



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

زمین‌شناسی - پایه یازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۱۳۳۷
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 کرمانیان، سروش مدبری، حمیدرضا تاصری و با همکاری احمد حسینی (اعضای گروه تألیف) - علی‌اکبر احمدی، فرزانه رجایی، رضا سنگ‌قلعه، ابراهیم شریفی تمشیزی، مریم عابدینی، زرتا عنکبری گرمی، (اعضای گروه بهسازی و فنی‌سازی) - مریم عابدینی (ویراستار علمی) - علی‌اکبر میرجعفری (ویراستار ادبی)

مدیریت آماده‌سازی هنری:
شناسه افزوده آماده‌سازی:

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - جواد صفری (مدیر هنری، طراح گرافیک) - مریم وثوقی (تیراژدان (صفحه‌آرا)، علیرضا امیری کاتلمی (نگاش) - الهام محبوب (رسم) - فاطمه باقری‌مهر، **شاداب ارشادی**، علیرضا ملکان، فریبا سیر و ناهید خیابانچی (امور آماده‌سازی)

نشانی سازمان:
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۲۴۷۳۵۹
وبگاه: www.chap.sch.ir و www.intextbook.ir

نقشه:
شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران (تهران) ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (نارویخش) تلفن: ۲۲۹۸۵۱۶۰، دورنگار: ۲۲۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۲۹

چاپخانه:
سال انتشار و نوبت چاپ:
چاپ هشتم ۱۴۰۳

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۸۰-۵۰۱
ISBN: 978.964.05.2805.1



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

زمین‌شناسی - پایه یازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۱۳۳۷
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 کرمانیان، سروش مدبری، حمیدرضا تاصری و با همکاری احمد حسینی (اعضای گروه تألیف) - علی‌اکبر احمدی، فرزانه رجایی، رضا سنگ‌قلعه، ابراهیم شریفی تمشیزی، مریم عابدینی، زرتا عنکبری گرمی، (اعضای گروه بهسازی و فنی‌سازی) - مریم عابدینی (ویراستار علمی) - علی‌اکبر میرجعفری (ویراستار ادبی)

مدیریت آماده‌سازی هنری:
شناسه افزوده آماده‌سازی:

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - جواد صفری (مدیر هنری، طراح گرافیک) - مریم وثوقی (تیراژدان (صفحه‌آرا)، علیرضا امیری کاتلمی (نگاش) - الهام محبوب (رسم) - فاطمه باقری‌مهر، **الهام چمبرابادی**، علیرضا ملکان، فریبا سیر و ناهید خیابانچی (امور آماده‌سازی)

نشانی سازمان:
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۲۴۷۳۵۹
وبگاه: www.chap.sch.ir و www.intextbook.ir

نقشه:
شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران (تهران) ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (نارویخش) تلفن: ۲۲۹۸۵۱۶۰، دورنگار: ۲۲۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۲۹

چاپخانه:
سال انتشار و نوبت چاپ:
چاپ نهم ۱۴۰۴

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۸۰-۵۰۱
ISBN: 978.964.05.2805.1

فهرست

۹	فصل اول: آفرینش کیهان و تکوین زمین
۱۰	■ آفرینش کیهان
۱۰	■ فرایند آفرینش جهان
۱۱	■ تشکیل عناصر
۱۳	■ کیهانشان راه شیری
۱۳	■ سامانه خورشیدی
۱۳	■ 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 بون
۲۸	■ کانه
۲۸	■ کانسنگ
۲۹	■ طبقه‌بندی کانسنگ‌ها
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
۴۳	■ آب زیرزمینی
۵۲	■ فرورفتن زمین
۵۲	■ منابع خاک
۵۲	■ فرسایش
۵۹	فصل چهارم: بویایی زمین
۶۰	■ چرخه ویلسون

فهرست

۹	فصل اول: آفرینش کیهان و تکوین زمین
۱۰	■ آفرینش کیهان
۱۰	■ فرایند آفرینش جهان
۱۱	■ تشکیل عناصر
۱۳	■ کیهانشان راه شیری
۱۳	■ سامانه خورشیدی
۱۳	■ 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 بون
۲۸	■ کانه
۲۸	■ کانسنگ
۲۹	■ طبقه‌بندی کانسنگ‌ها
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
۴۳	■ آب زیرزمینی
۵۲	■ فرورفتن زمین
۵۲	■ منابع خاک
۵۲	■ فرسایش

۶۲	تنش
۶۴	چین خوردگی
۶۵	آتشفشان
۶۶	گاز و بخارهای آتشفشانی
۶۷	قواید آتشفشان‌ها
۶۷	زمین لرزه
۶۹	امواج لرزه‌ای
۷۱	مقیاس اندازه‌گیری زمین لرزه
۷۲	پیش‌بینی زمین لرزه
۷۳	ایمنی در برابر زمین لرزه
۷۷	فصل پنجم: زمین شناسی و سلامت
۷۸	زمین شناسی پزشکی
۷۹	چرخه بیوژئوشیمیایی
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: زمین شناسی و سازه‌های مهندسی
۹۴	مکان‌یابی سازه‌ها
۹۵	نحوه بدست آوردن اطلاعات زمین شناسی
۹۶	عوامل مؤثر بر مکان‌یابی سازه‌ها
۱۰۱	مکان مناسب برای ساخت سد
۱۰۳	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: زمین شناسی ایران
۱۱۰	تاریخچه زمین شناسی ایران
۱۱۲	نقشه‌های زمین شناسی
۱۱۳	بهنه‌های زمین شناسی ایران
۱۱۵	منابع معدنی و ذخایر انرژی ایران
۱۱۸	توان معدنی بهینه‌های زمین شناسی ایران
۱۱۹	ذخایر نفت و گاز ایران
۱۲۱	گسل‌های ایران
۱۲۲	آتشفشان‌های ایران
۱۲۳	زمین‌گردشگری
۱۲۳	ژئوپارک
۱۲۴	واژه‌نامه
۱۲۷	منابع

۵۹	فصل چهارم: پویایی زمین
۶۱	چرخه ویلسون
۶۲	تنش
۶۲	موقعیت لایه‌ها
۶۳	شکستگی‌ها
۶۴	چین خوردگی
۶۶	آتشفشان
۶۷	قواید آتشفشان‌ها
۶۸	زمین لرزه
۶۹	امواج لرزه‌ای
۷۱	مقیاس اندازه‌گیری زمین لرزه
۷۲	پیش‌بینی زمین لرزه
۷۳	ایمنی در برابر زمین لرزه
۷۷	فصل پنجم: زمین شناسی و سلامت
۷۸	زمین شناسی پزشکی
۷۹	چرخه بیوژئوشیمیایی
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: زمین شناسی و سازه‌های مهندسی
۹۴	مکان‌یابی سازه‌ها
۹۶	عوامل مؤثر بر مکان‌یابی سازه‌ها
۱۰۱	مکان مناسب برای ساخت سد
۱۰۳	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: زمین شناسی ایران
۱۱۰	تاریخچه زمین شناسی ایران
۱۱۲	نقشه‌های زمین شناسی
۱۱۳	بهنه‌های زمین شناسی ایران
۱۱۵	منابع معدنی و ذخایر انرژی ایران
۱۱۹	ذخایر نفت و گاز ایران
۱۲۱	گسل‌های ایران
۱۲۲	آتشفشان‌های ایران
۱۲۳	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 آنها است. از این رو مؤلفین این کتاب تلاش کرده‌اند که با نگاه تلفیقی از پرداختن به مطالب غیر کاربردی پرهیز کنند. آموزش زمین‌شناسی در این کتاب بیشتر با نگاه تصویر محور و با استفاده از فعالیت‌هایی با عناوین: فکر کنید، جمع‌آوری اطلاعات، با هم بیندیشید، بیشتر بدانید، یادآوری و... مطرح شده است.

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

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

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

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

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

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

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



همیشه کتاب‌های درسی

پیشگفتار

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

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

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

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

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

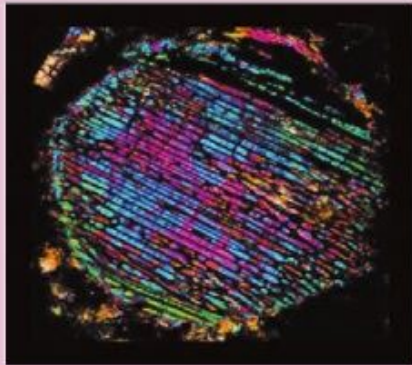
در فعالیت جمع‌آوری اطلاعات، دانش‌آموزان با مراجعه به منابع مختلف، مطالب بیشتری راجع به آن موضوع درسی جمع‌آوری کرده و به اشکال مختلف (گزارش، پوستر، روزنامه دیواری و پرده‌تگار) در کلاس ارائه می‌دهند.

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

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



همیشه کتاب‌های درسی



تصویر مقطع میکروسکوپی از یک کندرول به اندازه یک میلی‌متر در یک شهاب سنگ کدریتی را نشان می‌دهد. کانی‌ها به صورت تیفه‌های کشیده و موازی در کنار یکدیگر منظر شده‌اند.

آفرینش کیهان

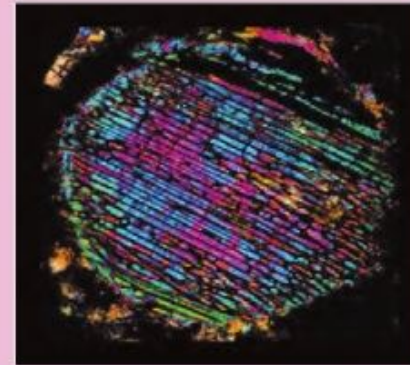
دانشمندان بر این باورند که خداوند، جهان هستی را بر اساس اصول و قوانین آفریده است. آنها با مطالعه و شناخت نظام حاکم بر آفرینش کیهان، به دنبال کشف رازهای خلقت هستند. ماده و انرژی دو جزء اصلی سازنده کیهان می‌باشند. ذرات بنیادی واحدهای اصلی تشکیل دهنده ماده می‌باشند و مانند آجرها، ساختمان جهان اطراف ما را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

بیشتر بدانید

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

فرایند آفرینش جهان

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



تصویر مقطع میکروسکوپی از یک کندرول به اندازه یک میلی‌متر در یک شهاب سنگ کدریتی را نشان می‌دهد. کانی‌ها به صورت تیفه‌های کشیده و موازی در کنار یکدیگر منظر شده‌اند.

آفرینش کیهان

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

بیشتر بدانید

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

فرایند آفرینش جهان

طبق نظر دانشمندان، جهان از نقطه‌ای بسیار کوچک، داغ و چگال در ۱۳/۸ میلیارد سال پیش آغاز شد. 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 مه‌بانگ می‌شناسیم. از این زمان به بعد جهان شروع به سرد شدن و توسعه نمود.

جمع آوری اطلاعات

• در سال گذشته خواندید که دانشمندان پیدایش جهان را با نظریه مه بانگ توضیح می دهند.
 در این باره، اطلاعات بیشتری جمع آوری و درباره پیدایش اجرام آسمانی با هم گفت و گو کنید.
 • در سال ۱۹۶۴ ستاره شناسان با استفاده از یک رادیوتلسکوپ قوی کشف کردند که از فضا نوعی امواج تابشی ضعیف که شدت آن در تمام جهات یکسان است دریافت می شود. این امواج را تابش پس زمینه کیهانی نامیدند.
 در این باره اطلاعات بیشتری جمع آوری کرده و توضیح دهید که تابش پس زمینه کیهانی چگونه وقوع انفجار بزرگ را ثابت می کند.

جمع آوری اطلاعات

• در سال گذشته خواندید که دانشمندان پیدایش جهان را با نظریه مه بانگ توضیح می دهند.
 در این باره، اطلاعات بیشتری جمع آوری و درباره پیدایش اجرام آسمانی با هم گفت و گو کنید.
 • در سال ۱۹۶۴ ستاره شناسان با استفاده از یک رادیوتلسکوپ قوی کشف کردند که از فضا نوعی امواج تابشی ضعیف که شدت آن در تمام جهات یکسان است دریافت می شود. این امواج را تابش پس زمینه کیهانی نامیدند.
 در این باره اطلاعات بیشتری جمع آوری کرده و توضیح دهید که تابش پس زمینه کیهانی چگونه وقوع انفجار بزرگ را ثابت می کند.

تشکیل عناصر

بعد از مه بانگ، هسته های اتمی که از ترکیب ذرات بنیادی شکل گرفته اند، در دریایی از الکترون های آزاد شناور گشته و حالتی از ماده را به نام پلازما به وجود می آورند. با گذشت زمان و افت درجه حرارت، دما برای به دام افتادن الکترون ها در مدار هسته اتم ها مناسب شده و اولین اتم یعنی هیدروژن به وجود می آید. با تشکیل هیدروژن، نخستین بار حالت گاز در جهان شکل می گیرد.
 سپس اتم های هیدروژن به اتم های سنگین تر هلیوم، تبدیل شدند. با تولید اتم هلیوم اولین ستاره در جهان هستی به وجود آمده و با افزایش واکنش های زنجیری، عناصر سنگین تر در ستارگان تشکیل می شوند. با تشکیل عناصر و توزیع و سرد شدن آنها در جهان، نخستین جامدات به صورت ابرهایی از غبار شکل گرفته و به همراه گازهای مختلف با اشکال بسیار متنوع تجمع یافته و سحابی ها را تشکیل می دهند (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱. توده های گاز و غبار معروف به ستون های آفریش در سحابی عذاب

طی افزایش دمای ناشی از انقباض غبارها، ذرات جامد قطره های مذابی را تشکیل می دهند که با سرد شدن آنها، نخستین کانی ها متبلور شده و به شکل گلوله های کوچکی به نام کندرول تجمع می یابند (شکل ۱-۲). تجمع کندرول ها با یکدیگر منجر به تشکیل اجرامی بزرگ تر و با اندازه های مختلف می شود. از طرفی این اجرام بعد از تشکیل در فضا بارها با یکدیگر برخورد کرده، ذوب شده و مجدداً متبلور می شوند و کانی های مختلفی را می سازند (شکل های ۱-۲ و ۱-۳). بعد از تشکیل زمین، بارها قطعاتی از این اجرام در مسیر برخورد با زمین قرار می گیرند. برخی از قطعات هنگام عبور از هوا کره از بین نمی روند و به سطح زمین می رسند که این سنگ ها، شهاب سنگ نامیده می شوند (شکل ۱-۴). شهاب سنگ های دارای کندرول را کندریت می نامند.



شکل ۱-۲. طرحی از چگونگی شکل گیری کندرول ها

تشکیل عناصر

بعد از پایان گسترش اولیه، هسته های اتمی که از ترکیب ذرات بنیادی شکل گرفته اند، در دریایی از الکترون های آزاد شناور گشته و حالتی از ماده را به نام پلازما به وجود می آورند. با گذشت زمان دما آن چنان اقل می کند که برای به دام افتادن الکترون ها در مدار پیرامون هسته های اتمی کافی شده و نخستین اتم یعنی هیدروژن به وجود می آید. با تشکیل هیدروژن نخستین بار حالت گاز در جهان شکل می گیرد.
 سپس اتم های هیدروژن به اتم های سنگین تر هلیوم، تبدیل شدند. با تولید اتم هلیوم اولین ستاره در جهان هستی به وجود آمده و با افزایش واکنش های زنجیری، عناصر سنگین تر در ستارگان تشکیل می شوند. با تشکیل عناصر و توزیع و سرد شدن آنها در جهان، نخستین جامدات به صورت ابرهایی از غبار شکل گرفته و به همراه گازهای مختلف در اشکالی بسیار متنوع تجمع یافته و سحابی ها را تشکیل می دهند (شکل ۱-۱).

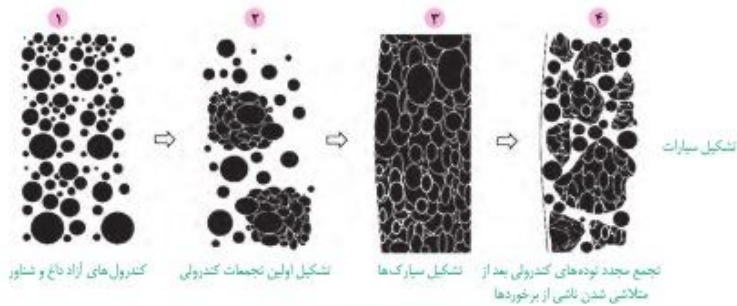


شکل ۱-۱. توده های گاز و غبار معروف به ستون های آفریش در سحابی عذاب

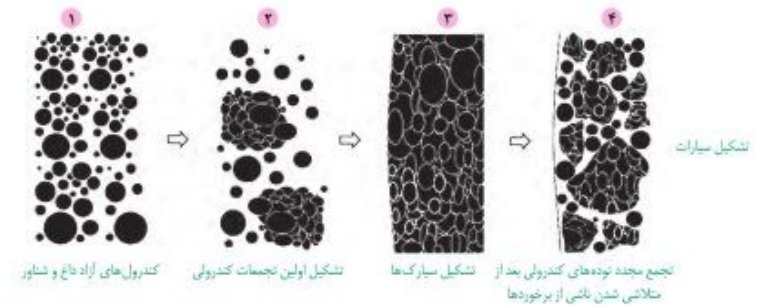
غبارها طی افزایش دما مجدداً ذوب شده و قطره های مذابی را تشکیل می دهند و هنگامی که قطره سرد می شود، نخستین کانی ها متبلور شده و به همراه سولفیدهای آهن و نیکل در شکل گلوله های کوچکی به نام کندرول تجمع می یابند (شکل ۱-۲). تجمع کندرول ها با یکدیگر منجر به تشکیل اجرام بزرگ تر گردیده و بدیهی است که این اجرام در اندازه های مختلف با برخورد شدید با یکدیگر بارها ذوب و مجدداً متبلور شده و کانی های مختلفی را می سازند. اجرام تشکیل شده از کندرول ها را کندریت می نامیم. کندریت ها بعد از تشکیل در فضا بارها با یکدیگر برخورد کرده ذوب شده و مجدداً متبلور می شوند (شکل ۱-۳). بعد از تشکیل زمین بارها قطعاتی از این اجرام در مسیر برخورد با زمین قرار گرفته اند. هر گاه بقایایی از این اجرام هنگام عبور از هوا کره منهدم نشوند و به سطح زمین برسند، قطعاتی از سنگ ها را تشکیل می دهند که شهاب سنگ نامیده می شوند (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۲. طرحی از چگونگی شکل گیری کندرول ها



شکل ۱۳-۳. تجمع کندرول‌ها و تشکیل سیارات



شکل ۱۳-۳. تجمع کندرول‌ها و تشکیل سیارات

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

فکر کنید



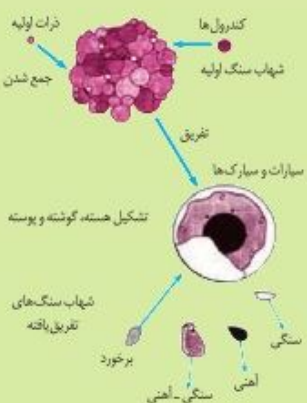
شکل ۱۳-۴. شهاب‌سنگ کندریتی یافت شده در کویر لوت

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

فکر کنید

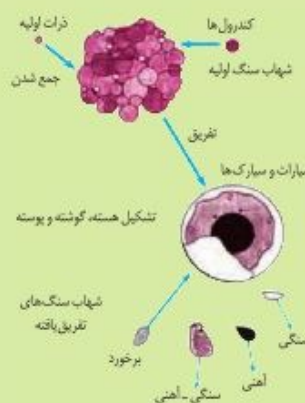


شکل ۱۳-۴. شهاب‌سنگ کندریتی یافت شده در کویر لوت



- دانشمندان شهاب‌سنگ‌ها را به دو گروه اصلی طبقه‌بندی می‌کنند:
 - ۱- شهاب‌سنگ‌های اولیه (تفریق نیافته)
 - ۲- شهاب‌سنگ‌های تفریق یافته
 از زمان‌های قدیم سه گروه شهاب‌سنگ‌های آهنی، سنگی و سنگی-آهنی شناخته شده بودند. امروزه ارتباط معنی‌داری بین این تقسیم‌بندی و منشأ شهاب‌سنگ‌ها مشخص شده است. به این صورت که هر کدام از آنها مربوط به بخش خاصی از یک سیاره و یا سیارک متلاشی شده می‌باشند.

بیشتر بدانید



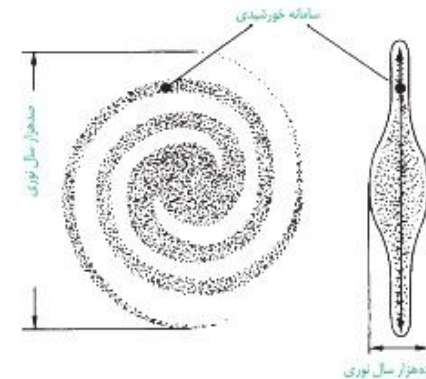
- امروزه دانشمندان شهاب‌سنگ‌ها را به دو گروه اصلی طبقه‌بندی می‌کنند:
 - ۱- شهاب‌سنگ‌های اولیه (تفریق نیافته)
 - ۲- شهاب‌سنگ‌های تفریق یافته
 در گذشته شهاب‌سنگ‌ها به سه گروه آهنی، سنگی و سنگی-آهنی تقسیم می‌شدند. امروزه ارتباط معنی‌داری بین این تقسیم‌بندی و منشأ شهاب‌سنگ‌ها مشخص شده است. به این صورت که هر کدام از آنها مربوط به بخش خاصی از یک سیاره و یا سیارک متلاشی شده می‌باشند.

بیشتر بدانید

کهکشان راه شیری

بعد از شکل گیری ستارگان، برخی نقاط چگال تر و با گرانش قوی تر، بقیه ماده موجود در جهان را به سوی خود کشیده و نوعی تجمع کیهانی را شکل دادند که امروزه به نام کهکشان نامیده می‌شوند. درحقیقت کهکشان‌ها از تعداد زیادی ستاره، سیاره و فضای بین ستاره‌ای (اغلب گاز و گردوغبار) تشکیل شده‌اند که تحت تأثیر نیروی گرانش متقابل، یکدیگر را نگه می‌دارند.

در شب‌های صاف، بدون ابر و آلودگی نوری در آسمان شب، نواری مه‌مانند و کم‌نور مشاهده می‌شود که کهکشان راه شیری نام دارد. یکی از بزرگ‌ترین کهکشان‌های شناخته شده، کهکشان راه شیری می‌باشد که سامانه خورشیدی ما، در لبه یکی از بازوهای آن واقع شده است. کهکشان راه شیری از بالا ماریچی شکل و از پهلو شبیه عدسی محدب است. قطر آن در حدود ۱۰۰ هزار سال نوری و ضخامت آن حدود ۱۰ هزار سال نوری می‌باشد (شکل ۱-۵).



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

فعالیت تکمیلی

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



بیشتر بدانید

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

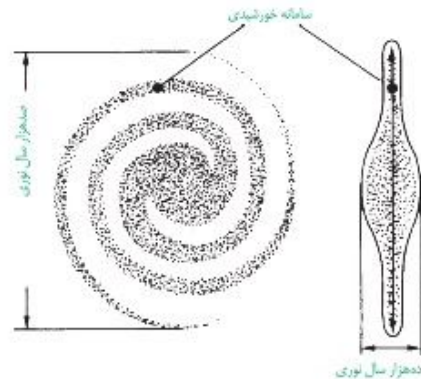
جمع‌آوری اطلاعات

• عکس زیر بخشی از کهکشان راه شیری در آسمان شب است که از رصدگاه کویبر 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.

کهکشان راه شیری

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

در شب‌های صاف و بدون ابر و در مکان‌هایی که آلودگی نوری نداشته باشد، در آسمان شب نواری مه‌مانند و کم‌نور مشاهده می‌شود که کهکشان راه شیری نام دارد. کهکشان راه شیری یکی از بزرگ‌ترین کهکشان‌های شناخته شده دارای شکلی ماریچی است که سامانه خورشیدی ما، در لبه یکی از بازوهای آن واقع شده است. کهکشان راه شیری از بالا ماریچی 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 ماریچی مانند کهکشان راه شیری

فعالیت تکمیلی

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

بیشتر بدانید

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

جمع‌آوری اطلاعات

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



سامانه خورشیدی

حدود ۶ میلیارد سال قبل، 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 اینکه، نور خورشید حدود ۸/۳ دقیقه نوری طول می کشد تا به زمین برسد، فاصله متوسط زمین تا خورشید چند کیلومتر است؟
- به این فاصله در اصطلاح ستاره شناسی چه گفته می شود؟

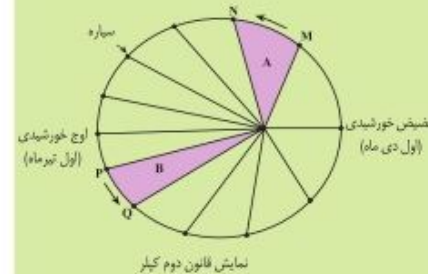
بیشتر بدانید

• حدود قرن ۱۶ میلادی یوهانس کیپلر 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.



سامانه خورشیدی

حدود ۶ میلیارد سال قبل، با نخستین تجمعات ذرات کیهانی، شکل گیری سامانه خورشیدی 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 گردند.

یادآوری

- باتوجه به اینکه، نور خورشید حدود ۸/۳ دقیقه نوری طول می کشد تا به زمین برسد، فاصله متوسط زمین تا خورشید چند کیلومتر است؟
- به این فاصله در اصطلاح ستاره شناسی چه گفته می شود؟

بیشتر بدانید

• حدود قرن ۱۶ میلادی یوهانس کیپلر 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

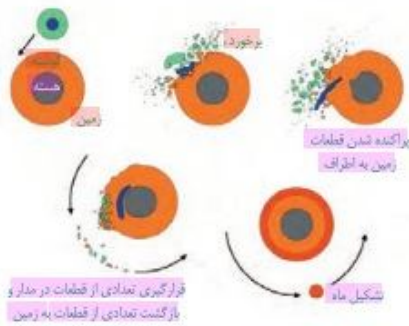
در حدود ۴/۶ میلیارد سال قبل، سیاره زمین به صورت کره ای مذاب، تشکیل و در مدار خود قرار گرفت. ۴/۴ میلیارد سال پیش، یک جرم آسمانی با زمین برخورد کرد. نتیجه این برخورد متلاشی شدن کامل این جرم به همراه حدود یک پنجم حجم زمین و پراکنده شدن آنها در فضا بود. با ادامه جذب و تجمع قطعات پراکنده شده تنها قمر زمین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

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

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 آنها در فضا بود. با ادامه جذب و تجمع قطعات پراکنده شده تنها قمر زمین یعنی ماه تشکیل شد (شکل ۱-۶).

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



شکل ۱-۱-۱ چگونه شکل گیری ماه (بر اثر برخورد زمین با یک جرم آسمانی)



شکل ۱-۱-۲ قدیمی ترین فسیل یافت شده از ابتدای ترین شکل استروماتولیت ها در گرینلند

سردتر شد و یخار آب به صورت مایع درآمد 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 دریافتند که خداوند در آفرینش جهان، ابتدا شرایط محیط زیست را مهیا کرده است و سپس جانداران را از ساده تا پیچیده آفریده است. مهم ترین شواهدی که به کمک آنها می توان روند تغییرات آب و هوایی و زیستی و اقلیمی را در طول تاریخ زمین دنبال کرد آثار باقی مانده از جانداران یا فسیل ها می باشند.

به عنوان مثال استروماتولیت ها از قدیمی ترین آثار فسیلی مربوط به سیانوباکتری ها (تک سلولی های فتوسنتز کننده) در دریاهای کم عمق می باشند (شکل ۱-۱-۲). در دوران پرکامبرین فعالیت های حیاتی آنها سبب افزایش میزان اکسیژن اتمسفر و فراهم آمدن امکان زندگی پرسولوی ها در روی سطح زمین بوده است. در دوران های مختلف، شرایط آب و هوایی و محیط زیست تغییرات فراوانی داشته اند و بر این اساس، گونه های مختلف جانداران در سطح زمین ظاهر و منقرض شده اند.

یادآوری

● فسیل ها، آثار و بقایای حفظ شده از گیاهان و جانوران 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 آتشفشانی می باشند. بیشترین شواهد و مدارک برای مطالعه گذشته زمین در سنگ های رسوبی یافت می شود. سنگ های رسوبی به دلیل داشتن فسیل، می توانند در تشخیص سن لایه ها و محیط تشکیل آنها مورد استفاده قرار گیرند. به عنوان مثال، وقتی در یک لایه رسوبی، فسیل



مرجان ها 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.

با سردتر شدن کره زمین، یخار 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 دریافتند 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 آنها 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 ۱-۱-۱ 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 می باشند (شکل ۱-۱-۲). در زمان پرکامبرین فعالیت های حیاتی آنها سبب افزایش میزان اکسیژن اتمسفر و فراهم آمدن امکان زندگی پرسولوی 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 علوم تجربی 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 آتشفشانی می باشند. بیشترین شواهد و مدارک برای مطالعه گذشته زمین در سنگ های رسوبی یافت می شود. سنگ های رسوبی به دلیل داشتن فسیل، می توانند در تشخیص سن لایه ها و محیط تشکیل آنها مورد استفاده قرار گیرند. به عنوان



مثال، وقتی در یک لایه رسوبی، فسیل مرجان ها 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 ۱-۱-۲ دیپلوموس نخستین خزنده یافت شده در ابتدای کرتاسه





شکل ۱-۸: هیالونوموس نخستین
جزئیته یافت شده در ابتدای کریوپتور با
طول حدود ۱۲ سانتی متر

فعالیت

تکمیلی

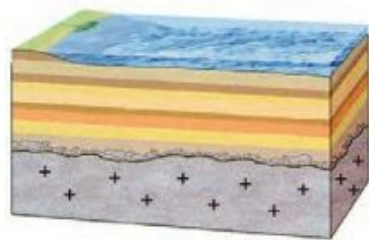
- با مطالعه در مورد فسیل خزندگان، در مورد عوامل ایجاد هر یک از وقایع زیر، مطالبی گردآوری و در کلاس ارائه کنید.
- ۱- دایناسورها در پایان دوره کرتاسه بسیار بزرگ جثه و سنگین وزن بودند.
- ۲- دایناسورها در پایان دوره کرتاسه بسیار متنوع شده بودند.
- ۳- دایناسورها در پایان دوره کرتاسه نتوانستند با تغییرات محیطی سازگار شوند.



سن زمین

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

برای پی‌بردن به سن رویدادهای گذشته زمین، لازم است به دنبال شواهدی بگردیم که ما را در رسیدن به واقعیت‌های رخ داده در گذشته راهنمایی کنند. سنگ‌ها مهم‌ترین شواهدی هستند که در این زمینه به دانشمندان کمک می‌کنند، مثلاً لایه لایه بودن، مهم‌ترین ویژگی سنگ‌های رسوبی است. هر لایه شواهدی از شرایط محیطی زمان رسوب‌گذاری را در خود حفظ کرده است. یک لایه رسوبی که ممکن است هزاران کیلومتر مربع را بپوشاند، در نقاط مختلف به صورت‌های متفاوتی دیده می‌شود. به‌طور مثال هنگامی که رسوبات در دریا ته‌نشین می‌شوند، قطعاً دانه‌های درشت در نزدیکی ساحل بر جای می‌مانند، اما ذرات ریز و سبک تا مسافت زیادی از ساحل فاصله می‌گیرند. می‌دانیم که طبقات رسوبی به‌طور افقی ته‌نشین می‌شوند، اما بعدها ممکن است بر اثر عوامل کوه‌زایی، چین‌خوردگی یا ایجاد گسل، وضع آنها به هم خورده و گاهی از آب خارج شوند در این حالت تحت اثر عوامل فرسایشی قرار می‌گیرند و نوعی وقفه در توالی و نظم طبیعی لایه‌ها ایجاد می‌شود. به این وقفه ایجاد شده در توالی رسوبی، ناپیوستگی می‌گویند. روی زمین نمی‌توان نقطه‌ای را یافت که در طول تاریخ زمین همواره در زیر دریا مانده و همچنان رسوبات لایه‌به‌لایه در آنجا ته‌نشین شده باشند. اصولاً ناپیوستگی‌ها مشخص‌کننده زمان‌هایی هستند که عمل رسوب‌گذاری متوقف شده است.



شکل ۱-۹: ناپیوستگی آذرین پی

انواع ناپیوستگی‌ها عبارت‌اند از:

- ۱- ناپیوستگی آذرین پی: در نقاطی که لایه‌هایی از سنگ‌های رسوبی مستقیماً بر روی توده‌های آذرین قرار گرفته باشند، نوعی ناپیوستگی پدید می‌آید که به آن آذرین پی گویند (شکل ۱-۹).

سن زمین

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

برای پی‌بردن به سن رویدادهای گذشته زمین، لازم است به دنبال شواهدی بگردیم که ما را در رسیدن به واقعیت‌های رخ داده در گذشته راهنمایی کنند. سنگ‌ها مهم‌ترین شواهدی هستند که در این زمینه به دانشمندان کمک می‌کنند، مثلاً لایه لایه بودن، مهم‌ترین ویژگی سنگ‌های رسوبی است. هر لایه شواهدی از شرایط محیطی زمان رسوب‌گذاری را در خود حفظ کرده است. یک لایه رسوبی که ممکن است هزاران کیلومتر مربع را بپوشاند، در نقاط مختلف به صورت‌های متفاوتی دیده می‌شود. به‌طور مثال هنگامی که رسوبات در دریا ته‌نشین می‌شوند، قطعاً دانه‌های درشت در نزدیکی ساحل بر جای می‌مانند، اما ذرات ریز و سبک تا مسافت زیادی از ساحل فاصله می‌گیرند. می‌دانیم که طبقات رسوبی به‌طور افقی ته‌نشین می‌شوند، اما بعدها ممکن است بر اثر عوامل کوه‌زایی، چین‌خوردگی یا ایجاد گسل، وضع آنها به هم خورده و گاهی از آب خارج شده 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 آنجا ته‌نشین شده باشند.

انواع ناپیوستگی‌ها عبارت‌اند از:

- ۱- ناپیوستگی آذرین پی: در نقاطی 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 شده 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)



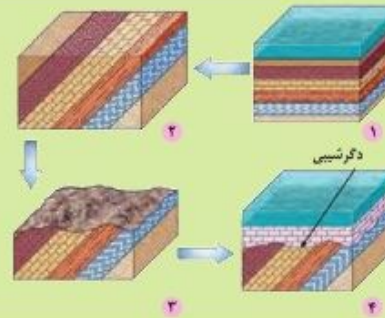
شکل ۱۰-۱-۱۰ لایه نایبوستگی هم‌شیب (موازی).

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

۳- نایبوستگی هم‌شیب (موازی): این نوع نایبوستگی‌ها فراوان‌تر، اما نامشخص‌تر از یقیه‌اند؛ زیرا لایه‌های رسوبی واقع در بالا و پایین سطح نایبوستگی، با همدیگر موازی‌اند و حتی گاهی شواهد وقوع فرسایش احتمالی هم وجود ندارد (شکل ۱۰-۱-۱۰).

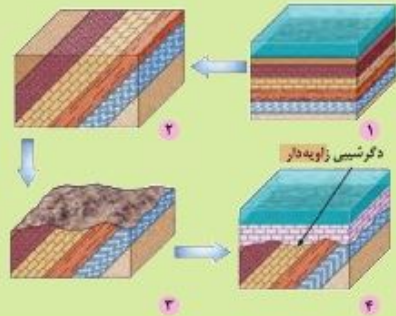
فکر کنید

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



فکر کنید

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



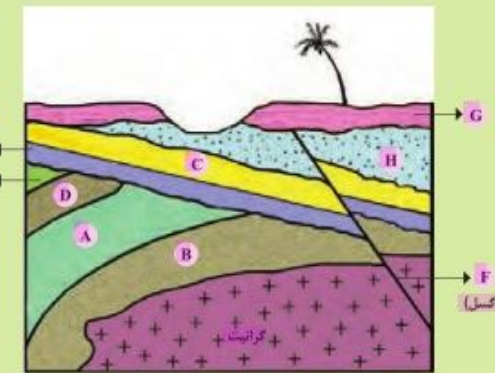
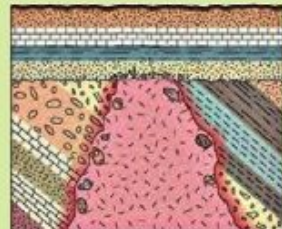
در زمین‌شناسی سن سنگ‌ها و پدیده‌ها به دو روش نسبی و مطلق صورت می‌پذیرد. در تعیین سن نسبی، ترتیب تقدم، تأخر و هم‌زمانی وقوع پدیده‌ها، نسبت به یکدیگر مشخص می‌شود.

یادآوری

● در کتاب علوم نهم با اصول تعیین سن نسبی آشنا شدید. این اصول عبارت بودند از:
 ۱- لایه‌های رسوبی به صورت افقی ته‌نشین می‌شوند.
 ۲- لایه زیرین قدیمی‌تر از لایه بالایی است. (در صورتی که نظم لایه‌ها به هم نخورده باشد)
 ۳- هر گونه تغییر (خارج شدن لایه‌ها 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 جوان‌تر است.
 ۵- هر گاه قطعه‌ای از یک سنگ در داخل یک لایه یافت شود از آن لایه قدیمی‌تر است.
 با توجه به این اصول در شکل زیر ترتیب وقایع را از قدیم به جدید شماره گذاری کنید.

یادآوری

● در کتاب علوم نهم با روش تعیین سن و اصول نسبی آن آشنا شدید. این اصول عبارت بودند از:
 ۱- همه لایه‌های رسوبی به صورت افقی ته‌نشین می‌شوند.
 ۲- همیشه لایه زیرین قدیمی‌تر از لایه بالایی است. (در صورتی که لایه‌ها برنگشته باشند)
 ۳- هر گونه تغییر (خارج شدن لایه‌ها 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 جوان‌تر است.
 ۵- هر گاه قطعه‌ای از یک سنگ در داخل یک لایه یافت شود از آن لایه قدیمی‌تر است.
 با توجه به این اصول در شکل مقابل ترتیب وقایع را از قدیم به جدید شماره گذاری کنید.



زمان در زمین‌شناسی

مفهوم زمان در مقیاس‌های مختلفی به کار می‌رود. شما با واحدهای زمان مانند: ثانیه، دقیقه، ساعت، شبانه روز، هفته، ماه، سال، دهه، سده (قرن) و هزاره آشنا هستید؛ اما، واحدهای بزرگ‌تر زمان نیز وجود دارند که در زندگی روزمره ما، کاربرد زیادی ندارند، ولی در علوم زمین بسیار مهم‌اند. مانند عهد، دوره، دوران و آبردوران که واحدهای زمانی مورد استفاده در زمین‌شناسی هستند. معیار تقسیم‌بندی این واحدهای زمانی مختلف، به حوادث مهمی همچون پیدایش یا انقراض گونه خاصی از جانداران، حوادث گوه‌زایی، پیشروی یا پسروی جهانی دریاها، عصرهای یخبندان و رویدادهای دیگر بستگی دارد (شکل ۱-۱۰).

میلیون سال قبل	رویدادهای زیستی	دوره	عصر	آبردوران
۶۶	انسان	کواترنری	پلاستوسن	قارورزیگ
	تنوع پستانداران	نئوژن		
	انقراض دایناسورها	پالئوژن		
	نخستین گیاهان گل‌دار	مزوزویگ		
	نخستین پرنده		ژوراسیک	
	نخستین پستاندار	تریاس		
	نخستین دایناسور	پالئوزویگ		
	انقراض گروهی پرمن			
	نخستین خزنده		کربنیفر	
	نخستین دوزیست		دوین	
۲۵۱	نخستین گیاهان آونددار	سیلورین	پروکامبرین	
	نخستین ماهی‌ها	اردوویسین		
	نخستین تریلوبیت	کامبرین		
۵۴۱			پروکامبرین	
۲۵۰۰			پروکامبرین	
۴۰۰۰			پروکامبرین	
۲۶۰۰	هادسن			

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

زمان در زمین‌شناسی

مفهوم زمان در مقیاس‌های مختلفی به کار می‌رود. شما با واحدهای زمان مانند: ثانیه، دقیقه، ساعت، شبانه روز، هفته، ماه، سال، دهه، سده (قرن) و هزاره آشنا هستید؛ اما، واحدهای بزرگ‌تر زمان نیز وجود دارند که در زندگی روزمره ما، کاربرد زیادی ندارند، ولی در علوم زمین بسیار مهم‌اند. مانند عهد، دوره، دوران و آبردوران که واحدهای زمانی مورد استفاده در زمین‌شناسی هستند. معیار تقسیم‌بندی این واحدهای زمانی مختلف، به حوادث مهمی همچون پیدایش یا انقراض گونه خاصی از جانداران، حوادث گوه‌زایی، پیشروی یا پسروی جهانی دریاها، عصرهای یخبندان و رویدادهای دیگر بستگی دارد (شکل ۱-۱۱).

میلیون سال قبل	رویدادهای زیستی	دوره	عصر	آبردوران
۶۶	انسان	کواترنری	پلاستوسن	قارورزیگ
	تنوع پستانداران	نئوژن		
	انقراض دایناسورها	پالئوژن		
	نخستین گیاهان گل‌دار	مزوزویگ		
	نخستین پرنده		ژوراسیک	
	نخستین پستاندار	تریاس		
	نخستین دایناسور	پالئوزویگ		
	انقراض گروهی پرمن			
	نخستین خزنده		کربنیفر	
	نخستین دوزیست		دوین	
۲۵۱	نخستین گیاهان آونددار	سیلورین	پروکامبرین	
	نخستین ماهی‌ها	اردوویسین		
	نخستین تریلوبیت	کامبرین		
۵۴۱			پروکامبرین	
۲۵۰۰			پروکامبرین	
۴۰۰۰			پروکامبرین	
۲۶۰۰	هادسن			

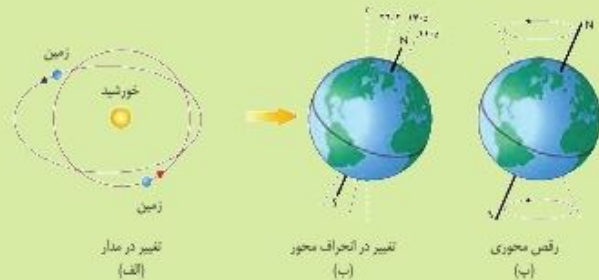
شکل ۱-۱۱. مقیاس زمان زمین‌شناسی و رویدادهای مهم آن

تغییرات آب و هوایی

کره زمین دارای حرکت وضعی و انتقالی است. چرخش زمین به دور محورش را حرکت وضعی می‌گویند. این چرخش در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت است و در مدت زمان حدود ۲۴ ساعت انجام شده و شب و روز بر اثر این حرکت ایجاد می‌شود. به گردش زمین روی مدار بیضوی به دور خورشید، حرکت انتقالی گفته می‌شود که در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت انجام می‌گردد. پیدایش فصل‌ها حاصل حرکت انتقالی زمین و انحراف ۲۳/۵ درجه‌ای محور زمین است. انحراف ۲۳/۵ 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. تغییر فاصله سیاره زمین در حرکت مداری خود نسبت به خورشید، همراه با تغییر در انحراف محور زمین و حرکات محوری آن باعث کاهش و افزایش دوره‌ای در میزان انرژی دریافتی از خورشید و نوسان درجه حرارت سطحی آن می‌گردد. این پدیده باعث بروز دوره‌های خشکسالی و یخبندان شدید روی زمین در دراز مدت 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. محققین معتقدند بروز تغییرات اقلیمی (آب‌وهوایی) روی زمین بی‌ارتباط با این پدیده نیست. این حرکت را رقص محوری زمین (حرکت تقدیمی) می‌نامند.



