

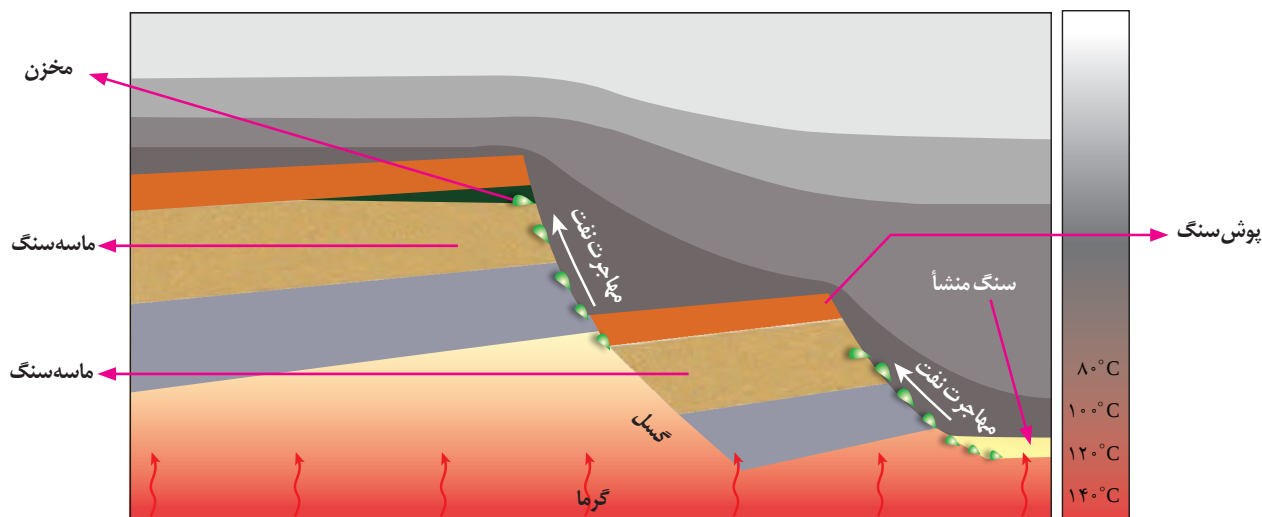
فیروزه: از گوهرهای قدیمی شناخته شده با ترکیب فسفاتی است. فیروزه برای اولین بار در سنگ‌های آتش‌فشانی اطراف نیشابور یافت شد و به دیگر نقاط جهان صادر شد. فیروزه نیشابور به‌عنوان بهترین فیروزه دنیا شهرت جهانی دارد.

سوخت‌های فسیلی

انرژی برای انجام تمامی فعالیت‌های انسان ضروری است. انسان از گذشته دور، از منابع طبیعی برای تولید انرژی استفاده کرده است. از میان منابع مختلف انرژی در دسترس، سوخت‌های فسیلی اهمیت زیادی دارند و در بیشتر کشورهای جهان به عنوان منابع اصلی تولید انرژی به‌شمار می‌روند. سوخت‌های فسیلی از 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 زغال سنگ که در محیط‌های خشکی مانند محیط مردابی و فاقد اکسیژن تشکیل می‌شود، جاندارانی که باعث تشکیل نفت خام می‌شوند، در مناطق کم عمق

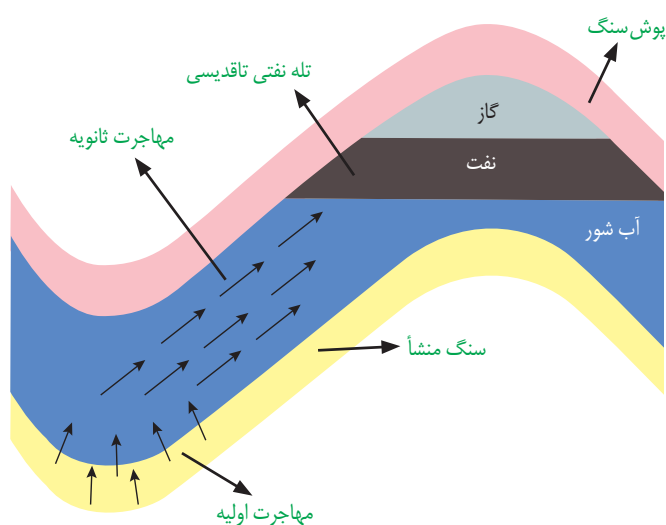
دریاها که دارای نور و مواد غذایی کافی است، زندگی می کنند. پلانکتون ها که مهم ترین منشأ مواد آلی هستند، پس از مرگ، در رسوبات ریزدانه بستر دریا مدفون می شوند. مواد دانه ریزی که همراه با بقایای موجودات رسوب می کنند، بعدها به سنگ تبدیل و «سنگ منشأ» نامیده می شوند. فرایند تبدیل مواد آلی به ترکیب های مختلف کربن و هیدروژن (هیدروکربن ها) که نفت را تشکیل می دهند، فرایند پیچیده ای است که در آن باکتری های غیرهوازی نقش اصلی را به عهده دارند. در فرایند تشکیل نفت، عواملی مانند دما، فشار، وجود باکتری غیرهوازی، زمان و محیطی بدون اکسیژن اهمیت فراوانی دارند.



شکل ۲۰-۲. 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 می دهد؟

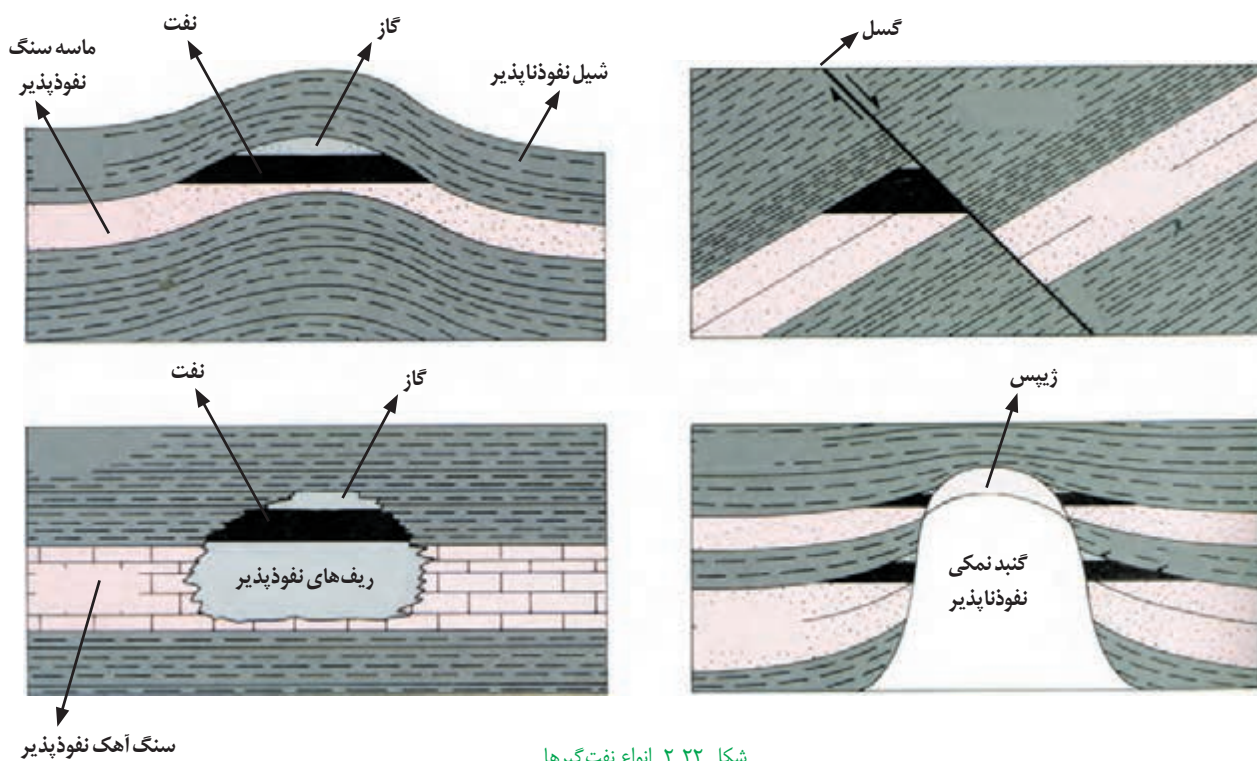


شکل ۲۱-۲. مهاجرت نفت

مهاجرت نفت: نفت و گازی که در سنگ منشأ تشکیل می شود، همراه با آب دریا که از زمان رسوب گذاری در سنگ به دام افتاده است، به دلیل فشار طبقات فوقانی، از طریق شکستگی های سنگ ها، به سمت بالا و اطراف حرکت می کند که به آن مهاجرت اولیه نفت می گویند (۲۰-۲). اگر نفت و گاز در مسیر مهاجرت خود به لایه ای از سنگ های 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 می گیرد و آن ها را در سنگ مخزن که یکی از اجزای نفت گیر است، به دام می اندازد. ویژگی مهم سنگ مخزن، وجود تخلخل و نفوذپذیری زیاد آن است، مانند ماسه سنگ و سنگ آهک حفره دار (ریف های مرجانی).

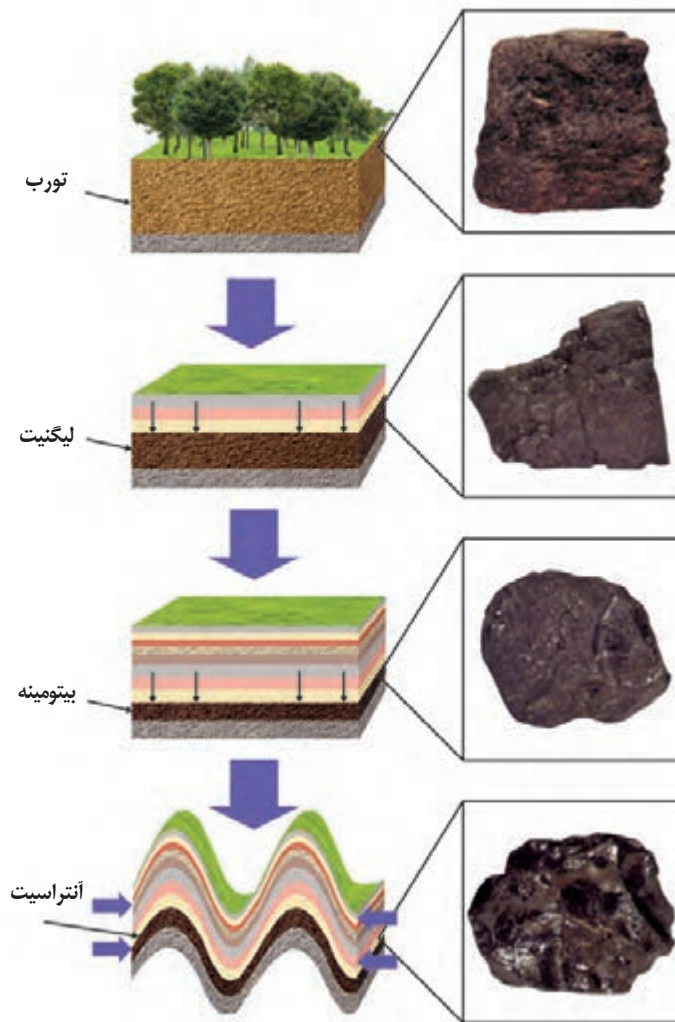
مخازن نفتی (نفت گیرها یا تله های نفتی)، دارای شکل (وضعیت) هندسی مناسب برای تجمع و ذخیره سازی نفت می باشند. حرکت نفت از طریق یک لایه نفوذپذیر و متخلخل و رسیدن آن به سنگ مخزن و جدایش آب شور، نفت و گاز از هم به دلیل اختلاف چگالی درون مخزن را مهاجرت ثانویه می گویند (شکل ۲-۲۱). میزان جابه جایی نفت طی مهاجرت اولیه نسبت به مهاجرت ثانویه بسیار کمتر است. اگر در طی مهاجرت ثانویه مانعی در مسیر حرکت آب و نفت و گاز نباشد، به سطح زمین راه می یابد و چشمه های نفتی را به وجود می آورد. در این صورت نفت، در سطح زمین دچار اکسایش و غلیظ شدگی می شود و ذخایر قیر طبیعی را به وجود می آورد که نمونه ای از آن در استان های خوزستان و ایلام دیده می شود.

نفت گیرها انواع مختلفی دارند، مانند نفت گیرهای تاکدیدی، گسلی، گنبد نمکی، ریف مرجانی و... (شکل ۲-۲۲). عمده ذخایر نفتی ایران در نفت گیرهای تاکدیدی قرار دارد. با توجه به این که شرایط لازم برای حفظ شدگی مواد آلی و تبدیل آن ها به نفت خیلی خاص است، تنها یک درصد از مواد آلی به نفت و گاز تبدیل شده اند.



زغال سنگ: یک سوخت فسیلی جامد است که از مواد آلی در محیط های خشکی به وجود می آید. این مواد آلی، بیشتر از گیاهان جنگل حاصل می شوند. آن ها در باتلاق ها انباشته و توسط رسوبات پوشیده می شوند و بدون حضور اکسیژن (توسط باکتری غیرهوازی) به مرور زمان، به تورب که یک نوع زغال نارس است، تبدیل می شوند. در برخی کشورها مانند ایرلند، تورب به عنوان یک ماده سوختی بهره برداری می شود.

در طی میلیون ها سال، تورب در زیر فشار رسوبات و وزن سنگ های بالایی، فشرده تر می شود و آب و مواد فرار مانند کربن دی اکسید و متان از آن خارج می شود. با خروج این مواد، در نهایت، ضخامت تورب که ماده ای پوک و متخلخل است، کاهش می یابد و به لیگنیت تبدیل می شود. با افزایش تراکم، لیگنیت به زغال سنگ های مرغوب تری به نام بیتومینه و سپس آنتراسیت تبدیل می شود (شکل ۲-۲۳). در فرایندهای زغال شدگی از تورب تا آنتراسیت، تغییرات زیادی رخ می دهد و سبب می شود با خروج تدریجی آب و مواد فرار، درصد کربن در سنگ حاصل، افزایش یابد و کیفیت و توان تولید انرژی زغال سنگ بهتر شود.



شکل ۲۳-۲. مراحل تشکیل آنتراسیت (زغال رسیده)

فکر کنید

- وجود ذخایر زغال سنگ در سیبری را که امروزه سرزمینی سرد و بدون جنگل‌های انبوه می‌باشد، چگونه توجیه می‌کنید؟
- لایه‌های زغال دار طبس نشان دهنده چه نوع آب و هوایی در گذشته این منطقه است؟
- چرا برخی از مناطق با وجود جنگلی بودن، مکان مناسبی برای تشکیل زغال سنگ 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 حتی 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 او مکان‌هایی که نفت می‌تواند در آن‌جا انباشته شود، شناسایی و مکان‌هایی از یک میدان نفتی یا گازی را که برای حفاری و استخراج نفت مناسب است 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 زیادی در شناخت عناصر و چگونگی تشکیل آن‌ها دارد.

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



رود کارون - خوزستان



منابع آب و خاک

فضانوردان، زمین را یک سیارهٔ آبی و بسیار زیبا توصیف کرده‌اند؛ چرا که بیشتر سطح زمین از آب اقیانوس‌ها و دریاها پوشیده شده است. آب با حالت‌های جامد، مایع و گاز، باعث تغییرات وسیعی در لایهٔ 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 آیندهٔ نزدیک، با افزایش روزافزون جمعیت و توسعهٔ کشاورزی و صنعت، گرم شدن کرهٔ زمین و... بشر با چه مشکلاتی برای تأمین آب شیرین روبه‌رو خواهد شد؟

خاک مادهٔ بارزشی 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؟

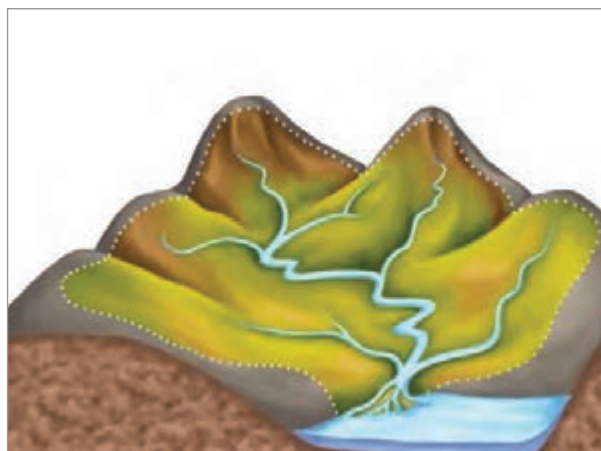




غار کتله خور - زنجان

زندگی انسان و جانداران دیگر، بدون آب امکان پذیر نیست. آب مورد نیاز موجودات، از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی تأمین می‌شود.

مقداری از بارش به صورت تبخیر، مجدداً به هوا کره برمی‌گردد. بخشی دیگر که به سطح زمین می‌رسد یا تبخیر می‌شود و یا به صورت رواناب به سوی مناطق پست‌تر جریان می‌یابد. بخشی از رواناب به داخل زمین نفوذ و منابع آب زیرزمینی را تغذیه می‌کند. منطقه‌ای که آب به وسیله یک رود و شاخه‌های فرعی آن زه‌کشی و تخلیه می‌شود، «حوضه آبریز» نام دارد (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳. حوضه آبریز

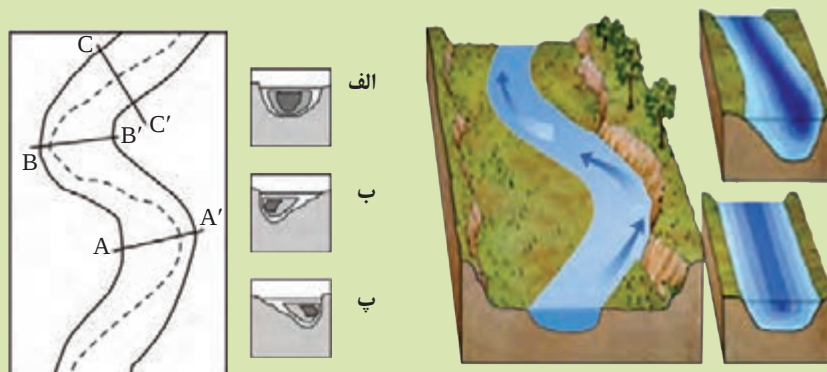
آب جاری

آب جاری با آن که 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 حداقل است. وقتی مسیر رودخانه دارای انحنا باشد، بیشترین سرعت از وسط رودخانه به طرف دیواره مقعر آن منتقل می‌شود.

فکر کنید

- چه عواملی بر مقدار رواناب مؤثرند؟
- مقدار رسوب گذاری و فرسایش را در نقاط A و A' مقایسه کنید.
- هریک از نیم رخ های الف و ب و پ مربوط به کدام مقطع رود است؟



مقاطع مختلف رود



شکل ۲-۳- ایستگاه اندازه گیری آب دهی رود

سرعت حرکت آب در نقاط مختلف یک رود متغیر است. مقدار آب دهی یک رود نیز معمولاً از ابتدا تا انتهای رود تغییر می کند. اندازه گیری سرعت آب و آب دهی رود، به صورت روزانه یا در دوره های زمانی طولانی تر و به روش های مختلف انجام می شود (شکل ۲-۳). با تعیین سرعت آب در یک رود یا آب راهه و اندازه گیری سطح مقطع آن، می توان مقدار آب دهی (دبی) را با استفاده از رابطه زیر محاسبه کرد.

$$Q = A \times V$$

Q: دبی بر حسب متر مکعب بر ثانیه

A: مساحت سطح مقطع جریان آب بر حسب متر مربع

V: سرعت جریان آب بر حسب متر بر ثانیه

به بیان دیگر آب دهی عبارت است از حجم آبی که در واحد زمان (ثانیه) از مقطع عرضی رودخانه عبور می کند.

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

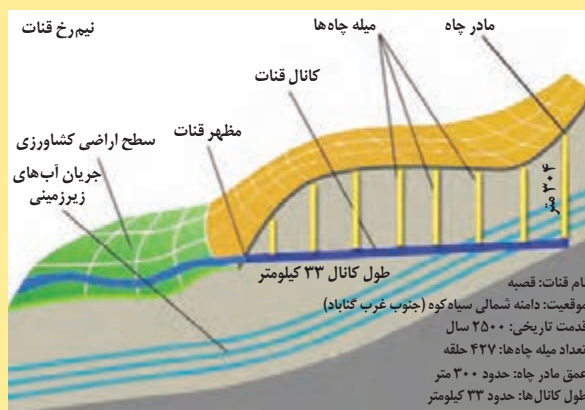
مقدار آب دهی رودها در فصل بهار زیاد و در تابستان کم می شود. در مناطق مرطوب که مقدار بارندگی زیاد و تبخیر کم است، رودها از نوع دائمی هستند. در این رودها، بخشی از آب که همیشه جریان دارد، آب دهی پایه را تشکیل می دهد. آب این رودها در زمانی که بارندگی نیست، از ذوب برف و یخ نواحی مرتفع یا از ورود آب های زیرزمینی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

- 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 می‌شود. آب زیرزمینی قابل بهره‌برداری، گرچه فقط حجم کمی از آب کره را تشکیل می‌دهد، ولی همین مقدار، بزرگ‌ترین ذخیره آب شیرین قابل بهره‌برداری در خشکی‌ها است. در کشور ما به علت کمبود آب‌های سطحی، استفاده از آب‌های زیرزمینی بسیار رایج است. مردم ایران زمین، از قدیم، آب‌های زیرزمینی را با احداث قنات به سطح زمین می‌آوردند و به روستاها و شهرهای خود می‌رساندند. آب در کانال قنات بدون نیاز به مصرف انرژی برق، تحت تأثیر نیروی گرانش جریان می‌یابد.

جمع‌آوری اطلاعات

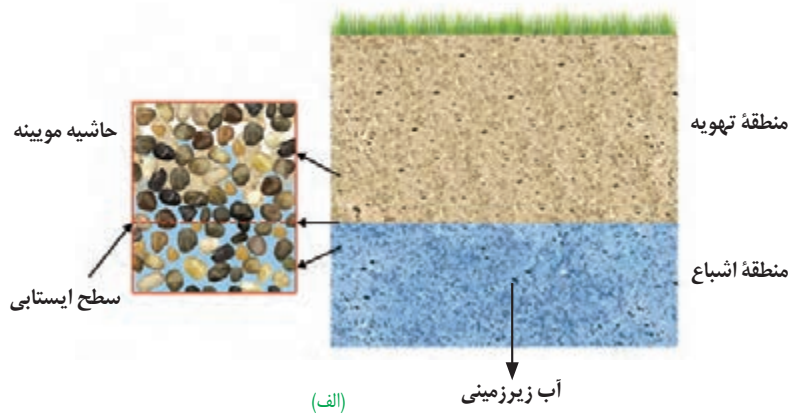


- قدیمی‌ترین قنات جهان، در کدام استان کشور قرار دارد و نام آن چیست؟
- حدود ۴۰۰۰۰ رشته قنات در کشور ما وجود دارد. بیشترین تعداد قنات، در کدام یک از شش حوضه آبریز اصلی ایران حفر شده‌اند؟ دلیل آن چیست؟

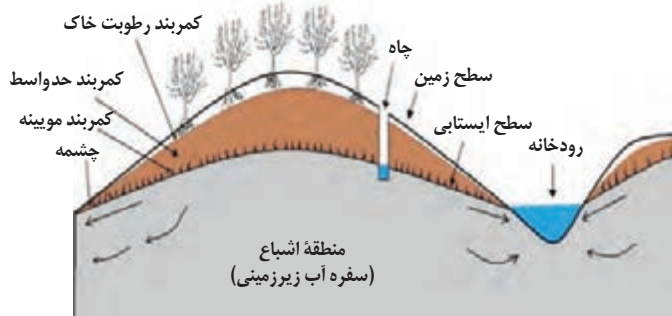
توزیع آب در زیرزمین: در هنگام نفوذ آب به داخل زمین، بخشی از آب نفوذی به سطح ذرات خاک یا سنگ می‌چسبد، به طوری که منافذ و فضاهای خالی، توسط آب و هوا پر می‌شود و منطقه تهویه شکل می‌گیرد. منطقه تهویه از سطح زمین به سمت پایین، شامل کمر بند رطوبت خاک، کمر بند حدواسط و کمر بند مویینه است.

