بسم الله الرحمن الرحیم

علوم زمین

دورهٔ پیش‌دانشگاهی

رشتهٔ علوم تجربی

۱۳۹۶

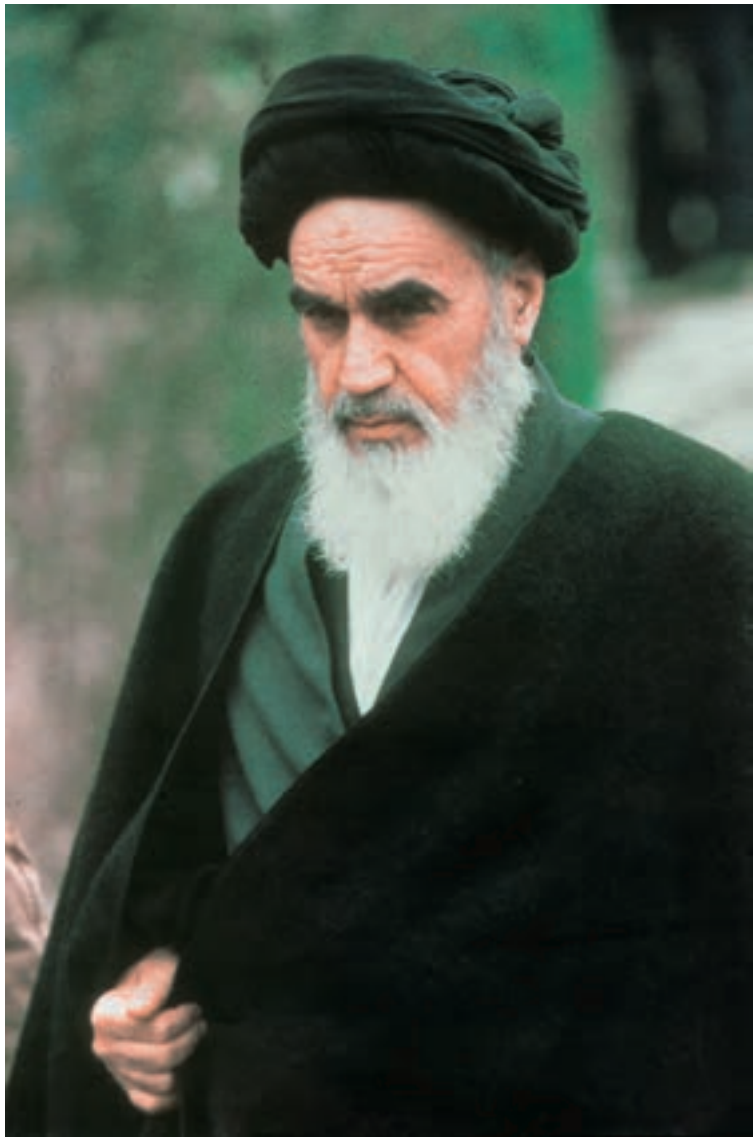
وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب :	علوم زمین ـ ۲۹۱/۱
پدیدآورنده :	سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف :	دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف :	محمود صداقت، حسین دانشفر، احمد حسینی، حسن مدنی و علی هاشمی(اعضای گروه تألیف)ـ خدیجه امانی، علیرضا امری‌کاظمی، پرویز انصاری راد، محمد حسن بازوبندی، سهیلا بوذری، هاله تیمورزاده، فرزانه رجایی، ژیلا رنجبر و مریم عابدینی (بازنگری و اصلاح)
مدیریت آماده‌سازی هنری :	اداره کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی :	لیدا نیک‌روش (مدیر امور فنی و چاپ)ـ علیرضا رضائی کُر (طراح جلد)ـ زهره بهشتی شیرازی (صفحه‌آرا)ـ مریم دهقان‌زاده (رسام)ـ کبری اجابتی، سیف‌الله بیک‌محمد دلیوند، حسین چراغی، زینت بهشتی‌شیرازی، حمید ثابت‌کلاچاهی (امور آماده‌سازی)
نشانی سازمان :	تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی) تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
ناشر :	شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران تهران : کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن : ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵ـ۱۳۹
چاپخانه :	شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ :	چاپ هجدهم ۱۳۹۶

برای دریافت فایل pdf کتاب‌های درسی به پایگاه کتاب‌های درسی به نشانی www.chap.sch.ir و برای خرید کتاب‌های درسی به سامانه فروش و توزیع مواد آموزشی به نشانی www.irtextbook.ir یا www.irtextbook.com مراجعه نمایید.

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

شابک ۵ -۰۸۹۸-۰۵-۹۶۴ ISBN 964 - 05 - 0898 - 5



اساس عالم بر تربیت انسان است. انسان عصارهٔ همهٔ موجودات است و فشردهٔ تمام عالم است و انبیا آمده‌اند برای اینکه این عصارهٔ بالقوه را بالفعل کنند و انسان یک موجودی الهی بشود که این موجود الهی تمام صفات حق تعالی در اوست و جلوه‌گاه نور مقدس حق تعالی است.

امام خمینی (رحمة‌الله علیه)

فهرست

فصل ۱ــ جایگاه زمین در فضا	۱
فصل ۲ــ ساختمان درونی زمین	۱۹
فصل ۳ــ زمین‌ساخت ورقه‌ای	۳۴
فصل ۴ــ زمین‌لرزه	۵۱
فصل ۵ــ آتشفشان‌ها و فرآیندهای آتشفشانی	۶۲
فصل ۶ــ ساخت‌های تکتونیکی و کوه‌زایی	۷۲
فصل ۷ــ شواهدی در سنگ‌ها	۷۹
فصل ۸ــ تحولات گذشته	۹۵
فصل ۹ــ رسم نقشه	۱۰۶
فصل ۱۰ــ زمین در خدمت انسان	۱۲۱

دانش‌آموزان عزیز

هدف از مطالعهٔ درس علوم زمین، دو چیز است :

ــ با مبانی این علم و حیطهٔ عمل آن آشنا شوید و کاربردهایش را بشناسید.

ــ برای ورود به رشته‌های وابستهٔ دانشگاهی آماده شوید.

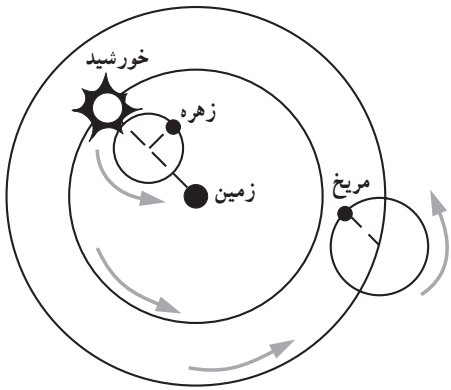
با نگاهی به عناوین و فصل‌های کتاب و آنچه در سال گذشته فرا گرفتید، باید دریافته باشید که حیطهٔ علوم زمین وسیع است و در دانشگاه‌ها، رشته‌های متعددی را در ارتباط با آن می‌توانید انتخاب کنید، و در آنها صاحب تخصص شوید. پایه‌های اقتصادی کشور ما را علوم زمین تشکیل می‌دهد و شما در این درس، علاوه بر آشنایی با منابع طبیعی و پرارزش کشور، باید راه محافظت از آنها را نیز فرا بگیرید.

در آموزش علوم زمین نیز مانند هر علم، به دو چیز توجه می‌شود : **محتوای علم** و **روش علم**. مراد از روش علم، چگونگی نگرشی است که دانشمندان در ضمن مطالعهٔ یک رشته از علم دارا هستند. در واقع با مطالعهٔ روش‌علم، باید دریابید که یک اندیشهٔ علمی چگونه پیدا می‌شود و چگونه تحول و تکامل می‌یابد. زمین‌شناسی، دانشی جدید است و هنوز نکات نامعلوم و مسائل حل‌نشدهٔ بسیاری در آن وجود دارد که دانشمندان درصدد حل آنها هستند. توجه داشته باشید که وقتی مسئله‌ای مطرح می‌شود، دانشمند به **جمع‌آوری اطلاعات** می‌پردازد، **فرضیه** می‌سازد و سپس فرضیهٔ خود را **آزمایش** می‌کند. آنچه مورد توجه و حائز اهمیت است، همین فرایند در روش علمی است که مورد تأکید است. محتوا، آسان حاصل می‌آید.

به‌خاطر داشته باشید که علوم زمین را باید در خود طبیعت بیاموزید. باید مشاهده‌گر دقیقی باشید و همه جا به جست‌وجوی دلایل بروید. در بیشتر رشته‌های علوم زمین، **تفسیر یافته‌ها**، ما را به واقعیت‌ها می‌رساند. هیچ‌کدام از ما درون زمین را ندیده‌ایم. از گذشتهٔ زمین با استفاده از شواهد و قراین آشنا شده‌ایم و با آنکه خودمان پا را از کرهٔ زمین فراتر نگذاشته‌ایم، اطلاعات خوبی را دربارهٔ دنیاهای ماورای زمین حاصل آورده‌ایم. از این‌رو، تأکید می‌کنیم که شما نیز چنین روشی را در مطالعهٔ علوم زمین و سایر رشته‌های علم درپیش بگیرید.

۱ جایگاه زمین در فضا

نخستین دانشمندانی که در آسیای صغیر زندگی می‌کردند و با تمدن‌های مصر و بین‌النهرین در تماس بودند، در توسعهٔ دانش نجوم تأثیر عمده‌ای داشتند. یکی از پرسش‌هایی که پیوسته ذهن آنها را به خود مشغول داشت این بود که منظومهٔ شمسی چگونه شکل گرفته است؟ اولین بار بطلمیوس، دانشمند یونانی نظریهٔ زمین مرکزی را ارائه داد. بر طبق این نظریه ، خورشید و سایر سیّارات منظومهٔ شمسی به دور زمین در حرکت‌اند (شکل ۱ــ۱). نظریه زمین مرکزی تا قرن شانزدهم میلادی حاکم بود. پس از آن در سال ۱۵۴۳ میلادی نیکلاس کوپرنیک نظریهٔ خورشید مرکزی را مطرح کرد که در آن، زمین همراه با پنج سیارهٔ دیگر به دور خورشید گردش می‌کنند. در سال ۱۶۰۵ یوهان کپلر مدار چرخش سیارات را به کمک مطالعات پیشین تیکو براهه محاسبه کرد. وی با مطالعات بیشتر بر روی مدار چرخش زمین پی برد که مدار چرخش، بیضی نزدیک به دایره است. گالیله در سال ۱۶۱۰ میلادی با تلسکوپ خود، چهار قمر مشتری را کشف کرد و توضیح داد که چگونه زمین می‌تواند به دور خورشید بچرخد. این دوره به دورهٔ نجوم نوین (کهکشانی) معروف است.



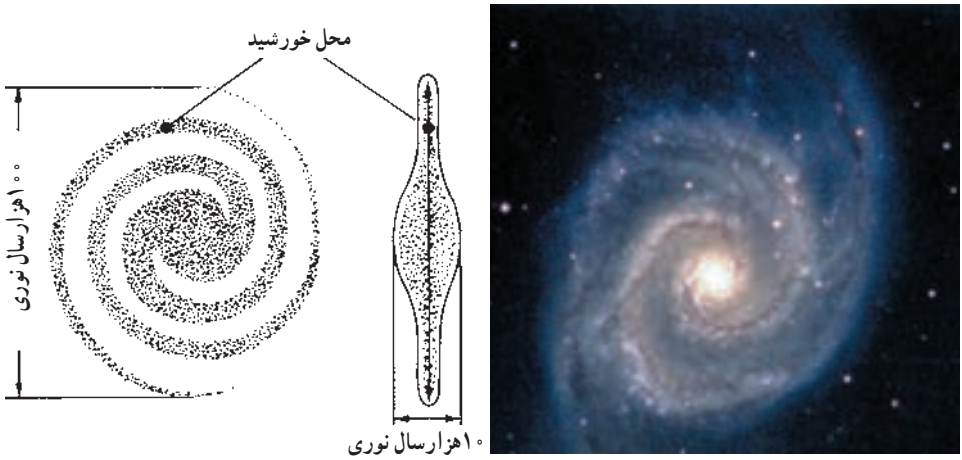
شکل ۱ــ۱ــ نظریه زمین مرکزی

کهکشان

سیارهٔ زمین در منظومهٔ شمسی که خود جزئی از کهکشان راه شیری به‌شمار می‌رود، قرار دارد. هر کهکشان از گردآمدن تعداد زیادی ستاره، فضای بین ستاره‌ای، سیارات و گرد و غبار و سایر اجرام آسمانی تشکیل شده است که تحت تأثیر نیروی گرانش متقابل با یکدیگر، نگه داشته شده‌اند.

بیش از یکصد میلیارد کهکشان وجود دارد و هر کهکشان از میلیاردها ستاره مانند خورشید تشکیل شده است. همهٔ ستاره‌هایی که شب هنگام در آسمان مشاهده می‌کنیم، در کهکشان راه شیری قرار دارند.

کهکشان راه شیری از پهلو شبیه عدسی محدّب و از بالا دارای بازوهای مارپیچی است (شکل ۲ــ۱). قطر آن یکصد هزار و ضخامت آن حدود ده هزار سال نوری است که مانند چرخی بزرگ به دور خودش می‌چرخد. منظومهٔ شمسی در یکی از بازوهای آن و در فاصلهٔ حدود سی هزار سال نوری از مرکز کهکشان واقع شده است. خورشید و ستارگان نزدیک ما با سرعت ۲۴۰ کیلومتر در ثانیه، حول مرکز کهکشان در حرکت‌اند؛ اما به علت عظمت کهکشان ۲۰۰ میلیون سال طول می‌کشد تا خورشید یک بار به دور مرکز آن بچرخد.



شکل ۲ــ۱ــ یک کهکشان مارپیچ از نوع کهکشان راه شیری

ستارگان

با آنکه ستارگان را هر شب در آسمان مشاهده می‌کنیم، اطلاعات زیادی دربارهٔ آنها نمی‌دانیم. در واقع ستارگان چنان از ما دورند که حتی در قوی‌ترین تلسکوپ‌ها هم جز یک نقطهٔ نورانی، چیزی از آن پدیدار نیست؛ آیا همهٔ ستاره‌ها یک اندازه‌اند؟ آیا روشنایی و فاصلهٔ آنها از زمین به یک اندازه است؟

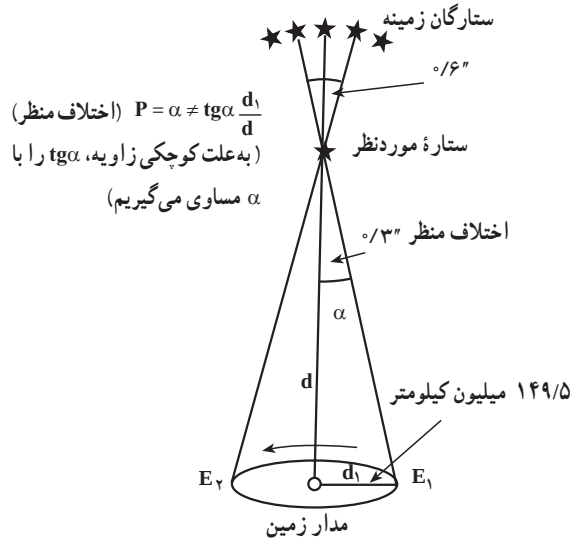
ویژگی‌های ستارگان

اخترشناسان با به‌کارگیری ابزارهای مناسب برای مشاهدهٔ ستارگان و با اطلاع از قوانین و اصول فیزیک، شیمی و ریاضیات دانش فراوانی دربارهٔ ستارگان به‌دست آورده‌اند. دربارهٔ روش‌های کار آنان

در قسمت‌های بعدی توضیح خواهیم داد، ولی شما می‌توانید خود با مطالعات بیشتر، آگاهی زیادتری از آنها به‌دست آورید.

فاصله : اندازهٔ فاصلهٔ میان زمین و حدود ۶۰۰۰ ستاره‌ای که در نزدیکی زمین واقع‌اند، با استفاده از روشی به‌نام **اختلاف منظر** (Parallax) محاسبه می‌شود (شکل ۳ــ۱). البته باید توجه داشت که حتی برای نزدیک‌ترین ستاره‌ها هم مقدار جابه‌جایی ظاهری درفضا کم است و در مقایسه، از اندازهٔ قطر یک سکه که از فاصلهٔ یک کیلومتری به آن نگاه شود بیشتر نیست. به‌همین سبب این روش برای تعیین فاصلهٔ ستارگان دوردست عملی نیست.

فاصلهٔ متوسط زمین ازخورشید برابر ۱۵۰ میلیون کیلومتر است که برابر با **یک واحد ستاره‌شناسی (واحد نجومی)** انتخاب می‌شود. فاصلهٔ نزدیک‌ترین ستاره به ما، بعد از خورشید، یعنی قنطورس‌نزدیک (Proxima centaury) برابر ۲۷۰ هزار واحد ستاره‌شناسی است! از آنجا که فاصلهٔ ستارگان با ما و نیز با ستارگان دیگر فوق‌العاده زیاد است، برای تعیین این فواصل ازواحد دیگری به نام **سال‌نوری** (فاصله‌ای که نور در طول یک سال طی می‌کند) استفاده می‌شود[1] و این فاصله نزدیک به ۱۰تریلیون کیلومتر است ($۹/۱\times۱۰^{۱۲}$km). با این واحد، فاصلهٔ خورشید تا زمین حدود ۸دقیقه نوری است.

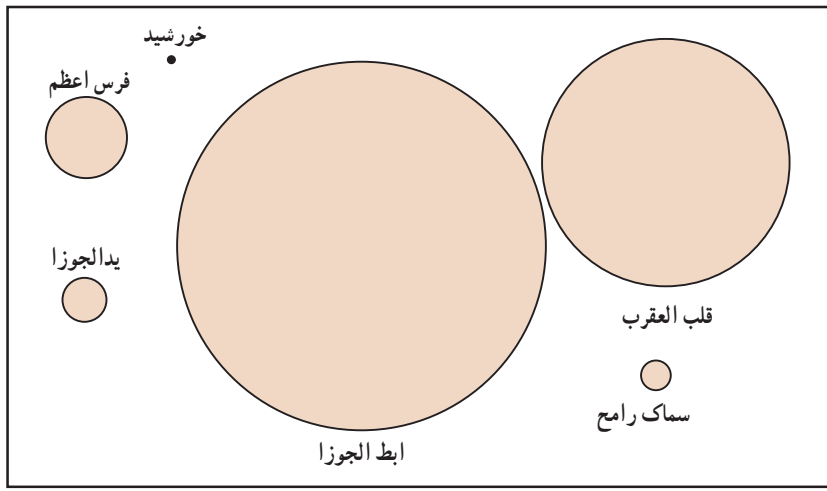


شکل ۳ــ۱ــ اخترشناس، شعاع مدار زمین به‌دور خورشید را به‌عنوان قاعدهٔ یک مثلث فرضی درنظر می‌گیرد و در فاصلهٔ ۶ماه، از دو نقطهٔ مختلف این مدار ستارهٔ موردنظرش را رصد می‌کند. بدیهی است که این ستاره، در زمینه‌ای از ستارگان دوردست‌تر، مقداری جابه‌جا می‌شود. با اندازه‌گیری این مقدار جابه‌جایی ستاره و تعیین فاصلهٔ دونقطه از مدار زمین که محل رصد بوده‌اند، ناظر می‌تواند فاصلهٔ ستاره تا زمین را محاسبه کند.

۱ــ ستاره‌شناسان واحد دیگری نیز برای اندازه‌گیری مسافت دارند که پارسک (Parsec) نام دارد. نقطه‌ای که اختلاف منظرش یک ثانیه باشد، در فاصله $۳/۲\times۱۰^{۱۳}$ کیلومتری آن قرار می‌گیرد، این فاصله را معادل یک پارسک در نظر می‌گیرند.

بزرگی و چگالی : ستارگان از لحاظ بزرگی بسیار مختلف‌اند. کوچک‌ترین آنها کمی از زمین بزرگ‌تر است و بزرگ‌ترین آنها که تاکنون شناخته شده به‌نام **گیرندهٔ عنان**، قطری در حدود ۳/۲ میلیارد کیلومتر دارد، یعنی حدود ۲۳۰۰ برابر قطر خورشید. اگر این ستاره درمرکز منظومهٔ شمسی قرار داشت، تا حدود مدار زحل را دربر می‌گرفت!

اختلاف در چگالی یا تراکم ستارگان، از تفاوت بزرگی آنها زیادتر است. چگالی ستاره‌ای به‌نام **ابط‌الجوزا** درحدود یک‌ده‌میلیونیم تراکم خورشید است؛ یعنی رقیق‌تر از هرنوع خلأ ممکن که ما می‌توانیم پدید آوریم. ازطرف دیگر ستارگانی ازقبیل ستارهٔ همراه شعرای یمانی به نام **کوتولهٔ سفید** وجود دارند که یک سانتی‌مترمکعب از آنها، اگر درروی زمین باشد، بیشتر از یک‌تن وزن دارد! چگالی بیشتر ستارگان در بین این دو حد قرارمی‌گیرند.



شکل ۴ــ۱ــ ستارگان از لحاظ بزرگی، بسیار مختلف‌اند.

نور : اگر شما با یک نورسنج دوربین عکاسی به‌طرف چراغ خیابان بروید خواهید دید که عقربهٔ نورسنج درجهٔ بیشتر وبیشتری را نشان می‌دهد. حال اگر فاصلهٔ خود را با چراغ به نصف برسانید مشاهده خواهید کرد که نورسنج مقدار نور را **چهار** برابر (نه دو برابر) مقدار اولیه نشان می‌دهد. علت آن است که **شدت نور به نسبت عکس مجذور فاصله تغییر می‌کند** (چرا؟). بدین‌ترتیب، با دردست داشتن فاصله می‌توان مقدار نور یک چراغ را محاسبه کرد.

ازاین‌جهت وضع ستاره‌ها هم تفاوتی با وضع چراغ‌های خیابان ندارد. مقدارنوری که ازستاره

به ما می‌رسد تابع دو چیز است : مقدار واقعی تشعشعاتی که از ستاره خارج می‌شوند (نور واقعی آن) و مقدار فاصله آن از زمین، که با ضرب کردن مجذور فاصله در مقدار نور ظاهری می‌توان مقدارنور واقعی ستاره را محاسبه کرد.

نور واقعی ستارگان از 10^{-6} تا 10^{6} برابر نور خورشید تغییر می‌کند. نکته جالبی که در این‌میان وجود دارد این‌است که بین مقدارنور و جرم ستاره‌ها، رابطه‌ای وجود دارد و می‌توان گفت مقدار نور به نسبت مکعب جرم تغییر می‌کند (یعنی اگر جرم خورشید دوبرابر شود، مقدار نورش ۸ برابر می‌شود).

منظومهٔ شمسی

منظومهٔ شمسی شامل خورشید، هشت سیاره، سیارک‌ها، قمرها، دنباله‌دارها و ...است که به دور مرکز کهکشان راه شیری در حرکت است. دربارهٔ منشأ و نحوهٔ پیدایش آن نظرات متعددی مطرح شده است.

تحقیق کنید

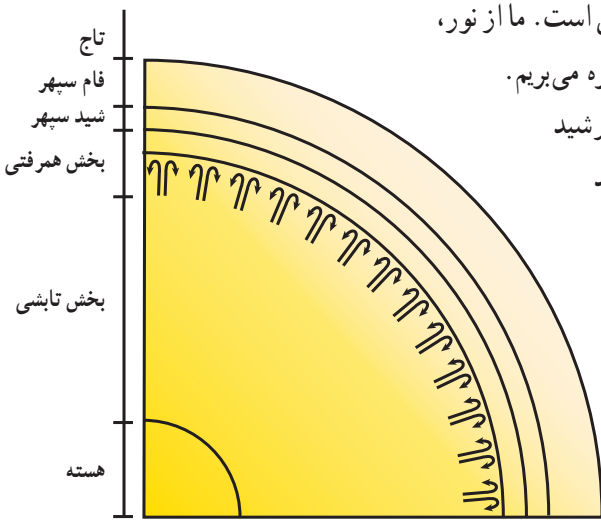
در مورد منشأ و نحوهٔ پیدایش منظومه شمسی تحقیق کنید و نتیجهٔ آن را در کلاس ارائه دهید.