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

علم، زندگی، کارآفرینی

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

فعالیت تکمیلی



- با مطالعه در مورد فسیل خزندگان، در مورد عوامل ایجاد هر یک از وقایع زیر، مطالبی گردآوری و در کلاس ارائه کنید.
- ۱- دایناسورها در پایان دوره کرتاسه بسیار بزرگ‌جثه و سنگین‌وزن بودند.
- ۲- دایناسورها در پایان دوره کرتاسه بسیار متنوع شده بودند.
- ۳- دایناسورها در پایان دوره کرتاسه نتوانستند با تغییرات محیطی سازگار شوند.

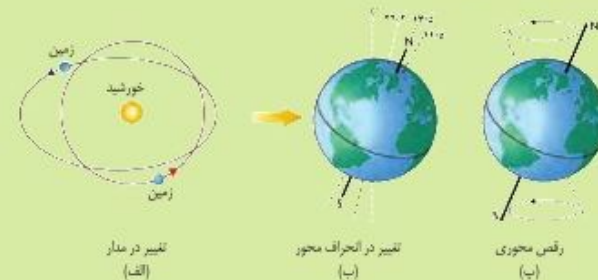
تغییرات آب و هوایی

کره زمین دارای حرکت وضعی و انتقالی است. چرخش زمین به دور محورش را حرکت وضعی می‌گویند. این چرخش در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت است و در مدت زمان حدود ۲۴ ساعت انجام شده و شب و روز بر اثر این حرکت ایجاد می‌شود. به گردش زمین روی مدار بیضوی به دور خورشید، حرکت انتقالی گفته می‌شود که در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت انجام می‌گردد. پیدایش فصل‌ها حاصل حرکت انتقالی زمین و انحراف ۲۳/۵ درجه‌ای محور زمین است. انحراف ۲۳/۵ 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 زمین‌شناسی بارها دوره‌های خشکسالی و یخبندان شدید روی زمین اتفاق افتاده است. دانشمندان علت این امر را تغییر فاصله 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 می‌گردد.

بیشتر بدانید

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



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

• **زمین شناسی** را می‌توان به طور کلی، علم مطالعه سیاره‌ای که در آن به سر می‌بریم تعریف کرد و زمین شناس ماجراجویی است که به دنبال 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 زمین شناسی خواهید آموخت در کوله‌پشتی خود قرار دهید، کفش‌های محکمی به پا کنید و برای فتح قله‌های دانش آماده شوید. ما در مسیر حرکت خود از فناوری (مهندسی، ریاضیات، هوش مصنوعی) استفاده لازم را خواهیم برد و برای حل مشکلات زندگی، دورماندن از مخاطرات طبیعی و تأمین منابع معدنی و انرژی، دست به کارآفرینی خواهیم زد.

• **هوش مصنوعی** دستگاه و یا نرم‌افزاری است که برخی عملکردهای شناختی، یادگیری و حل مسئله را مشابه و یا با تقلید از ذهن انسان بازسازی می‌نماید. هوش مصنوعی ابزاری است که می‌تواند به زمین شناسان کمک کند درک خود را از زمین و فرایندهای زمین شناسی ارتقا دهند. در حال حاضر برای زمین شناسان نقش دستیار قدرتمندی در تجزیه و تحلیل سریع و دقیق داده‌ها و یافتن الگوی مناسب برای آنها دارد.

تخمین خسارت‌های احتمالی مخاطرات طبیعی مانند سیل، زمین لرزه و غیره برطرف کردن محدودیت‌های این دانش در زمان و مکان (مانند دیدن هسته زمین)، پیش‌بینی و مدل سازی پدیده‌های زمین شناسی (مانند شبیه سازی جریان آب زیرزمینی)، نمونه‌هایی از کاربرد هوش مصنوعی در زمین شناسی می‌باشند.



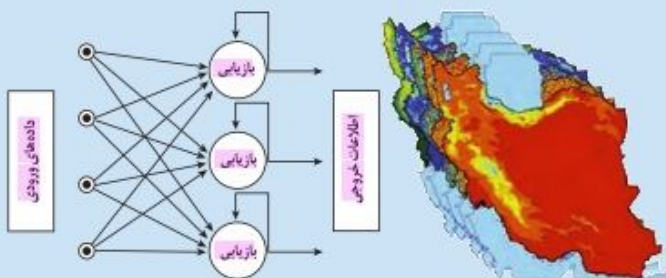
اگر اهل ماجراجویی هستید هر مقدار که دانش زمین شناسی خواهید آموخت در کوله‌پشتی خود قرار دهید، کفش‌های محکمی به پا کنید و برای فتح قله‌های دانش آماده شوید.

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

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

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

امروزه زمین شناسان از هوش مصنوعی در شناسایی سنگ‌ها و کانی‌ها، اکتشاف مواد معدنی، شناسایی مخاطرات طبیعی، بررسی نتایج گرمایش جهانی و تهیه نقشه‌های زمین شناسی با دقت بسیار زیاد در تعامل با روش‌های سنجش از راه دور استفاده می‌کنند.



فصل ۲

منابع معدنی و ذخایر انرژی، زیربنای تمدن و توسعه

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



فصل ۲

منابع معدنی و ذخایر انرژی، زیربنای تمدن و توسعه

زیربنای اقتصادی کشورهای مختلف، متنوع است. مبنای اقتصادی برخی از کشورها، صنعت، کشاورزی یا گردشگری است و برخی دیگر، اقتصاد خود را بر مبنای منابع و ذخایر معدنی بنا نهاده‌اند. مبنای اقتصاد کشور ما کدام مورد است؟ بسیاری از کالاهایی که در زندگی روزمره 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 فرآورده‌های پتروشیمی مانند پلاستیک، بنزین و ... به‌دست 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.





شمس طلا و نقره



مجتمع معدنی

منابع معدنی در زندگی ما

بخش عمده مواد مورد نیاز برای زندگی ما، از منابع معدنی تأمین می‌شوند. مس موجود در کابل‌های برق، آهن مورد استفاده در ریل راه‌آهن، پلاتین استفاده شده در ساخت گوشی تلفن همراه، کاتی گرافیت به کار گرفته شده در مدادی که با آن می‌نویسیم و فلوتور موجود در ترکیب خمیردندان از منابع معدنی تهیه می‌شوند. منابع معدنی پس از شناسایی توسط زمین‌شناسان، از معادن استخراج و پس از فرآوری، به کالاهای مورد نیاز تبدیل می‌گردند.

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

عنصر	میانگین درصد وزنی در پوسته
اکسیژن	۴۵/۲۰
سیلیسیم	۲۷/۲۰
آلومینیم	۸/۰۰
آهن	۵/۸۰
کلسیم	۳/۶۳
سدیم	۲/۷۷
پتاسیم	۲/۳۲
منیزیم	۱/۶۸
تیتانیم	۰/۲۲
فسفر	۰/۱۲
منگنز	۰/۱۰
روی	۰/۰۰۷
مس	۰/۰۰۶
سرب	۰/۰۰۱۶

غلظت عناصر در پوسته زمین

پوسته زمین از انواع سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی تشکیل شده است. ترکیب میانگین پوسته در اصل همان ترکیب میانگین سنگ‌های آذرین پوسته است؛ چرا که مقدار کل سنگ‌های رسوبی و دگرگونی نسبت به حجم سنگ‌های آذرین بسیار اندک و فاقد اهمیت است. دو زمین‌شناس به نام‌های کلارک و واشنگتن در سال ۱۹۲۴ میلادی بر مبنای تجزیه نمونه‌های فراوانی که از سنگ‌های سراسر دنیا گردآوری شده بود، میانگین درصد وزنی عناصر سازنده پوسته زمین معروف به غلظت کلارک را تعیین کردند (جدول ۲-۱).



شمس طلا و نقره



مجتمع معدنی

منابع معدنی در زندگی ما

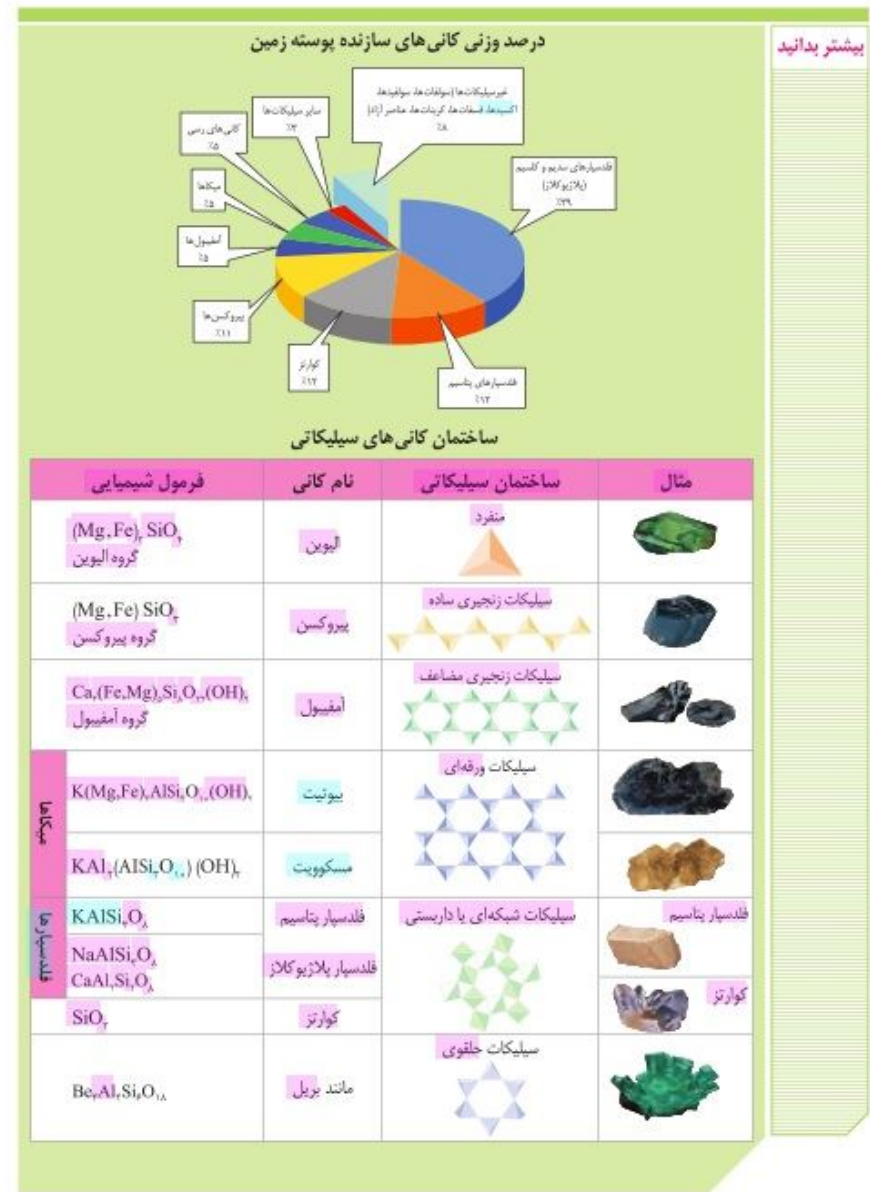
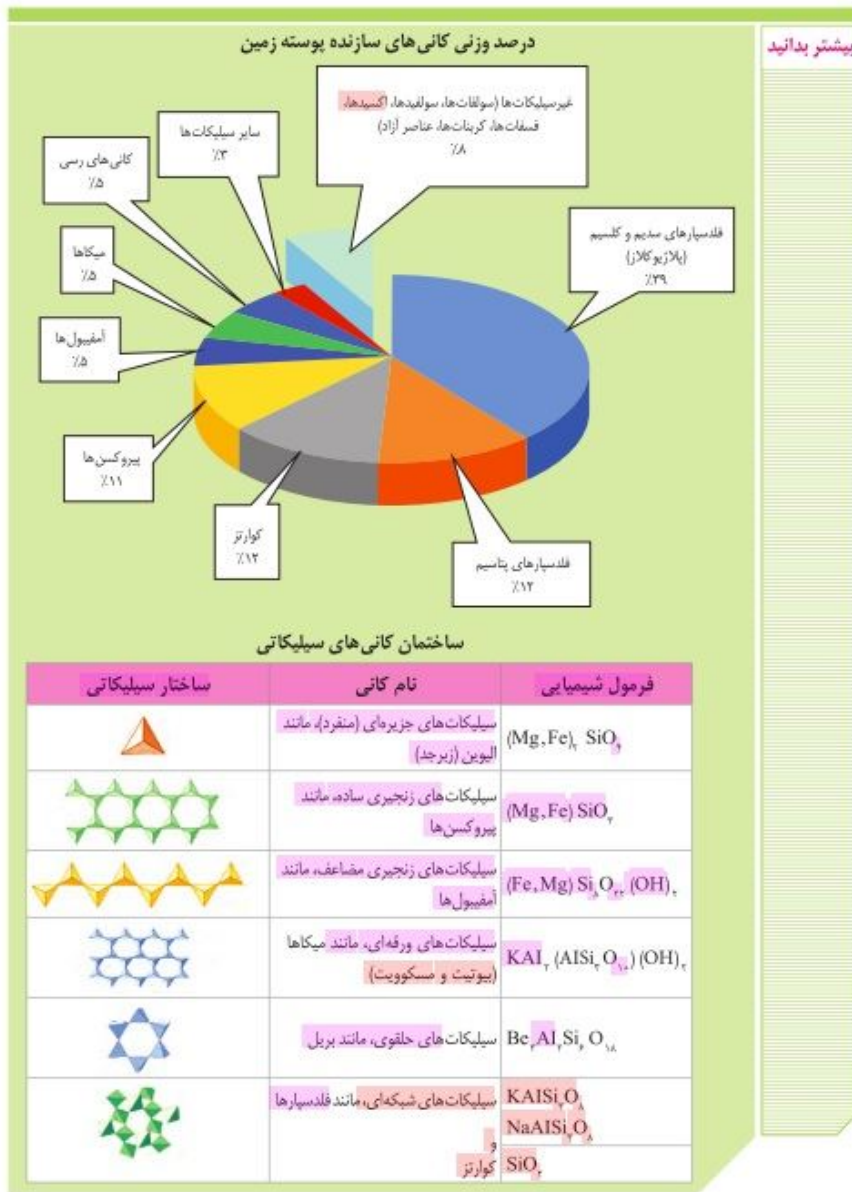
بخش عمده مواد مورد نیاز برای زندگی ما، از منابع معدنی تأمین می‌شوند. مس موجود در کابل‌های برق، آهن مورد استفاده در ریل راه‌آهن، پلاتین استفاده شده در ساخت گوشی تلفن همراه، کاتی گرافیت به کار گرفته شده در مدادی که با آن می‌نویسیم و فلوتور موجود در ترکیب خمیردندان از منابع معدنی تهیه می‌شوند. منابع معدنی پس از شناسایی توسط زمین‌شناسان، از معادن استخراج و پس از فرآوری، به کالاهای مورد نیاز تبدیل می‌گردند.

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

عنصر	میانگین درصد وزنی در پوسته
اکسیژن	۴۵/۲۰
سیلیسیم	۲۷/۲۰
آلومینیم	۸/۰۰
آهن	۵/۸۰
کلسیم	۳/۶۳
سدیم	۲/۷۷
پتاسیم	۲/۳۲
منیزیم	۱/۶۸
تیتانیم	۰/۲۲
فسفر	۰/۱۲
منگنز	۰/۱۰
روی	۰/۰۰۷
مس	۰/۰۰۶
سرب	۰/۰۰۱۶

غلظت عناصر در پوسته زمین

پوسته زمین از انواع سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی تشکیل شده است. ترکیب میانگین پوسته در اصل همان ترکیب میانگین سنگ‌های آذرین 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 تجزیه نمونه‌های فراوانی که از سنگ‌های سراسر دنیا گردآوری شده بود، میانگین درصد وزنی عناصر سازنده پوسته زمین معروف به کلارک را تعیین کردند (جدول ۲-۱).



سری واکنشی بوون

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، زودگاز و کانی‌های تیره که دیرتر ذوب می‌شوند، دیرگاز نامیده می‌شوند، یعنی در تشکیل ماگما وارد نمی‌شوند. این ذوب، ذوب بخشی نام دارد.

یکی از پژوهش‌های مهم در مورد تبلور ماگما در اوایل قرن بیستم به وسیله بوون (Bowen) انجام شد. مطالعات تجربی بوون در مورد تعیین ترتیب تبلور کانی‌های سیلیکاته از یک ماگما بر اساس دمای تبلور آنها بود، که به عنوان سری واکنشی بوون از آن یاد می‌شود. او در آزمایشگاه سنگ بازالت را بودر کرده و سپس ذوب نمود، 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 به وجود 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).

دانشمندان علوم زمین

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. لوی بوون 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 کامل سنگ‌های آذرین، ارائه سری واکنشی بوون است که در آن ترتیب تبلور کانی‌های رایج در سنگ‌های آذرین را نشان می‌دهد. تلاش‌ها و پژوهش‌های وی منجر به کسب جوایز و افتخارات متعدد از جوامع علمی آمریکایی و اروپایی گردید. تکاحدی ژئوفیزیک آمریکا مدالی را به افتخار او نام‌گذاری کرده است.



سری واکنشی بوون

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

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

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

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

- پیروکسن → مایع مذاب باقیمانده + الیون
- آمفیبول → مایع مذاب باقیمانده + پیروکسن
- بیوتیت → مایع مذاب باقیمانده + آمفیبول

دانشمندان علوم زمین

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. لوی بوون 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 کامل سنگ‌های آذرین، ارائه سری واکنشی بوون است که در آن ترتیب تبلور کانی‌های رایج در سنگ‌های آذرین را نشان می‌دهد. تلاش‌ها و پژوهش‌های وی منجر به کسب جوایز و افتخارات متعدد از جوامع علمی آمریکایی و اروپایی گردید. تکاحدی ژئوفیزیک آمریکا مدالی را به افتخار او نام‌گذاری کرده است.



شکل ۲-۴. تصویر شماتیک سری واکنشی بوون (Bowen)



کانه

از تعداد بی شمار کانی های شناخته شده در پوسته زمین، گروه اندکی از آنها دارای یک فلز ارزشمند اقتصادی هستند که به آنها کانه گفته می شود. کانه ها می توانند دارای ترکیبات متعدد سیلیکاتی و غیر سیلیکاتی باشند و در همه سنگ ها (رسوبی، آذرین و دگرگونی) یافت شوند. کانه ها دارای تمرکز بالاتری از فلز در خود هستند و مانند کانی ها ترکیب شیمیایی نسبتاً ثابتی دارند. به عنوان مثال هماتیت (Fe_2O_3) کانه آهن است، زیرا تمرکز بالایی از آهن در خود دارد. کانی البونین (Fe, Mg, SiO_2) هم در ترکیب خود آهن دارد اما کانه آهن محسوب نمی شود، چرا که نسبت به هماتیت، تمرکز پایین تری از آهن دارد. برخی از کانه ها مانند طلا، نقره و مس به صورت آزاد هم یافت می شوند.

کانسنگ

هر ماده ای که طی فرایندهای طبیعی شکل گرفته باشد و بتوان از آن ماده یا مواد با ارزش و سودمندی استخراج و به بازار مصرف عرضه کرد، کانسنگ (سنگ معدن) نام دارد. مواد ارزشمند کانسنگ ها (کانه ها) همواره با مواد بی ارزشی همراه هستند که استخراج آنها اقتصادی نیست و به آنها باطله می گویند. به عنوان مثال کالکوپیریت با فرمول شیمیایی ($CuFeS_2$) یکی از مهم ترین کانه های فلز مس است (شکل ۲۰۳) که همراه با کانی های باطله مختلفی مانند کوارتز، فلدسپار، میکا، کانی های رسی، پیریت (FeS_2) و غیره، کانسنگ مس را تشکیل می دهند.

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



شکل ۲۰۳: کالکوپیریت

بر اساس سری واکنشی بونون، نخستین کانی های حاصل از سرد شدن ماگمای بازالتی، حاوی مقادیر زیادی البونین و مقداری پلاژیوکلاز کلسیم دار هستند. کانی های مزبور اگر از ماگما جدا شوند، به همراه مقداری پیروکسن، سنگ پریدوتیت (یا معادل بیرونی آن یعنی کمانتیت) را ایجاد می کنند و اگر در ماگما باقی بمانند هم زمان با کاهش دما به طور کامل با ماگما واکنش می دهند و البونین به پیروکسن و پلاژیوکلاز کلسیم دار نیز به پلاژیوکلاز با محتوای کلسیم کمتر تبدیل می شوند. از تجمع این دو کانی همراه با البونین، سنگ گابرو یا معادل بیرونی آن به وجود می آید. در ادامه فرایند تبلور و کاهش دما، کانی های دمای بالاتر ضمن واکنش با ماگما، کانی هایی با درجات حرارت پایین تر از خود را به وجود می آورند و این وضع ادامه می یابد. به عنوان مثال:

پیروکسن → مذاب باقیمانده + البونین
آمفیبول → مذاب باقیمانده + پیروکسن
بیوتیت → مذاب باقیمانده + آمفیبول

با ادامه تبلور و کاهش دما، مقادیر عناصری مانند پتاسیم که تاکنون در ساختمان کانی ها وارد نشده اند در مذاب باقیمانده افزایش می یابد. در انتها، یعنی پس از انجماد قسمت اعظم ماگما، بلورهای فلدسپار پتاسیم، مسکوویت و کوارتز از باقیمانده ماده مذاب متبلور می شوند.

بدین ترتیب و بر اساس اصول سری واکنشی بونون از تبلور یک ماگمای بازالتی، می تواند حداقل چهار نوع سنگ با ترکیب کانی شناسی متفاوت مطابق شکل ۲۰۲ به وجود آید. زمین شناسان در زمینه هایی مانند سنگ شناسی آذرین و اکتشاف مواد معدنی از سری واکنشی بونون بهره می گیرند.

کانه

به گروهی از کانی ها که در آن یک فلز ارزشمند اقتصادی وجود دارد، کانه گفته می شود. تعداد کانه ها اندک بوده و می توانند دارای ترکیبات متعدد سیلیکاتی و غیر سیلیکاتی باشند و در همه سنگ ها (رسوبی، آذرین و دگرگونی) یافت شوند. کانه ها دارای تمرکز بالاتری از فلز در خود هستند و مانند کانی ها ترکیب شیمیایی نسبتاً ثابتی دارند. به عنوان مثال هماتیت (Fe_2O_3) کانه آهن است، زیرا تمرکز بالایی از آهن در خود دارد. کانی البونین (Mg, Fe, SiO_2) هم در ترکیب خود آهن دارد اما کانه آهن محسوب نمی شود، چرا که نسبت به هماتیت، تمرکز پایین تری از آهن دارد. برخی از کانه ها مانند طلا، نقره و مس به صورت آزاد هم یافت می شوند.

کانسنگ

هر ماده ای که طی فرایندهای طبیعی شکل گرفته باشد و بتوان از آن ماده یا مواد با ارزش و سودمندی استخراج و به بازار مصرف عرضه کرد، کانسنگ (سنگ معدن) نام دارد. مواد ارزشمند کانسنگ ها (کانه ها) همواره با مواد بی ارزشی همراه هستند که استخراج آنها اقتصادی نیست و به آنها باطله می گویند. به عنوان مثال کالکوپیریت با فرمول شیمیایی ($CuFeS_2$) یکی از مهم ترین کانه های فلز مس است (شکل ۲۰۳) که همراه با کانی های باطله مختلفی مانند کوارتز، فلدسپار، میکا، کانی های رسی، پیریت (FeS_2) و غیره، کانسنگ مس را تشکیل می دهند.

گاهی در مناطقی از پوسته زمین با تمرکز غیرعادی از یک یا چند کانه با ارزش و دارای سود کافی برای استخراج روبه رو هستیم که به آن کانسار می گوئیم.



شکل ۲۰۳: کالکوپیریت

فعالیت تکمیلی

- کلارک تمرکز برای عناصر مختلف از رابطه زیر به دست می آید.

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

کلارک تمرکز عناصر درج شده در جدول را تعیین کنید.

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

استخراج ماده معدنی از کانسنگ، اغلب پرهزینه است و تنها در صورتی بهره برداری آغاز می شود که حجم و تمرکز کافی از ماده معدنی وجود داشته باشد. با شروع بهره برداری یا معدن کاری، یک معدن شکل می گیرد. در کنار کانسنگ های فلزی، گروهی از مواد معدنی غیرفلزی شامل کانی ها و سنگ ها جهت مصارف روزمره و صنعتی استخراج می شوند. کانی هایی همانند ژیس در تهیه گچ بنایی و مسکویت در تهیه پلاستیک نسوز کاربرد دارند، سنگ گرانیت 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.

فعالیت تکمیلی

- 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 کانسنگ ها

کانسنگ ها بر اساس منشأ و نحوه تشکیل، به سه دسته ماگمایی، گرمایی و رسوبی تقسیم بندی می شوند.
الف) کانسنگ ماگمایی: بسیاری از کانسنگ ها حاصل سرد شدن ماگما و فرایندهای آذرین مرتبط با آن هستند. کانسنگ های فلزاتی چون نیکل، کروم، پلاتین و آهن می توانند از یک ماگمای در حال سرد شدن، تشکیل شوند. همچنان که دمای ماگما کاهش می یابد، تبلور کانی ها مطابق سری واکنشی بوون و براساس دمای تبلور، عمدتاً در نزدیکی سقف اتاقک ماگمایی که سردتر است آغاز می شود (شکل ۲-۴) و ابتدا کانی های آهن و منیزیم دار مثل کرومیت و منگنیت در کنار الومین متبلور می شوند و چون چگالی این کانی ها از مذاب باقیمانده بیشتر است، در کف اتاقک ماگمایی ته نشین می شوند و لایه هایی از کانسنگ کروم، آهن و سایر عناصر را به وجود می آورند (شکل ۲-۴).

فعالیت تکمیلی

- 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.

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

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 اینکه استخراج آهن در منطقه ای سودآور باشد و بهره برداری آغاز شود، باید میانگین فراوانی آن در منطقه نسبت به میانگین پوسته ۶ برابر گردد.
 ● ضریب تمرکز عناصر درج شده در جدول را تعیین کنید.

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

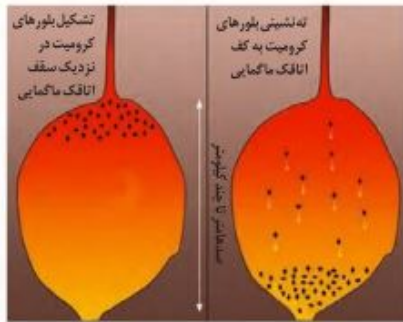
استخراج ماده معدنی از کانسنگ، اغلب پرهزینه است و تنها در صورتی بهره برداری آغاز می شود که حجم و تمرکز کافی از ماده معدنی وجود داشته باشد. با شروع بهره برداری یا معدن کاری، یک معدن شکل می گیرد. در کنار کانسنگ های فلزی، گروهی از مواد معدنی غیرفلزی شامل کانی ها و سنگ ها جهت مصارف روزمره و صنعتی استخراج می شوند. کانی هایی همانند ژیس در تهیه گچ بنایی و مسکویت در تهیه پلاستیک نسوز کاربرد دارند، سنگ گرانیت 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.

فعالیت تکمیلی

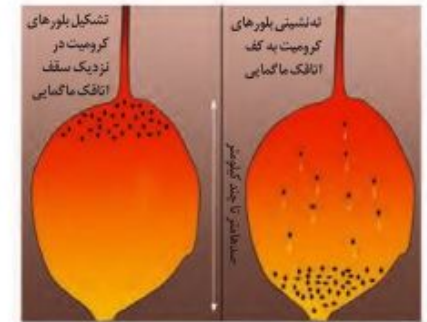
- علاوه بر عوامل حجم و غلظت، چه عواملی در مقرون به صرفه شدن یک معدن دخالت دارند؟
- به چه دلیل برخی از معادن متروکه، پس از مدتی مورد بهره برداری مجدد قرار می گیرند؟

طبقه بندی کانسنگ ها

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



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



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

می‌یابد، تبلور کانی‌ها مطابق سری واکنشی یون 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 منگنیت در کنار الیون متبلور می‌شوند و چون چگالی این کانی‌ها از مذاب باقیمانده بیشتر است، در کف اتاقک ماگمایی ته‌نشین می‌شوند و لایه‌هایی از کانسنگ کروم، آهن و سایر عناصر را به وجود می‌آورند (شکل ۲-۴).

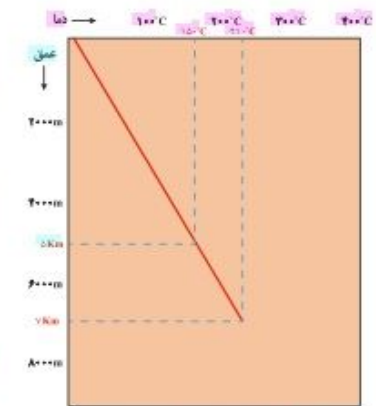
مطابق سری واکنشی یون، با کاهش دما و جدا شدن یون‌های آهن و منیزیم از ترکیب ماگما و مشارکت آنها در تشکیل کانی‌هایی مانند الیون، پیروکسن و آمفیبول به تدریج مقدار آب و مواد فرار همچون کربن دی‌اکسید در ماگما افزایش یافته و ماگما رقیق‌تر می‌شود. حضور مقادیر زیاد آب و مواد فرار علاوه بر سرعت بخشیدن به انتقال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

کانی‌های سازنده پگماتیت‌ها مشابه کانی‌های سازنده گرانیت‌ها بوده و شامل کوارتز، فلدسپار و مسکویت است و می‌تواند منابع مهمی برای بعضی عناصر خاص مانند لیتیم و سزیم و بعضی کانی‌های گوهری مانند بریل یا کانی‌های صنعتی مانند مسکویت (مطلق نسوز) باشد (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵. بلورهای درشت مسکویت در پگماتیت

ب) کانسنگ گرمایی: در پوسته زمین، به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش عمق، به‌طور 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 پستریقیانوس‌ها و یا آب‌های زیرزمینی راه یافته به اعماق زمین باشد. ماهیت آب منشأ گرفته از ماگما می‌تواند با آب خالص متفاوت و حاوی کاتیون‌های فلزی مس، سرب، روی، مولیبدن، نقره، طلا، قلع و ... باشد. دمای آب‌های با منشأ اقیانوسی و جوی پس از نفوذ به اعماق زمین به تدریج افزایش یافته و هم‌زمان مقدار مواد محلول آنها نیز زیاد می‌شود.



شکل ۲-۶. نمودار شیب زمین گرمایی



شکل ۲-۵. بلورهای درشت مسکویت در پگماتیت



شکل ۲-۶. نمودار شیب زمین گرمایی

مطابق سری واکنشی یون، با کاهش دما و جدا شدن یون‌های آهن و منیزیم از ترکیب ماگما و مشارکت آنها در تشکیل کانی‌هایی مانند الیون، پیروکسن و آمفیبول به تدریج مقدار آب و مواد فرار همچون کربن دی‌اکسید در ماگما افزایش یافته و ماگما رقیق‌تر می‌شود. حضور مقادیر زیاد آب و مواد فرار علاوه بر سرعت بخشیدن به انتقال اتم‌ها در ماگما، منجر به پایین آمدن نقطه انجماد ماگما گردیده و زمان تبلور بسیار کند و طولانی شده و شرایط برای رشد بلورهای تشکیل‌دهنده سنگ فراهم می‌گردد و سنگ‌هایی با بلورهای بسیار درشت، به نام پگماتیت تشکیل می‌شود. کانی‌های سازنده پگماتیت‌ها مشابه کانی‌های سازنده گرانیت‌ها بوده و شامل کوارتز، فلدسپار و مسکویت است و می‌تواند منابع مهمی برای بعضی عناصر خاص مانند لیتیم و سزیم و بعضی کانی‌های گوهری مانند بریل یا کانی‌های صنعتی مانند مسکویت (مطلق نسوز) باشد (شکل ۲-۵).

ب) کانسنگ گرمایی: در پوسته زمین، به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش عمق، به‌طور 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 پستریقیانوس‌ها و یا آب‌های زیرزمینی راه یافته به اعماق زمین باشد. ماهیت آب منشأ گرفته از ماگما می‌تواند با آب خالص متفاوت و حاوی کاتیون‌های فلزی مس، سرب، روی، مولیبدن، نقره، طلا و ... باشد. دمای آب‌های با منشأ اقیانوسی و جوی پس از نفوذ به اعماق زمین به تدریج افزایش یافته و هم‌زمان مقدار مواد محلول آنها نیز زیاد می‌شود.



شکل ۲-۷- رنگه ملا همراه کورتر

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



شکل ۲-۷- رنگه ملا همراه کورتر

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

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

اکتشاف معدن

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

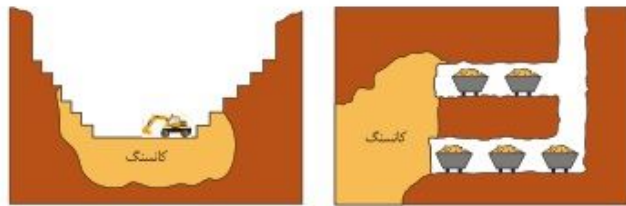
پ) کانستگ رسوبی: بخشی از کانستگ‌ها در سنگ‌های رسوبی قرار دارند و به وسیله فرایندهای رسوبی شکل می‌گیرند. مثلاً کانستگ‌های آهن نواری حاصل ته‌نشینی شیمیایی اجزای تشکیل دهنده‌شان در محیط رسوبی هستند. ابتدا مواد به صورت محلول وارد محیط شده و سپس با تشکیل ترکیبات غیرمحلول ته‌نشین می‌شوند و کانسارهای رسوبی 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 یافته و کانستگ‌های رسوبی پلاستی (نوعی از کانستگ‌های رسوبی تخریبی) را تشکیل می‌دهند. فلزاتی مانند طلا و پلاتین می‌توانند تشکیل ذخایر پلاستی دهند. برداشت طلا از رودخانه زرشوران نمونه‌ای از ذخایر پلاستی است که سابقه طولانی دارد.

اکتشاف معدن

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



شکل ۲-۸. روش‌های استخراج ماده معدنی

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

جمع‌آوری اطلاعات

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

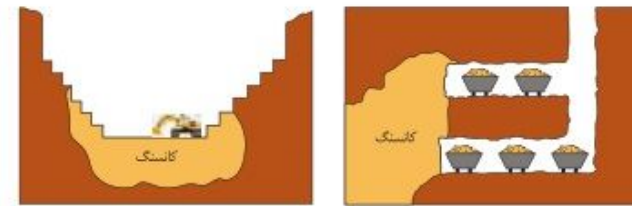
• اگر عیار اقتصادی طلا در ذخایر آن ۲ppm باشد، محاسبه کنید در یک معدن طلا، از ۳ تن سنگی که استخراج می‌شود، چند گرم طلا به دست می‌آید؟

پیوند با ریاضی

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. علاوه بر اینها سختی و کمیاب بودن نیز از ویژگی‌های لازم برای یک گوهر محسوب می‌شود.

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



شکل ۲-۸. روش‌های استخراج ماده معدنی

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

جمع‌آوری اطلاعات

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

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

پیوند با ریاضی

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. علاوه بر اینها سختی و کمیاب بودن نیز از ویژگی‌های لازم برای یک گوهر محسوب می‌شود.

سختی کانی را می‌توان به عنوان مقاومت آن در مقابل خراشیده شدن یا ساییدگی به وسیله سایر اجسام تعریف نمود که بیشتر به طرز قرار گرفتن اتم‌ها در شبکه بلورین 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 بوده و بر روی سایر کانی‌ها خراش می‌اندازد.

جدول سختی موهس

بیشتر بدانید

کانی	تالک	ژیپس	کلسیت	فلونوریت	ایاتیت	ارتوکلاز	کوارتز	تویاز	گردوم	الماس
سختی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰

معدودی از گوهرها اثرات نوری خاصی را در نور مرئی نشان می‌دهند، به عبارتی حالتی خاص در گوهرها که ناشی از انعکاس، شکست و یا جذب نور در آن است را پدیده نوری می‌گویند. برخی از پدیده‌های نوری زیبا در گوهرها شامل پدیده چشم گربه‌ای در کانی کریزوپریل، ستاره‌واری در یاقوت، بازی رنگ و درخشش رنگین کمانی در آیال (نوعی گوهر سیلیسی) و تغییر رنگ در گوهر الکساندریت 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 فرّار به وجود می‌آیند.

پاسخ دهید

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



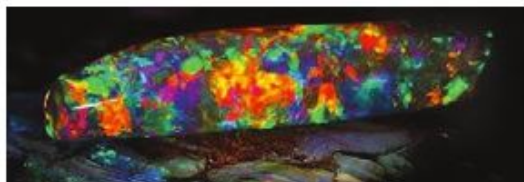
شکل ۱۰- پدیده ستاره‌واری در گوهر یاقوت



شکل ۹- پدیده چشم گربه‌ای در گوهر کریزوپریل



شکل ۱۲- پدیده تغییر رنگ در گوهر الکساندریت



شکل ۱۱- پدیده درخشش رنگین کمانی در گوهر آیال

جدول سختی موهس

بیشتر بدانید

کانی	تالک	ژیپس	کلسیت	فلونوریت	ایاتیت	ارتوکلاز	کوارتز	تویاز	گردوم	الماس
سختی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰

معدودی از گوهرها اثرات نوری خاصی را در نور مرئی نشان می‌دهند، به عبارتی حالتی خاص در گوهرها که ناشی از انعکاس، شکست و یا جذب نور در آن است را پدیده نوری می‌گویند. برخی از پدیده‌های نوری زیبا در گوهرها شامل پدیده چشم گربه‌ای در کانی کریزوپریل، ستاره‌واری در یاقوت، بازی رنگ و درخشش رنگین کمانی در آیال (نوعی گوهر سیلیسی) و تغییر رنگ در گوهر الکساندریت (نوعی کریزوپریل) 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 فرّار به وجود می‌آیند.

پاسخ دهید

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



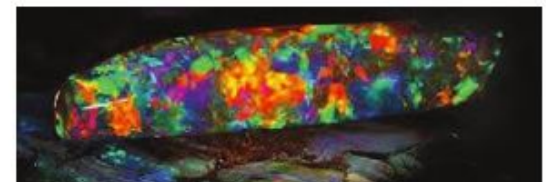
شکل ۱۰- پدیده ستاره‌واری در گوهر یاقوت



شکل ۹- پدیده چشم گربه‌ای در گوهر کریزوپریل



شکل ۱۲- پدیده تغییر رنگ در گوهر الکساندریت



شکل ۱۱- پدیده درخشش رنگین کمانی در گوهر آیال

الماس: گوهری بسیار گرانبها 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 غیرشفاف آن در مته‌های حفاری و ساینده‌ها نیز کاربرد دارد (شکل ۲-۱۳).



شکل ۲-۱۳- گوهر الماس

یاقوت: نام علمی آن کربندوم (اکسید آلومینیم) است. کانی کربندوم به رنگ‌های مختلف دیده می‌شود، رنگ قرمز آن را یاقوت سرخ (روبی) و برای نام‌گذاری سایر رنگ‌های آن، کلمه سافیر را قبل از رنگ آن می‌آورند مانند سافیر آبی (شکل ۲-۱۴). این کانی بعد از الماس، سخت‌ترین کانی است.



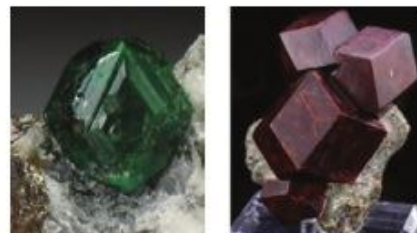
شکل ۲-۱۴- گوهر یاقوت

زمرّد: سیلیکات بریلیم (بریل) به رنگ‌های مختلف و در سنگ‌های آذرین یافت می‌شود که معروف‌ترین و گران‌ترین نوع بریل با رنگ سبز، زمرّد نام دارد (شکل ۲-۱۵).



شکل ۲-۱۵- گوهر زمرّد

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



شکل ۲-۱۶- گوهر گارنت

الماس: گوهری بسیار گرانبها 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 غیرشفاف آن در مته‌های حفاری و ساینده‌ها نیز کاربرد دارد (شکل ۲-۱۳).



شکل ۲-۱۳- گوهر الماس

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



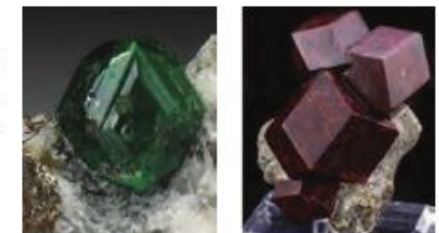
شکل ۲-۱۴- گوهر یاقوت

زمرّد: سیلیکات بریلیم (بریل) به رنگ‌های مختلف و در سنگ‌های آذرین یافت می‌شود که معروف‌ترین و گران‌ترین نوع بریل با رنگ سبز، زمرّد نام دارد (شکل ۲-۱۵).



شکل ۲-۱۵- گوهر زمرّد

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



شکل ۲-۱۶- گوهر گارنت



شکل ۱۷-۳. 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، در بسیاری از نقاط ایران یافت می‌شود.



شکل ۱۷-۳. 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.

گفت و گو کنید

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

گفت و گو 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. زمرد

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



شکل ۱۸-۲. زمرد

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



شکل ۱۹-۳. گوهر فیروزه (تورکواز)

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



شکل ۱۹-۳. گوهر فیروزه (تورکواز)

فیروزه: از گوهرهای قدیمی شناخته شده با ترکیب فسفاتی است. فیروزه برای اولین بار در سنگ‌های آتشفشانی اطراف نیشابور یافت شد و به دیگر نقاط جهان صادر گردید. فیروزه نیشابور به عنوان 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 اتیاشته شدن و تجزیه مواد آلی گیاهی، جانوری و جلبک‌ها در رسوبات و سنگ‌های رسوبی به وجود می‌آیند.