کمر بند رطوبت خاک، مجاور سطح زمین است و دربرگیرنده ریشه گیاهان است و آب لازم برای گیاهان را تأمین می‌کند. در کمر بند حدواسط، به تدریج که آب از سطح به داخل زمین نفوذ می‌کند، بخشی از آن قبل از رسیدن به منطقه اشباع، به علت جاذبه مولکولی بین آب و سنگ، علی‌رغم نیروی جاذبه زمین، به صورت معلق می‌ماند. این آب را اصطلاحاً «آب معلق» می‌نامند. زمانی که آب باران و آب‌های نفوذی دیگر به آن می‌رسد، آب اضافی به طرف پایین حرکت می‌کند. ضخامت کمر بند حد واسط به شرایط محلی نیز بستگی دارد و در مناطق خشک ممکن است به صدها متر برسد. درحالی که در مناطق مرطوب مثل گیلان، گاهی اساساً وجود ندارد. کمر بند مویینه در مجاورت آب زیرزمینی قرار دارد. در این جا آب‌های زیرزمینی به علت خاصیت مویینگی از مجاری نازک موجود در سنگ‌ها یا رسوبات بالا کشیده می‌شوند. ضخامت کمر بند مویینه بین چند سانتی متر تا چند متر متغیر است.

آب به همان ترتیب که در لایه لای ذرات خاک نفوذ می‌کند و پایین می‌رود، می‌تواند براساس نیروی مویینگی از همان فواصل بالا



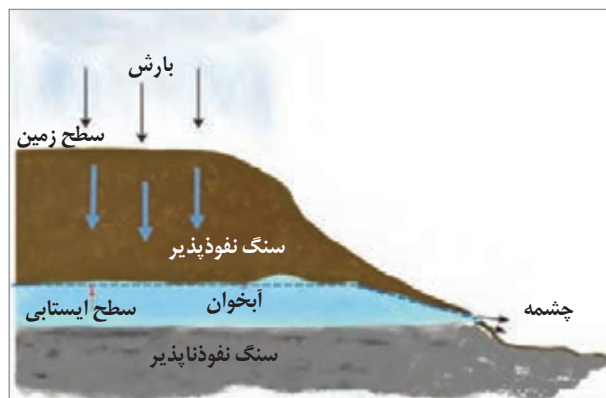
بیاید و به سطح زمین برسد. از همین راه است که رطوبت از قسمت‌های عمیق خاک به سوی سطح می‌آید و در مواقعی که برای مدت زیادی بارندگی نشده است، ریشه گیاهان به آب دسترسی پیدا می‌کنند. البته بیشتر این آب هنگامی که به سطح زمین می‌رسد، بر اثر تبخیر از دست می‌رود. بخشی از آب نفوذی، به طرف عمق بیشتر حرکت می‌کند تا به سنگ بستر برسد و منطقه اشباع را ایجاد می‌کند. تمام فضاهای خالی منطقه اشباع با آب پر شده است. سطح بالایی این منطقه، سطح ایستابی است. (شکل ۳-۳ الف و ب)



شکل ۳-۳ الف) توزیع آب زیرزمینی در خاک، ب) کمرندهای منطقه تهویه

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

پیوند با فیزیک



شکل ۳-۴ چشمه

عمق سطح ایستابی در مناطق مختلف، متفاوت است. در بعضی 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 به صورت چشمه در سطح زمین ظاهر می‌شود (شکل ۳-۴).

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

یادآوری

دانشمندان علوم زمین

• برخی از دانشمندان ایرانی دربارهٔ آب‌های زیرزمینی، نظرات ارزنده‌ای ارائه کرده‌اند. ابوبکر محمد بن الحسن الحاسب کرجی (قرن چهارم و پنجم هـ.ق) کتابی با عنوان «استخراج آب‌های پنهانی» دربارهٔ منشأ و روش‌های استخراج آب زیرزمینی نوشته است. ابوریحان بیرونی (قرن چهارم و پنجم هـ.ق) در کتاب «آثار الباقیه» منشأ آب چشمه‌ها و علت تغییر مقدار آب آن‌ها را ذکر کرده است. وی خروج آب از چاه‌های آرتزین را براساس قانون ظروف مرتبطه بیان کرده است. ابوحاتم مظفر اسفزاری (قرن پنجم و ششم هـ.ق) در «رسالة آثار علوی» مطالبی دربارهٔ شکل‌گیری چشمه‌ها و رودها، نفوذ آب به داخل زمین و تغییر کیفیت آب به دلیل وجود کانی‌های قابل حل در مسیر آب، عنوان کرده 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 پوکۀ معدنی یا پس از تشکیل سنگ به صورت ثانویه بر اثر شکستگی، هوازدگی، انحلال یا عوامل دیگر در آن به وجود آمده‌اند.

مقدار تخلخل در رسوبات و سنگ‌ها به عوامل مختلفی مانند بافت (اندازه، شکل و طرز قرارگیری دانه‌ها)، جورشدگی، سیمان‌شدگی، میزان هوازدگی و تعداد درز و شکاف‌ها بستگی دارد. در رسوبات دانه‌ریز با آن که مقدار تخلخل زیاد است، ولی نفوذپذیری کم می‌شود؛ زیرا مجاری متصل‌کنندهٔ حفره‌ها بسیار کوچک است و نیروی موینگی زیاد در دیواره‌های این مجاری مانع عبور مایعات می‌گردد. با افزایش اندازهٔ دانه‌ها، ارتباط حفره‌های متصل به هم افزایش می‌یابد و رسوبات قادر به انتقال بیشتر آب می‌شوند. از طرفی، هر قدر جورشدگی (هم‌اندازه بودن قطر دانه‌ها) بیشتر باشد، تخلخل و نفوذپذیری هم زیادتر خواهد بود و اگر جورشدگی کمتر باشد، به دلیل قرار گرفتن ذرات ریز در فضای بین ذرات درشت، تخلخل و نفوذپذیری کاهش می‌یابد.

• هریک از تصاویر زیر را از نظر مقدار تخلخل با یکدیگر مقایسه کنید.

الف

ب

پ

ت

فکر کنید

مقدار تخلخل از بسیار کم 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:

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

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

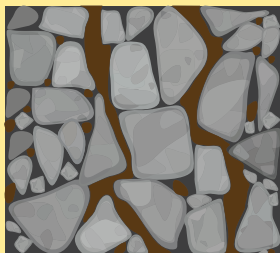
پیوند با ریاضی

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

فعالیت تکمیلی

● پوکۀ معدنی به عنوان عایق در ساختمان‌ها استفاده می‌شود. درباره علت کاربرد آن گفت‌وگو

کنید.



● در شکل مقابل، بخشی از یک سنگ مخزن نفت 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 نفت می‌گذارد. با دوستان خود بحث کنید.

آب‌خوان: وقتی ما بخواهیم مقدار قابل توجهی آب از زیر زمین برداشت کنیم، به دنبال یک لایۀ 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 و معمولاً چشمه‌ای در آن‌ها به وجود 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 لایۀ آبدار آزاد حفر شود، تراز آب در چاه، نمایانگر سطح ایستابی و در لایۀ آبدار تحت فشار، نشان‌دهنده سطح پیزومتریک است.

یادآوری

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

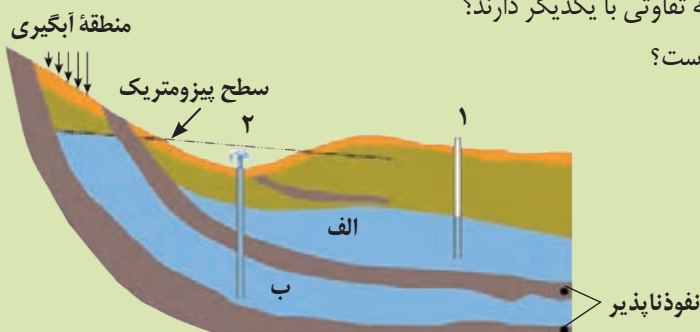
دهید:

۱- آب‌خوان چیست؟

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

۳- چاه‌های شماره ۱ و ۲ چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟

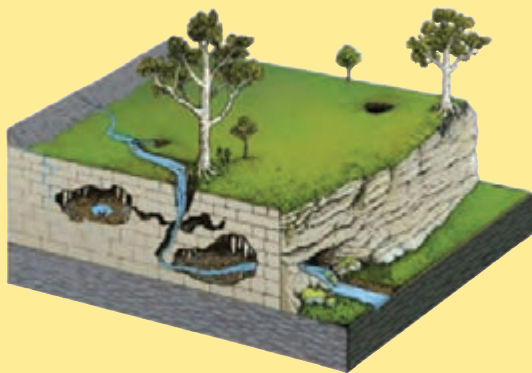
۴- کدام چاه از نوع آرتزین است؟



حرکت آب زیرزمینی: آب برای حرکت در داخل زمین، نیاز به انرژی دارد. آب زیرزمینی به طور کلی، از مکانی با انرژی بیشتر و سطح ایستابی بالاتر به مکانی با انرژی کمتر و در مسیری منحنی شکل حرکت می کند. این حرکت خیلی کندتر از حرکت آب در رودخانه است. سرعت حرکت آب در داخل آبخوان در نقاط مختلف از یک متر در روز تا یک متر در سال تغییر می کند.

بیشتر بدانید

• کارست نام ناحیه ای واقع در دالماسی در خاک کرواسی و نزدیک مرز ایتالیا است. سنگ های آهکی این ناحیه دارای چشم انداز ویژه ای است و اولین بار پدیده های انحلالی مربوط به سنگ های آهکی در این ناحیه مطالعه شده است. کارست ها حاصل انحلال سنگ های کربناته مانند سنگ های آهکی بوده و توسعه تخیل ثانویه در آن ها به فراوانی انجام شده است. این پدیده در سایر سنگ های انحلال پذیر مانند سنگ های سولفات و کلروره و سنگ گچ نیز اتفاق می افتد. کارست پدیده ای در پوسته زمین است که آثار آن به صورت اشکال مختلف از قبیل حفره ها و غارها، در سطح و در زیر سطح زمین وجود دارد. به علت وجود شکستگی های فراوان و قابلیت انحلال توده سنگی، یک سیستم گردش آب زیرزمینی در آن ها شکل می گیرد. در مناطقی که کارست توسعه یافته است، معمولاً فروچاله های حاصل از کارست ها، آب را می بلعند و با انتقال آب از سطح به اعماق باعث تغذیه آبخوان های مجاور خود و یا خروج آب به شکل چشمه های پر آب و دائمی می شوند. از طرفی توده های کارستی حساسیت بالایی به ورود آلاینده ها داشته و به سرعت موجب آلودگی آب های زیرزمینی خواهند شد.



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

فعالیت تکمیلی

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

مقدار 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 دادن آب می‌شوند و به‌دلیل نداشتن املاح غالباً برای آشامیدن و مصارف دیگر مطلوب‌اند. سنگ‌های رسوبی تبخیری مانند سنگ نمک و سنگ گچ (کانی‌های ژپس و انیدریت)، انحلال‌پذیری زیادی دارند و از این‌رو، آب این‌گونه آب‌خوان‌ها عموماً دارای املاح فراوان هستند. آب موجود در سنگ‌های رسوبی کربناتی، معمولاً از نوع آب‌های سخت است؛ یعنی درصد یون‌های کلسیم و منیزیم بیشتری دارد. این‌گونه آب‌ها به‌خوبی با صابون کف نمی‌کنند و رسوباتی را در لوله‌ها و ظرف‌ها ته‌نشین می‌کنند، به همین جهت، استفاده از آن‌ها در صنعت و آشامیدن دارای محدودیت‌هایی است.

پیوند با شیمی

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

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

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

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 ندارند، املاح زیادی دارند. در نواحی خشک، مانند مناطق کویری ایران، در برخی نقاط، شوری آب چنان زیاد است که برای بسیاری از مصارف، نامناسب است. در این نواحی تبخیر آب از منطقه تهویه منجر به ته‌نشینی موادی در خاک شده که این امر برای کشاورزی نامناسب است.

جمع‌آوری اطلاعات

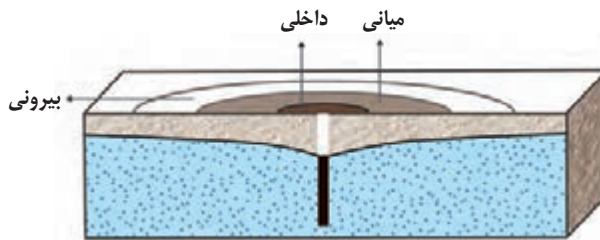
● برای اندازه‌گیری مقدار مواد جامد معلق در آب مانند مواد آلی، غیرآلی یا معدنی از TDS (Total Dissolved Solid) استفاده می‌شود که اگر مقدار آن در واحد آب زیاد باشد، منجر به کاهش کیفیت آب می‌شود. گفتنی است که مقدار TDS استاندارد در آب آشامیدنی باید در بازه ۲۰ تا ۹۰ ppm باشد و افزایش یا کاهش مقدار آن مشکلات 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. سختی آب به معنای مقدار ترکیبات کربناتی و غیرکربناتی کلسیم و منیزیم و سایر فلزات سنگین در آب است، درحالی که TDS به مقدار کل مواد آلی و غیرآلی موجود در آب گفته می‌شود. درباره 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. 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 آلوده کننده از یک نقطه مشخص، مانند یک چاه فاضلاب (چاه جذبی) به طور مستقیم وارد آب زیرزمینی می‌شوند. از آن جا که اکثر شهرهای ایران فاقد سیستم جمع‌آوری تصفیه و انتقال فاضلاب‌های خانگی هستند، فاضلاب به طور مستقیم وارد چاه آب می‌شود. در حالت غیرنقطه‌ای، مواد آلوده کننده به وسیله رواناب‌های آلوده از سطح مراتع و یا زمین‌های کشاورزی به زمین نفوذ کرده و وارد آب زیرزمینی می‌شوند.

حريم منابع آب: کیفیت منابع آب زیرزمینی به وسیله کودهای

کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و شهری و همچنین کمیت آن‌ها از طریق بهره‌برداری زیاد، در معرض تهدید است. بنابراین حفاظت از این منابع، دارای اهمیت زیادی است. یکی از روش‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی، تعیین حریم برای آن‌هاست. 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



شکل ۳-۵- پهنه‌های حفاظتی چاه آب

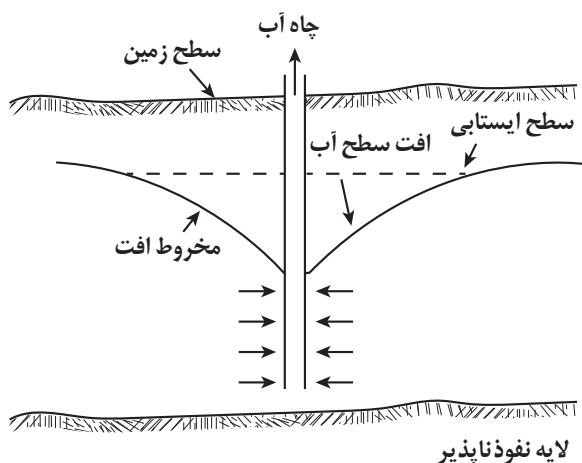
چاه‌های تأمین کننده آب شرب، به صورت پهنه‌های حفاظتی تعریف می‌شود. منظور از پهنه‌های حفاظتی، محدوده‌ای در اطراف چاه است که آلاینده قبل از رسیدن به چاه از بین می‌رود. پهنه‌های حفاظتی، معمولاً شامل سه بخش داخلی، میانی و بیرونی است (شکل ۳-۵). در حریم داخلی هرگونه فعالیت آلوده کننده‌ای، ممنوع است. لازم به ذکر است که پس از آلوده شدن آب‌خوان هیچ نوع راه حل ارزان و سریعی برای از بین بردن آلودگی از این منابع وجود ندارد.

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

به طور مثال حداقل حریم بهداشتی برای آلاینده‌های میکروبی باید دارای شعاعی حدود ۱۰۰ متر در اطراف چاه آب باشد. مطالعات نشان داده است 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. زمانی که سرعت حرکت آب آلوده در خاک آرام و کند باشد، برخی میکروب‌های بیماری‌زا به دلیل دمای پایین خاک‌ها و کمبود مواد غذایی، پس از گذشت چند هفته از بین می‌روند و به چاه آب وارد نمی‌شوند.

بهره‌برداری از آب زیرزمینی: انسان به وسیله چاه و قنات

آب‌های زیر زمین را خارج می‌کند. چاه حفره‌ای است که از سطح زمین تا منطقه اشباع حفر می‌شود و در نتیجه 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 به تدریج در اطراف چاه پایین می‌رود و مخروط افت را تشکیل می‌دهد. بر اثر افت سطح آب اطراف چاه، جریان طبیعی آب زیرزمینی تغییر می‌کند و آب از نقاط دورتر و اطراف چاه به سمت آن جریان می‌یابد (شکل ۳-۶).

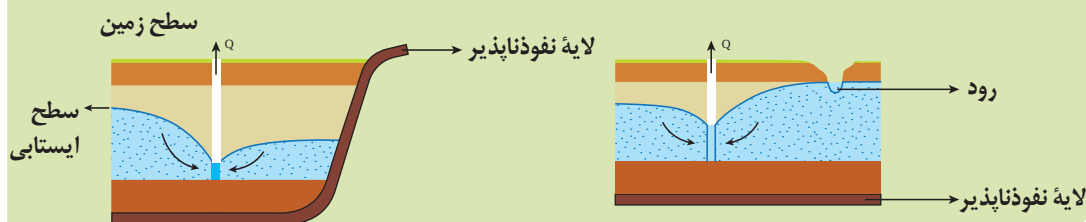


شکل ۳-۶- مخروط افت چاه آب

گفت و گو کنید

● شکل‌های زیر گسترش مخروط افت چاه در اثر بهره‌برداری و تلاقی آن با یک لایه نفوذناپذیر و یک رود را نشان می‌دهد. درباره تأثیر آن‌ها بر روی شکل مخروط افت و میزان آب ورودی به چاه گفت و گو کنید.

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



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

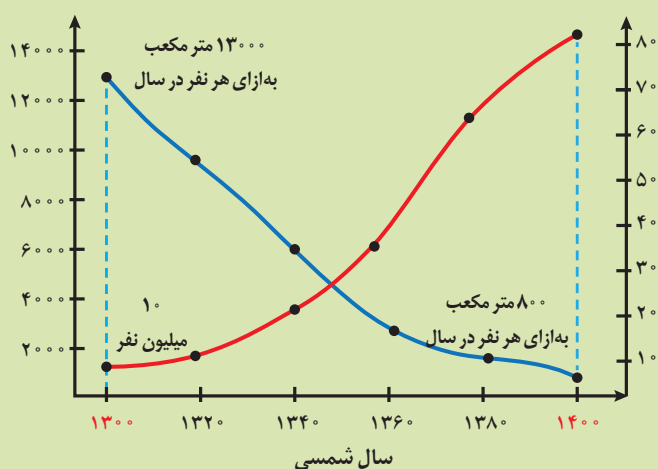
$$\Delta S = I - O$$

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

تفسیر کنید

سرانه آب تجدیدپذیر
(مترمکعب در سال بر نفر)

جمعیت کشور
(میلیون نفر)



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

«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. مهم‌ترین علت فرونشست سطح زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بهره‌برداری بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی است.

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

فرونشست زمین یا به صورت سریع، به شکل فروچاله ایجاد می‌شود (شکل ۳-۷ الف) یا آرام و نامحسوس به صورت نشست سطح وسیعی از منطقه و ایجاد ترک و شکاف در سطح زمین نمایان می‌شود (شکل ۳-۷ ب). این پدیده می‌تواند باعث مشکلاتی مانند کاهش حاصل‌خیزی خاک، لوله‌زایی (بالا آمدن لوله‌های آب از سطح زمین) (شکل ۳-۷ پ)، ریزش و کج شدن جداره‌چاه‌ها، تغییر شیب رودخانه‌ها و جاده‌ها، تغییر شیب سطح زمین و افزایش سیل‌خیزی منطقه شود.

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



پ) لوله‌زایی



ب) ترک و شکاف



الف) فروچاله

شکل ۳-۷- فرونشست زمین

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

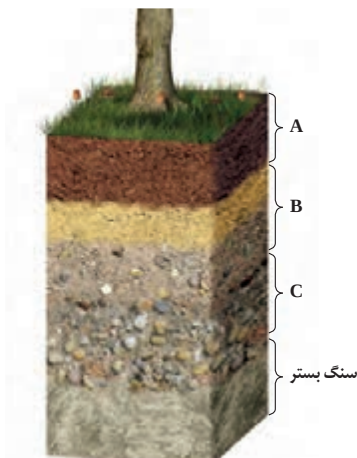
**فعالیت
تکمیلی**

منابع خاک

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

خاک از دو بخش آلی یا هوموس و معدنی تشکیل شده است. بیشترین حجم خاک را بخش معدنی تشکیل می‌دهد و شامل برخی کانی‌ها مانند کانی‌های رسی و کوارتز است 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 جان داران و اقلیم منطقه بستگی دارد. ذرات تشکیل دهنده خاک و رسوبات، بر حسب اندازه، به سه دسته اصلی درشت، متوسط و ریزدانه تقسیم می‌شوند. معمولاً خاک‌های طبیعی ترکیبی از آن‌هاست. 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؛



شکل ۳-۸- افق‌های خاک و سنگ بستر

به طوری که گردش آب و هوا به خوبی در بین ذرات صورت نمی‌گیرد و برای رشد گیاهان مناسب نیست. در خاک‌های شنی، آب به راحتی از میان ذرات عبور می‌کند؛ یعنی زه کشی خوبی دارد، اما برای رشد گیاهان مناسب نیست، چون آب و مواد مغذی را در خود نگه نمی‌دارد. مخلوط ماسه، رس و گياخاک ترکیبی مناسبی است که موجب حاصل خیزی خاک می‌شود. از این رو خاک لوم که غنی از مواد مغذی است، توانایی بالایی، در حفظ رطوبت داشته و خاک دل خواه 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 می‌گویند. معمولاً در نیم‌رخ خاک، افق‌های زیر وجود دارد (شکل ۳-۸).

افق A، بالاترین لایه خاک است که ریشه گیاهان در آن رشد می‌کنند. این افق، معمولاً حاوی گياخاک (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 گياخاک وجود دارد. افق C، خاک زیرین است و در آن، مواد سنگی به میزان کم، تخریب و تجزیه شده‌اند. در نتیجه سنگ اولیه تغییر زیادی نکرده و به صورت قطعات خرد شده است. در زیر این افق، سنگ بستر قرار دارد که تخریب و یا تجزیه‌ای در آن صورت نگرفته است. اگرچه این افق‌ها در بسیاری از نیم‌رخ خاک‌ها مشاهده می‌شود، ولی خاک‌های مناطق مختلف از نظر بافت، رنگ، ضخامت و ترکیب شیمیایی متفاوت هستند. خاک حاصل از تخریب اغلب سیلیکات‌ها و سنگ‌های فسفاتی، از نظر کشاورزی و صنعتی ارزش زیادی دارد. به طور 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 به طور جزئی حل می‌شود. در نتیجه خاک‌های حاصل از تخریب سنگ‌های دارای کانی مقاومی مانند کوارتز، غالباً شنی و ماسه‌ای و فاقد ارزش کشاورزی هستند. در کشاورزی، خاکی را حاصل خیز می‌گویند که موجب رشد بیشتر گیاه شود، مانند خاک‌های تشکیل شده در مناطق معتدل و مرطوب که هوازدگی شیمیایی در آن‌ها اهمیت بیشتری دارد.