خورشید

خورشید، نزدیک‌ترین ستاره به زمین است. ما از نور، حرارت و انرژی خورشید برای زیستن بهره می‌بریم.

حدود ۷۵ درصد ترکیب شیمیایی خورشید از هیدروژن، ۲۳ درصد هلیم و ۲ درصد باقیمانده از ۶۰ عنصر دیگر ساخته شده است.

خورشید ستاره‌ای بسیار فعال است به‌طوری‌که تغییرات انرژی در سطح آن، به‌طور مستقیم بر اتمسفر، شرایط جوی‌و ارتباطات رادیویی سطح زمین تأثیر می‌گذارد.



شکل ۵ــ۱ــ برشی فرضی از ساختمان درونی خورشید

ساختمان خورشید از لایه‌های متعددی تشکیل شده است که از خارج به داخل شامل خرمن (تاج)، فام سپهر (رنگین کره)، شید سپهر (نور کره)، منطقهٔ همرفتی، بخش تابشی و هسته است (شکل ۵ــ۱).

منشأ انرژی خورشید: خورشید انرژی فوق‌العاده زیادی را در فضا پراکنده می‌سازد. دانشمندان به دنبال این حقیقت‌اند که این انرژی عظیم از چه طریقی تأمین می‌شود؟

آیا آن‌چنان که قدما تصور می‌کردند، چیزی در خورشید می‌سوزد؟ اما، حتی از سوختن هرگرم بنزین که سوخت خوبی است فقط ۳۰۰۰ کالری حاصل می‌شود. عده‌ای هم در قرن گذشته، گرمای خورشید را حاصل متراکم شدن آن می‌شمردند. ولی مطالعات بعدی که توسط اینشتین صورت گرفت، معما را حل کرد. این دانشمند فرمول معروف خود $E=MC^2$ را ارائه داد که از آن، تبدیل ماده به انرژی مستفاد می‌شود. در خورشید، هیدروژن به هلیم مبدل می‌گردد و درحین تبدیل، از وزن هرگرم هیدروژن معادل ۰/۰۰۷۲ گرم کاسته می‌شود.

جرم ۴ هستهٔ هیدروژن برابر با ۴/۰۳۰ واحد جرم اتمی است. یک هستهٔ هلیم، در حدود ۴/۰۰۳ واحد وزن دارد. بدین‌ترتیب، هنگامی که یک هستهٔ اتم هلیم از چهار هستهٔ هیدروژن حاصل شود، تفاوت جرم این‌دو مبدل به انرژی می‌شود. پس باید گفت که این تولید انرژی سبب می‌شود که جرم خورشید پیوسته درحال کاهش باشد. محاسبات نشان می‌دهد که این کاهش جرم معادل ۴ میلیون تن درثانیه است! این کار تا چه مدت می‌تواند ادامه یابد؟ جرم کلی خورشید برابر با 2×10^{33} گرم است. با این‌ترتیب، خورشید می‌تواند میلیاردها سال دیگر هم به همین‌ترتیب نورافشانی کند.

بادهای خورشیدی

خورشید به‌طور مداوم ذراتی را با سرعت زیاد به بیرون پرتاب می‌کند. به جریان مواد پرتاب‌شده، باد خورشیدی می‌گویند. قسمت اعظم باد خورشیدی از ذرات باردار (پروتون و الکترون) تشکیل شده است. بادهای خورشیدی سبب فشرده‌شدن میدان مغناطیسی زمین

شکل ۶ــ۱ ــ شفق قطبی

در سمت رو به خورشید، اختلال در سیستم‌های ماهواره‌ای، رادارها و ارتباطات رادیویی می‌شود. روشن‌شدن برخی از مناطق قطبی همراه با درخشش رنگ‌های مختلف در بعضی اوقات نتیجهٔ تشکیل شفق قطبی است که علت آن به دام‌افتادن ذرات باردار حاصل از بادهای خورشیدی در میدان مغناطیسی زمین و برخورد آنها با گازهای اتمسفر بالای سطح زمین در این مناطق است (شکل ۶ــ۱).

سیّارات منظومهٔ شمسی

سیارات منظومهٔ شمسی از داخل به خارج، شامل عطارد، زهره، زمین، مریخ، مشتری، زحل، اورانوس و نپتون است. این سیّارات به‌طور کلی به دو گروه تقسیم‌بندی می‌شوند.

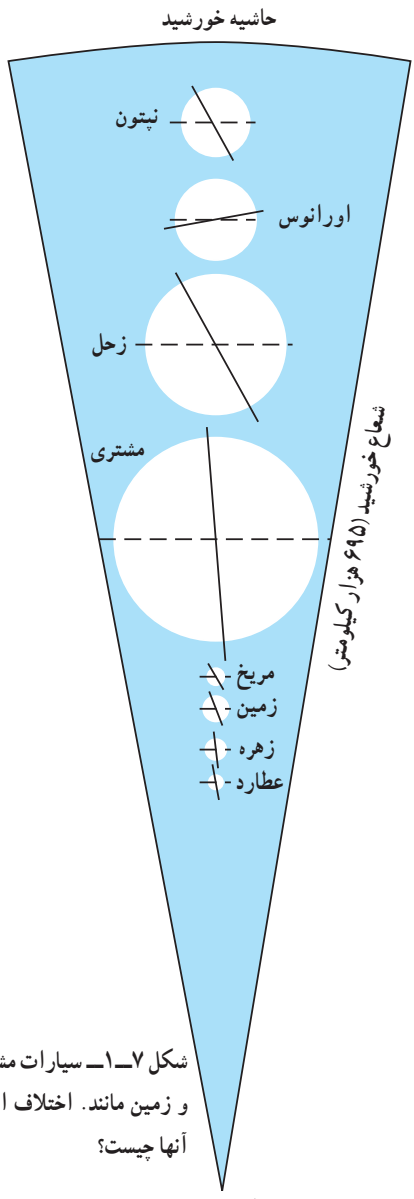
الف) سیّارات داخلی (زمین مانند)

ب) سیّارات خارجی (مشتری مانند)

ترکیب سیّارات

موادی که هر دو گروه **سیارات** را تشکیل می‌دهند، براساس نقطهٔ ذوب، به سه گروه **گازها**، **سنگ‌ها** و **یخ** قابل تقسیم‌اند. مواد گازی، آنهایی هستند که نقطهٔ ذوبشان به صفر مطلق (۲۷۳- درجهٔ سانتی‌گراد) نزدیک است و شامل هیدروژن و هلیم‌اند. مواد سنگی را بیشتر، کانی‌های سیلیکاتی و آهن تشکیل می‌دهند. نقطهٔ ذوب این مواد، از ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر است. یخ‌ها، در بین این‌دو قرار دارند و شامل آمونیاک، متان، دی‌اکسیدکربن و آب‌اند.

سیارات زمین‌مانند (عطارد، زهره، زمین و مریخ)، از مواد سنگی و فلزی و اندکی گاز تشکیل شده‌اند. سیارات مشتری‌مانند، از هیدروژن و هلیم ساخته شده‌اند و مقادیر متفاوتی از گروه یخ‌ها (آب،



شکل ۷ــ۱ــ سیارات مشتری مانند و زمین مانند. اختلاف اساسی بین آنها چیست؟

آمونیاک و متان) دارند. البته، تصور می‌رود که در سیارات مشتری مانند، نیز مواد سنگی و فلزی موجود باشد و این مواد، در هستهٔ مرکزی و بسیار متراکم آنها قرار گرفته‌اند.

سیارات مشتری‌مانند (مشتری، زحل، اورانوس و نپتون)، اتمسفرهای بسیار غلیظی دارند که شامل هیدروژن، هلیم، متان و آمونیاک است. درمقابل، اتمسفر سیارات زمین‌مانند، رقیق است.

شکل ۸ ــ۱ــ مشتری و چهار قمر بزرگ آن (مقیاس‌ها رعایت نشده‌اند).

شکل ۹ ــ۱ــ زحل و چهار عدد از اقمار آن (مقیاس‌ها رعایت نشده‌اند).

مشخصات برخی اجزاء منظومهٔ شمسی

خصوصیات	عطارد	زهره	زمین	ماه	مریخ	مشتری	زحل	اورانوس	نپتون
قطر	۰/۳۸	۰/۹۶	۱/۰	۰/۲۷	۰/۵۳	۱۱/۲	۹/۵	۳/۷	۳/۵
حجم	۰/۰۶	۰/۸۸	۱/۰	۰/۰۲	۰/۱۵	۱۳۱۸	۷۶۹	۵۰	۴۲
جرم	۰/۰۵	۰/۸۱	۱/۰	۰/۰۱	۰/۱	۳۱۸	۹۵	۱/۵	۱۷
جاذبه	۰/۴	۰/۹	۱/۰	۰/۱۶	۰/۴	۲/۶	۱/۱	۱/۰	۱/۵
گردش انتقالی	۰/۲۴	۰/۶۲	۱/۰	–	۱/۹	۱۱/۹	۲۹/۵	۹۴	۱۶۴/۸
گردش وضعی	۵۸	*۲۴۳	۱/۰	۲۷/۳	۱/۰	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۴۵*	۰/۶۵
فاصله از خورشید	۰/۳۹	۰/۷۲	۱/۰	۱/۰	۱/۵۲	۵/۲	۹/۵۴	۱۹/۱۸	۳۰/۰۷
وزن حجمی	۵/۴	۵/۱	۵/۵	۳/۳	۴/۰	۱/۳	۰/۷	۱/۶	۲/۲۵

* حرکت به عقب

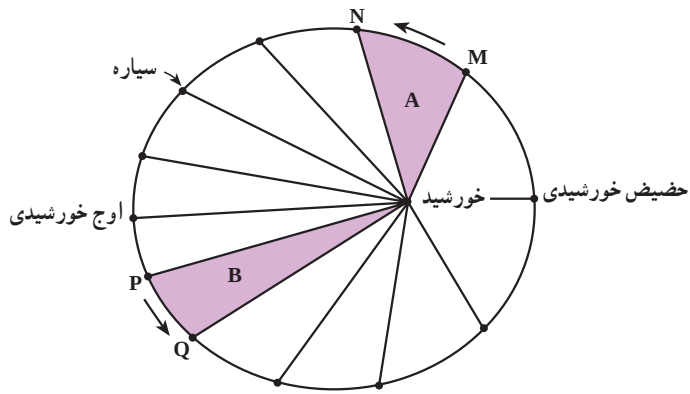
تعداد اقمار	۰	۰	۱	۰	۲	۱۵+ حلقه	۱۷+ حلقه	۵	۲
میانگین دما(کلوین)	۹۶۰	۶۰۰	۲۸۷	۳۰۰	۲۸۵	۱۳۵	۱۲۰	۹۰	؟
ترکیب احتمالی	CO_2، N_2، O_2				N_2 ، H_2O	H_2، NH_3	NH_3 ، H_2	CH_4	CH_4
اتمسفر	H_2O،CO_2				CO_2	CH_4	CH_4	H_2	H_2

حرکات سیّارات

وقتی که **کوپرنیک** فرضیهٔ خورشید مرکزی را ارائه داد، تصور می کرد که سیارات در مدارهای **دایره** مانند به‌دور خورشید می گردند. اما در اوایل قرن هفدهم، یک ریاضیدان آلمانی به‌نام **یوهان کپلر**، با مطالعات دقیق خود ابراز داشت که مدار سیارات بیضی‌شکل است نه دایره‌مانند. وی، موفق شد سه قانون زیر را برای حرکت سیارات کشف کند که تأکیدی بر نظریه کوپرنیک بودند :

۱ــ مدار حرکت همهٔ سیارات به دور خورشید، بیضی است و خورشید در یکی از دو کانون بیضی قرار دارد.

۲ــ هر سیاره، چنان به دور خورشید می‌گردد که خطی که سیاره و خورشید را به هم وصل می‌کند، در زمان‌های مساوی، مساحت‌های مساوی ایجاد می‌کند (شکل ۱۰ــ۱).



شکل ۱۰ــ۱ــ طبق قانون دوم کپلر، مساحت این ۱۲ قسمت، مساوی است.

۳ــ زمان یک دور گردش سیارات به دور خورشید، با افزایش فاصلهٔ آنها از خورشید زیاد می‌شود و میان این‌دو، رابطهٔ p^2 معادل با d^3 برقرار است، که در این رابطه p زمان یک دور گردش سیاره بر حسب سال زمینی و d فاصلهٔ این سیاره از خورشید به واحد نجومی (فاصلهٔ متوسط زمین تا خورشید) است.

دلیل فیزیکی این نوع حرکات تا زمان **نیوتن** (۱۷۲۷ــ۱۶۴۲) معلوم نشد. نیوتن، قوانین حرکت و

جاذبه را کشف کرد و روابط مربوط را در کتاب معروف خود (اصول ریاضیات) در سال ۱۶۸۷ توضیح داد.

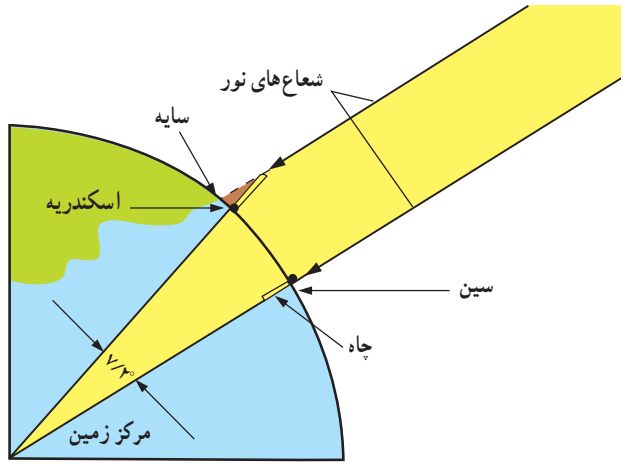
سیّارهٔ زمین

زمین سومین سیّاره از نظر نزدیکی به خورشید است و از نظر بزرگی پنجمین سیّاره محسوب می‌شود. در گذشته تصور بر این بود که زمین مسطح است. برای اولین بار ارسطو و سپس فیثاغورث (۵۸۰ـ۴۹۷ ق.م) کروی بودن زمین را مطرح کردند. در حدود ۲۳۰ سال قبل از میلاد، یکی از دانشمندان یونانی به نام اراتوستن، توانست کرویّت زمین را به اثبات برساند. او با مطالعهٔ کتابی در کتابخانهٔ شهر اسکندریه، خوانده بود که در ظهر یک روز معین از سال، ته‌چاهی عمیق در شهر سین (آسوان امروزی در کشور مصر) روشن می‌شود. از آنجایی که چاه به‌صورت عمود در زمین حفر می‌شود، اراتوستن چنین استدلال کرد که خورشید باید در آن روز، به شهر سین عمود بتابد و با توجه به اینکه پرتوهای خورشید موازی‌اند، دو فرضیهٔ زیر را مطرح نمود :

۱ـ اگر زمین مسطح باشد، باید در همان زمان که خورشید به شهر سین عمود می‌تابد، در شهر اسکندریه و سایر نقاط نیز قائم بتابد و اجسام سایه نداشته باشند.

۲ـ اگر زمین کروی باشد، باید در همان زمان، در سایر مناطق اجسام سایه‌هایی با طول‌های متفاوت داشته باشند؛ یعنی خورشید به سایر نقاط مایل بتابد.

اراتوستن برای بررسی فرضیه‌های خود در شهر اسکندریه ستونی به‌طور قائم نصب کرد و در همان روز و ساعتی که اشعهٔ خورشید در شهر سین عمود می‌تابید، متوجه سایهٔ ستون در شهر اسکندریه



شکل ۱۱ـ۱ـ نحوه کار اراتوستن

شد. وی با اندازه‌گیری سایه توانست زاویهٔ تابش خورشید در شهر اسکندریه را به‌دست آورد که این مقدار $۷/۲^\circ$ بود. بنابراین، او علاوه بر اثبات کرویّت زمین، محیط آن‌را نیز محاسبه کرد (شکل ۱۱ــ۱).

فاصلهٔ شهر سین تا اسکندریه برابر با ۵۰۰۰ استادیوم (واحد اندازه‌گیری مسافت در آن زمان) بود. از آنجایی که زمین کروی است و در یک کره، اندازهٔ زاویهٔ مرکزی با کمان روبه‌روی آن، برابر است، بنابراین، زاویهٔ اندازه‌گیری شده با فاصلهٔ شهر سین تا اسکندریه برابر است. با توجه به اینکه دایره ۳۶۰° است اراتوستن با استفاده از تناسب زیر، محیط زمین را محاسبه کرد.

$$\frac{۷/۲^\circ}{۳۶۰^\circ}=\frac{۵۰۰۰ \text{ استادیوم}}{x} \Rightarrow x=۲۵۰۰۰۰ \text{ استادیوم}$$

در گزارش‌های مختلف هر استادیوم را معادل ۱۵۷، ۱۸۵ و ۲۱۰ متر نوشته‌اند، احتمالاً اراتوستن اندازهٔ استادیوم را معادل ۱۵۷ در نظر گرفته بود که بر این اساس، محیط زمین برابر است با :

$$۲۵۰,۰۰۰\times۱۵۷=۳۹۲۵۰۰۰۰\text{m}=۳۹۲۵۰\text{km}$$

این عدد به مقدار واقعی آن (۴۰۰۰۰km) که با محاسبات امروزی به‌دست آمده است، بسیار نزدیک است.

بیشتر بدانید

اندازه‌گیری شعاع کرهٔ زمین به وسیلهٔ ابوریحان بیرونی

ابوریحان بیرونی (۳۶۲ ــ ۴۴۲ هجری قمری، ۹۷۳ ــ ۱۰۵۰ میلادی)، دانشمند، منجم بزرگ ایرانی و مؤسس علم زمین‌پیمایی (ژئودزی) در بین سال‌های ۱۰۲۴ تا ۱۰۳۹ شعاع کرهٔ زمین را با روش زیر محاسبه کرد :

بیرونی زاویهٔ α را از انخفاض افق بر قلّهٔ کوهی به وسیلهٔ یک اسطرلاب رصد کرد و از این راه مقدار انخفاض را ۳۴ دقیقه به‌دست آورد. او ارتفاع کوه را ۶۵۲/۰۶ ذراع (یک ذراع = ۴۹/۳ سانتی‌متر) یا ۳۲۱/۴۶ متر محاسبه کرد.

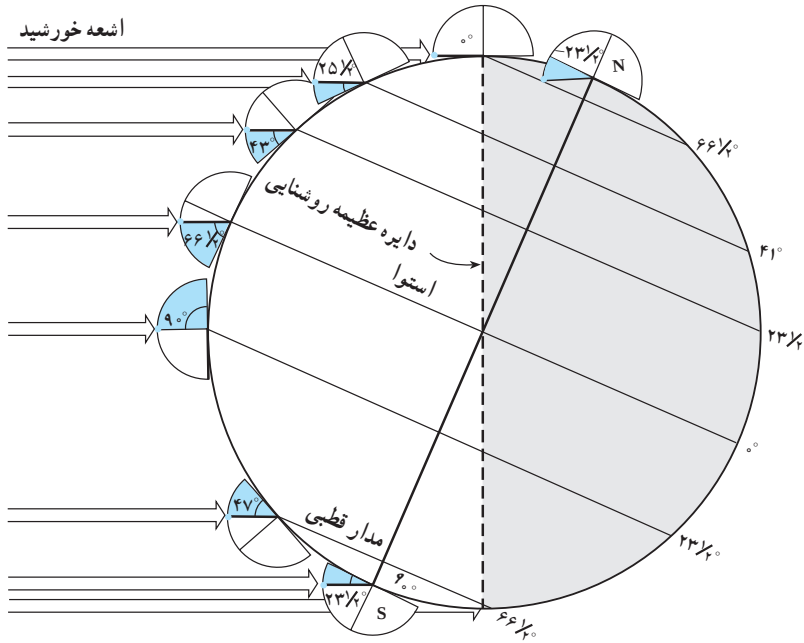
بیرونی مطابق با فرمول زیر، شعاع کرهٔ زمین را محاسبه و اندازهٔ آن‌را معادل ۶۳۴۰ کیلومتر به‌دست آورد. بنابر محاسبات امروزی، سطح زمین بیش از ۱۵۰ میلیون کیلومتر مربع، حجم آن در حدود ۱۱۰۰ میلیون کیلومتر مکعب، شعاع آن ۶۳۷۱ کیلومتر، شعاع قطبی ۶۳۵۷ کیلومتر و شعاع استوایی آن ۶۳۷۸ کیلومتر می‌باشد.

$$\cos\alpha=\frac{R}{R+H} \qquad R=H\frac{\cos\alpha}{۲\sin^۲\frac{\alpha}{۲}}$$

حرکات زمین

کرهٔ زمین دارای حرکت وضعی و انتقالی است. چرخش زمین به دور محورش را حرکت وضعی می‌گویند. این چرخش در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت است و در مدت زمان حدود ۲۴ ساعت انجام می‌شود.

شب و روز براثر حرکت وضعی به‌وجود می‌آید. انحراف ۲۳/۵ درجه‌ای محور زمین نسبت به سطح مدار گردش زمین به دور خورشید، سبب ایجاد اختلاف مدت زمان روز و شب در عرض‌های جغرافیایی مختلف می‌شود. به‌طوری که در مناطق استوایی طول مدت روز و شب در تمام مدت سال با هم برابر (۱۲ ساعت روز و ۱۲ ساعت شب) است و با افزایش عرض جغرافیایی این اختلاف بیشتر می‌شود.

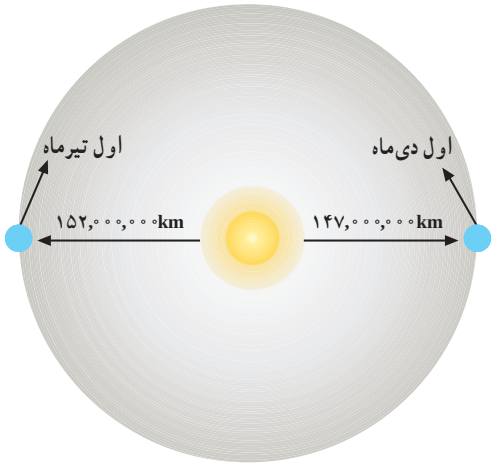


شکل ۱۲ــ۱ــ مقدار انحراف محور زمین و تأثیر آن در مقدار زاویهٔ تابش خورشید در عرض‌های جغرافیایی مختلف

به چرخش زمین بر روی مدار بیضوی به دور خورشید، حرکت انتقالی گفته می‌شود که در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت یکسان انجام می‌شود.

میانگین فاصلهٔ خورشید از زمین حدود ۱۵۰ میلیون کیلومتر است که به آن، یک واحد نجومی

می‌گویند. البته این مقدار در اول تیر ماه به حداکثر مقدار خود یعنی ۱۵۲ میلیون کیلومتر و در اول دی ماه به حداقل خود، یعنی حدود ۱۴۷ میلیون کیلومتر می‌رسد.

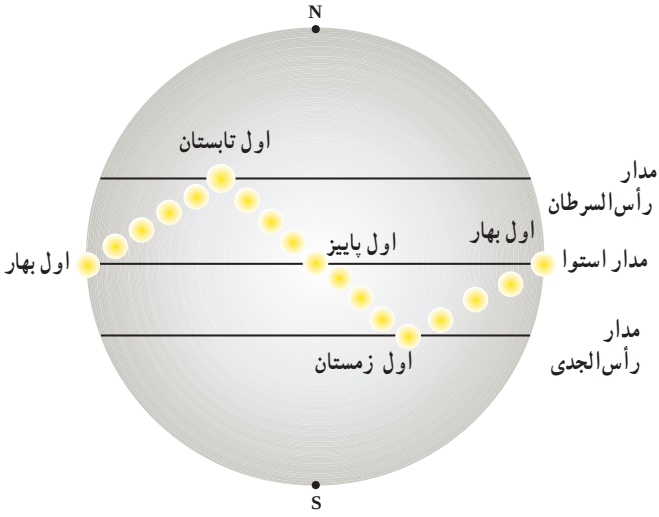


شکل ۱۳ــ۱ــ موقعیت زمین نسبت به خورشید ثابت نیست.