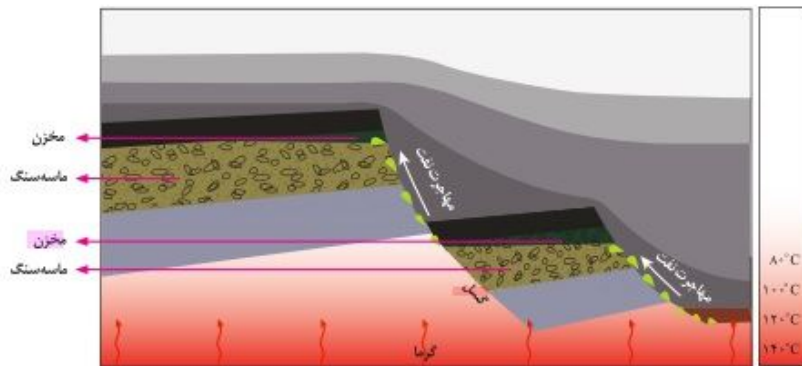
نفت و گاز: هیدروکربن‌هایی هستند که به‌طور طبیعی، به‌صورت مایع، گاز و نیمه جامد در زمین وجود دارند. برخلاف زغال سنگ که در محیط‌های خشکی مانند محیط مدیانه (اکسیژن اندک) تشکیل می‌شود، جاندارانی که باعث تشکیل نفت خام می‌شوند در اعماق کم که

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 اتیاشته شدن و تجزیه مواد آلی گیاهی، جانوری و جلبک‌ها در رسوبات و سنگ‌های رسوبی به وجود می‌آیند.

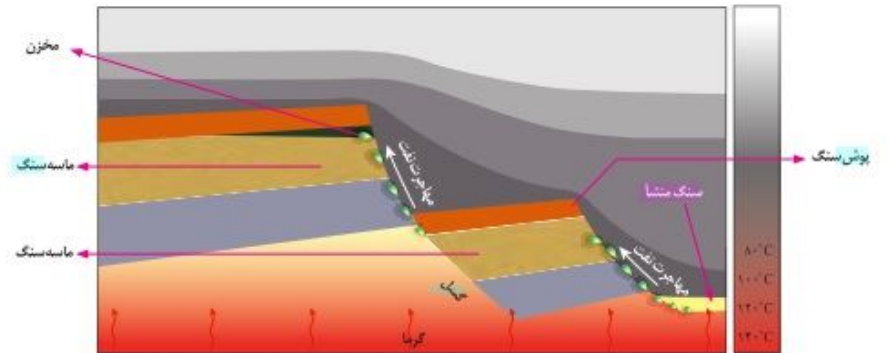
نفت و گاز: هیدروکربن‌هایی هستند که به‌طور طبیعی، به‌صورت مایع، گاز و نیمه جامد در زمین وجود دارند. برخلاف زغال سنگ که در محیط‌های خشکی مانند محیط مدیانه (اکسیژن اندک) تشکیل می‌شود، جاندارانی که باعث تشکیل نفت خام می‌شوند در مناطق کم عمق

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 ریزدانه بستر دریا مدفون می شوند. ماده آلی حفظ شده در رسوبات ریزدانه که توسط لایه های بالایی پوشیده می شوند، سنگ منشأ نفت را تشکیل می دهند. مواد آلی در طی تبدیل رسوب ریزدانه به سنگ منشأ، از طریق یک سری واکنش های شیمیایی - حرارتی نفت خام را به وجود می آورند. در فرایند تشکیل ذخایر نفتی، عواملی مانند دما، فشار، وجود باکتری غیر هوازی، زمان و محیطی بدون اکسیژن اهمیت فراوانی دارند.



شکل ۲-۲۰. نفت از سنگ منشأ تا سنگ مخزن

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 شده 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 غیر هوازی نقش اصلی را به عهده دارند. در فرایند تشکیل نفت، عواملی مانند دما، فشار، وجود باکتری غیر هوازی، زمان و محیطی بدون اکسیژن اهمیت فراوانی دارند.



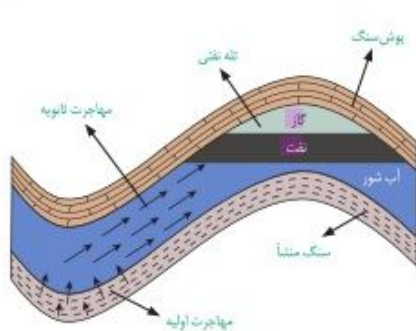
شکل ۲-۲۰. نفت از سنگ منشأ تا سنگ مخزن

● 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؟

فعالیت تکمیلی

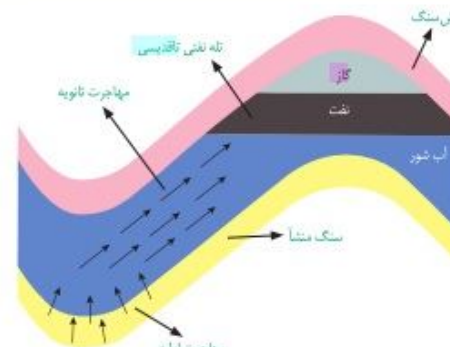
● اگر در فرایند تشکیل نفت خام، فشار و دما از حد مورد نیاز برای تشکیل نفت، بیشتر یا کمتر شود، چه اتفاقی رخ می دهد؟

فعالیت تکمیلی



شکل ۲-۲۱. 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، 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 (۲-۲۱). 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 آنها 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).

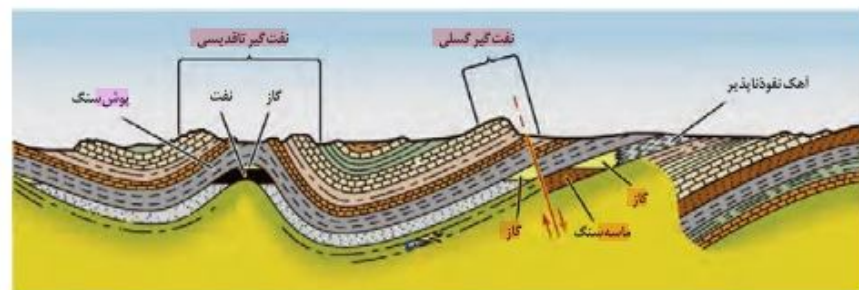


شکل ۲-۲۱. مهاجرت نفت

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، 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 (۲-۲۱). 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 آنها 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 اولیه و ثانویه مانعی در مسیر حرکت آب و نفت و گاز نباشد، به سطح زمین راه یافته 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 تاقدیسی، گسلی، گنبد نمکی، ریف مرجانی و غیره (شکل ۲-۲۲). عمده ذخایر نفتی ایران در نفت گیرهای تاقدیسی قرار دارد. با توجه به اینکه شرایط لازم برای حفظ شدگی مواد آلی و تبدیل آنها به نفت خیلی خاص است تنها یک درصد از مواد آلی به نفت و گاز تبدیل شده اند.



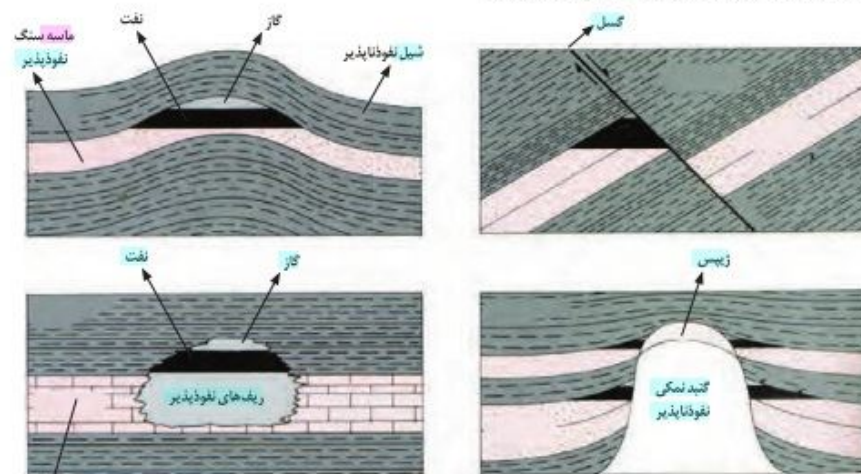
شکل ۲-۲۲. انواع نفت گیرها

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. آنها، در باتلاق ها انباشته شده و توسط رسوبات پوشیده می شوند و بدون حضور اکسیژن (توسط باکتری غیر هوازی) 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 شده و آب و مواد فرّار 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 فرّار، درصد کربن در سنگ حاصل، افزایش یابد و کیفیت و توان تولید انرژی زغال سنگ بهتر شود.

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 اولیه مانعی در مسیر حرکت آب و نفت و گاز نباشد، به سطح زمین راه یافته 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 تاقدیسی، گسلی، گنبد نمکی، ریف مرجانی و غیره (شکل ۲-۲۲). عمده ذخایر نفتی ایران در نفت گیرهای تاقدیسی قرار دارد. با توجه به اینکه شرایط لازم برای حفظ شدگی مواد آلی و تبدیل آنها به نفت خیلی خاص است تنها یک درصد از مواد آلی به نفت و گاز تبدیل شده اند.



شکل ۲-۲۲. انواع نفت گیرها

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. آنها، در باتلاق ها انباشته شده و توسط رسوبات پوشیده می شوند و بدون حضور اکسیژن (توسط باکتری غیر هوازی) 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 شده و آب و مواد فرّار 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 فرّار، درصد کربن در سنگ حاصل، افزایش یابد و کیفیت و توان تولید انرژی زغال سنگ بهتر شود.

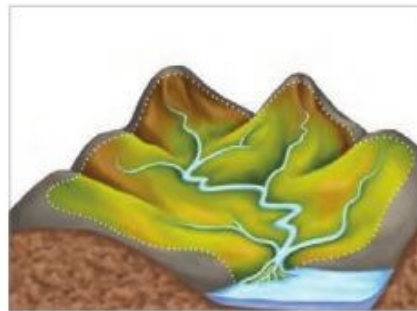


پاتلاي



شوره زل

زندگی انسان و سایر جانداران، بدون آب امکان پذیر نیست. آب مورد نیاز، 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 حوضه آبریز جریان می‌یابد. بخشی از رواناب به داخل زمین نفوذ و منابع آب زیرزمینی را تغذیه می‌کند. به منطقه‌ای که آب‌های آن به وسیله رودخانه اصلی و شاخه‌های فرعی، زهکشی می‌شود، حوضه آبریز می‌گویند. هر ذره آبی که در چنین منطقه‌ای جریان دارد، سرانجام به رودخانه اصلی می‌پیوندد و به وسیله آن از حوضه آبریز خارج می‌شود (شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱. حوضه آبریز

آب جاری

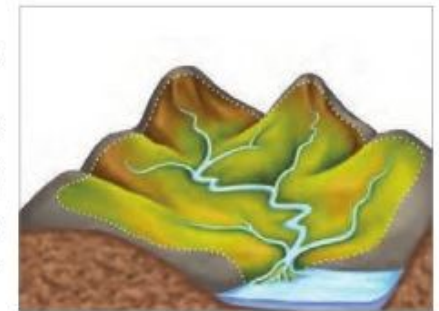
آب جاری، با آنکه در مقایسه با حجم کل آب کره، بسیار ناچیز است اما، همواره سطح زمین را در جایی که جریان دارد، فرسایش می‌دهد و مواد حاصل را در جای دیگر که انرژی آب کاهش یافته باشد، ته‌نشین می‌کند. رودها مهم‌ترین عامل تغییر شکل سطح خشکی‌های زمین هستند.

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



غار کته خور - زنجان

زندگی انسان و سایر جانداران، بدون آب امکان پذیر نیست. آب مورد نیاز، 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 حوضه آبریز 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 ۳-۱).



شکل ۳-۱. حوضه آبریز

آب جاری

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

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

فکر کنید

- مقدار 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 می باشد؟

مقاطع مختلف رود

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 می باشد؟

مقاطع مختلف رود



شکل ۳-۲. ایستگاه اندازه گیری آبدهی رود

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

$$Q = A \times V$$

Q: دبی برحسب مترمکعب بر ثانیه
A: مساحت سطح مقطع جریان آب برحسب مترمربع
V: سرعت جریان آب برحسب متر بر ثانیه



شکل ۳-۲. ایستگاه اندازه گیری آبدهی رود

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

$$Q = A \times V$$

Q: دبی برحسب مترمکعب بر ثانیه
A: مساحت سطح مقطع جریان آب برحسب مترمربع
V: سرعت جریان آب برحسب متر بر ثانیه

- روش های مختلفی برای اندازه گیری آبدهی (دبی) وجود دارد. به طور نمونه، ساده ترین راه برای اندازه گیری آبدهی منابعی که آب آنها از لوله خارج می شود مانند چاه، چشمه، قنات و غیره استفاده از روش حجمی است. به بیان دیگر آبدهی عبارت است از، حجم آبی که در واحد زمان (ثانیه) از مقطع عرضی رودخانه عبور می کند. در مورد چگونگی انجام روش حجمی و سایر روش های اندازه گیری آبدهی، اطلاعاتی جمع آوری کنید.

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

جمع آوری اطلاعات

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

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

مقدار آبدهی 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، آبدهی پایه را تشکیل می دهد. آب این رودها، در زمانی که بارندگی نیست، از ذوب برف و یخ نواحی مرتفع و یا از ورود آب های زیرزمینی به داخل آنها تأمین می شود. در مناطق گرم و خشک که مقدار بارندگی کم و تبخیر زیاد است، بیشتر رودها، موقتی و فصلی هستند.

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

پیوند با ریاضی

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

آب زیرزمینی

بارش مهم‌ترین منشأ آب‌های زیرزمینی است. آب زیرزمینی، آبی است که در منافذ و فضاهای خالی لایه‌های نزدیک به سطح زمین جمع می‌شود و از طریق چاه، چشمه و قنات، قابل بهره‌برداری می‌گردد. آب زیرزمینی قابل بهره‌برداری، گرچه فقط حجم کمی از آب کره را تشکیل می‌دهد، ولی همین مقدار، بزرگ‌ترین ذخیره آب شیرین قابل بهره‌برداری در خشکی‌ها است. در 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.

جمع آوری 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 از سطح زمین به سمت پایین، شامل کمر بند رطوبت خاک، کمر بند حدواسط و کمر بند مویینه می‌باشد.

پیوند با ریاضی

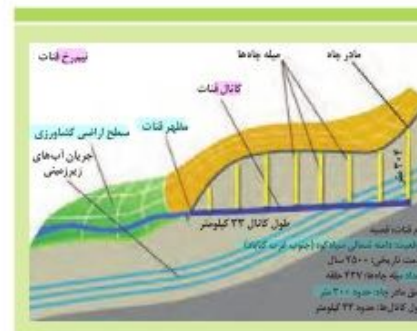
- آب در رودی با سطح مقطع ۱۰۰ مترمربع، و با سرعت متوسط ۲ متر بر ثانیه در جریان است. آبدهی رود را محاسبه کنید.
- اگر این رود به یک تالاب منتهی شود، در طی یک هفته، چند مترمکعب آب را وارد تالاب می‌کند؟

آب زیرزمینی

بارش مهم‌ترین منشأ آب‌های زیرزمینی است. آب زیرزمینی، آبی است که در منافذ و فضاهای خالی لایه‌های نزدیک به سطح زمین جمع می‌شود و از طریق چاه، چشمه و قنات، قابل بهره‌برداری می‌گردد. آب زیرزمینی قابل بهره‌برداری، گرچه فقط حجم کمی از آب کره را تشکیل می‌دهد، ولی همین مقدار، بزرگ‌ترین ذخیره آب شیرین قابل بهره‌برداری در خشکی‌ها است. در 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.

جمع آوری 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 می‌باشد.

کمر بند رطوبت خاک، مجاور سطح زمین بوده 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 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. در حالی که در مناطق مرطوب مثل گیلان، گاهی اساساً وجود ندارد. کمر بند مویینه در مجاورت آب زیرزمینی قرار دارد. در اینجا آب‌های زیرزمینی به علت خاصیت مویینیگی از مجاری نازک موجود در سنگ‌ها یا رسوبات بالا کشیده می‌شوند. ضخامت کمر بند مویینه بین چند سانتی‌متر تا چند متر متغیر است.

آب به همان ترتیب که در لایه ذرات خاک نفوذ می‌کند و پایین می‌رود، می‌تواند بر اساس نیروی مویینیگی از همان فواصل بالا

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



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

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

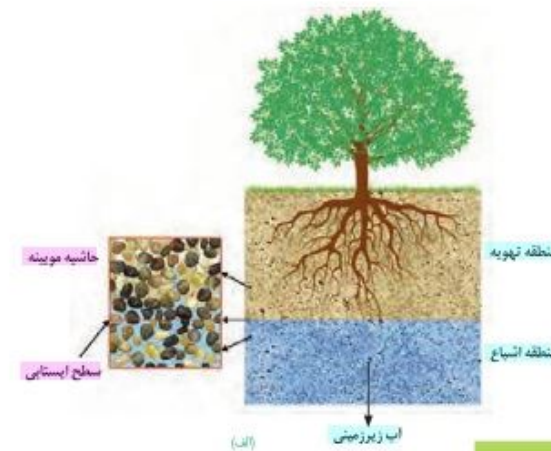


شکل ۳-۳ الف- توزیع آب زیرزمینی در خاک، ب- کمر بندهای منطقه تپویه

پیوند با فیزیک

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

عمق سطح ایستایی در مناطق مختلف، متفاوت است. در بعضی مناطق ممکن است تا صدها متر برسد. سطح ایستایی، تقریباً از توپوگرافی (عارضه نگاری) سطح زمین تبعیت می‌کند. هنگامی که سطح ایستایی با سطح زمین برخورد کند، آب زیرزمینی به صورت چشمه و گاهی به صورت بر که در سطح زمین ظاهر می‌شود (شکل ۳-۴ الف و ب).



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



شکل ۳-۳ الف- توزیع آب زیرزمینی در خاک، ب- کمر بندهای منطقه تپویه

پیوند با فیزیک

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



شکل ۳-۴ چشمه

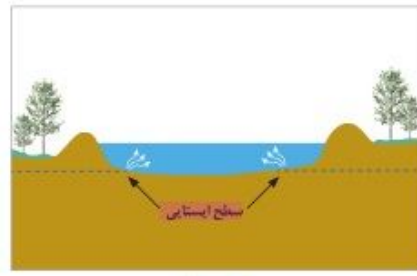
عمق سطح ایستایی در مناطق مختلف، متفاوت است. در بعضی مناطق ممکن است تا صدها متر برسد. سطح ایستایی، تقریباً از توپوگرافی (عارضه نگاری) سطح زمین تبعیت می‌کند. هنگامی که سطح ایستایی با سطح زمین برخورد کند، آب زیرزمینی به صورت چشمه در سطح زمین ظاهر می‌شود (شکل ۳-۴).

یادآوری

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



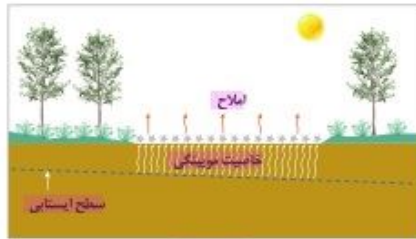
الف) چشمه



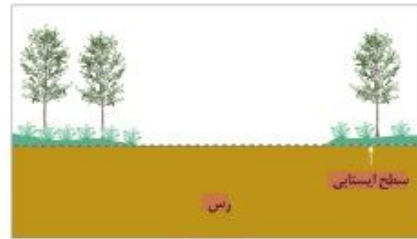
ب) یک برکه

شکل ۳-۴

در صورتی که سطح ایستابی بر سطح زمین منطبق شود یا در نزدیک آن قرار گیرد، باتلاق یا شوره‌زار تشکیل می‌شود. به طور مثال در برخی مناطق کویری ایران، تبخیر از منطقه تپویه منجر به ته‌نشینی موادی در خاک می‌شود و این شوره‌زارهای ایجاد شده برای کشاورزی نامناسب می‌باشند. (شکل ۳-۵ الف و ب)



ب) شوره‌زار



الف) باتلاق

شکل ۳-۵

دانشمندان علوم زمین

• برخی از دانشمندان ایرانی در مورد آب‌های زیرزمینی، نظرات ارزنده‌ای ارائه کرده‌اند. ابوبکر محمد بن الحسن الجاسب کرجی (قرن چهارم و پنجم هـ.ق) کتابی با عنوان «استخراج آب‌های پنهانی» درباره منشأ و روش‌های استخراج آب زیرزمینی نوشته است. ابوریحان بیرونی (قرن چهارم و پنجم هـ.ق) در کتاب «آثار الباقیه» منشأ آب چشمه‌ها و علت تغییر مقدار آب آنها را ذکر کرده است. وی خروج آب از چاه‌های آرتزین را براساس قانون ظروف مرتبطه بیان کرده است. ابوحاتم مظفر اسفزاری (قرن پنجم و ششم هـ.ق) در «رساله آثار علوی» مطالبی درباره 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.



یادآوری

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

تخلخل و نفوذپذیری: برای تشکیل ایخوان، 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 یوکه معدنی و یا پس از تشکیل سنگ به صورت ثانویه بر اثر شکستگی، هوازدگی، انجلاص یا عوامل دیگر در آن به وجود آمده‌اند.

مقدار تخلخل در رسوبات و سنگ‌ها به عوامل مختلفی مانند یافت (اندازه، شکل و طرز قرارگیری دانه‌ها)، جورشدگی، سیمان‌شدگی، میزان هوازدگی و تعداد درز و شکاف‌ها بستگی دارد. در رسوبات دانه ریز با آنکه مقدار تخلخل زیاد است، ولی نفوذپذیری کم می‌شود؛ زیرا مجاری متصل‌کننده حفره‌ها بسیار کوچک بوده و نیروی مویبندی زیاد در دیواره‌های این مجاری مانع عبور مایعات می‌گردد. با افزایش اندازه دانه‌ها، ارتباط حفره‌های متصل به هم افزایش یافته 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 چنانچه جورشدگی کمتر باشد به دلیل قرار گرفتن ذرات ریز در فضای بین ذرات درشت، تخلخل و نفوذپذیری کاهش می‌یابد.

فکر کنید

- هر یک از تصاویر زیر را از نظر مقدار تخلخل با یکدیگر مقایسه کنید.

الف

ب

ت

پ

دانشمندان علوم زمین

• برخی از دانشمندان ایرانی در مورد آب‌های زیرزمینی، نظرات ارزنده‌ای ارائه کرده‌اند. ابوبکر محمد بن الحسن الجاسب کرجی (قرن چهارم و پنجم هـ.ق) کتابی با عنوان «استخراج آب‌های پنهانی» درباره منشأ و روش‌های استخراج آب زیرزمینی نوشته است. ابوریحان بیرونی (قرن چهارم و پنجم هـ.ق) در کتاب «آثار الباقیه» منشأ آب چشمه‌ها و علت تغییر مقدار آب آنها را ذکر کرده است. وی خروج آب از چاه‌های آرتزین را براساس قانون ظروف مرتبطه بیان کرده است. ابوحاتم مظفر اسفزاری (قرن پنجم و ششم هـ.ق) در «رساله آثار علوی» مطالبی درباره 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.



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 رابطه زیر، محاسبه می‌شود:

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

پیوند یا ریاضی

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

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 یوکه معدنی و 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 دانه ریز یا آنکه مقدار تخلخل زیاد است، ولی نفوذپذیری کم می‌شود؛ زیرا مجاری متصل کننده حفره‌ها بسیار کوچک بوده و نیروی موینگی زیاد در دیواره‌های این مجاری مانع عبور مایعات می‌گردد. با افزایش اندازه دانه‌ها علاوه بر افزایش مقدار تخلخل، نفوذپذیری هم زیاد می‌شود. از طرفی، هر قدر جورشدگی (هم اندازه بودن قطر دانه‌ها) بیشتر باشد، تخلخل و نفوذپذیری هم زیادتر خواهد بود و چنانچه جورشدگی کمتر باشد به دلیل قرار گرفتن ذرات ریز در فضای بین ذرات درشت، تخلخل و نفوذپذیری کاهش می‌یابد.

فکر کنید

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

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

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

پیوند یا ریاضی

- بر اثر بهره‌برداری از یک آبخوان در یک دشت به مساحت 200×10^6 متر مربع و تخلخل ۳ درصد، سطح ایستابی ۱۰ متر افت کرده است. چه حجمی از آب تخلیه شده است؟
- چنانچه این حجم آب در طی ۳۰ روز پمپاژ شده باشد، میانگین آبدهی چاه‌ها چقدر بوده است؟

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

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

- یوکه 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 لایه آبدار یا سفره آب زیرزمینی می‌گردیم. سنگ‌ها و رسوبات مختلف از نظر تشکیل آبخوان و میزان آبدهی، ویژگی‌های متفاوتی دارند. آبرفت‌ها و سنگ‌های آهکی حفره‌دار (آهک کارستی) قابلیت تشکیل آبخوان یا همان سفره‌های آب زیرزمینی را دارند ولی رس‌ها، سنگ‌های دگرگونی و آذرین، آبخوان خوبی تشکیل نمی‌دهند. به طوری که، معمولاً چشمه‌ای در آنها 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 لایه آبدار آزاد حفر شود، تراز آب در چاه، نمایانگر سطح ایستابی و در لایه آبدار تحت فشار، سطح پیزومتریک است.

یادآوری

- در سال‌های گذشته، با آبخوان و انواع آن آشنا شدید. در 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 آرتیزان است؟

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

بیشتر بدانید

• کارست نام ناحیه‌ای واقع در دالماسی در خاک کرواسی و نزدیک مرز ایتالیا می‌باشد. سنگ‌های آهکی این ناحیه دارای چشم‌انداز ویژه‌ای است و اولین بار پدیده‌های انحلالی مربوط به سنگ‌های آهکی در این ناحیه مطالعه شده است. کارست‌ها حاصل انحلال سنگ‌های کربناته مانند سنگ‌های آهکی بوده و توسعه و تخلخل ثانویه در آنها به فراوانی انجام شده است. این پدیده در سایر سنگ‌های انحلال پذیر مانند سنگ‌های سولفاته و کلروره و سنگ گچ نیز اتفاق می‌افتد. کارست پدیده‌ای در پوسته زمین است که آثار آن به‌صورت اشکال مختلف از قبیل حفره‌ها و غارها، در سطح و در زیر سطح زمین وجود دارد. به علت وجود شکستگی‌های فراوان و قابلیت انحلال توده سنگی، یک سیستم گردش آب زیرزمینی در آنها شکل می‌گیرد. در مناطقی که کارست توسعه یافته است، معمولاً فروچاله‌های حاصل از کارست‌ها، آب را می‌بلعند و با انتقال آب از سطح به اعماق باعث تغذیه **ایخوان**‌های مجاور خود و یا خروج آب به شکل چشمه‌های پر آب و دائمی می‌شوند. از طرفی توده‌های کارستی حساسیت بالایی به ورود آلاینده‌ها داشته و به سرعت موجب آلودگی آب‌های زیرزمینی خواهند شد.



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

فعالیت تکمیلی

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

فعالیت تکمیلی

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



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

یادآوری

- در سال‌های گذشته، با **ایخوان** و انواع آن آشنا شدید. در این باره به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
- ۱- **ایخوان** چیست؟
- ۲- در شکل زیر، نوع **ایخوان**‌های 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 به‌طور کلی، از مکانی با انرژی بیشتر و سطح ایستایی بالاتر به مکانی با انرژی کمتر و در مسیری منحنی شکل حرکت می‌کند. این حرکت خیلی کندتر از حرکت آب در رودخانه است. حرکت آب در داخل **ایخوان**، از گاهی یک متر در روز تا حتی در بعضی نقاط یک متر در سال تغییر می‌کند. سرعت حرکت آب‌های زیرزمینی به تخلخل و نفوذپذیری لایه آبدار بستگی دارد.

بیشتر بدانید

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

مقدار نمک‌های محلول در آب زیرزمینی موجود در سنگ‌های آذرین و دگرگونی، به‌طور معمول کم است. این گونه سنگ‌ها اگر دچار هوازدگی و شکستگی شوند، قادر به ذخیره و عبور آب شده و به دلیل نداشتن املاح غالباً برای آشامیدن و مصارف دیگر مطلوبند. سنگ‌های رسوبی تخییری مانند سنگ نمک و سنگ گچ (کانی‌های ژپس و انیدریت)، انحلال‌پذیری زیادی دارند و از این‌رو، آب این گونه 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. این گونه آب‌ها، به‌خوبی با صابون کف نمی‌کنند و رسوباتی را در لوله‌ها و ظرف‌ها ته‌نشین می‌کنند، به همین جهت، استفاده از آنها در صنعت و آشامیدن دارای محدودیت‌هایی است.

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.

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

• نمونه‌آبی دارای ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، یون کلسیم و ۲۵ 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 ندارد، 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 تخییری 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. لازم به ذکر است که مقدار TDS استاندارد در آب آشامیدنی باید در بازه ۲۰ تا ۹۰ ppm باشد و افزایش یا کاهش مقدار آن مشکلات متعددی را برای سلامت انسان به همراه خواهد داشت. یکی از اشتباهات رایج درباره کیفیت آب این است که اغلب افراد TDS را با سختی کل آب TH، برابر می‌دانند. لازم به ذکر است که سختی آب به معنای مقدار ترکیبات کربناتی و غیرکربناتی کلسیم و منیزیم و سایر فلزات سنگین در آب می‌باشد، درحالی که TDS به مقدار کل مواد آلی و غیرآلی موجود در آب گفته می‌شود. در مورد طرز کار دستگاه سنجش TDS مطالبی جمع‌آوری کنید و کیفیت آب مدرسه را با دوستان خود تعیین نمایید.

آلودگی منابع آب زیرزمینی: آب آشامیدنی در اکثر شهرها از منابع زیرزمینی تأمین می‌شود. با وجود این، در سال‌های اخیر، از یک طرف افزایش جمعیت و از طرف دیگر برداشت روزافزون آب از مخازن زیرزمینی باعث کاهش شدید آب در آبخوان‌ها و با ورود آلاینده‌های مختلف کشاورزی، صنعتی و شهری باعث افت کیفیت آب زیرزمینی شده است. کیفیت آب زیرزمینی، بستگی به مقدار املاح موجود در آن دارد. افزون بر املاح آب، برخی آلودگی‌ها توسط انسان نیز به آن وارد می‌شود. منابع آلاینده آب زیرزمینی به‌صورت نقطه‌ای و یا

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



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

فعالیت تکمیلی

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

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

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

پیوند یا 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.

$$TH = 2.5 Ca^{2+} + 4.1 Mg^{2+}$$

TH: سختی کل (میلی گرم در لیتر)

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

جمع‌آوری اطلاعات

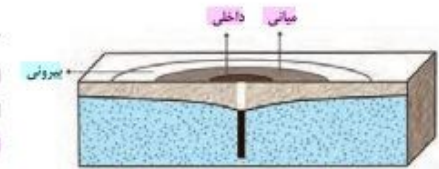
• برای اندازه‌گیری مقدار مواد جامد معلق در آب مانند مواد آلی، غیرآلی یا معدنی از TDS (Total Dissolved Solid) استفاده می‌شود که اگر مقدار آن در واحد آب زیاد باشد منجر به کاهش کیفیت آب می‌شود. لازم به ذکر است که مقدار TDS استاندارد در آب آشامیدنی باید در بازه ۲۰ تا ۹۰ ppm باشد و افزایش یا کاهش مقدار آن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

آلودگی منابع آب زیرزمینی: آب آشامیدنی در اکثر شهرها از منابع زیرزمینی تأمین می‌شود. با وجود این، در سال‌های اخیر، از یک طرف افزایش جمعیت و از طرف دیگر برداشت روزافزون آب از مخازن زیرزمینی باعث کاهش شدید آب در آبخوان‌ها و با ورود آلاینده‌های مختلف کشاورزی، صنعتی و شهری باعث افت کیفیت آب زیرزمینی شده است. کیفیت آب زیرزمینی، بستگی به مقدار املاح موجود در آن دارد. افزون بر املاح آب، برخی آلودگی‌ها توسط انسان نیز به آن وارد می‌شود. منابع آلاینده آب زیرزمینی به‌صورت نقطه‌ای و یا غیرنقطه‌ای هستند. در حالت نقطه‌ای، مواد آلوده‌کننده از یک نقطه مشخص، مانند یک چاه فاضلاب (چاه جذبی) به‌طور مستقیم وارد آب زیرزمینی می‌شوند. از آنجایی که اکثر شهرهای ایران فاقد سیستم جمع‌آوری تصفیه و انتقال فاضلاب‌های خانگی هستند، فاضلاب به‌طور مستقیم وارد چاه آب می‌شود. در حالت غیرنقطه‌ای، مواد آلوده‌کننده به‌وسیله 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 به‌وسیله کودهای کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و شهری و همچنین کمیت آنها از طریق بهره‌برداری زیاد، در معرض تهدید است. بنابراین حفاظت از این منابع، دارای اهمیت زیادی است. یکی از روش‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی، تعیین حریم برای آنها است. بر این اساس، حریم کمی و کیفی تعریف می‌شود. حریم کمی، براساس شعاع تأثیر دو چاه در نظر گرفته می‌شود که حدود ۵۰۰ متر است. حریم کیفی چاه‌های تأمین‌کننده آب شرب، به‌صورت پهنه‌های حفاظتی تعریف می‌شود. منظور از پهنه‌های حفاظتی، محدوده‌ای در اطراف چاه است که آلاینده قبل از رسیدن به چاه از بین می‌رود. پهنه‌های حفاظتی، معمولاً شامل سه بخش داخلی، میانی و بیرونی است (شکل ۳-۶). در حریم داخلی هرگونه فعالیت آلوده‌کننده ممنوع می‌باشد. لازم به ذکر است که پس از آلوده شدن آبخوان، هیچ نوع راه‌حل ارزان و سریعی برای از بین بردن آلودگی از این منابع وجود ندارد.

غیرنقطه‌ای هستند. در حالت نقطه‌ای، مواد آلوده‌کننده از یک نقطه مشخص، مانند یک چاه فاضلاب (چاه جذبی) به‌طور مستقیم وارد آب زیرزمینی می‌شوند. از آنجایی که اکثر شهرهای ایران فاقد سیستم جمع‌آوری تصفیه و انتقال فاضلاب‌های خانگی هستند، فاضلاب به‌طور مستقیم وارد چاه آب می‌شود. در حالت غیرنقطه‌ای، مواد آلوده‌کننده به‌وسیله 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 به‌وسیله کودهای کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و شهری و همچنین کمیت آنها از طریق بهره‌برداری زیاد، در معرض تهدید است. بنابراین حفاظت از این منابع، دارای اهمیت زیادی است. یکی از روش‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی، تعیین حریم برای آنها است. بر این اساس، حریم کمی و کیفی تعریف می‌شود. حریم کمی، براساس شعاع تأثیر دو چاه در نظر گرفته می‌شود که حدود ۵۰۰ متر است. حریم کیفی



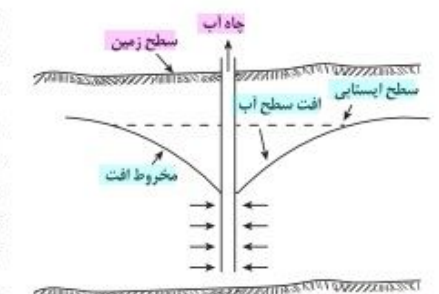
شکل ۳-۶. پهنه‌های حفاظتی چاه آب

چاه‌های تأمین‌کننده آب شرب، به‌صورت پهنه‌های حفاظتی تعریف می‌شود. منظور از پهنه‌های حفاظتی، محدوده‌ای در اطراف چاه است که آلاینده قبل از رسیدن به چاه از بین می‌رود. پهنه‌های حفاظتی، معمولاً شامل سه بخش داخلی، میانی و بیرونی است (شکل ۳-۶). در حریم داخلی هرگونه فعالیت آلوده‌کننده ممنوع می‌باشد. لازم به ذکر است که پس از آلوده شدن آبخوان، هیچ نوع راه‌حل ارزان و سریعی برای از بین بردن آلودگی از این منابع وجود ندارد.

به‌دلیل تفاوت در ویژگی خاک‌ها، مقدار جریان آب زیرزمینی، سرعت نفوذ آلاینده‌ها، شرایط گوناگون محیطی مناسب برای رشد انواع باکتری‌ها و غیره، به‌طور دقیق فاصله‌ای را که فاضلاب در خاک طی می‌کند تا آلاینده‌های آن حذف شوند را 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.

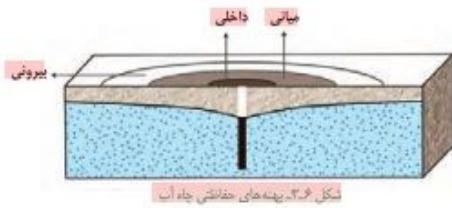
به‌طور مثال حداقل حریم بهداشتی برای آلاینده‌های میکروبی باید دارای شعاعی حدود ۱۰۰ متر در اطراف چاه آب باشد. مطالعات نشان داده حرکت و بقای ویروس‌ها و باکتری‌ها در شرایطی که خاک از نوع درشت دانه و اشباع از آب باشد به‌بیشترین مسافت طی شده می‌رسد. در حالی که اگر سرعت حرکت آب آلوده در خاک آرام و کند باشد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

بهره‌برداری از آب زیرزمینی: انسان به‌وسیله چاه و قنات آب‌های زیر زمین را خارج می‌کند. چاه حفراهی است که از سطح زمین تا منطقه اشباع حفر شده و در نتیجه آن، آب زیرزمینی در داخل چاه جمع می‌شود. بیرون آوردن آب از چاه به‌راه‌های مختلف صورت می‌گیرد (آب بعضی از چاه‌ها مانند چاه آرتزین خودبه‌خود بیرون می‌جهد) وقتی آب زیرزمینی از چاه استخراج می‌شود سطح آب به‌تدریج 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).



لا به نفوذ ناپذیر

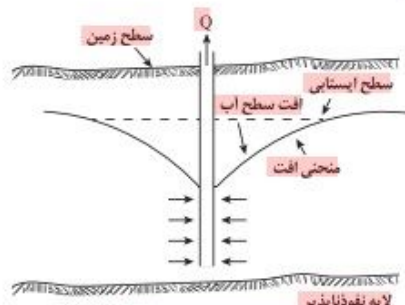
شکل ۳-۶. مخروط افت چاه آب



شکل ۳-۶. پهنه‌های حفاظتی چاه آب

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

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



شکل ۳-۷. مخروط افت چاه آب

بهره‌برداری از آب زیرزمینی: انسان به‌وسیله چاه و قنات آب‌های زیر زمین را خارج می‌کند. چاه حفاری است که از سطح زمین تا منطقه اشباع حفر شده و در نتیجه آن، آب زیرزمینی در داخل چاه جمع می‌شود. بیرون آوردن آب از چاه به راه‌های مختلف صورت می‌گیرد. (آب بعضی از چاه‌ها مانند چاه آرتیزن خود به خود بیرون می‌جهد) وقتی آب زیرزمینی از چاه استخراج می‌شود سطح آب به تدریج در اطراف چاه پایین می‌رود. بر اثر افت سطح آب اطراف چاه، جریان طبیعی آب زیرزمینی تغییر می‌کند و آب از نقاط دورتر و اطراف چاه به سمت آن جریان می‌یابد (شکل ۳-۷). فاصله چاه‌ها از یکدیگر در میزان آینده آنها مؤثر است.

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. در مورد 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؟



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. در مورد 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؟

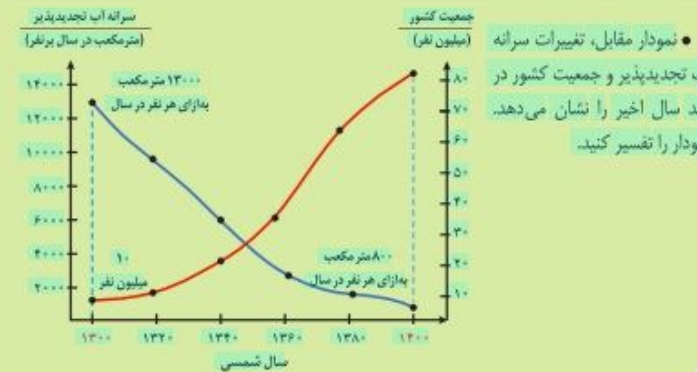


بیان (ترازنامه) آب: محاسبه بیان آب یک لایه آبدار، از بسیاری جهات، مشابه بررسی بیان هزینه یک خانواده یا هر واحد اقتصادی است که کمک می‌کند تا میزان درآمد و هزینه‌ها با هم مقایسه شوند. در مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب نیز، برای آنکه نوسانات حجم ذخیره منابع آب یک منطقه تعیین شود، بیان آب محاسبه می‌شود.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

$$\Delta S = I - O$$

به عبارتی، تغییراتی که در حجم آب داخل آبخوار اتفاق می‌افتد، با اختلاف آب ورودی و خروجی از آن برابر است. اگر مقدار آب ورودی به آبخوار، 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، به‌عنوان دشت ممنوعه اعلام شده است.

تفسیر کنید



فرونشست زمین

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

در اثر خروج آب از منافذ خاک، طرز قرارگیری دانه‌های خاک به هم خورده 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 به‌صورت سریع، به شکل فروچاله ایجاد می‌شود (شکل ۳-۷ الف) و یا آرام و نامحسوس به‌صورت 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 جداره چاه‌ها، تغییر شیب رودخانه‌ها و جاده‌ها، تغییر شیب سطح زمین و افزایش سیل خیزی منطقه گردد.

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



ب) لوله‌زایی

ب) ترک و شکاف

الف) فروچاله

شکل ۳-۷. فرونشست زمین

فعالیت تکمیلی

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

منابع خاک

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

خاک، از دو بخش آلی یا هوموس و معدنی تشکیل شده است. بخش معدنی، حداقل ۸۰ درصد خاک را تشکیل می‌دهد و شامل برخی کانی‌ها مانند کانی‌های رسی و کوآرتز که حاوی عناصری از قبیل نیتروژن، فسفر، کلسیم و غیره می‌باشد، البته عوامل تشکیل و ترکیب

بیلان (ترازنامه) آب: محاسبه بیلان آب یک لایه آبدار، از بسیاری جهات، مشابه بررسی بیلان هزینه یک خانواده یا هر واحد

اقتصادی است که کمک می‌کند تا میزان درآمد و هزینه‌ها با هم مقایسه شوند. در مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب نیز، برای آنکه نوسانات حجم ذخیره منابع آب یک منطقه تعیین شود، بیلان آب محاسبه می‌شود. بین مقدار آب ورودی I به آبخوان و آب خروجی از آن O و تغییراتی که در حجم ذخیره آب زیرزمینی به وقوع می‌پیوندد ΔS رابطه زیر برقرار است:

$$\Delta S = I - O$$

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

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



فرونشست زمین

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

در اثر خروج آب از منافذ خاک، طرز قرارگیری دانه‌های خاک به هم خورده 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 به‌صورت سریع، به شکل فروچاله ایجاد می‌شود (شکل ۳-۸ الف) و یا آرام و نامحسوس به‌صورت نشست سطح

و سببی از منطقه و ایجاد ترک و شکاف در سطح زمین نمایان می‌شود (شکل ۳-۸ ب). این پدیده می‌تواند باعث مشکلاتی مانند کاهش حاصلخیزی خاک، لوله‌زایی (بالا آمدن لوله‌های آب از سطح زمین) (شکل ۳-۸ ب)، ریزش و کج شدن چاره‌ها، تغییر شیب رودخانه‌ها و جاده‌ها، تغییر شیب سطح زمین و افزایش سیل خیزی منطقه گردد.