● علت تنوع رنگ خاک در مناطق مختلف چیست؟

فعالیت تکمیلی

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

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

فرسایش آب های جاری: تاکنون رودهای کوچک یا بزرگی را دیده اید. بعضی از رودها آب زلالی دارند، ولی برخی دیگر گل آلودند. رودها همواره سطح زمین را در جایی می فرسایند و مواد حاصل را در جای دیگر ته نشین می کنند. فرسایش سطح زمین از لحظه فرود قطرات باران شروع می شود. هر قطره باران، در لحظه برخورد به زمین، دارای مقداری انرژی جنبشی است که می تواند ذرات خاک را سست و پراکنده کند. آن گاه این ذرات توسط آب های سطحی شسته می شوند. این گونه فرسایش که «فرسایش ورقه ای» خوانده می شود، نقش مهمی در فرسایش و شست و شوی خاک در سطح حوضه آب ریز دارد.

اگر سطح زمین به وسیله پوشش گیاهی محافظت نشده باشد، فرسایش بیشتری پیدا کرده و در سطح زمین مجاری و آب راه های کوچکی ایجاد می شود. با ادامه فرسایش این مجاری وسیع تر و عمیق تر می شود و شیارهای بزرگ تری به وجود می آید. مهم ترین ویژگی های 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 زمین های بارز کشاورزی می شود. پیدایش

خندق ها علاوه بر آن که از ارزش زمین های کشاورزی می کاهد، باعث تخریب جاده ها، پل ها و ساختمان ها می شود. در اغلب شرایط می توان با ساخت کانال و ایجاد پوشش گیاهی انرژی جریان آب را کاهش داد (شکل ۹-۳).



شکل ۹-۳- فرسایش خندقی

قدرت فرساینده گی 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 فرساینده گی آن بیشتر می شود. قدرت فرساینده گی آب خالص کمتر از آب دارای مواد معلق است. وقتی میزان مواد معلق بیشتر از توان حمل رواناب باشد یا از سرعت آب جاری کاسته شود و انرژی خود را از دست بدهد، رسوب گذاری رود شروع می گردد. سرعت رود وقتی کم می شود که درجه شیب بستر آن کاهش یابد و بسترش عریض شود، یا مقدار آب آن کاهش یابد. رودها مخصوصاً زمانی سرعت خود را از دست می دهند که وارد دریا و یا مخزن سدها شوند و در این جاست که تمام مواد همراهشان رسوب خواهد کرد.

● پس از ته نشین 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 رسوب گذاری 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 رسوب گذاری آغاز می‌شود و تا قبل از دگرگونی ادامه پیدا می‌کند. محدوده دمایی دیاژنز بین صفر تا ۲۰۰ درجه سانتی گراد 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 سیمان شدگی 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 میلی متر)	قطعه سنگ قلوه سنگ ریگ شن	کنگلومرا (ذرات گرد) یا برش (ذرات زاویه دار)
دانه متوسط (۲- ۱/۶ میلی متر)	ماسه	ماسه سنگ
دانه ریز (کوچک‌تر از ۱/۶ میلی متر)	سیلت سیلت + رس رس	سیلت سنگ گل‌سنگ شیل

فرسایش خاک باعث کاهش ضخامت خاک، مواد معدنی و آلی از آن می‌شود و به تدریج حاصل خیزی خود را از دست می‌دهد. همچنین با ته‌نشینی رسوبات در آب‌راه‌ها و مخازن سدها و کاهش ظرفیت آب‌گیری آن‌ها، خسارت‌های فراوانی را ایجاد می‌کند. خاک‌های مارنی از فرسایش‌پذیرترین خاک‌ها به‌خصوص در مناطق خشک به حساب می‌آیند. مارن‌ها مخلوطی از ذرات منفصل آهک و رس‌اند که دارای فرسایش‌پذیری بالایی هستند و سالیانه مقادیر زیادی رسوب تولید می‌کنند که باعث کاهش حاصل خیزی خاک و کاهش ظرفیت مخازن سدها می‌شوند. از خصوصیات دیگر این نوع خاک‌ها می‌توان به نفوذپذیری کم، فقر پوشش گیاهی و شکل‌های مختلف فرسایشی مانند فرسایش خندقی اشاره کرد.

حفاظت آب و خاک: آب و خاک برای هر کشور به‌عنوان سرمایه‌های ارزشمند، اهمیت فراوانی دارند، زیرا از عوامل ضروری برای رشد گیاه و افزایش محصولات کشاورزی، باغی و جنگلی هستند. حفاظت آب و خاک علاوه بر آن که باعث جلوگیری از آلودگی هوا و فرسایش خاک می‌شود، با استفاده بهینه از این منابع موجب رسیدن به توسعه پایدار خواهد شد.

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



● سازندهای مارنی سطح وسیعی از کشور ایران را دربر گرفته‌اند. فرسایش پذیری بالای این سازندها در سطح حوضه‌های آب‌خیز کشور مسائل و مشکلات زیادی را به وجود آورده است. 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 به دلیل شناخت ناکافی از میزان حساسیت سازندهای مارنی در مقابل عوامل فرسایش بوده است. انباشت رسوب در برکه‌ها یا آب انبارها که همچنان مورد استفاده مردم بومی در تأمین آب شرب آن‌هاست، 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، حوضچه رسوب‌گیر می‌سازند، 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 زمینه چگونگی حرکت آب در درون زمین، اکتشاف و شناخت ویژگی‌های آب‌های زیرزمینی، شیوه بهره‌برداری و فعالیت‌های عمرانی و معدنی مرتبط با آب‌های زیرزمینی با 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 می‌یابد و در آن جا 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.

متخصصان این رشته در سازمان‌ها و شرکت‌های تابعه وزارت نیرو، وزارت جهاد کشاورزی، صنعت، معدن و تجارت، سازمان محیط‌زیست، شرکت‌های مهندسی مشاور مرتبط با تأمین و انتقال آب، سدسازی و تونل‌سازی، وزارت راه و شهرسازی، شهرداری‌ها و... می‌توانند به هدایت پروژه‌های عمرانی و پژوهشی بسیار کمک کنند.



فرسایش زمین و تشکیل دره توسط آب و باد



چین خوردگی - لایه‌های ماسه‌سنگی شمال سراوان (سیستان و بلوچستان)

۴ فصل

پویایی زمین

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





چین خوردگی



گسل (بزرگراه زنگان - میانه)



آتش فشان

برای بررسی عوامل ایجادکننده تغییرات بزرگ در سطح زمین لازم است نظریه زمین ساخت ورقه‌ای را بشناسیم و نشانه‌های پویایی سیاره زمین مانند تشکیل زمین لرزه‌ها، آتش فشان‌ها، چین خوردگی‌ها و شکستگی‌ها را به کمک آن تفسیر کنیم.

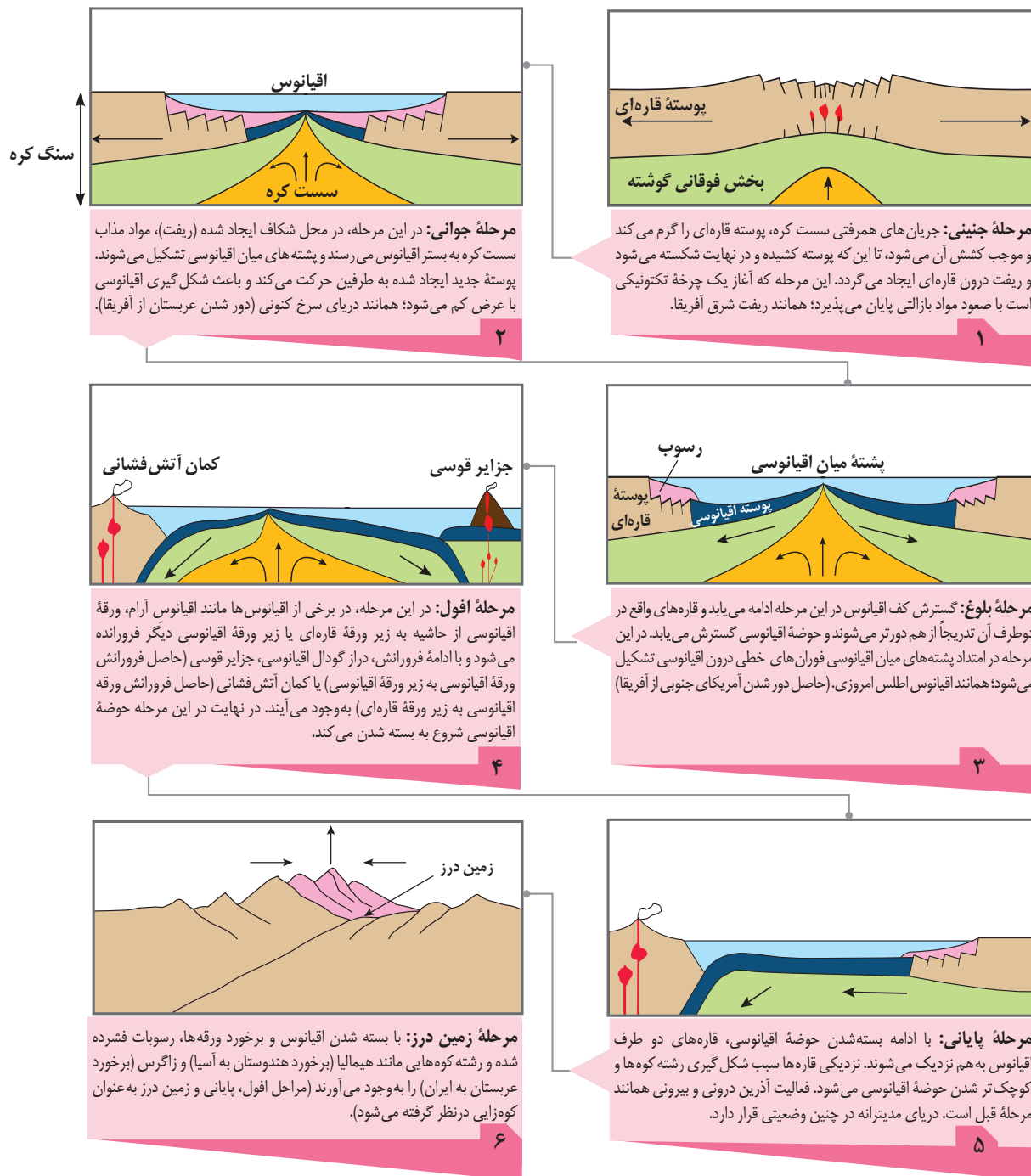
در سال‌های قبل با مفاهیم اولیه‌ای از سنگ کره، سازوکار حرکت ورقه‌ها و نظریه زمین ساخت ورقه‌ای آشنا شدید. نظریه‌ای که برای نخستین بار دید جامعی درباره فعالیت‌های درونی زمین به دانشمندان داد. این نظریه چنان جامع است که بیشتر فرایندهای زمین شناسی را به کمک آن می‌توان درک کرد.

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

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

با هم
بیندیشید

توزو ویلسون در سال ۱۹۶۸ میلادی چرخه‌ای را برای تکامل اقیانوس‌ها پیشنهاد کرد که به نام خود او معروف شد. این چرخه با ایجاد گسستگی در پوسته به صورت شکاف قاره‌ای (ریفت) شروع و با فرایند بازشدگی و ایجاد یک حوضه اقیانوسی ادامه پیدا می‌کند. طی این چرخه ابتدا یک ریفت (مثل شرق آفریقا) به اقیانوسی کم‌عرض همانند دریای سرخ و سپس به اقیانوسی با عرض نسبتاً زیاد همانند اطلس تبدیل می‌شود. با گذشت زمان و ادامه گسترش، بستر اقیانوس مجبور به فروانش در طرفین می‌گردد (اقیانوس آرام). سپس این اقیانوس وسیع به اقیانوس کوچکی که در حال بسته شدن است، تبدیل می‌شود (همانند مدیترانه). سرانجام قاره‌های دوطرف آن به هم برخورد می‌کنند و در نتیجه این برخورد کمربندهای کوه‌زایی شکل می‌گیرد (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۴. مراحل چرخه ویلسون

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

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

مقاومت سنگ، عبارت است از حداکثر تنش یا ترکیبی از تنش‌ها که سنگ می‌تواند تحمل کند، بدون آن که بشکند. سنگ‌ها بر اثر تنش تغییر شکل می‌دهند که مقدار و نوع تغییر شکل ایجاد شده، به رفتار آن‌ها در برابر تنش بستگی دارد. اگر با اعمال تنش سنگ‌ها دچار تغییر شکل شوند و با رفع تنش به حالت اولیه خود بازگردند، این رفتار سنگ کشسان یا الاستیک نامیده می‌شود.

اگر پس از رفع تنش، سنگ‌های تغییر شکل یافته به طور کامل به حالت اولیه برنگردد، این رفتار، خمیرسان یا پلاستیک نامیده می‌شود. اما اگر تنش ناگهانی و از حد مقاومت سنگ بیشتر شود، سنگ دچار شکستگی می‌شود (شکل ۲-۴). مطالعه شکستگی‌ها در هنگام ساخت جاده‌ها، سدها، تونل‌ها و سایر سازه‌های مهندسی اهمیت زیادی دارد. افزون بر آن، در تجمع آب‌های زیرزمینی و ذخایر نفت و گاز و تشکیل کان‌سنگ‌های گرمابی حائز اهمیت است.



(ب) رفتار شکننده سنگ‌ها



(الف) رفتار پلاستیک سنگ‌ها

شکل ۲-۴. انواع رفتار سنگ‌ها در برابر تنش

موقعیت لایه‌ها

سنگ‌های رسوبی به صورت لایه لایه تشکیل می‌شوند. هرگاه لایه‌ها تحت تأثیر نیروهای درونی قرار گیرند، به تدریج از حالت افقی خارج می‌گردند. وضعیت لایه‌های غیرافقی را از روی امتداد و شیب آن‌ها تشخیص می‌دهیم.

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

امتداد لایه با استفاده از سه مؤلفه نمایش داده می‌شود. مؤلفه اول، معرف شمال/جنوب (N برای شمال و S برای جنوب) است. مؤلفه دوم، اندازه زاویه (۰ تا ۹۰ درجه) را نمایش می‌دهد. مؤلفه سوم، شرق/غرب (E برای شرق و W برای غرب) را مشخص می‌کند.

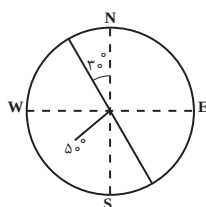
به عنوان مثال، در شکل ۴-۴ الف امتداد لایه در پهلوی غربی این چین ۳۰ درجه از شمال به سمت غرب انحراف دارد و به صورت N۳۰°W نمایش داده می‌شود.

● شیب لایه، مقدار زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق می‌سازد. شیب لایه بین صفر (لایه‌های افقی) تا 90° درجه (لایه‌های قائم) تغییر می‌کند (شکل ۳-۴).

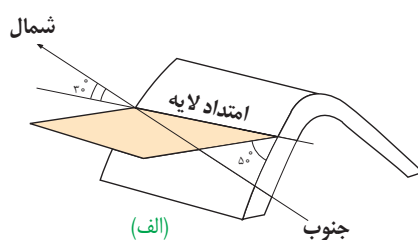
برای نمایش شیب، ابتدا اندازه زاویه، سپس جهت شمال/جنوب و در انتها شرق/غرب آورده می‌شود. شیب لایه زیر 50° درجه به سمت جنوب غرب است و به صورت SW 50° نمایش داده می‌شود.

به طور کلی موقعیت این لایه را به صورت N 30° W و SW 50° نشان می‌دهند.

علائم قراردادی برای نشان دادن امتداد و شیب یک لایه (شکل ۴-۴ ب).

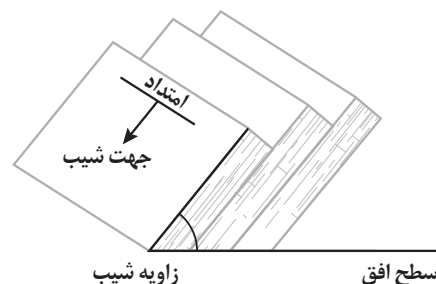


(ب)



(الف)

شکل ۴-۴- تعیین شیب و امتداد لایه



شکل ۴-۳- شیب لایه

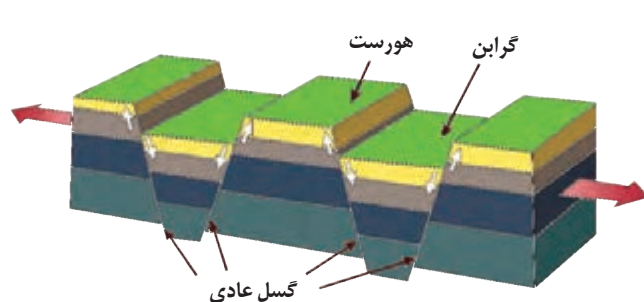
شکستگی‌ها

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

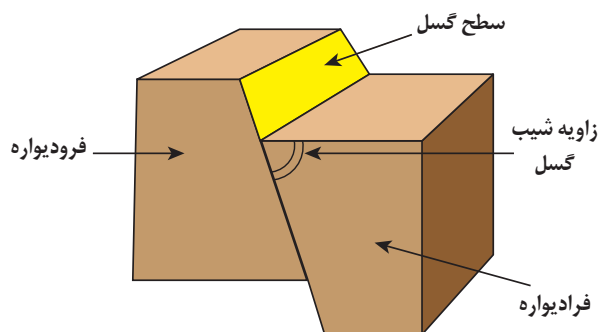
سطحی که شکستگی و جابه‌جایی در امتداد آن اتفاق افتاده است، سطح گسل نام دارد. سطح گسل ممکن است قائم، مایل یا افقی باشد. اگر سطح گسل مایل باشد، به طبقات روی سطح گسل، فرادیواره و به طبقات زیر سطح گسل، فرودیواره می‌گویند. زاویه‌ای که سطح گسل با سطح افق می‌سازد، زاویه شیب سطح گسل نامیده می‌شود (شکل ۴-۵ الف).

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 است. این وضعیت در گسل‌های عادی برعکس است و فرادیواره جوان‌تر از فرودیواره است.

در بخش‌هایی از پوسته زمین که تحت تنش‌های کششی قرار دارند، ممکن است تعدادی گسل عادی ایجاد شود و به این ترتیب بخش‌هایی از پوسته پایین بیفتد و ساختی به نام فروزمین (گراین) را بسازد و بخش‌هایی بالا رود و ساختی به نام فرازمین (هورست) را بسازد (شکل ۴-۵ ب).



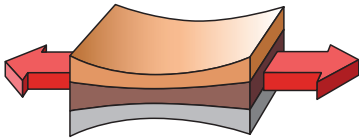
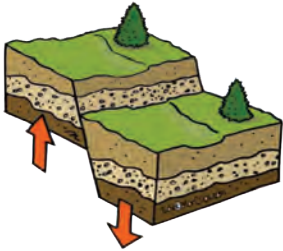
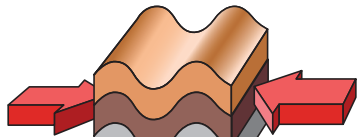
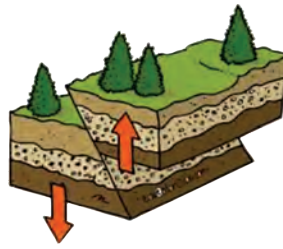
(ب) فرازمین و فروزمین



(الف) گسل

شکل ۴-۵

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

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

● نوع گسل‌ها را مشخص کنید.

فکر کنید



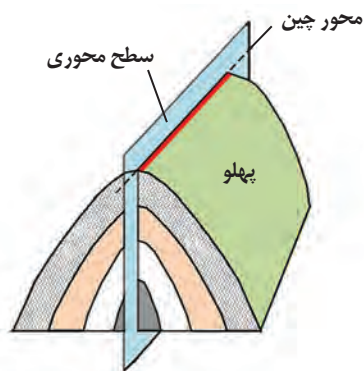
(ب)



(الف)

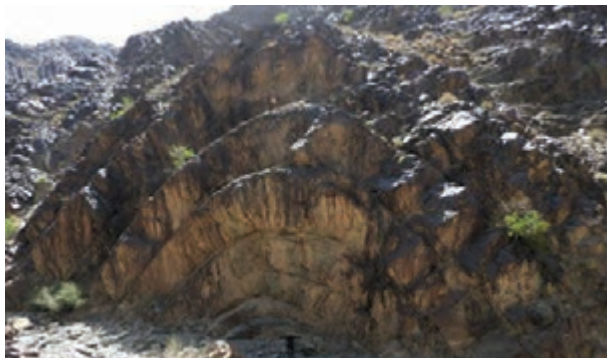
چین خوردگی

تنش‌های فشاری وارده بر لایه، باعث خم شدن تدریجی لایه‌ها و چین خوردن آن‌ها می‌شود. چین‌ها بر اثر رفتارهای خمیری در سنگ‌ها تشکیل می‌شوند و از چند سانتی‌متر تا چندین کیلومتر می‌توانند طول و عرض داشته باشند. رشته کوه‌هایی مانند البرز و زاگرس، حاصل چین خوردگی بخشی از سنگ کره هستند.



شکل ۴-۶- اجزای یک چین

سطحی فرضی را 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، پهلوی یا یال چین می‌گویند. فصل مشترک سطح محوری با سطح لایه را محور چین می‌نامند. چین‌ها به شکل‌های تک‌شیب، تاقدیس و ناودیس دیده می‌شوند. در صورتی که لایه‌های سنگی طوری خم شوند که لایه‌های قدیمی‌تر در مرکز و لایه‌های جدیدتر در حاشیه قرار گیرند، تاقدیس تشکیل می‌شود و چنانچه لایه‌های جدیدتر در مرکز و لایه‌های قدیمی‌تر در حاشیه چین قرار گیرند، ناودیس به وجود می‌آید.



(ب) تاقدیس حوالی سراوان - سیستان و بلوچستان



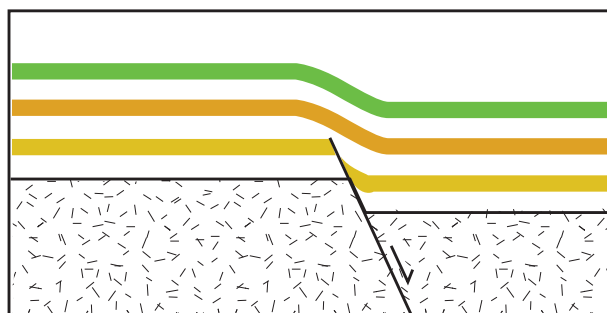
(الف) ناودیس دهدشت - کهگیلویه و بویراحمد

شکل ۴-۷- انواع چین

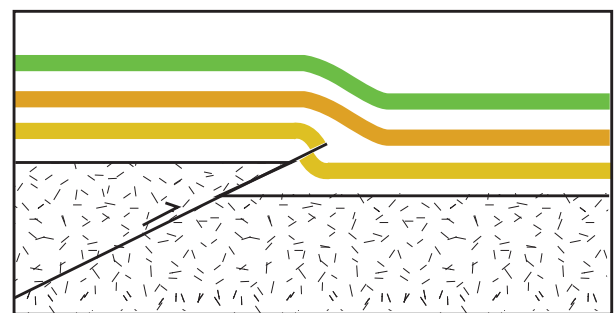


شکل ۴-۸- چین تک‌شیب

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 ۴-۹).



(ب) گسل عادی



(الف) گسل معکوس

شکل ۴-۹- مراحل تشکیل چین تک‌شیب (الف) توسط گسل معکوس و (ب) توسط گسل عادی

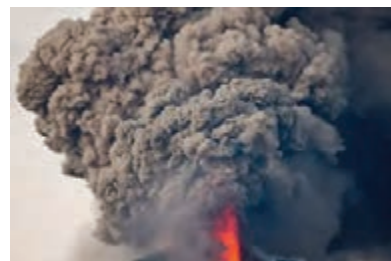
امروزه فعالیت‌های آتش فشانی زیادی در تمام نقاط کره زمین، داخل خشکی‌ها، در بستر اقیانوس‌ها، دریاها و دریاچه‌های بزرگ صورت می‌گیرد. مواد خارج شده از آتش فشان‌ها، به صورت جامد (تفرا)، مایع (لاوا یا گدازه) گاز و بخارهای آتش فشانی (فومرول) است.