تحقیق کنید

با توجه به فاصلهٔ حداکثر زمین تا خورشید در اول تیر و فاصلهٔ حداقلی در اول دی ماه، علت گرمای تیرماه و سرمای دی ماه چیست؟

پیدایش فصل‌ها حاصل حرکت انتقالی زمین و انحراف ۲۳/۵ درجه‌ای محور زمین است؛ به علت کروی‌بودن زمین، زاویهٔ تابش خورشید در عرض‌های جغرافیایی مختلف، در یک زمان، متفاوت است. همچنین به علت انحراف محور زمین، زوایای تابش خورشید در یک عرض جغرافیایی نیز در طول سال تفاوت دارد. این تفاوت زاویه، سبب ایجاد فصل‌ها در نقاط مختلف کرهٔ زمین شده است (شکل ۱۴ــ۱).



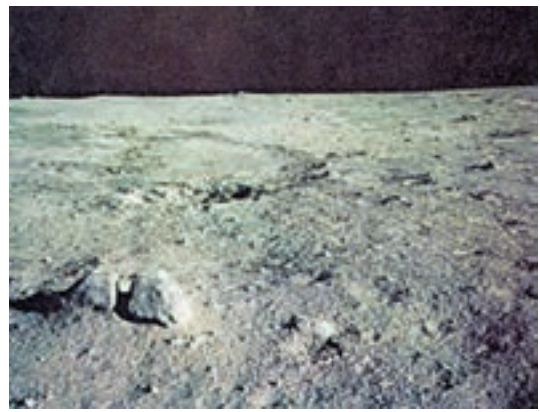
شکل ۱۴ــ۱ــ موقعیت فرضی خورشید نسبت به زمین

حرکت زمین و زاویهٔ انحراف محور آن به گونه‌ای است که می‌توان موقعیت خورشید را نسبت به زمین به‌صورت شکل (شکل ۱۴ــ۱) تصور کرد.

براساس شکل صفحه قبل در ابتدای بهار خورشید بر مدار استوا عمود می‌تابد و در طول بهار بر عرض‌های جغرافیایی بالاتر در نیمکرهٔ شمالی عمود می‌تابد به‌طوری‌که در آخر خرداد و اول تیرماه حداکثر بر مدار رأس‌السرطان تابش قائم دارد. سپس در طول تابستان بر مدارهای کمتر از ۲۳/۵ درجه شمالی، قائم است و مجدداً اول پاییز بر استوا و در ادامه در شش ماههٔ دوم سال، بر عرض‌های جغرافیایی صفر تا ۲۳/۵ درجهٔ جنوبی قائم می‌تابد.

ماه، نزدیک‌ترین همسایهٔ ما

کرهٔ ماه، ظاهری متفاوت با زمین دارد. سطح ماه از دره‌های عمیق و کوه‌های بلند پوشیده از سنگ و خاک و تعدادی فرورفتگی تشکیل شده است. این فرورفتگی‌ها حاصل برخورد شهاب‌سنگ‌ها با سطح این کره‌اند. قطر دهانهٔ این فرورفتگی‌ها از چندصد کیلومتر تا چند سانتی‌متر متغیر است. در روی ماه، نه دریایی وجود دارد، نه رودخانه، نه آب و هوا و ابر. پس صدایی هم به‌گوش نمی‌رسد و اثری از حیات در آن دیده نمی‌شود. سرعت تغییر در سطح ماه، بسیار کم است.



شکل ۱۵ــ۱ــ تصویری که در سال ۱۹۶۹ از سطح ماه گرفته شده است.

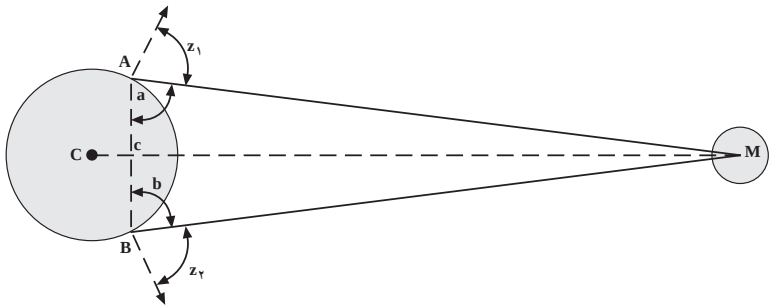
شکل ۱۶ــ۱ــ منظرهٔ پشت ماه (این منظره از سطح زمین دیده نمی‌شود).

فاصلهٔ ماه تا زمین

به‌علت بیضی بودن مدار گردش ماه به دور زمین، فاصلهٔ آن تا زمین هرلحظه در تغییر است (کمترین فاصله ۳۶۰۰۰۰ کیلومتر و بیشترین فاصله ۴۰۴۸۰۰ کیلومتر است).

تعیین دقیق فاصلهٔ ماه تا زمین، به سال ۱۵۹۰ برمی‌گردد که توسط **تیکوبراهه** اخترشناس دانمارکی صورت گرفت. او دونفر را در دونقطهٔ مختلف قرارداد تا به‌طور همزمان زاویهٔ ماه را با سطح

افق اندازه بگیرند (شکل ۱۷ــ۱). براهه، فاصلهٔ مکانی آن دونفر را تعیین کرده بود (قاعدهٔ مثلث). در این‌صورت، با استفاده از روابط مثلثاتی می‌توان مقدار زاویهٔ سوم، و طول وتر آن را که همان فاصلهٔ ماه تا زمین است، تعیین کرد.



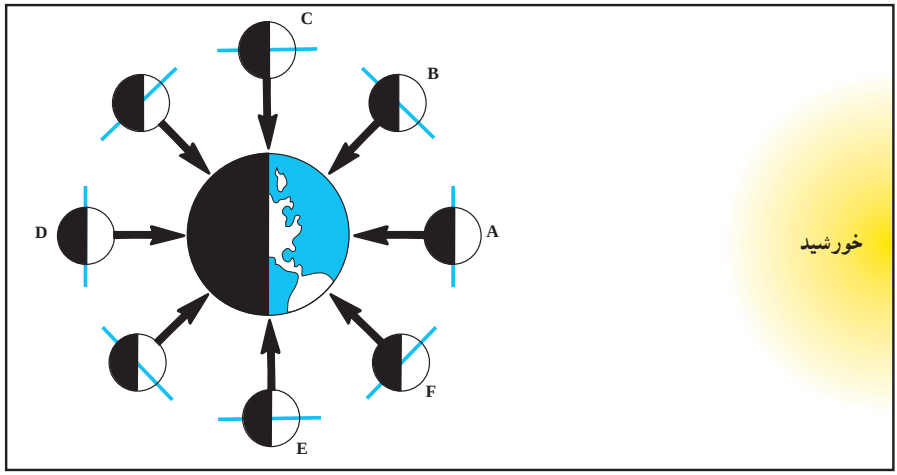
شکل ۱۷ــ۱ــ طرز تعیین فاصلهٔ ماه تا زمین به روش تیکوبراهه

● امروزه با استفاده از اشعهٔ لیزر و رادار، که به سطح ماه رفت و برگشت داده می‌شود، می‌توانند به‌طور دقیق فاصلهٔ ماه تا زمین را تعیین کنند. زمان رفت و برگشت امواج تا ماه (با سرعت نور) به‌طور متوسط ۲/۵ ثانیه است. دراین‌صورت، فاصلهٔ ماه تا زمین چه‌مقدار خواهد بود؟

اَهلّهٔ قمر

آن مقدار از سطح ماه که توسط آفتاب روشن می‌شود و ما از سطح زمین آن‌را مشاهده می‌کنیم همواره در تغییر است. ماه ازخود نوری ندارد و همیشه نیمی از آن توسط خورشید روشن است، پس ماه از این جهت به‌زمین می‌ماند. درهنگامی که ماه در موقعیت A (شکل ۱۸ــ۱) است، طرف روشن آن روبه زمین نیست و در آسمان مشاهده نخواهد شد. به این حالت، **محاق** گویند. در روزهای بعد (موقعیت B) هنوز بیشتر قسمت روشن ماه روبه زمین نیست، اما **هلال** باریکی از آن‌را می‌توان دید که شب به‌شب، به‌علت جابه‌جایی ماه، پهن‌تر می‌شود و سرانجام ۷روز بعد به نیمی از سطح روشن می‌رسد که آن‌را در اصطلاح **تربیع اول** گویند. وقتی که ماه در موقعیت D است، تمام سطح روبه‌زمین آن روشن است. اکنون، چهاردهم ماه یا حالت **بدر** است. البته برای مشاهدهٔ حالت بدر، ما باید در فاصلهٔ خورشید و ماه قرار داشته باشیم. به‌همین‌سبب، طلوع ماه در این‌هنگام با غروب خورشید کمابیش هم‌زمان است.

هفت‌روز بعد، ماه به موقعیت E می‌رسد که بازهم نیمی از سطح آن را می‌بینیم. به این حالت **تربیع دوم** می‌گویند. ماه در تربیع دوم، در نیمهٔ شب طلوع می‌کند و از آن‌پس هرشب به خورشید نزدیک‌تر می‌شود تا آنکه سرانجام، اندکی قبل از طلوع خورشید، طلوع می‌کند. دراین‌حال نیز هلال باریکی از



شکل ۱۸ــ۱ــ اهلّهٔ قمر، عکس‌ها را با طرح بالا تطبیق بدهید.

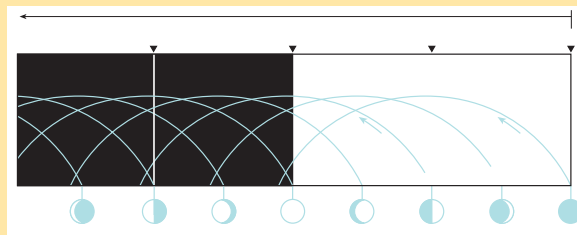
ماه مشاهده می‌شود (F) زیرا بیشتر قسمت روشنش به سوی خورشید است نه زمین. به مجموعهٔ این وضعیت‌های ماه **اهلّهٔ قمر** می‌گویند.

وقتی که ماه درحالت محاق یا بدر است، یعنی با زمین و خورشید در یک راستا قرار می‌گیرد، آب دریاها را بیشتر از مواقع دیگر به‌سوی خود می‌کشاند و پدیدهٔ **جزر و مد** شدیدتر می‌شود.

مشاهده کنید

با مشاهدهٔ طلوع و غروب ماه درچند شب متوالی، جدول روبه‌رو را کامل کنید.

حالات ماه	طلوع	غروب
هلال		
شب چهارم		
تربیع اول		
شب دهم		
بدر	۶ عصر	۶ صبح
شب هجدهم		
تربیع دوم		
شب بیست‌و پنجم		



فکر کنید

۱ــ اتفاق افتادن حالت خورشیدگرفتگی و ماه‌گرفتگی، در کدام حالت از اهلهٔ قمر ممکن است؟

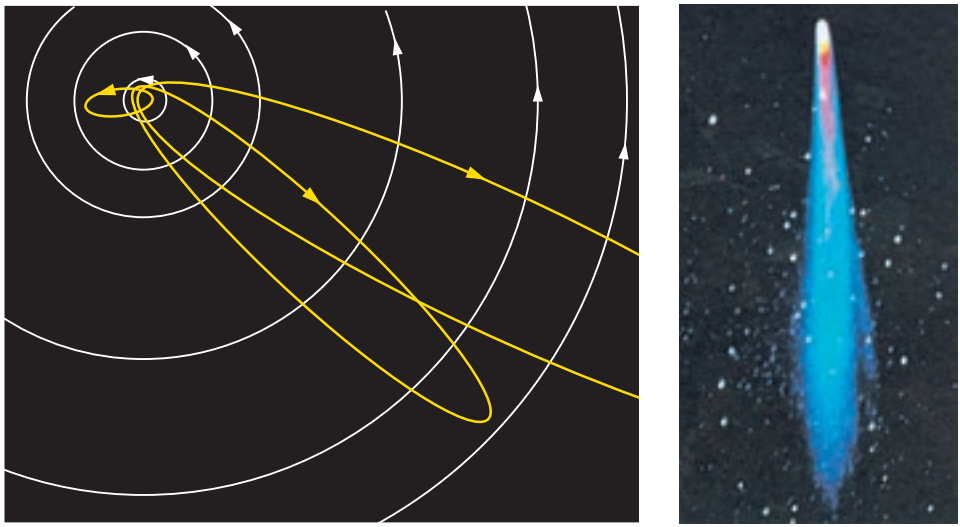
۲ــ آیا فضانوردان هم اهلّهٔ قمر را مانند ساکنان روی زمین می‌بینند؟

۳ــ چرا همیشه فقط یک‌طرف معین ماه را مشاهده می‌کنیم؟

اجزای کوچک‌تر منظومهٔ شمسی

در شب‌های صاف، حتماً متوجه خطوط درخشان و گذرایی شده‌اید که در زمینهٔ آسمان پرستاره ظاهر می‌شوند و ازمیان می‌روند. این شهاب‌ها قطعات سنگ‌هایی‌اند که در فضا سرگردان‌اند و ضمن حرکت، با جوّ فوقانی زمین برخورد می‌کنند و حاصل اصطکاک آنها، تولید حرارت زیاد، سوختن و نورانی شدن است. اگر شهابی چنان بزرگ باشد که بتواند با سطح زمین برخورد کند، در این‌صورت **شهاب‌سنگ (شخانه)** نامیده می‌شود. همه‌ساله، مقداری شهاب‌سنگ در نقاط مختلف زمین (و اغلب در دریا) فرود می‌آید.

دنباله‌دارها : به مجموعه‌ای از سنگ‌ریزه، غبار و گازهای منجمد معلق درفضا دنباله‌دار



شکل ۱۹ــ۱ــ موقعیت دنباله‌دار، در حین گردش به دور خورشید

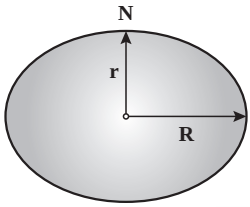
می‌گویند. مدار حرکت دنباله‌دارها بیضی بسیار کشیده است که گاهی از حاشیهٔ منظومهٔ شمسی نیز خارج می‌شود (شکل ۱۹ــ۱). معروف‌ترین دنباله‌دار که به‌اسم کاشف آن **هالی** نامیده شده

است، هر ۷۵سال یک‌بار ظاهر می‌شود. آخرین باری که این دنباله‌دار به زمین نزدیک شد سال ۱۹۸۵ بود.

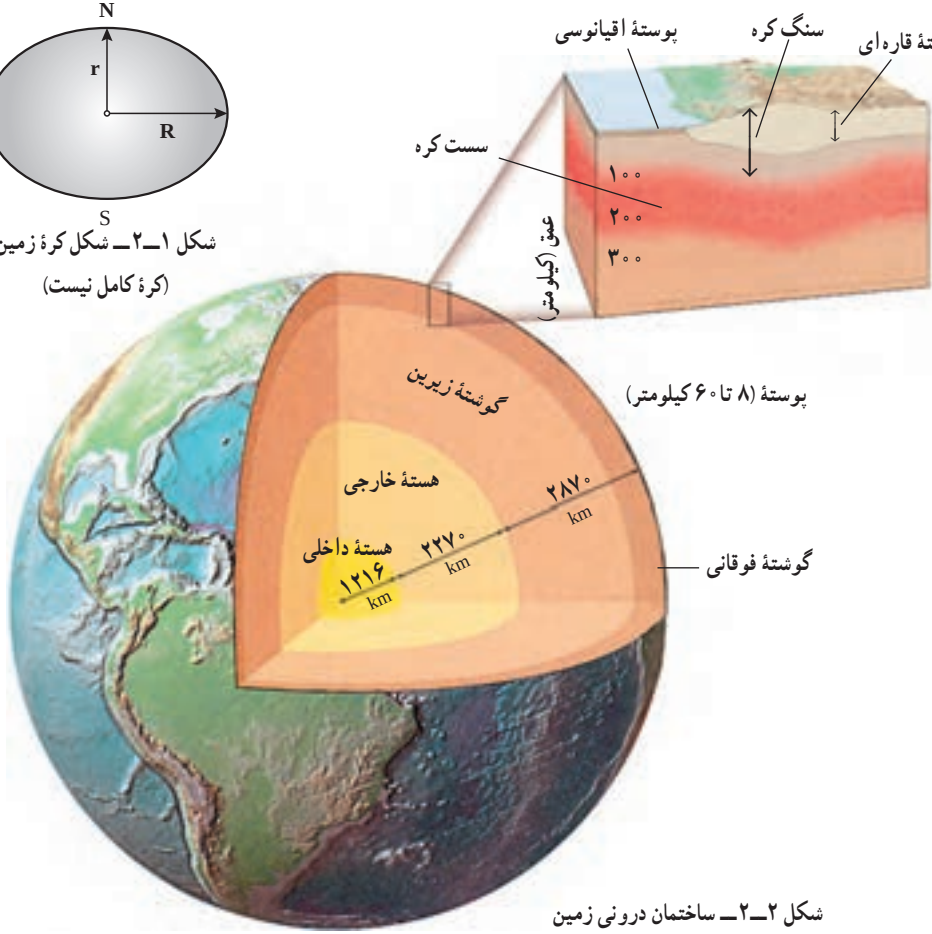
تصور می‌رود که در سال ۱۹۰۸، یکی از دنباله‌دارها در سرزمین سیبری فرود آمده و به یک منطقهٔ جنگلی برخورد کرده و درختان را تا شعاع ۳۰کیلومتری سوزانده است.

۲ ساختمان درونی زمین

زمینی که بر روی آن زندگی می‌کنیم، تقریباً کروی است (شکل ۱ــ۲). شعاع متوسط این کره حدود ۶۳۶۸ کیلومتر و چگالی نسبی آن ۵/۵ است. ازنظر ساختمانی، زمین حالت لایه‌لایه‌دارد و هر لایه، خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت دارد (شکل ۲ــ۲).



شکل ۱ــ۲ــ شکل کرهٔ زمین
(کرهٔ کامل نیست)

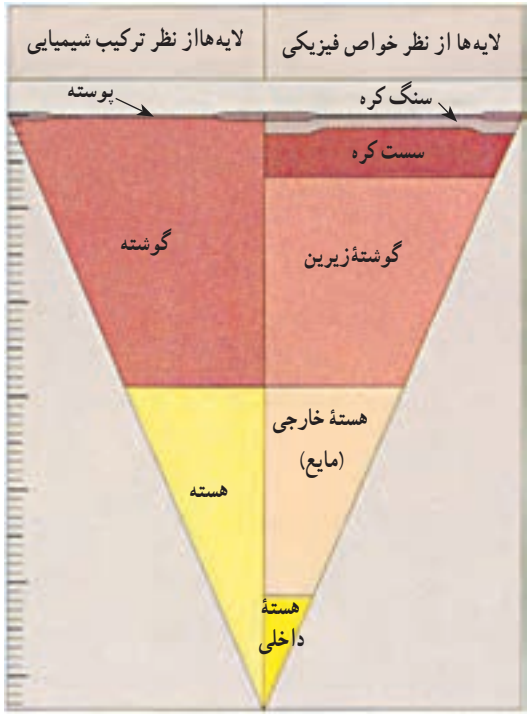


شکل ۲ــ۲ــ ساختمان درونی زمین

ترکیب شیمیایی زمین

برای مطالعه بر روی لایه‌های زمین از مشاهدات و اطلاعات گوناگون استفاده می‌شود. بخش‌های سطحی بیشتر با نمونه‌برداری مستقیم و مطالعات آزمایشگاهی بر روی سنگ‌ها و ماگماها مورد مطالعه قرار می‌گیرند. اما جز بخش‌های سطحی، دسترسی مستقیم به قسمت اعظم درون زمین امکان‌پذیر نیست.

الف) روش مستقیم : تجزیهٔ شیمیایی انواع مختلف سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی سطح زمین با نمونه‌برداری از سطح زمین و یا نمونه‌های به‌دست آمده از حفاری‌ها می‌تواند تا حدودی نوع مواد سازندهٔ پوستهٔ زمین را مشخص کند (جدول ۱ــ۲).



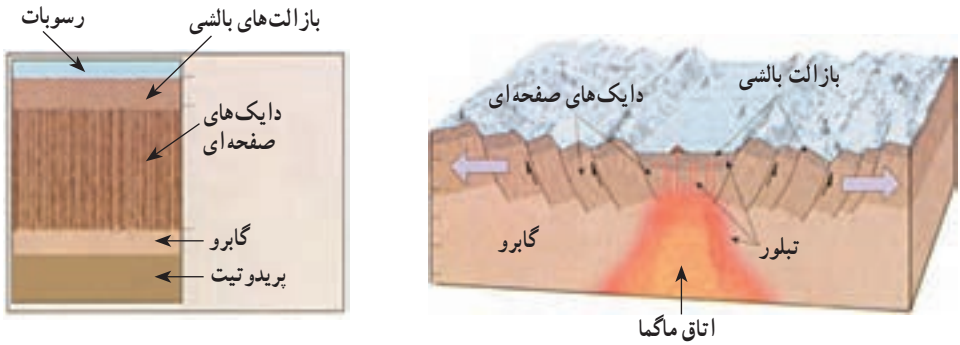
شکل ۳ــ۲ــ تقسیم‌بندی لایه‌های زمین از نظر خواص فیزیکی و خواص شیمیایی

جدول ۱ــ۲ــ ترکیب پوستهٔ زمین (درصد وزنی)

اکسیدها	پوستهٔ قاره‌ای	پوستهٔ اقیانوسی
SiO_2	۵۹/۲	۴۸/۰
Al_2O_3	۱۵/۴	۱۵/۲
FeO	۷/۵	۱۰/۷
MgO	۴/۳	۷/۷
CaO	۶/۰	۱۲/۲
K_2O	۲/۶	۰/۶
Na_2O	۲/۸	۲/۶
TiO_2	۱/۰	۲/۲

همچنین بر اثر فعالیت‌های آتش‌فشانی نیز نمونه‌هایی از بخش‌های عمیق‌تر پوسته و بخش‌های بالایی گوشته در زیر قاره‌ها به سطح زمین رسیده است. گاهی همراه مواد مذاب قطعات ذوب نشده و جامدی از قسمت‌های زیرین پوسته یا گوشته که **میانبار** نامیده می‌شوند، به سطح زمین می‌رسند. میانبارها شواهد باارزشی از چگونگی ترکیب شیمیایی اعماق پوسته و گوشتهٔ فوقانی را به‌دست می‌دهند. در هرحال میانبارها نمی‌توانند از اعماقی پایین‌تر از ناحیهٔ خاستگاه ماگمایی که حاوی آنهاست، بالا آمده باشند. به‌طور مثال، سنگ‌های التـرابـازیک (فـوق بازی) حـاوی المـاس موسوم بـه کیمبـرلیت گـواه خوبـی بـر عمیق‌تـرین خاستگاه مـاگماها هستند. این سنگ‌ها از اعماق تقـریباً ۲۰۰ کیلومتـری زمیـن بالا آمـده و بـه صورت تنـوره‌های آتش‌فشانی در قـاره‌ها یـافت می‌شوند.

نمونه‌هایی از پوسته و گوشتهٔ فوقانی زیر اقیانوس‌ها در سنگ‌هایی موسوم به **اُفیولیت** به‌دست آمده است. اُفیولیت‌ها مجموعه‌ای از سنگ‌های لایه‌لایه به ضخامت حدود ۵۰۰۰ متر است که ترکیب آن را معادل پوستهٔ اقیانوسی می‌دانند که در برخی نقاط در خشکی‌ها از جمله در کشور ما دیده می‌شوند. گفته می‌شود، در چنین نقاطی ورقه‌های سنگ کره به یکدیگر برخورد کرده‌اند و در قاره‌ها جای گرفته‌اند (شکل ۴ــ۲).