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



شکل ۳-۸. فرونشست زمین

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

فعالیت تکمیلی

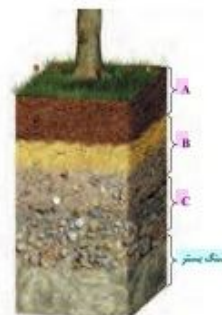
منابع خاک

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 به‌طور دائمی در معرض تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی است.

خاک، از دو بخش آلی یا هوموس و معدنی تشکیل شده است. بخش معدنی، حداقل ۸۰ درصد خاک را تشکیل می‌دهد و شامل برخی کانی‌ها مانند کانی‌های رسی و کوآرتز که حاوی عناصری از قبیل نیتروژن، فسفر، کلسیم و غیره می‌باشد، البته عوامل تشکیل و ترکیب خاک‌ها، متغیر است و به عواملی مانند نوع سنگ مادر، شیب زمین، فعالیت جانداران و اقلیم منطقه بستگی دارد. ذرات تشکیل دهنده خاک و رسوبات، بر حسب اندازه، به سه دسته اصلی درشت، متوسط و ریزدانه تقسیم می‌شوند. معمولاً خاک‌های طبیعی، ترکیبی از آنها است. مقدار آبی که خاک‌ها می‌توانند از خود عبور دهند، بستگی به اندازه ذرات خاک دارد. هرچه ذرات خاک، ریزتر باشد، آب بیشتری را در خود نگه می‌دارد و مقدار کمتری را عبور می‌دهد. خاک رس، بسیار ریزدانه است، بنابراین فضای بین ذرات آن بسیار کوچک است به‌طوری‌که گردش آب و هوا به‌خوبی صورت نمی‌گیرد و برای رشد گیاهان مناسب نیست. در خاک‌های شنی، آب به‌راحتی از میان ذرات عبور می‌کند یعنی، زهکشی خوبی دارد، اما برای رشد گیاهان مناسب نمی‌باشد، چون آب و مواد مغذی را در خود نگه نمی‌دارد. مخلوط مناسب خاک ماسه‌ای و رسی و استفاده از کود مناسب یا گیاخاک، ترکیب مناسبی است که موجب حاصلخیزی خاک می‌شود. به‌طور کلی، خاک لوم که ترکیبی از ماسه، لای و رس است، از مهم‌ترین خواص این خاک، توانایی حفظ رطوبت و غنی بودن آن از مواد مغذی است، از این رو خاک دلخواه کشاورزان و باغبان‌ها می‌باشد.

خاک‌ها، متغیر است و به عواملی مانند نوع سنگ مادر، شیب زمین، فعالیت جانداران 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 آنها است. مقدار آبی که خاک‌ها می‌توانند از خود عبور دهند، بستگی به اندازه ذرات خاک دارد. هرچه ذرات خاک، ریزتر باشد، آب بیشتری را در خود نگه می‌دارد و مقدار کمتری را عبور می‌دهد. خاک رس، بسیار ریزدانه است، بنابراین فضای بین ذرات آن بسیار کوچک است

به‌طوری‌که گردش آب و هوا به‌خوبی صورت نمی‌گیرد و برای رشد گیاهان مناسب نیست. در خاک‌های شنی، آب به‌راحتی از میان ذرات عبور می‌کند یعنی، زهکشی خوبی دارد، اما برای رشد گیاهان مناسب نمی‌باشد، چون آب و مواد مغذی را در خود نگه نمی‌دارد. مخلوط مناسب خاک ماسه‌ای و رسی و استفاده از کود مناسب یا گیاخاک، ترکیب مناسبی است که موجب حاصلخیزی خاک می‌شود. به‌طور کلی، خاک لوم که ترکیبی از ماسه، سیلت و رس است، از مهم‌ترین خواص این خاک، توانایی حفظ رطوبت و غنی بودن آن از مواد مغذی است، از این رو خاک دلخواه کشاورزان و باغبان‌ها می‌باشد. نیم‌رخ خاک: به مقطع عمودی خاک از سطح زمین تا سنگ بستر که افق‌های مختلف خاک در آن قابل مشاهده می‌باشد، نیم‌رخ خاک می‌گویند. معمولاً در نیم‌رخ خاک، افق‌های زیر وجود دارد (شکل ۳-۸).



شکل ۳-۸. افق‌های خاک و سنگ بستر

افق A، بالاترین لایه خاک است. ریشه گیاهان در آن رشد می‌کنند. این افق، معمولاً حاوی گیاخاک (هوموس) به همراه ماسه و رس است. وجود مواد آلی باعث رنگ خاکستری تا سیاه این افق می‌شود. در افق B یا خاک میانی، رس، ماسه، شن، املاح نسته شده از افق A و مقدار کمی گیاخاک وجود دارد. افق C، خاک زیرین است و در آن، مواد سنگی به میزان کم، تخریب و تجزیه شده‌اند. در نتیجه سنگ اولیه تغییر زیادی نکرده و به‌صورت قطعات خرد شده است. در زیر این افق، سنگ بستر قرار دارد که تخریب و یا تجزیه‌ای در آن صورت نگرفته است. اگرچه این افق‌ها در بسیاری از نیم‌رخ خاک‌ها مشاهده می‌شود ولی، خاک‌های مناطق مختلف از نظر بافت، رنگ، ضخامت و ترکیب شیمیایی متفاوت هستند. خاک حاصل از تخریب اغلب سیلیکات‌ها و سنگ‌های قسقاتی، از نظر کشاورزی و صنعتی ارزش زیادی دارد. به‌طور مثال، بر اثر هوازدگی شیمیایی فلدسپارها، کانی‌های رسی مانند کائولینیت ایجاد می‌شود که علاوه بر اهمیت آن در تشکیل خاک، در صنعت کاشی‌سازی و چینی‌سازی نیز شرکت دارند. در اغلب اقلیم‌ها، کوآرتز در مقابل هوازدگی شیمیایی فوق‌العاده پایدار است و فقط به‌طور جزئی حل می‌شود. در نتیجه خاک‌های حاصل از تخریب سنگ‌های دارای کانی مقاومی مانند کوآرتز، غالباً شنی و ماسه‌ای بوده و فاقد ارزش کشاورزی هستند. در کشاورزی، خاکی را حاصلخیز می‌گویند که موجب رشد بیشتر گیاه شود مانند خاک‌های تشکیل شده در مناطق گرم و مرطوب که هوازدگی شیمیایی در آنها اهمیت بیشتری دارد.

- علت تنوع رنگ خاک در مناطق مختلف چیست؟



فعالیت تکمیلی

فرسایش

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

فرسایش به‌طور طبیعی و توسط عواملی مانند آب‌های جاری، باد، یخچال، نیروی جاذبه و آب‌های زیرزمینی و بدون دخالت انسان و به آرامی، یا با سرعت زیاد انجام می‌شود. فعالیت‌های انسانی آن را کاهش یا افزایش می‌دهد، اما نمی‌تواند آن را کاملاً متوقف کند. فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی، معدن‌کاری، جاده‌سازی و سایر فعالیت‌های عمرانی، فرسایش طبیعی را تشدید می‌کنند. افزون بر انسان، سایر جانداران نیز، در افزایش این فرسایش‌ها نقش دارند.

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

اگر سطح زمین به‌وسیله پوشش گیاهی محافظت نشده باشد فرسایش بیشتری پیدا کرده و در سطح زمین مجاری و آبراهه‌های کوچکی ایجاد می‌شود. با ادامه فرسایش، این مجاری وسیع‌تر و عمیق‌تر شده و شیارهای بزرگ‌تری به‌وجود می‌آید. مهم‌ترین ویژگی‌های بارندگی که در فرسایش زمین مؤثر است، شدت و مدت بارش است. هنگامی که جریان آب، شدت پیدا کند، باعث فرسایش خندقی و از بین رفتن

زمین‌های بارز کشاورزی می‌شود. پیدایش خندق‌ها علاوه بر آنکه از ارزش زمین‌های کشاورزی می‌کاهد، باعث تخریب جاده‌ها، پل‌ها و ساختمان‌ها می‌شود. در اغلب شرایط می‌توان با ساخت کانال و ایجاد پوشش گیاهی، انرژی جریان آب را کاهش داد (شکل ۳-۹).

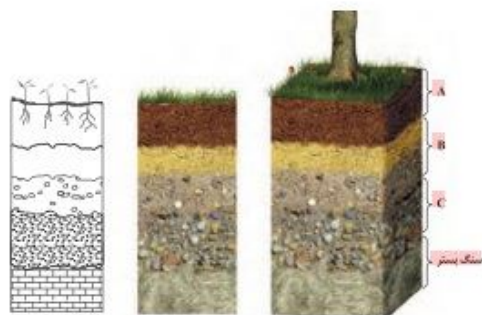


شکل ۳-۹ فرسایش خندقی

قدرت فرسایش‌دهی رواناب، بستگی به سرعت و میزان مواد معلق موجود در رواناب دارد. هر چه سرعت رواناب، جرم و میزان مواد معلق بیشتر باشد، انرژی جنبشی آب و در نتیجه، قدرت فرسایش‌دهی آن بیشتر می‌شود. قدرت فرسایش‌دهی آب خالص، کمتر از آب دارای مواد معلق است. وقتی میزان مواد معلق، بیشتر از توان حمل رواناب باشد و یا از سرعت آب جاری کاسته شده و انرژی خود را از دست بدهد، رسوب‌گذاری رود شروع می‌گردد. سرعت رود وقتی کم می‌شود که درجه شیب بستر آن کاهش یافته، بسترش عرضی شود، یا مقدار آب آن کاهش یابد. رودها مخصوصاً زمانی سرعت خود را از دست می‌دهند که وارد دریا و یا مخزن سدها شوند و در اینجاست که تمام مواد همراهشان رسوب خواهد کرد.

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).



شکل ۳-۸ افق‌های خاک و سنگ بستر

افق A، بالاترین لایه خاک است. ریشه گیاهان در آن رشد می‌کنند. این افق، معمولاً حاوی گیاه‌خاک (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 گیاه‌خاک وجود دارد. افق C، خاک زیرین است و در آن، مواد سنگی به میزان کم، تخریب و تجزیه شده‌اند. در نتیجه سنگ اولیه تغییر زیادی نکرده و به‌صورت قطعات خرد شده است. در زیر این افق، سنگ بستر قرار دارد که تخریب و یا تجزیه‌ای در آن صورت نگرفته است. اگرچه این افق‌ها در بسیاری از نیم‌رخ خاک‌ها مشاهده می‌شود ولی، خاک‌های مناطق مختلف از نظر بافت، رنگ، ضخامت و ترکیب شیمیایی متفاوت هستند. خاک حاصل از تخریب سیلیکات‌ها و سنگ‌های فسفاتی، از نظر کشاورزی و صنعتی ارزش زیادی دارد. به‌طور مثال، بر اثر هوازدگی شیمیایی قدسیاره‌ها، کانی‌های رسی مانند کائولینیت ایجاد می‌شود که علاوه بر اهمیت آن در تشکیل خاک، در صنعت کاشی‌سازی و چینی‌سازی نیز شرکت دارند. در اغلب اقلیم‌ها، کوارتز در مقابل هوازدگی شیمیایی فوق‌العاده پایدار است و فقط به‌طور جزئی حل می‌شود. در نتیجه خاک‌های حاصل از تخریب سنگ‌های دارای کانی مقاومی مانند کوارتز، غالباً شنی و ماسه‌ای بوده و فاقد ارزش کشاورزی هستند. در کشاورزی، خاکی را حاصلخیز می‌گویند که موجب رشد بیشتر گیاه شود مانند خاک‌های تشکیل شده در مناطق گرم و مرطوب که هوازدگی شیمیایی در آنها اهمیت بیشتری دارد.

فعالیت تکمیلی

● علت تنوع رنگ خاک در مناطق مختلف چیست؟



فرسایش

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

فرسایش به‌طور طبیعی و توسط عواملی مانند آب‌های جاری، باد، یخچال، نیروی جاذبه و آب‌های زیرزمینی و بدون دخالت انسان و به آرامی، یا با سرعت زیاد انجام می‌شود. فعالیت‌های انسانی آن را کاهش یا افزایش می‌دهد، اما نمی‌تواند آن را کاملاً متوقف کند. فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی، معدن‌کاری، جاده‌سازی و سایر فعالیت‌های عمرانی، فرسایش طبیعی را تشدید می‌کنند. افزون بر انسان، سایر جانداران نیز، در افزایش این فرسایش‌ها نقش دارند.

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



شکل ۳-۱۰

اگر سطح زمین به‌وسیله پوشش گیاهی محافظت نشده باشد فرسایش بیشتری پیدا کرده و در سطح زمین مجاری و ابراهه‌های کوچکی ایجاد می‌شود. با ادامه فرسایش، این مجاری وسیع‌تر و عمیق‌تر شده و شیارهای بزرگ‌تری به‌وجود می‌آید. مهم‌ترین ویژگی بارندگی که در فرسایش زمین مؤثر است، شدت و مدت بارش است. هنگامی که جریان آب، شدت پیدا کند، باعث فرسایش خندقی و از بین رفتن زمین‌های با ارزش کشاورزی می‌شود. پیدایش خندق‌ها، علاوه بر آنکه از ارزش زمین‌های کشاورزی می‌کاهد، باعث تخریب جاده‌ها، پل‌ها و ساختمان‌ها می‌شود. در اغلب شرایط می‌توان با ساخت کانال و ایجاد پوشش گیاهی، انرژی جریان آب را کاهش داد (شکل ۳-۱۰).

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

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

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

بیشتر بدانید

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

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

بیشتر بدانید

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

حفاظت آب و خاک: آب و خاک برای هر کشور، به‌عنوان سرمایه‌های ارزشمند، اهمیت فراوانی دارند زیرا، از عوامل ضروری برای رشد گیاه و افزایش محصولات کشاورزی، باغی و جنگلی هستند. حفاظت آب و خاک علاوه بر آنکه 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.

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

حفاظت آب و خاک: آب و خاک برای هر کشور، به‌عنوان سرمایه‌های ارزشمند، اهمیت فراوان دارد زیرا آب و خاک از عوامل ضروری برای رشد گیاه و افزایش محصولات کشاورزی، باغی و جنگلی است. حفاظت آب و خاک علاوه بر آنکه باعث جلوگیری از آلودگی هوا و فرسایش خاک می‌شود با 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.

بیشتر بدانید

● سازندهای ماری سطح وسیعی از کشور ایران را دربر گرفته است. فرسایش‌پذیری بالای این سازندها در سطح حوضه‌های آبخیز کشور مسائل و مشکلات زیادی از جمله کاهش کیفیت خاک در اراضی کشاورزی و مرتعی و جنگلی، افزایش خطر حرکات توده‌ای و زمین لغزش، کاهش کیفیت منابع آب سطحی، افزایش میزان بار معلق رسوبی وارد شده به مخازن سدهای کشور، بیابانی شدن مناطق به علت فرسایش شدید و شکست طرح‌های آبخیزداری **اکتراً** به دلیل شناخت ناکافی از میزان حساسیت سازندهای ماری در مقابل عوامل فرسایش بوده است. اثبات رسوب در برکه‌ها و یا آب انبارها که همچنان مورد استفاده مردم بومی در تامین آب شرب آنها است، از مشکلاتی است که باعث می‌شود تا این سازه سنتی ذخیره‌ای آب دچار مشکلات زیادی بشود. حساسیت سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش خاک و تولید رسوب باعث جمع شدن رسوبات در مخازن برکه‌ها و کاهش حجم ذخیره آب‌گیری آن می‌گردد. هر چند



مردم محلی با دانش بومی خود در مکان‌هایی برکه‌ها مسئله رسوب را در نظر می‌گیرند و از طرف دیگر به منظور جلوگیری از ورود رسوبات به درون برکه، در محل ورودی آب، نسبت به احداث حوضچه رسوب‌گیر اقدام می‌نمایند، اما در سیلاب‌های بزرگ با پر شدن حوضچه رسوب‌گیر از رسوب معمولاً مقدار زیادی از رسوبات به برکه‌ها وارد می‌شود. در این مناطق لای‌روبی و رسوب‌برداری یا شیوه‌های دستی و به کمک تراکتور انجام می‌شود.

بیشتر بدانید

● سازندهای ماری سطح وسیعی از کشور ایران را دربر گرفته است. فرسایش‌پذیری بالای این سازندها در سطح حوضه‌های آبخیز کشور مسائل و مشکلات زیادی از جمله کاهش کیفیت خاک در اراضی کشاورزی و مرتعی و جنگلی، افزایش خطر حرکات توده‌ای و زمین لغزش، کاهش کیفیت منابع آب سطحی، افزایش میزان بار معلق رسوبی وارد شده به مخازن سدهای کشور، بیابانی شدن مناطق به علت فرسایش شدید و شکست طرح‌های آبخیزداری **اکتراً** به دلیل شناخت ناکافی از میزان حساسیت سازندهای ماری در مقابل عوامل فرسایش بوده است. اثبات رسوب در برکه‌ها و یا آب انبارها که همچنان مورد استفاده مردم بومی در تامین آب شرب آنها است، از مشکلاتی است که باعث می‌شود تا این سازه سنتی ذخیره‌ای آب دچار مشکلات زیادی بشود. حساسیت سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش خاک و تولید رسوب باعث جمع شدن رسوبات در مخازن برکه‌ها و کاهش حجم ذخیره آب‌گیری آن می‌گردد. هر چند مردم محلی با دانش بومی خود در مکان‌هایی



برکه‌ها مسئله رسوب را در نظر می‌گیرند و از طرف دیگر به منظور جلوگیری از ورود رسوبات به درون برکه، در محل ورودی آب، نسبت به احداث حوضچه رسوب‌گیر اقدام می‌نمایند، اما در سیلاب‌های بزرگ با پر شدن حوضچه رسوب‌گیر از رسوب معمولاً مقدار زیادی از رسوبات به برکه‌ها وارد می‌شود. در این مناطق لای‌روبی و رسوب‌برداری یا شیوه‌های دستی و به کمک تراکتور انجام می‌شود.



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

علم،
زندگی،
کارآفرینی

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

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



فرسایش زمین و تشکیل دره توسط آب و باد

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

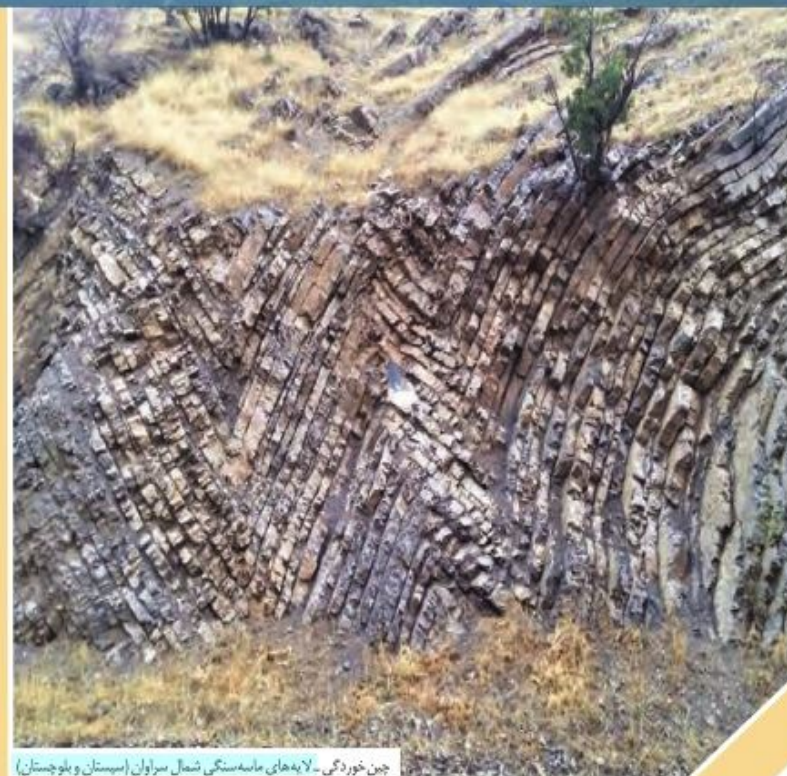
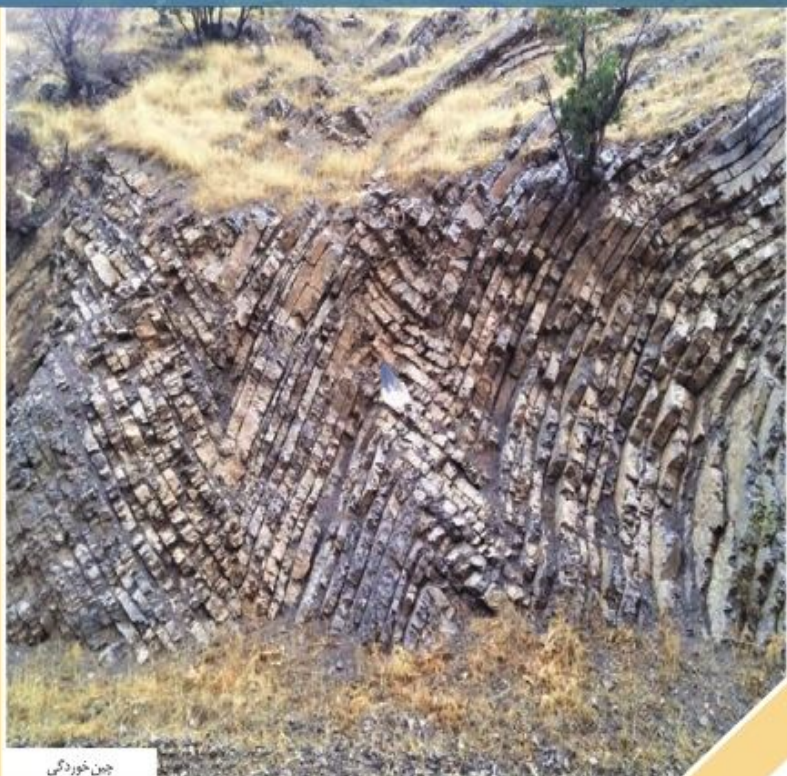
● **رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی: مواد حاصل از فرسایش کوه‌ها توسط عوامل فرسایشی همچون آب، باد و یخ به مناطق پست یا حوضه رسوبی انتقال یافته و در آنجا بر روی هم انباشته می‌شوند. این مواد، پس از سخت شدن، به سنگ‌های رسوبی تبدیل می‌شوند. در رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، فرایندهای انتقال، ته‌نشینی و تبدیل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

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



فرسایش زمین و تشکیل دره توسط آب و باد

علم،
زندگی،
کارآفرینی



چین خوردگی

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

فصل ۴

پویایی زمین

اگر می‌توانستیم یک میلیارد سال به گذشته بازگردیم زمین را سیاره بسیار متفاوت با سیاره امروزی می‌یافتیم. در آن صورت کوه‌ها و دریاها به شکل‌های امروزی وجود نداشتند و قاره‌ها نیز به شکل‌های دیگری بودند. در طول چند دهه گذشته اطلاعات بسیار زیادی دربارهٔ زمین جمع‌آوری شد که به تحولات زیادی در علم زمین‌شناسی با تأکید بر پویایی سیاره زمین منجر گردید. امروزه زمین‌شناسان معتقدند که سطح زمین 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.



فصل ۴

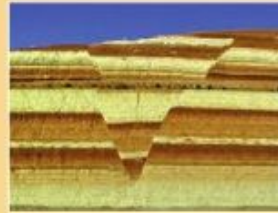
پویایی زمین

اگر می‌توانستیم یک میلیارد سال به گذشته بازگردیم زمین را سیاره بسیار متفاوت با سیاره امروزی می‌یافتیم. در آن صورت کوه‌ها و دریاها به شکل‌های امروزی وجود نداشتند و قاره‌ها نیز به شکل‌های دیگری بودند. در طول چند دهه گذشته اطلاعات بسیار زیادی دربارهٔ زمین جمع‌آوری شد که به تحولات زیادی در علم زمین‌شناسی با تأکید بر پویایی سیاره زمین منجر گردید. امروزه زمین‌شناسان معتقدند که 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 زنجان - میانه)



آتشفشان

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، آتشفشان‌ها، چین خوردگی و شکستگی‌ها را به کمک آن تفسیر کنیم. در سال‌های قبل با مفاهیم اولیه‌ای از سنگ کره، ساز و کار حرکت ورقه‌ها و نظریه زمین ساخت ورقه‌ای آشنا شدیم. 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.

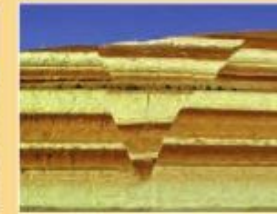
می‌دانیم که ورقه‌های سنگ کره، به دو نوع قاره‌ای و اقیانوسی تقسیم می‌شوند. البته گاهی ممکن است بخشی از یک ورقه، جنس قاره‌ای و در بخش دیگر از جنس اقیانوسی باشد (مانند ورقه هند) و یا در همه جا از آب پوشیده شده و از جنس اقیانوسی باشد (مانند ورقه اقیانوس آرام). سنگ کره قاره‌ای، نسبت به سنگ کره اقیانوسی ضخامت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

چرخه ویلسون

ویلسون در سال ۱۹۶۸ میلادی چرخه‌ای را برای تکامل اقیانوس‌ها پیشنهاد نمود که به نام خود او معروف گردید. این چرخه با ایجاد گسستگی در پوسته 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 فروپاشی در طرفین می‌گردد (اقیانوس آرام). سپس این اقیانوس وسیع، تبدیل به اقیانوس کوچکی که در حال بسته شدن است، می‌گردد (همانند مدیترانه). سرانجام قاره‌های دوطرف آن به هم برخورد نموده و در نتیجه این برخورد کمربندهای کوه‌زایی شکل می‌گیرد (شکل ۳-۴).



چین خوردگی



گسل (بزرگراه زنجان - میانه)



آتشفشان

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، آتشفشان‌ها، چین خوردگی و شکستگی‌ها را به کمک آن تفسیر کنیم.

در سال‌های قبل با مفاهیم اولیه‌ای از سنگ کره، ساز و کار حرکت ورقه‌ها و نظریه زمین ساخت ورقه‌ای آشنا شدیم. 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.

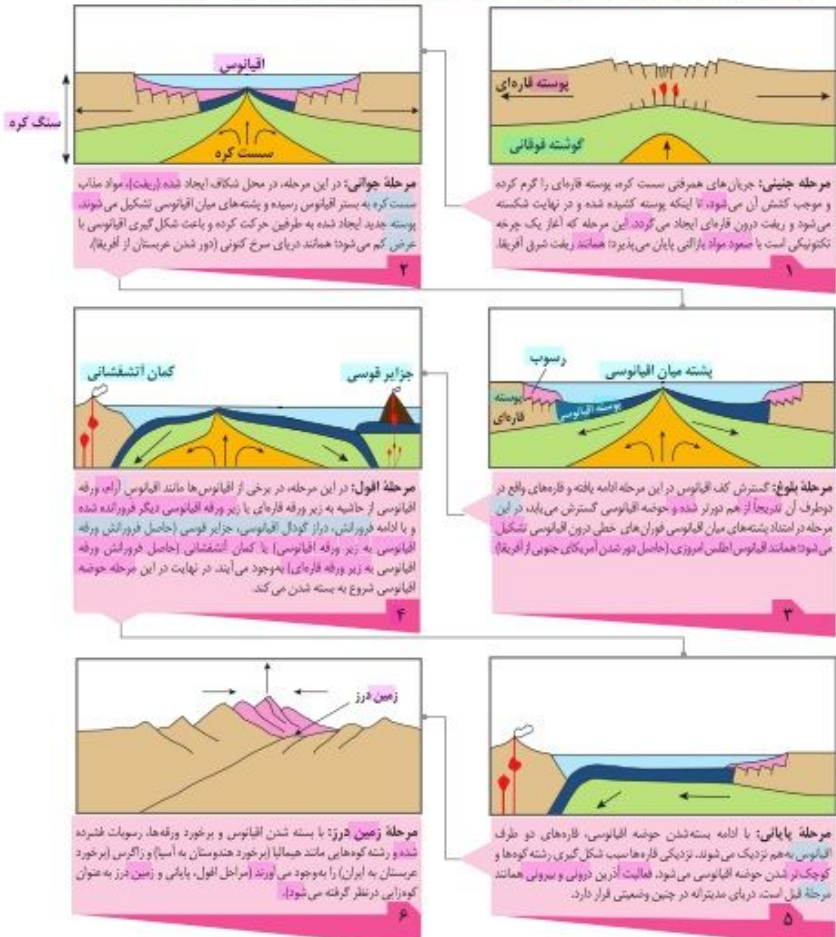
می‌دانیم که ورقه‌های سنگ کره، به دو نوع قاره‌ای و اقیانوسی تقسیم می‌شوند. البته گاهی ممکن است بخشی از یک ورقه، جنس قاره‌ای و در بخش دیگر از جنس اقیانوسی باشد (مانند ورقه هند) و یا در همه جا از آب پوشیده شده و از جنس اقیانوسی باشد (مانند ورقه اقیانوس آرام). سنگ کره قاره‌ای، نسبت به سنگ کره اقیانوسی ضخامت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

با هم بیندیشید

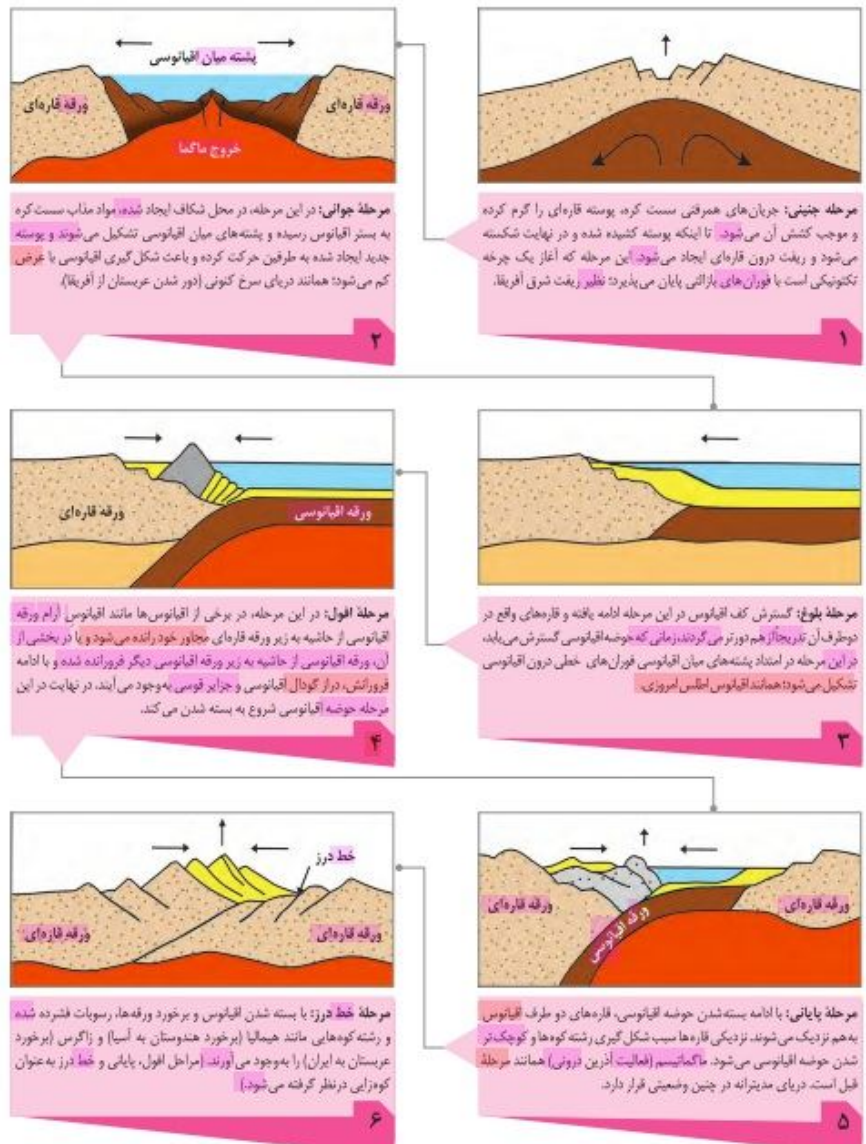
- علت حرکت ورقه‌های سنگ کره چیست؟
- پیامدهای حاصل از حرکت ورقه‌ها را ذکر کنید.
- علت فروپاشی ورقه اقیانوسی چیست؟
- چرا با وجود گسترش بستر اقیانوس‌ها، وسعت سطح زمین افزایش نمی‌یابد؟
- نتیجه فروپاشی ورقه اقیانوسی - قاره‌ای و اقیانوسی - اقیانوسی چیست؟

چرخه ویلسون

توزو ویلسون در سال ۱۹۶۸ میلادی چرخه‌ای را برای تکامل اقیانوس‌ها پیشنهاد نمود که به نام خود او معروف گردید. این چرخه با ایجاد گسستگی در پوسته 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 نموده و در نتیجه این برخورد، کمربندهای کوه‌زایی شکل می‌گیرد (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۴. مراحل چرخه ویلسون



شکل ۱-۴. مراحل چرخه ویلسون

پاسخ دهید

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

تنش

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 آنکه بشکند.

مقدار و نوع تغییر شکل ایجاد شده بر اثر تنش، به رفتار آنها در برابر تنش بستگی دارد. برخی از اجسام، مانند سنگ‌ها از خود رفتار کشسان (الاستیک) نشان می‌دهند. بدین معنی که با اعمال تنش، سنگ‌ها دچار تغییر شکل می‌شوند و با رفع تنش، به حالت اولیه خود بازمی‌گردند. برخی از سنگ‌ها از خود رفتار خمیرسان (پلاستیک) نشان می‌دهند، یعنی پس از رفع تنش، سنگ‌های تغییر شکل یافته، به حالت اولیه خود بر نمی‌گردند. اما، اگر تنش ناگهانی و از حد مقاومت سنگ بیشتر شود، سنگ دچار شکستگی می‌شود (شکل ۴-۲). مطالعه شکستگی‌ها در هنگام ساخت جاده‌ها، سد‌ها، تونل‌ها و سایر سازه‌های مهندسی زیادی دارد. افزون بر آن، در تجمع آب‌های زیرزمینی و ذخایر نفت و گاز و تشکیل کانستگ‌های گرمایی حائز اهمیت می‌باشند.



(ب) رفتار شکننده سنگ‌ها

(الف) رفتار پلاستیک سنگ‌ها

شکل ۴-۲. انواع رفتار سنگ‌ها در برابر تنش

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 را 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 و یا افقی باشد. اگر سطح گسل مایل باشد به طبقات روی سطح گسل، فرادیواره و به طبقات زیر سطح گسل، فرودیواره می‌گویند. زاویه‌ای که صفحه گسل با سطح افق می‌سازد، شیب سطح گسل نامیده می‌شود (شکل ۴-۳).

تنش

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 آنکه بشکند. سنگ‌ها بر اثر تنش، تغییر شکل می‌دهند که مقدار و نوع تغییر شکل ایجاد شده، به رفتار آنها در برابر تنش بستگی دارد.

چنانچه 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 به‌طور کامل به حالت اولیه برنگردد، رفتار خمیرسان یا پلاستیک نامیده می‌شود. اما، اگر تنش ناگهانی و از حد مقاومت سنگ بیشتر شود، سنگ دچار شکستگی می‌شود (شکل ۴-۲).

مطالعه شکستگی‌ها در هنگام ساخت جاده‌ها، سد‌ها، تونل‌ها و سایر سازه‌های مهندسی زیادی دارد. افزون بر آن، در تجمع آب‌های زیرزمینی و ذخایر نفت و گاز و تشکیل کانستگ‌های گرمایی حائز اهمیت می‌باشند.



(ب) رفتار شکننده سنگ‌ها

(الف) رفتار پلاستیک سنگ‌ها

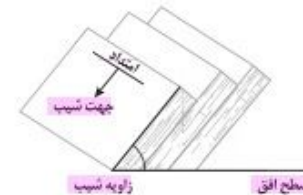
شکل ۴-۲. انواع رفتار سنگ‌ها در برابر تنش

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.

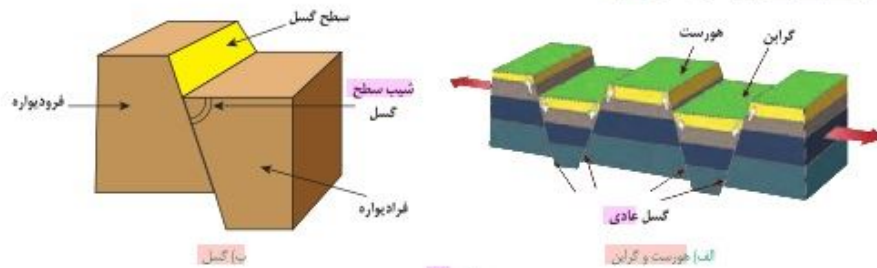
امتداد لایه، عبارت است از محل برخورد سطح لایه با سطح افق که با جهت جغرافیایی بیان می‌شود.

شیب لایه، مقدار زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق می‌سازد. شیب لایه بین صفر (لایه‌های افقی) تا ۹۰ درجه (لایه‌های قائم) تغییر می‌کند (شکل ۴-۳).



شکل ۴-۳

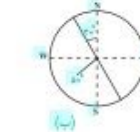
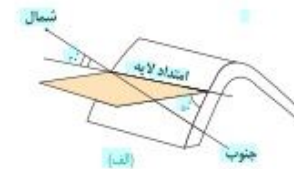
به خاطر حرکت رو به بالای فرادیواره در گسل‌های معکوس، لایه‌های قدیمی‌تر تختانی به سمت بالا رانده می‌شود، از این رو فرادیواره نسبت به فرودیواره قدیمی‌تر می‌باشد. این وضعیت در گسل‌های عادی برعکس بوده و فرادیواره جوان‌تر از فرودیواره است. در بخش‌هایی از پوسته زمین که تحت تنش‌های کششی قرار دارند، ممکن است تعدادی گسل عادی موازی هم ایجاد شود و به این ترتیب بخش‌هایی از پوسته پایین بیفتند و ساختی به نام **گراین** (پایین افتادگی) را بسازد و بخش‌هایی بالارود و ساختی به نام **هورست** (بالاراندگی) را بسازد (شکل ۴-۳).



شکل ۴-۲

جدول ۴-۱- 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	
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	
امتداد لغز	۱- لغزش سنگ‌ها در امتداد سطح گسل است. ۲- حرکت قطعات شکسته شده، در امتداد افق است.	متراکم شدن سنگ	



شکل ۴-۴- تعیین شیب و امتداد لایه

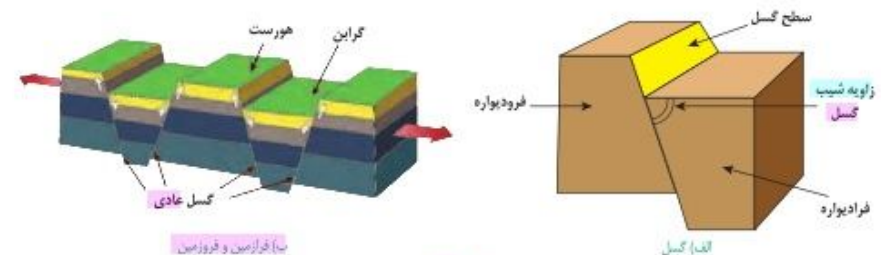
نمایش امتداد با استفاده از سه مؤلفه انجام می‌شود. مؤلفه اول، معرف شمال/جنوب (N برای شمال یا S برای جنوب) است. مؤلفه دوم، اندازه زاویه (۰ تا ۹۰ درجه) را نمایش می‌دهد. مؤلفه سوم، شرق/غرب (E برای شرق و W برای غرب) را مشخص می‌کند. به عنوان مثال، N ۳۰ W، بیانگر امتدادی است که در ربع شمال غربی قرار داشته و نسبت به شمال، ۳۰ درجه در خلاف جهت ساعتگرد زاویه دارد. امتداد لایه در پهلوی غربی این چین ۳۰° از شمال به سمت غرب انحراف دارد (شکل ۴-۴ الف). برای نمایش شیب، ابتدا اندازه زاویه، سپس جهت شمال/جنوب و در انتها شرق/غرب آورده می‌شود. شیب لایه ۵۰° به سمت جنوب غرب است 50SW. بنابراین موقعیت این لایه را به طور کلی به صورت 50SW و N30W نشان می‌دهند. علائم قراردادی برای نشان دادن امتداد و شیب یک لایه (شکل ۴-۴ ب).

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 را 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 و یا افقی باشد. اگر سطح گسل مایل باشد به طبقات روی سطح گسل، فرادیواره و به طبقات زیر سطح گسل، فرودیواره می‌گویند. زاویه‌ای که 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 تختانی به سمت بالا رانده می‌شود، از این رو فرادیواره نسبت به فرودیواره قدیمی‌تر می‌باشد. این وضعیت در گسل‌های عادی برعکس بوده و فرادیواره جوان‌تر از فرودیواره است. در بخش‌هایی از پوسته زمین که تحت تنش‌های کششی قرار دارند، ممکن است تعدادی گسل عادی ایجاد شود و به این ترتیب بخش‌هایی از پوسته پایین بیفتند و ساختی به نام **گراین** (پایین افتادگی) را بسازد و بخش‌هایی بالارود و ساختی به نام **هورست** (بالاراندگی) را بسازد (شکل ۴-۵ ب).



شکل ۴-۵

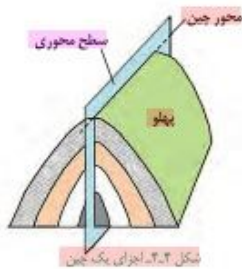
فکر کنید

• نوع گسل‌ها را مشخص کنید.

(الف) (ب)

چین خوردگی

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



(ب) ناقص جوان سراوان - سیستان و بلوچستان



(الف) ناودیس دهشت - کهگیلویه و بویراحمد

شکل ۳-۵. انواع چین

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 مترکیم شدن سنگ	
امتداد لغز	۱- لغزش سنگ‌ها در امتداد سطح گسل است. ۲- حرکت قطعات شکسته شده، در امتداد افقی است.	برشی بریدن سنگ	

فکر کنید

• نوع گسل‌ها را مشخص کنید.

(الف) (ب)

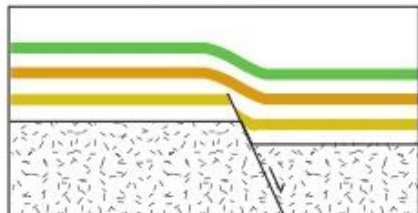
چین خوردگی

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.