پ) آتش فشان نیمه فعال با فعالیت فومرولی



ب) گدازه



الف) خاکستر آتش فشانی

شکل ۱۰-۴. انواع مواد خروجی از دهانه آتش فشان‌ها

جدول ۲-۴. اندازه ذرات جامد آتش فشان

نام ذرات	اندازه ذرات (میلی متر)	شکل ذرات
خاکستر	کوچک‌تر از ۲	
لاپیلی	بین ۲ تا ۳۲	
بلوک (زاویه دار) و بمب (دوکی شکل)	بزرگ‌تر از ۳۲	

تفرا: در برخی از آتش فشان‌ها که ماده مذاب به دلیل داشتن سیلیس فراوان، دارای گرانش زیاد است، فشار حاصل از تراکم گازها می‌تواند سبب انفجار شود. به مواد آتش فشانی جامد که به صورت ذرات ریز و درشت بر اثر فعالیت آتش فشان به هوا پرتاب می‌شوند، «تفرا» می‌گویند. با نشستن تفراها بر سطح زمین و به هم چسبیدن و سخت شدن آن‌ها، گروهی از سنگ‌ها، به نام سنگ‌های «آذرآواری» تشکیل می‌شوند. در صورتی که خاکستر آتش فشانی در محیط‌های دریایی کم عمق ته‌نشین شوند، «توف آتش فشانی» (نوعی سنگ آذرآواری) به وجود می‌آید. به عنوان مثال می‌توان توف‌های سبز البرز را نام برد.

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

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

فواید آتش فشان‌ها

مطالعه درون زمین: هر آتش فشان به منزله پنجره‌ای به درون زمین است که از طریق آن اطلاعاتی درباره پوسته و گوشته بالایی به دست می‌آید.

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

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

تشکیل خاک: خاکستر و گدازه آتش فشانی از دهانه آتش فشان خارج می‌شود و خاک حاصل خیزی را به وجود می‌آورد. برخی از مزارع قهوه مانند جزیره جاوه در اندونزی در خاک‌های حاصل خیزی که از خاکسترهای آتش فشانی تشکیل شده، کشت می‌شوند.

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

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

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



شکل ۱۱-۴- نیروگاه زمین گرمایی مشکین شهر - اردبیل

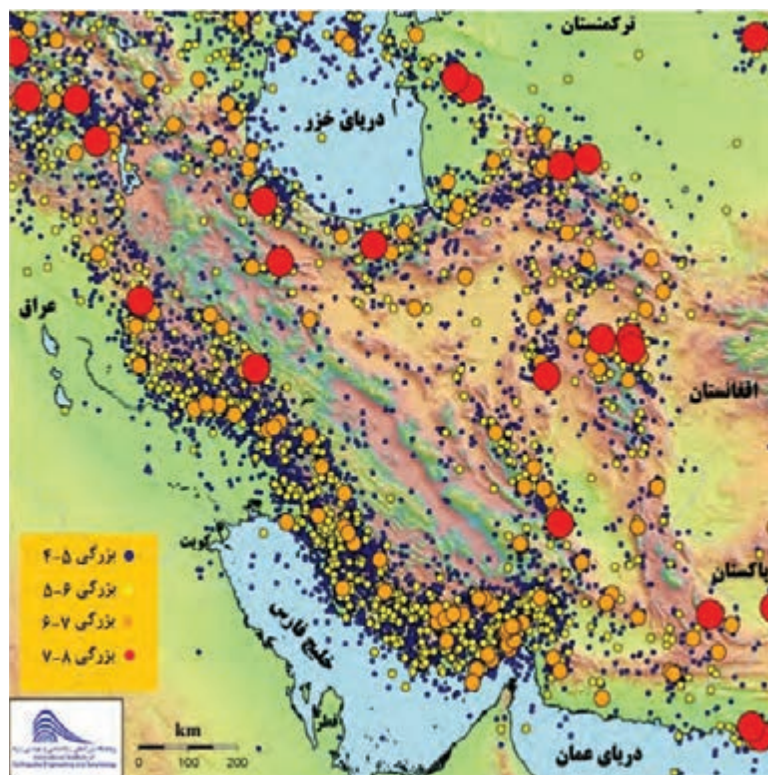
انرژی زمین گرمایی: در مناطق آتش فشانی، از گرمای درون زمین به عنوان انرژی زمین گرمایی استفاده می‌شود. کشور ایسلند بخش عمده انرژی مورد نیاز خود را از انرژی زمین گرمایی تأمین می‌کند. اولین نیروگاه زمین گرمایی خاورمیانه نیز در نزدیکی آتش فشان سبلان در استان اردبیل تأسیس شده است.

دیگر فواید: آتش فشان‌ها افزون بر خارج کردن انرژی درونی زمین، منجر به آرامش نسبی ورقه‌های سنگ کره می‌شوند. از انواع سنگ‌های آتش فشانی در نمای ساختمان‌ها و مصالح ساختمانی استفاده می‌شود.

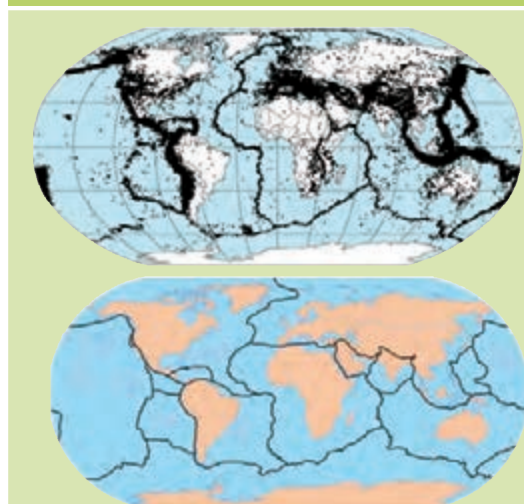
زمین لرزه، نشانه آشکاری از پویایی زمین و بخشی از نظام آفرینش این سیاره است. در هر زمین لرزه، مقدار انرژی انباشته شده در سنگ‌ها، به طور ناگهانی آزاد می‌شود و به صورت امواج لرزه‌ای به اطراف حرکت می‌کند. نگاهی به نقشه پراکندگی زمین لرزه‌ها نشان می‌دهد که توزیع آن‌ها، در همه جا یکسان نیست. علت اصلی زمین لرزه، حرکت ورقه‌های سنگ کره است. بیشتر زمین لرزه‌های دنیا در حاشیه ورقه‌های سنگ کره رخ می‌دهند. در این مناطق نیروهایی که در نتیجه حرکت ورقه‌های سنگ کره به وجود می‌آیند، مجموعه سنگی یک ناحیه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. سنگ‌های سازنده سنگ کره در مقابل نیروی وارده، رفتار الاستیک از خود نشان می‌دهند. چنانچه تنش از مقاومت سنگ فراتر رود، سنگ‌ها دچار شکستگی می‌شوند و انرژی زمین لرزه از محل شکستگی به صورت امواج لرزه‌ای آزاد می‌شود. همه زمین لرزه‌ها بر

اثر شکستن سنگ ایجاد نمی‌شوند، بلکه تعدادی از آن‌ها در محل شکستگی‌های قدیمی اتفاق می‌افتند. هر زمین لرزه دارای پیش‌لرزه، لرزه اصلی و پس‌لرزه است. مدت زمان وقوع زمین لرزه از چند ثانیه تا حداکثر دو دقیقه می‌باشد.

کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند لرزه‌خیز آلپ-همالیا، تقریباً هر روز شاهد وقوع زمین لرزه در مناطق مختلف است. بسیاری از مناطق مسکونی ایران، بارها توسط زمین لرزه ویران شده‌اند. با نگاهی به شکل ۱۲-۴ می‌بینیم بسیاری از مناطق مسکونی، در معرض خطر زمین لرزه قرار دارند.



شکل ۱۲-۴. نقشه پراکندگی زمین لرزه‌های ایران با بزرگی بالای ۴ در بازه زمانی ۱۲۰ سال



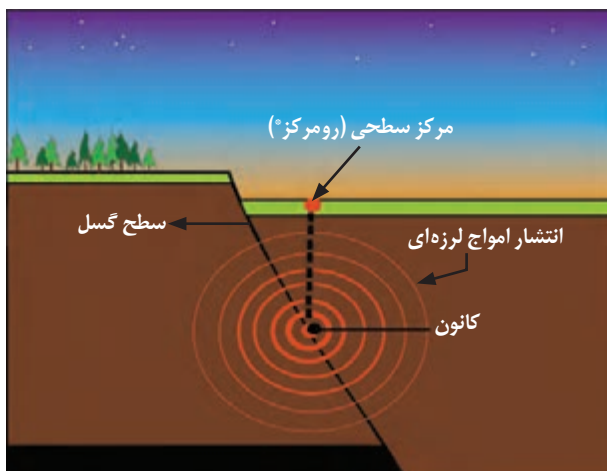
● در کتاب علوم تجربی پایه نهم با ورقه‌های سنگ کره آشنا شدید.

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

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

۲- دو تصویر روبه‌رو را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

با هم
بیندیشید



شکل ۱۳-۴. مشخصات محل وقوع زمین لرزه

کانون زمین لرزه: 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 زمین لرزه را نقطه فرض می‌کنند و آن را کانون می‌نامند. کانون اغلب زمین لرزه‌ها 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.

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

گفت و گو کنید

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

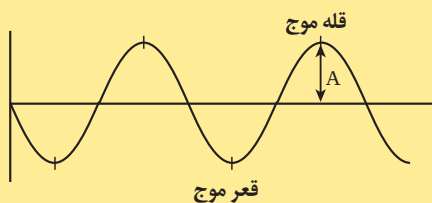
امواج لرزه‌ای

موج‌های مکانیکی (مانند امواج لرزه‌ای) 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. بدین ترتیب از روی تغییر سرعت امواج لرزه‌ای، می‌توان میزان تراکم مواد درونی زمین را تعیین نمود.

فکر کنید

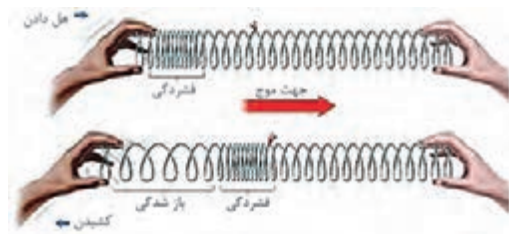
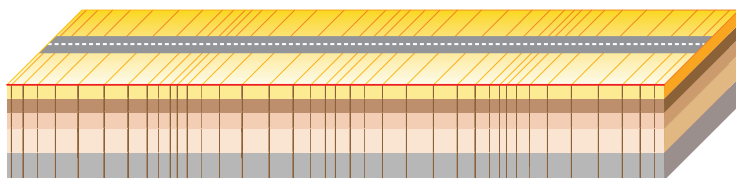
● عمق کانون چه تأثیری بر روی میزان خسارت و خرابی زمین لرزه دارد؟

جمع‌آوری اطلاعات



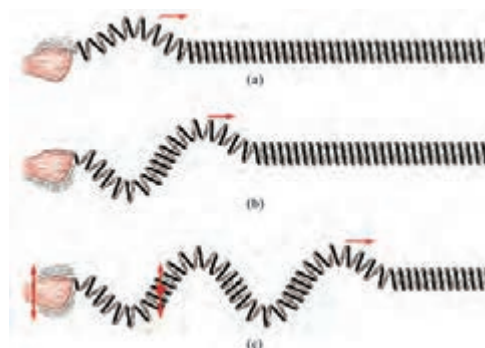
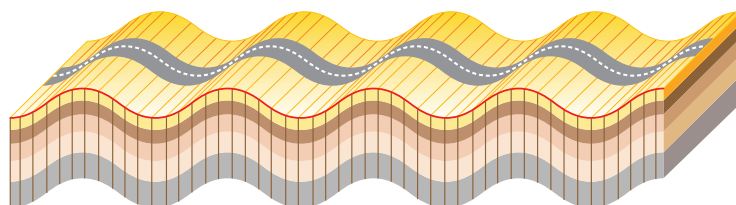
● اگر در یک محیط کشسان، ارتعاشی به وجود آید که باعث به وجود آمدن ارتعاش‌های پی‌درپی شود، یک موج مکانیکی همانند امواج زمین لرزه ایجاد می‌گردد. به برآمدگی‌های موج، قله و به فرورفتگی‌های آن، قعر موج گفته می‌شود. نصف فاصله قائم قله تا قعر، دامنه موج (A) نامیده می‌شود. درباره دامنه موج (A) در امواج لرزه‌ای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

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



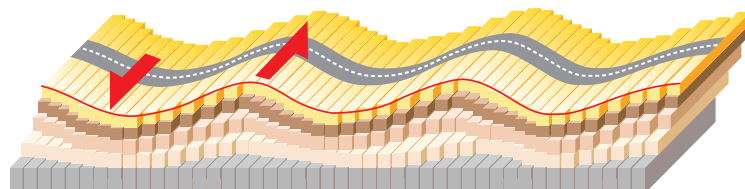
شکل ۴-۱۴- نحوه حرکت موج طولی P

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



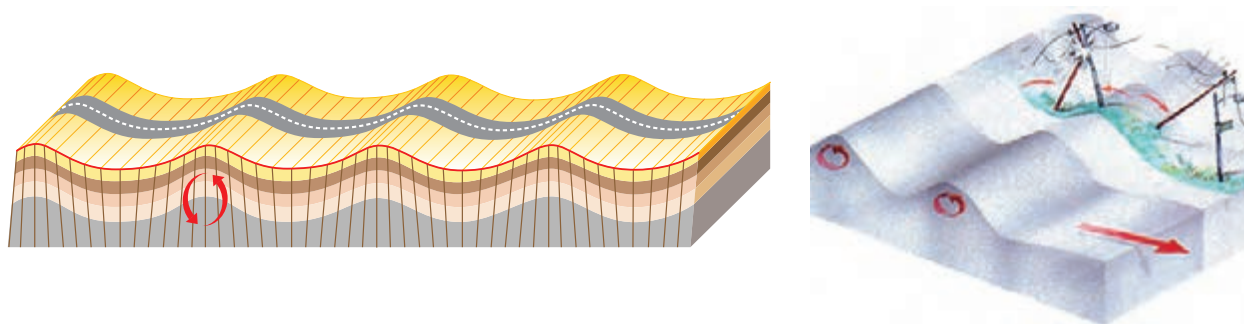
شکل ۴-۱۵- نحوه حرکت موج عرضی S

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



شکل ۴-۱۶- 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 می‌کند.



شکل ۱۷-۴- نحوه حرکت موج سطحی R

مقیاس اندازه‌گیری زمین لرزه

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

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

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

دانشمندان علوم زمین

چارلز ریشتر ژئوفیزیک‌دان با ارائه گزارش مطالعه زمین لرزه‌های کم عمق و عمیق که در سال ۱۹۳۸ به چاپ رسید، مقیاس خود را ابداع کرد و بعد از تکمیل این مقیاس با همکاری گوتنبرگ که با هم در مؤسسه تکنولوژی کالیفرنیا کار می‌کردند، اولین بار در سال ۱۹۳۵ از آن برای بیان بزرگی زمین لرزه استفاده کرد.



۱۹۰۰-۱۹۸۵ میلادی

● انواع مقیاس اندازه‌گیری بزرگای زمین لرزه

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

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

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

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

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

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

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

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

پیش‌بینی زمین لرزه

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

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

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

ایمنی در برابر زمین‌لرزه

قبل از وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

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

هنگام وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

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

بعد از وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

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

مهم ترین علت های آسیب دیدگی از زمین لرزه

- ۱- فرو ریختن ساختمان، شیشه های پنجره های شکسته و قطعات اثاثیه، (زیرا ممکن است پس لرزه ها سبب فرو ریختن آن ها شوند).
- ۲- خطرات آتش سوزی به علت شکستن لوله های گاز، اتصال سیم های برق به علت افتادن آن ها بر روی زمین

در ساختمان سازی باید به نکات زیر توجه کرد:

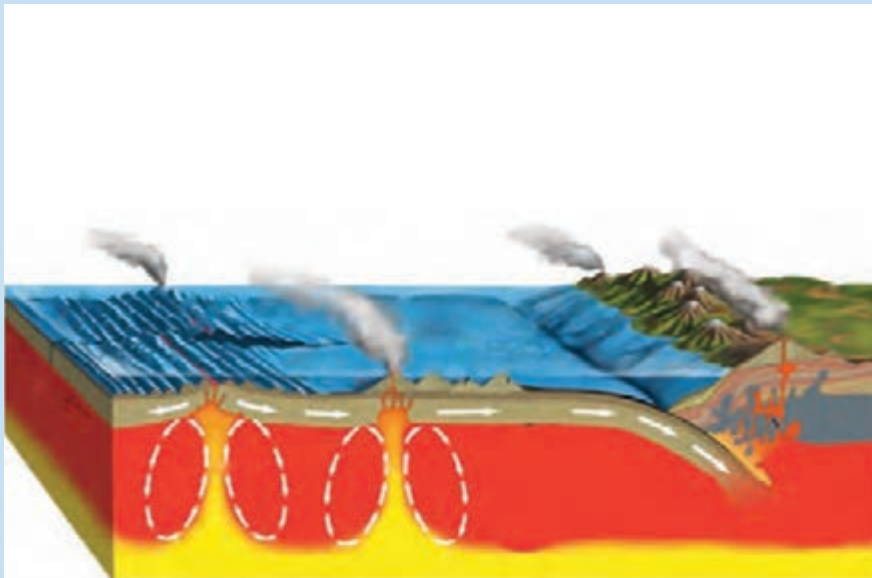
- ۱- ساختمان هر چه سبک تر باشد، بهتر است (به خصوص سقف ها).
- ۲- زمین های شیب دار محل مناسبی برای ساختمان سازی نیستند.
- ۳- ساختمان هایی که تقارن بیشتری دارند، مانند مکعب و مکعب مستطیل، از ساختمان های دیگر استحکام بیشتری دارند.
- ۴- در و پنجره زیاد، ساختمان را ضعیف می کند؛ بنابراین نباید تمام درها و پنجره ها را در یک طرف ساختمان قرار داد.
- ۵- مصالح ساختمانی به ترتیب از مناسب تا نامناسب عبارت اند از:
(الف) چوب؛ (ب) آجر با اسکلت بتنی؛ (پ) آجر بدون اسکلت بتنی؛ (ت) خشت.
- ۶- باید سقف ها و دیوارها به خوبی به یکدیگر متصل شوند.
- ۷- در ساختمان های اسکلت فلزی، چهارچوب های داخلی باید به وسیله تیر آهن های ضربدری به هم متصل شوند.
- ۸- نباید قسمت های جدیدی را به ساختمان قبلی اضافه کرد.
- ۹- ساختمان های خشتی نباید بیشتر از یک طبقه باشند.
- ۱۰- پشت دیوارهای خشتی را باید با حائل تقویت کرد.



● **ژئوفیزیک:** علمی میان رشته‌ای (فیزیک و زمین‌شناسی) است 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 مطالعه ساختمان درونی زمین که به راحتی در دسترس نیست و همچنین شناسایی ذخایر، معادن، نفت و آب‌های زیرزمینی می‌پردازند.



● **زمین ساخت (تکتونیک):** علم شناسایی و بررسی ساختارهای تشکیل دهنده پوسته زمین و نیروهای به وجودآورنده آن‌ها، چگونگی تشکیل رشته کوه‌ها، اقیانوس‌ها، زمین لرزه‌ها و حرکت ورقه‌های سنگ کره است. گسل‌ها، درزه‌ها، چین‌ها و دیگر ساختارهای زمین، نقش مهمی در تجمع منابع زیرزمینی و احداث پروژه‌های عمرانی دارند. متخصصان این رشته‌ها در مراکزی مانند سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مؤسسه ژئوفیزیک، پژوهشگاه زمین لرزه، مدیریت بحران، شهرداری‌ها و... به کار مشغول می‌شوند.



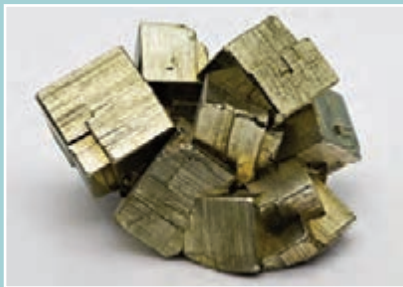


۵ فصل

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 محیط‌زیست وجود دارند، از سنگ‌کره منشأ می‌گیرند. این عناصر بر اثر فرایندهای مختلف و از طریق خاک، آب و هوا وارد چرخه طبیعت می‌شوند. آیا تاکنون به این فکر کرده‌اید که از طریق آب، غذا و هوا چه مواد و عناصری وارد بدن شما می‌شوند؟ آیا می‌دانید این مواد اثرات مثبت یا منفی بر بدن شما دارند؟ این مواد از کجا آمده‌اند؟





کانی پیریت (FeS_2)



کانی هالیت (NaCl)

زمین شناسی پزشکی

منشأ همهٔ عناصر سازندهٔ بدن انسان و سایر جانداران، زمین است. به عبارتی این عناصر، «زمین زاد» 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 نقش و تأثیر آن‌ها در سلامت انسان اشاره کرده‌اند.

● گاهی کانی هالیت به رنگ آبی دیده می‌شود. نمک آبی ایرانی از معادن دو شهر گرمسار و سمنان استخراج می‌شود.

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



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

بیشتر بدانید

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 را که از طریق هوا، آب و غذا، وارد بدن ما و دیگر موجودات زنده می‌شوند، مطالعه کنند. زمین‌شناسی پزشکی، یک علم درمانی نیست؛ بلکه به دنبال بررسی عامل بیماری‌های زمین‌زاد است. بنابراین ارتباط نزدیکی با زیست‌شناسی، شیمی، شاخه‌های علم پزشکی و دام‌پزشکی دارد.

چرخه بیوشیمیایی

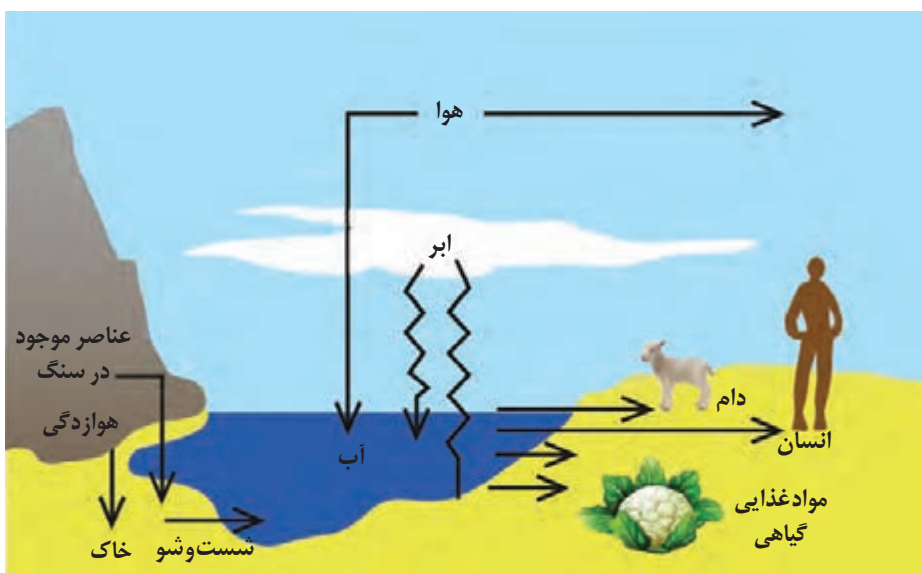
عناصر موجود در سنگ‌ها توسط فرایندهای زیستی و غیرزیستی از آن جدا می‌شوند و به خاک، آب و رسوبات منتقل می‌شوند، سپس همراه با چرخه غذایی به بدن حیوانات و گیاهان وارد می‌شوند. در ادامه عناصر مجدداً به خاک، رسوب و آب برمی‌گردند و با گذشت زمان طولانی دوباره به سنگ تبدیل می‌شوند. بنابراین سلامت انسان و سایر موجودات زنده، تحت تأثیر عوامل زمین‌شناسی و ترکیبات تشکیل‌دهنده کره زمین است (شکل ۵-۱).