شکل ۴ــ۲ ــ مجموعهٔ اُفیولیتی

فکر کنید

اُفیولیت‌ها به عنوان نمونه‌هایی از گوشتهٔ فوقانی معمولاً به سرعت هوازده می‌شوند. آیا می‌توانید علت را بیابید؟

بیشتر بدانید

عمیق‌ترین چاه جهان

درسال ۱۹۷۰ دانشمندان اتحاد جماهیر شوروی تصمیم گرفتند، عمیق‌ترین چاه جهان را حفر کنند و اطلاعاتی از درون زمین به‌دست آورند. آنها برای این منظور شبه‌جزیرهٔ کولا در شمال شوروی در منطقه‌ای یخ‌زده را انتخاب کردند.

حفر این چاه پس از ۱۵ سال درعمق کمی بیشتر از ۱۲ کیلومتر، به علت کمبود بودجه و سختی شرایط کار، متوقف شد. ما در اینجا نمی‌خواهیم دستاوردهای علمی حفر این چاه را بازگو کنیم، اما شما را با پاره‌ای از مشکلات حفر آن آشنا می‌سازیم :

ــ در آخرین مراحل حفر چاه، جرم لولهٔ حفاری به ۹۰۰ تن رسید. برای تعویض سرمتّه‌های فرسوده یا بیرون آوردن مغزه (نمونهٔ سنگ‌ها) تمامی میله صدها بار به سطح زمین آورده شد و دوباره به ته چاه پایین فرستاده‌شد.

ــ دما در پایین‌ترین نقاط چاه به ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد رسید. علاوه بر این گرمای ناشی از چرخش سرمته هم به آن اضافه می‌شد.

ــ فشار در اعماق چاه بالغ بر ۲۰۰۰ اتمسفر بود، به همین علت سنگ‌های داخل مغزهٔ حفاری بعد از اینکه فشار از روی آنها برداشته می‌شد، از هم پاشیده می‌شدند.

ــ با تمام تلاش‌هایی که صورت گرفت در عمق ۱۰۵۰۰ متری سرمتهٔ حفاری ۸۴۰ متر از راستای شاقولی دهانهٔ چاه منحرف شده بود.

با توجه به ترکیب ماگماهایی که از گوشتهٔ فوقانی منشأ گرفته‌اند، همراه با بررسی‌های آزمایشگاهی بر روی فرایند ذوب و تبلور سنگ‌های مختلف، می‌توان در مورد ترکیب گوشتهٔ فوقانی نتیجه‌گیری‌های بیشتری کرد.

ب) روش‌های غیرمستقیم : به دلیل عدم دسترسی به بخش‌های عمیق‌تر زمین، بخش زیادی از اطلاعات درون زمین از روش‌های غیرمستقیم حاصل می‌شود.

مطالعهٔ سنگ‌های ماه و شهاب‌سنگ‌ها، بررسی طیف نور خورشید و ستارگان، مطالعهٔ امواج لرزه‌ای و اندازه‌گیری برخی از خصوصیات فیزیکی مانند میدان مغناطیسی، گرانش زمین و ... ماهیت مواد سازندهٔ درون زمین را روشن‌تر می‌کند. در این میان امواج لرزه‌ای بیشترین اطلاعات را در مورد ضخامت، چگالی، حالت مواد (جامد، مایع و خمیری) و جنس لایه‌های درونی زمین در اختیار زمین‌شناسان قرار می‌دهند بدین ترتیب که وقتی زمین‌لرزه‌ای رخ می‌دهد، بخشی از انرژی آزاد شده از منبع انرژی (کانون

زمین لرزه) به شکل امواج لرزه‌ای و با سرعت معینی که به خواص فیزیکی محیط بستگی دارد، در تمام جهات منتشر می‌شود. دانشمندان علوم زمین با مطالعهٔ مسیر حرکت امواج لرزه‌ای و سرعت سیر آنها در درون زمین، درمورد بعضی خواص فیزیکی مواد در اعماق زمین و ساختمان درونی آن نتیجه‌گیری می‌کنند.

پس از وقوع زمین‌لرزه دو نوع موج درونی و سطحی تولید می‌شود. امواج درونی خود از دو نوع‌اند: **موج طولی** یا P و **موج عرضی** یا S که این امواج در مطالعهٔ داخل زمین بیشترین کمک را به دانشمندان می‌کنند.

سرعت انتشار امواج لرزه‌ای در سنگ‌ها به چگالی و کش‌سانی (الاستیسیته) آنها بستگی دارد (کش‌سانی، خاصیتی است که براثر آن وقتی یک مادهٔ جامد تحت‌تأثیر نیروهای مخالف قرار می‌گیرد تغییر شکل و اندازه می‌دهد ولی با ازبین‌رفتن نیرو به حالت اول برمی‌گردد).

امواج لرزه‌ای درونی درست مانند امواج نوری، ممکن است ضمن انتشار، منعکس یا منکسر شوند. امواج لرزه‌ای دراثر برخورد با سطوح بسیاری در درون زمین، مثل سطح بین هسته و گوشته (انفصال گوتنبرگ) یا گوشته و پوسته (انفصال موهو) می‌توانند منعکس شوند. انکسار نیز زمانی رخ می‌دهد که سرعت امواج لرزه‌ای در محیط انتقال‌دهندهٔ آنها تغییر کند.

جدول ۲ــ۲ــ ترکیب میانگین تقریبی کل زمین و مقایسهٔ آن با پوسته (درصد وزنی)

عناصر	کل زمین	پوسته
آهن (Fe)	۳۳/۳	۵/۰
اکسیژن (O)	۲۹/۸	۴۶/۶
سیلیسیم(Si)	۱۵/۶	۲۷/۷
منیزیم (Mg)	۱۳/۹	۲/۱
نیکل (Ni)	۲/۰	۰/۰۱
کلسیم (Ca)	۱/۸	۳/۶
آلومینیم (Al)	۱/۵	۸/۱
سدیم (Na)	۰/۲	۲/۸

خصوصیات و ترکیب پوسته

پوسته قشر نسبتاً نازکی در سطح یا بالاترین لایه‌های کرهٔ زمین است. ضخامت متوسط پوسته، متفاوت و در قاره‌ها بین ۲۰ تا ۶۰ کیلومتر و در اقیانوس‌ها بین ۸ تا ۱۲ کیلومتر است. مرز بین پوسته و گوشته به نام کسی که اول بار آن را درسال ۱۹۱۰ تشخیص داد **انفصال موهوروویچ** یا به اختصار **موهو** نامیده می‌شود.

براساس مطالعات لرزه‌شناسی می‌توان ضخامت و ترکیب شیمیایی احتمالی پوسته را در هر نقطه تعیین کرد. ضخامت پوسته از جایی به جای دیگر فرق می‌کند، ولی به‌طورکلی در زیر رشته‌کوه‌های قاره‌ها حداکثر مقدار خود را دارد. ضخامت پوسته در دشت‌ها کمتر است و در فلات‌قاره از آن‌هم کمتر می‌شود. نازک‌ترین بخش پوسته را در اقیانوس‌ها، مخصوصاً در نزدیکی محور رشته کوه‌های

اقیانوسی، می‌توان مشاهده کرد (شکل ۱۱ــ۳).

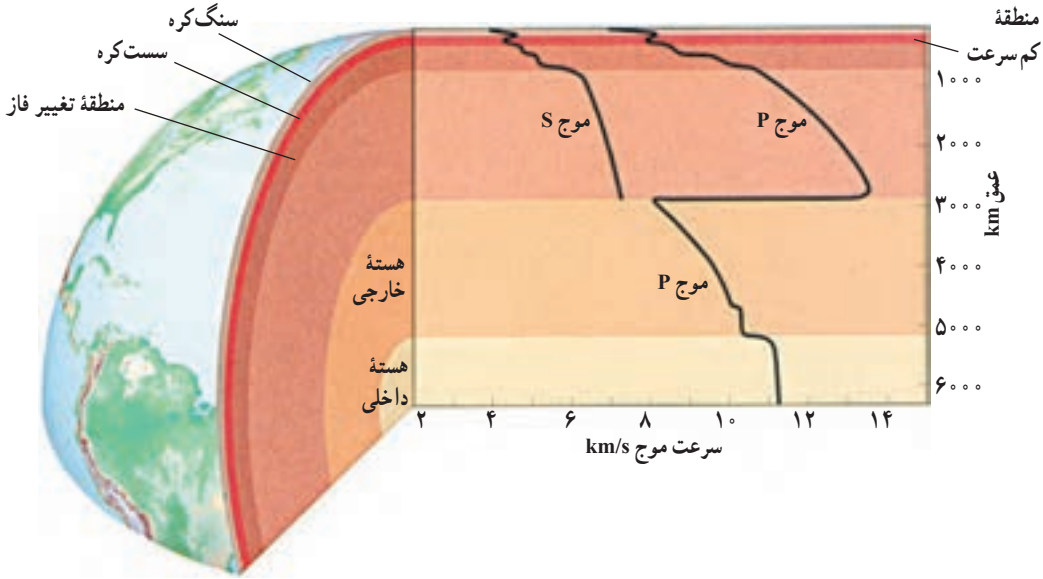
ترکیب شیمیایی پوسته در قاره‌ها با ترکیب آن در اقیانوس‌ها متفاوت است. ترکیب شیمیایی متوسط پوستهٔ قاره‌ای مشابه ترکیب آندزیت است. بخش‌های رویی پوسته غنی از سیلیس (SiO_2) و آلومین (Al_2O_3) است.

چگالی سنگ‌های قاره‌ای $2/8\ g/cm^3$ است و سنّ قدیمی‌ترین آنها به ۳/۸ میلیارد سال هم می‌رسد. اما چگالی سنگ‌های پوستهٔ اقیانوسی حدود $3g/cm^3$ و ترکیب آن بازالتی با سن کمتر از ۲۰۰ میلیون سال است.

خصوصیات و ترکیب گوشته

گوشته در زیر پوسته قرار دارد و تا عمق ۲۹۰۰ کیلومتری ادامه دارد. دامنهٔ چگالی گوشته از ۳/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نزدیکی پوسته تا ۵/۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب در نزدیک هسته تغییر می‌کند.

سرعت امواج P در پوسته بین ۶ تا ۷ کیلومتر بر ثانیه تغییر می‌کند، ولی، در زیر مرز موهو به بیش از ۸ کیلومتر بر ثانیه می‌رسد. تجربیات آزمایشگاهی نشان می‌دهد که در سنگ‌های غنی از کانی‌های الیوین و پیروکسن مثل پریدوتیت، سرعت امواج لرزه‌ای بیش از ۸ کیلومتربرثانیه است. بنابراین، تصور می‌شود که این کانی‌ها باید جزء کانی‌های اصلی گوشته باشند. این نتیجه با اطلاعاتی که از راه‌های دیگر

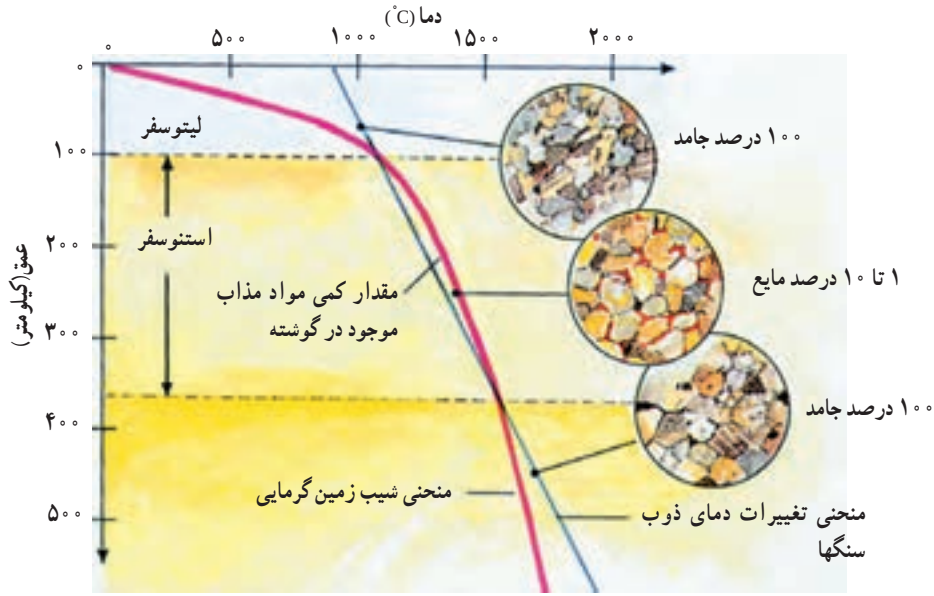


شکل ۵ــ۲ــ تغییرات سرعت امواج لرزه‌ای نسبت به عمق. تغییرات ناگهانی درمرز پوسته ــ گوشته، در بخش‌های فوقانی گوشته و در مرز گوشته ــ هسته روی می‌دهد.

دربارهٔ ترکیب گوشته به‌دست آمده سازگار است.

سرعت امواج P و S در نواحی مختلف گوشته بی‌نظمی‌هایی نشان می‌دهد (شکل۵ــ۲). اولین تغییر مهم در عمق حدود ۷۰ تا ۱۰۰ کیلومتری شروع می‌شود؛ یعنی از قاعدهٔ پوسته تا عمق حدود ۱۰۰ کیلومتر، سرعت به‌تدریج از حدود ۸ به ۸/۳ کیلومتربرثانیه می‌رسد. مطالعات نشان می‌دهد که این قسمت سخت و سنگی است. این بخش از گوشته را به همراه پوسته سنگ کره (لیتوسفر) می‌گویند، در زیر لیتوسفر سرعت امواج زلزله شروع به افت می‌کند و کم‌کم به زیر ۸ کیلومتر بر ثانیه می‌رسد و تا عمق حدود ۳۵۰ کیلومتر در حد کم باقی می‌ماند. این منطقه را اصطلاحاً «لایهٔ کم‌سرعت» می‌گویند. مواد این قسمت به نقطهٔ ذوب خود نزدیک‌اند و از این‌رو، تا حدی سختی خود را از دست داده و نرم شده‌اند و به همین علت به آن **سست کره** (استنوسفر) هم گویند. شواهدی که نشان‌دهندهٔ تغییر ترکیب شیمیایی سنگ‌ها در لایهٔ کم‌سرعت باشد وجود ندارد.

یک توضیح احتمالی برای وجود لایهٔ کم‌سرعت آن است که در اعماق حدود ۱۰۰ تا ۳۵۰ کیلومتر درجهٔ زمین گرمایی به دمای شروع ذوب سنگ‌های گوشته نزدیک می‌شود (شکل۶ــ۲). درنتیجه سنگ‌ها از حالت جامد و سخت فاصله می‌گیرند و به حالت خمیرسان نزدیک می‌شوند.



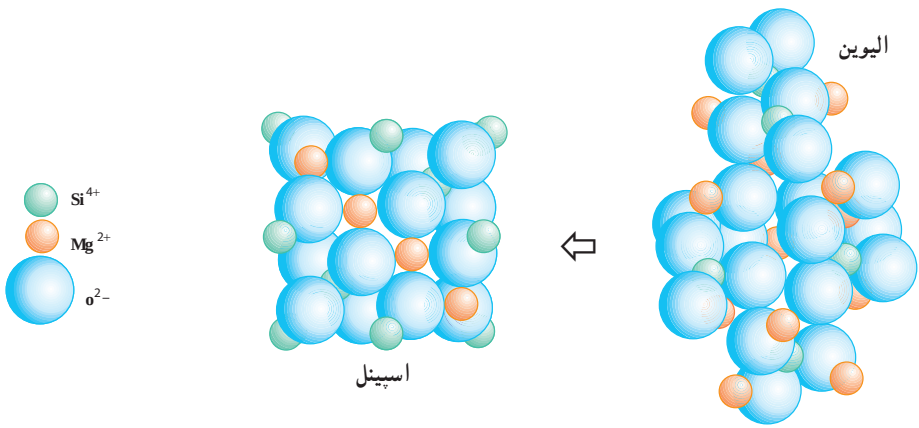
شکل ۶ــ۲ــ بر اساس اطلاعات آزمایشگاهی می‌توان منطقهٔ کم سرعت را چنین توضیح داد. وقتی منحنیِ شروعِ ذوبِ سنگ‌های گوشته، منحنی زمین‌گرمایی را قطع می‌کند، مقدار کمی مادهٔ مذاب تولید می‌شود. این مقدار کم مادهٔ مذاب باعث تغییر خواص پلاستیک سنگ‌ها و تشکیل لایهٔ کم‌سرعت می‌شود.

به هرحال، مقدار مواد مذاب (اگر وجود داشته باشد) باید خیلی کم باشد؛ چون لایهٔ کم‌سرعت موج S را عبور می‌دهد، درحالی‌که این موج نمی‌تواند از مایعات عبور کند. بنابراین، می‌توان گفت سنگ‌ها در منطقهٔ کم‌سرعت به صورت جامد ولی خیلی نزدیک به ذوب باقی می‌مانند.

لایهٔ کم‌سرعت اهمیت زیادی در توجیه نظریهٔ زمین‌ساخت ورقه‌ای (فصل ۳) دارد؛ زیرا در این نظریه، ورقه‌های سنگ کره باید بتوانند بر روی یک منطقهٔ تقریباً پلاستیک بلغزند. به‌علاوه چنان‌که می‌دانیم ماگمای بازالتی نیز براثر ذوب‌بخشی سنگ‌ها در گوشتهٔ فوقانی از اعماق حدود ۱۰۰ تا ۳۵۰ کیلومتر منشأ می‌گیرد.

باتوجه به شکل (۵ــ۲) می‌بینیم که در اعماق حدود ۴۰۰ تا ۶۷۰ کیلومتر نیز افزایش نسبتاً تندی در سرعت امواج دیده می‌شود. براساس مطالعات آزمایشگاهی این تغییرات‌سرعت را ناشی از تغییرفاز (تغییرات در کانی‌شناسی یا ساختمان بلورین بدون آنکه لزوماً تغییر در ترکیب ایجاد شود) می‌دانند (شکل۷ــ۲).

در زیر عمق ۶۷۰ کیلومتر فشردگی موجب می‌شود که سرعت امواج لرزه‌ای به آهستگی و به‌طور تقریباً منظم تا مرز گوشته ــ هسته افزایش یابد. دراین قسمت سنگ‌ها چگال هستند.



شکل ۷ــ۲ــ در داخل گوشته، با افزایش فشار کانی‌ها به شکل فشرده‌تری درمی‌آیند. به‌طور مثال، کانی الیوین درگوشته ساختمان اسپینل را به خود می‌گیرد.

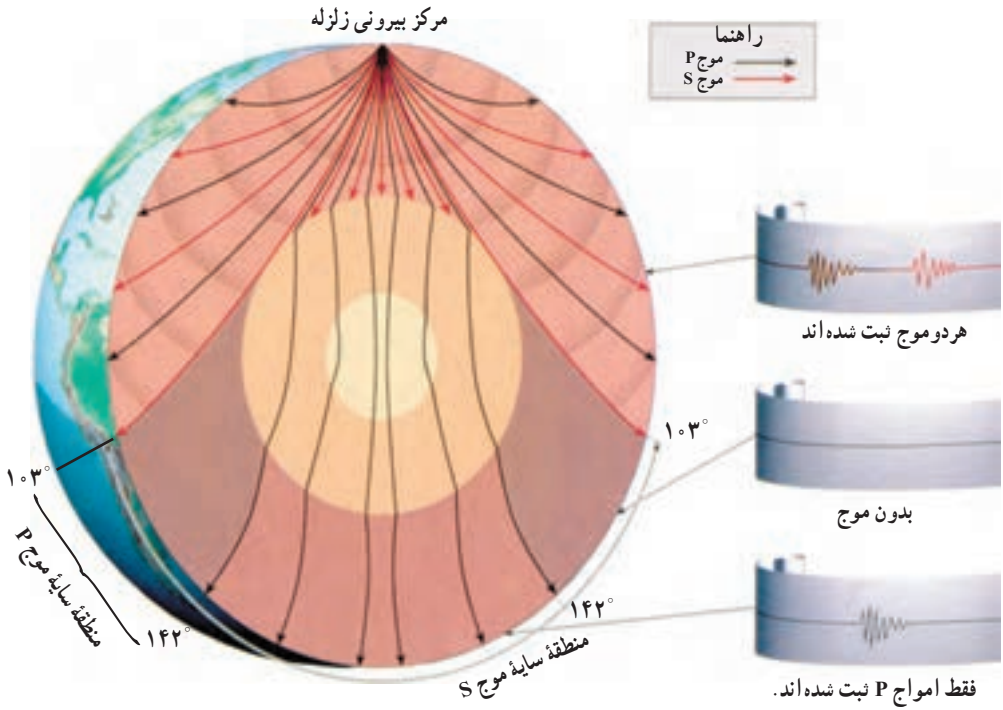
خصوصیات و ترکیب هسته

هسته از زیر گوشته تا مرکز زمین ادامه دارد. امواج P و S به‌شدت تحت‌تأثیر مرزی که در عمق ۲۹۰۰ کیلومتری زمین است قرار می‌گیرند. در این عمق از سرعت موج P شدیداً کاسته شده و موج S حذف می‌شود. مرز بین گوشته و هسته در این عمق قرار دارد.

امواج P می‌توانند از درون جامدات و مایعات عبور کنند. بنابراین، می‌توانند از سنگ‌ها و نیز ماگما و دیگر سیّالات بگذرند، گرچه سرعت آنها در محیط‌های مختلف تغییر می‌کند. درعوض، امواج S نمی‌توانند از سیّالات عبور کنند.

وقتی زمین‌لرزهٔ بزرگی روی می‌دهد، در فاصلهٔ بیش از ۱۰۳درجه از مرکز سطحی زمین لرزه، امواج S مستقیماً قابل دریافت نیستند. به‌عبارت دیگر یک «منطقهٔ سایه» برای موج S از حدود ۱۰۳درجه به بعد در آن‌سوی زمین ایجاد می‌شود (شکل ۸ــ۲). بنابراین، باید گفت که یک تودهٔ سیّال در درون زمین راه عبور امواج S را می‌بندد. این تودهٔ سیّال، هستهٔ خارجی مایع زمین است. اندازهٔ هستهٔ خارجی باتوجه به وسعت منطقهٔ سایه معلوم شده است. هستهٔ خارجی یک منطقهٔ سایهٔ حلقه‌مانند برای موج P نیز ایجاد می‌کند (شکل ۸ــ۲). منطقهٔ سایه در نواری حدود ۱۰۳ تا ۱۴۲ درجه نسبت به مرکز سطحی زمین لرزه گسترده است. منطقهٔ سایهٔ موج P ناشی از شکست امواج P در مرز گوشته‌ــ هسته است.

چنان‌که گفتیم امواج لرزه‌ای می‌توانند در مرزهای بین لایه‌های با خصوصیاتِ لرزه‌ایِ متفاوت منعکس شوند. به‌این‌ترتیب است که وجود هستهٔ داخلی مشخص شده است، بخشی از امواج P دراثر برخورد با مرز بین هستهٔ داخلی و خارجی منعکس می‌شود و از آنجا که سرعت‌ها در گوشته و هستهٔ خارجی معلوم است، با محاسبهٔ زمان‌های سیر امواج P منعکس‌شده از هستهٔ داخلی می‌توان عمق این هسته را برآورد نمود.



شکل ۸ــ۲ــ مسیرعبورامواج P و S در داخل زمین. شکل را تفسیر کنید.

سرعت موج P در هستهٔ داخلی خیلی بیشتر از هستهٔ خارجی است. از این مطلب نتیجه‌گیری می‌شود که هستهٔ داخلی زمین باید جامد باشد. تصور نمی‌شود که دما در عمیق‌ترین بخش درونی زمین به‌همان نسبت که عمق خیلی افزایش می‌یابد زیاد شود، ولی فشار به سوی مرکز زمین به‌تدریج زیاد می‌شود و در مرکز زمین به حداکثر می‌رسد. به این‌جهت حتی اگر ترکیب هستهٔ داخلی و خارجی یکسان باشد، هستهٔ داخلی به‌علت فشارهای زیاد می‌تواند به‌صورت جامد باشد، درحالی که هستهٔ خارجی مایع است.