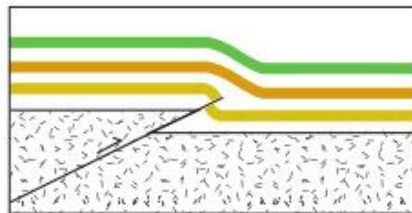


شکل ۴-۶ چین تک شیب

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 تک شیب می‌نامند (شکل ۴-۷).



ب) گسل عادی



الف) گسل معکوس

شکل ۴-۷ مراحل تشکیل چین تک شیب (الف) توسط گسل معکوس و (ب) توسط گسل عادی

آتشفشان

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



ب) آتشفشان نیمه فعال یا فعالیت فومرولی



ب) گدازه



الف) خاکستر آتشفشانی

شکل ۴-۸ انواع مواد خروجی از دهانه آتشفشان‌ها

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



شکل ۴-۸ اجزای یک چین

سطحی فرضی که از تمامی لایه‌های چین بگذرد و حتی المقدور آن را به دو بخش متقارن تقسیم کند را سطح محوری می‌نامند. به هر یک از بخش‌های طرفین سطح محوری، پهلو یا بال چین می‌گویند. فصل مشترک سطح محوری با سطح لایه را محور چین می‌نامند. چین‌ها، به شکل‌های تک‌شیب، تاقدیس و تاودیس 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 تاودیس به وجود می‌آید.



ب) تاقدیس جوانی سرلوان - سیستان و بلوچستان

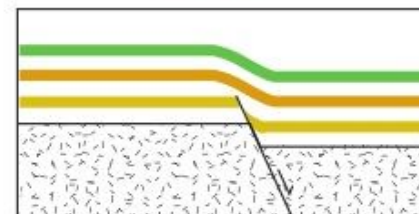


الف) تاودیس دهشت - کیکلیوه و بوزیر احمد

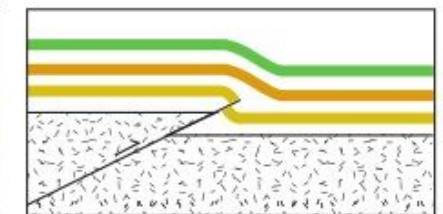
شکل ۴-۹ انواع چین



شکل ۴-۹ چین تک شیب



ب) گسل عادی



الف) گسل معکوس

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

با نشستن تفرها بر سطح زمین و به هم چسبیدن و سخت شدنشان، گروهی از سنگ‌ها، به نام سنگ‌های آذرآواری تشکیل می‌شوند. در صورتی که خاکستر آتشفشانی در محیط‌های دریایی کم عمق ته نشین شوند، توف آتشفشانی به وجود می‌آید. به عنوان مثال می‌توان توف‌های سبز البرز را نام برد.

جدول ۲-۴. اندازه ذرات جامد آتشفشان

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

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

گاز و بخارهای آتشفشانی

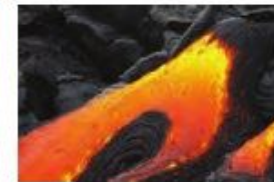
مواد مذاب درون زمین، حاوی مقداری گاز و بخار آب می‌باشد. ترکیب شیمیایی گازهای خروجی از آتشفشان، بسیار متفاوت است. بیشتر گازهای آتشفشانی را بخار آب، گازهای کربن دی‌اکسید، اکسیدهای گوگردی، نیتروژن دار، کلراد و کربن مونو اکسید تشکیل می‌دهند. پس از فعالیت یک آتشفشان، خروج گاز (مرحله فورولی) ممکن است سال‌ها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

آتشفشان

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



پا آتشفشان نیمه فعال یا فعالیت فورولی



پا گدازه



لایه خاکستر آتشفشانی

شکل ۱-۳. انواع مواد خروجی از دهانه آتشفشان‌ها

جدول ۲-۴. اندازه ذرات جامد آتشفشان

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

تفرا: در برخی از آتشفشان‌ها که ماده مذاب به خاطر داشتن سیلیس فراوان، دارای گرانروی زیاد می‌باشد، فشار حاصل از تراکم گازها می‌تواند سبب انفجار شود. به مواد آتشفشانی جامد که به صورت ذرات ریز و درشت بر اثر فعالیت آتشفشان به هوا پرتاب می‌شوند، تفرا می‌گویند. با نشستن تفرها بر سطح زمین و به هم چسبیدن و سخت شدنشان، گروهی از سنگ‌ها، به نام سنگ‌های آذرآواری تشکیل می‌شوند. در صورتی که خاکستر آتشفشانی در محیط‌های دریایی کم عمق ته نشین شوند، توف آتشفشانی (نوعی سنگ آذرآواری) به وجود می‌آید. به عنوان مثال می‌توان توف‌های سبز البرز را نام برد.

فواید آتشفشان ها

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

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

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

تشکیل خاک: خاکستر و گدازه آتشفشانی از دهانه آتشفشان خارج می‌شود و خاک حاصلخیزی را به وجود می‌آورد. برخی از مزارع قهوه مانند جزیره جاوه در اندونزی در خاک‌های حاصلخیزی که از خاکسترهای آتشفشانی 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 آتشفشانی منجر به تشکیل برخی رگه‌های معدنی مانند طلا، نقره و مس می‌شود.

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



شکل ۴-۱۱ نیروگاه زمین گرمایی مشکین شهر - اردبیل

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

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

زمین لرزه

زمین لرزه، نشانه آشکاری از یوایی زمین و بخشی از نظام آفرینش این سیاره است. در هر زمین لرزه، مقدار انرژی آتیش 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 سنگ‌کره است. بیشتر زمین لرزه‌های دنیا در حاشیه ورقه‌های سنگ‌کره رخ می‌دهند. در این مناطق نیروهایی که در نتیجه حرکت ورقه‌های سنگ‌کره به وجود می‌آیند، مجموعه سنگی یک ناحیه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. سنگ‌های سازنده سنگ‌کره در مقابل نیروی وارده، رفتار الاستیک از خود نشان می‌دهند. چنانچه تنش از مقاومت سنگ فراتر رود، سنگ‌ها دچار شکستگی شده و انرژی 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، از گروه لرزه‌ها صحبت می‌شود که شامل پیش لرزه، لرزه اصلی و پس لرزه است. مدت زمان وقوع زمین لرزه از چند ثانیه تا یکی دو دقیقه می‌باشد.

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

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

فواید آتشفشان ها

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

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

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

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

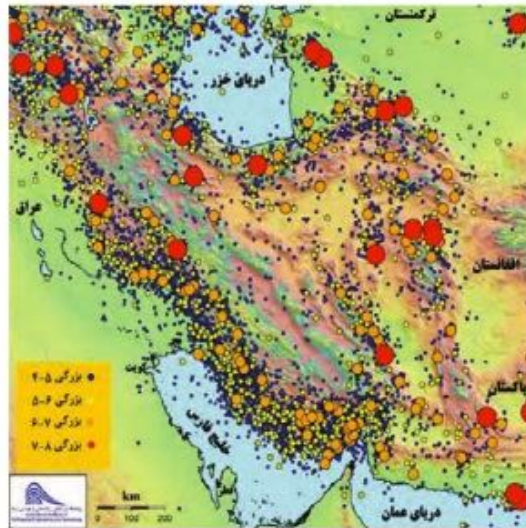
تشکیل پوسته جدید اقیانوسی: خروج آرام مواد مذاب که معمولاً از جنس بازالت بوده، از محور میانی رشته کوه‌های میان اقیانوسی، سبب تشکیل پوسته جدید اقیانوسی می‌شود.

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

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



شکل ۴-۱۱ نیروگاه زمین گرمایی مشکین شهر - اردبیل



کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند لرزه خیز آلپ- هیمالیا، تقریباً هر روز شاهد وقوع زمین لرزه در مناطق مختلف می باشد. بسیاری از مناطق مسکونی ایران، بارها توسط زمین لرزه ویران شده اند. با نگاهی به شکل ۳-۱۰ می بینیم بسیاری از مناطق مسکونی، در معرض خطر زمین لرزه قرار دارند.

شکل ۳-۱۰ نقشه پراکندهی زمین لرزه های ایران با بزرگی بالای ۴ در بازه زمانی ۱۲۰ سال

با هم ببیند و بشنود

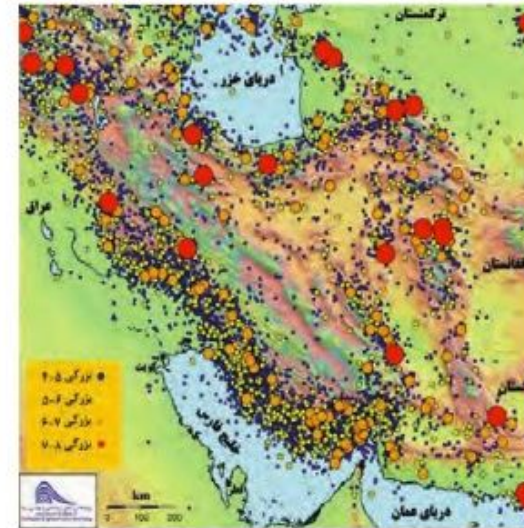
- در پایه نهم با ورقه های سنگ کره آشنا شدید.
- با استفاده از اطلاعات موجود در تصویر روبه رو در مورد پراکندهی جغرافیایی زمین لرزه های جهان، به پرسش های زیر پاسخ دهید:
- ۱- محدوده کمربند لرزه خیز آلپ - هیمالیا را مشخص کنید.
- ۲- دو تصویر روبه رو را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه ای می گیرید؟

کانون زمین لرزه: محلی درون زمین است که انرژی ذخیره شده از آنجا آزاد می شود. امواج زمین لرزه در صفحه گسل تولید می شود ولی برای سهولت مطالعه، خاستگاه امواج زمین لرزه را نقطه فرض می کنند و آن را کانون می نامند. کانون اغلب زمین لرزه ها 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.

Hypocenter

زمین لرزه

زمین لرزه، نشانه آشکاری از بویایی زمین و بخشی از نظام آفرینش این سیاره است. در هر زمین لرزه، مقدار انرژی تابش شده در سنگ ها، به طور ناگهانی آزاد می شود و به صورت امواج لرزه ای به اطراف حرکت می کند. نگاهی به نقشه پراکندهی زمین لرزه ها نشان می دهد که توزیع آنها، در همه جا یکسان نیست. علت اصلی زمین لرزه، حرکت ورقه های سنگ کره است. بیشتر زمین لرزه های دنیا در حاشیه ورقه های سنگ کره رخ می دهند. در این مناطق نیروهایی که در نتیجه حرکت ورقه های سنگ کره به وجود می آیند، مجموعه سنگی یک ناحیه را تحت تأثیر قرار می دهند. سنگ های سازنده سنگ کره در مقابل نیروی وارده، رفتار الاستیک از خود نشان می دهند. چنانچه تنش از مقاومت سنگ فراتر رود، سنگ ها دچار شکستگی شده و انرژی زمین لرزه از محل شکستگی به صورت امواج لرزه ای، آزاد می شود. همه زمین لرزه ها بر اثر شکستن سنگ ایجاد نمی شوند بلکه تعدادی از آنها در محل شکستگی های قدیمی اتفاق می افتد. در هر زمین لرزه، از گروه لرزه ها صحبت می شود که شامل پیش لرزه، لرزه اصلی و پس لرزه است. مدت زمان وقوع زمین لرزه از چند ثانیه تا حداکثر دو دقیقه می باشد.

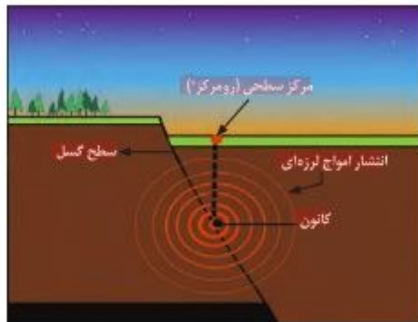


شکل ۳-۱۲ نقشه پراکندهی زمین لرزه های ایران با بزرگی بالای ۴ در بازه زمانی ۱۲۰ سال

کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند لرزه خیز آلپ- هیمالیا، تقریباً هر روز شاهد وقوع زمین لرزه در مناطق مختلف می باشد. بسیاری از مناطق مسکونی ایران، بارها توسط زمین لرزه ویران شده اند. با نگاهی به شکل ۳-۱۲ می بینیم بسیاری از مناطق مسکونی، در معرض خطر زمین لرزه قرار دارند.

با هم ببیند و بشنود

- در پایه نهم با ورقه های سنگ کره آشنا شدید.
- با استفاده از اطلاعات موجود در تصویر روبه رو در مورد پراکندهی جغرافیایی زمین لرزه های جهان، به پرسش های زیر پاسخ دهید:
- ۱- محدوده کمربند لرزه خیز آلپ - هیمالیا را مشخص کنید.
- ۲- دو تصویر روبه رو را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه ای می گیرید؟



شکل ۱۱-۱. مشخصات محل وقوع زمین لرزه

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

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

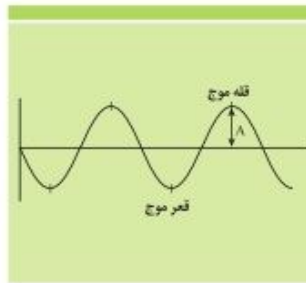
فکر کنید

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

امواج لرزه‌ای

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

جمع‌آوری اطلاعات



• اگر در یک محیط کنشسان، ارتعاشی به‌وجود آید که باعث به‌وجود 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 قله تا قعر، دامنه موج (A) نامیده می‌شود. در مورد دامنه موج (A) در امواج لرزه‌ای و اهمیت آن در لرزه نگاشت‌ها مطالبی جمع‌آوری کنید.

منسوب فرهنگستان



شکل ۱۱-۲. 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 دارد. این مرکز، 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

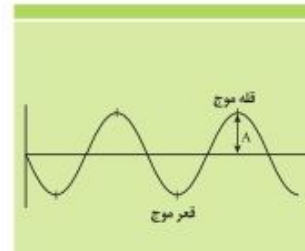
فکر کنید

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

امواج لرزه‌ای

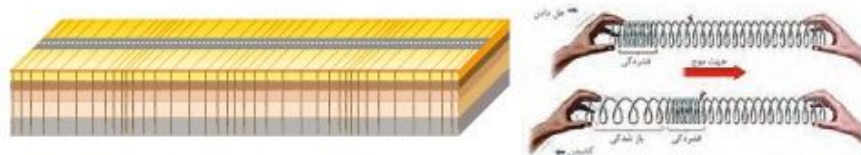
موج‌های مکانیکی (مانند امواج لرزه‌ای) برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند و با افزایش چگالی محیط، سرعت آنها افزایش می‌یابد؛ سرعت امواج در محیط‌های مختلف، متفاوت است؛ هر چه تراکم سنگ‌ها بیشتر باشد، امواج سریع‌تر حرکت می‌کنند. بدین ترتیب از روی تغییر سرعت امواج لرزه‌ای، می‌توان میزان تراکم مواد درونی زمین را تعیین نمود.

جمع‌آوری اطلاعات



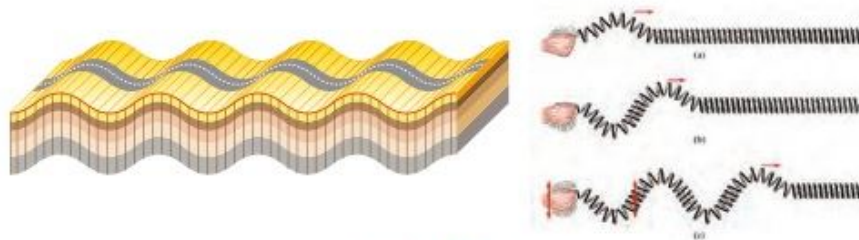
• اگر در یک محیط کنشسان، ارتعاشی به‌وجود آید که باعث به‌وجود آمدن ارتعاش‌های پی‌درپی شود، یک موج مکانیکی همانند امواج زمین لرزه ایجاد می‌گردد. به برآمدگی‌های موج، قله و به فرورفتگی‌های آن، قعر موج گفته می‌شود. نصف فاصله قائم قله تا قعر، دامنه موج (A) نامیده می‌شود. در مورد دامنه موج (A) در امواج لرزه‌ای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

امواج زمین لرزه را با توجه به اینکه در داخل یا سطح زمین عبور کنند به دو دسته امواج درونی و امواج سطحی تقسیم بندی می کنند. **امواج درونی:** این امواج در کانون زمین لرزه ایجاد می شوند و در داخل زمین منتشر شده و شامل امواج P و S می باشند. **موج P (اولیه، طولی):** موج P، بیشترین سرعت را دارد به همین دلیل، اولین موجی است که توسط دستگاه لرزه نگار ثبت می شود. این موج، از محیط های جامد، مایع و گاز می گذرد.



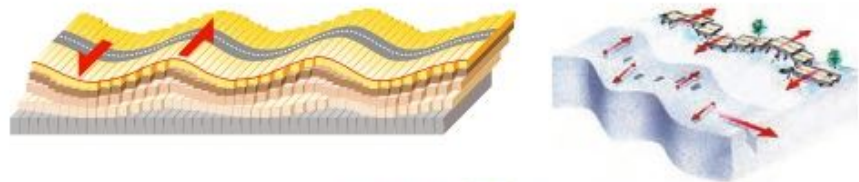
شکل ۳-۱۲ نحوه حرکت موج طولی P

موج S (ثانویه، عرضی): این موج بعد از موج P، توسط لرزه نگارها ثبت می شود و فقط از محیط های جامد عبور می کند.



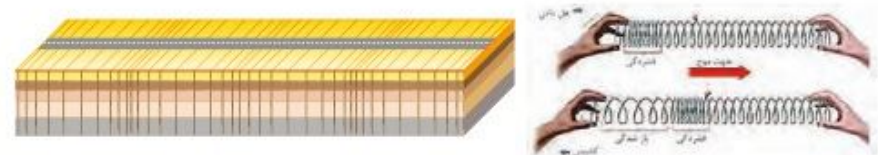
شکل ۳-۱۳ نحوه حرکت موج S

امواج سطحی: این امواج در کانون تولید نمی شوند؛ بلکه از برخورد امواج درونی با فصل مشترک لایه ها و سطح زمین ایجاد می شوند. این امواج بیشترین خسارت را در نزدیکی محل وقوع زمین لرزه باعث می شوند. متداول ترین آنها امواج لاو (L) و ریلی (R) هستند. موج L، حرکتی کم و بیش شبیه امواج S دارد، با این تفاوت که ذرات ماده به موازات سطح زمین جابه جا می شوند و هیچ گونه جابه جایی قائم ندارند و پس از موج S، توسط لرزه نگارها ثبت می شود.



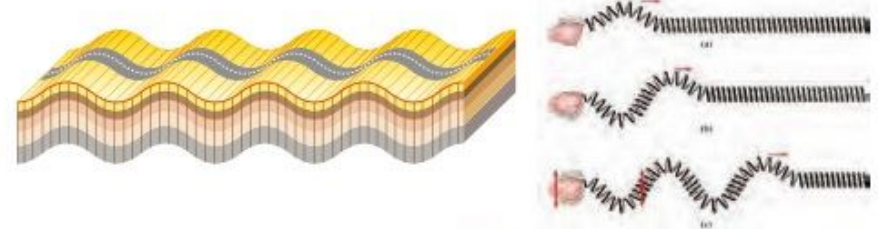
شکل ۳-۱۴ نحوه حرکت موج سطحی L

امواج زمین لرزه را با توجه به اینکه در داخل یا از سطح زمین عبور کنند به دو دسته امواج درونی و امواج سطحی تقسیم بندی می کنند. **امواج درونی:** این امواج در کانون زمین لرزه ایجاد می شوند و در داخل زمین منتشر شده و شامل امواج P و S می باشند. **موج P (اولیه، طولی):** موج P، بیشترین سرعت را دارد به همین دلیل، اولین موجی است که توسط دستگاه لرزه نگار ثبت می شود. این موج، از محیط های جامد، مایع و گاز می گذرد.



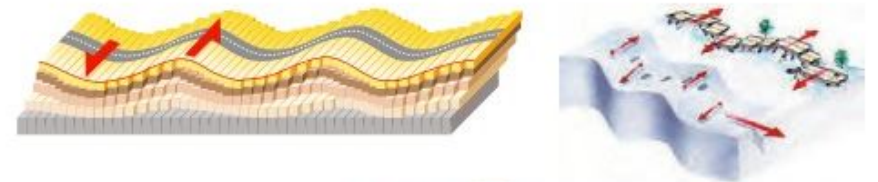
شکل ۳-۱۲ نحوه حرکت موج طولی P

موج S (ثانویه، عرضی): این موج بعد از موج P، توسط لرزه نگارها ثبت می شود و فقط از محیط های جامد عبور می کند.



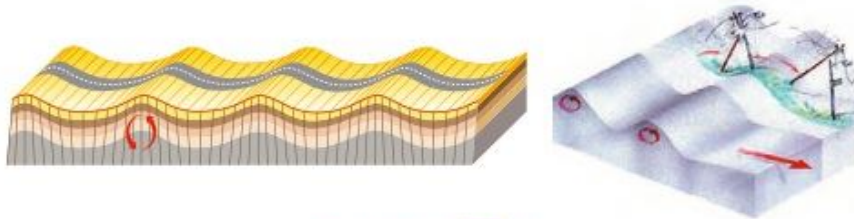
شکل ۳-۱۳ نحوه حرکت موج S

امواج سطحی: این امواج در کانون تولید نمی شوند؛ بلکه از برخورد امواج درونی با فصل مشترک لایه ها و سطح زمین ایجاد می شوند. این امواج بیشترین خسارت را در نزدیکی محل وقوع زمین لرزه باعث می شوند. متداول ترین آنها امواج لاو (L) و ریلی (R) هستند. موج L، حرکتی کم و بیش شبیه امواج S دارد، با این تفاوت که ذرات ماده به موازات سطح زمین جابه جا می شوند و هیچ گونه جابه جایی قائم ندارند و پس از موج S، توسط لرزه نگارها ثبت می شود.



شکل ۳-۱۴ 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 متخالف جهت حرکت امواج دریاست. عمق نفوذ و تأثیر امواج ریلی مثل امواج دریا محدود است و از سطح به عمق کاهش پیدا می‌کند.



شکل ۴-۱۵ 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.

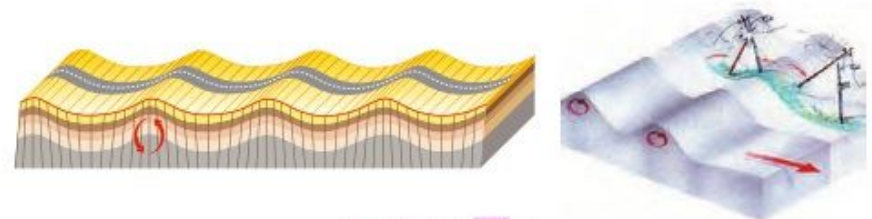
به ازای هر یک واحد بزرگی، دامنه امواج ۱۰ برابر و مقدار انرژی $31/6$ برابر افزایش می‌یابد. بزرگی زمین لرزه در تمام نقاط زمین یکسان است، اما شدت آن با دور شدن از مرکز سطحی زمین لرزه کاهش می‌یابد.

دانشمندان علوم زمین
چارلز ریشر ژئوفیزیکدان، بارانه گولرش مطالعه زمین لرزه‌های کم عمق و عمیق که در سال ۱۹۲۸ به چاپ رسید، مقیاس خود رابداع کرد و بعد از تکمیل این مقیاس با همکاری گوتنبرگ، که باهم در مؤسسه تکنولوژی کالیفرنیا کار می‌کردند، اولین بار در سال ۱۹۳۵ از آن برای بیان بزرگی زمین لرزه استفاده کرد.



۱۹۸۵-۱۹۰۰ میلادی

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



شکل ۴-۱۷ 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 ریشر ژئوفیزیکدان، بارانه گولرش مطالعه زمین لرزه‌های کم عمق و عمیق که در سال ۱۹۲۸ به چاپ رسید، مقیاس خود رابداع کرد و بعد از تکمیل این مقیاس با همکاری گوتنبرگ، که باهم در مؤسسه تکنولوژی کالیفرنیا کار می‌کردند، اولین بار در سال ۱۹۳۵ از آن برای بیان بزرگی زمین لرزه استفاده کرد.



۱۹۸۵-۱۹۰۰ میلادی

بیشتر بدانید

● انواع مقیاس اندازه‌گیری بزرگای زمین‌لرزه

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

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

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

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

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

$$\log E = 11.8 + 1.5M \quad (E)$$

بیشتر بدانید

● انواع مقیاس اندازه‌گیری بزرگای زمین‌لرزه

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

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

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

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

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

$$\log E = 11.8 + 1.5M \quad (E)$$

پیوند با ریاضی

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

پیوند با ریاضی

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

فکر کنید

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

فکر کنید

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

پیش‌بینی زمین‌لرزه

از گذشته تاکنون، بشر همواره به دنبال پیش‌بینی زمان وقوع حوادث طبیعی مانند زمین‌لرزه بوده است. از میلیون‌ها زمین‌لرزه 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 زمین‌لرزه به نتیجه نرسیده‌اند. البته زمین‌شناسان محل‌های لرزه‌خیز کره زمین را شناسایی کرده‌اند.

پیش‌بینی زمین‌لرزه

از گذشته تاکنون، بشر همواره به دنبال پیش‌بینی زمان وقوع حوادث طبیعی مانند زمین‌لرزه بوده است. از میلیون‌ها زمین‌لرزه 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 زمین‌لرزه 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 عبارتند 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، نشستی لوله‌های گاز و وسایل گازسوز را بررسی کنید.
- ۲- محل فیوز برق و شیر اصلی گاز و آب را به‌خاطر بسیاری.
- 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 کم وسعت، یا کنار دیوارهای داخلی پناه بگیرید. از شیشه پنجره‌ها دور شوید. از شمع، کبریت و هر چه که شعله دارد، استفاده نکنید.
- ۳- در بیرون از ساختمان، از پل‌ها، تیرها، سیم‌های برق، ساختمان‌ها و دیوارها دور شوید.
- ۴- اگر داخل اتومبیل هستید، از پل‌ها و ساختمان‌ها فاصله بگیرید و فوراً متوقف شوید.

بعد از وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

- ۱- مراقب پس‌لرزه‌ها باشید. 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.

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، نشستی لوله‌های گاز و وسایل گازسوز را بررسی کنید.
- ۲- محل فیوز برق و شیر اصلی گاز و آب را به‌خاطر بسیاری.
- 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 کم وسعت، یا کنار دیوارهای داخلی پناه بگیرید. از شیشه پنجره‌ها دور شوید. از شمع، کبریت و هر چه که شعله دارد، استفاده نکنید.
- ۳- در بیرون از ساختمان، از پل‌ها، تیرها، سیم‌های برق، ساختمان‌ها و دیوارها دور شوید.
- ۴- اگر داخل اتومبیل هستید، از پل‌ها و ساختمان‌ها فاصله بگیرید و فوراً متوقف شوید.

بعد از وقوع زمین‌لرزه چه باید کرد؟

- ۱- مراقب پس‌لرزه‌ها باشید. 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 پنجره های شکسته و قطعات ااثایه، زیرا ممکن است پس لرزه ها سبب فرو ریختن آنها شوند.
- ۲- خطرات آتش سوزی به علت شکستن لوله های گاز، اتصال سیم های برق به علت افتادن آنها بر روی زمین.

در ساختمان سازی باید به نکات زیر توجه کرد:

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

**مهم ترین علت های آسیب دیدگی از زمین لرزه**

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

در ساختمان سازی باید به نکات زیر توجه کرد:

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

علم،
زندگی،
کار آفرینی

• ژئوفیزیک: علمی بین رشته‌ای (فیزیک و زمین شناسی) 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 و آب‌های زیرزمینی می‌پردازد.



• زمین ساخت (تکتونیک): زمین شناسی ساختمانی و زمین ساخت، علم شناسایی و بررسی ساختارهای تشکیل دهنده پوسته زمین و نیروهای به وجودآورنده آنهاست. از سوی دیگر، زمین ساخت به مطالعه ساختار درونی زمین، چگونگی تشکیل رشته کوه‌ها، اقیانوس‌ها، زمین لرزه‌ها و حرکت ورقه‌های سنگ کره می‌پردازد. گسل‌ها، درزه‌ها، چین‌ها و دیگر ساختارهای زمین، نقش مهمی در تجمع منابع زیرزمینی و احداث پروژه‌های عمرانی دارند. متخصصین این رشته‌ها، در مراکزی مانند سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مؤسسه ژئوفیزیک، پژوهشگاه زمین لرزه، مدیریت بحران، شهرداری‌ها و... به کار مشغول می‌شوند.



علم،
زندگی،
کار آفرینی

• ژئوفیزیک: علمی بین رشته‌ای (فیزیک و زمین شناسی) 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 می‌باشد. گسل‌ها، درزه‌ها، چین‌ها و دیگر ساختارهای زمین، نقش مهمی در تجمع منابع زیرزمینی و احداث پروژه‌های عمرانی دارند. متخصصین این رشته‌ها، در مراکزی مانند سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مؤسسه ژئوفیزیک، پژوهشگاه زمین لرزه، مدیریت بحران، شهرداری‌ها و... به کار مشغول می‌شوند.





کانی پیریت (FeS₂)



کانی هالیت (NaCl)

زمین شناسی پزشکی

منشأ همه عناصر سازنده بدن انسان و سایر جانداران، زمین است. به عبارتی این عناصر، زمین‌زاد هستند. اگر مقدار آنها به دلایلی در بدن کم یا زیاد شود، سلامت انسان به خطر می‌افتد. تأثیر مواد زمین بر تندرستی انسان، از هزاران سال پیش شناخته شده است. در متون قدیمی پزشکی چینی، ارتباط زمین و سلامت انسان یادآوری شده است. در ایران، دانشمندانی مانند ابوریحان بیرونی، ابن سینا و خواجه نصیرالدین طوسی در کتاب‌های خود به فواید برخی از سنگ‌ها و کانی‌ها برای درمان بیماری‌ها اشاره کرده‌اند.

بیشتر بدانید

● کانی هالیت به واسطه حضور پتاسیم در ترکیبش به رنگ آبی دیده می‌شود. نمک آبی ایرانی از معادن دو شهر گرمسار و بسمان استخراج می‌شود. نتایج مطالعه اداره 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 بد کمتری بوده و دارای عناصر دیگری مثل آلومینیم، اورانیوم و کادمیوم هستند.



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

۱- Persian blue salt

۲- FSVO



کانی پیریت (FeS₂)



کانی هالیت (NaCl)

زمین شناسی پزشکی

منشأ همه عناصر سازنده بدن انسان و سایر جانداران، زمین است. به عبارتی این عناصر، زمین‌زاد هستند. اگر مقدار آنها به دلایلی در بدن کم یا زیاد شود، سلامت انسان به خطر می‌افتد. تأثیر مواد زمین بر تندرستی انسان، از هزاران سال پیش شناخته شده است. در متون قدیمی پزشکی چینی، ارتباط زمین و سلامت انسان یادآوری شده است. در ایران، دانشمندانی مانند ابوریحان بیرونی، ابن سینا و خواجه نصیرالدین طوسی در کتاب‌های خود به نقش و تأثیر آنها در سلامت انسان اشاره کرده‌اند.

بیشتر بدانید

● گاهی کانی هالیت به رنگ آبی دیده می‌شود. نمک آبی ایرانی از معادن دو شهر گرمسار و بسمان استخراج می‌شود. نتایج مطالعه اداره 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 بد کمتری بوده و دارای عناصر دیگری مثل آلومینیم و اورانیوم هستند.



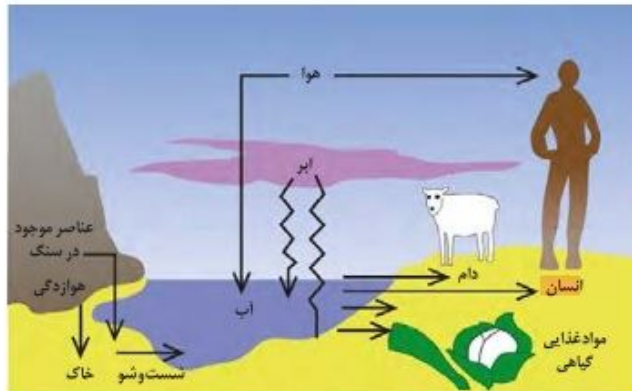
جالب است بدانید نمک هیمالیا حاوی مقادیر قابل توجهی آهن ولی به شکل اکسید آهن نامحلول می‌باشد و جذب این ماده معدنی برای بدن دشوار است. در نتیجه FSVO معتقد است که نمک هیمالیا را نمی‌توان به‌عنوان منبع تغذیه‌ای خوب آهن در نظر گرفت.

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

چرخه بیوزئوشیمیایی



عناصر موجود در سنگ‌ها توسط فرایندهای زیستی و غیرزیستی از آن جدا و به خاک، آب و رسوبات منتقل شده، 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 می‌باشد.



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

تقسیم‌بندی بیوشیمیایی عناصر

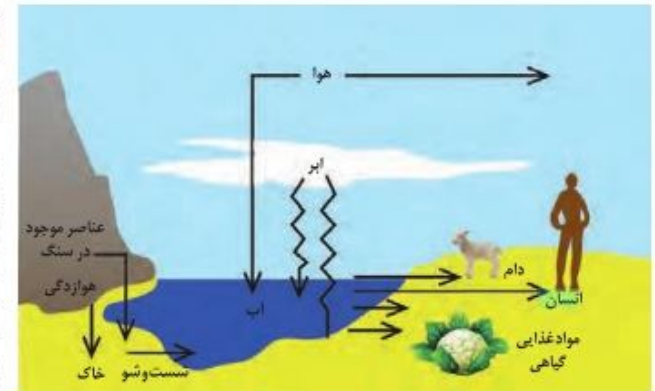
عناصر بسیاری از زمین به بدن موجودات منتقل و وارد بافت‌های مختلف بدن می‌شوند. این عناصر از دیدگاه زمین‌شناسی پزشکی به دو گروه اساسی و غیراساسی تقسیم می‌گردند. عناصر مورد نیاز برای عملکرد دستگاه‌های بدن، عناصر اساسی نامیده می‌شوند. این عناصر، در بافت‌های سالم بدن وجود دارند و نبود یا کمبود یا مقادیر بیشتر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

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

چرخه بیوزئوشیمیایی



عناصر موجود در سنگ‌ها توسط فرایندهای زیستی و غیرزیستی از آن جدا و به خاک، آب و رسوبات منتقل شده، 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 می‌باشد (شکل ۱-۵).



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

تقسیم‌بندی بیوشیمیایی عناصر

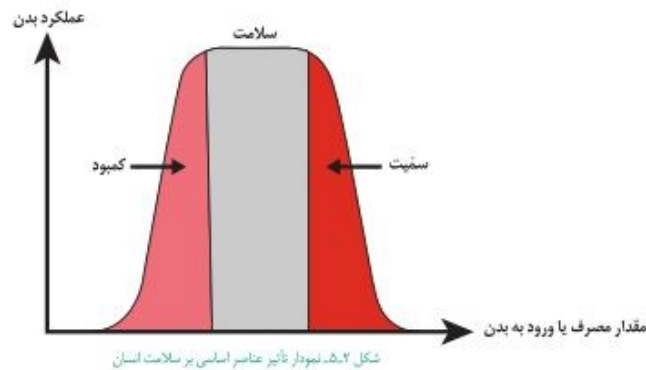
عناصر بسیاری از زمین به بدن موجودات منتقل و وارد بافت‌های مختلف بدن می‌شوند. این عناصر از دیدگاه زمین‌شناسی پزشکی به دو گروه اساسی و غیراساسی تقسیم می‌گردند. عناصر مورد نیاز برای عملکرد دستگاه‌های بدن، عناصر اساسی نامیده می‌شوند. این عناصر، در بافت‌های سالم بدن وجود دارند و نبود یا کمبود یا مقادیر بیشتر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

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

عناصر فرعی، کمتر از ۴ درصد توده بدن را تشکیل می‌دهند. بیشتر عناصر جدول تناوبی، جزئی می‌باشند و نقشی در عملکرد ارگان‌های بدن ندارند، فقط تعدادی از آنها عناصر «جزئی اساسی» هستند و بدن برای انجام فعالیت‌ها به آنها نیاز دارد و تعداد محدودتری از آنها نیز سمی به حساب می‌آیند (جدول ۵-۱).

جدول ۵-۱- طبقه‌بندی بیوشیمیایی عناصر

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



• 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.

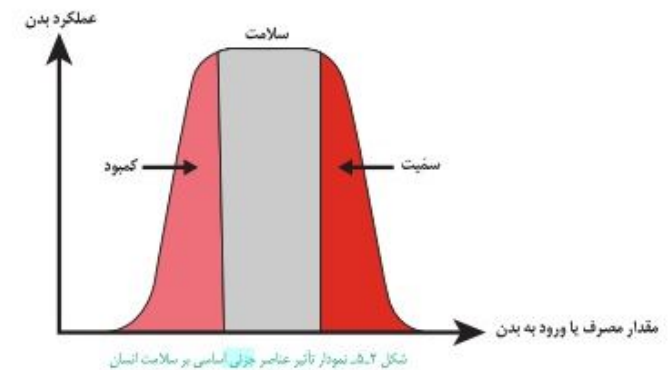
پیوند با پزشکی

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

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



• 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

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



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

جمع‌آوری اطلاعات

منشأ بیماری‌های زمین زاد

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

به‌طور کلی منابع ورود آرسنیک به محیط زیست شامل سوزاندن زغال سنگ آرسنیک‌دار، آب‌های زیرزمینی آلوده و معدن کاری می‌باشد.

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



شکل ۵. کانی رالگار (As₂S₃) - سی



شکل ۶. کانی اورپیمان (As₂S₅) - سی

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



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

جمع‌آوری اطلاعات

منشأ بیماری‌های زمین زاد

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

به‌طور کلی منابع ورود آرسنیک به محیط زیست شامل سوزاندن زغال سنگ آرسنیک‌دار، آب‌های زیرزمینی آلوده و معدن کاری می‌باشد.

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



شکل ۵. کانی رالگار (As₂S₃) - سی



شکل ۶. کانی اورپیمان (As₂S₅) - سی



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



شکل ۷. ذرات خاک دارای آرسنیک و آهن



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



شکل ۷. ذرات خاک دارای آرسنیک و آهن

کشورهای زیادی در معرض آلودگی این عنصر هستند. حدود پنجاه سال پیش، در **بنگلادش غربی 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، بالا رفت و آنها توانستند ۳ یا ۴ نوبت کشت در سال انجام دهند. اما این آب، حاوی مقدار زیادی آرسنیک بود و بیش از ۴۰۰ روستا در بنگال غربی تحت تأثیر شدیدترین مسمومیت آرسنیک جهان قرار گرفتند و بیش از ۶۰ هزار نفر دچار مرگ زودرس شدند.

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

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 گرفته و کانی‌های پیریت آرسنیک‌دار موجود در آنها دچار تخریب و هوازدگی گردید. آرسنیک آزاد شده از لایه‌های رسوبی به سرعت وارد آب‌های زیرزمینی منطقه شده و آن را آلوده کرده است.



خشک و شاخی شدن پوست

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

پیوند با پزشکی



خشک و شاخی شدن پوست

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

پیوند با پزشکی

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

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

پیوند با پزشکی

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

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



شکل ۹-۶. کانی گالن (PbS)

سرب: این عنصر همراه روی در سنگ‌های کربناته دیده می‌شود و معروف‌ترین کانی آن گالن می‌باشد. 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.

پیوند با پزشکی

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

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



شکل ۹-۶. کانی گالن (PbS)

سرب: سرب دارای چندین ایزوتوپ است که تعدادی از آنها خاصیت پرتوزایی دارند. این عنصر همراه روی در سنگ‌های کربناته دیده می‌شود و معروف‌ترین کانی آن گالن می‌باشد. این عنصر غالباً 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.

پیوند با پزشکی

• استخراج سرب از حدود ۵۰۰۰ سال پیش آغاز شد. نخستین کاربردهای آن در لوله‌کشی، معماری و کشتی‌سازی بود. نمک‌های سرب برای نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها به کار می‌رفت. بررسی شرح حال فیزیولوژیکی 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.



پیوند با پزشکی

• استخراج سرب از حدود ۵۰۰۰ سال پیش آغاز شد. نخستین کاربردهای آن در لوله‌کشی، معماری و کشتی‌سازی بود. نمک‌های سرب برای نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها به کار می‌رفت. بررسی شرح حال فیزیولوژیکی 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 پایین آمدن کاهش یادگیری و رشد ذهنی است. سایر عوارض در کودکان شامل خستگی، نازا می و تشنج است. در بزرگسالان عوارض فشار خون بالا، مشکلات گوارشی، عصبی، کم‌خونی و مشکل تمرکز حافظه شایع‌تر است.

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



شکل ۱۰-۱۰. کانی سینابار (HgS)

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 طلا با جیوه که یکی از شیوه‌های استحصال از کانستگ می‌باشد، منجر به آلودگی گسترده جیوه می‌شود.



شکل ۱۰-۱۰. کانی سینابار (HgS)

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 طلا با جیوه که یکی از شیوه‌های استحصال از کانستگ می‌باشد، منجر به آلودگی گسترده جیوه می‌شود.

۱- ترکیب هر فلز با جیوه را ملقمه گویند.

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

پیوند با پزشکی

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



جمع آوری اطلاعات

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

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 شده و می‌تواند در رواناب‌های سطحی یا به آب‌های زیرزمینی منطقه وارد شود. منشأ دیگر فلوئور، زغال‌سنگ است و بر اثر سوزاندن زغال سنگ حاوی فلوئور، مقدار زیادی فلوئور وارد محیط می‌گردد. دندان از کلسیم فسفات و مواد آلی تشکیل شده است. ورود مقداری فلوئور به ساختار بلوری دندان، باعث سخت‌تر شدن آن و مقاومت بیشتر در برابر پوسیدگی می‌شود. همچنین فلوئور در کاهش ابتلا به پوکی استخوان نیز مؤثر می‌باشد. کمبود فلوئور در رژیم غذایی، از مدت‌ها پیش عامل پوسیدگی دندان، شناخته شده و به همین دلیل، برای جبران این کمبود مقداری فلوئور در ترکیب خمیردندان وارد شده است.



شکل ۱۱. ه. کانی فلوئوریت (CaF₂)

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 دارند. مشکل کمبود فلوئور را می‌توان با اضافه کردن فلوئور به آب آشامیدنی رفع کرد.