دانشمندان علوم زمین

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

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



شکل ۵-۱- گردش عناصر و عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر سلامت انسان

تقسیم‌بندی بیوشیمیایی عناصر

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

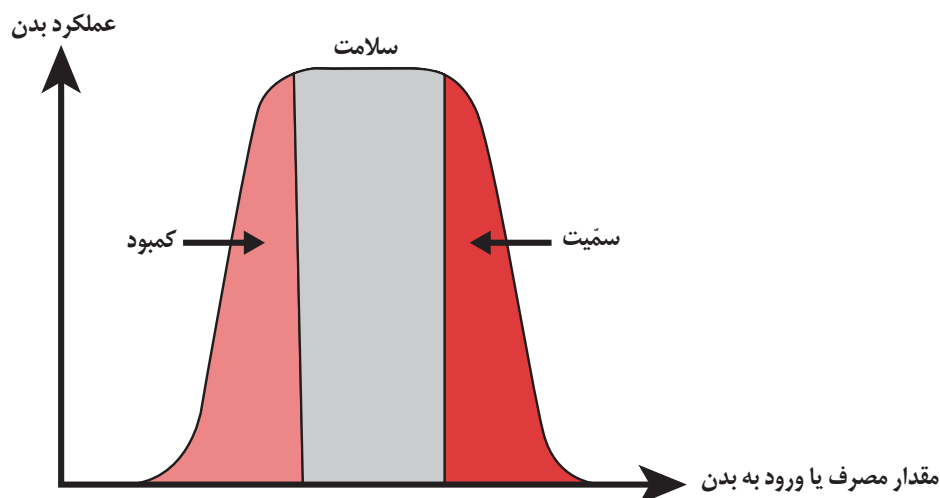
عناصر غیراساسی عناصری هستند که نقشی در فعالیت‌های بدن ندارند یا هنوز پیامدهای کمبود آن‌ها در بدن موجودات زنده اثبات نشده است.

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 ۵-۱).

جدول ۵-۱- طبقه‌بندی بیوشیمیایی عناصر

طبقه‌بندی عناصر	مقدار در توده بدن به درصد	عناصر	اهمیت در بدن
اصلی	۹۶	هیدروژن، کربن، نیتروژن و اکسیژن	اساسی
فرعی	۳/۷۸	سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، فسفر و کلر	اساسی
جزئی	۰/۲۲	آهن، سرب، منگنز، فلور، ید، سلنیم و...	اساسی - سمی



شکل ۵-۲- نمودار تأثیر عناصر جزئی اساسی بر سلامت انسان

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

پیوند با
پزشکی

ساکنان منطقه می شود. از این میان می توان به شیوع بیماری های دامی (مانند مسمومیت با فلزات) و گاهی انواع سرطان در نواحی مجاور کانسارها اشاره کرد. با نقشه ژئوشیمیایی مناطقی که در آن بیماری های خاصی شایع است، می توان به بررسی عوامل زمین شناسی مؤثر بر ایجاد آن ها پرداخت. مطالعات ژئوشیمیایی نشان می دهد که توزیع عناصر در زمین و ترکیب سنگ ها در مناطق مختلف، متفاوت است.



شکل ۴-۵. مقایسه عناصر تشکیل دهنده سنگ گرانیت و سنگ آهک

● درباره تأثیر منفی احتمالی سنگ آهک و گرانیت بر سلامت انسان تحقیق کنید و به کلاس گزارش دهید.

جمع آوری اطلاعات

منشأ بیماری های زمین زاد

آرسنیک: یک عنصر جزئی است و گستردگی وسیعی در پوسته زمین دارد. دو کانی اورپیمنت و رالگار، کانی های اصلی آرسنیک اند. این عنصر در برخی سنگ های آذرین، سنگ های دگرگونی و رسوبی (مانند شیل) دارای غلظت بالایی است. با این حال بیشترین مقدار عنصر آرسنیک در زغال سنگ ها متمرکز شده است. به طور کلی منابع ورود آرسنیک به محیط زیست شامل سوزاندن زغال سنگ آرسنیک دار، آب های زیرزمینی آلوده و معدن کاری است.

این عنصر از طریق آب های آلوده از زمین به گیاهان و جانوران منتقل می شود. راه ورود آن به بدن انسان از طریق جذب پوستی، تنفس و تغذیه است. برای یک نمونه از آن می توان به خشک کردن فلفل قرمز و ذرت در جنوب چین اشاره کرد. در این منطقه خشک کردن مواد غذایی توسط حرارت زغال سنگ های آلوده در محیط بسته، سبب آزاد شدن آرسنیک موجود در زغال سنگ و ورود به مواد غذایی و آلودگی آن شده بود.



شکل ۵-۵. کانی رالگار (AsS) - سمی



شکل ۶-۵. کانی اورپیمنت (As_2S_3) - سمی



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



شکل ۷- آب و خاک دارای آرسنیک و آهن

کشورهای زیادی در معرض آلودگی این عنصر هستند. حدود پنجاه سال پیش، در هندوستان و بنگلادش چاه‌های کم عمق زیادی حفر شد. مردم از این آب برای آبیاری مزارع برنج استفاده کردند. با این روش جدید، سطح زیر کشت و محصول برنج بالا رفت، اما این آب، حاوی مقدار زیادی آرسنیک بود و بیش از ۶۰ هزار نفر دچار مرگ زودرس شدند. بعد از شیوع بیماری‌های فراوان در 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 گرفت و کانی‌های پیریت آرسنیک‌دار موجود در آن‌ها دچار تخریب و هوازگی شد. آرسنیک آزاد شده از لایه‌های رسوبی به سرعت وارد آب‌های زیرزمینی منطقه شده و آن را آلوده کرده است.



خشک و شاکشی شدن پوست

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

پیوند با پزشکی

کادمیم: عنصری سمی و سرطان‌زا است 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 است. در طبیعت کانی‌های دارای کادمیم کم هستند.

● تأثیر منفی کادمیم بر سلامت انسان از زمانی مشخص شد که آب‌های معدنی سرشار از کادمیم از یک معدن روی و سرب، وارد رودخانه و مزارع برنج منطقه‌ای در ژاپن شد و پس از مدتی باعث شیوع بیماری ایتای ایتای (itai itai) شد. این بیماری، باعث تغییر شکل و نرمی استخوان در زنان مسن می‌شود. بعدها در مردم این منطقه، آسیب‌های کلیوی نیز رخ داد. با توجه به این که 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.

سرب: این عنصر همراه روی در سنگ‌های کربناته دیده می‌شود و معروف‌ترین کانی آن گالن است. این عنصر غالباً به صورت 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.



شکل ۹-۵. کانی گالن (PbS)

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

عوارض گوناگونی در نتیجه افزایش سرب در بدن انسان به وجود می‌آید که عمده آن‌ها در کودکان رخ می‌دهد و شایع‌ترین آن کاهش یادگیری و رشد ذهنی است. در بزرگسالان عوارض فشار خون بالا، مشکلات گوارشی، عصبی و مشکل تمرکز حافظه شایع‌تر است.



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

جیوه: جیوه عنصری سمی است که از منابع گوناگون مانند سنگ‌های آتش‌فشانی چشمه‌های آب گرم و طی فرایند استخراج مواد معدنی به محیط زیست وارد می‌شود. ملقمه کردن^۱ طلا با جیوه که یکی از شیوه‌های استحصال از کان سنگ است، منجر به آلودگی گسترده محیط با جیوه می‌شود.



شکل ۱۰-۵. کانی سینابر (HgS)

۱- ترکیب هر فلز با جیوه را ملقمه گویند.

قرارگیری دراز مدت در معرض جیوه از طریق استنشاق بخار جیوه، جذب پوستی 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

- دربارهٔ دلیل نام‌گذاری «رقص گربه‌ها» بر روی بیماری میناماتا تحقیق و در کلاس ارائه کنید.
- دربارهٔ ملقمه کردن طلا با جیوه و اثرات آن بر محیط‌زیست، اطلاعات جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.



شکل ۱۱-۵- کانی فلوئوریت (CaF_2)

فلوئور: فلوئور، یک عنصر اساسی است که کمبود یا مصرف زیاد آن، هر دو باعث بروز بیماری می‌شود و 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 می‌شود و می‌تواند در رواناب‌های سطحی یا به آب‌های زیرزمینی منطقه وارد شود. منشأ دیگر فلوئور، زغال سنگ است و بر اثر سوزاندن زغال سنگ حاوی فلوئور، مقدار زیادی فلوئور وارد محیط می‌شود. 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 است. کمبود فلوئور در رژیم غذایی از مدت‌ها پیش عامل پوسیدگی دندان، شناخته شده است و به همین دلیل برای جبران این کمبود مقداری فلوئور در ترکیب خمیردندان وارد می‌کنند. مصرف بالای فلوئور ممکن است برای انسان مسموم‌کننده باشد. میلیون‌ها نفر از مردم جهان از آبی استفاده می‌کنند که براساس استانداردهای جهانی فلوئور بالاتر از حد مجاز دارد. مشکل کمبود فلوئور را می‌توان با اضافه کردن میزان استاندارد فلوئور به آب آشامیدنی رفع کرد.

جمع‌آوری اطلاعات

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

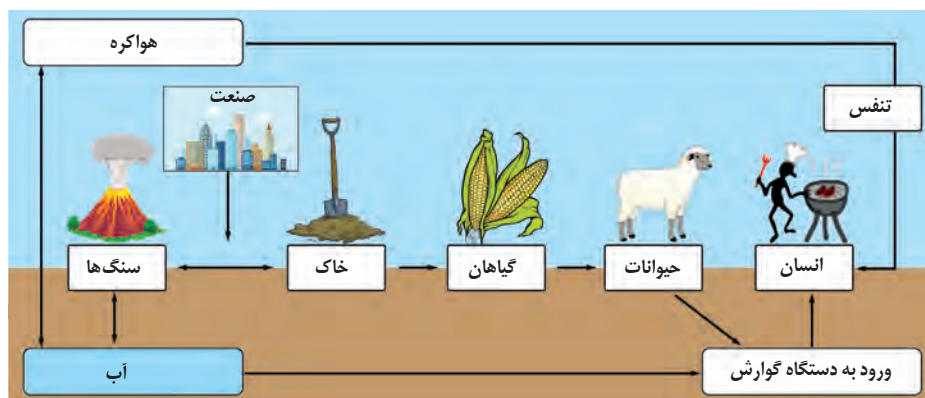


• در صورتی که آب‌های طبیعی، دارای بی‌هنجاری مثبت فلوراید باشد، حدود ۲ تا ۸ برابر مقدار معمول فلوراید را وارد بدن می‌کند. در این حالت، دندان‌ها با لکه‌های تیره‌ای پوشیده می‌شوند که زیبایی آن‌ها را از بین می‌برند. به این عارضه «فلورسیس دندان» می‌گویند

که عارضه‌ای بازگشت‌ناپذیر است و بر اثر تخریب بافت مینای دندان ایجاد می‌شود.

هنگامی که مصرف فلوراید افزایش یابد و به ۲۰ تا ۴۰ برابر حد مجاز برسد، تغییر شکل استخوان‌ها و خشکی غضروف‌ها در بدن انسان رخ می‌دهد. مصرف مقادیر بالای فلوئور، ممکن است برای انسان مسموم‌کننده باشد.

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



شکل ۱۲-۵- چرخه سلنیم



قلب طبیعی

بیماری کشان

• 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 و ایدز مقاوم می‌کند. مصرف بیش از حد آن نیز باعث مسمومیت می‌شود.



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



شکل ۱۳-۵- کانی اسفالریت (ZnS)

روی: عنصر روی، از عناصر فلزی مهم به‌شمار می‌رود و یک عنصر جزئی اساسی است. روی علاوه بر این که در کانی‌های سولفیدی به مقدار زیاد وجود دارد، در سنگ‌های کربناته و برخی سنگ‌های آتشفشانی نیز فراوان است. اسفالریت کانی اصلی روی است. 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 را که ارتباطی با سنگ‌شناسی و خاک‌های منطقه دارد، باید با وارد کردن عنصر روی به غذاها و داروهای مکمل حاوی روی رفع کرد.



شکل ۱۴-۵- کانی کلسیت ($CaCO_3$)

عناصر کلسیم و منیزیم: کلسیم فراوان‌ترین فلز در بدن انسان و عنصر تشکیل‌دهنده اصلی استخوان‌ها و دندان‌هاست. این عنصر در انجام فعالیت‌های عصبی و عضلانی بدن مؤثر است. منیزیم در فعال‌سازی آمینواسیدها و انتقال عصبی 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 و با زمین‌شناسی هر منطقه مرتبط است. مصرف زیاد کلسیم باعث تولید سنگ کلیه می‌شود.



شکل ۱۵-۵- کانی منیزیت ($MgCO_3$)

عنصر ید: ید یکی از عناصر اساسی و جزئی مورد نیاز بدن انسان است. مقدار زیاد آن سمی و کمبودش مشکلاتی را به وجود 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 شد. 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 از آب در خاک نفوذ کرد و نمک‌های بسیار انحلال‌پذیر ید را با خود شست و خاک‌های فقیر ید را بر جای گذاشت. کمبود ید در مناطق مختلف

جهان به خصوص مناطق کوهستانی دور از دریا، مناطق گرم و پرباران استوایی که فرسایش و بارندگی شدید، خاک را از بد فقیر می کند، بسیار شایع است. کمبود شدید این عنصر «کرتی نیسم» را به وجود می آورد که نتیجه آن توقف کامل رشد جسمی و ذهنی همراه با سوء تغذیه است.

غبارهای زمین زاد: پدیده ریزگرد از مهم ترین مشکلات زمین شناسی دهه های اخیر است. غباری که هر روز در حیات خانه ما فرو می ریزد، ممکن است از هزاران کیلومتر دورتر برخاسته باشد. گرد و غبار یا ریزگرد به ذرات بسیار کوچک و سبک، رس و سیلت اطلاق می شود که در اثر فرسایش بادی و گسترش بیابان زایی توسط باد تا مسافت های بسیار طولانی انتقال می یابد. به زمین ها یا پهنه های خشک و مستعد فرسایش بادی کانون گردوغبار گفته می شود.

اثرات توفان های گرد و غبار و ریزگردها

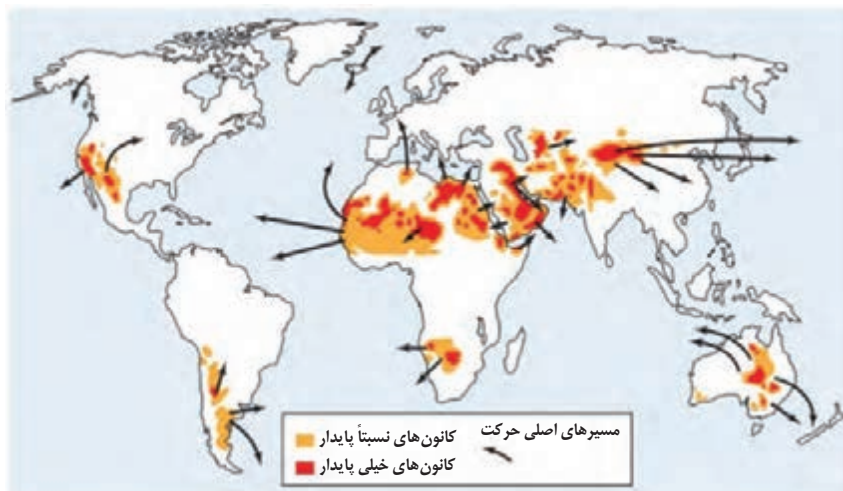
- کاهش میزان انرژی دریافتی از خورشید (غبارها گرما را بازتاب و زمین را سرد می کنند)
- انتقال باکتری های بیماری زا به مناطق پر جمعیت
- افت کیفیت هوا
- انتقال مواد سمی
- فراهم کردن مواد مغذی اساسی برای جنگل های بارانی مناطق گرمسیری
- هسته های رشد قطرات باران



شکل ۱۶-۵. توفان گردوغبار

ریزگردها می توانند به عنوان هسته های اولیه باران و برف برای تجمع بخار آب عمل کنند. بررسی ها نشان می دهد که بین مقدار باران و مه و مقدار ریزگردها رابطه مستقیم وجود دارد. این توفان ها باعث اختلال در زندگی روزمره می شود و اثرات مخرب زیست محیطی و اقتصادی زیادی را بر جوامع بشری می گذارد. رسوب گردوغبار با تأثیر بر فتوسنتز باعث کاهش تولید محصولات کشاورزی می شود.

زمین شناسان در مطالعات خود نوع کانی های تشکیل دهنده و ترکیب ژئوشیمیایی ریزگردها و غبارها را بررسی می کنند. آن ها طی این بررسی ها، سرچشمه ریزگردها را با روش های متعددی همچون تکنیک دورسنجی و ماهواره ای، ردیابی رسوب و یا تلفیقی از این روش ها بررسی و نحوه انتقال آن ها تا فواصل دور را مطالعه می کنند تا بتوانند پیامدهای حاصل از استنشاق غبارها بر سلامت انسان را پیش بینی و راهکارهایی برای کاهش اثرات آن ها پیدا کنند. ذرات بسیار ریز غبار با ورود به ریه، باعث بیماری های ریوی می شوند. هرچه غلظت این غبارها بیشتر باشد نرخ بیماری های مزمن دستگاه تنفسی و مرگ و میر مرتبط با آن افزایش می یابد.



شکل ۱۷-۵. نقشه کانون های اصلی گردوغبار و مسیر حرکت آن ها



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



شکل ۱۸-۵. در طی دو روز، ۱۰ میلیارد تن ماگما و ۲۰ میلیون تن گوگرد دی‌اکسید از آتش فشان فعال پیناتوبو در سال ۱۹۹۱م، خارج شد و شرایط آب و هوایی کرهٔ زمین را در طی سه سال تحت تأثیر قرار داد.

آتش فشان‌ها: فعالیت‌های آتش فشانی، فلزها و عناصر دیگر را از اعماق زمین به سطح می‌آورند. برای مثال بر اثر فوران آتش فشان 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. آتش فشان‌ها، 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.

● 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 این که راه ورود برخی از عناصر به بدن از طریق گیاهان است، آلودگی محیط رشد گیاهان دارویی به فلزات سنگین ممکن است باعث تغییرات قابل توجه در کمیت و کیفیت آن‌ها شود و این فلزات از این طریق وارد بدن گردند. تحقیقات مختلف نشان داده است، غلظت فلزات سنگین در گیاهان دارویی به محیط رشد آن‌ها، نوع گونهٔ گیاهی، شرایط خشک کردن، ذخیره‌سازی، حمل و نقل و فراوری آن‌ها بستگی دارد. سازمان بهداشت جهانی حداکثر مقدار مجاز کادمیوم، آرسنیک و سرب برای گیاهان دارویی را به ترتیب $\frac{3}{10}$ و ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم اعلام کرده و تا به امروز محدودیت خاصی برای عناصر دیگر مانند مس، روی، منگنز، مولیبدن و نیکل اعمال نکرده است. با توجه به عدم نظارت و نبود مقررات ملی برای جمع‌آوری گیاهان وحشی (طبیعی) و احتمال جمع‌آوری از مکان‌های آلوده به فلزات سنگین در ایران، ممکن است در مواردی این عناصر در گیاهان دارویی انباشته شوند.

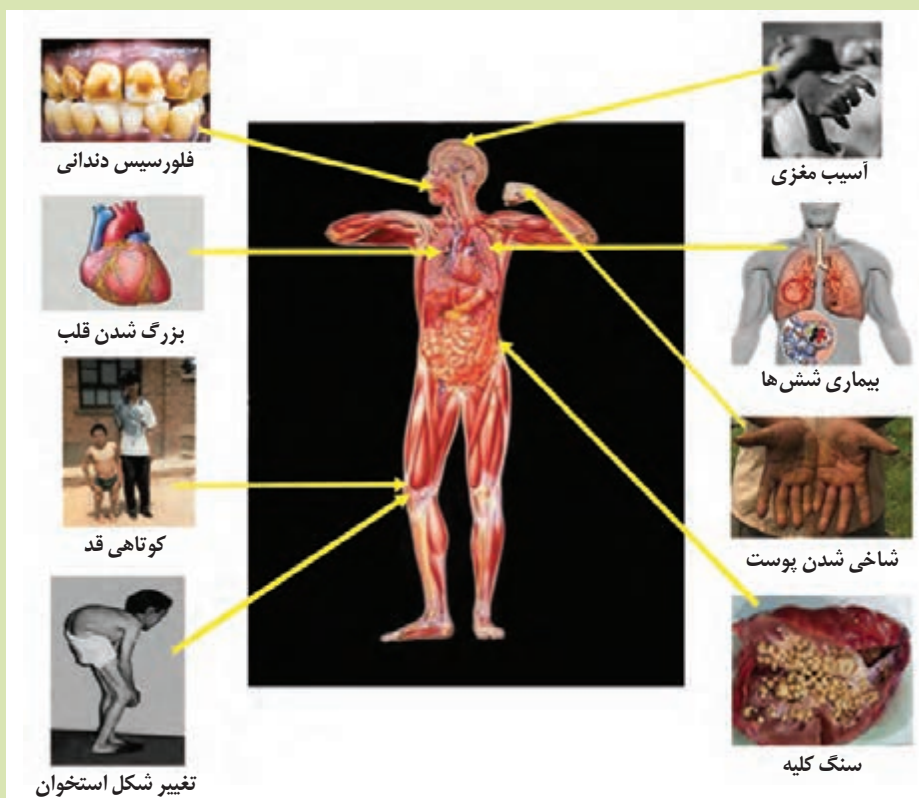
یادآوری



● در کتاب علوم تجربی پایه هشتم با کانی آریست و تأثیر آن بر سلامت انسان آشنا شدید. درباره استفاده از آریست (پنبه نسوز*) در ساخت وسایل مختلفی مانند لنت ترمز و... و اثرات آن، مطالبی جمع آوری 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، کاربردهای 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، به ویژه انواع رس‌ها استفاده می‌شود. در خمیر دندان‌ها کانی فلوئوریت و در صنایع آرایشی مانند کرم‌های ضد آفتاب، تالک، میکا و رس‌ها کاربرد دارند. پودر باریت به صورت 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.

امروزه از داروها و مکمل‌ها به خاطر دسترسی راحت، اغلب بیشتر از میزان مورد نیاز بدن استفاده می‌شود. این مصرف بی‌رویه باعث ایجاد مشکل و اختلالاتی برای سلامتی انسان می‌شود.