دانشمندان با استناد به نتایج حاصل از تجربیات آزمایشگاهی، ترکیب شهاب‌سنگ‌ها و وجود میدان مغناطیسی زمین، این احتمال را می‌دهند که ترکیب هستهٔ زمین از آهن و نیکل باشد.

برخی از عناصری که ازنظر کیهانی فراوان و قابل ترکیب با آهن‌مذاب‌اند، مثل سیلیسیم‌فلزی، اکسیژن و گوگرد نیز به‌عنوان سازندگان فرعی هستهٔ خارجی پیشنهاد شده‌اند.

فکر کنید

با آنکه چگالی هستهٔ زمین بسیار زیاد است، چرا نمی‌توان انتظار داشت که از عناصری مثل سرب یا طلا ساخته شده باشد؟

میدان مغناطیسی

هنوز به‌درستی نمی‌دانیم که علت وجود میدان مغناطیسی زمین چیست. تغییرات سریع و مکرر میدان مغناطیسی زمین دلالت بر این دارد که زمین دارای یک کانون مغناطیس پایدار و دائمی نیست. مطالعات لرزه‌شناسی نیز که درک ساختمان داخلی زمین را برای ما ممکن کرده است، هیچ‌گونه شاهدی که مبنی بر وجود تمرکز عظیم کانی مانیتیت در داخل زمین باشد، در اختیار نمی‌گذارد. گذشته از این، بیشتر کانی‌هایی از این‌قبیل فقط در ۳۰ کیلومتری بالایی پوسته وجود دارند و در اعماق بیشتر، به‌سبب وجود گرمای درونی زمین، مواد خاصیّت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند. به این دلایل، خاصیّت مغناطیسی زمین را نمی‌توان محصول سادهٔ مغناطیس سنگ‌ها شمرد و باید به‌دنبال دلیل‌های دیگری بود.

دانش امروزی ما از منشأ میدان مغناطیسی زمین، محصول یافته‌هایی است که دربارهٔ حرکت الکترون‌ها در اختیار داریم. فیزیکدان‌ها دریافته‌اند که با استفاده از جریان الکتریسیته می‌توان میدان مغناطیسی ایجاد کرد و برعکس با حرکت دادن یک جسم هادی الکتریسیته از درون یک میدان مغناطیسی جریان الکتریکی به‌وجود آورد. دستگاهی که چنین عملی را انجام می‌دهد **دینامو خودالقا** نام دارد.

با استفاده از این یافته‌هاست که در نیروگاه‌ها با چرخاندن یک هادی الکتریکی در میدان مغناطیسی، برق تولید می‌کنند.

یک دینامو‌ی خودالقا با تحرّک خود، الکتریسیتهٔ بیشتری حاصل می‌آورد. الکتریسیته هم به‌نوبهٔ خود، باعث ایجاد میدان مغناطیسی قوی‌تری می‌شود و این چرخه ادامه می‌یابد.

زمین را نیز می‌توان به یک دینامو‌ی خودالقای غول‌پیکر تشبیه کرد که حرکت الکترون‌ها در آهن‌مذاب موجود در هستهٔ خارجی آن مولّد میدان مغناطیسی است. زمین، هم در گردش وضعی و هم در حرکت انتقالی خود پیوسته خطوط نیروی مغناطیسی خورشید را قطع می‌کند. حرکت دورانی زمین و همچنین اختلاف دمای هستهٔ داخلی و گوشته سبب ایجاد جریان‌های کنوکسیون در آهن‌مذاب هستهٔ خارجی می‌شود. از سوی‌دیگر قطع شدن میدان مغناطیسی خورشید توسط آهن‌مذابِ درحال‌حرکت جریان الکتریسیته ایجاد می‌کند. این جریان‌ها میدان مغناطیسی زمین را پدید می‌آورند که خود مولّد جریان‌های الکتریکی قوی‌تری می‌شود. این جریان‌ها هم به‌نوبهٔ خود میدان مغناطیسی قوی‌تری را به‌وجود می‌آورند.

وارونگی مغناطیسی: میدان مغناطیسی زمین به‌طور دائم در حال تغییر است. مثلاً موقعیّت قطب‌های مغناطیسی زمین نسبت به قطب‌های جغرافیایی آن ثابت نیست و فعلاً، با سرعت ۰/۲ درجه در سال، درحال جابه‌جایی است. علاوه بر این میدان مغناطیسی زمین در فواصل زمانی که به‌طور متوسط نیم‌میلیون‌سال طول می‌کشد، ضعیف می‌شود و به‌تدریج به‌سمت نابودی می‌رود (از سال ۱۸۳۰ تاکنون، ۶درصد از قدرت آن کاسته شده است و اگر این روند با همین سرعت ادامه یابد، درحدود ۲۰۰۰ سال دیگر به صفر خواهد رسید). اما بعد از نابودی، میدان دوباره شروع به تشکیل می‌کند و اغلب، جهت کنوکسیونی مواد، مخالف جهت قبلی خواهد شد که در این‌صورت محل قطب‌های مغناطیسی جابه‌جا خواهد شد (وارونگی مغناطیسی). پس می‌توان گفت قطبین مغناطیسی شمال و جنوب زمین در طول تاریخ خود صدها و بلکه هزارها بار جابه‌جا شده‌اند.

به‌نظر می‌رسد وارونگی مغناطیسی، حاصل تغییراتی است که در جریان‌های همرفتی (کنوکسیونی) هستهٔ خارجی ایجاد می‌شود. وقتی مقدار گرمای موجود در درون زمین تغییر کند، جریان‌های همرفتی هم تغییر می‌کنند. آشفتگی حاصل از این جریان تغییرپذیر، ممکن است میدان مغناطیسی زمین را تضعیف یا تقویت کند. مدت‌زمانی که زمین فاقد میدان‌مغناطیسی است، ممکن است چند قرن طول بکشد. یک وارونگی مغناطیسی ــ از یک حالت ناپایدار تا حالت پایدار بعدی ــ بین ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ سال طول می‌کشد. روشن است که **عقربهٔ قطب‌نما** در حالت **وارونگی مغناطیسی** برعکس حالت امروزی خواهد ایستاد.

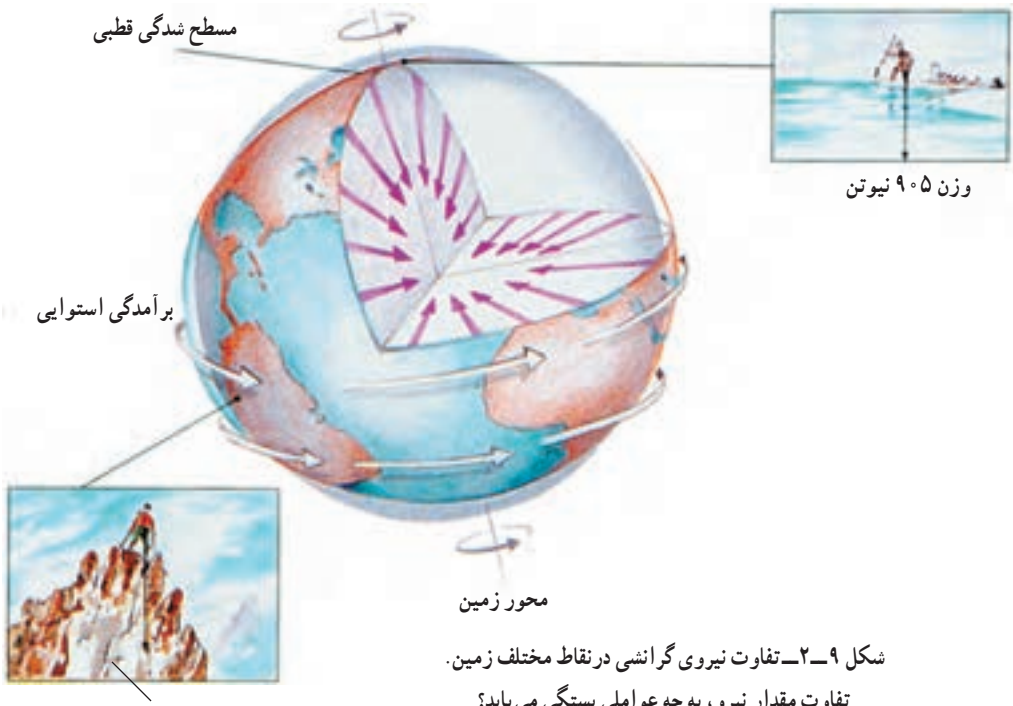
نیروی گرانشی

نیروی **گرانش** یا **جاذبه** به‌طور دائم و در همه‌جای زمین عمل می‌کند، ولی شدت آن در جاهای مختلف متفاوت است.

تغییرات شدت گرانش اطلاعات باارزشی از ساختمان زمین و ترکیب داخل آن، در نقاط مختلف، به‌دست می‌دهد.

طبق‌نظر نیوتن در قانون گرانش عمومی، بین دو جسم به جرم m و m'، صرف‌نظر از جنس آنها، همواره نیروی جاذبهٔ (F) وجود دارد. اندازهٔ این نیرو با حاصل‌ضرب جرم دو جسم نسبت مستقیم و با مجذور فاصلهٔ آنها از یکدیگر نسبت وارون دارد. قانون گرانش عمومی را به‌صورت $F = G\frac{m \times m'}{R^2}$ می‌نویسند. (G ثابت جهانی گرانش و مقدار آن $۶/۶۷۲ \times ۱۰^{-۱۱} \frac{m^3}{kgs^2}$ است).

در معادلهٔ بالا می‌توان به جای m' جرم زمین (E) و به جای m جرم هر جسمی که در بیرون از زمین قراردارد و مقدار R را هم فاصلهٔ جسم تا مرکز زمین درنظر گرفت و به‌این طریق نیروی گرانش زمین را در هر نقطه‌ای به‌دست آورد. مقدار شدت گرانش را توسط ابزاری به نام **گرانی‌سنج** اندازه‌گیری می‌کنند.

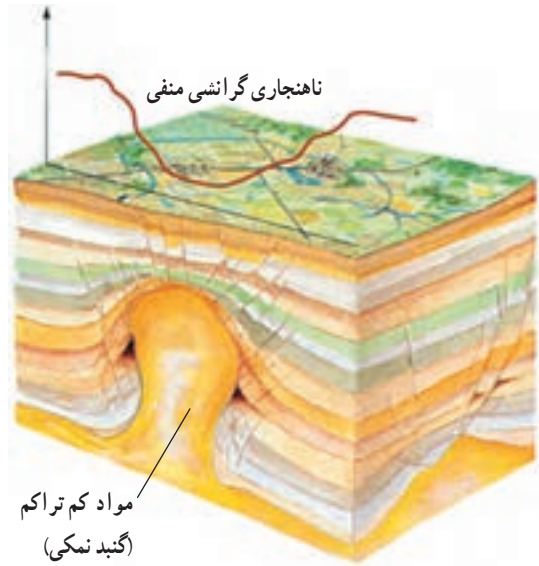


شکل ۹ــ۲ــ تفاوت نیروی گرانشی درنقاط مختلف زمین.
تفاوت مقدار نیرو، به چه عواملی بستگی می‌یابد؟

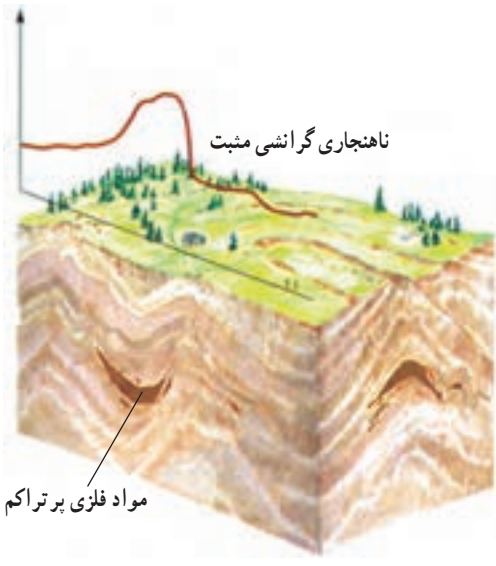
کم یا زیاد شدن شدت گرانش در هرنقطه می‌تواند اطلاعاتی دربارهٔ مواد سازندهٔ زمین در آن نقطه به ما بدهد.

ناهنجاری‌های گرانشی : حتی بعد از درنظر گرفتن تأثیر ارتفاع و عرض جغرافیایی محل، هنوز هم میزان شدت گرانشی در همه‌جای زمین مساوی نیست. تفاوت میان مقدار واقعی شدت گرانش سنجیده شده با مقدار منتظره آن در یک نقطه را **ناهنجاری گرانشی** می‌نامند. علت وجود این ناهنجاری‌ها، تفاوت در چگالی قسمت‌های داخلی زمین است که بر مقدار جرم و در نهایت، بر مقدار شدت گرانشی تأثیر می‌گذارد.

باتوجه به شکل‌های زیر، مثبت بودن یا منفی بودن نیروی گرانشی را درمی‌یابید. آیا شدت گرانشی در بستر اقیانوس‌ها که پوستهٔ زمین نازک است بیشتر نشان داده می‌شود یا در روی کوه‌ها؟



شکل ۱۰ــ۲ــ الف ــ شدت گرانشی منفی به‌علت وجود گنبد نمکی کم تراکم در زیر پوسته



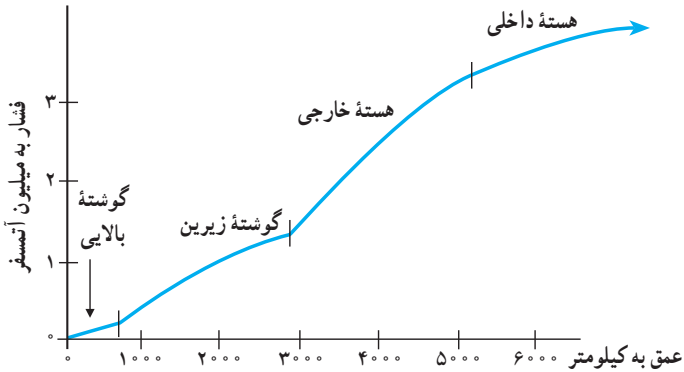
شکل ۱۰ــ۲ــ ب ــ شدت گرانشی مثبت به علت وجود سنگ‌های پرتراکم در زیر پوسته

فکر کنید

اگر نیروی گرانشی در یک منطقه از میزان متوسط آن بالاتر و در منطقه‌ای دیگر از این میزان کمتر باشد، احتمال وجود چه کانی‌هایی در این دو منطقه وجود دارد؟

فشار

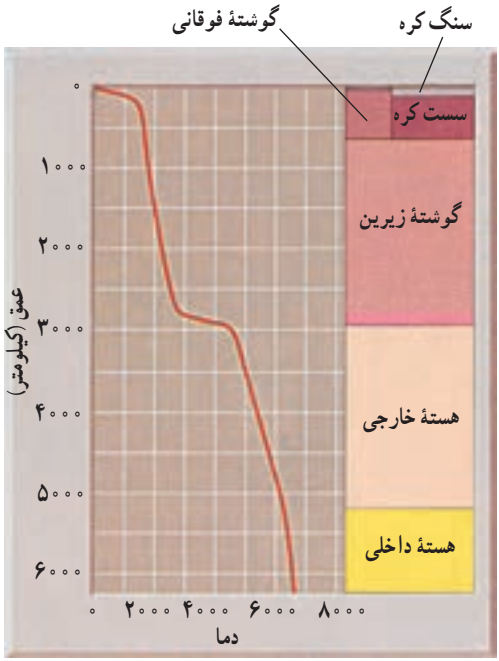
فشار درونی زمین نسبتاً به‌آسانی قابل‌برآورد است. فشار هرنقطه، در زیر سنگ‌کره، باتوجه به ضخامت و چگالی سنگ‌های فوقانی تعیین می‌شود (در سنگ‌کره تنش‌های جانبی اضافی براثر حرکت ورقه‌ها نیز ایجاد می‌شود). چنان‌که گفتیم چگالی لایه‌های مختلف را می‌توان براساس داده‌های امواج لرزه‌ای به‌دست آورد. این موضوع امکان محاسبهٔ فشار را به‌عنوان تابعی از عمق زمین فراهم می‌کند (شکل ۱۱ــ۲). فشار در مرکز زمین به بیش از ۳/۵ میلیون برابر فشارآتمسفر در سطح زمین می‌رسد.



شکل ۱۱ــ۲ــ تغییرات فشار به‌عنوان تابعی از عمق زمین

دما

دما در پوستهٔ زمین به‌ازای هر کیلومتر که به عمق برویم حدود ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. که به آن اصطلاحاً شیب زمین‌گرمایی می‌گویند. البته برای قسمت‌های عمیق‌تر این روند افزایش، کندتر می‌شود؛ زیرا در غیراین‌صورت، به‌طور مثال در عمق ۲۸۰۰ کیلومتری (تقریباً انتهای گوشته) دما باید به ۸۴۰۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد و در ۶۰۰۰ کیلومتری (هستهٔ داخلی) به ۱۸۰۰۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسید، که در



شکل ۱۲ــ۲ ــ شیب زمین‌گرمایی تخمینی در داخل زمین (تفاوت، در حدود ۵۰۰ درجه کمتر یا زیادتر از حد تخمینی است)

چنین دمایی سنگ‌ها دیگر نمی‌توانند به صورت جامد یا حتی مایع باشند. بنابراین، دمای گوشته و هسته باید خیلی کمتر از این مقادیر باشد.

بیشتر بدانید

تاکنون دانشمندان دمای مرز گوشته ــ هسته را حدود ۴۶۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد و دمای مرز هستهٔ خارجی ــ هستهٔ داخلی را حدود ۶۳۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد و در مرکز زمین متجاوز از ۶۶۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد تخمین می‌زده‌اند، اما به‌تازگی زمین‌شناسی به نام دکتر **بهلر** ترکیبی از آهن و ترکیبات آهن ــ اکسیژن را در یک محفظهٔ فشارقوی میان دو قطعه الماس تحت فشار ۱/۴ میلیون آتمسفر (معادل فشار مرز گوشته ــ هستهٔ خارجی) قرار داد و آنها را به‌وسیلهٔ لیزر تا چندهزار درجهٔ سانتی‌گراد حرارت داد. او از این آزمایش‌ها نتیجه گرفت که دمای مرز گوشته ــ هسته حدود ۳۷۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد است.

از آنجا که فشار موجود حاکم بر هسته (۳/۳ میلیون آتمسفر در عمق ۵۱۰۰ کیلومتری) خارج از توان قطعات الماس برای انجام آزمایش مشابه بود، بهلر نتیجهٔ همان آزمایش را به هسته تعمیم داد؛ لذا طبق محاسبات این دانشمند دمای هسته حدود ۴۶۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌دست آمد.

۳ زمین ساخت ورقه‌ای

امروزه زمین‌شناسان معتقدند که بخش‌های خارجی زمین یک‌پارچه نیستند و نسبت به هم در حال حرکت‌اند. اگر می‌توانستیم یک میلیارد سال به عقب برگردیم، زمین را سیّاره‌ای بسیار متفاوت با سیّارهٔ امروزی می‌یافتیم. در آن‌صورت کوه‌ها و دریاها به شکل‌های امروزی وجود نداشتند و قاره‌ها نیز به شکل‌های دیگری بودند.

در طول چند دههٔ گذشته، اطلاعات بسیار زیادی دربارهٔ زمین جمع‌آوری شده که به تحولات زیادی در علم زمین‌شناسی منجر گردیده است، البته نقطهٔ آغاز این تحولات را باید در اوایل قرن بیستم جست‌وجو کرد. در آن‌هنگام، نظریه‌ای به نام جابه‌جایی قاره‌ها توسط **آلفرد وگنر**، هواشناس و زمین فیزیک‌دان آلمانی عنوان شد که با نظریه‌های قبلی درمورد ثابت‌بودن وضعیت قاره‌ها و اقیانوس‌ها، تضاد داشت. به همین‌سبب هم، این نظریه در ابتدا با شک و تردید تلقی شد و عده‌ای حتی آن‌را به مسخره گرفتند! درواقع بیشتر از ۵۰سال زمان لازم بود تا اطلاعات کافی برای تأیید نظریهٔ جدید جمع‌آوری شود تا سرانجام آن نظریهٔ ضعیف جای خود را به نظریهٔ **زمین‌ساخت‌ورقه‌ای** بدهد. نظریه‌ای که برای نخستین بار، دید جامعی دربارهٔ فعالیت‌های درونی زمین به دانشمندان می‌داد.

عقیده‌ای پیشرفته در زمان خود

وگنر، در کتابی که در سال ۱۹۱۵ منتشر کرد، اصول عقاید خود را شرح داده است. او معتقد به وجود قاره‌ای عظیم به نام **پانگه‌آ** (به معنای همهٔ خشکی‌ها) است که درحدود ۲۰۰ میلیون سال پیش، شروع به قطعه قطعه‌شدن کرد و سرانجام قاره‌های امروزی را به‌وجود آورد (شکل ۱ــ۳).

این قاره چند میلیون سال بعد به دو قارهٔ بزرگ **لورازیا** (Laurasia) و **گندوانا** (Gondwana) تقسیم شد که اولی شامل امریکای‌شمالی، گرینلند و بیشتر قسمت‌های آسیا و اروپای امروزی است

شکل ۱ــ۳ــ بازسازی قارهٔ بزرگ پانگه آ، به‌شکلی که در حدود ۲۰۰ میلیون سال پیش بوده است.

و دومی امریکای‌جنوبی، افریقا، قطب‌جنوب، هندوستان و استرالیای کنونی را شامل می‌شده است. مساحت لورازیا و گندوانا تقریباً مساوی بوده است.

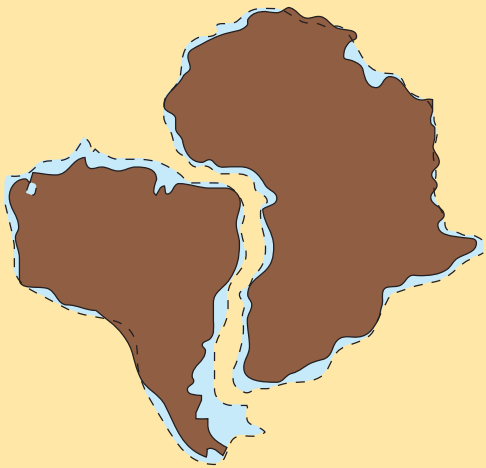
فاصلهٔ دو قارهٔ لورازیا و گندوانا را دریایی به نام **تتیس** (Tethys) پر می‌کرده است که امروزه دریاهای مدیترانه، خزر و سیاه را بازمانده‌های آن می‌دانند.

چیزی از تقسیم‌شدن پانگه‌آ نگذشته بود که امریکای‌جنوبی و افریقا نیز به‌صورت یک قطعه از گندوانا جدا شدند. بعدها با پدیدآمدن اقیانوس اطلس جنوبی، این دو قاره نیز از همدیگر مجزا گشتند. در حدود ۶۵ میلیون سال قبل اقیانوس اطلس توسعهٔ بیشتری به سمت شمال یافت، استرالیا از قطب‌جنوب جدا شد و هندوستان نیز شروع به حرکت به سمت شمال و پیوستن به آسیا کرد.

البته، برای اثبات چنین ادعایی، ارائهٔ شواهد مختلفی لازم می‌آمد که بعضی از آنها در زمان وگنر و برخی دیگر توسط محققان مختلف، در طول سالیان بعد عنوان شده‌اند. به‌طور کلی دلایلی که در کتاب وگنر برای درست بودن نظریهٔ جابه‌جایی قاره‌ها ارائه شده‌اند عبارت‌اند از :

۱ــ انطباق حاشیهٔ قاره‌ها : وگنر، شباهت زیادی را میان دو حاشیهٔ شرقی امریکای‌جنوبی و غربی افریقا یافته بود، و همین شباهت ظاهری می‌توانست دلیل براین موضوع باشد که درگذشته، این دو قاره به‌هم متصل بوده و بعدها ازهم جدا شده‌اند.