جمع آوری اطلاعات

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

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

پیوند با پزشکی

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



جمع آوری اطلاعات

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

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



شکل ۱۱. ه. کانی فلوئوریت (CaF₂)

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

جمع آوری اطلاعات

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

پیوند با پزشکی



• در صورتی که آب‌های طبیعی، دارای بی‌هتجاری مثبت فلوراید باشد، حدود ۲ تا ۸ برابر مقدار معمول فلوراید را وارد بدن می‌کند. در این حالت، دندان‌ها با لکه‌های تیره‌ای پوشیده می‌شوند که زیبایی دندان را از بین می‌برد. به این عارضه، فلورسیس دندان می‌گویند که عارضه‌ای بازگشت‌ناپذیر است و بر اثر تخریب بافت مینای دندان ایجاد می‌شود. هنگامی که مصرف فلوراید افزایش یافته و به ۲۰ تا ۴۰ برابر حجم‌جاز برسد، تغییر شکل استخوان و خشکی غضروف‌ها رخ می‌دهد. مصرف مقادیر بالای فلوئور، ممکن است برای انسان مسموم‌کننده باشد.

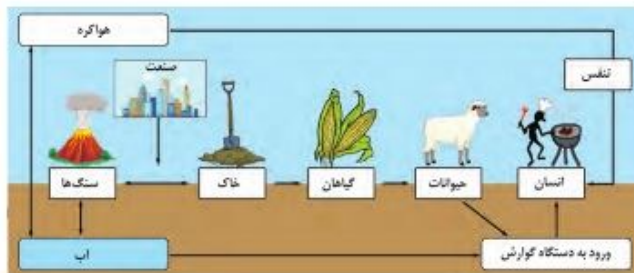


• در صورتی که آب‌های طبیعی، دارای بی‌هتجاری مثبت فلوراید باشد، حدود ۲ تا ۸ برابر مقدار معمول فلوراید را وارد بدن می‌کند. در این حالت، دندان‌ها با لکه‌های تیره‌ای پوشیده می‌شوند که زیبایی دندان را از بین می‌برد. به این عارضه، فلورسیس دندان می‌گویند که عارضه‌ای بازگشت‌ناپذیر است و بر اثر تخریب بافت مینای دندان ایجاد می‌شود. هنگامی که مصرف فلوراید افزایش یافته و به ۲۰ تا ۴۰ برابر حجم‌جاز برسد، تغییر شکل استخوان و خشکی غضروف‌ها رخ می‌دهد. مصرف مقادیر بالای فلوئور، ممکن است برای انسان مسموم‌کننده باشد.

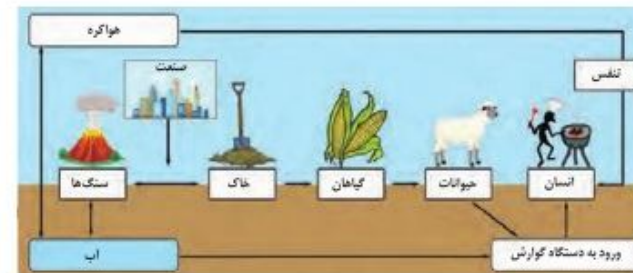
پیوند با پزشکی

سلنیم: سلنیم یک عنصر اساسی ضدسرطان است که در سنگ‌های آتشفشانی، کانی‌های سولفیدی، ذخایر اورانیوم، 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 گیاهان و آب است (شکل ۱۲-۵).

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



شکل ۱۲-۵- چرخه سلنیم

پیوند با پزشکی



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، ویروس هیپاتیت بی، آنفلوآنزا و ایندز مقاوم می‌کند. مصرف بیش از حد آن نیز باعث مسمومیت می‌شود.



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 ایندز مقاوم می‌کند. مصرف بیش از حد آن نیز باعث مسمومیت می‌شود.

پیوند با پزشکی

بیشتر بدانید

• مارکو پولو، در سفر خود در سال ۱۲۷۵ میلادی به اقامتگاه قویلیای 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 می‌گردد.



بیشتر بدانید

• مارکو پولو، در سفر خود در سال ۱۲۷۵ میلادی به اقامتگاه قویلیای 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 می‌گردد.



روی: عنصر روی، از عناصر فلزی مهم به‌شمار می‌رود و یک عنصر جزئی اساسی است. روی علاوه بر اینکه در کانی‌های سولفیدی به مقدار زیاد وجود دارد، در سنگ‌های کربناته و برخی سنگ‌های آتشفشانی نیز فراوان است. اسفالریت کانی اصلی روی می‌باشد. عوارض کمبود روی، شامل کوتاهی قد، اختلال در سیستم ایمنی بدن، کم‌اشتهایی، تولد نوزاد نارس و کم‌وزن است. زیادی مقدار روی می‌تواند باعث کم‌خونی و حتی مرگ شود. کمبودهای ناحیه‌ای عنصر روی که ارتباطی با سنگ‌شناسی و خاک‌های منطقه دارد را باید با وارد کردن غذاها و داروهای مکمل حاوی روی رفع کرد.



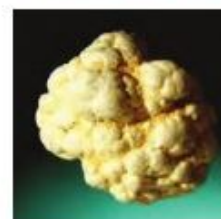
شکل ۵-۱۲. کانی اسفالریت (ZnS)

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



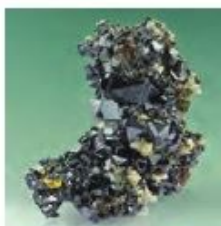
شکل ۵-۱۳. کانی کلسیت (CaCO3)

عنصر ید: ید یکی از عناصر اساسی و جزئی مورد نیاز بدن انسان است. مقدار زیاد آن سمی و کمبودش مشکلاتی را به‌وجود می‌آورد. ید به صورت پدید فلزات در آب دریا وجود دارد و مقدار زیادی از آن به وسیله جلبک‌های دریایی جذب می‌شود. در سده نوزدهم، بیماری گواتر در نیمه شمالی آمریکا بسیار رایج بود و این منطقه، کمربند گواتر نامیده می‌شد. پژوهش‌ها نشان داد که کمبود ید در خاک این منطقه و گیاهان و محصولات دامی آن باعث این بیماری شده است و هنگامی که ید به رژیم غذایی مردم این منطقه اضافه شد، بیماری گواتر کاهش یافت. دلیل زمین‌شناختی رواج بیماری گواتر این است که در بخش شمالی آمریکا پس از عصر یخبندان با آب شدن یخ‌ها، حجم زیادی آب در خاک نفوذ کرد و نمک‌های بسیار انحلال‌پذیر ید را با خود شست و خاک‌های فقیر از ید را بر جای گذاشت. کمبود ید در مناطق مختلف جهان به‌خصوص مناطق کوهستانی دور از دریا و مناطق گرم و پر باران استوایی که



شکل ۵-۱۵. کانی منیزیت (MgCO3)

روی: عنصر روی، از عناصر فلزی مهم به‌شمار می‌رود و یک عنصر جزئی اساسی است. روی علاوه بر اینکه در کانی‌های سولفیدی به مقدار زیاد وجود دارد، در سنگ‌های کربناته و برخی سنگ‌های آتشفشانی نیز فراوان است. اسفالریت کانی اصلی روی می‌باشد. عوارض کمبود روی، شامل کوتاهی قد، اختلال در سیستم ایمنی بدن، کم‌اشتهایی، تولد نوزاد نارس و کم‌وزن است. زیادی مقدار روی می‌تواند باعث کم‌خونی و حتی مرگ شود. کمبودهای ناحیه‌ای عنصر روی که ارتباطی با سنگ‌شناسی و خاک‌های منطقه دارد را باید با وارد کردن غذاها و داروهای مکمل حاوی روی رفع کرد.



شکل ۵-۱۲. کانی اسفالریت (ZnS)

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



شکل ۵-۱۳. کانی کلسیت (CaCO3)

عنصر ید: ید یکی از عناصر اساسی و جزئی مورد نیاز بدن انسان است. مقدار زیاد آن سمی و کمبودش مشکلاتی را به‌وجود می‌آورد. ید به صورت پدید فلزات در آب دریا وجود دارد و مقدار زیادی از آن به وسیله جلبک‌های دریایی جذب می‌شود. در سده نوزدهم، بیماری گواتر در نیمه شمالی آمریکا بسیار رایج بود و این منطقه، کمربند گواتر نامیده می‌شد. پژوهش‌ها نشان داد که کمبود ید در خاک این منطقه و گیاهان و محصولات دامی آن باعث این بیماری شده است و هنگامی که ید به رژیم غذایی مردم این منطقه اضافه شد، بیماری گواتر کاهش یافت. دلیل زمین‌شناختی رواج بیماری گواتر این است که در بخش شمالی آمریکا پس از عصر یخبندان با آب شدن یخ‌ها، حجم زیادی آب در خاک نفوذ کرد و نمک‌های بسیار انحلال‌پذیر ید را با خود شست و خاک‌های فقیر از ید را بر جای گذاشت. کمبود ید در مناطق مختلف جهان به‌خصوص مناطق کوهستانی دور از دریا و مناطق گرم و پر باران استوایی که



شکل ۵-۱۵. کانی منیزیت (MgCO3)

فرسایش و بارندگی شدید، خاک را از ید 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 می باشد.

غبارهای زمین زاد: پدیده ریزگرد از مهم ترین چالش های زمین شناسی دهه های اخیر می باشد. غباری که هر روز در حیات خانه ما فرو می ریزد، ممکن است از هزاران کیلومتر دورتر منشأ گرفته باشد. گرد و غبار یا ریزگرد به ذرات بسیار کوچک و سبک، رس، سیلت و ماسه 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



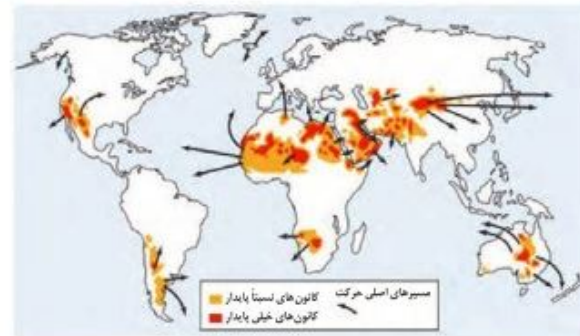
شکل ۱۶. توفان گردوغبار

این توفان ها باعث اختلال در زندگی روزمره شده 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.

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.

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

زمین شناسان در مطالعات خود، نوع کانی های تشکیل دهنده و ترکیب ژئوشیمیایی ریزگردها و غبارها را بررسی می کنند. آنها طی این بررسی ها، سرچشمه ریزگردها را با روش های متعددی همچون تکنیک دورسنجی و ماهواره ای، ردیابی رسوب و یا تلفیقی از این روش ها بررسی و نحوه انتقال آنها تا فواصل دور را مطالعه می کنند تا بتوانند پیامدهای حاصل از استنشاق غبارها بر سلامت انسان را پیش بینی و راهکارهایی برای کاهش اثرات آنها پیدا کنند. ذرات بسیار ریز غبار 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.



غبارها، بیشتر باشد، نرخ بیماری های مزمن دستگاه تنفسی و مرگ و میر مرتبط با آن افزایش می یابد.

شکل ۱۷. نقشه کانون های اصلی گردوغبار و مسیر حرکت آنها

فرسایش و بارندگی شدید، خاک را از ید 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 می باشد.

غبارهای زمین زاد: پدیده ریزگرد از مهم ترین چالش های زمین شناسی دهه های اخیر می باشد. غباری که هر روز در حیات خانه ما فرو می ریزد، ممکن است از هزاران کیلومتر دورتر منشأ گرفته 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

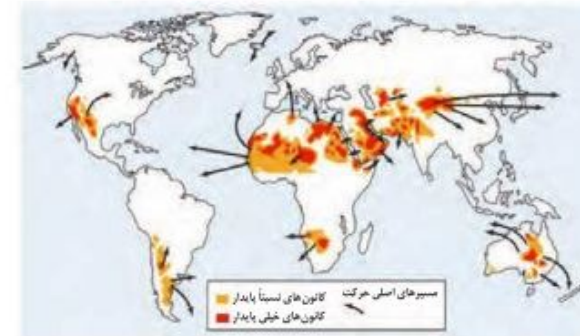


شکل ۱۶. توفان گردوغبار

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 شده 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. آنها 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 آنها تا فواصل دور را مطالعه می کنند تا بتوانند پیامدهای حاصل از استنشاق غبارها بر سلامت انسان را پیش بینی و راهکارهایی برای کاهش اثرات آنها پیدا کنند. ذرات بسیار ریز غبار 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. نقشه کانون های اصلی گردوغبار و مسیر حرکت آنها



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

پیوند با
پزشکی



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

پیوند با
پزشکی



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

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



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

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

• اثر خاک‌های آلوده به فلزات سنگین بر گیاهان دارویی

بررسی‌های سازمان بهداشت جهانی نشان داده است، در سال‌های اخیر استفاده از داروهای گیاهی به‌طور چشمگیری در سراسر جهان افزایش یافته است. با توجه به اینکه راه ورود برخی از عناصر به بدن از طریق گیاهان می‌باشد، آلودگی محیط رشد گیاهان دارویی به فلزات سنگین ممکن است باعث تغییرات قابل توجه در کمیت و کیفیت آنها شده و از این طریق وارد بدن گردند. تحقیقات مختلف نشان داده است، غلظت فلزات سنگین در گیاهان دارویی به محیط رشد آنها، نوع گونه گیاهی، شرایط خشک کردن، ذخیره‌سازی، حمل و نقل و فراوری آنها بستگی دارد. سازمان بهداشت جهانی حداکثر مقدار مجاز کادمیم، آرسنیک و سرب برای گیاهان دارویی را به ترتیب ۱/۳، ۱۰ 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.

بیشتر بدانید

• اثر خاک‌های آلوده به فلزات سنگین بر گیاهان دارویی

بررسی‌های سازمان بهداشت جهانی نشان داده است، در سال‌های اخیر استفاده از داروهای گیاهی به‌طور چشمگیری در سراسر جهان افزایش یافته است. با توجه به اینکه راه ورود برخی از عناصر به بدن از طریق گیاهان می‌باشد، آلودگی محیط رشد گیاهان دارویی به فلزات سنگین ممکن است باعث تغییرات قابل توجه در کمیت و کیفیت آنها شده و از این طریق وارد بدن گردند. تحقیقات مختلف نشان داده است، غلظت فلزات سنگین در گیاهان دارویی به محیط رشد آنها، نوع گونه گیاهی، شرایط خشک کردن، ذخیره‌سازی، حمل و نقل و فراوری آنها بستگی دارد. سازمان بهداشت جهانی حداکثر مقدار مجاز کادمیم، آرسنیک و سرب برای گیاهان دارویی را به ترتیب ۱/۳، ۱۰ 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.

بیشتر بدانید

یادآوری

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



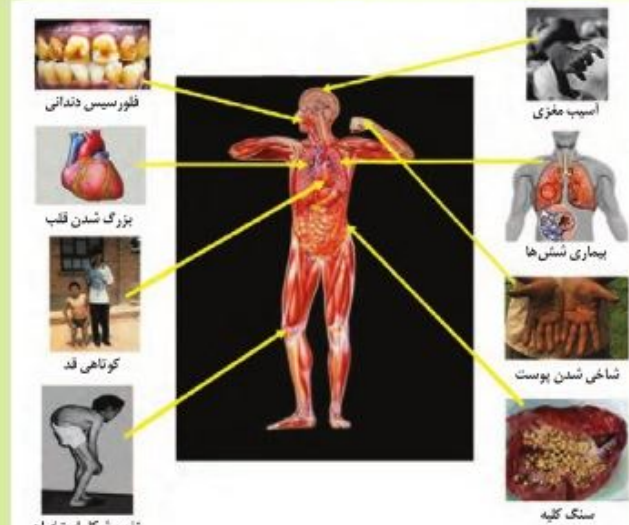
یادآوری

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



خود را بیازمایید

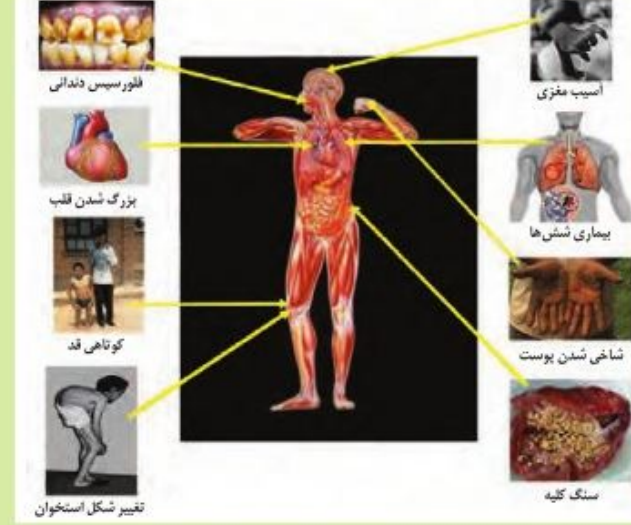
• علت ایجاد هر یک از بیماری‌های مشخص شده در تصویر زیر چیست؟



اسبیب مغزی
فلورسیس دندان‌ها
بزرگ شدن قلب
کوتاهی قد
تغییر شکل استخوان
بیماری نشتی‌ها
شاخی شدن پوست
سنگ کلیه

خود را بیازمایید

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



اسبیب مغزی
فلورسیس دندان‌ها
بزرگ شدن قلب
کوتاهی قد
تغییر شکل استخوان
بیماری نشتی‌ها
شاخی شدن پوست
سنگ کلیه

کاربرد کانی‌ها در داروسازی و صنایع بهداشتی

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

• مصوب فرهنگستان

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

کاربرد کانی‌ها در داروسازی و صنایع بهداشتی

کانی‌ها، استفاده‌های گسترده‌ای در داروسازی و صنایع بهداشتی دارند. روکش قرص‌ها و پودر بچه که از کانی تالک تشکیل شده، شناخته‌شده‌ترین مثال استفاده از کانی‌ها در این صنایع است. در آنتی بیوتیک‌ها و قرص‌های مسکن از کانی‌های مختلف، به ویژه انواع رس‌ها استفاده می‌شود. در خمیردندان‌ها کانی فلوئوریت و در صنایع آرایشی، کرم‌های ضدآفتاب، 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 موردنیاز بدن استفاده می‌شود. این مصرف بی‌رویه باعث ایجاد مشکل و اختلالاتی برای سلامتی انسان می‌شود.

• **زمین شناسی زیست محیطی:** شاخه‌ای از علم زمین شناسی است که با استفاده از اصول زمین شناسی، به حل مسائل زیست محیطی 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. زمین شناسان زیست محیطی به مطالعه شیوه‌های انتقال و رفع آلاینده‌ها از محیط زیست می‌پردازند.



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

علم،
زندگی،
کار آفرینی

• **زمین شناسی زیست محیطی:** شاخه‌ای از علم زمین شناسی است که با استفاده از اصول زمین شناسی، به حل مسائل زیست محیطی 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. زمین شناسان زیست محیطی به مطالعه شیوه‌های انتقال و رفع آلاینده‌ها از محیط زیست می‌پردازند.



• **زمین شناسی پزشکی:** منشأ بیشتر عناصر از زمین است که می‌تواند از طریق خاک، آب آلوده و زنجیره‌های غذایی وارد بدن انسان و سایر جانداران گردد و آنها را بیمار نماید. برخی عناصر، برای بدن انسان و دیگر موجودات ضروری هستند. آهن در هموگلوبین، فسفر و کلسیم در ساختار دندان و استخوان، نقش اساسی دارد، اما برخی ترکیب‌ها مانند نیترات‌ها و عناصری مانند جیوه، سرب، کادمیم و ... برای سلامت انسان مضر هستند. در مراکز مرتبط با معادن و منابع آب و کشاورزی، وجود متخصص زمین شناسی پزشکی ضروری به نظر می‌رسد.

علم،
زندگی،
کار آفرینی

فصل ۶

زمین شناسی و سازه‌های مهندسی

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



فصل ۶

زمین شناسی و سازه‌های مهندسی

در زمین‌شناسی به سازه‌هایی که توسط انسان‌ها و با پیشرفت بشر، ساخته می‌شوند، سازه مهندسی می‌گویند. این سازه‌ها مانند سدها، تونل‌ها، آسمان خراش‌ها، 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 می‌باشد؛ 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 تخت جمشید، بنای چغازنبیل، اهرام مصر و دیوار چین اشاره نمود.





سد بنشی (سد شهید عباسپور - مسجد سلیمان)



تونل انتقال آب (تونل گابی سبب - پیرانشهر)



پل لالی (مسجد بلیمان - استان خوزستان)



موج شکن (چابهار)

مکان یابی سازه‌ها

در عصر شکوفایی دانش و تکنولوژی، هر روز که می‌گذرد ساختمان‌های مرتفع‌تر، سدهای عظیم‌تر یا تونل‌هایی در اعماق بیشتر احداث می‌شوند و اهمیت مطالعه پایداری زمین هر چه بیشتر آشکار می‌گردد. برای این پیشرفت نمی‌توان حد و مرزی در نظر گرفت، تنها عامل بازدارنده در اغلب موارد نبود زمین مناسب است که بتواند به‌طور طبیعی وزن ناشی از سازه‌ها را تحمل نماید. احداث سازه بر روی زمین‌های نامناسب نظیر زمین‌های باتلاقی، سست، کارستی و غیره می‌تواند با مشکلات متعددی نظیر نشست نامتقارن، ریزش و در نهایت تخریب سازه همراه شود (شکل‌های ۱-۶ و ۲-۶). بنابراین یکی از وظایف مهم زمین‌شناسان، شناسایی وضعیت زمین و سنگ بستر سازه‌ها و فرایندهای مخرب در اطراف آن می‌باشد. در صورت تشخیص وجود مخاطرات زمین‌شناسی که باعث آسیب‌رسانی به سازه می‌شود، زمین‌شناس باید راهکارهای مناسب جهت مقابله و کاهش آسیب‌های احتمالی به سازه‌ها و تأسیسات مهندسی ارائه نماید.



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



شکل ۱-۶ نشست نامتقارن بی در برج پیزا



سد بنشی (سد شهید عباسپور - مسجد سلیمان)



تونل انتقال آب (تونل گابی سبب - پیرانشهر)



پل لالی (مسجد بلیمان - استان خوزستان)



موج شکن (چابهار)

مکان یابی سازه‌ها

در عصر شکوفایی دانش و تکنولوژی، هر روز که می‌گذرد ساختمان‌های مرتفع‌تر، سدهای عظیم‌تر یا تونل‌هایی در اعماق بیشتر احداث می‌شوند و اهمیت مطالعه پایداری زمین هر چه بیشتر آشکار می‌گردد. احداث سازه بر روی زمین‌های نامناسب نظیر زمین‌های هوازده، باتلاقی، سست، اشباع، کارستی و غیره می‌تواند با مشکلات متعددی نظیر نشست نامتقارن، ریزش و در نهایت تخریب سازه همراه شود (شکل‌های ۱-۶ و ۲-۶). بنابراین یکی از وظایف مهم زمین‌شناسان، شناسایی وضعیت زمین و سنگ بستر سازه‌ها و فرایندهای مخرب در اطراف آن می‌باشد. در صورت تشخیص وجود مخاطرات زمین‌شناسی که باعث آسیب‌رسانی به سازه می‌شود، زمین‌شناس باید راهکارهای مناسبی جهت مقابله و کاهش آسیب‌های احتمالی به سازه‌ها و تأسیسات مهندسی ارائه نماید.



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



شکل ۱-۶ نشست نامتقارن بی در برج پیزا

نحوه به دست آوردن اطلاعات زمین شناسی

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

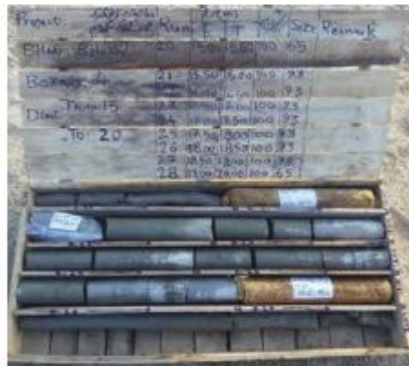
از این رو زمین‌شناس مهندس یکی از کارشناسان مهم در پروژه‌های عمرانی در زمان مطالعات و زمان اجرای آنها خواهد بود. برای به دست آوردن اطلاعات لازم در پروژه‌های مهندسی نیاز به شناسایی سطحی و گاهی زیرسطحی زمین ضروری است.

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

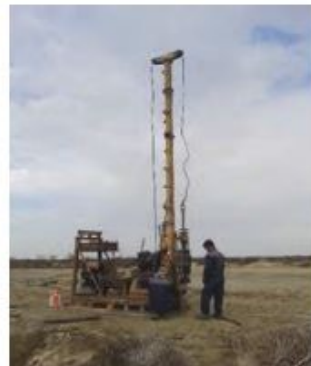
گاهی با توجه به کمبود اطلاعات در مرحله شناسایی سطحی، لازم است مطالعات زیرسطحی نیز انجام شود. بررسی‌های زیرسطحی به دو روش مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌گیرد.

در روش مستقیم، علاوه بر مطالعات صحرایی می‌توان توسط حفر گمانه‌ها و چاهک‌های اکتشافی لایه‌های خاک و سنگ در اعماق مختلف شناسایی شود (شکل‌های ۶-۳ تا ۶-۸). برای به دست آوردن ویژگی‌هایی مانند مقاومت سنگ‌ها، لازم است بررسی‌هایی بر روی نمونه‌های به دست آمده در آزمایشگاه تخصصی انجام شود.

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



شکل ۶-۲ مغزه‌گیری توسط گمانه‌های اکتشافی



شکل ۶-۳ حفاری گمانه اکتشافی توسط دستگاه حفاری

برای به دست آوردن اطلاعات زمین‌شناسی باید در مطالعات آغازین یک پروژه مهندسی به شناسایی سطحی و گاهی زیرسطحی زمین پی برد.

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

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

در روش مستقیم، علاوه بر مطالعات صحرایی می‌توان توسط حفر گمانه‌ها (چال‌های باریک و عمیق) و چاهک‌های اکتشافی (چال‌های کم‌عمق) لایه‌های خاک و سنگ در اعماق مختلف شناسایی شود (شکل‌های ۶-۳ تا ۶-۷). نمونه‌های سنگ یا خاک برداشت‌شده به آزمایشگاه‌های تخصصی ارسال می‌شود و مقدار مقاومت آنها در برابر تنش‌های وارده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

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



شکل ۶-۲ مغزه‌گیری توسط گمانه‌های اکتشافی



شکل ۶-۳ حفاری گمانه اکتشافی توسط دستگاه حفاری



شکل ۶-۶ ابزارهای مختلف آزمایشگاهی



شکل ۶-۵ ابزار مورد استفاده در حفاری‌های اکتشافی (بیرمنه حفاری)



۶۴- ابزارهای مختلف آزمایشگاهی



۶۵- ابزار مورد استفاده در حفاری‌های اکتشافی



۶۶- نمونه‌هایی از تجهیزات لازم جهت مطالعات ژئوفیزیکی



۶۷- تعدادی از تجهیزات سحرایی

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

جمع‌آوری اطلاعات

عوامل مؤثر بر مکان‌یابی سازه‌ها

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

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

مقاومت سنگ، عبارت است از حداکثر تنش یا ترکیبی از تنش‌ها که سنگ می‌تواند تحمل کند، بدون آنکه بشکند. هر چه مقاومت سنگ، در مقابل این تنش‌ها، کمتر باشد، سنگ ناپایدارتر است و سطوح شکست بیشتری در آن ایجاد می‌شود. 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 می‌باشد.



۶۸- نمونه‌هایی از تجهیزات لازم جهت مطالعات ژئوفیزیکی



۶۷- تعدادی از تجهیزات سحرایی

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

جمع‌آوری اطلاعات

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 مورد نیاز برای ساخت سازه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه به نقش هر یک از این عوامل می‌پردازیم.

مقاومت زمین بی در برابر نیروهای وارده یکی از عوامل مهم در مکان‌یابی ساختگاه سازه‌ها است؛ 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 بی 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 می‌باشد. سنگ‌های رسوبی دارای رس مانند شیل‌ها (به علت تورق و سست بودن)، گِل‌سنگ‌ها و سنگ‌های ماری (به علت افزایش حجم در مجاورت آب و تورم) و همچنین سنگ‌های تخییری مانند سنگ گچ و سنگ نمک (به علت انحلال‌پذیری)، استحکام لازم برای احداث سازه‌ها را ندارند.

• نوع سیمان اتصال دهنده ذرات در سنگ‌های آواری نظیر ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومراها چگونه می‌تواند در مقاومت این سنگ‌ها تأثیرگذار باشد؟

فعالیت تکمیلی

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

فعالیت تکمیلی

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

سنگ‌های دگرگونی مانند کوارتزیت، هورنفلس و گنیس مقاومت بسیار بالایی دارند و می‌توانند برای احداث سازه‌های سنگین مورد استفاده قرار گیرند. برخی دیگر از سنگ‌های دگرگونی نظیر شیست‌ها به دلیل داشتن تورق، سست و ضعیف بوده و برای پی‌سازه‌ها مناسب نمی‌باشند. یکی دیگر از عوامل مؤثر در مکان‌یابی سازه‌ها، نفوذپذیری خاک‌ها و سنگ‌های محل احداث سازه‌ها می‌باشد. نفوذپذیری به توانایی انتقال مایعات از بین حفرات و درزه‌های سنگ، گفته می‌شود. در پروژه‌های مهندسی، با استفاده از حفر گمانه‌های اکتشافی می‌توان میزان نفوذپذیری سنگ و خاک را تعیین نمود.

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

سنگ آهک ضخیم لایه و فاقد حفرات انحلالی، پی و تکیه‌گاه خوبی برای احداث سازه‌های مهندسی می‌باشد. بخشی از سنگ‌های کربناته در معرض جریان آب‌های نفوذی و با گذشت زمان، حل شده و در آنها حفره‌هایی تشکیل می‌گردد که به این حفرات ایجاد شده، حفرات انحلالی کارستی گویند. پیشرفت عمل انحلال در این سنگ‌ها، ممکن است منجر به ایجاد حفره‌های انحلالی بزرگ و غارها شود؛ بنابراین سنگ‌های کربناته در صورت دارا بودن حفرات انحلالی برای حفر تونل‌ها و احداث سدها مناسب نیستند، زیرا مشکلات جدی از قبیل فرار آب یا نشست زمین را به همراه خواهند داشت (شکل ۶-۹).



الف) ایجاد غارهای کارستی

ب) تشکیل حفرات انحلالی

ج) توسعه بزرگ و شکاف انحلالی در آهک

شکل ۶-۹ مراحل توسعه انحلال در سنگ‌های کربناته

انحلال‌پذیری سنگ‌های تخییری (سنگ گچ و سنگ نمک)، بیش از سنگ‌های آهکی است؛ بنابراین حفره‌ها و غارهای انحلالی در این سنگ‌ها، سریع‌تر از دیگر سنگ‌ها ایجاد می‌شود. اگر سد بر روی لایه‌هایی از سنگ گچ احداث شود، طی مدت کوتاهی، حفرات انحلالی فراوانی درون سنگ ایجاد شده و باعث فرار آب از مخزن سد و همچنین ناپایداری بنده 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.

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

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 حفرات موجود در آنها است. در آبرفت‌ها هرچه خاک درشت‌دانه‌تر باشد، نفوذپذیری آن بیشتر خواهد بود.

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

بخشی از سنگ‌های کربناته در معرض جریان آب‌های نفوذی و با گذشت زمان، حل شده و در آنها حفره‌هایی تشکیل می‌گردد که به آنها حفرات انحلالی کارستی گویند. پیشرفت عمل انحلال در این سنگ‌ها، ممکن است منجر به ایجاد حفره‌های انحلالی بزرگ و غارها شود؛ بنابراین سنگ‌های کربناته در صورت دارا بودن حفرات انحلالی برای حفر تونل‌ها و احداث سدها مناسب نیستند، زیرا مشکلات جدی از قبیل فرار آب یا نشست زمین را به همراه خواهند داشت (شکل ۶-۹). به‌طور مثال عدم شناسایی حفرات انحلالی پی سد لار در زمان ساخت، باعث فرار آب از زیر سد شده است (شکل ۶-۱۱).

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



الف) ایجاد غارهای کارستی

ب) تشکیل حفرات انحلالی

ج) توسعه بزرگ و شکاف موجود در آهک

شکل ۶-۹ مراحل توسعه انحلال در سنگ‌های کربناته

انحلال‌پذیری سنگ‌های تخییری (سنگ گچ و سنگ نمک)، بیش از سنگ‌های آهکی است؛ بنابراین حفره‌ها و غارهای انحلالی در این سنگ‌ها، سریع‌تر از دیگر سنگ‌ها ایجاد می‌شود. اگر سد بر روی لایه‌هایی از سنگ گچ احداث شود، طی مدت کوتاهی، حفرات انحلالی فراوانی درون سنگ ایجاد شده و باعث فرار آب از مخزن سد و همچنین ناپایداری بنده 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 ۶-۱۱ نمونه‌ای از حفرات انحلالی در نزدیکی سد لار

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

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



شکل ۱۱- نمونه‌ای از حفرت آنچاللی در نزدیکی سلاز

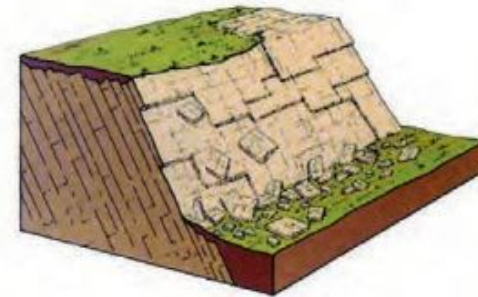


شکل ۱۰- هجوم آید گل و لای در زمان حفاری تونل‌ها

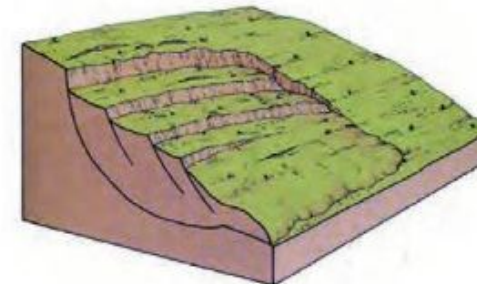
گاهی عدم شناسایی حفرت آنچاللی در هنگام حفاری سازه‌های زیرزمینی مانند تونل‌ها باعث هجوم آب فراوان و گل‌ولای به داخل تونل و توقف پروژه حفاری می‌شود (شکل ۱۰). همچنین عدم شناسایی حفرت آنچاللی بی‌سدار در زمان ساخته‌بافت قرار آب از زیر سد شده است (شکل ۱۱).

یکی دیگر از خطرانی که سازه‌ها را در مناطق شیب‌دار و کوهستانی تهدید می‌کند، خطر ریزش کوه و سقوط مواد در دامنه‌های پرشیب است. حرکات دامنه‌ای ممکن است بسیار مهیب و قاجعه‌آفرین باشد، به طوری که سازه‌های مهندسی را تحت تأثیر قرار داده 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 گرایش زمین، بر روی مواد هوازده موجود بر روی سطوح شیب‌دار می‌باشد و به شیوه‌های گوناگون خودنمایی می‌کند. سقوط ذرات سنگ و خاک از سراسیمب‌های تند را، ریزش را، اگر توده سنگ و خاک در امتداد یک سطح گسیختگی حرکت کند، لغزش نامیده می‌شود. (شکل‌های ۱۲ تا ۱۴). با انتخاب محل مناسب برای ایجاد سد و پایدارسازی دیواره‌های اطراف مخزن سد، می‌توان از چنین اتفاقاتی جلوگیری کرد. امروزه با اقداماتی مانند ایجاد دیوار حائل، ایجاد پوشش گیاهی، میخ کوبی و زهکشی جهت تخلیه آب اضافی، دیوار گابیونی (تورسنگی) و غیره می‌توان دامنه‌ها را پایدار کرد.

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 قاجعه‌آفرین باشد، به طوری که سازه‌های مهندسی را تحت تأثیر قرار داده 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 گرایش زمین، بر روی مواد هوازده موجود بر روی سطوح شیب‌دار می‌باشد و به شکل‌های مختلف دیده می‌شود. به سقوط ذرات سنگ و خاک از سراسیمب‌های تند «ریزش» و به حرکت توده سنگ و خاک در امتداد سطوح لغزشی که نوعی دیگر از حرکات دامنه‌ای است، «لغزش» می‌گویند. (شکل‌های ۱۲ تا ۱۴). با انتخاب محل مناسب برای ایجاد سد و پایدارسازی دیواره‌های اطراف مخزن آن، با اقداماتی مانند ایجاد دیوار حائل، ایجاد پوشش گیاهی، میخ کوبی و زهکشی جهت تخلیه آب اضافی، دیوار گابیونی (تورسنگی) و غیره می‌توان دامنه‌ها را پایدار کرد (شکل ۱۶).



الف) ریزش



ب) لغزش

شکل ۱۲- انواع حرکات دامنه‌ای

• در مورد تفاوت انواع حرکات دامنه‌ای ریزش، لغزش، خزش و جریان گل اطلاعاتی جمع‌آوری کنید.



• مطالبی پیرامون رابطه تغییرات سطح آب زیرزمینی و ایجاد حرکت دامنه‌ای گردآوری نمایید.

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



• مراحل پایدارسازی به روش میخ کوبی را در کلاس برای دوستان خود توضیح دهید و دلایل استفاده از این روش را تشریح نمایید.

جمع‌آوری اطلاعات



شکل ۱۴ جریان گلی

شکل ۱۲ لغزش مصالح

شکل ۱۳ ریزش مصالح



ب) دیوار میخ کوبی شده

ب) دیوار گلیونی

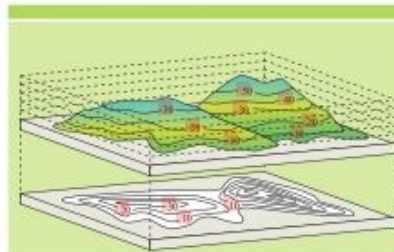
الف) دیوار خائل

شکل ۱۵ نمونه‌هایی از روش‌های پایدارسازی دامنه‌ها

فعالیت تکمیلی

• دلیل استفاده از زهکش‌ها برای پایداری دیواره‌ها و ترانشه‌ها چیست؟

یکی دیگر از موارد مهم در مکان‌یابی سازه‌ها توجه به وضعیت شکل‌های آن منطقه است. همان‌طور که در فصل‌های قبلی مطالعه کرده‌اید، کشور ما بر روی یکی از کمربندهای لرزه‌خیز جهان واقع شده است و در بیشتر مناطق آن گسل‌های فعال وجود دارند. این گسل‌ها و زمین‌لرزه‌های احتمالی می‌توانند پایداری سازه‌های مختلف را تهدید کنند. از این رو زمین‌شناسان، در مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها با استفاده از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای و بازدیدهای صحرائی، این گسل‌ها را شناسایی می‌کنند و با استفاده از داده‌های ثبت‌شده توسط دستگاه‌های لرزه‌نگاری و اطلاعات تاریخی زمین‌لرزه‌ها، احتمال فعالیت مجدد گسل‌ها و وقوع زمین‌لرزه و تأثیر آن بر سازه‌ها را مشخص می‌کنند. این اطلاعات در اختیار مهندسان عمران قرار می‌گیرد تا طراحی سازه را براساس آن انجام دهند. مورفولوژی (شکل‌شناسی) و توپوگرافی (بستی و بلندی‌ها) محل احداث سازه، در پایداری آن تأثیر قابل توجهی دارد.



کاربرد نقشه‌های توپوگرافی در مشخص کردن مورفولوژی سطح زمین

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

جمع‌آوری اطلاعات

جمع‌آوری اطلاعات

• در مورد تفاوت انواع حرکات دامنه‌ای ریزش، لغزش، خزش و جریان گل اطلاعاتی جمع‌آوری کنید.



• مطالبی پیرامون رابطه تغییرات سطح آب زیرزمینی و ایجاد حرکت دامنه‌های گردآوری نمایید.

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



• مراحل پایدارسازی به روش میخ کوبی را در کلاس برای دوستان خود توضیح دهید و دلایل استفاده از این روش را تشریح نمایید.



شکل ۱۴ جریان گلی

شکل ۱۲ لغزش مصالح

شکل ۱۳ ریزش مصالح



ب) دیوار میخ کوبی شده

ب) دیوار گلیونی

الف) دیوار خائل

شکل ۱۵ نمونه‌هایی از روش‌های پایدارسازی دامنه‌ها

فعالیت تکمیلی

• دلیل استفاده از زهکش‌ها برای پایداری دیواره‌ها و ترانشه‌ها چیست؟



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

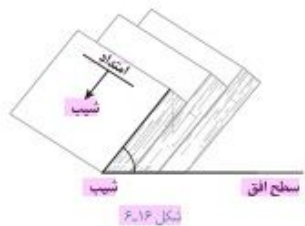
توجه به فرسایش‌پذیری رسوبات و واحدهای سنگی نیز در مکان‌بانی سازه‌هایی مانند سد بسیار اهمیت دارد.

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

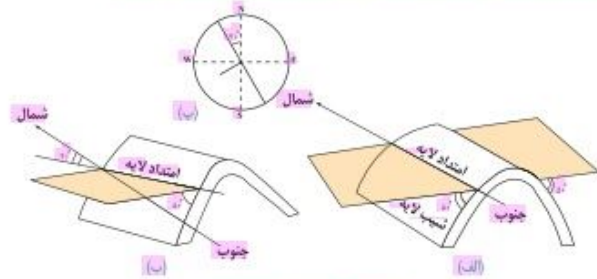
شرایط مختلفی از وضعیت شیب و امتداد لایه‌های سنگی برای انتخاب محل مناسب در سازه‌هایی مانند سد، تونل و غیره باید مورد بررسی قرار بگیرند. برای بررسی موقعیت لایه‌ها از مشخصات امتداد و شیب استفاده می‌شود.

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

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



امتداد لایه‌های این چین‌شمالی - جنوبی است و شیب لایه در پهلو غربی آن ۵۰° به سمت غرب و در پهلو شرقی ۵۰° به سمت شرق است (شکل الف-۱۷). امتداد لایه در پهلو غربی این چین ۳۰° از شمال به سمت غرب انحراف دارد N30W. شیب لایه ۵۰° به سمت جنوب غرب است S05W. بنابراین موقعیت این لایه را به‌طور کلی به‌صورت 50SW و N30W نشان می‌دهند (شکل ب-۱۷). علائم قراردادی برای نشان دادن امتداد و شیب یک لایه (شکل پ-۱۷).



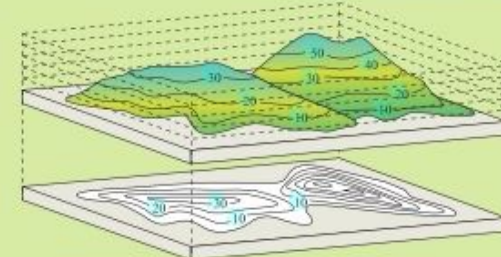
شکل ۱۷-۳ تعیین شیب و امتداد لایه

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 مکان‌بانی 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 زمین لرزه‌ها، احتمال فعالیت مجدد گسل‌ها و وقوع زمین لرزه و تأثیر آن بر سازه‌ها را مشخص می‌کنند. این اطلاعات در اختیار مهندسان عمران قرار می‌گیرد تا طراحی سازه را براساس آن انجام دهند.