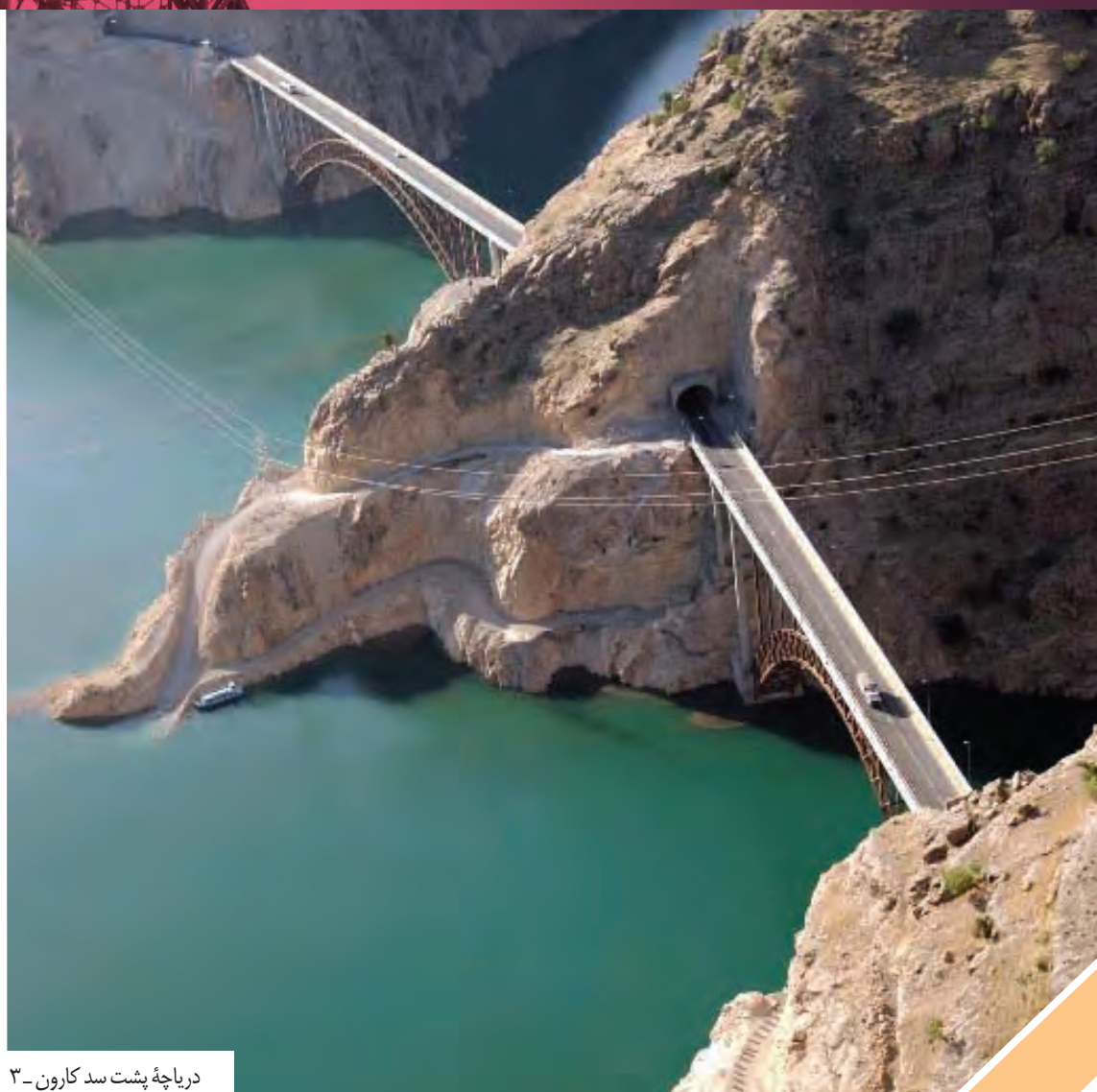
● **زمین‌شناسی زیست‌محیطی:** شاخه‌ای از علم زمین‌شناسی است که با استفاده از اصول زمین‌شناسی، به حل مسائل زیست‌محیطی می‌پردازد. بهره‌برداری بیش از اندازه از منابع و معادن، فرسایش خاک، افزایش روزافزون پسماندها، فاضلاب‌ها و مواد شیمیایی موجب آلودگی بخش‌های مختلف زمین از جمله آب، هوا و خاک شده است. زمین‌شناسان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



● **زمین‌شناسی پزشکی: منشأ**
بیشتر عناصر از زمین است که می‌تواند از طریق خاک، آب آلوده و زنجیره‌های غذایی وارد بدن انسان و سایر جانداران شود و آن‌ها را بیمار کند. برخی عناصر، برای بدن انسان و دیگر موجودات ضروری هستند. آهن در هموگلوبین و

فسفر و کلسیم در ساختار دندان و استخوان، نقش اساسی دارد، اما برخی ترکیب‌ها مانند نیتрат‌ها و عناصری مانند جیوه، 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 - ۳

۶

فصل

زمین‌شناسی و سازه‌های مهندسی

در زمین‌شناسی به سازه‌هایی که انسان می‌سازد، سازه مهندسی می‌گویند. این سازه‌ها مانند سدها، تونل‌ها، آسمان‌خراش‌ها، پل‌ها، موج‌شکن‌ها و غیره، صرف‌نظر از این‌که در سطح یا درون زمین احداث می‌شوند، به‌طور دائم از زمین و محیط اطراف آن تأثیر می‌پذیرند؛ بنابراین شناخت مناسب و دقیق زمین‌شناسی محل احداث آن‌ها از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است؛ به‌طوری‌که در زمان‌های بسیار قدیم، انسان‌ها با توجه به شناسایی دقیق محل سازه‌ها، توانسته‌اند بناهایی احداث کنند که هنوز پابرجاست. از نمونه‌های آن می‌توان به ستون‌های تخت‌جمشید، بنای چغازنبیل، اهرام مصر و دیوار چین اشاره نمود.





سد بتنی (سد شهید عباس پور - مسجد سلیمان)



تونل انتقال آب (تونل کانی سیب - پیرانشهر)



پل لالی (مسجد سلیمان - استان خوزستان)



موج شکن (چابهار)

مکان یابی سازه ها

در عصر شکوفایی دانش و فناوری، هر روز که می گذرد ساختمان های مرتفع تر، سدهای عظیم تر یا تونل هایی با عمق بیشتر احداث می شوند و اهمیت مطالعه پایداری زمین هرچه بیشتر آشکار می شود. احداث سازه بر روی زمین های نامناسب نظیر زمین های هوازده، باتلاقی، سست، اشباع، کارستی و غیره می تواند با مشکلات متعددی نظیر نشست نامتقارن پی سازه، ریزش و در نهایت تخریب سازه همراه شود (شکل های ۱-۶ و ۲-۶). بنابراین یکی از وظایف مهم زمین شناسان، شناسایی وضعیت زمین و سنگ بستر سازه ها و فرایندهای مخرب در اطراف آن است. در صورت تشخیص وجود مخاطرات زمین شناسی که باعث آسیب رسیدن به سازه می شود، زمین شناس باید راهکارهای مناسبی جهت مقابله و کاهش آسیب های احتمالی به سازه ها و تأسیسات مهندسی ارائه کند.



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



شکل ۱-۶- نشست نامتقارن پی در برج پیزا

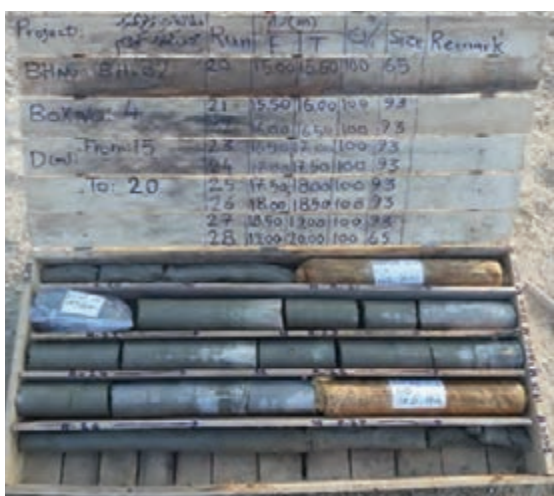
زمین‌شناسان برای به دست آوردن اطلاعات، باید در مطالعات آغازین یک پروژه مهندسی به شناسایی سطحی و گاهی زیرسطحی بپردازند.

برای شناسایی سطحی، با توجه به بازدهی‌های صحرایی از محل احداث پروژه، زمین‌شناس، اطلاعات زمین‌شناسی را جمع‌آوری می‌کند و سپس نقشه زمین‌شناسی از منطقه را ترسیم می‌کند.

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 (چال‌های باریک و عمیق) و چاهک‌های اکتشافی (چال‌های کم‌عمق) لایه‌های خاک و سنگ در اعماق مختلف شناسایی شود (شکل‌های ۳-۶ تا ۷-۶) نمونه‌های سنگ یا خاک برداشت شده به آزمایشگاه‌های تخصصی ارسال می‌شود و مقدار مقاومت آن‌ها در برابر تنش‌های وارده بررسی می‌گردد.

در روش غیرمستقیم بدون نمونه‌گیری از درون زمین، با استفاده از تجهیزات و ابزار ژئوفیزیکی مطالعات زمین‌شناسی مهندسی انجام می‌شود (شکل ۸-۶).



شکل ۴-۶- مغزه‌گیری توسط گمانه‌های اکتشافی



شکل ۳-۶- حفاری گمانه اکتشافی توسط دستگاه حفاری



۶-۶- ابزارهای مختلف آزمایشگاهی



۶-۵- ابزار مورد استفاده در حفاری‌های اکتشافی (سر مته حفاری)



۶-۸- نمونه‌هایی از تجهیزات لازم جهت مطالعات ژئوفیزیکی



۶-۷- تعدادی از تجهیزات صحرایی

جمع‌آوری اطلاعات

- انواع روش‌های مطالعات ژئوفیزیکی را مشخص کنید و سپس کاربرد آن‌ها در پروژه‌های مختلف را توضیح دهید.

عوامل مؤثر بر مکان‌یابی سازه‌ها

قبل از اجرای پروژه‌های عمرانی، 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 بررسی می‌شود. در ادامه به نقش هریک از این عوامل می‌پردازیم.

مقاومت زمین پی در برابر نیروهای وارده یکی از عوامل مهم در مکان‌یابی ساختگاه سازه‌هاست. به عنوان مثال، پشت یک سد، فشار زیادی از طرف آب به لایه‌های زیرین، تکیه‌گاه و همچنین بدنه سد، وارد می‌شود. سد نیز وزن زیادی دارد که گاه به چندین میلیون تن می‌رسد؛ بنابراین سنگ‌های پی سد، باید در برابر تنش‌های ناشی از وزن سد، مقاوم باشند و دچار گسیختگی و نشست نشوند. می‌دانیم که هر چه مقاومت سنگ در مقابل این تنش‌ها کمتر باشد، سنگ ناپایدارتر است و سطوح شکست بیشتری در آن ایجاد می‌شود. از این رو شکستگی سنگ‌ها و ایجاد درزه‌ها، باعث ناپایداری سنگ یا خاک در پی سازه‌ها می‌شود.

مقاومت انواع سنگ‌ها در برابر تنش وارده، متفاوت است. سنگ‌های آذرین نظیر بازالت‌ها و گرانیت‌ها در صورتی که هوازده نشده باشند، مقاومت بسیار زیادی دارند. احداث سازه‌ها می‌تواند در این سنگ‌ها مناسب باشد. به طور مثال پی سد امیرکبیر از جنس سنگ گابرو است. سنگ‌های رسوبی دارای رس مانند شیل‌ها (به علت تورق و سست بودن)، گل‌سنگ‌ها و سنگ‌های ماری (به علت افزایش حجم در مجاورت آب و تورم) و همچنین سنگ‌های تبخیری مانند سنگ گچ و سنگ نمک (به علت 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 غیرمتورق، مقاومت بسیار بالایی دارند و می‌توان از آن‌ها برای احداث سازه‌های سنگین استفاده کرد. برخی دیگر از سنگ‌های دگرگونی نظیر شیست‌ها به دلیل داشتن تورق، سست و ضعیف‌اند و برای پی‌سازه‌ها مناسب نیستند.

نفوذپذیری خاک‌ها و سنگ‌ها در مکان‌یابی پروژه‌های مهندسی، با استفاده از حفر گمانه‌های اکتشافی تعیین می‌شود. نفوذپذیری در سنگ‌ها متأثر از وضعیت درزه‌ها، شکستگی‌ها و حفره‌های موجود در آن‌هاست. در آبرفت‌ها هرچه ذرات رسوبی درشت‌دانه‌تر باشد، نفوذپذیری آن بیشتر خواهد بود.

سنگ‌های کربناتی به سنگ‌های رسوبی گفته می‌شود که بیش از ۵۰ درصد آن‌ها کانی‌های کربناتی مانند کلسیت و دولومیت باشد. این سنگ‌ها اغلب درزه‌دار هستند.

بخشی از سنگ‌های کربناته در معرض جریان آب‌های نفوذی و با گذشت زمان، حل می‌شوند و در آن‌ها حفره‌هایی تشکیل می‌شود که به آن‌ها حفره‌های 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 حفره‌های انحلالی برای حفر تونل‌ها و احداث سدها مناسب نیستند، زیرا مشکلات جدی از قبیل فرار آب یا نشست زمین را به همراه خواهند داشت (شکل ۹-۶). به‌طور مثال عدم شناسایی حفره‌های انحلالی پی سد لار در زمان ساخت، باعث فرار آب از زیر سد شده است (شکل ۱۱-۶).

سنگ آهک ضخیم لایه و فاقد حفره‌های انحلالی، پی و تکیه‌گاه خوبی برای احداث سازه‌های مهندسی است.



پ) ایجاد غارهای کارستی



ب) تشکیل حفره‌های انحلالی



الف) گسترش درز و شکاف موجود در آهک

شکل ۹-۶- 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 کوتاه، حفره‌های انحلالی فراوانی درون سنگ ایجاد می‌شود و باعث فرار آب از مخزن سد و همچنین ناپایداری بدنه سد می‌گردد. علاوه بر موضوعات مطرح شده، حتی وجود لایه‌های گچی و نمکی در محدوده مخزن و دریاچه سدها نیز مشکلاتی در کیفیت آب ایجاد خواهد کرد. انحلال این نوع سنگ‌ها، باعث افزایش املاح در آب پشت سدها و شوری آن‌ها می‌شود.



شکل ۱۱-۶- نمونه‌ای از حفره‌های انحلالی در نزدیکی سد لار

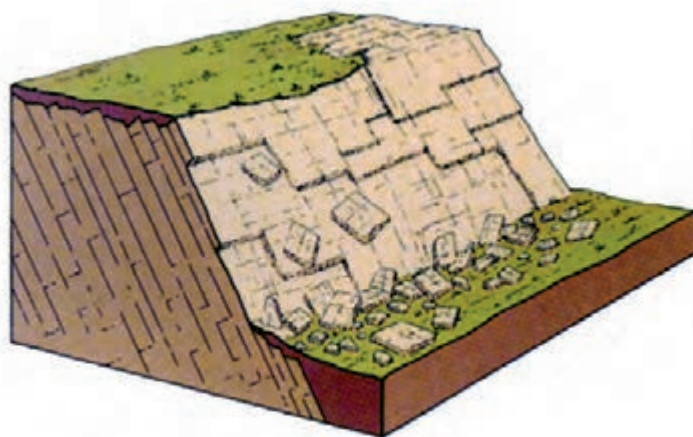


شکل ۱۰-۶- هجوم آب و گل و لای در زمان حفاری تونل‌ها

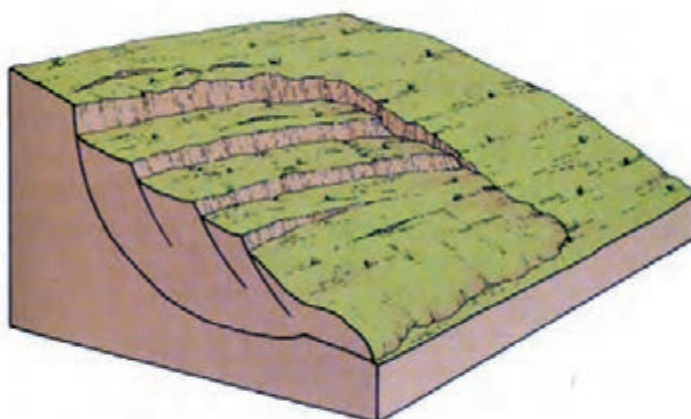
گاهی عدم شناسایی حفره انحلالی در هنگام حفاری سازه‌های زیرزمینی مانند تونل‌ها باعث هجوم آب فراوان و گل‌ولای به داخل تونل و توقف عملیات حفاری می‌شود (شکل ۱۰-۶).

حرکات دامنه‌ای سازه‌ها را در مناطق شیب‌دار و کوهستانی تهدید می‌کند. خطر ریزش کوه و سقوط مواد در دامنه‌های پرشیب ممکن است بسیار مهیب و فاجعه‌آفرین باشد، به طوری که سازه‌های مهندسی را تحت تأثیر قرار دهد و باعث خرابی و آسیب به آن‌ها شود. به طور مثال لغزش و سقوط توده‌های بزرگ سنگ و خاک در دیواره مخزن سدها، تاکنون موجب خرابی‌های عمده‌ای در سدهای بزرگ جهان شده است. لغزش توده‌های سنگ و خاک افزون بر ایجاد امواج خطرناک در مخزن، باعث کاهش ظرفیت و عمر مفید مخزن می‌شود. حرکت دامنه‌ای به طور ساده ناشی از عملکرد گرانث زمین بر روی مواد هوازده موجود بر روی سطوح شیب‌دار است و به شکل‌های مختلف دیده می‌شود. به سقوط ذرات سنگ و خاک از سراشیبه تند «ریزش» و به حرکت توده سنگ و خاک در امتداد سطوح لغزشی که نوعی دیگر از حرکات دامنه‌ای است، «لغزش» می‌گویند. (شکل‌های ۶-۱۲ تا ۶-۱۴).

با انتخاب محل مناسب برای ایجاد سد و پایدارسازی دیواره‌های اطراف مخزن آن، 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 (شکل ۶-۱۶).



الف) ریزش



ب) لغزش

شکل ۶-۱۲- انواع حرکات دامنه‌ای

● درباره تفاوت انواع حرکات دامنه‌ای ریزش، لغزش، خزش و جریان گل اطلاعاتی جمع‌آوری کنید.



● مطالبی پیرامون رابطه تغییرات سطح آب زیرزمینی و ایجاد حرکت دامنه‌ای جمع‌آوری کنید.

● تأثیرات مثبت و منفی پایداری دامنه‌ها با استفاده از پوشش گیاهی را توضیح دهید.



● مراحل پایداری به روش میخ‌کوبی را در کلاس برای دوستان خود توضیح دهید و دلایل استفاده از این روش را تشریح کنید.



شکل ۱۵-۶ جریان گلی



شکل ۱۴-۶ لغزش مصالح



شکل ۱۳-۶ ریزش مصالح



پ) دیوار میخ‌کوبی شده



ب) دیوار گابیونی



الف) دیوار حائل

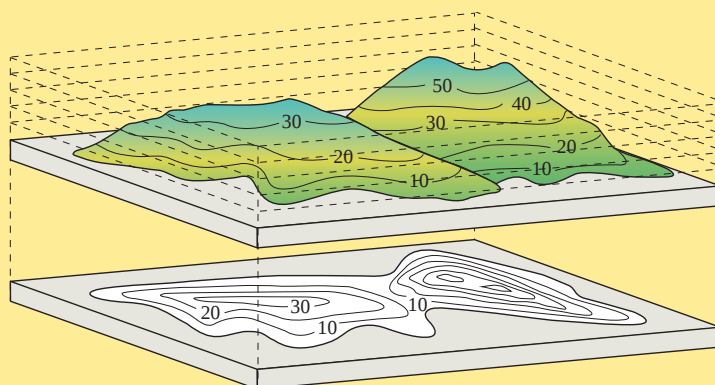
شکل ۱۶-۶ نمونه‌هایی از روش‌های پایداری دامنه‌ها

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

گسل‌ها می‌توانند پایداری سازه‌های مختلف را تهدید کنند. همان‌طور که در فصل‌های قبلی مطالعه کرده‌اید، کشور ما بر روی یکی از کمربندهای لرزه‌خیز جهان واقع شده است و در بیشتر مناطق آن گسل‌های فعال وجود دارند. از این‌رو زمین‌شناسان، در مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها با استفاده از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای و بازدیدهای صحرایی این گسل‌ها را شناسایی می‌کنند و با استفاده از داده‌های 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.

جمع‌آوری اطلاعات

- یکی دیگر از موارد مهم در مکان‌یابی سازه‌ها توجه به وضعیت شکل‌های آن منطقه است. مورفولوژی (شکل‌شناسی) و توپوگرافی (عارضه‌نگاری) محل احداث سازه، در پایداری آن تأثیر قابل توجهی دارد.
- 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 منحنی‌های به هم نزدیک‌تر و تراز ارتفاعی بالاتری را نشان می‌دهند، در حالی که در مناطق کم‌ارتفاع و دشت‌ها فاصله منحنی‌های توپوگرافی از هم بیشتر است.



کاربرد نقشه‌های توپوگرافی در مشخص کردن مورفولوژی سطح زمین



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

فرسایش پذیری رسوبات و سنگ‌ها نیز در مکان‌یابی سازه‌هایی مانند سد بسیار اهمیت دارند. علت این امر، وجود رسوباتی است که توسط عوامل فرسایشی به پشت سدها حمل می‌شود و در مخزن انباشته می‌شود و از عمر مفید این سدها کاسته خواهد شد. در نتیجه، به منظور رفع این مشکل باید در زمان مناسب و با استفاده از تجهیزات مختلف نظیر لای‌روب و بیل‌های مکانیکی و صرف هزینه زیاد اقدام به تخلیه رسوبات و لای‌روبی شود.

مکان مناسب برای ساخت سد



شکل ۱۷-۶-۱ نمای از بخش‌های مختلف یک سد

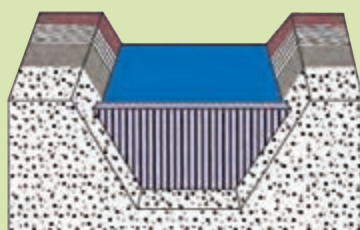
«سد»، سازه‌ای است که به منظور ذخیره آب، مهار سیلاب، تولید نیروی الکتریسیته، تأمین آب شرب و کشاورزی احداث می‌شود. بعضی از سدها چندمنظوره‌اند؛ یعنی به طور هم‌زمان چند هدف را تأمین می‌کنند.

در شکل ۱۷-۶ بخش‌های مختلف سد نشان داده شده است. مهم‌ترین عامل در تعیین نوع سد و محل احداث آن، شرایط زمین‌شناسی منطقه، مقاومت سنگ‌های پی و دیواره‌ها، لرزه‌خیزی منطقه، شکل دره و مصالح مورد نیاز است.

در مطالعات زمین‌شناسی سد، وضعیت مخزن، تکیه‌گاه‌ها و پی سد از نظر پایداری و فرار آب بررسی می‌شود. برای آن که فرار آب از مخزن سد صورت نگیرد، باید دیواره‌ها و کف مخزن نفوذناپذیر یا از نفوذپذیری بسیار کمی برخوردار باشند.

از عوامل مؤثر بر پایداری و نشست آب در سدها می‌توان به ساختارهای زمین‌شناسی اشاره کرد 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 به خصوص لایه‌های نفوذپذیر به پایین خواهد شد. در صورتی که امتداد لایه‌ها با محور سد موازی باشد، ساخت سد مطلوب‌تر است، زیرا می‌توان سد را بر روی لایه‌های مقاوم‌تر و نفوذناپذیرتر احداث کرد. در این حالت بدنه سد فقط با یک نوع سنگ در ارتباط است.

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



(ب)



(الف)

با هم
بیندیشید

● درباره نزدیک‌ترین سد به محل سکونت خود، اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به موارد زیر

پاسخ دهید:

۱- هدف از احداث سد

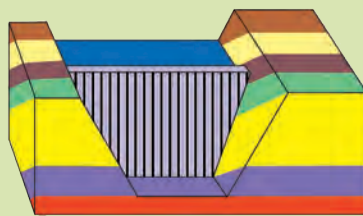
۲- نوع سد

۳- جنس سنگ پی سد

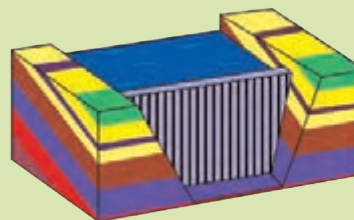


در صورتی که شیب لایه‌ها در محور سد به طرف بالادست (مخزن سد) باشد، احداث سد با مشکلات کمتری روبه‌رو خواهد شد؛ چرا که نشست آب به پایین دست اتفاق نمی‌افتد. وقتی شیب لایه‌ها به پایین دست باشد، در درازمدت به دلیل اشباع شدن لایه‌ها و جریان آب در جهت شیب لایه‌ها به پایین دست، باعث ناپایداری (به علت وزن سد و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

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



(ب)



(الف)

مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی

برخی از فعالیت‌های عمرانی و معدنی به صورت زیرزمینی انجام می‌شود. این فعالیت‌ها نیاز به فضای زیرزمینی دارند. حفاری‌های زیرزمینی به شکل تونل و مَغار اجرا می‌شوند. تونل‌ها به منظور حمل و نقل، 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، ذخیره نفت و یا موارد دیگر استفاده می‌شوند. این گونه سازه‌ها، باید در زمین‌هایی با مقاومت کافی احداث شوند؛ بنابراین زمین‌شناس، باید مطالعات خود را بر شناسایی مناطقی با کمترین خردشدگی، هوازدگی و نشست آب، متمرکز کند.