فکر کنید

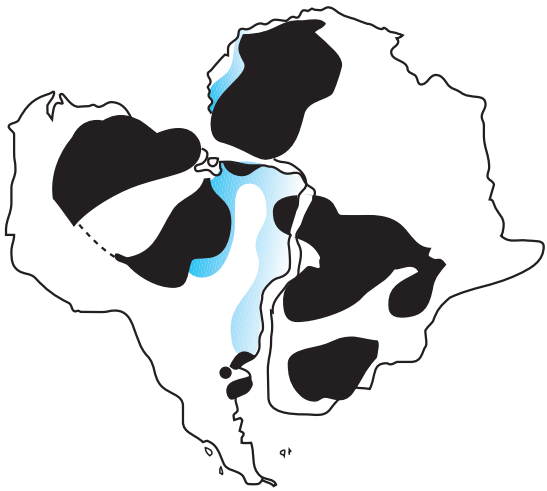


امروزه، که دلایل بیشتر و دقیق‌تری برای نظریهٔ جابه‌جایی قاره‌ها جمع‌آوری شده، محل انطباق حاشیهٔ قاره‌ها را در محل شیب قاره درنظر می‌گیرند، نه خط ساحلی. با توجه به شکل مقابل هم می‌بینید که قاره‌ها در محل خطوط ساحلی کاملاً برهم منطبق نیستند. زمین‌شناسان زمان وگنر نیز به‌همین صورت ادعای او را نپذیرفتند. به‌نظر شما آنان چرا این دلیل را سست می‌شمردند؟

۲ــ سنگواره‌ها : با فرض درست بودن جابه‌جایی قاره‌ها باید گفت در گذشته‌های دور، جانوران و گیاهان مشابهی روی قاره‌های متصل وجود داشته‌اند. بعضی ازسنگواره‌هایی که امروزه در روی دو قارهٔ مجاور هم پیدا می‌شوند، حاکی از آن‌اند که در گذشته، آن قاره‌ها یکپارچه بوده‌اند. مثلاً نمونه‌های سنگواره یا فسیل نوعی خزندهٔ قدیمی در جاهایی چون قارهٔ قطب‌جنوب، افریقا، استرالیا و ماداگاسکار یافت شده که مربوط به ۲۰۰ میلیون سال قبل است. فسیل‌هایی از سرخس‌های قدیمی (گانگاموپتریس) نیز در این مناطق به‌دست آمده است. به‌طوری که می‌دانید، این قاره‌ها امروزه ازهم بسیار دورند و بعید است که فرایند تکامل در روی آنها به‌طور مشابه و همزمان رخ داده باشد.

شکل ۲ــ۳ــ در قسمت‌هایی از دوقارهٔ افریقا و امریکای‌جنوبی، سنگواره‌های کاملاً مشابهی را می‌توان یافت.

۳ــ اقسام سنگ ها و شباهت‌های ساختاری : اگر قاره‌ها در گذشته به‌هم متصل بوده‌اند، قاعدتاً باید سنگ‌هایی مربوط به زمان‌های گذشته که امروز در آنها یافت می‌شود، از لحاظ سن و جنس مشابه باشند. وجود چنین شباهتی میان سنگ های شمال غرب افریقا و شرق برزیل به اثبات رسیده است. تشابه سنگ‌ها طوری است که فقط با فرض متصل بودن قاره‌ها به‌هم در گذشته های بسیار دور قابل توجیه است (شکل ۳ــ۳).



شکل ۳ــ۳ــ انطباق سنگ‌های منطقه‌ای از حاشیهٔ دو قارهٔ افریقا و امریکای‌جنوبی، دلیل دیگری بر اتصال این دو قاره در گذشته است.

۴ــ آب و هوا : در قسمت‌هایی از قاره های واقع در نیم کرهٔ جنوبی که امروزه درحدود منطقهٔ استوا قرار دارند، آثار یخچالی مشاهده شده است وگنر نتیجه گرفت که درگذشته، همهٔ آن مناطق در محل قطب و درکنار همدیگر واقع بوده‌اند (شکل ۴ــ۳).

شکل ۴ــ۳ــ اگر قاره‌ها براساس نظر وگنر بازسازی شوند، محل قرارگرفتن یخچال‌ها و جهت گسترش آنها معین خواهد بود.

عقاید موافق و مخالف

وگنر، چون از خواص مکانیکی قسمت‌های مختلف پوستهٔ زمین آگاهی نداشت، فقط قاره‌ها را به‌صورت شناور در روی گوشته تصور می‌کرد. ولی دربارهٔ وضع بستر اقیانوس‌ها تصوری

نداشت. با این فرض، نیروی زیادی برای به‌حرکت درآوردن قاره‌ها لازم نبود. وگنر نیروی ناشی از چرخش زمین یا نیروی جزر و مد را برای به حرکت درآوردن قاره‌ها کافی می‌دانست. اما مسئله به‌این سادگی‌ها هم نبود؛ زیرا بستر اقیانوس‌ها محکم است و چنین نیست که قاره‌ها به‌آسانی بتوانند بر روی آنها حرکت کنند. بااین ترتیب، مسئلهٔ جابه‌جایی قاره‌ها تا پیدا شدن دلایل کافی، همچنان مسکوت ماند.

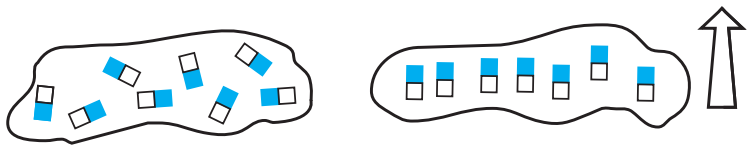
اگرچه بیشتر معاصران وگنر، با نظریات او مخالف بودند، ولی هولمز در کتاب **زمین‌شناسی فیزیکی** خود پیشنهاد کرد که وجود جریان‌های کنوکسیون در داخل گوشتهٔ زمین می‌تواند دلیل احتمالی حرکت قاره‌ها باشد. نظریهٔ هولمز هنوز هم با آنکه تاکنون زمین‌شناسان درمورد عوامل حرکت‌دهندهٔ قاره‌ها به توافق عمومی نرسیده‌اند، از اعتبار برخوردار است.

مغناطیس دیرین

مسئلهٔ جابه‌جا شدن قاره‌ها برای بار دوم وقتی برسر زبان‌ها افتاد که عده‌ای به کاوش در بستر اقیانوس‌ها علاقه‌مند شدند. محققان اولیهٔ مغناطیس سنگ‌ها، می‌خواستند تغییرات قدیمی میدان مغناطیسی زمین را تعیین کنند تا بلکه به ماهیت امروزی این میدان، بهتر پی‌ببرند. زمین علاوه بر دو قطب شمال و جنوب جغرافیایی، دو قطب شمال و جنوب مغناطیسی نیز دارد، اما این قطبین جغرافیایی و مغناطیسی، برهم منطبق نیستند. روشی که در مطالعهٔ دیرین به‌کار می‌رود، بر پذیرش این واقعیت استوار است که در بعضی از سنگ‌ها، کانی‌هایی وجود دارند که به‌عنوان قطب‌نماهای فسیل عمل می‌کنند. این نوع کانی‌ها (مثلاً مانیتیت) در گدازه‌های بازالتی فراوان‌اند. بعد از آنکه گدازه سرد و دمای آن از «نقطهٔ کوری» پایین‌تر رفت، کانی‌های یادشده تحت تأثیر میدان مغناطیسی زمین قرار می‌گیرند و در جهت میدان مغناطیسی زمین، خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند (شکل ۶ــ۳)، که اگر دوباره تا دمای کوری گرم نشوند، به‌طور دائم وضعیت جهت‌یافتگی مغناطیسی خود را حفظ می‌کنند. بنابراین، مغناطیس

شکل ۵ ــ۳ــ مقدار زاویهٔ میل مغناطیسی، ازصفر (در استوا) تا ۹۰° (درقطب) تغییر می‌کند.

موجود در این کانی‌ها می‌تواند وضعیت میدان مغناطیسی گذشتهٔ زمین را روشن کند و به‌اصطلاح، موقعیت قطبینِ مغناطیسی زمین را در لحظهٔ انجماد سنگ، «به یاد خواهد آورد».



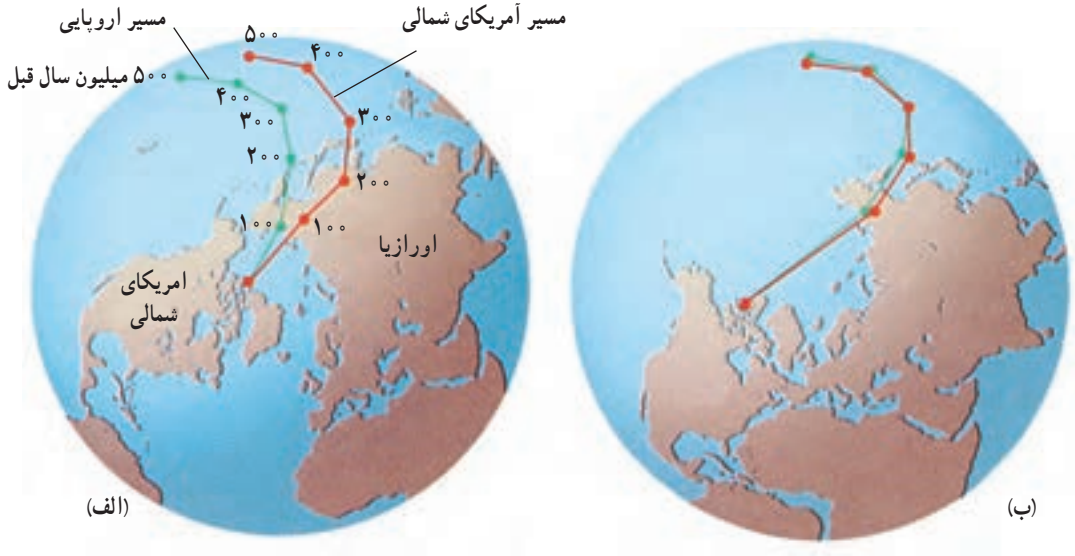
شکل ۶ــ۳ــ کانی‌های آهنربایی موجود در گدازه‌ها چگونه می‌توانند جهت میدان مغناطیسی گذشته‌های دور زمین را مشخص کنند؟

فکر کنید

نکتهٔ مهم دیگر در مغناطیس سنگ‌ها، گذشته از مشخص‌کردن محل قطبین (مانند قطب‌نما)، نشان دادن عرض جغرافیایی مربوطه است (چگونه؟).

مطالعه‌ای که در دههٔ ۱۹۵۰، در اروپا روی مغناطیس دیرین انجام گرفت، به کشف ارزنده‌ای منجر شد. به این معنا که آرایش دانه‌های مانیتیت موجود در گدازه‌های زمان‌های مختلف، کاملاً باهم تفاوت داشت. هنگام ترسیم نقشه‌ای برای تعیین محل قطب‌شمال مغناطیسی در طول ۵۰۰ میلیون سال گذشته، معلوم شد که محل قطب تدریجاً از نزدیک جزایر هاوایی به سمت شمال حرکت کرده و از شرق سیبری گذشته و سرانجام به محل امروزی خود رسیده است. با این ترتیب، معلوم بود که یا نوعی **سرگردانی قطبی** در طول زمان وجود داشته، یا آنکه قاره‌ها جابه‌جا شده‌اند. با آنکه قطبین مغناطیسی جای خود را عوض می‌کنند، مطالعه بر روی میدان مغناطیسی زمین نشان می‌دهد که قطبین مغناطیسی تقریباً همیشه در نزدیکی قطبین جغرافیایی قرار می‌گیرند (به همین‌سبب هم هست که احتمال می‌دهند خاصیت مغناطیسی زمین، حاصل چرخش آن به‌دور محورش باشد). اگر قطب‌های جغرافیایی سرگردانی قابل‌ملاحظه‌ای نداشته باشند ــ که ما نیز به این واقعیت معتقدیم ــ قطب‌های مغناطیسی هم نباید زیاد جابه‌جا شوند. در این‌صورت، تنها دلیل سرگردانی قطبی را می‌توان به جابه‌جا شدن قاره‌ها نسبت داد.

شواهد بهتری برای سرگردانی قطبی زمانی حاصل شد که زمین‌شناسان امریکایی نیز درصدد برآمدند مطالعه‌ای در این مورد انجام دهند (شکل ۷ــ۳). باکمال تعجب، میان منحنی حاصل از مطالعات اروپائیان و امریکایی‌ها شباهت زیادی وجود داشت به‌طوری‌که بین آن‌دو فقط معادل ۳۰ درجه طول جغرافیایی فاصله بود. آیا در گذشته دو قطب شمال مغناطیسی وجود داشته است؟ این احتمال، بسیار ضعیف است



شکل ۷ــ۳ــ طرح ساده‌شدهٔ سرگردانی قطبی که حاصل دو اندازه‌گیری جداگانه در سنگ‌های اروپا و امریکا بوده است(الف). موقعیت سنگ‌ها بعد از انطباق دو قاره(ب). از مقایسهٔ دوشکل، چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

و این پدیده را تنها درصورتی می‌توان درست توجیه کرد که دو قاره را نزدیک همدیگر قرار بدهیم.

با این همه، یافته‌های مغناطیس دیرین هم نتوانست کمک چندانی به اثبات نظریهٔ جابه‌جایی قاره‌ها بکند؛ زیرا مغناطیس‌سنجی روشی جدید بود و هنوز مورد تأیید قرار نداشت. گذشته از آن، خاصیت مغناطیسی سنگ‌ها به‌مرور ضعیف می‌شود یا سنگ‌ها می‌توانند مجدداً مغناطیسی شوند.

سرآغاز یک تحول فکری

درطول دو دههٔ ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰، اطلاعات زیادی دربارهٔ جزئیات ساختمانی بستر اقیانوس‌ها به‌دست آمد. از جمله، معلوم شد که :

۱ــ رشته کوه‌های بسیار طویل در اقیانوس‌ها وجود دارد. بررسی این رشته‌کوه در وسط اقیانوس اطلس، موازی بودن آن‌را با ساحل دوطرف آشکار کرد.

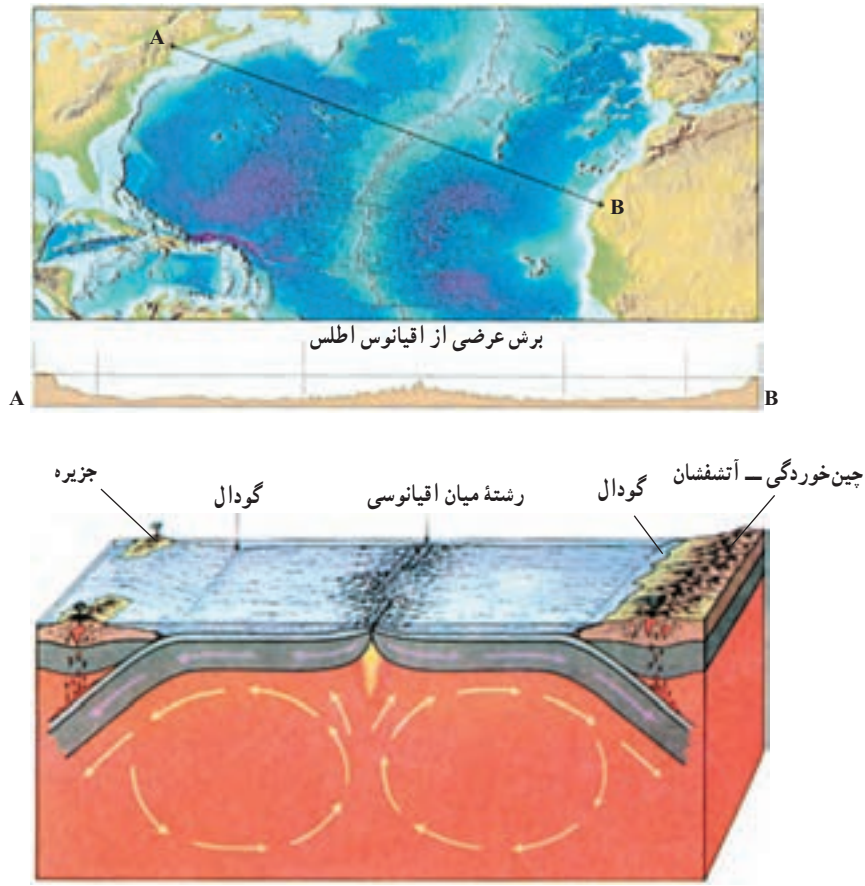
۲ــ جریان گدازه‌ها و فعالیت‌های آتشفشانی در محل رشته‌کوه میان اقیانوس مشاهده شد.

۳ــ مطالعات لرزه‌شناسی نشان داد که دراعماق پوستهٔ اقیانوسی، فعالیت‌هایی درکار است.

۴ــ نمونه‌برداری از سنگ‌های بستر اقیانوس، در هیچ‌نقطه سنگ‌هایی قدیمی‌تر از ۲۰۰ میلیون سال را نشان نداد. دراین‌صورت، آیا می‌توان گفت بستر اقیانوس‌ها می‌توانند ازلحاظ زمین‌شناسی پدیده‌های جوانی باشند؟

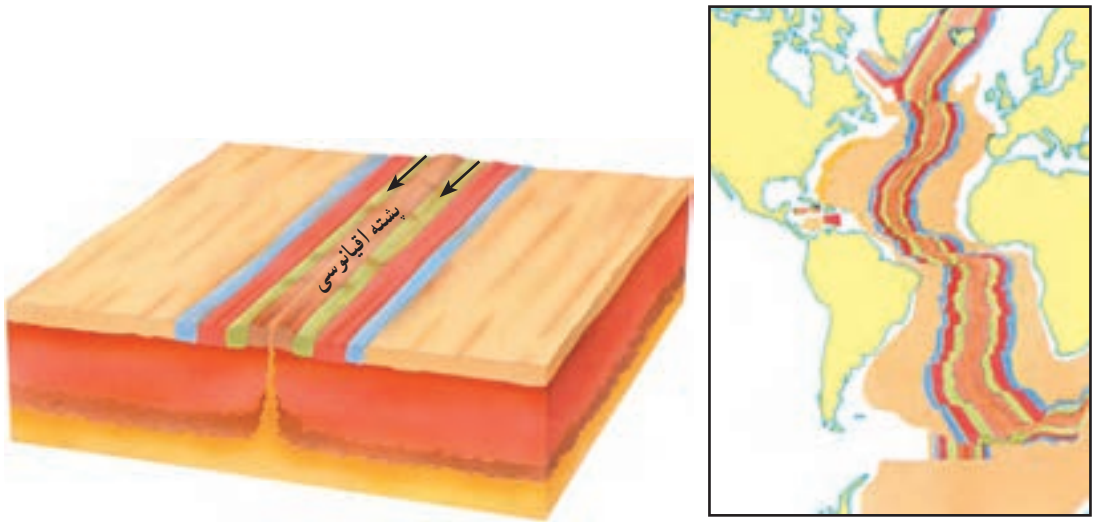
گسترش بستر اقیانوس‌ها: دراوایل دههٔ ۱۹۶۰، **هری هس**، زمین‌شناس امریکایی، این واقعیت‌ها را کنارهم گذاشت و از مجموعهٔ آنها فرضیهٔ گسترش بستر اقیانوس‌ها را ارائه داد.

فرضیهٔ هس این بود که، بستر اقیانوس‌ها درمحل جریان‌های کنوکسیونی ویژه‌ای که در گوشته رخ می‌دهند پدید می‌آید (شکل۸ــ۳). با خروج مواد از گوشته، بستر اقیانوس به دوطرف رانده می‌شود، پس مواد مذاب جایی برای بیرون آمدن و پخش شدن پیدا می‌کنند. دراین‌صورت، پوستهٔ جدیدی در محل شکاف تشکیل می‌شود. هس، همچنین اعلام داشت که به‌جبران این افزوده‌شدن بر پوستهٔ اقیانوسی، در محل گودال‌های عمیقی که در حاشیهٔ بعضی از اقیانوس‌ها قرار دارند و درازگودال نامیده می‌شوند، پوستهٔ اقیانوسی قدیمی‌تر به درون گوشته کشانده و کم‌کم هضم می‌شود. پس، پوستهٔ اقیانوسی گذشته از جوان بودن، دائماً درحال تجدید شدن است.



شکل ۸ــ۳ــ گسترش بستر اقیانوس (فرضیهٔ هری‌هس) براساس این مدل، فرضیه را تفسیر کنید.

هم‌زمان با هس، عده‌ای ژئوفیزیکدان نظریهٔ وارونه‌شدن میدان مغناطیسی زمین را ارائه دادند آنها دریافته بودند که جهت میدان مغناطیسی زمین در گذشته، چندین‌بار وارونه شده، یعنی قطب‌شمال مبدل به قطب‌جنوب و بالعکس شده است. شواهد این تغییر جهت میدان مغناطیسی، از مطالعه روی گدازه‌ها و رسوبات بستر دریا در نقاط مختلف جهان حاصل آمد. بعد از تأیید این پدیده، دانشمندان به‌فکر افتادند تا نوعی مقیاس زمانی برای آن تدوین کنند. دراین‌میان، فقط کافی بود که جهت میدان در گدازه‌های مربوط به اعصار مختلف، تعیین شود (شکل ۹ــ۳).

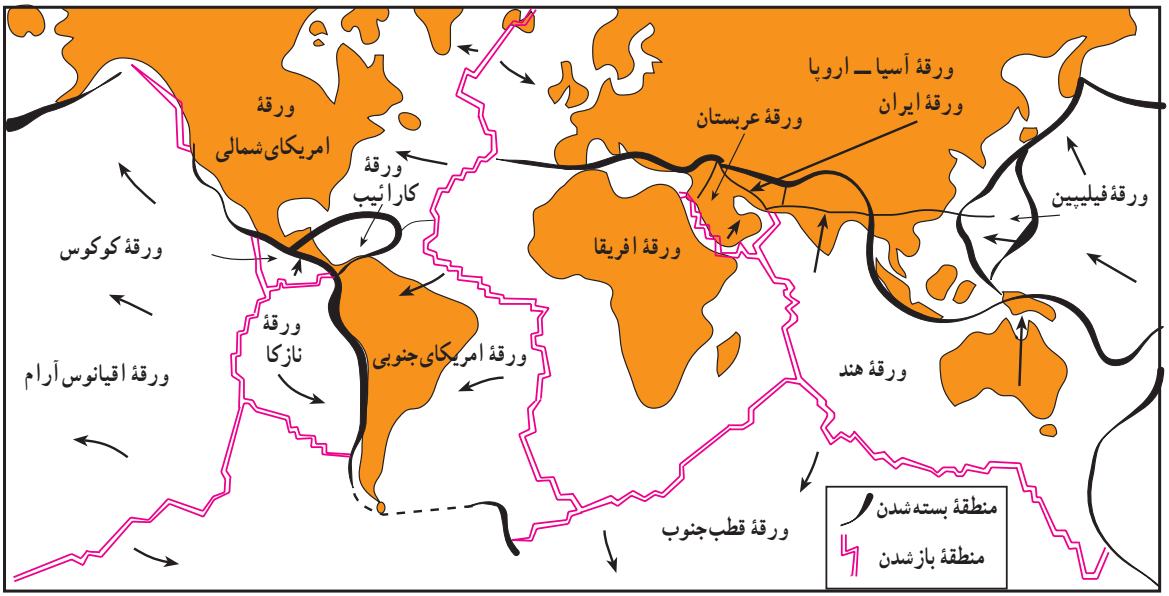


شکل ۹ــ۳ــ باتوجه به این شکل‌ها، آیا می‌توان گفت که شواهد مغناطیسی، فرضیهٔ گسترش بستر اقیانوس‌ها را تأیید می‌کند؟

نظریهٔ زمین‌ساخت ورقه‌ای

درسال ۱۹۶۸، از نظریه‌های جابه‌جایی قاره‌ها و گسترش بستر اقیانوس‌ها، نظریهٔ کامل‌تری به نام **زمین‌ساخت ورقه‌ای** (تکتونیک ورقه‌ای) ارائه شد. این تئوری چنان جامع است که بیشتر فرایندهای زمین‌شناسی را به‌کمک آن می‌توان تعبیر کرد.