جمع‌آوری اطلاعات

- یکی دیگر از موارد مهم در مکان‌بانی سازه‌ها توجه به وضعیت شکل‌های آن منطقه است. مورفولوژی (شکل‌شناسی) و توپوگرافی (پستی و بلندی‌ها) 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 دارای 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 کرده و در مورد مناسب یا نامناسب بودن آنها با دوستان خود، تبادل نظر کنید.

فرسایش‌پذیری رسوبات و سنگ‌ها نیز در مکان‌بانی سازه‌هایی مانند سد بسیار اهمیت دارد. علت این امر، وجود رسوباتی است که توسط عوامل فرسایشی به پشت سدها حمل شده، در مخزن انباشته و از عمر مفید این سدها کاسته خواهد شد. در نتیجه، به‌منظور 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 نمود.

مکان مناسب برای ساخت 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.

سد‌ها، از نظر نوع مصالح ساختمانی به کار رفته، به دو دسته خاکی و بتنی تقسیم می‌شوند. در شکل ۱۸-۶ 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 مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای آنکه فرار آب از مخزن سد صورت نگیرد، باید دیواره‌ها و کف مخزن نفوذناپذیر بوده یا از نفوذپذیری بسیار کمی برخوردار باشند.



شکل ۱۸-۶ نمایی از بخش‌های مختلف یک سد

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



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

جمع‌آوری اطلاعات

از عوامل مؤثر بر پایداری و نشت آب در محل سد‌ها می‌توان به ساختارهای زمین‌شناسی اشاره نمود که در فصل‌های قبل با آنها آشنا شده‌اید. اگر امتداد لایه‌های موجود در محل سد، عمود بر راستای محور سد باشد، منطقه برای احداث سد نامناسب است، زیرا در صورت برخورد با لایه‌های ضعیف و سست (مارن و شیل)، لایه‌های حفره‌دار و کارستی و مناطق هوازده و گسله، سبب نشست نامتقارن در پی و دیواره‌ها، ناپایداری پی، فرار آب از مرز لایه‌ها و 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 نمود، در این حالت بدنه سد فقط با یک نوع سنگ در ارتباط می‌باشد.

مکان مناسب برای ساخت 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.

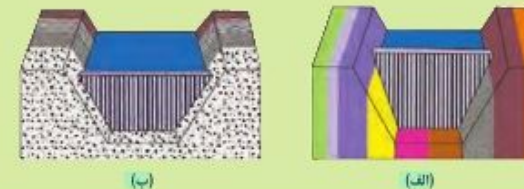
در مطالعات زمین‌شناسی سد، وضعیت مخزن، تکیه‌گاه‌ها و پی سد از نظر پایداری و فرار آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای آنکه فرار آب از مخزن سد صورت نگیرد، باید دیواره‌ها و کف مخزن نفوذناپذیر بوده یا از نفوذپذیری بسیار کمی برخوردار باشند.



شکل ۱۷-۶ نمایی از بخش‌های مختلف یک سد

از عوامل مؤثر بر پایداری و نشت آب در محل سد‌ها می‌توان به ساختارهای زمین‌شناسی اشاره نمود که در فصل‌های قبل با آنها آشنا شده‌اید. اگر امتداد لایه‌های موجود در محل سد، عمود بر راستای محور سد باشد، منطقه برای احداث سد نامناسب است، زیرا در صورت برخورد با لایه‌های ضعیف و سست (مارن و شیل)، لایه‌های حفره‌دار و کارستی و مناطق هوازده و گسله، سبب نشست نامتقارن در پی و دیواره‌ها، ناپایداری پی، فرار آب از مرز لایه‌ها و 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 نمود، در این حالت بدنه سد فقط با یک نوع سنگ در ارتباط می‌باشد.

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



با هم بیندیشید

با هم بیندیشید

● با توجه به ارتباط امتداد محور سد با امتداد لایه بندی کدام گزینه برای ساخت سد مناسب تر است؟

(الف) (ب)

در صورتی که شیب لایه ها در محور سد به سمت بالادست (مخزن سد) باشد، احداث سد با مشکلات کمتری روبه رو خواهد شد؛ چرا که نشست آب به پایین دست اتفاق نمی افتد. وقتی شیب لایه ها به پایین دست باشد، در درازمدت به دلیل اشباع شدن لایه ها و جریان آب در جهت شیب لایه ها به پایین دست، باعث سست شدن و جابه جایی سد (به علت وزن سد و نیروی آب پشت سد) و در نهایت شکستن آن خواهد شد.

با هم بیندیشید

● با توجه به وضعیت نسبی جهت شیب لایه بندی در مقایسه با بالادست سد کدام گزینه برای احداث سد مناسب تر است؟

(الف) (ب)

مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی

برخی از فعالیت های عمرانی و معدنی به صورت زیرزمینی انجام می شود. این فعالیت ها، نیاز به فضای زیرزمینی دارند. حفاری های زیرزمینی به شکل تونل و مُغار اجرا می گردند. تونل ها، به منظور حمل و نقل، انتقال آب، انتقال فاضلاب یا استخراج مواد معدنی مورد استفاده قرار می گیرند.

مُغارها، فضاهای زیرزمینی بزرگ تری هستند که برای ایجاد تأسیسات زیرزمینی مانند نیروگاه ها، ایستگاه های مترو، ذخیره نفت و یا موارد دیگر استفاده می شوند. این گونه سازه ها، باید در زمین هایی با مقاومت کافی احداث شوند؛ بنابراین زمین شناس، باید مطالعات خود را بر شناسایی مناطقی با کمترین خردشدگی، هوازدگی و نشست آب، متمرکز کند.

وجود آب های زیرزمینی، بر ایمنی و پایداری سازه های زیرزمینی در زمان ساخت و بهره برداری مؤثر خواهد بود. جریان و فشار آب

جمع آوری اطلاعات

● در مورد نزدیک ترین سد به محل سکونت خود، اطلاعاتی جمع آوری کنید و به موارد زیر پاسخ دهید:

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

در صورتی که شیب لایه ها در محور سد به طرف بالادست (مخزن سد) باشد، احداث سد با مشکلات کمتری روبه رو خواهد شد؛ چرا که نشست آب به پایین دست اتفاق نمی افتد. وقتی شیب لایه ها به پایین دست باشد، در درازمدت به دلیل اشباع شدن لایه ها و جریان آب در جهت شیب لایه ها به پایین دست، باعث سست شدن و جابه جایی سد (به علت وزن سد و نیروی آب پشت سد) و در نهایت شکستن آن خواهد شد.

با هم بیندیشید

● با توجه به وضعیت نسبی جهت شیب لایه بندی در مقایسه با بالادست سد کدام گزینه برای احداث سد مناسب تر است؟

(الف) (ب)

مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی

برخی از فعالیت های عمرانی و معدنی به صورت زیرزمینی انجام می شود. این فعالیت ها، نیاز به فضای زیرزمینی دارند. حفاری های زیرزمینی به شکل تونل و مُغار اجرا می گردند. تونل ها، به منظور حمل و نقل، انتقال آب، انتقال فاضلاب یا استخراج مواد معدنی مورد استفاده قرار می گیرند.

مُغارها، فضاهای زیرزمینی بزرگ تری هستند که برای ایجاد تأسیسات زیرزمینی مانند نیروگاه ها، ایستگاه های مترو، ذخیره نفت و یا موارد دیگر استفاده می شوند. این گونه سازه ها، باید در زمین هایی با مقاومت کافی احداث شوند؛ بنابراین زمین شناس، باید مطالعات خود را بر شناسایی مناطقی با کمترین خردشدگی، هوازدگی و نشست آب، متمرکز کند.

وجود آب های زیرزمینی، بر ایمنی و پایداری سازه های زیرزمینی در زمان ساخت و بهره برداری مؤثر خواهد بود. جریان و فشار آب

زیرزمینی، از عوامل مهم ناپایداری تونل‌ها، تراشده‌ها و سایر فضاهای زیرزمینی است. بخش بزرگی از مشکلات و خسارت‌ها در پروژه‌های عمرانی و معدنی، ناشی از برخورد با آب‌های زیرزمینی می‌باشد. در برخی موارد، پروژه‌هایی به دلیل مواجهه با این مشکل، تکمیل نشده 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. به‌طور کلی، سازه‌های زیرزمینی که در بالای سطح ایستایی قرار می‌گیرند، از پایداری بیشتری برخوردار هستند.

پاسخ دهید

● دلیل ناپایداری تونل‌ها در زیر سطح ایستایی چیست؟

در شرایطی که سنگ‌های داخل تونل از نظر پایداری و نشست آب، وضعیت مطلوبی نداشته باشند، دیواره و سقف تونل با محافظی از بتن یا سایر مصالح پوشیده می‌شود (شکل ۱۹-۶).



الف) پوشش‌های بتنی در مترو



ب) پوشش‌های بتنی در معازها



الف) نحوه اجرای پوشش‌های بتنی در فضاهای زیرزمینی



شکل ۱۹-۶ پوشش داخلی تونل

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

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

زیرزمینی، از عوامل مهم ناپایداری تونل‌ها، تراشده‌ها و سایر فضاهای زیرزمینی است. بخش بزرگی از مشکلات و خسارت‌ها در پروژه‌های عمرانی و معدنی، ناشی از برخورد با آب‌های زیرزمینی می‌باشد. در برخی موارد، پروژه‌هایی به دلیل مواجهه با این مشکل، تکمیل نشده 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. به‌طور کلی، سازه‌های زیرزمینی که در بالای سطح ایستایی قرار می‌گیرند، از پایداری بیشتری برخوردار هستند.

پاسخ دهید

● دلیل ناپایداری تونل‌ها در زیر سطح ایستایی چیست؟

در شرایطی که سنگ‌های داخل تونل از نظر پایداری و نشست آب، وضعیت مطلوبی نداشته باشند، دیواره و سقف تونل با محافظی از بتن یا سایر مصالح پوشیده می‌شود (شکل ۱۸-۶).



الف) پوشش‌های بتنی در مترو



ب) پوشش‌های بتنی در معازها



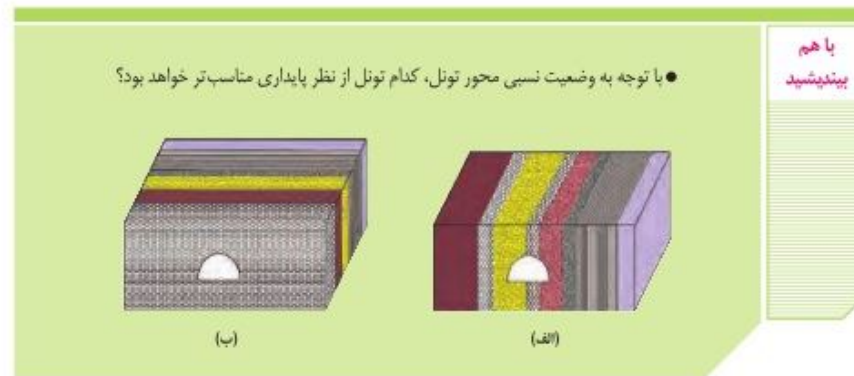
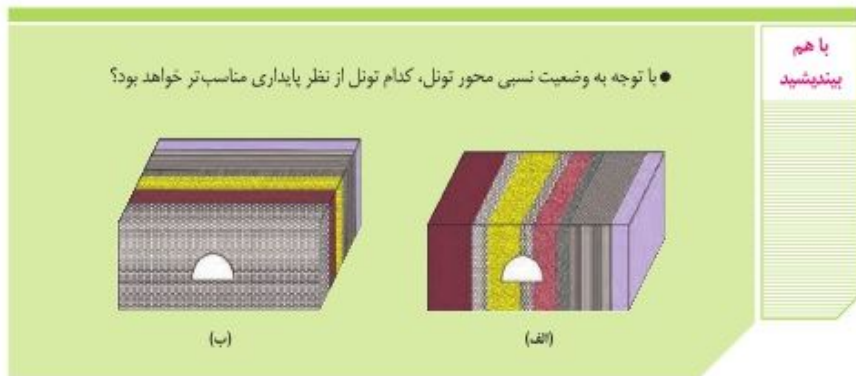
الف) نحوه اجرای پوشش‌های بتنی در فضاهای زیرزمینی



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

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



مکان‌یابی مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی

همیشه سازه‌ها بر روی خشکی بنا نمی‌شوند. کشور ما از جنوب و شمال به دریا منتهی می‌شود. از سوی دیگر، بخشی از ذخایر عظیم نفت ایران از بستر دریا استخراج می‌شوند. سازه‌های دریایی مانند اسکله‌ها، پایانه‌های نفتی، تونل‌های زیردریایی، پل‌ها و جاده‌ها، در سواحل دریا (ساحلی) یا در دریا (فراساحلی) احداث می‌شوند (شکل ۶-۲۰). در مکان‌یابی این سازه‌ها مانند سازه‌های خشکی، باید مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی به‌طور ویژه، انجام پذیرد. افزون بر آن، توجه به جریان‌های دریایی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب دریا نیز ضروری می‌باشد.



(ب) سکوی نفتی (خلیج فارس)

(ب) طولانی‌ترین پل دریایی جهان (چین)

(الف) اسکله شهید رجایی (بندرعباس)



(ج) جاده ساحلی (بندر ماقام)

(ث) آکواریوم زیردریایی (جزیره گمش)

(ث) موج شکن (جزیره قشم)

شکل ۶-۲۰. تعدادی از سازه‌های دریایی

مکان‌یابی مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی

همیشه سازه‌ها بر روی خشکی بنا نمی‌شوند. کشور ما از جنوب و شمال به دریا منتهی می‌شود. از سوی دیگر، بخشی از ذخایر عظیم نفت ایران از بستر دریا استخراج می‌شوند. سازه‌های دریایی مانند اسکله‌ها، پایانه‌های نفتی، تونل‌های زیردریایی، پل‌ها و جاده‌ها، در سواحل دریا (ساحلی) یا در دریا (فراساحلی) احداث می‌شوند (شکل ۶-۱۹). در مکان‌یابی این سازه‌ها مانند سازه‌های خشکی، باید مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی به‌طور ویژه، انجام پذیرد. افزون بر آن، توجه به جریان‌های دریایی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب دریا نیز ضروری می‌باشد.



(ب) سکوی نفتی (خلیج فارس)

(ب) طولانی‌ترین پل دریایی جهان (چین)

(الف) اسکله شهید رجایی (بندرعباس)



(ج) جاده ساحلی (بندر ماقام)

(ث) آکواریوم زیردریایی (جزیره گمش)

(ث) موج شکن (جزیره قشم)

شکل ۶-۱۹. تعدادی از سازه‌های دریایی

شاخص های مهندسی مصالح

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

یکی دیگر از شاخص های مهندسی، شاخص خمیری مصالح است. این شاخص مربوط به مصالح ریزدانه بوده و با افزایش میزان رطوبت، باعث کاهش پایداری آنها 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 ترازش 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 می باشد. 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 می باشد.

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

شاخص های مهندسی مصالح

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

یکی دیگر از شاخص های مهندسی، شاخص خمیری مصالح می باشد. این شاخص مربوط به مصالح ریزدانه بوده و با افزایش میزان رطوبت، باعث کاهش پایداری آنها 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 ترازش ها، به ویژه در ماه های مرطوب سال، ناشی از این پدیده است.

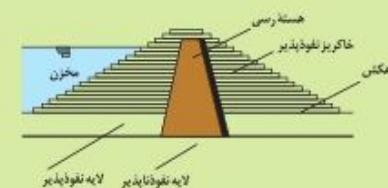
مصالح مورد نیاز برای احداث سازه ها

مصالح مورد نیاز برای احداث هر سازه به شاخص های مهندسی آن وابسته می باشد. 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 می باشد.

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

پاسخ دهید

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



پاسخ دهید

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



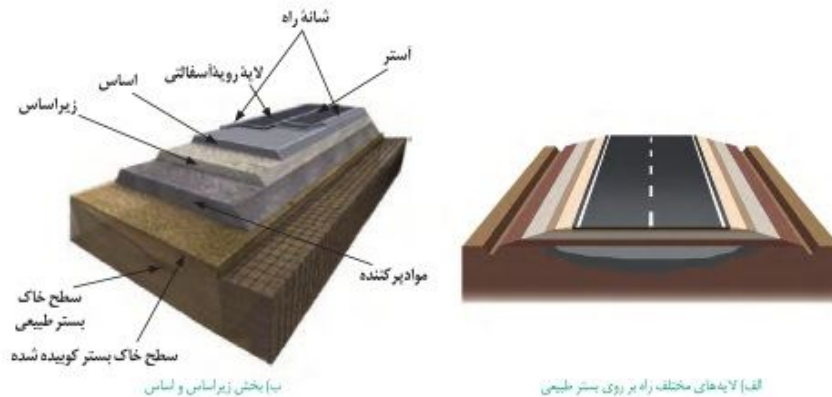
بتن یکی از پرکاربردترین مواد به عنوان مصالح ساختمانی در پروژه های عمرانی است. مصالح و اجزای بتن عبارتند از سیمان، سنگدانه یا مصالح سنگی شامل شن، ماسه و آب.

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 و یا از مصالح موجود در کوه‌ها (با استفاده از سنگ‌شکن‌ها) به‌دست آورد (شکل ۶-۲۱).



شکل ۶-۲۱ مصالح مورد استفاده در بتن و بتن مصرفی

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 می‌باشد (شکل ۶-۲۲).



شکل ۶-۲۲ بخش‌های مختلف راه

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

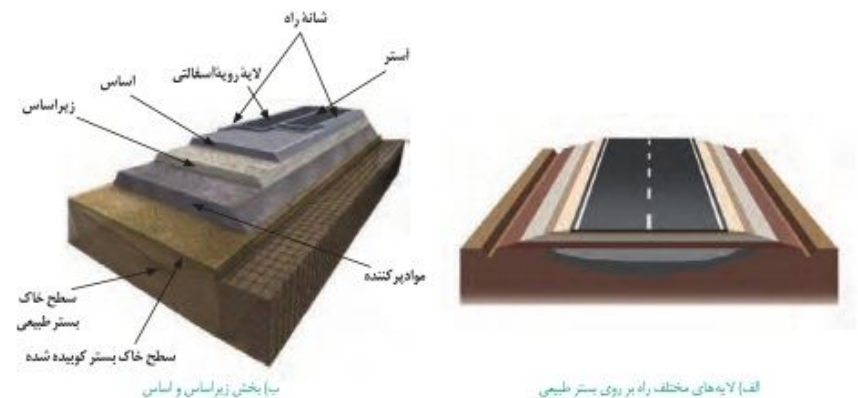
سنگدانه‌ها نقش مهمی در دوام بتن دارند، چون حدود ۷۵ درصد از حجم بتن را تشکیل می‌دهند. این مصالح را می‌توان به صورت طبیعی (از بستر رودخانه‌ها)، از معادن و یا از مصالح موجود در کوه‌ها (با استفاده از سنگ‌شکن‌ها) به‌دست آورد (شکل ۶-۲۰).



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 می‌باشد (شکل ۶-۲۱).



شکل ۶-۲۱ بخش‌های مختلف راه

بخش‌های اساس و زیراساس به‌عنوان لایه زهکش عمل می‌کنند و وظیفه آنها انتقال آب سطحی و نفوذی به خارج از بدنه جاده می‌باشد. برای ساخت آنها از مخلوط شن، ماسه و سنگ شکسته استفاده می‌شود ولی با توجه به اینکه در طراحی جاده‌ها، میزان نفوذپذیری بخش اساس، بیشتر از زیراساس است، لذا اندازه ذرات مصالح به کاررفته در بخش اساس، کمی درشت‌تر از مصالح زیراساس می‌باشد. لایه‌های آستر و رویه که بایستی در برابر نیروهای وارده، مقاوم باشند، از جنس آسفالت یعنی مخلوطی از شن، ماسه و قیر ساخته می‌شوند. یکی دیگر از کاربردهای مصالح خرده‌سنگی، در زیرسازی و تکیه‌گاه ریل‌های راه‌آهن می‌باشد. این قطعات خرده‌سنگی که بالاست نامیده می‌شوند، علاوه بر نگهداری ریل‌ها و توزیع بار چرخ‌ها، عمل زهکشی را نیز به عهده دارند. بالاست مورد نیاز خطوط راه‌آهن، معمولاً از خرد کردن سنگ‌ها و باطله‌هایی که از معادن استخراج می‌شود، به دست می‌آید (شکل ۲۲-۶).



شکل ۲۲-۶. بالاست استفاده‌شده در زیرسازی جاده ریل.

بخش‌های اساس و زیراساس به‌عنوان لایه زهکش عمل می‌کنند و وظیفه آنها انتقال آب سطحی و نفوذی به خارج از بدنه جاده می‌باشد. برای ساخت آنها از مخلوط شن، ماسه و سنگ شکسته استفاده می‌شود ولی با توجه به اینکه در طراحی جاده‌ها، میزان نفوذپذیری بخش اساس، بیشتر از زیراساس است، لذا اندازه ذرات مصالح به کاررفته در بخش اساس، کمی درشت‌تر از مصالح زیراساس می‌باشد. لایه‌های آستر و رویه که بایستی در برابر نیروهای وارده، مقاوم باشند، از جنس آسفالت یعنی مخلوطی از شن، ماسه و قیر ساخته می‌شوند. یکی دیگر از کاربردهای مصالح خرده‌سنگی، در زیرسازی و تکیه‌گاه ریل‌های راه‌آهن می‌باشد. این قطعات خرده‌سنگی که بالاست نامیده می‌شوند، علاوه بر نگهداری ریل‌ها و توزیع بار چرخ‌ها، عمل زهکشی را نیز به عهده دارند. بالاست مورد نیاز خطوط راه‌آهن، معمولاً از خرد کردن سنگ‌ها و باطله‌هایی که از معادن استخراج می‌شود، به دست می‌آید (شکل ۲۲-۶).



شکل ۲۲-۶. بالاست استفاده‌شده در زیرسازی جاده ریل.

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

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



علم،
زندگی،
کارآفرینی

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

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



علم،
زندگی،
کارآفرینی



زمین شناسی ایران

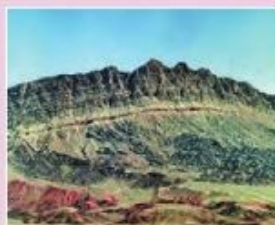
ایران، به نظر بسیاری از زمین شناسان جهان که از مناطق مختلف آن بازدید کرده‌اند، بهشت زمین شناسی است. به راستی، چه عواملی باعث این تفکر شده است؟ پدیده‌های متنوع کم نظیری مانند آتشفشان‌های نیمه فعال، گل‌فشان‌های متعدد، کلوته‌های وسیع و مرتفع، گنبد‌های نمکی و ... در نقاط مختلف ایران یافت می‌شود که پژوهشگران زیادی را از سراسر جهان به خود علاقه‌مند کرده است. زمین شناسان از حدود دویست سال پیش تاکنون، پژوهش‌های زیادی بر روی مناطق مختلف ایران انجام داده‌اند ولی هنوز ناشناخته‌های بسیاری وجود دارد که توجه پژوهشگران را به خود جلب می‌کند.



زمین شناسی ایران

ایران، به نظر بسیاری از زمین شناسان جهان که از مناطق مختلف آن بازدید کرده‌اند، بهشت زمین شناسی است. به راستی، چه عواملی باعث این تفکر شده است؟ پدیده‌های متنوع کم نظیری مانند آتشفشان‌های نیمه فعال، 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. زمین شناسان از حدود دویست سال پیش تاکنون، پژوهش‌های زیادی بر روی مناطق مختلف ایران انجام داده‌اند ولی هنوز ناشناخته‌های بسیاری وجود دارد که توجه پژوهشگران را به خود جلب می‌کند.





نایبوستگی دگرشیب راور - کرمان



ناقدیس امامقلی فوجان - خراسان رضوی



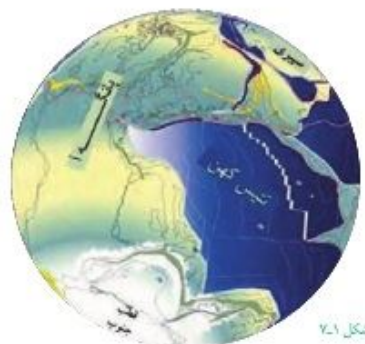
نایبوستگی دگرشیب راور - کرمان



ناقدیس امامقلی فوجان - خراسان رضوی

تاریخچه زمین شناسی ایران

بر اساس نظریه وگنر یک قاره واحد به نام پانگه‌آ (تمام خشکی‌ها) در میان تنها اقیانوس آن زمان یعنی پانتالاسا قرار داشت. ابرقاره پانگه‌آ به دو قاره لوراسیا و گندوانا شکسته شد و در حدفاصل آنها اقیانوس تتیس کهن شکل گرفت (شکل 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 زمین شناسی، قسمت‌هایی از ابرقاره گندوانا و لوراسیا بوده‌اند.



شکل ۷-۱

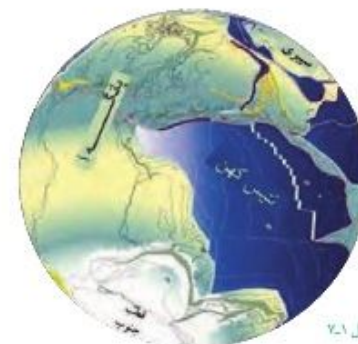
تعیین سن سنگ‌های مناطق مختلف ایران نشان می‌دهد که در مقایسه با سنگ‌های قدیمی یافت شده در آمریکای شمالی، آفریقا، هند، سبیری، استرالیا و عربستان بسیار جوان‌تر هستند، به گونه‌ای که قدیمی‌ترین سنگ‌های کشف شده در ایران بین ۶۰۰ تا یک میلیارد سال سن دارند.

تحقیق کنید

• قدیمی‌ترین سنگ‌های ایران در کدام مناطق یافت می‌شوند؟

تاریخچه زمین شناسی 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 حدفاصل 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 زمین شناسی، 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، سبیری، استرالیا و عربستان بسیار جوان‌تر هستند، به گونه‌ای که قدیمی‌ترین سنگ‌های کشف شده در ایران بین ۶۰۰ تا یک میلیارد سال سن دارند.

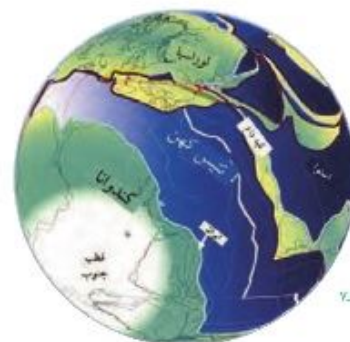
تحقیق کنید

• قدیمی‌ترین سنگ‌های ایران در کدام مناطق یافت می‌شوند؟



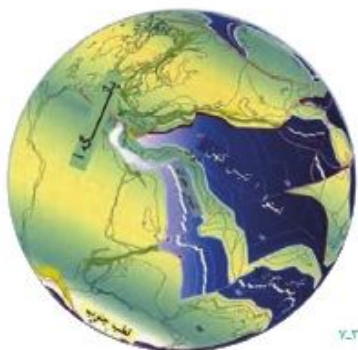
شکل ۷.۲

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).



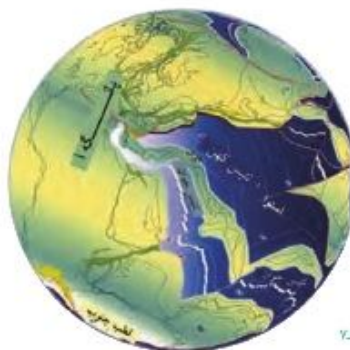
شکل ۷.۲

در 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).



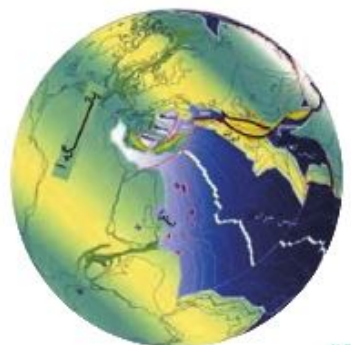
شکل ۷.۳

در دوران پالئوزوئیک، حرکت دو قاره لوراسیا و گندوانا همگرا بود و در نتیجه از پهنای تتیس کهن کاسته و سرآغاز بسته شدن آن رقم خورد. در این بازه زمانی ایران در محل خط استوا واقع بوده است (شکل ۷.۳).



شکل ۷.۳

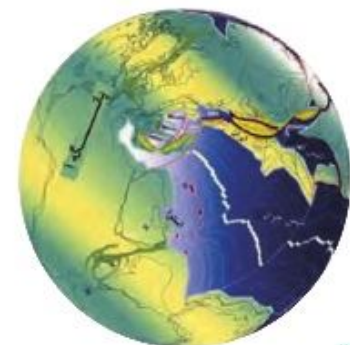
در دوران پالئوزوئیک، حرکت دو قاره لوراسیا و گندوانا همگرا بوده و در نتیجه از پهنای تتیس کهن کاسته شد (آغاز بسته شدن تتیس کهن). در این بازه زمانی ایران در محل خط استوا واقع بوده است (شکل ۷.۳).



شکل ۷.۴

از اوایل پرمین تا میانه تریاس با کاهش وسعت تتیس کهن، در محل زاگرس فعلی، اقیانوس تتیس جوان شکل گرفت و صفحه ایران را از صفحه زاگرس - عربستان جدا کرد. در اواخر تریاس دو صفحه ایران و توران به هم پیوسته و تتیس کهن به طور کامل بسته شد و صفحه ایران که تا آن زمان در حاشیه شمالی گندوانا قرار داشت با اتصال به حاشیه جنوبی لوراسیا، بخشی از ابرقاره لوراسیا گردید (شکل ۷.۴).

در اوایل ژوراسیک تتیس جوان شروع به بسته شدن کرد و از اواخر کرتاسه تا پالئوسن بخش‌هایی از پوسته اقیانوسی مذکور بر روی صفحه عربستان رانده شد. در دوره ترشیاری با گسترش دریای سرخ در ۵ میلیون سال پیش، اقیانوس تتیس جوان به طور کامل بسته شد (شکل ۷.۵).



شکل ۷.۴

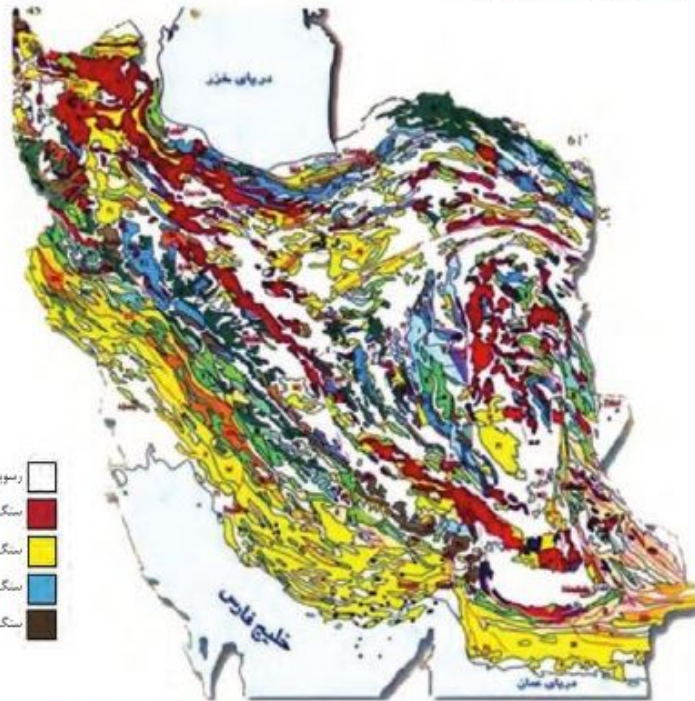
از اوایل پرمین تا تریاس بر اثر باز شدن قاره گندوانا، تشکیل اقیانوس جدیدی به نام تتیس جوان در بخش جنوبی تتیس کهن، شروع شد. با کاهش وسعت تتیس کهن، اقیانوس تتیس جوان در محل زاگرس فعلی وسعت یافت. در اواخر تریاس دو ورقه ایران و توران به هم پیوسته و تتیس کهن به طور کامل بسته شد و ورقه ایران که تا آن زمان در حاشیه شمالی گندوانا قرار داشت، با اتصال به حاشیه جنوبی لوراسیا، بخشی از قاره لوراسیا گردید (شکل ۷.۴). در ابتدای ژوراسیک تتیس جوان شروع به بسته شدن کرد و بخش‌هایی از پوسته اقیانوسی آن دچار فرورانش شد. در نتوزن با گسترش دریای سرخ (۵ میلیون سال پیش)، اقیانوس تتیس جوان به طور کامل بسته شد (شکل ۷.۵).

نقشه‌های زمین‌شناسی

در نقشه‌های زمین‌شناسی، جنس و پراکندگی سطحی سنگ‌ها، روابط سنی آنها، وضعیت شکستگی‌ها و چین‌خوردگی‌ها و موقعیت کانسارها و... نمایش داده می‌شوند و با توجه به نیاز، با دقت و مقیاس‌های مختلف تهیه می‌گردند. نقشه‌های زمین‌شناسی علاوه بر فراهم نمودن بستر مناسب جهت انجام تحقیقات زمین‌شناسی، در اکتشاف مواد معدنی، مطالعات لرزه‌خیزی، مطالعات زیست‌محیطی، آبخیزداری و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر بلایای طبیعی و موارد دیگر کاربرد دارند (شکل ۷-۶). نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و شرکت ملی نفت ایران برای کل کشور تهیه شده و نقشه‌های بزرگ مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ نیز برای بخش‌های خاصی از کشور ترسیم شده است.



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



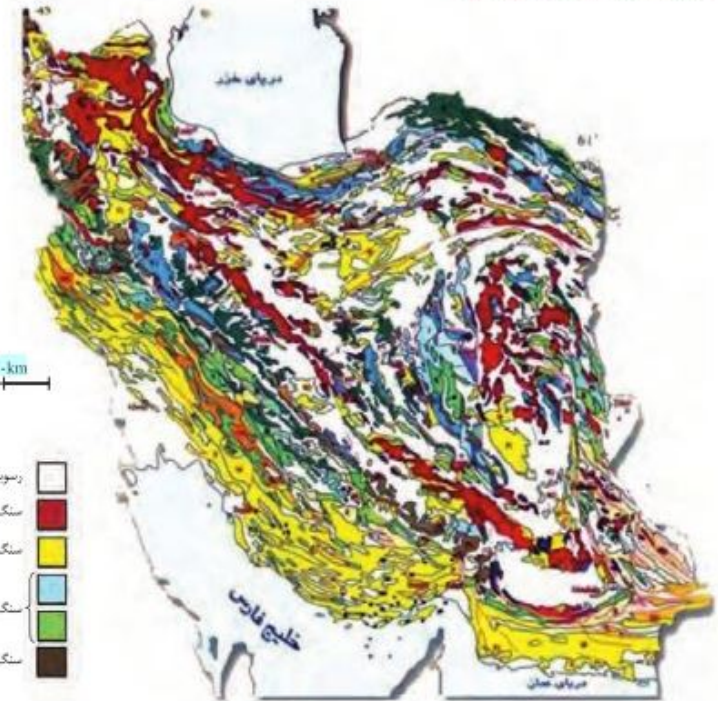
شکل ۷-۶. نقشه زمین‌شناسی ایران که نشان‌دهنده پراکندگی سنگ‌های زمان‌های مختلف زمین‌شناسی با رنگ‌های متفاوت می‌باشد.

نقشه‌های زمین‌شناسی

در نقشه‌های زمین‌شناسی، جنس و پراکندگی سطحی سنگ‌ها، روابط سنی آنها، وضعیت شکستگی‌ها و چین‌خوردگی‌ها و موقعیت کانسارها و... نمایش داده می‌شوند و با توجه به نیاز، با دقت و مقیاس‌های مختلف تهیه می‌گردند. نقشه‌های زمین‌شناسی علاوه بر فراهم نمودن بستر مناسب جهت انجام تحقیقات زمین‌شناسی، در اکتشاف مواد معدنی، مطالعات لرزه‌خیزی، مطالعات زیست‌محیطی، آبخیزداری و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر بلایای طبیعی و موارد دیگر کاربرد دارند (شکل ۷-۶). نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و شرکت ملی نفت ایران برای کل کشور تهیه شده و نقشه‌های بزرگ مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ نیز برای بخش‌های خاصی از کشور ترسیم شده است.



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



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

پهنه‌های زمین‌شناسی ایران

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 که هر کدام تاریخچه تکوینی متفاوتی دارند. در نتیجه الگوی ساختاری تحولات زمین‌ساختی و شرایط رسوبی ایران زمین در طول تاریخ یکسان نبوده است. این تفاوت رسوبی و زمین‌ساختی باعث شده 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 ۱-۷). 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 گردیده 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 - اقیانوس از اشتوکلین با اندکی تغییرات



دانشمندان علوم زمین

مهندس نصراله خادم در سال ۱۳۸۹ در شهر تهران دیده به جهان گشود پس از پایان تحصیلات متوسطه در دبیرستان علمیه، عازم فرانسه شد و در دانشکده معدن به تحصیل پرداخت. پس از پایان تحصیلات به ایران بازگشت و عهده‌دار سمت‌های گوناگون در صنایع معدنی ایران شد. هم‌زمان در دانشکده علوم دانشگاه تهران به تدریس در رشته زمین‌شناسی مشغول بود. در سال ۱۳۴۱ سازمان زمین‌شناسی کشور را بنیان نهاد. با کوشش‌های او، سازمان زمین‌شناسی ایران به یکی از معتبرترین سازمان‌های زمین‌شناسی منطقه تبدیل شد. به 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 افتخار شایسته، نام کانی جدید کشف شده در منطقه ساخته، «خادمیت» نامیده شد. وی در اردیبهشت ۱۳۷۸ چشم‌آز جهان فرو بست و در بهشت زهراي تهران به خاک سپرده شد.

پهنه‌های زمین‌شناسی ایران

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 که هر کدام تاریخچه تکوینی متفاوتی دارند. در نتیجه الگوی ساختاری تحولات زمین‌ساختی و شرایط رسوبی ایران زمین در طول تاریخ یکسان نبوده است. این تفاوت رسوبی و زمین‌ساختی باعث شده 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 ۱-۷). او با همکاری نبوی در سال ۱۹۷۳ اولین نقشه تکتونیک ایران را منتشر کردند که بر اساس ویژگی‌های خاص زمین‌شناسی همچون نوع پوسته، شرایط حاکم بر حوضه‌های رسوبی گذشته، تفاوت‌های سنگ‌شناسی، نوع چین‌خوردگی‌ها و فعالیت‌های ماگمایی ایران به تعدادی پهنه رسوبی ساختاری مختلف تقسیم گردیده است. این تقسیم‌بندی، توسط سایر پژوهشگران مورد استفاده قرار گرفته و گاهی بازنگری شده است (شکل ۷-۷).



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



دانشمندان علوم زمین

مهندس نصراله خادم در سال ۱۳۸۹ در شهر تهران دیده به جهان گشود پس از پایان تحصیلات متوسطه در دبیرستان علمیه، عازم فرانسه شد و در دانشکده معدن به تحصیل پرداخت. پس از پایان تحصیلات به ایران بازگشت و عهده‌دار سمت‌های گوناگون در صنایع معدنی ایران شد. هم‌زمان در دانشکده علوم دانشگاه تهران به تدریس در رشته زمین‌شناسی مشغول بود. در سال ۱۳۴۱ سازمان زمین‌شناسی کشور را بنیان نهاد. با کوشش‌های او، سازمان زمین‌شناسی ایران به یکی از معتبرترین سازمان‌های زمین‌شناسی منطقه تبدیل شد. به 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 افتخار شایسته، نام کانی جدید کشف شده در منطقه ساخته، «خادمیت» نامیده شد. وی در اردیبهشت ۱۳۷۸ چشم‌آز جهان فرو بست و در بهشت زهراي تهران به خاک سپرده شد.

جدول ۱-۷. مشخصات برخی از پهنه‌های زمین ساختی در ایران

نام پهنه	سنگ‌های اصلی	برخی از منابع اقتصادی	ویژگی‌ها
زاگرس	رسوبی	نفت و گاز	تاق‌دیس‌ها و ناودیس‌های متوالی
سندج - سیرجان	دگرگونی	معادن سرب و روی ایرانکوه اصفهان	انواع سنگ‌های دگرگونی
ایران مرکزی	رسوبی، آذرین و دگرگونی	ذخایر متعدد فلزی	دارای سنگ‌های پرکامبرین تا سنوزویک
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 قیابوسی 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 خانگیران و گنبدلی سرخس	دارای توالی رسوبی منظم
ارومیه - دختر	آذرین	ذخایر فلزی به‌ویژه مس مانند مس سرچشمه کرمان	حاصل فرورانش تیس 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.

دانشمندان علوم زمین

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

اشتوکلین مدت ۲۷ سال از عمر خود را در ایران گذراند به همه نقاط ایران سفر کرد و به مطالعه زمین‌شناسی پراخت‌وبرای 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 «سیرزمین‌پارس، 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

دانشمندان علوم زمین

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

اشتوکلین مدت ۲۷ سال از عمر خود را در ایران گذراند به همه نقاط ایران سفر کرد و به مطالعه زمین‌شناسی پراخت‌وبرای 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 «سیرزمین‌پارس، 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

جدول ۱-۷. مشخصات برخی از پهنه‌های زمین ساختی در ایران

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

فعالیت تکمیلی

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

منابع معدنی و ذخایر انرژی ایران

در فصل ۲ خواندید که منابع معدنی و ذخایر انرژی می‌توانند زیربنای اقتصاد و توسعه کشورها باشند. اگر کشوری مواد معدنی و ذخایر انرژی مورد نیاز خود را نداشته باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟ آنها را چگونه تأمین می‌کند؟ آیا می‌دائید 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 می‌کند. فعالیت‌های معدنی در ایران به طور گسترده در بیشتر نقاط انجام می‌شود و نقش مهمی در اقتصاد کشور دارد. کشور ما، حدود ۷ درصد ذخایر جهان را داراست. پهنه‌های زمین‌شناسی ایران از نظر توان معدنی و ذخایر هیدروکربوری با هم متفاوت هستند. مثلاً پهنه‌های زاگرس و کپه‌داغ از نظر ذخایر معدنی فلزی نسبت به سایر پهنه‌ها 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 می‌توان در دو گروه اصلی منابع فلزی همچون آهن، مس، سرب، روی، طلا و منابع غیرفلزی همچون سنگ نمک، فلوئوریت، باریت، کاتولن، ژئپس و فلدسپار تقسیم‌بندی کرد. ایران یکی از ۱۵ کشور بزرگ معدنی جهان است به طوری که از نظر ذخایر فلدسپار در رتبه دوم، ذخایر باریت و ژئپس در رتبه پنجم و ذخایر سنگ آهن در رتبه دهم جهان جای دارد. همچنین ۹ درصد ذخایر مس جهان متعلق به کشور ماست. انرژی یکی از ضروری‌ترین نیازهای زندگی بشر امروزی است؛ منابع انرژی در دو دسته تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر قرار می‌گیرند. منابع تجدیدناپذیر انرژی شامل زغال سنگ، نفت، گاز طبیعی و اورانیوم است. کشور ایران ۱ درصد ذخایر زغال سنگ، ۱۰ درصد منابع نفت و ۱۶ درصد منابع گاز دنیا را داراست و در این زمینه یکی از ثروتمندترین کشورهای دنیا محسوب می‌شود. در جهان صنعتی امروز که پیشرفت‌های علمی و فنی هر کشوری به عنوان شاخص توسعه و رفاه اجتماعی مورد توجه قرار دارد، تکنولوژی هسته‌ای نقش مهمی ایفا می‌کند. انرژی هسته‌ای مهم‌ترین منبع انرژی بعد از نفت و گاز است و در کشورهای پیشرفته سهم بیشتری در تولید انرژی اورانیوم و میزان غنی‌سازی آن در ایران می‌تواند برای مدت زیادی سوخت راکتورهای اتمی را تأمین کند.