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

زیرزمینی، از عوامل مهم ناپایداری تونل‌ها، ترانشه^۱ها و سایر فضاهای زیرزمینی است. بخش بزرگی از مشکلات و خسارت‌ها در پروژه‌های عمرانی و معدنی، ناشی از برخورد با آب‌های زیرزمینی است. در برخی موارد، پروژه‌هایی به دلیل مواجهه با این مشکل، تکمیل نشده‌اند و متوقف گشته‌اند؛ بنابراین برآورد میزان و کنترل جریان آب زیرزمینی در تونل‌ها و زمین زیر سازه و حتی درون سازه‌هایی مانند سدها، بسیار مهم است. به طور کلی، 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 ۱۸-۶).



ب) پوشش‌های بتنی در مترو



الف) پوشش‌های بتنی در مغارها



پ) نحوه اجرای پوشش‌های بتنی در فضاهای زیرزمینی

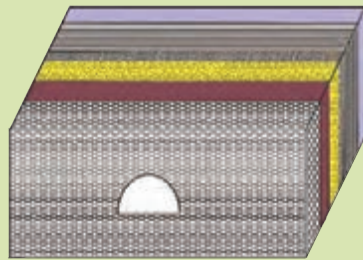


شکل ۱۸-۶- پوشش داخلی تونل

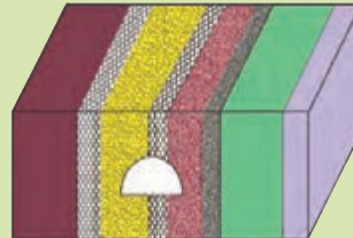
ساخت تونل، در صورتی که امتداد لایه‌ها بر محور تونل عمود باشد، مطلوب‌تر از زمانی است که امتداد لایه‌ها موازی با محور تونل باشد. وقتی محور تونل بر امتداد لایه‌ها عمود است، هنگام عبور از لایه ضعیف یا سنگ‌های درزه‌دار با ضخامت محدود، مسیر کمتری از تونل ناپایدار است و نیاز به مقاوم‌سازی دارد. در شرایطی که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

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

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



(ب)



(الف)

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 می‌شود. سازه‌های دریایی مانند اسکله‌ها، پایانه‌های نفتی، تونل‌های زیردریایی، پل‌ها و جاده‌ها، در سواحل دریا (ساحلی) یا در دریا (فراساحلی) احداث می‌شوند (شکل ۱۹-۶). در مکان‌یابی این سازه‌ها مانند سازه‌های خشکی، باید مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی به‌طور ویژه، انجام پذیرد. افزون بر آن، توجه به جریان‌های دریایی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب دریا نیز ضروری است.



(پ) سکوی نفتی (خلیج فارس)



(ب) طولانی‌ترین پل دریایی جهان (چین)



(الف) اسکله شهید رجایی (بندرعباس)



(ج) جاده ساحلی (بندر مقام)



(ث) آکواریوم زیردریایی (جزیره کیش)



(ت) موج شکن (جزیره قشم)

شکل ۱۹-۶ تعدادی از سازه‌های دریایی

اندازه گیری شاخص های مهندسی مصالح می تواند در کاربرد آن ها برای اجرای بهتر پروژه های مهندسی مؤثر باشد. یکی از شاخص های مهندسی مصالح، اندازه ذرات است. خاک ها براساس اندازه ذرات به سه دسته اصلی تقسیم می شوند که عبارتند از: ۱- خاک های درشت دانه (مانند شن)، اندازه ذرات بزرگ تر از $4/75$ میلی متر است. ۲- خاک های متوسط دانه و ماسه ای که اندازه این ذرات بین $4/75$ میلی متر تا $0/075$ میلی متر است و در این محدوده قرار دارند. ۳- خاک های ریزدانه شامل سیلت و رس بوده و اندازه این ذرات کوچک تر از $0/075$ میلی متر است.

یکی دیگر از شاخص های مهندسی، شاخص خمیری مصالح است. این شاخص مربوط به مصالح ریزدانه است و با افزایش میزان رطوبت، باعث کاهش پایداری آن ها می گردد. اگر رطوبت در این خاک ها، از حد معینی بیشتر شود، خاک به حالت خمیری در می آید و تحت تأثیر وزن خود روان می شود. پدیده لغزش در دامنه ها و ترانشه ها به ویژه در ماه های مرطوب سال، ناشی از این پدیده است.

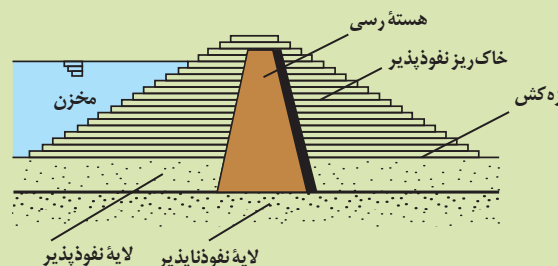
مصالح مورد نیاز برای احداث سازه ها

مصالح مورد نیاز برای احداث هر سازه به شاخص های مهندسی آن وابسته است. در احداث سازه ها از مواد سازنده زمین، مانند خاک، شن، ماسه و سنگ استفاده می شود. این مصالح برای هر سازه، باید دارای مقاومت، نفوذپذیری و اندازه دانه های مشخصی باشد که توسط آزمایش های لازم در آزمایشگاه های تخصصی مکانیک خاک و سنگ تعیین می شوند. مصالح به کاررفته در سازه های مختلف متفاوت است.

در سدسازی با توجه به نوع سد، مصالح متفاوتی به کار گرفته می شود. به عنوان مثال در سدهای بتنی از سیمان، ماسه، شن، میل گرد و در سدهای خاکی از خاک رس، ماسه، شن و قلوه سنگ استفاده می شود.

پاسخ دهید

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



«بتن» یکی از پرکاربردترین مواد به عنوان 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 به صورت طبیعی (از بستر رودخانه‌ها)، از معادن یا از مصالح موجود در کوه‌ها (با استفاده از سنگ‌شکن‌ها) به دست آورد (شکل ۶-۲۰).



شکل ۶-۲۰ مصالح مورد استفاده در بتن

نمونه‌ای دیگر از کاربردهای مصالح خاک و خرده سنگ‌ها در راه‌سازی است. سطح طبیعی زمین، برای رفت‌وآمد وسایل نقلیه مناسب نیست، زیرا در مقابل عوامل جوی مانند بارش، تغییرات دما و نیروهای وارده از چرخ خودروها مقاومت کافی ندارد. همین امر سبب توجه انسان به راه‌سازی شده است. برای احداث جاده، از مصالح خاک در زیرسازی و روسازی استفاده می‌شود که هر کدام از دو بخش تشکیل شده است. زیرسازی شامل دو بخش زیراساس و اساس و همچنین، روسازی شامل دو بخش آستر و رویه است (شکل ۶-۲۱).



ب) بخش زیراساس و اساس



الف) لایه‌های مختلف راه بر روی بستر طبیعی

شکل ۶-۲۱ بخش‌های مختلف راه

بخش‌های اساس و زیراساس به عنوان لایه زه کش عمل می‌کنند و وظیفه آن‌ها انتقال آب سطحی و نفوذی به خارج از بدنه جاده است. برای ساخت آن‌ها از مخلوط شن، ماسه و سنگ شکسته استفاده می‌شود، ولی با توجه به این که در طراحی جاده‌ها، میزان نفوذپذیری بخش اساس، بیشتر از زیراساس است، اندازه ذرات مصالح به کاررفته در بخش اساس، کمی درشت‌تر از مصالح زیراساس است. لایه‌های آستر و رویه که باید 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 است. این قطعات خرده‌سنگی که «بالاست» نامیده می‌شوند، علاوه بر نگه‌داری ریل‌ها و توزیع بار چرخ‌ها، عمل زه‌کشی را نیز به عهده دارند. بالاست مورد نیاز خطوط راه‌آهن، معمولاً از خرد کردن سنگ‌ها و باطله‌هایی که از معادن استخراج می‌شود، به دست می‌آید (شکل ۶-۲۲).



شکل ۶-۲۲. بالاست استفاده شده در زیرسازی جاده ریلی

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

متخصصان 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.



علم،
زندگی،
کارآفرینی



تصویر ماهواره‌ای ایران

فصل

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، چشمه‌ها، غارها، 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.





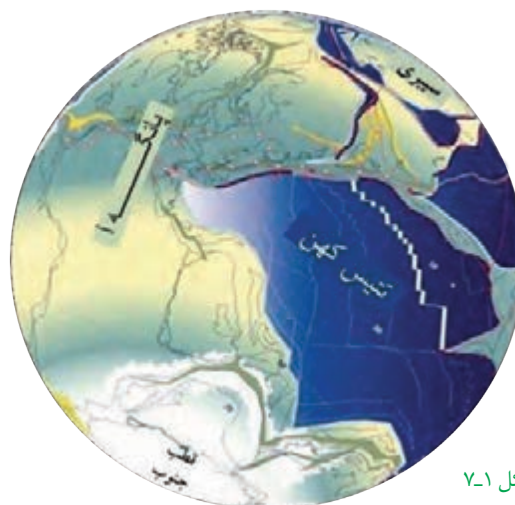
نایبوستگی دگرشیب راور - کرمان



تاقدیس امامقلی قوچان - خراسان رضوی

تاریخچه زمین‌شناسی ایران

بر اساس نظریه وگنر یک قاره واحد به نام پانگه‌آ (تمام خشکی‌ها) در میان تنها اقیانوس آن زمان یعنی پانتالاسا قرار داشت. ابرقاره پانگه‌آ به دو قاره لوراسیا و گندوانا تقسیم شد و در حد فاصل آن‌ها اقیانوس تتیس کهن شکل گرفت (شکل ۷-۱). مطالعات نشان می‌دهد که سرزمین ایران تاریخ تکوین پیچیده‌ای را پشت سر گذاشته است. گرچه در حال حاضر پوسته ایران زمین یکپارچه و به ظاهر همگن است، اما بخش‌های مختلفی که اکنون ایران زمین را تشکیل می‌دهند، در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی، قسمت‌هایی از ابرقاره گندوانا و لوراسیا بوده‌اند.



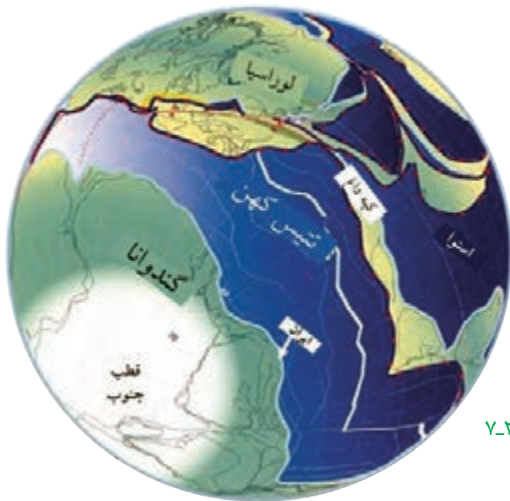
شکل ۷-۱

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

● قدیمی‌ترین سنگ‌های ایران در کدام مناطق یافت می‌شوند؟

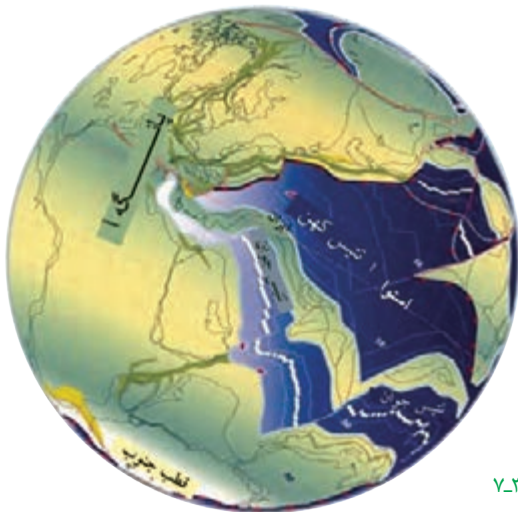
تحقیق کنید

در پرکامبرین بیشتر بخش‌های ایران در حاشیه شمالی ابرقاره گندوانا قرار داشته و به وسیله اقیانوس تتیس کهن از کپه داغ و قاره لوراسیا جدا بوده‌اند (شکل ۷-۲).



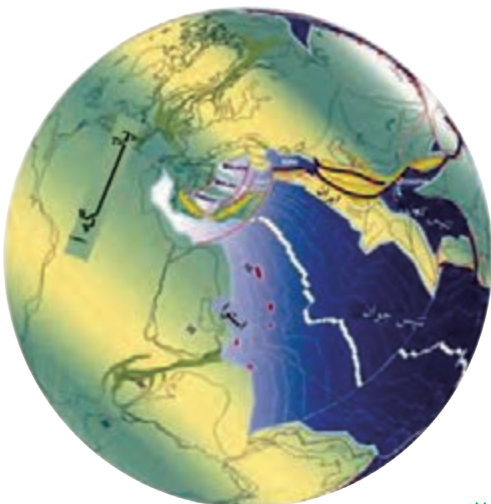
شکل ۷-۲

در دوران پالئوزویک، حرکت دو قاره لوراسیا و گندوانا همگرا بوده و در نتیجه از پهنای تتیس کهن کاسته شده است (آغاز بسته شدن تتیس کهن). در این بازه زمانی ایران در محل خط استوا واقع بوده است (شکل ۷-۳).



شکل ۷-۳

از اوایل پرمین تا تریاس بر اثر باز شدن قاره گندوانا، تشکیل اقیانوس جدیدی به نام تتیس جوان در بخش جنوبی تتیس کهن، شروع شد. با کاهش وسعت تتیس کهن، اقیانوس تتیس جوان در محل زاگرس فعلی وسعت یافت. در اواخر تریاس دو ورقه ایران و توران به هم پیوسته و تتیس کهن به طور کامل بسته شد و ورقه ایران که تا آن زمان در حاشیه شمالی گندوانا قرار داشت، با اتصال به حاشیه جنوبی لوراسیا، بخشی از قاره لوراسیا شد (شکل ۷-۴). در ابتدای ژوراسیک تتیس جوان شروع به بسته شدن کرد و بخش‌هایی از پوسته اقیانوسی آن دچار فروانش شد. در نئوژن با گسترش دریای سرخ (۵ میلیون سال پیش)، اقیانوس تتیس جوان به طور کامل بسته شد (شکل ۷-۵).



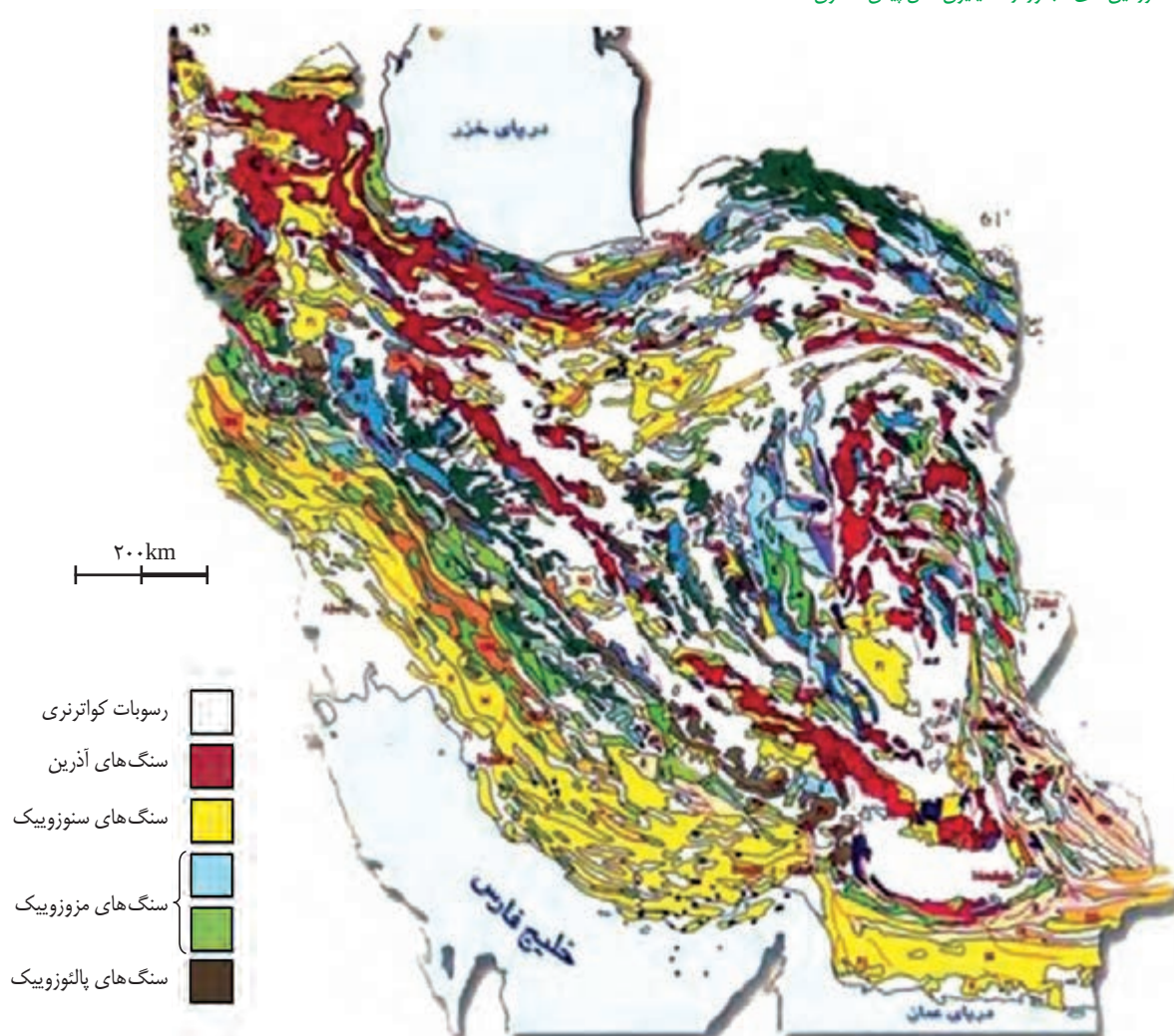
شکل ۷-۴

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 کردن 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 ۶-۷). نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس $\frac{1}{250,000}$ و $\frac{1}{1,000,000}$ توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و شرکت ملی نفت ایران برای کل کشور تهیه شده و نقشه‌های بزرگ مقیاس $\frac{1}{50,000}$ و $\frac{1}{250,000}$ نیز برای بخش‌های خاصی از کشور ترسیم شده است.



شکل ۵-۷. پهنه‌های زمین‌شناسی ایران نسبت به هم و سرزمین‌های مجاور از ۵ میلیون سال پیش تاکنون



شکل ۶-۷. نقشه زمین‌شناسی ایران که نشان‌دهنده پراکندگی سنگ‌های زمان‌های مختلف زمین‌شناسی با رنگ‌های متفاوت می‌باشد.



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. او 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 طوری که در سال ۱۳۵۳ وظیفه تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه خاورمیانه توسط کمیسیون بین‌المللی تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی جهان به سازمان زمین‌شناسی ایران سپرده شد. نصراله خادم از آغاز بنیان سازمان زمین‌شناسی تا هنگام بازنشستگی، مقام ریاست سازمان را بر عهده داشت. در سال ۱۹۶۲ میلادی به افتخارش، نام کانی جدید کشف شده در منطقه ساغند، «خادمیت» نامیده شد. وی در اردیبهشت ۱۳۷۸ چشم از جهان فرو بست و در بهشت زهرا تهران به خاک سپرده شد.

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

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



شکل ۷-۷. نقشه پهنه‌بندی زمین‌شناسی ایران - اقتباس از اشتوکلین با اندکی تغییرات

نام پهنه	سنگ‌های اصلی	برخی از منابع اقتصادی	ویژگی‌ها
زاگرس	رسوبی	نفت و گاز	تاق‌دیس‌ها و ناودیس‌های متوالی
سنندج - سیرجان	دگرگونی	معادن سرب و روی ایران کوه اصفهان	انواع سنگ‌های دگرگونی
ایران مرکزی	رسوبی، آذرین و دگرگونی	ذخایر متعدد فلزی	دارای سنگ‌های پرکامبرین تا سنوزوییک
البرز	رسوبی	معادن زغال سنگ مانند زغال سنگ دامغان	دارای چین‌هایی با راستای شرقی-غربی که از آذربایجان تا خراسان امتداد دارد.
مکران	رسوبی و آذرین	معادن مس و کرومیت	فرورانش ورقه اقیانوسی عمان به زیر مکران و تشکیل آتش‌فشان‌های تفتان و بزمان
کوه‌های شرق ایران	رسوبی و آذرین	معادن مس، منیزیت، کرومیت	سنگ‌های قدیمی‌تر از کرتاسه ندارد. راستای آن شمالی-جنوبی است.
کپه‌داغ	رسوبی	میدان‌های گازی خانگیان و گنبدلی سرخس	دارای توالی رسوبی منظم
ارومیه - دختر	آذرین	ذخایر فلزی به‌ویژه مس مانند مس سرچشمه کرمان	حاصل فرورانش تئیس جوان به زیر ایران مرکزی
خرد قاره ایران مرکزی	رسوبی، آذرین و دگرگونی	بزرگ‌ترین ذخایر آهن - معادن زغال سنگ	در گذشته خرد قاره را بخشی از ایران مرکزی می‌دانستند اما مطالعات بعدی نشان داد که تفاوت‌های زمین‌شناختی متعددی بین آن‌ها وجود دارد.

یووان اشتوکلین (Jovan Stocklin) زمین‌شناس سوئیس و چهره‌ای ماندگار در زمین‌شناسی ایران است. او 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 زمین‌شناس» 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 - 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 - ۱۹۲۱ میلادی

● با مقایسه نقشه زمین شناسی (شکل ۶-۷) و نقشه پهنه بندی ایران (شکل ۷-۷)، بگویید کدام یک از پهنه های زمین شناسی ایران تقریباً فاقد سنگ های آذرین هستند؟

منابع معدنی و ذخایر انرژی ایران

در فصل ۲ خواندید که منابع معدنی و ذخایر انرژی می توانند زیربنای اقتصاد و توسعه کشورها باشند. اگر کشوری مواد معدنی و ذخایر انرژی مورد نیاز خود را نداشته باشد، چه اتفاقی می افتد؟ آنها را چگونه تأمین می کند؟ آیا می دانید ایران از نظر ذخایر معدنی و انرژی چه جایگاهی در جهان دارد؟ آیا ما به تمام مواد معدنی و انرژی مورد نیاز خود در کشور دسترسی داریم؟ ایران دارای ذخایر معدنی مهم و قابل توجهی است که آن را از بسیاری از کشورهای جهان متمایز می کند. فعالیت های معدنی در ایران به طور گسترده در بیشتر نقاط انجام می شود و نقش مهمی در اقتصاد کشور دارد. کشور ما، حدود ۷ درصد ذخایر جهان را داراست. پهنه های زمین شناسی ایران از نظر توان معدنی و ذخایر هیدروکربوری با هم متفاوت هستند. مثلاً پهنه های زاگرس و کپه داغ از نظر ذخایر معدنی فلزی نسبت به سایر پهنه ها از توان کمتری برخوردارند؛ در حالی که عمده ذخایر نفت و گاز ایران در این دو پهنه واقع شده است.

بیشتر بدانید

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

انرژی یکی از ضروری ترین نیازهای زندگی بشر امروزی است. منابع انرژی در دو دسته تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر قرار می گیرند. 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 می شود.

در جهان صنعتی امروز که پیشرفت های علمی و فنی هر کشوری به عنوان شاخص توسعه و رفاه اجتماعی مورد توجه قرار دارد، فناوری هسته ای نقش مهمی ایفا می کند. انرژی هسته ای مهم ترین منبع انرژی بعد از نفت و گاز است و در کشورهای پیشرفته سهم بیشتری در تولید الکتریسیته دارد. ذخایر قطعی اورانیوم و میزان غنی سازی آن در ایران می تواند برای مدت زیادی سوخت رآکتورهای اتمی را تأمین کند.

کشور عزیزمان ایران به سبب ویژگی های جغرافیایی و زمین شناسی خاص، مانند وجود دریای خزر در شمال، خلیج فارس و دریای عمان در جنوب و جنوب شرق و رشته کوه های البرز و زاگرس و قرارگیری در میان عرض های جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و وجود مراکز آتش فشانی 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.