براساس نظریهٔ زمین‌ساخت ورقه‌ای، سنگ‌کره (لیتوسفر) خارجی و جامد شامل ۷ ورقهٔ بزرگ و تعدادی ورقهٔ کوچک‌تر است (شکل ۱۰ــ۳). دراین‌میان، بزرگ‌ترین ورقه را ورقهٔ اقیانوس آرام تشکیل می‌دهد که در همه‌جا از آب پوشیده شده است. بقیهٔ ورقه‌های بزرگ، قسمت‌هایی از خشکی و دریا را باهم شامل‌اند. با این‌ترتیب، دیگر نمی‌توان به نظریهٔ قدیمی **جابه‌جا شدن قاره‌ها** به‌تنهایی فکر



شکل ۱۰ــ۳ــ لیتوسفر از تعدادی ورقه تشکیل شده است که نسبت به‌هم حرکت می‌کنند (مرز ورقه‌ها با خطوط رنگی و سیاه مشخص شده و پیکان‌ها جهت حرکات ورقه‌ها را نشان می‌دهند. ورقهٔ افریقا ثابت فرض شده است).

کرد، بلکه باید گفت که بستر اقیانوس نیز همراه قاره‌ها در حرکت است.

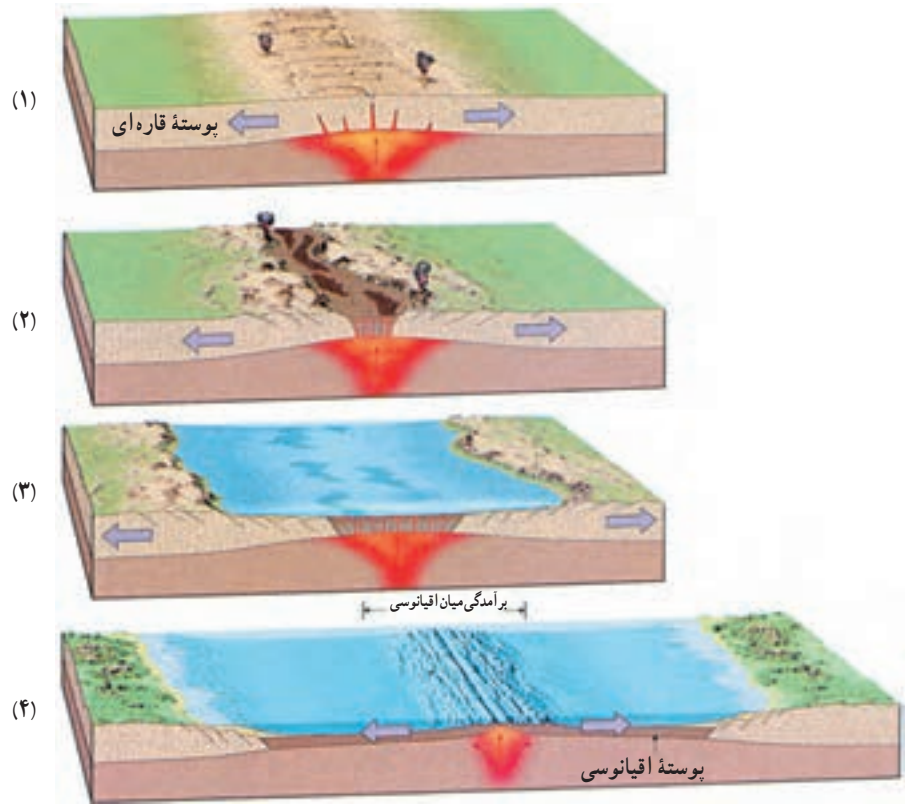
ضخامت ورقه‌ها در محل اقیانوس‌ها اندک است و بین ۸ تا ۱۲ کیلومتر (در محل حوضه‌های عمیق اقیانوسی) تغییر می‌کند. در مقابل، ورقه‌ها در زیر قاره‌ها بین ۷۰ تا ۱۰۰ کیلومتر و گاهی بیشتر، ضخامت دارند. ماهیت روان‌بودن نسبی سست‌کره، امکان حرکت سنگ‌کرهٔ جامد را فراهم می‌آورد.

حرکت ورقه‌ها نسبت به هم، به سه شکل مختلف زیر می‌تواند صورت بگیرد :

۱ــ حرکت دورشونده (واگرا) : در چنین محل‌هایی، ورقه‌ها از خط مرکزی رشته‌کوهی که در بستر دریا پدید می‌آید، فاصله می‌گیرند. فاصلهٔ ایجاد شده را مواد مذابی که از درون زمین و سست‌کرهٔ داغ بالا می‌آیند، پر می‌کنند. با این ترتیب، پس از سردشدن آن مواد، پوستهٔ اقیانوسی جدیدی (لیتوسفر) دربین دو ورقهٔ دورشونده پدید می‌آید.

بستر اقیانوس اطلس، درفاصلهٔ ۱۶۰ میلیون سال گذشته به‌همین ترتیب، شکل گرفته‌است (گسترش بستر اقیانوس‌ها). سرعت متوسط باز شدن بستر دریاها، حدود ۵ سانتی متر درسال است. همین سرعت اندک باعث شده است که بستر اقیانوس‌ها درطول ۲۰۰ میلیون سال اخیر ایجاد شود.

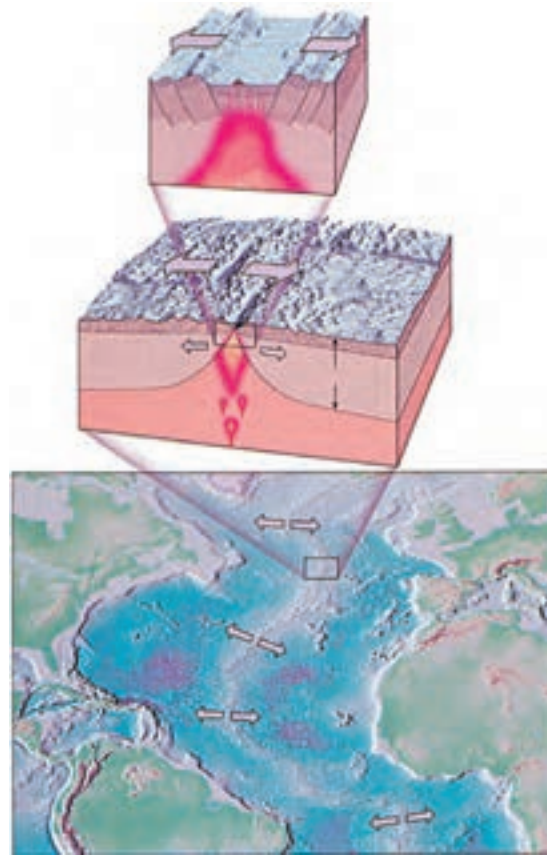
در امتداد حاشیه‌های دورشونده، برآمدگی‌هایی ایجاد شده است که طول مجموعهٔ آنها در اقیانوس‌های جهان، به‌حدود ۶۰ هزارکیلومتر می‌رسد (شکل ۱۱ــ۳).



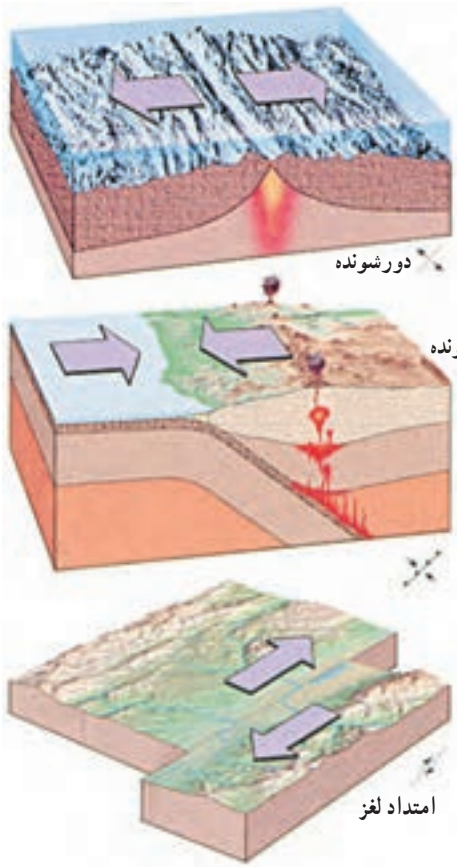
شکل ۱۱ــ۳ــطرز تشکیل اقیانوس جدید درمحل دورشدن ورقه‌ها

مراکز گسترش، فقط محدود به وسط اقیانوس‌ها نیستند. دریای سرخ، دریای جوانی است که قدمت چندانی ندارد و براثر جداشدن شبه‌جزیرهٔ عربستان از افریقا پدید آمده است. اگر عمل بازشدن در روی قاره‌ها صورت بگیرد، قاره از هم می‌شکافد و در محل شکاف، ماگمای داغ بیرون می‌ریزد و در آنجا، قله‌های آتشفشانی تشکیل می‌شود. در شرق افریقا، هم‌اکنون، پدیدهٔ باز شدن پوستهٔ قاره‌ای مشهود است و کوه‌های آتشفشانی **کلیمانجارو** و **کنیا** نیز حاصل همان فعالیت‌ها هستند. اگر این محل همچنان فعال بماند، شرق افریقا از این قاره جدا خواهد شد. گفته می‌شود که شبه‌جزیرهٔ عربستان نیز در چندمیلیون سال پیش، به همین‌ترتیب از افریقا جدا شده است.

درمحل ورقه‌های دورشونده، مرتباً سنگ‌کرهٔ جدید تشکیل می‌شود. اگر پدیدهٔ جبرانی وجود نداشته باشد، باید بر وسعت زمین همچنان افزوده شود. حال‌آنکه سطح زمین مقداری ثابت است؛ یعنی در مناطقی باید قسمتی از سنگ‌کره ازبین برود. محل برخورد ورقه‌های نزدیک‌شونده، ازاین‌جمله است.



شکل ۱۲ــ۳ــ چگونگی دورشدن تدریجی دو قاره و وسیع‌شدن اقیانوس، که در بین آنها تشکیل می‌شود. عامل ایجاد این پدیده چیست؟

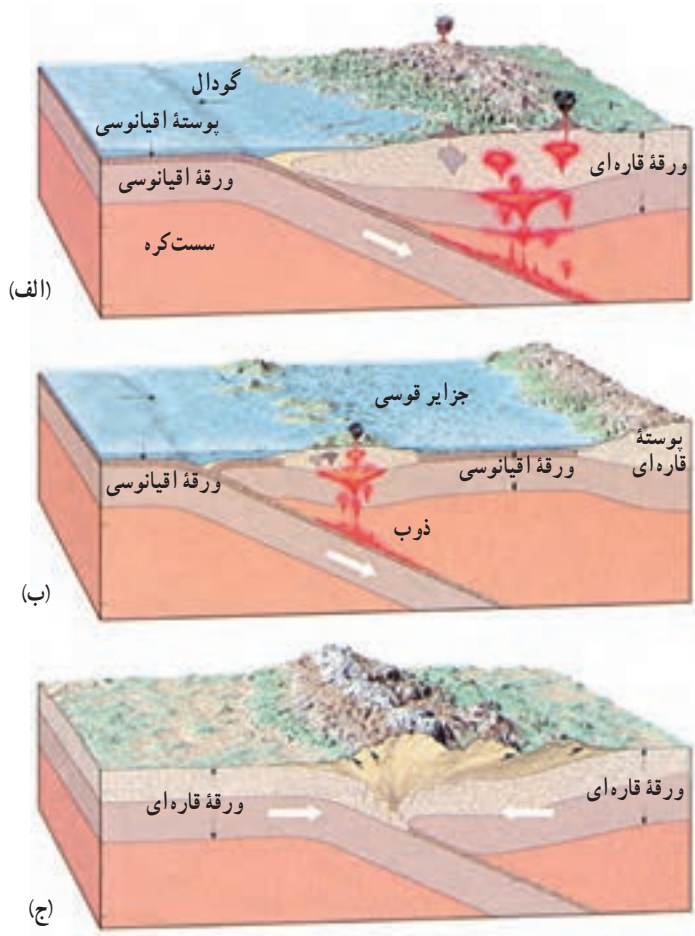


شکل ۱۳ــ ۳ــ حالت‌های مختلف حرکت ورقه‌های سازندهٔ پوستهٔ زمین نسبت به‌هم. مثال‌ها را در متن جست‌وجو کنید.

۲ــ حرکت نزدیک‌شونده (همگرا) : دراین محل‌ها، معمولاً یک ورقه به زیر ورقهٔ دیگر رانده می‌شود، این نوع مرزها، در محل گودال‌های عمیق اقیانوسی قرار دارند.

بسته به‌اینکه ورقه‌های نزدیک‌شونده از چه‌نوعی باشند، پدیدهٔ حاصل به یکی از صورت‌های زیر خواهد بود :

الف) همگرایی ورقهٔ اقیانوسی با ورقهٔ قاره‌ای، ورقهٔ اقیانوسی خم می‌شود و به زیر می‌رود و به تدریج در گوشته هضم می‌شود که این فرایند را اصطلاحاً فرورانش می‌گویند. در این‌حال، مقداری از رسوبات را نیز همراه خود به پایین می‌کشاند. وقتی این مواد به عمقی درحدود یک‌صد کیلومتر می‌رسند، دچار **ذوب‌بخشی** می‌شوند که حاصل آن، ایجاد ماگمایی با ترکیب بازالتی و آندزیتی است. چنین ماگماهایی از



شکل ۱۴ــ۳ــ مناطق برخورد دو ورقه، الف) اقیانوسی، قاره‌ای ــ ب) اقیانوسی، اقیانوسی ج) قاره‌ای، قاره‌ای. پدیده‌های حاصل از هر برخورد چیست؟

سنگ‌های اطراف محل خود سبک‌ترند. بنابراین، وقتی مقدارشان بـه اندازهٔ کافی زیاد شد، حرکتی آرام را به سمت بالا درپیش می‌گیرند و در میان لایه‌ها، منجمد و متبلور می‌شوند (سنگ‌های آذرین درونی). مقداری از این ماگما هم ممکن است به سطح زمین برسد و آتشفشان‌هایی از نوع انفجاری را باعث شود (شکل ۱۴ ــ۳ ــ الف).

ب) همگرایی دو ورقهٔ اقیانوسی، یکی به زیر دیگری فرو می‌رود و پدیدهٔ آتشفشانی مشابه حالت قبل رخ می‌دهد. اما این‌بار، محل آتشفشان‌ها در بستر دریاست نه در روی خشکی. اگر فوران این آتشفشانی‌ها ادامه یابد، ممکن است بعد از مدتی جزایر آتشفشانی در دریا پدید آیند که به **جزایر قوسی**

معروف‌اند (درکنار جزایر قوسی امروزی هم گودال‌های اقیانوسی مشاهده می‌شود.) (شکل ۱۴ــ۳ــ ب).

ج) **همگرایی دو ورقهٔ قاره‌ای، هیچ‌یک، به داخل گوشته فرو نمی‌رود؛ زیرا چگالی هردو، کم و تقریباً یکسان است.** نتیجهٔ چنین برخوردی، ایجاد کوه است. تصور می‌رود که سرزمین هندوستان، در گذشته‌های دور از قارهٔ آسیا جدا بوده و درحین حرکت از نوع نزدیک‌شونده، به آن برخورد کرده و رشته کوه هیمالیا را بوجود آورده است . رشته کوه‌های بزرگ اورال، آلپ و آپالاش نیز نتیجهٔ چنین برخوردهایی هستند. رشته کوه زاگرس نیز باید حاصل برخورد ورقهٔ عربستان به قارهٔ آسیا باشد. البته، درمحل همهٔ رشته کوه‌های گفته شده، قبل از برخورد، دریایی وجود داشته و رسوباتی در آنجا ته‌نشین می‌شده است. فشار حاصل از برخورد دو ورقه، آن رسوبات را چین داده و به‌صورت کوه درآورده است (شکل ۱۴ــ۳ ــ ج).

۳ــ حرکت امتداد لغز : در این‌نوع حرکت، پوستهٔ جدید ایجاد یا تخریب نمی‌شود؛ زیرا دو ورقهٔ مجاور، در کنارهم می‌لغزند، بنابراین، عملاً دراین محل‌ها گسل‌های متعددی وجود دارد و زلزله‌های مکرّری رخ می‌دهد.

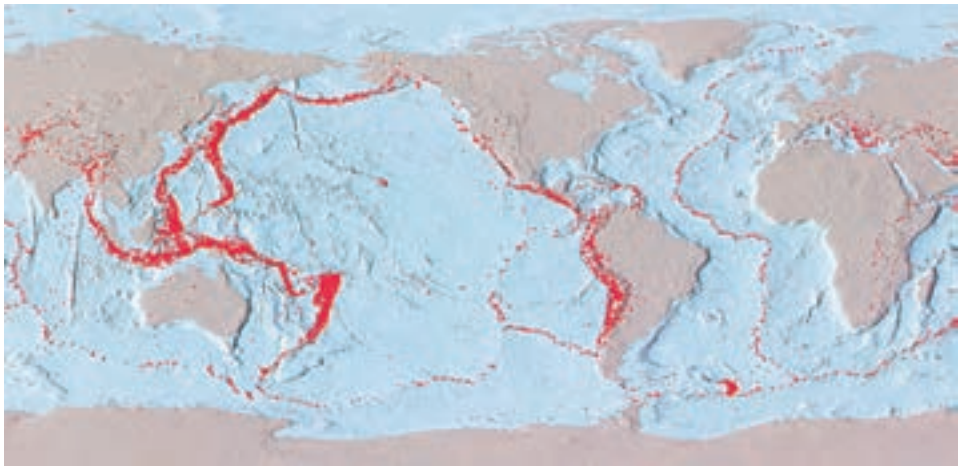
در سال ۱۹۶۵، **توزو ویلسون**، زمین‌شناس کانادایی با مطالعه این‌نوع گسل‌های امتداد لغز و بزرگ، کمربندهای فعال زمین را به‌هم ارتباط داد و برای نخستین بار، ایدهٔ وجود ورقه‌های تشکیل‌دهندهٔ لیتوسفر زمین و مرز آنها را ارائه داد.

آزمون مدل نظریهٔ زمین‌ساخت ورقه‌ای

با ارائهٔ فرضیهٔ زمین‌ساخت ورقه‌ای، محققان شاخه‌های گوناگون علم زمین‌شناسی، شروع به آزمون این فرضیه کردند. درنتیجهٔ این رویکرد علاوه بر دلایلی که در ابتدای این فصل برای جابه‌جا شدن قاره‌ها آورده شد، شواهد زیادتری مبنی بر درست‌بودن آن نظریه یافت شد.

زمین‌ساخت ورقه‌ای و پراکندگی زمین لرزه‌ها : درسال ۱۹۶۸، یعنی در همان‌زمان که نظریهٔ زمین‌ساخت ورقه‌ای ارائه شد، سه لرزه‌شناس، مقاله‌ای منتشر کردند که نشان می‌داد چگونه نظریهٔ مذکور با توزیع نقاط لرزه‌خیز جهان هماهنگی دارد (شکل ۱۵ــ۳). شما نیز نقشهٔ توزیع زمین لرزه‌ها را دقیقاً با الگوی ورقه‌ها (شکل ۱۰ــ۳) مقایسه کنید. جالب آن‌است که در نزدیکی دراز گودال‌های عمیق اقیانوسی، فراوانی زمین‌لرزه‌ها زیادتر از نقاط دیگر است (چرا؟). نظیر چنین‌حالتی را در کنار ژاپن و حاشیهٔ غربی امریکای جنوبی می‌توان ملاحظه کرد.

حفاری در بستر اقیانوس : در فاصلهٔ سال‌های ۱۹۶۸ تا ۱۹۸۳، حفاری‌هایی در ۱۰۹۲ نقطه، درمیان رسوبات بستر اقیانوس‌ها صورت گرفته است. هدف از این فعالیت‌ها، دستیابی به اطلاعاتی دربارهٔ



شکل ۱۵ــ۳ــ مراکز ۳۰۰۰۰ زلزله‌ای که در فاصلهٔ سالیان ۱۹۶۱ تا ۱۹۶۷ در روی زمین رخ داده‌اند، دراین نقشه پیداست. چه استنباطی درمورد آنها می‌کنید؟

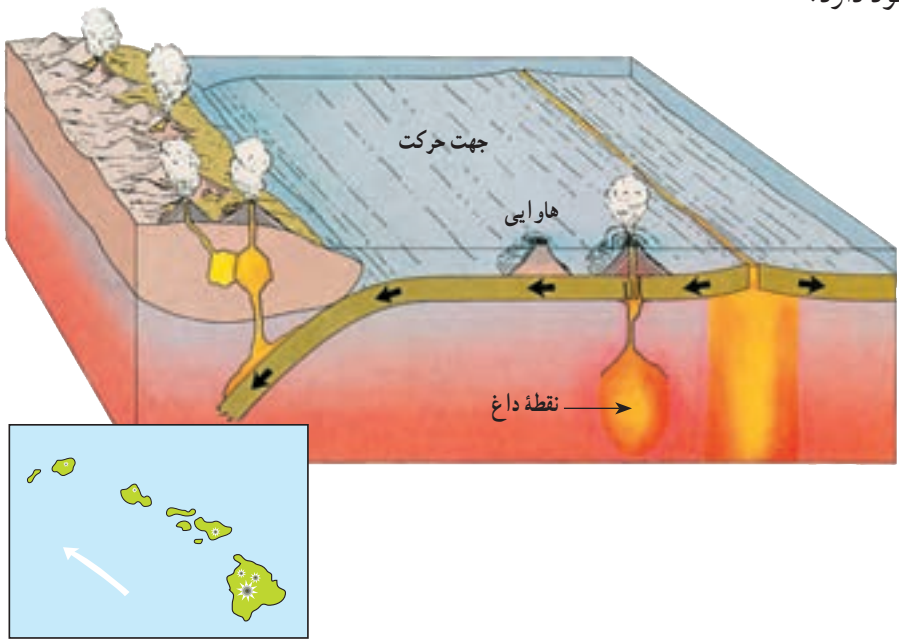
سن حوضه‌های اقیانوسی بود. محققان، با دستیابی مستقیم به نمونهٔ رسوبات نواحی عمیق اقیانوس‌ها توانستند درست بودن فرضیهٔ گسترش بستر اقیانوس‌ها را بیازمایند. درهنگام تعیین سن رسوبات، نمونه‌ها نشان دادند که هرچه ازمحل رشته کوه‌های میان‌اقیانوسی دورتر می‌شویم، عمر رسوبات زیادتر می‌شود (این یافته را چگونه تفسیر می‌کنید؟). حداکثر عمری که برای رسوبات قدیمی تعیین شد، ۲۰۰ میلیون سال بود، حال آنکه سن بعضی از سنگ‌های روی قاره‌ها به ۴ میلیارد سال نزدیک است. ضمناً، در محل رشته کوه‌های میان‌اقیانوسی، رسوبی یافت نمی‌شد.

اندازه‌گیری‌های انجام شده در اقیانوس‌ها، نشان داد که سرعت رسوب‌گذاری، چیزی درحدود یک‌سانتی‌متر در هزار سال است. اگر قرار بود که بستر اقیانوس‌ها بسیار قدیمی باشد، بایستی رسوباتی به ضخامت چندین کیلومتر در آنها یافت می‌شد، حال آنکه حداکثرضخامت رسوبات بیشتر از چندصدمتر نشان داده نشد.

نقاط داغ : نقشه‌برداری از برآمدگی‌های زیر دریا در اقیانوس‌آرام، رشته‌ای ازجزایر آتشفشان را از جزایر هاوایی تا محل گودال الئوشین (نزدیک آلاسکا) نشان داد.