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

فعالیت تکمیلی

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

منابع معدنی و ذخایر انرژی ایران

در فصل ۲ خواندید که منابع معدنی و ذخایر انرژی می‌توانند زیربنای اقتصاد و توسعه کشورها باشند. اگر کشوری مواد معدنی و ذخایر انرژی مورد نیاز خود را نداشته باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟ آنها را چگونه تأمین می‌کند؟ آیا می‌دائید 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 می‌کند. فعالیت‌های معدنی در ایران به طور گسترده در بیشتر نقاط انجام می‌شود و نقش مهمی در اقتصاد کشور دارد. کشور ما، حدود ۷ درصد ذخایر جهان را داراست.

بیشتر بدانید

● منابع معدنی ایران را می‌توان در دو گروه اصلی منابع فلزی همچون آهن، مس، سرب، روی، طلا و منابع غیرفلزی همچون سنگ نمک، فلوئوریت، باریت، کاتولن، ژئپس و فلدسپار تقسیم‌بندی کرد. ایران یکی از ۱۵ کشور بزرگ معدنی جهان است به طوری که از نظر ذخایر فلدسپار در رتبه دوم، ذخایر باریت و ژئپس در رتبه پنجم و ذخایر سنگ آهن در رتبه دهم جهان جای دارد. همچنین ۹ درصد ذخایر مس جهان متعلق به کشور ماست. انرژی یکی از ضروری‌ترین نیازهای زندگی بشر امروزی است؛ منابع انرژی در دو دسته تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر قرار می‌گیرند. منابع تجدیدناپذیر انرژی شامل زغال سنگ، نفت، گاز طبیعی و اورانیوم است. کشور ایران ۱ درصد ذخایر زغال سنگ، ۱۰ درصد منابع نفت و ۱۶ درصد منابع گاز دنیا را داراست و در این زمینه یکی از ثروتمندترین کشورهای دنیا محسوب می‌شود. در جهان صنعتی امروز که پیشرفت‌های علمی و فنی هر کشوری به عنوان شاخص توسعه و رفاه اجتماعی مورد توجه قرار دارد، تکنولوژی هسته‌ای نقش مهمی ایفا می‌کند. انرژی هسته‌ای مهم‌ترین منبع انرژی بعد از نفت و گاز است و در کشورهای پیشرفته سهم بیشتری در تولید انرژی اورانیوم و میزان غنی‌سازی آن در ایران می‌تواند برای مدت زیادی سوخت راکتورهای اتمی را تأمین کند.

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



شکل ۲-۸. کوره و دودکش تأسیسات ذوب فلز در معدن سرب - انشهبان

بیشتر بدانید

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



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

بیشتر بدانید

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

بیشتر بدانید

سوم قبل از میلاد در ایران برای ساختن مفرغ به کار می‌رفته است. در اشیای مفرغی به دست آمده از کاوش‌های باستانی تا ۲۵ درصد قلع وجود داشته است. مورخان از ۷ نقطه ایران شامل شمال خراسان، استرآباد، سیستان، اطراف دریای خزر، لرستان، حوالی کوهستان 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 شهریارک - کرمان

برخی معادن بزرگ ایران و موقعیت آنها

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

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 کوهستان 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 شهریارک - کرمان

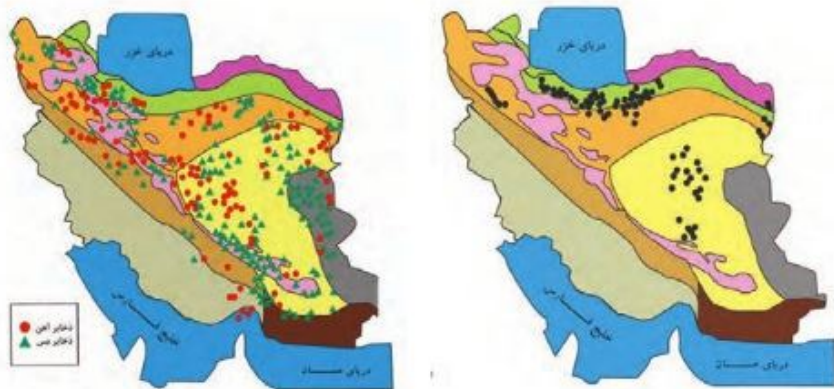
برخی معادن بزرگ ایران و موقعیت آنها

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

توان معدنی پهنه‌های زمین‌شناسی ایران

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

همچنین بزرگ‌ترین ذخایر آهن ایران در پهنه خرد قاره ایران مرکزی قرار دارند. شایان ذکر است که پهنه ایران مرکزی از نظر داشتن ذخایر متعدد فلزی (مانند سرب و روی) و غیر فلزی (زغال سنگ) نیز حائز اهمیت است. زغال سنگ علاوه بر خرد قاره ایران مرکزی در پهنه البرز و کپه داغ نیز ذخایر ارزشمندی دارد (شکل ۹-۷). کوه‌های شرق ایران از نظر وجود ذخایر متعدد طلا و مس شایان توجه‌اند. جنوب شرق ایران (مکران) نسبت به سایر پهنه‌ها توان معدنی کمتری دارد، اما تعدادی از ذخایر کرومیت مس را در خود جای داده است.



شکل ۱۰- نقشه پراکندگی ذخایر مس و آهن ایران

شکل ۹- نقشه پراکندگی ذخایر زغال سنگ، آهن

فعالیت تکمیلی

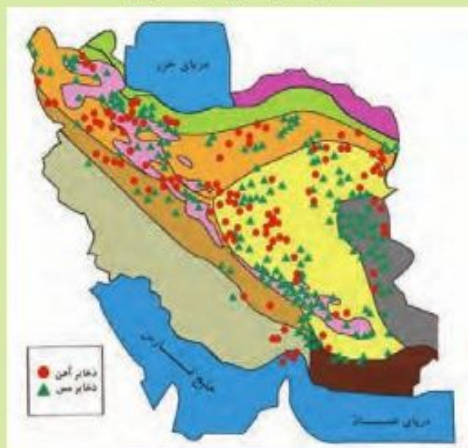
- در گذشته‌های دور، کدام پهنه‌های زمین‌شناسی ایران در برخی مناطق، دارای محیط‌های باتلاقی با اکسیژن اندک، همراه با پوشش گیاهی متراکم بوده است؟
- این ویژگی منجر به تشکیل چه ذخایری شده است؟
- در چه دوره‌ای چنین شرایطی بر این پهنه‌ها حاکم بوده است؟
- اگر میان شرایط حاکم بر پهنه‌های زمین‌شناسی مذکور، هم‌زمانی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

فعالیت تکمیلی

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



نقشه پراکندگی ذخایر زغال سنگ ایران



نقشه پراکندگی ذخایر مس و آهن ایران

ذخایر نفت و گاز ایران



شکل ۷-۱۱ اولین حفاری چاه نفت در ایران

حفاری اولین چاه نفت خاورمیانه از سال ۱۲۸۶ ه. ش در شهر مسجد سلیمان استان خوزستان در منطقه‌ای به نام میدان «نفتون» آغاز شد و در ۵ خرداد ۱۲۸۷ ه. ش به نفت رسید (شکل ۷-۱۱). این چاه ۳۶۰ متر عمق داشت که روزانه ۳۶۰۰۰ لیتر نفت از آن استخراج می‌شد. این چاه به «چاه شماره یک» معروف است و هم‌اکنون در شهر مسجد سلیمان به صورت موزه، تحت نظارت شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب قرار دارد. (شکل ۷-۱۲).



شکل ۷-۱۲ چاه شماره یک مسجد سلیمان

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

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

ذخایر نفت و گاز ایران



شکل ۷-۱۱ اولین حفاری چاه نفت در ایران

حفاری اولین چاه نفت خاورمیانه از سال ۱۲۸۶ ه. ش در شهر مسجد سلیمان استان خوزستان در منطقه‌ای به نام میدان «نفتون» آغاز شد و در ۵ خرداد ۱۲۸۷ ه. ش به نفت رسید (شکل ۷-۱۱). این چاه ۳۶۰ متر عمق داشت که روزانه ۳۶۰۰۰ لیتر نفت از آن استخراج می‌شد. این چاه به «چاه شماره یک» معروف است و هم‌اکنون در شهر مسجد سلیمان به صورت موزه، تحت نظارت شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب قرار دارد. (شکل ۷-۱۲).



شکل ۷-۱۲ چاه شماره یک مسجد سلیمان

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

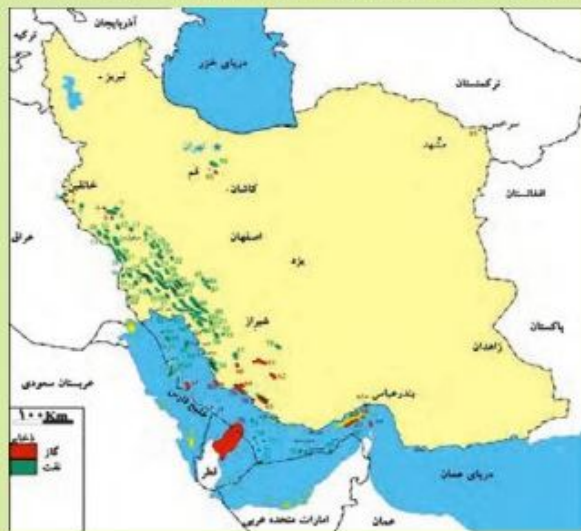
ذخایر نفت و گاز ایران به‌طور عمده در جنوب و غرب (منطقه زاگرس و خلیج فارس) و در شمال (دریای خزر) قرار دارند. ذخایر گاز خانگیران سرخس در شمال شرق نیز، از ذخایر مهم هیدروکربن ایران است. بزرگ‌ترین میدان نفتی ایران، میدان اهواز است که سومین میدان نفتی عظیم جهان محسوب می‌شود. همچنین میدان گازی پارس جنوبی بزرگ‌ترین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

فکر کنید

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

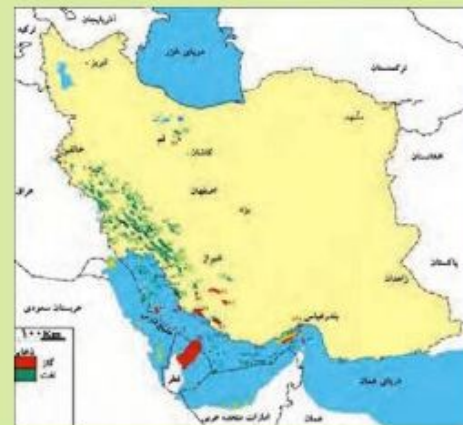
پراکندگی ذخایر نفت و گاز ایران (نقاط سبزرنگ میدان نفت و نقاط قرمز رنگ میدان گاز)

بیشتر بدانید



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

بیشتر بدانید



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

فکر کنید

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

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

گسل‌های ایران

همان‌طور که در فصل‌های گذشته آموختید گسل‌ها ساختارهای خطی، 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 ۷-۱۱).

تعدادی از گسل‌های ایران، قدیمی و غیرفعال و برخی از گسل‌ها جوان و لرزه‌خیز هستند و امروزه زمین‌لرزه‌ها، در امتداد آنها رخ می‌دهد. لازم به ذکر است که همواره زمین‌لرزه‌ها بر روی گسل‌های شناخته شده رخ نمی‌دهد؛ به‌طورمثال زمین‌لرزه طیس 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.



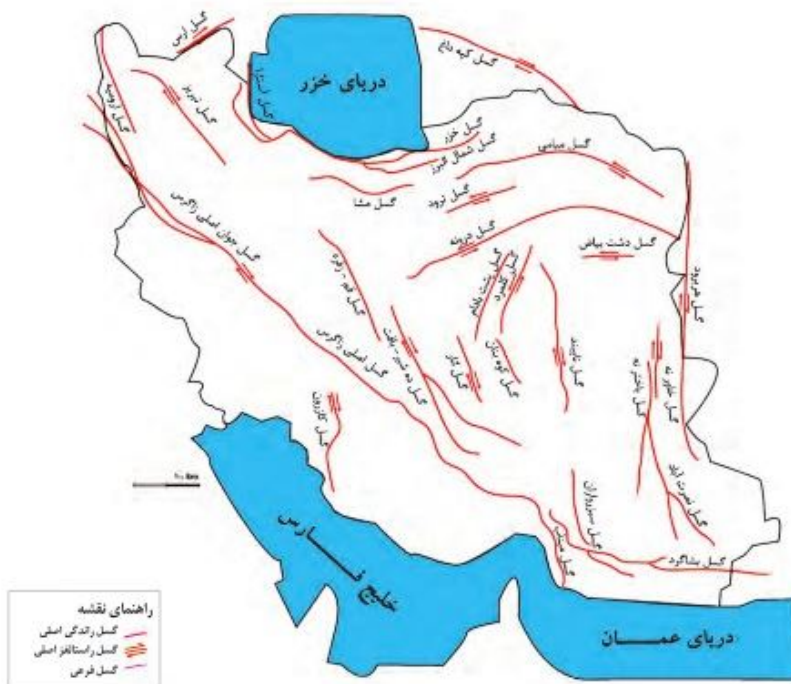
شکل ۷-۱۱. نقشه پراکندگی گسل‌های ایران

گسل‌های ایران

همان‌طور که در فصل‌های گذشته آموختید گسل‌ها ساختارهای خطی، 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 زمین‌لرزه‌های سده بیستم با محل گسل‌های ایران، نشانه فعال بودن آنهاست.

برای تقسیم‌بندی گسل‌ها، به معیارهای متعددی توجه شده است که عبارت‌اند از معیارهای زمین‌شناسی و پراکندگی جغرافیایی (شکل ۷-۱۲).

تعدادی از گسل‌های ایران، قدیمی و غیرفعال و برخی از گسل‌ها جوان و لرزه‌خیز هستند و امروزه زمین‌لرزه‌ها، در امتداد آنها رخ می‌دهد. ناگفته نماند که همواره زمین‌لرزه‌ها بر روی گسل‌های شناخته شده رخ نمی‌دهد؛ به‌طورمثال زلزله طیس 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 ۷-۱۲. نقشه پراکندگی گسل‌های ایران

آتشفشان‌های ایران

مهم‌ترین قله‌های آتشفشانی ایران دماوند، تفتان، بزمان، سهند و سیلان هستند. بیشتر فعالیت‌های آتشفشانی جوان ایران متعلق به دوره کواترنری است که در امتداد نوار ارومیه - دختر واقع شده‌اند. دماوند و تفتان در گذشته فعال بوده‌اند و آثار فعالیت آنها به صورت خروج گازهای گوگردی در دامنه‌های نزدیک دهانه آتشفشان دیده می‌شود. مخروط آتشفشان سهند بسیار پهن و گسترده است که از تناوب خاکستر و گدازه تشکیل شده است. آتشفشان سیلان چندین قله دارد که در دهانه بلندترین آنها یکی از مرتفع‌ترین دریاچه‌های آب شیرین جهان قرار دارد که به احتمال زیاد باقیمانده دهانه آتشفشان است (شکل ۷-۱۴).



شکل ۷-۱۴. نقشه پراکنده آتشفشانی در ایران

بیشتر بدانید

● **دماوند:** آتشفشان مخروطی شکل دماوند با ارتفاع ۵۶۷۱ متر، در بخش میانی رشته کوه البرز، بارزترین فعالیت آتشفشانی دوره کواترنری در ایران است. دامنه کوه دماوند پوشیده از جریان گدازه‌هایی به وسعت ۴۰۰ کیلومتر مربع است. جدیدترین گدازه‌ها در دامنه غربی مخروط قرار گرفته‌اند و روی همین دامنه است که به طور محلی مخروط‌هایی از خاکستر وجود دارد. در ارتفاع ۱۰۰ متر پایین‌تر از قله، در ضلع جنوبی دماوند، خروج گازها نمایان می‌شوند. دهانه این آتشفشان با ۳۰۰ متر قطر، توسط دریاچه‌ای از یخ پوشیده شده است. فعالیت‌های عظیمی که کوه دماوند را به وجود آورده در حدود ده هزار سال قبل و آخرین فوران آن، مربوط به ۷۳۰۰ سال پیش می‌باشد.

● **تفتان:** ارتفاع این قله ۴۰۳۶ متر از سطح تراز دریا است و از دو دهانه آتشفشانی آن، بخارهای گوگرد خارج می‌شود. در ورودی حفره‌های آتشفشانی، بلورهای گوگردی خالص به وفور دیده می‌شوند. نزدیک‌ترین شهر به تفتان، خاش است. تپت در زبان بلوچی به معنای گرما و تفتان، برگرفته شده از تپتان است.

زمین‌گردشگری

سیاره زمین، دارای مناظر و چشم‌اندازهای متنوعی است. این تنوع و گوناگونی، نتیجه اتفاقات و رویدادهای زمین‌شناختی است که در طول تاریخ شکل‌گیری و تکوین این سیاره رخ داده است. کشور ایران از نظر میراث زمین‌شناختی و گوناگونی پدیده‌های زمین‌شناختی، یکی از غنی‌ترین کشورهای جهان است. به همین دلیل زمین‌گردشگری می‌تواند در کشورمان، جایگاه اقتصادی ویژه‌ای

آتشفشان‌های ایران

مهم‌ترین قله‌های آتشفشانی ایران دماوند، تفتان، بزمان، سهند و سیلان هستند. بیشتر فعالیت‌های آتشفشانی جوان ایران متعلق به دوره کواترنری است که در امتداد نوار ارومیه - دختر واقع شده‌اند. دماوند و تفتان در گذشته فعال بوده‌اند و آثار فعالیت آنها به صورت خروج گازهای گوگردی دیده می‌شود. مخروط آتشفشان سهند بسیار پهن و گسترده است که از تناوب خاکستر و گدازه تشکیل شده است. آتشفشان سیلان چندین قله دارد که در دهانه بلندترین آنها یکی از مرتفع‌ترین دریاچه‌های آب شیرین جهان قرار دارد که گفته می‌شود باقیمانده دهانه آتشفشان است (شکل ۷-۱۲).



شکل ۷-۱۲. نقشه پراکنده آتشفشانی در ایران

بیشتر بدانید

● **دماوند:** آتشفشان مخروطی شکل دماوند با ارتفاع ۵۶۷۱ متر، در بخش میانی رشته کوه البرز، بارزترین فعالیت آتشفشانی دوره کواترنری در ایران است. دامنه کوه دماوند پوشیده از جریان گدازه‌هایی به وسعت ۴۰۰ کیلومتر مربع است. جدیدترین گدازه‌ها در دامنه غربی مخروط قرار گرفته‌اند و روی همین دامنه است که به طور محلی مخروط‌هایی از خاکستر وجود دارد. در ارتفاع ۱۰۰ متر پایین‌تر از قله، در ضلع جنوبی دماوند، خروج گازها نمایان می‌شوند. دهانه این آتشفشان با ۳۰۰ متر قطر، توسط دریاچه‌ای از یخ پوشیده شده است. فعالیت‌های عظیمی که کوه دماوند را به وجود آورده در حدود ده هزار سال قبل و آخرین فوران آن، مربوط به ۷۳۰۰ سال پیش می‌باشد.

● **تفتان:** ارتفاع این قله ۴۰۳۶ متر از سطح تراز دریا است و از دو دهانه آتشفشانی آن، بخارهای گوگرد خارج می‌شود. در ورودی حفره‌های آتشفشانی، بلورهای گوگردی خالص به وفور دیده می‌شوند. نزدیک‌ترین شهر به تفتان، خاش است. تپت در زبان بلوچی به معنای گرما و تفتان، برگرفته شده از تپتان است.

زمین‌گردشگری

سیاره زمین، دارای مناظر و چشم‌اندازهای متنوعی است. این تنوع و گوناگونی، نتیجه اتفاقات و رویدادهای زمین‌شناختی است که در طول تاریخ شکل‌گیری و تکوین این سیاره رخ داده است. کشور ایران از نظر میراث زمین‌شناختی و گوناگونی پدیده‌های زمین‌شناختی، یکی از غنی‌ترین کشورهای جهان است. به همین دلیل زمین‌گردشگری می‌تواند در کشورمان، جایگاه اقتصادی ویژه‌ای



شکل ۱۵. 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.

- 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.

جمع‌آوری اطلاعات



شکل ۱۶. ساحل سرخ جزیره هرمز - هرمزگان

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

- 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.

جمع‌آوری اطلاعات

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 ۱۷. روستای میمند در رسوبات آبرآوری آشفشان ماکومان



شکل ۱۸. هوزردگی در روستای وردج - تهران

- 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.

جمع‌آوری اطلاعات

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 ۱۹. روستای گنجان در رسوبات آبرآوری آشفشان میمند



شکل ۲۰. هوزردگی در روستای وردج - تهران

- 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.

جمع‌آوری اطلاعات



شکل ۷-۱۵: منشورهای بازالتی دایره‌ای - کرمان رضوی



شکل ۷-۱۶: منشورهای بازالتی منبرپشته - بیرجند



شکل ۷-۱۷: چشمه باب سورت ساری - مازندران



شکل ۷-۱۸: روستای قالیچه - کرمانشاه



شکل ۷-۱۹: چشمه باب سورت ساری - مازندران



شکل ۷-۲۰: روستای قالیچه - کرمانشاه



شکل ۷-۲۱: غار گنجه خور - زنجان



شکل ۷-۲۲: کوره و دودکش ناسبات دوت فلز در معدن سرب - ایصفهان

واژه نامه

Dip	شیب	Subsurface Reserves	ذخایر زیر سطحی	Estimation	تخمین
Available Storage Capacity	ظرفیت مخزن ذخیره	Alloy Metal	فلز آلیاژی	Dinosaur	دایناسور
Cavern	غار	One Preparation	کانه آبی	Ice Age	عصر یخبندان
Trench	ترانشه	Concentrate	گنداره	Iron	آهن
Location	مکان	Chalcopyrite	کالکوپرایت	Em	ماده
Gabion	گابون	Open - Pit mining	استخراج روباز	Period	دوره
Nailing	میخ کوبی	Underground Mining	استخراج زیرزمین	Epoch	دوره یا عهد
Retaining Wall	دیوار حائل	Quartz	کوارتز	Triassic	تریاس
Layer Linking	لایه آبی	Opal	اپال	Fluorens	فلورین
Layer Proxiam	لایه روبه	Chrysoberyl	کریزوبریل	Lithosphere Plate	پlate لیتوسفر
Bulbar	بالاست	Opalescence	اپالیت	Ambenosphere	آتموسفر
Cretes	بخش آسمان	Ruby	یاقوت	Petrochemistry	پتروشیمی
Originant	آرینمان	Emerald	یاقوت سبز	Source Rock	سنگ مادر
Realign	ریآلای	Primary Migration	مهاجرت اولیه	Quartz	کوارتز
Medical Geology	رسم شناس پزشکی	Oil Trap	مهاجرت اولیه	Bauxite	بوراکس
Lake of Element	گنبد عنصر	Reservoir Rock	سنگ مخزن	Italic	ایتالی
Element Toxicity	سمیت عنصر	Cap Rock	پوش سنگ	Sylvite	سولویت
Karatish Flints	کانه شن پوست	Petrology	پتروژئولوژی	Limestone	سنگ آهک
Amalgamation	مخلوط کردن	Capillary Fringe	مناظره کاپیلاری	Gypsum	گچ
Iai - Iai Disease	بیماری ایای ایای	Topographic Map	نقشه توپوگرافی	Feldspar	فیلدسپار
Geste	گستر	Aquifer	آبخوان	Pozzolan	پوزولان
Anthropogenic Grade	فشارهای زمین ساز	Piezometric Level	سطح پیزومتریک	Amethyst	آمازیت
Silicosis	بیماری سیلیکوسیس	Karst Land	کانه کارست	Evaporite Stone	سنگهای تبخیری
Environmental Geology	رسم شناسی (بست محیطی)	Water Hardness	سختی آب	Fault	گسل
Hydrotherapy	آبدرمانی	Fossil Water	آب فسیل	Folding	چین خوردگی
Fault	گسل	Water Balance	توازن آب	Fault Surface	سطح گسل
Fault Dip	شیب گسل	Loom	تاک لوم	Fault Dip	شیب گسل
Fault Strike	انداز گسل	Soil Profile	پروفیل خاک	Fault Strike	انداز گسل
Hanging Wall	فرانچور	Hydrology	هیدروژئولوژی	Hanging Wall	فرانچور
Footwall	فرانچور	Morphology	شکل	Footwall	فرانچور
Glac	دراز	Stress	فشار	Glac	دراز
Oblique Fault	گسل مایل	Tension Stress	فشار کششی	Oblique Fault	گسل مایل
Normal Fault	گسل عادی	Compressive Stress	فشار فشرشی	Normal Fault	گسل عادی
Reverse Fault	گسل معکوس	Shear Stress	فشار برشی	Reverse Fault	گسل معکوس
Strike - Slip Fault	گسل انداز لغز	Coning	مخروطه‌گویی	Strike - Slip Fault	گسل انداز لغز
Earthquake Epicenter	مکان زمین‌لرزه	Exploratory Bore	گشایندگی	Earthquake Epicenter	مکان زمین‌لرزه
Earthquake Hypocenter	مرکز زمین‌لرزه زمین‌لرزه	Elastic Behavior	رفتار الاستیک	Earthquake Hypocenter	مرکز زمین‌لرزه زمین‌لرزه
Internal Waves	مواج درونی	Plastic Behavior	رفتار پلاستیک	Internal Waves	مواج درونی
Primary Waves	مواج اولیه	Gabbro	گابرو	Primary Waves	مواج اولیه
Secondary Waves	مواج ثانویه	Quartzite	کوارزیت	Secondary Waves	مواج ثانویه
Surface Waves	مواج سطحی	Hornfels	هورنفلس	Surface Waves	مواج سطحی
Beforebacks	پیش‌لرزه	Ore	کانه	Beforebacks	پیش‌لرزه
Afterbacks	پس‌لرزه	Ore	کانه	Afterbacks	پس‌لرزه
Magnetite	مگنتیت	Mica	میکا	Magnetite	مگنتیت
Kichter	ریکتر	Borrow Materials	مخام فرود	Kichter	ریکتر
Intensity	شدت	Soil Dam	سد خاکی	Intensity	شدت
Massflow	مکان‌نشیب	Concrete Dam	سد بتنی	Massflow	مکان‌نشیب
Articline	فولکس	Dam Reservoir	مخزن سد	Articline	فولکس
Syncline	فولسین	Dam Body	سد	Syncline	فولسین
Tepha	تپا	PH Dam	سد	Tepha	تپا

واژه نامه

Fault	گسل	One Preparation	کانه آبی	Estimation	تخمین
Dip	شیب	Concentrate	گنداره	Dinosaur	دایناسور
Strike	انداز	Chalcopyrite	کالکوپرایت	Ice Age	عصر یخبندان
Available Storage Capacity	ظرفیت مخزن ذخیره	Open - Pit mining	استخراج روباز	Iron	آهن
Cavern	غار	Underground Mining	استخراج زیرزمین	Em	ماده
Trench	ترانشه	Quartz	کوارتز	Period	دوره
Location	مکان	Opal	اپال	Epoch	دوره یا عهد
Gabion	گابون	Chrysoberyl	کریزوبریل	Triassic	تریاس
Nailing	میخ کوبی	Opalescence	اپالیت	Fluorens	فلورین
Retaining Wall	دیوار حائل	Ruby	یاقوت	Lithosphere Plate	پlate لیتوسفر
Layer Linking	لایه آبی	Emerald	یاقوت سبز	Ambenosphere	آتموسفر
Layer Proxiam	لایه روبه	Primary Migration	مهاجرت اولیه	Petrochemistry	پتروشیمی
Bulbar	بالاست	Oil Trap	مهاجرت اولیه	Source Rock	سنگ مادر
Cretes	بخش آسمان	Reservoir Rock	سنگ مخزن	Quartz	کوارتز
Originant	آرینمان	Cap Rock	پوش سنگ	Bauxite	بوراکس
Realign	ریآلای	Petrology	پتروژئولوژی	Italic	ایتالی
Medical Geology	رسم شناس پزشکی	Limestone	سنگ آهک	Sylvite	سولویت
Lake of Element	گنبد عنصر	Gypsum	گچ	Limestone	سنگ آهک
Element Toxicity	سمیت عنصر	Feldspar	فیلدسپار	Gypsum	گچ
Karatish Flints	کانه شن پوست	Pozzolan	پوزولان	Feldspar	فیلدسپار
Amalgamation	مخلوط کردن	Amethyst	آمازیت	Pozzolan	پوزولان
Iai - Iai Disease	بیماری ایای ایای	Evaporite Stone	سنگهای تبخیری	Amethyst	آمازیت
Geste	گستر	Fault	گسل	Evaporite Stone	سنگهای تبخیری
Anthropogenic Grade	فشارهای زمین ساز	Folding	چین خوردگی	Fault	گسل
Silicosis	بیماری سیلیکوسیس	Fault Surface	سطح گسل	Folding	چین خوردگی
Environmental Geology	رسم شناسی (بست محیطی)	Fault Dip	شیب گسل	Fault Surface	سطح گسل
Hydrotherapy	آبدرمانی	Fault Strike	انداز گسل	Fault Dip	شیب گسل
Fault	گسل	Hanging Wall	فرانچور	Fault Strike	انداز گسل
Folding	چین خوردگی	Footwall	فرانچور	Hanging Wall	فرانچور
Fault Surface	سطح گسل	Glac	دراز	Footwall	فرانچور
Fault Dip	شیب گسل	Oblique Fault	گسل مایل	Glac	دراز
Fault Strike	انداز گسل	Normal Fault	گسل عادی	Oblique Fault	گسل مایل
Hanging Wall	فرانچور	Reverse Fault	گسل معکوس	Normal Fault	گسل عادی
Footwall	فرانچور	Strike - Slip Fault	گسل انداز لغز	Reverse Fault	گسل معکوس
Glac	دراز	Earthquake Epicenter	مکان زمین‌لرزه	Strike - Slip Fault	گسل انداز لغز
Oblique Fault	گسل مایل	Earthquake Hypocenter	مرکز زمین‌لرزه زمین‌لرزه	Earthquake Epicenter	مکان زمین‌لرزه
Normal Fault	گسل عادی	Internal Waves	مواج درونی	Earthquake Hypocenter	مرکز زمین‌لرزه زمین‌لرزه
Reverse Fault	گسل معکوس	Primary Waves	مواج اولیه	Internal Waves	مواج درونی
Strike - Slip Fault	گسل انداز لغز	Secondary Waves	مواج ثانویه	Primary Waves	مواج اولیه
Earthquake Epicenter	مکان زمین‌لرزه	Surface Waves	مواج سطحی	Secondary Waves	مواج ثانویه
Earthquake Hypocenter	مرکز زمین‌لرزه زمین‌لرزه	Beforebacks	پیش‌لرزه	Surface Waves	مواج سطحی
Internal Waves	مواج درونی	Afterbacks	پس‌لرزه	Beforebacks	پیش‌لرزه
Primary Waves	مواج اولیه	Magnetite	مگنتیت	Afterbacks	پس‌لرزه
Secondary Waves	مواج ثانویه	Kichter	ریکتر	Magnetite	مگنتیت
Surface Waves	مواج سطحی	Intensity	شدت	Kichter	ریکتر
Beforebacks	پیش‌لرزه	Massflow	مکان‌نشیب	Intensity	شدت
Afterbacks	پس‌لرزه	Articline	فولکس	Massflow	مکان‌نشیب
Magnetite	مگنتیت	Syncline	فولسین	Articline	فولکس
Kichter	ریکتر	Tepha	تپا	Syncline	فولسین
Intensity	شدت			Tepha	تپا

Devonian	دوین	Goodman	گودمان	Lava	لاوا	قاره
Carboniferous	کربن	Basalt	بازالت	Fumaroli	فومرولی	سنگ آذر آبی
Permian	پرمین	Tertiary Ocean	اقیانوس تیس	Pyroclastic	فیوژانسی	سنگ آذر آبی
Triassic	تریاس	Subduction	سوبدکشن	Tuff	توف	توف
Jurassic	یوراسیک	Geosurion	ژئوسورین	Lapilli	لاپلی	لاپلی
Cretaceous	کرتاسه	Geopark	ژئوپارک	Block	بلوک	بلوک
Paleozoic	پالئوزوئیک	Hadean	هیدن	Beeh	بیب	بیب
Mesozoic	مزوزوئیک	Archean	آرکین	Fumarole Stage	فومرول سٹیج	مرحله فومرولی
Cenozoic	سینوزوئیک	Proterozoic	پروتروزوئیک	Geothermal Energy	ژئوترمال انرجی	انرژی زمین گرمایی
Paleogen	پالئوژن	Precambrian	پری کامبرین	Geophysics	ژئوفیزیک	ژئوفیزیک
Neogen	نئوژن	Carbonian	کاربین	Tectonic Structural Geology	تکتونیک و زمین شناسی ساختاری	تکتونیک و زمین شناسی ساختاری
Quaternary	کواترنری	Oxidicna	اکسیدینا	Plutonic Bath	پلوتونیک بات	بات پلوتونیک
		Silurian	سیلورین	Mud Volcanoes	ماد وولکانو	گل فشان

منابع

منابع فارسی

- آقابائی، 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 **فرآیندهای** کانه‌ساز، ترجمه سید مهبران 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.
- قیادی، محمدحسین، ۱۳۸۵، مبانی زمین شناسی مهندسی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا.
- برایس، مایکل، ۱۳۷۰، مقدمه‌ای بر آب زیرزمینی، ترجمه ولایتی و رضایی، انتشارات خراسان.
- مدبری، س.، ۱۳۸۴، زمین شناسی نفت، مرکز نشر دانشگاهی.
- معاریان، حسین، ۱۳۸۴، زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، انتشارات دانشگاه تهران.
- 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., Vèrad, 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



Triassic	تریاس	Tertiary Ocean	اقیانوس تیس	Fumaroli	فومرولی
Basalt	بازالت	Subduction	سوبدکشن	Pyroclastic	فیوژانسی
Cretaceous	کرتاسه	Geosurion	ژئوسورین	Tuff	توف
Paleozoic	پالئوزوئیک	Geopark	ژئوپارک	Lapilli	لاپلی
Mesozoic	مزوزوئیک	Hadean	هیدن	Block	بلوک
Cenozoic	سینوزوئیک	Archean	آرکین	Beeh	بیب
Proterozoic	پروتروزوئیک	Proterozoic	پروتروزوئیک	Fumarole Stage	فومرول سٹیج
Neogen	نئوژن	Precambrian	پری کامبرین	Geothermal Energy	ژئوترمال انرجی
Quaternary	کواترنری	Precambrian	پری کامبرین	Geophysics	ژئوفیزیک
Chondrite	کوندرایت	Carbonian	کاربین	Tectonic Structural Geology	تکتونیک و زمین شناسی ساختاری
Big Bang	بگ بانگ	Oxidicna	اکسیدینا	Plutonic Bath	پلوتونیک بات
Hypocenter	هپوسنتر	Silurian	سیلورین	Mud Volcanoes	ماد وولکانو
Epicenter	اپی سنتر	Devonian	دوین	Carboniferous	کربن
		Permian	پرمین	Triassic	تریاس

منابع

منابع فارسی

- آقابائی، 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 **فرآیندهای** کانه‌ساز، ترجمه سید مهبران 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.
- قیادی، محمدحسین، ۱۳۸۵، مبانی زمین شناسی مهندسی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا.
- برایس، مایکل، ۱۳۷۰، مقدمه‌ای بر آب زیرزمینی، ترجمه ولایتی و رضایی، انتشارات خراسان.
- مدبری، س.، ۱۳۸۴، زمین شناسی نفت، مرکز نشر دانشگاهی.
- معاریان، حسین، ۱۳۸۴، زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، انتشارات دانشگاه تهران.
- 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., Vèrad, 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 به عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی توانگشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، مدیران 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، اساسی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت کننده در اعتبارسنجی کتاب زمین شناسی با کد 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	معمومه حیدریان	همدان	۲۴	سید علیرضا فلاح	شهرستان‌های تهران
۳	محمد حسین سیف	همدان	۲۵	خدیجه امانی هفتجانی	البرز
۴	سیده فاطمه مرتضوی	چهارمحال و بختیاری	۲۶	سالار شایگان	گیلان
۵	سید زهرا آفتونی	شهرستان‌های تهران	۲۷	شهریارانو احمدی	مازندران
۶	طاهره نادری	کرمان	۲۸	ملیحه حیدری پور	سمنان
۷	رسول سوزنی	خراسان شمالی	۲۹	علی اسفندی رهایی فرد	گلستان
۸	مریم مومنی	مرکزی	۳۰	نجمه غلامی	هرمزگان
۹	غلامرضا زاهدی پور	خراسان جنوبی	۳۱	محمد حسین صادی	کردستان
۱۰	فضل الله ایمانیان	اصفهان	۳۲	سمیه محمدی	آذربایجان غربی
۱۱	معمومه مجتبی رنلی	اصفهان	۳۳	رقیه موید	آذربایجان شرقی
۱۲	ملکه سادات سجادی	قزوین	۳۴	شبنم لقاویان	آذربایجان شرقی
۱۳	اعظم دانستان	اردبیل	۳۵	علی اکبر احمدی	خراسان رضوی
۱۴	زهرا پسران	فارس	۳۶	روح الله زبیرم	ایلام
۱۵	محمدصادی زولفی زاده	هرمزگان	۳۷	مریم اکاتی	سیستان و بلوچستان
۱۶	علی یاری	شهرتبریز	۳۸	حسینعلی چهارتابی	گلستان
۱۷	فاروق ایزدی	کرمانشاه	۳۹	کامران اسماعیلی	چهارمحال و بختیاری
۱۸	عطیمه رهبر کوهی	گیلان	۴۰	وجیه حبیبی	کرمانشاه
۱۹	مریم رفیعی	فارس	۴۱	عبدالرحمان چمن آرا	کهگیلویه و بویراحمد
۲۰	فاطمه نقدی	شهرتبریز	۴۲	مریم سوده	کهگیلویه و بویراحمد
۲۱	منصوره ایرمندی	کرمان	۴۳	ناهد بزداغفر	تهران
۲۲	محمد عقایی	خراسان جنوبی	۴۴	شهلا مغزی نجف‌آبادی	خراسان جنوبی

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی توانگشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، مدیران 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، اساسی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت کننده در اعتبارسنجی کتاب زمین شناسی با کد 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	معمومه حیدریان	همدان	۲۴	سید علیرضا فلاح	شهرستان‌های تهران
۳	محمد حسین سیف	همدان	۲۵	خدیجه امانی هفتجانی	البرز
۴	سیده فاطمه مرتضوی	چهارمحال و بختیاری	۲۶	سالار شایگان	گیلان
۵	سید زهرا آفتونی	شهرستان‌های تهران	۲۷	شهریارانو احمدی	مازندران
۶	طاهره نادری	کرمان	۲۸	ملیحه حیدری پور	سمنان
۷	رسول سوزنی	خراسان شمالی	۲۹	علی اسفندی رهایی فرد	گلستان
۸	مریم مومنی	مرکزی	۳۰	نجمه غلامی	هرمزگان
۹	غلامرضا زاهدی پور	خراسان جنوبی	۳۱	محمد حسین صادی	کردستان
۱۰	فضل الله ایمانیان	اصفهان	۳۲	سمیه محمدی	آذربایجان غربی
۱۱	معمومه مجتبی رنلی	اصفهان	۳۳	رقیه موید	آذربایجان شرقی
۱۲	ملکه سادات سجادی	قزوین	۳۴	شبنم لقاویان	آذربایجان شرقی
۱۳	اعظم دانستان	اردبیل	۳۵	علی اکبر احمدی	خراسان رضوی
۱۴	زهرا پسران	فارس	۳۶	روح الله زبیرم	ایلام
۱۵	محمدصادی زولفی زاده	هرمزگان	۳۷	مریم اکاتی	سیستان و بلوچستان
۱۶	علی یاری	شهرتبریز	۳۸	حسینعلی چهارتابی	گلستان
۱۷	فاروق ایزدی	کرمانشاه	۳۹	کامران اسماعیلی	چهارمحال و بختیاری
۱۸	عطیمه رهبر کوهی	گیلان	۴۰	وجیه حبیبی	کرمانشاه
۱۹	مریم رفیعی	فارس	۴۱	عبدالرحمان چمن آرا	کهگیلویه و بویراحمد
۲۰	فاطمه نقدی	شهرتبریز	۴۲	مریم سوده	کهگیلویه و بویراحمد
۲۱	منصوره ایرمندی	کرمان	۴۳	ناهد بزداغفر	تهران
۲۲	محمد عقایی	خراسان جنوبی	۴۴	شهلا مغزی نجف‌آبادی	خراسان جنوبی

لیست همکاران در بازبینی کتاب زمین شناسی سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴

ردیف	نام همکار	استان محل خدمت	فصل بازبینی شده	تاریخ
۱	حسینا زرجی	مازندران	فصل ۱	۱۴۰۳/۱/۲۵
۲	ایهام مؤذن	خوزستان	فصل ۲	۱۴۰۳/۱/۱۰
۳	سپهر داریابی زاده	همدان	فصل ۲	۱۴۰۳/۱/۱۰
۴	اشرف ارجمند	فارس	فصل ۲	۱۴۰۳/۱/۱۲
۵	هرزانه میرطلایی	اصفهان	فصل ۲	۱۴۰۳/۱/۱۲
۶	سمیه محمدی	آذربایجان غربی	فصل ۵	۱۴۰۳/۱/۱۰
۷	شهلا مرادی	تهران	فصل ۵	۱۴۰۳/۱/۱۰
۸	سپهریا بختیاری	کرمان	فصل ۶	۱۴۰۳/۱/۱۰
۹	بانگ طاهر خانی	قزوین	فصل ۶	۱۴۰۳/۱/۱۰
۱۰	ایهام مؤذن	خوزستان	فصل ۷	۱۴۰۳/۱/۱۲

ردیف	عضای دبیرخانه راهبری درسی زمین شناسی
۱	گرمین رحمانی
۲	بانگ طاهر خانی
۳	ملکه سادات سجادی
۴	مریم جعفر خانی
۵	سارا مقصدی
۶	محمدعلی بهرامی