نمایی از معدن قدیمی سرب و روی ازبک کوه - خراسان جنوبی

● معدن کاری در ایران قدمت زیادی دارد؛ به طوری که در هر گوشه ایران، آثار معدن کاری قدیمی دیده می شود. 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 بهره برداری از معادن و به خصوص ذخایر فلزی مانند مس، آهن، طلا و سرب داشته اند. وجود آثار فعالیت های معدنی و ذوب فلزات در نواحی مختلف نشان دهنده سابقه طولانی معدن کاری در ایران و شناخت ایرانیان از علوم مربوطه است. گذر از عصر نو سنگی به عصر برنز در ایران به هزاره هفتم قبل از میلاد مسیح بر می گردد که حدود ۳۰۰۰ سال قبل از اروپاست. لذا می توان گفت علم معدن کاری و صنایع وابسته به آن در کشور ما سابقه ای بس طولانی دارد. یافته ها و آموخته های باستان شناسی بر این گواهی می دهند که شناخت و کاربرد آهن، تاریخی ۶ هزار ساله دارد. گلوله های متعدد آهنی از جنس هماتیت طبیعی از هزاره پنجم پیش از میلاد در تپه «سیلک» کاشان کشف شده اند. یکی دیگر از قدیمی ترین 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 می دهد 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 «خوپناری» 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 کرد و هم اکنون بسیاری از ظروف نقره کاری آن عهد در موزه ها 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 باستان شناسان، قلع از اواخر هزاره

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



نمایی از معدن سرب و روی انگوران - زنجان



نمایی از معدن رویاز مس میدوک شهرباک - کرمان

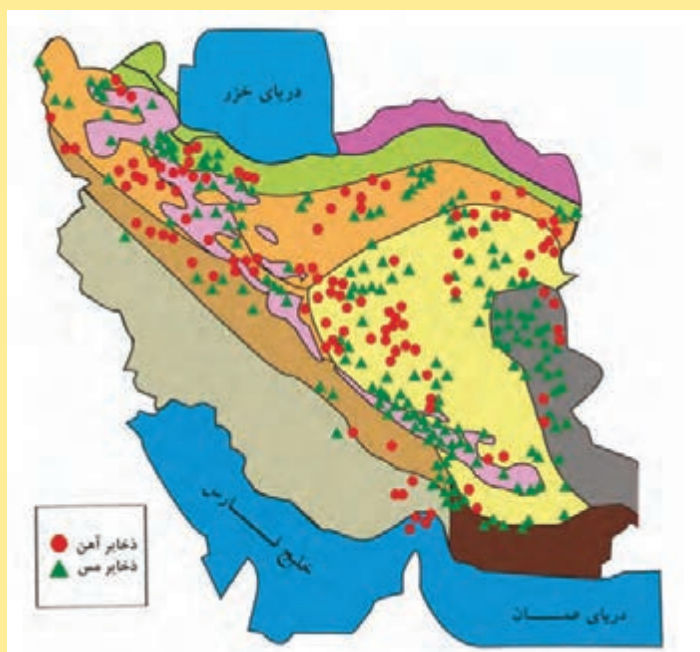
برخی معادن بزرگ ایران و موقعیت آن‌ها

عنصر / ماده معدنی	نام معدن	شهرستان	استان
آهن	گل‌گهر	سیرجان	کرمان
	چادرملو، چُغارت، سه‌چاهون	بافق	یزد
	سنگان	خواف	خراسان رضوی
سرب و روی	انگوران	ماه‌نشان	زنجان
	مهدی‌آباد	مهریز	یزد
مس	سرچشمه	رفسنجان	کرمان
	سونگون	ورزقان	آذربایجان شرقی
	میدوک	شهرباک	کرمان
کروم	فرومد	سبزوار	خراسان رضوی
	اسفندقه	جیرفت	کرمان
طلا	زرشوران	تکاب	آذربایجان غربی
	موته	گلپایگان	اصفهان
	ساری‌گونای	قروه	کردستان
	شادان	خوسف	خراسان جنوبی

- 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؟



نقشه پراکندگی ذخایر زغال سنگ ایران



نقشه پراکندگی ذخایر مس و آهن ایران

ذخایر نفت و گاز ایران



شکل ۷-۹- اولین حفاری چاه نفت در ایران



شکل ۷-۱۰- چاه شماره یک مسجد سلیمان

حفاری اولین چاه نفت خاورمیانه از سال ۱۲۸۶ ه. ش در شهر مسجد سلیمان استان خوزستان در منطقه‌ای به نام میدان «نفتون» آغاز شد و در ۵ خرداد ۱۲۸۷ ه. ش به نفت رسید (شکل ۷-۹). 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 ۷-۱۰).

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

ذخایر نفت و گاز ایران به طور عمده در جنوب و غرب (منطقه زاگرس و خلیج فارس) و در شمال (دریای خزر) قرار دارند. ذخایر گاز خانگیران سرخس در شمال شرق نیز از ذخایر مهم هیدروکربن ایران است. بزرگ‌ترین میدان نفتی ایران، میدان اهواز است که سومین میدان نفتی عظیم جهان محسوب می شود. همچنین میدان گازی پارس جنوبی بزرگ‌ترین میدان گازی ایران و جهان است.

فکر کنید

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

بیشتر بدانید

پراکندگی ذخایر نفت و گاز ایران (نقاط سبزرنگ میادین نفت و نقاط قرمز رنگ میادین گاز)



مهم ترین میدان های گازی ایران (رنگ قرمز)



برخی از مشخصات میدان های مهم نفتی ایران

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

همان‌طور که در فصل‌های گذشته آموختید، گسل‌ها، شکستگی‌هایی همراه با جابه‌جایی هستند که بر تحولات و تکوین پهنه‌های زمین‌ساختی 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 زمین‌لرزه‌ها در طی یک قرن اخیر 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 ۱۱-۷).

تعدادی از گسل‌های ایران، قدیمی و غیرفعال و برخی از گسل‌ها جوان و لرزه‌خیز هستند و امروزه زمین‌لرزه‌ها، در امتداد آن‌ها رخ می‌دهد. گفتنی است که همواره زمین‌لرزه‌ها بر روی گسل‌های شناخته شده رخ نمی‌دهد؛ به‌طور مثال زمین‌لرزه طبس به بزرگای ۷/۷ ریشتر که یکی از بزرگ‌ترین زمین‌لرزه‌های 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 - جنوب شرق (مانند گسل زاگرس)، امتداد شمال شرق - جنوب غرب (مانند گسل درونه) و امتداد شمالی - جنوبی (مانند گسل هریرود) است.



شکل ۱۱-۷. نقشه پراکندگی گسل‌های ایران

آتش فشان های ایران



شکل ۱۲-۷. نقشه پراکندگی آتش فشانی در ایران

مهم ترین قله های آتش فشانی ایران دماوند، تفتان، بزمان، سهند و سبلان هستند. بیشتر فعالیت های آتش فشانی جوان ایران متعلق به دوره کواترنری است که در امتداد نوار ارومیه - دختر واقع شده است. دماوند و تفتان در گذشته فعال بوده اند و آثار فعالیت آن ها به صورت خروج گازهای گوگردی دیده می شود. مخروط آتش فشان سهند بسیار پهن و گسترده است که از تناوب خاکستر و گدازه تشکیل شده است. آتش فشان سبلان چندین قله دارد که در دهانه بلندترین آن ها یکی از مرتفع ترین دریاچه های آب شیرین جهان قرار دارد که گفته می شود باقی مانده دهانه آتش فشان است (شکل ۱۲-۷).

بیشتر بدانید

● **دماوند:** آتش فشان مخروطی شکل دماوند با ارتفاع ۵۶۷۱ متر، در بخش میانی رشته کوه البرز، بارزترین فعالیت آتش فشانی دوره کواترنری در ایران است. دامنه کوه دماوند پوشیده از جریان گدازه هایی به وسعت ۴۰۰ کیلومتر مربع است. جدیدترین گدازه ها در دامنه غربی مخروط قرار گرفته اند و روی همین دامنه است که به طور محلی مخروط هایی از خاکستر وجود دارد. در ارتفاع ۱۰۰ متر پایین تر از قله، در ضلع جنوبی دماوند، خروج گازها نمایان می شوند. دهانه این آتش فشان با ۳۰۰ متر قطر، توسط دریاچه ای از یخ پوشیده شده است. فعالیت های عظیمی که کوه دماوند را به وجود آورده است، در حدود ده هزار سال قبل و آخرین فوران آن، مربوط به ۷۳۰۰ سال پیش می باشد.

● **تفتان:** ارتفاع این قله ۴۰۳۶ متر از سطح تراز دریا است و از دو دهانه آتش فشانی آن، بخارهای گوگرد خارج می شود. در ورودی حفره های آتش فشانی، بلورهای گوگردی خالص به وفور دیده می شوند. نزدیک ترین شهر به تفتان، خاش است. تپت در زبان بلوچی به معنای گرما و تفتان، برگرفته شده از تپتان است.

زمین گردشگری

سیاره زمین دارای مناظر و چشم اندازهای متنوعی است. این تنوع و گوناگونی نتیجه اتفاقات و رویدادهای زمین شناختی است که در طول تاریخ شکل گیری و تکوین این سیاره رخ داده است. کشور ایران از نظر میراث زمین شناختی و گوناگونی پدیده های زمین شناختی، یکی از غنی ترین کشورهای جهان است. به همین دلیل زمین گردشگری می تواند در کشورمان، جایگاه اقتصادی ویژه ای



شکل ۱۳-۷. ساحل سرخ جزیره هرمز - هرمزگان

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.

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.



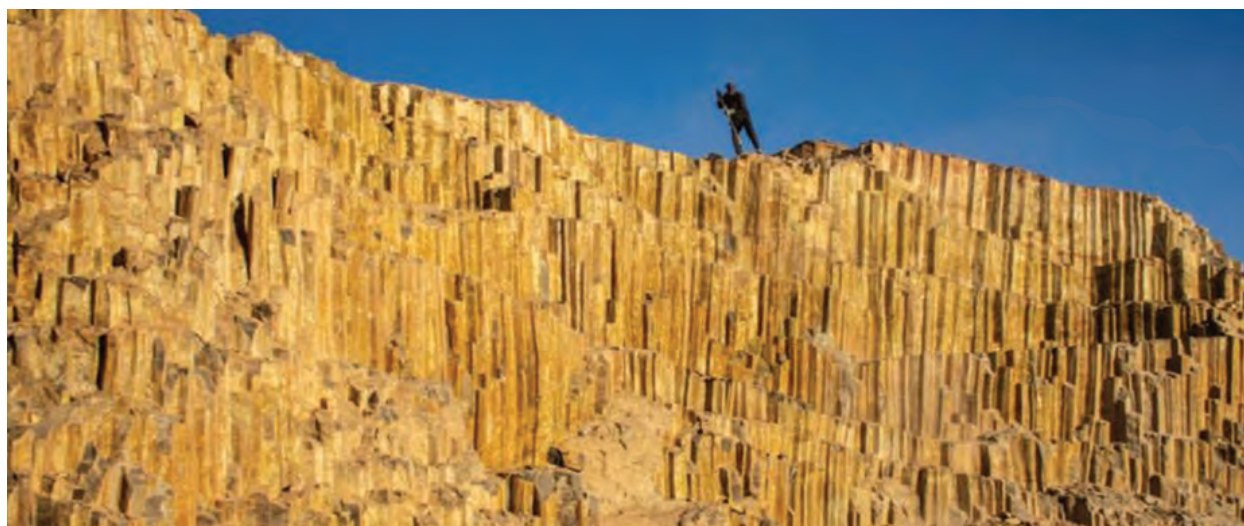
شکل ۱۵-۷. روستای کندوان در رسوبات آذرآواری آتش‌فشان سهند



شکل ۱۴-۷. هوازدگی در روستای وردیج - تهران

جمع‌آوری اطلاعات

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



شکل ۱۶-۷. منشورهای بازالتی سریشه - بیرجند



شکل ۱۸-۷. چشمه باداب سورت ساری - مازندران



شکل ۱۷-۷. تاق‌دیس روستای قالیچه - کرمانشاه



شکل ۱۹-۷. کوره و دودکش تأسیسات ذوب فلز در معدن سرب - اصفهان

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

برخلاف اکوتوریسم (طبیعت‌گردی) که جاذبه‌های طبیعت جاندار را در مرکز توجه قرار داده است، این صنعت به طور کلی با جاذبه‌های طبیعت بی‌جان سروکار دارد. مخاطبان زمین‌گردشگری نه تنها متخصصان و کارشناسان زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی (زمین‌ریخت‌شناسی) هستند، بلکه گردشگران عادی و علاقه‌مندان طبیعت می‌توانند مخاطب آن باشند. 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 - سیستان و بلوچستان

Dip	شیب	Ore Preparation	کانه آرای	Extinction	انقراض
Strike	امتداد	Concentrate	کنسانتره	Dinosaur	دایناسور
Available Storage Capacity	ظرفیت مفید مخزن	Chalcopyrite	کالکوپیریت	Ice Age	عصر یخبندان
Cavern	مغار	Open – Pit mining	استخراج روباز	Eon	ائون
Trench	ترانشه	Underground Mining	استخراج زیرزمینی	Era	دوران
Location	مکان یابی	Gem	گوهر	Period	دوره
Gabion	گابیون	Opal	اپال	Epoch	دور یا عهد
Nailing	میخ کوبی	Chrysoberyl	کریزوبریل	Trilobite	تریلوبیت
Retaining Wall	دیوار حائل	Opalescence	درخشش اپالی	Placoderms	ماهی زره دار
Layer Lining	لایه آستر	Ruby	یاقوت	Lithosphere Plate	ورقه سنگ کره
Layer Procedure	لایه رویه	Emerald	زمرد	Asthenosphere	سست (خمیر) کره
Ballast	بالاست	Source Rock	سنگ مادر	Petrochemistry	پتروشیمی
Cortex	بخش اساس	Primery Migration	مهاجرت اولیه	Quartz	کوارتز
Oripiment	اورپیمان	Oil Trap	نفت گیر	Garnet	گارنت
Realgar	رالگار	Reservoir Rock	سنگ مخزن	Borax	بوراکس
Medical Geology	زمین شناسی پزشکی	Cap Rock	پوش سنگ	Halite	هالیت
Lake of Element	کیمود عنصر	Petrology	پترولوژی	Sylvite	سیلویت
Element Toxicity	سمیت عنصر	Interception	برگاب	Apatite	آپاتیت
Keratitis Pilaris	شاخی شدن پوست	Capillary Fringe	حاشیه موینه	Limestone	سنگ آهک
Amalgamation	ملقمه کردن	Topographic Map	نقشه توپوگرافی	Gypse	ژیپس
Itai - Itai Disease	بیماری ایتای ایتای	Aquifer	آبخوان	Feldspar	فلدسپار
Goitre	گواتر	Piezometric Level	سطح پیزومتریک	Pozzolan	پوزولان
Anthropogenic Grade	غبارهای زمین زاد	Karst Lime	آهک کارستی	Perlit	پرلیت
Silicosis	بیماری سیلیکوسیس	Evaporites Stone	سنگ های تبخیری	Corondum	کرنوم
Environmental Geology	زمین شناسی زیست محیطی	Water Hardness	سختی آب	Amethyst	آمنیست
Hydrotherapy	آب درمانی	Fossil Water	آب فسیل	Beryl	بریل
Fault	گسل	Water Balance	بیان آب	Agate	آگات (عقیق)
Folding	چین خوردگی	Loam	خاک لوم	Olivine	الیون
Fault Surface	سطح گسل	Soil Profile	نیم رخ خاک	Spinel	اسپینل
Fault Dip	شیب گسل	Hydrogeology	هیدروژئولوژی	Lapis Lazuli	لاچورد
Fault Strike	امتداد گسل	Morphology	مورفولوژی	Jade	یشم
HangingWall	فردیواره	Stress	تنش	Turquoise	فیروزه
Footwall	فروندیواره	Tension Stress	تنش کششی	Baryte	باریت
Goint	درزه	Compressive Stress	تنش فشاری	Fluorite	فلوئوریت
Oblique Fault	گسل مایل	Shear Stress	تنش برشی	Bentonite	بنتونیت
Normal Fault	گسل عادی	Coring	مغزه گیری	Kaoline	کانولن
Reverse Fault	گسل معکوس	Exploratory Bores	گمانه های اکتشافی	Zeolite	زنولیت
Strike - Slip Fault	گسل امتداد لغز	Elastic Behavior	رفتار کش سان	Diamond	الماس
Earthquake Epicenter	کانون زمین لرزه	Plastic Behavior	رفتار خمیر سان	Clark Concentration	غلظت کلارک
Earthquake Hypocenter	مرکز سطحی زمین لرزه	Gabbro	گابرو	Anomaly	بی هنجاری
Internal Waves	امواج درونی	Quartzite	کوارتزیت	Mineral	کانی
Primary Waves	امواج اولیه	Hornfels	هورنفلس	Plagioclase	پلاژیوکلاز
Secondary Waves	امواج ثانویه	Schist	شیست	Orthoclase	فلدسپار پتاسیم
Surface Waves	امواج سطحی	Calcite	کلسیت	Ore Mineral	کانه
Beforeshocks	پیش لرزه	Dolomite	دولومیت	Ore	کان سنگ
Aftershocks	پس لرزه	Soil Dam	سد خاکی	Mineral Deposit (Ore Deposit)	کانسار
Magnitude	بزرگا	Concrete Dam	سد بتنی	Mica	میکا
Richter	ریشتر	Dam Reservoir	مخزن سد	Pyrite	پیریت
Intensity	شدت	Dam Body	بدنه سد	Placer	پلاسر
Monocline	تک شیب	Pill Dam	پی سد	Mineral Steak	رگه معدنی
Anticline	تاقدیس	Persian blue salt	نمک آبی ایرانی	Electronic Conductivity of Rocks	رسانایی الکتریکی سنگ ها
Syncline	ناودیس	Total Hardness	(سختی کل) TH	Anomalies of the Eathths Gravitational Field	تغییرات میدان گرانش زمین
Tephra	تفرا	Fsvo	اداره فدرال ایمنی غذا و دامپزشکی سوئیس	Subsurface Reserves	ذخایر زیر سطحی
Lava	گدازه			Geo Suture	زمین درز
Fumarol	فومرول			Alloy Metal	عیار فلز
Pyroclastic	سنگ آذر آواری				

Cretaceous	کرتاسه	Geotourism	زمین گردشگری	Tuff	توف
Paleozoic	پالئوزوئیک	Geopark	ژئوپارک	Lapilli	لاپیلی
Mesozoic	مزوزوئیک	Hadean	هادئن	Block	قطعه سنگ
Cenozoic	سنوزوئیک	Archean	آرکنن	Bomb	بمب
Paleogene	پالئوژن	Proterozoic	پروتروزوئیک	Fumarole Stage	مرحله فومرولی
Neogene	نئوژن	Precambrian	پر کامبرین	Geothermal Energy	انرژی زمین گرمایی
Quaternary	کواترنری	Cambrian	کامبرین	Geophysics	ژئوفیزیک
Chondrole	کندرول	Ordovician	اردوویسین	Tectonic Structural Geology	تکتونیک و زمین شناسی ساختمانی
Big Bang	مه بانگ	Silurian	سیلورین	Prismatic Basalt	بازالت منشوری
Hypocenter	کانون زمین لرزه	Devonian	دوینین	Mud Volcanoes	گل فشان
Epicenter	مرکز سطحی زمین لرزه	Carboniferous	کربنیفر	Gondwana	گندوانا
		Permian	پریمین	Eurasia	اوراسیا
		Triassic	تریاس	Tethys Ocean	اقیانوس تتیس
		Jurassic	ژوراسیک	Subduction	فرورانش

منابع

منابع فارسی

- آقائاتی، سید علی، ۱۳۸۴، زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران.
- اخروی، رسول، ۱۳۸۲، زمین شناسی فیزیکی، انتشارات مدرسه.
- درویش زاده، علی، ۱۳۹۴، زمین شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر.
- راب، لورنس، رشیدنژاد عمران، نعمت الله، ۱۳۸۷، مقدمه‌ای بر فرایندهای کانه‌ساز، ترجمه سید مهران حیدری و همکاران. انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- شهاب پور، جمشید، ۱۳۹۴، زمین شناسی 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 زمین شناسی مهندسی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا.
- پرایس، مایکل، ۱۳۷۰، مقدمه‌ای بر آب زیرزمینی، ترجمه ولایتی و رضایی، انتشارات خراسان.
- مدبری، س. ۱۳۸۴، زمین شناسی نفت، مرکز نشر دانشگاهی.
- معماریان، حسین، ۱۳۸۴، زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، انتشارات دانشگاه تهران.
- یعقوب پور، عبدالمجید، ۱۳۹۱، زمین منبع سلامت و خطرات، انتشارات نگار.

منابع لاتین

- Comins, Neil F. Kaufmann, W.J (2005). Discovering the universe. 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 درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم کند. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی، دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت‌کننده در اعتبارسنجی کتاب زمین‌شناسی با کد - ۱۱۱۳۳۷

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 و بختیاری	۲۶	سالار شایگان	گیلان
۵	سید زهرا افشونی	شهرستان‌های تهران	۲۷	شهربانو احمدی	مازندران
۶	طاهره نادری	کرمان	۲۸	ملیحه حمیدی پور	سمنان
۷	رسول سوزنی	خراسان شمالی	۲۹	علی اصغر ربانی فرد	گلستان
۸	مریم مومنی	مرکزی	۳۰	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 زیرم	ایلام
۱۵	محمدهادی رتوفی‌زاده	هرمزگان	۳۷	مریم اکاتی	سیستان و بلوچستان
۱۶	علی یاری	شهر تهران	۳۸	حسینعلی چهارنایی	گلستان
۱۷	فاروق ایزدی	کرمانشاه	۳۹	کامران اسماعیلی	چهارمحال و بختیاری
۱۸	عظیمه رهبرکوهی	گیلان	۴۰	وجیه حبیبی	کرمانشاه
۱۹	مریم رفیعی	فارس	۴۱	عبدالرحمان چمن آرا	کهگیلویه و بویراحمد
۲۰	فاطمه نقدی	شهر تهران	۴۲	مریم ستوده	کهگیلویه و بویراحمد
۲۱	منصوره ایرانمنش	کرمان	۴۳	ناهید یزدانفر	تهران
۲۲	محمد عقابی	خراسان جنوبی	۴۴	شهلا مغزی نجف‌آبادی	خراسان جنوبی

لیست همکاران در بازبینی کتاب زمین‌شناسی سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴

ردیف	نام همکار	استان محل خدمت	فصل بازبینی شده	تاریخ
۱	حمیرا ازوجی	مازندران	فصل ۱	۱۴۰۲/۱۰/۲۵
۲	الهام مؤذن	خوزستان	فصل ۲	۱۴۰۳/۰۱/۰۵
۳	سارا دارایی‌زاده	همدان	فصل ۲	۱۴۰۳/۰۱/۰۵
۴	سیدعلی آقایی	خراسان رضوی	فصل ۳	۱۴۰۳/۰۱/۰۵
۵	اشرف ارجمند	فارس	فصل ۴	۱۴۰۲/۱۰/۱۲
۶	فرزانه میرطلایی	اصفهان	فصل ۴	۱۴۰۲/۱۰/۱۲
۷	سمیه محمدی	آذربایجان غربی	فصل ۵	۱۴۰۲/۰۱/۰۵
۸	سهیلا مرادی	تهران	فصل ۵	۱۴۰۲/۰۱/۰۷
۹	سمیرا بختیاری	کرمان	فصل ۶	۱۴۰۳/۰۱/۰۵
۱۰	بابک طاهرخانی	قزوین	فصل ۶	۱۴۰۳/۰۱/۰۵
۱۱	الهام مؤذن	خوزستان	فصل ۷	۱۴۰۲/۱۱/۲۴

اعضای دبیرخانه راهبری درس زمین‌شناسی		
۱	گرگین رحمانی	قزوین
۲	بابک طاهرخانی	قزوین
۳	ملک‌السادات سجادی	قزوین
۴	مریم جعفرخان	قزوین
۵	سارا مقصودی	قزوین
۶	محمدعلی بهرامی	کرمان