پس‌از تعیین سن آتشفشان‌ها معلوم شد که هرچه از هاوایی دور شویم، سن کوه‌های آتشفشانی به‌ترتیب بیشتر افزایش می‌یابد. مثلاً، دورترین کوه ۶۵ میلیون سال قدمت دارد و بعد به کوهی ۲۷ میلیون‌ساله و سرانجام به کوه‌های آتشفشان هاوایی می‌رسیم که کمتر از یک‌میلیون سال عمر دارند.

محققان عقیده دارند که نوعی مخزن درحال بالا آمدن از مواد گوشته، در زیر جزایر هاوایی قرار دارد. ذوب این مواد درهنگام رسیدن به اعماق کم و کاسته شدن از مقدار فشار، باعث پدیدآمدن نوعی **نقطهٔ داغ** می‌شود. با فرض اینکه صفحهٔ اقیانوس‌آرام از روی این نقطه عبور می‌کند، به‌ترتیب، ساختارهای آتشفشانی حاصل می‌آیند. عمر هر آتشفشان نیز نشان‌دهندهٔ زمانی است که آن کوه، در نزدیک نقطهٔ داغ قرار داشته است. ۵ میلیون سال پیش، کائوایی یعنی قدیمی‌ترین جزایر هاوایی در روی نقطهٔ داغ واقع بود. بنابراین، فقط همان یک آتشفشان که امروزه خاموش است در این محل تشکیل شد (شکل ۱۶ــ۳). اما امروزه، در جزیرهٔ هاوایی، ناظر بیرون‌آمدن گدازه‌های جدید ازکوه‌های مونالوآ و کیلوا هستیم. جالب آنکه درنقطه‌ای جنوبی‌تر واقع در ۳۵ کیلومتری هاوایی، یک جزیرهٔ دیگر در آینده به جمع جزایر هاوایی افزوده خواهد شد. در نقاط دیگر اقیانوس‌آرام هم نظیر همین‌رشته‌جزایر وجود دارد.



شکل ۱۶ــ۳ــ رابطهٔ میان نقطهٔ داغ و رشته‌جزایر هاوایی در ورقهٔ اقیانوس آرام

نقاط داغ نیز دلیلی دیگر بر حرکت ورقه‌ها و حتی جهت آن هستند. البته هنوز درمورد چگونگی تشکیل نقاط داغ و نقش آنها در زمین‌ساخت‌ورقی بحث وجود دارد. تعداد نقاط داغ، حدود ۵۰ تا ۱۲۰ مورد تعیین شده است. محل یکی از این نقاط در زیر جزیرهٔ ایسلند در شمال اروپاست.

عامل‌های حرکت دهنده

تئوری زمین‌ساخت ورقه‌ای، فقط از حرکت ورقه‌ها و آثار این حرکت بحث می‌کند بدون آنکه از نیرو یا نیروهای دست‌اندرکار در این فرایند صحبتی به‌میان آورد. دراین‌باره البته، هنوز دلیل قانع‌کننده‌ای ارائه نشده است، اما به احتمال زیاد، توزیع نامساوی گرما در درون زمین باید عامل این حرکت باشد. مثلاً، چنان‌که گفته شد، هولمز عامل حرکات را وجود جریان‌های کنوکسیونی در داخل گوشته می‌داند (شکل ۸ــ۳) درحالی‌که زمین‌شناسان امروزی، چگونگی انجام این حرکات را بسیار پیچیده‌تر از آن می‌دانند که بتوان با جریان سادهٔ کنوکسیونی نشان داد.

۴ زمین لرزه

زمین‌لرزه پدیدهٔ طبیعی است که در جهت به تعادل‌رسیدن پوستهٔ زمین به وقوع می‌پیوندد.

زمین‌لرزه توأم با شکستگی و یا جابه‌جایی لایه‌های زمین است که این عمل همراه با تولید امواج لرزه‌ای است. از مشخصات مهم این امواج، سرعت بالای آن یعنی ۳ تا ۴ کیلومتر در ثانیه است.

از این رو، اگر در محل شکستگی‌ها یا در اطراف آنها بنایی احداث شود، آن سازه، براثر عبور امواج زمین‌لرزه آسیب خواهد دید. مگر آنکه اصول فنی ساختمان‌سازی را رعایت کرده باشند. دانش اندک بشر و بی‌توجهی به ویژگی‌های زمین از یک سو و نامناسب بودن مصالح ساختمانی و عدم رعایت اصول مهندسی در ساخت و سازها از سوی دیگر سبب شد تا زمین‌لرزه به‌عنوان یکی از مخرب‌ترین پدیده‌های طبیعی قلمداد شود که وقوع آن توأم با خسارت جانی و مالی فراوان است. درحالی‌که زمین لرزه بخشی از نظم و قانون حاکم بر خلقت است که خداوند بزرگ آفریده است.

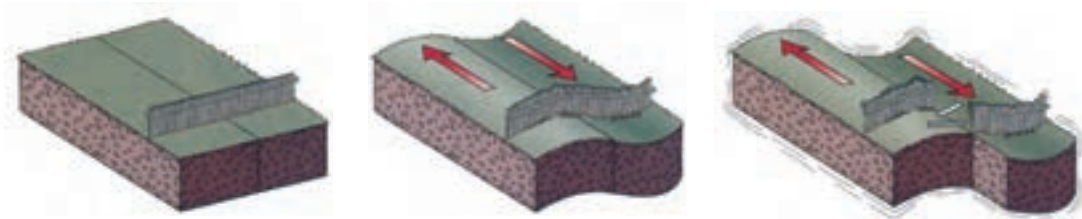
مطالعهٔ زمین‌لرزه‌ها و بررسی ویژگی‌های امواج زمین‌لرزه و چگونگی کمک‌گرفتن از امواج زمین‌لرزه‌های طبیعی و مصنوعی، در محدودهٔ دانش **لرزه‌شناسی** قرار می‌گیرد. دانش لرزه‌شناسی در شناخت ساختمان داخلی زمین کمک زیادی به ما کرده است.

منشأ زمین‌لرزه

بیشتر زمین‌لرزه‌های دنیا در حاشیهٔ ورقه‌های سنگ‌کره رخ می‌دهند (شکل ۱۵ــ۳).

دراین مناطق نیروهایی که عموماً در نتیجهٔ حرکت و جابه‌جایی ورقه‌های سنگ‌کره به‌وجود می‌آیند، مجموعهٔ سنگی یک ناحیه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. مجموعهٔ سنگی، ابتدا کمی تغییرشکل می‌دهد و انرژی حاصل از این نیروها را در خود ذخیره می‌کند تا این‌که مقدار این انرژی‌ها از آستانهٔ مقاومت سنگ تجاوز کند و سنگ‌ها شکسته شوند (شکل ۱ــ۴).

دراین‌موقع انرژی ذخیره‌شده در سنگ‌ها، به‌صورت موج آزاد می‌شود و به اطراف حرکت می‌کند با رسیدن به سطح زمین سبب لرزش و تخریب بناها، ریزش کوه‌ها، ایجاد ترک‌های عمیق، امواج بزرگ



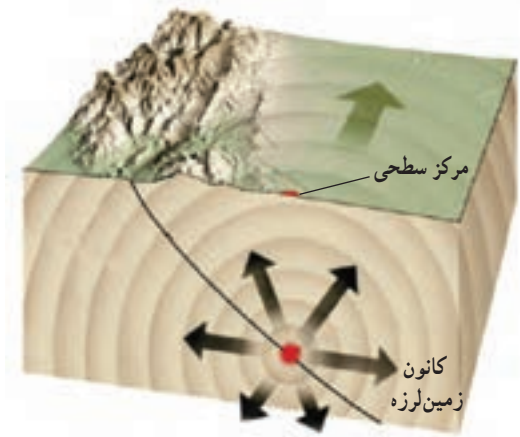
الف ــ قبل از وارد شدن نیرو　　ب ــ وارد شدن نیرو و تغییر شکل　　ج ــ شکستگی و رهاشدن انرژی

شکل ۱ــ۴

در دریاها و پدیده‌های مختلف دیگر می‌شود.

همهٔ زمین‌لرزه‌ها براثر شکستن سنگ‌ها ایجاد نمی‌شوند؛ بلکه تعدادی از آنها در محل شکستگی‌های قدیمی اتفاق می‌افتند. دراین مناطق، با ازدیاد نیروهای وارده، حرکاتی در امتداد شکستگی‌ها و گسل‌های قدیمی به‌وجود می‌آید که ضمن آزاد کردن انرژی سبب می‌شود که گسل‌ها وضعیت جدید به‌خود بگیرند. به‌همین‌دلیل است که در بررسی مناطق لرزه‌خیز، لازم است گسل‌های فعال منطقه دقیقاً مشخص شود و تاریخچهٔ فعالیت آنها درگذشته، مورد بررسی قرار گیرد (شکل ۲ــ۴).

باید توجه داشت که در یک زمین‌لرزه، تمام طول گسل جابه‌جا نمی‌شود. در یک‌زمان ممکن است بخش‌هایی از آن جابه‌جا شود و بخش‌های دیگر مقاومت کند. درضمن، زمین‌لرزه معمولاً به‌صورت یک شکست منفرد و سادهٔ سنگ به‌وجود نمی‌آید، درهر زمین‌لرزه باید از **گروه لرزه‌ها** صحبت کرد. ابتدا تعدادی زمین لرزهٔ خفیف اتفاق می‌افتد که به آنها **پیش‌لرزه** گویند. سپس حرکت و زمین لرزهٔ اصلی به‌وقوع می‌پیوندد و پس از آن حرکات و زمین لرزه‌های خفیف متعادل‌کننده صورت می‌گیرد که به آنها **پس‌لرزه** گویند.



شکل ۲ــ۴ــ در لحظهٔ وقوع زلزله، انرژی زیادی در محل کانون آزاد می‌شود.

فکر کنید

چرا گاهی پس‌لرزه‌ها، با وجود اینکه اغلب زمین‌لرزه‌های خفیفی محسوب می‌شوند، با خرابی و تلفات همراه‌اند؟

کانون و مرکز سطحی زمین‌لرزه

با وجود اینکه امواج زمین‌لرزه در صفحه گسل تولید می‌شوند، ولی برای سهولت مطالعه، خاستگاه امواج زمین‌لرزه را یک نقطه فرض می‌کنند و آن‌را **کانون** می‌نامند (شکل ۲ــ۴).

کانون اغلب زمین‌لرزه‌ها در اعماق کمتر از ۷۰ کیلومتر قرار دارد، اما کانون تعدادی از آنها هم در اعماق زیاد واقع است که عمق هیچ‌یک، از ۷۰۰ کیلومتر تجاوز نمی‌کند. زمین‌لرزه‌ها را ازنظر عمق کانون می‌توان به سه گروه تقسیم کرد :

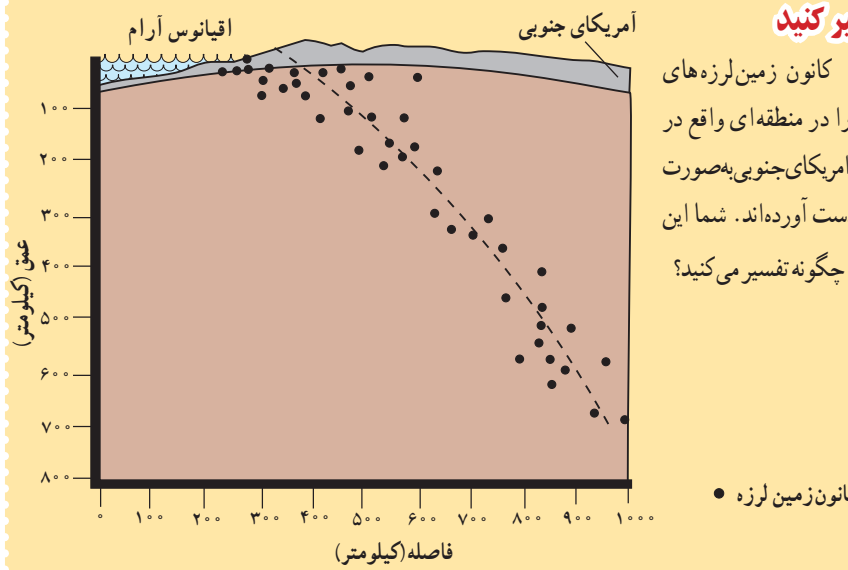
ــ زمین‌لرزه‌های کم‌عمق (عمق کانون کمتر از ۷۰ کیلومتر)

ــ زمین‌لرزه‌های با عمق‌متوسط (عمق کانون بین ۷۰ تا ۳۰۰ کیلومتر)

ــ زمین‌لرزه‌های عمیق (عمق کانون بیش از ۳۰۰ کیلومتر)

تفسیر کنید

کانون زمین‌لرزه‌های عمیق را در منطقه‌ای واقع در ساحل امریکای‌جنوبی‌به‌صورت زیر به‌دست آورده‌اند. شما این یافته‌را چگونه تفسیر می‌کنید؟

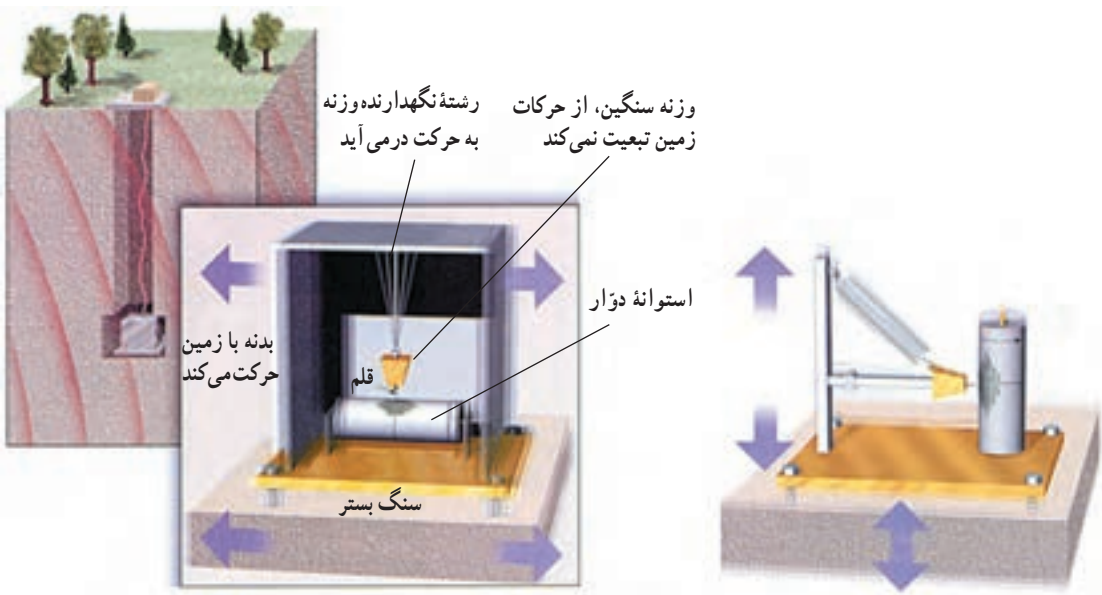


نقطه‌ای در روی زمین که مستقیماً در بالای کانون واقع باشد و امواج حاصل از زمین‌لرزه زودتر از بقیهٔ نقاط به آنجا می‌رسند، **مرکز سطحی** و به‌طور ساده **مرکز بیرونی** زمین‌لرزه می‌نامند (شکل ۲ــ۴).

ثبت امواج زمین‌لرزه

امواج حاصل از یک زمین‌لرزه توسط دستگاهی موسوم به **لرزه‌نگار** که در ایستگاه‌های لرزه‌شناسی کارگذاشته شده‌اند، ثبت می‌شود. به‌هنگام برخورد امواج زمین‌لرزه با لرزه‌نگار، قسمتی از دستگاه تقریباً ثابت می‌ماند و بقیهٔ قسمت‌های آن که در ارتباط مستقیم با زمین‌اند، مرتعش می‌شوند. بدین‌وسیله امواج روی کاغذ، فیلم یا نوار مغناطیسی ثبت می‌شوند (شکل ۳ــ۴).

در یک ایستگاه لرزه‌شناسی حداقل سه دستگاه لرزه‌نگار وجود دارد، که یکی ارتعاشات قائم و دوتای دیگر ارتعاشات افقی (شمالی ــ جنوبی و شرقی ــ غربی) را ثبت می‌کنند. مشخصات یک زمین‌لرزه مانند مرکز سطحی، زمان وقوع و عمق کانون را می‌توان با یافته‌های حاصل از چند ایستگاه لرزه‌شناسی محاسبه کرد.



شکل ۳ــ۴ ــ دونوع لرزه‌نگارعمودی و افقی. اساس کار این دونوع دستگاه را شرح دهید. تفاوت و شباهت کار آنها در چیست؟

امواج زمین‌لرزه

امواج حاصل از یک زمین‌لرزه گوناگون‌اند. این امواج ممکن است ازنظر سرعت، دامنه، طول‌موج و دورهٔ تناوب با یکدیگر متفاوت باشند.

امواج زمین‌لرزه را با توجه به اینکه از داخل یا سطح زمین عبور کنند به دو دسته **امواج درونی** و **امواج سطحی** تقسیم‌بندی می‌کنند. امواج درونی (انواع S,P، صفحهٔ ۲۳) در کانون زمین‌لرزه ایجاد و در درون زمین منتشر می‌گردند، ولی امواج سطحی براثر برخورد امواج درونی با فصل مشترک لایه‌ها و نیز در سطح زمین تولید می‌شوند.

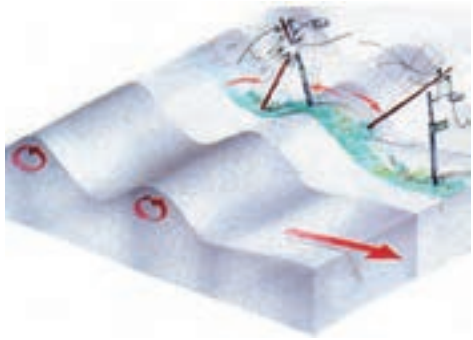
امواج سطحی، شکل‌های گوناگونی دارند، ولی متداول‌ترین آنها، **امواج لاو** (Love waves) و **امواج ریلی** (Rayleigh waves) هستند.

امواج لاو، حرکتی کم‌وبیش شبیه امواج S دارند، با این تفاوت که ذرات ماده به‌موازات سطح زمین جابه‌جا می‌شوند و هیچ‌گونه جابه‌جایی قائم ندارند (شکل ۴ــ۴ــ ج).

(الف) نحوهٔ حرکت امواج طولی (P)

(ب) نحوهٔ حرکت امواج عرضی (S)

(ج) نحوهٔ حرکت امواج لاو (L)



(د) نحوهٔ حرکت امواج ریلی (R)

شکل ۴ــ۴ــ چهارنوع حرکت امواج زمین لرزه که فراوانی آنها در سطح زمین، نسبت به انواع دیگر زیادتر است.

امواج ریلی مانند حرکات امواج دریا ذرات را در یک مدار دایره‌ای به ارتعاش درمی‌آورند (شکل ۴ــ۴ــد). البته در امواج ریلی، جهت حرکت دایره‌ای مخالف جهت حرکت امواج دریا است. عمق نفوذ و تأثیر امواج ریلی مثل امواج آب دریا محدود است و از سطح به عمق، رفته‌رفته کاهش پیدا می‌کند.

به‌طور کلی امواج سطحی سرعت کمتری از امواج درونی دارند. ازاین‌رو، دیرتر از امواج عرضی به ایستگاه‌های لرزه‌نگاری می‌رسند. ضمناً در امواج سطحی سرعت امواج لاو از سرعت امواج ریلی بیشتر است.

شدت و بزرگی زمین‌لرزه

تاقبل از استفاده از دستگاه‌های لرزه‌نگار، زمین‌لرزه‌ها را به‌وسیلهٔ آثار مخرّبشان ارزیابی می‌کردند. در این شیوه می‌توان، پس از وقوع هر زمین‌لرزه نقشه‌ای تهیه کرد که در آن نقاطی را که خسارات یکسان دیده‌اند به‌وسیلهٔ خطوطی به‌هم وصل کرد. به این ترتیب، منحنی‌هایی به‌دست می‌آید که به آن **منحنی‌های هم‌لرزه** می‌گویند. مسلّماً در این نقشه، محلی با حداکثر خسارات مشخص خواهد شد که همان مرکز سطحی زمین‌لرزه است و هرقدر از این مرکز دور شویم، آثار خرابی کمتر می‌شود. به‌این‌ترتیب، مقیاسی از میزان خرابی به‌دست می‌آید. این مقیاس را **شدّت** (Intensity) زمین‌لرزه می‌گویند که دارای ۱۲درجه است. چون شدّت یک زمین‌لرزه در نقاط مختلف با اعداد مختلف نشان‌داده می‌شود، باید هنگام بیان شدّت یک زمین‌لرزه اسم محل نیز قید شود.

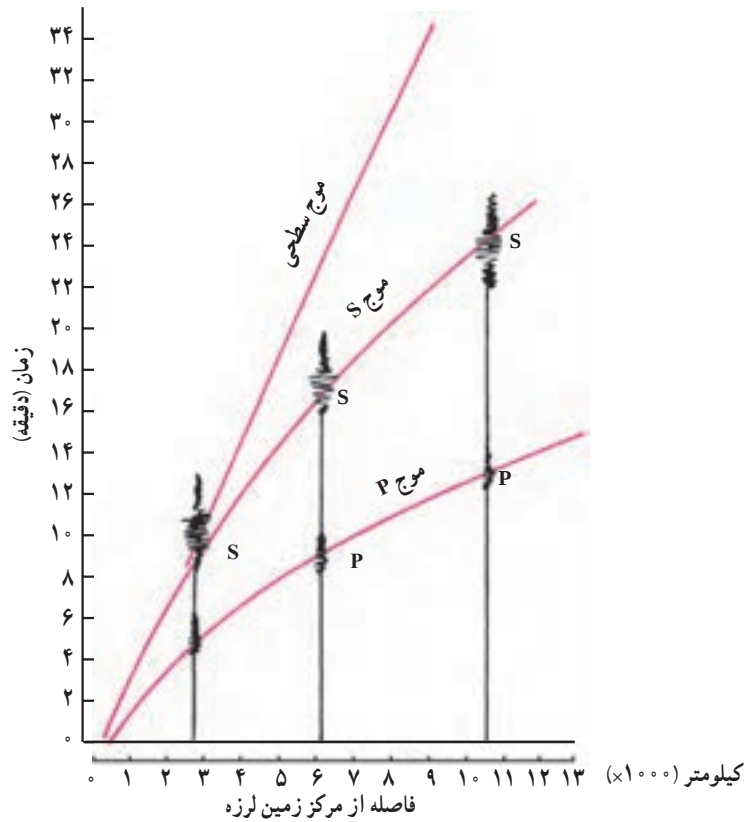
بزرگی (magnitude) زمین‌لرزه را براساس داده‌هایی که از دستگاه‌های لرزه‌نگار به‌دست می‌آورند تعیین می‌کنند. بزرگی زمین‌لرزه به مقدار انرژی که از کانون زمین‌لرزه آزاد می‌شود وابسته است. هرقدر انرژی آزادشده توسط یک زمین‌لرزه زیادتر باشد ارتعاشات ناشی از آن شدیدتر و دامنهٔ نوسانات امواج آن بزرگ‌تر خواهد بود. طبق تعریف، واحد بزرگی زمین‌لرزه **ریشتر** است و آن لگاریتم بزرگ‌ترین دامنهٔ موجی (برحسب میکرون) است که در فاصلهٔ یک‌صد کیلومتری از مرکز زمین‌لرزه توسط دستگاه لرزه‌نگار استاندارد ثبت شده باشد. با این‌که دامنهٔ امواج زمین‌لرزه با دورشدن از کانون زمین‌لرزه کاهش می‌یابد ولی وقتی زمین‌لرزهٔ مهمی در یک‌نقطه از کرهٔ زمین رخ دهد بزرگی محاسبه‌شده در ایستگاه‌های مختلف عددی یکسان است؛ زیرا دانشمندان لرزه‌شناس با استفاده از روش‌هایی می‌توانند بزرگی زمین‌لرزه را در هر نقطه که اتفاق افتاده باشد به‌صورت یکسان محاسبه کنند.

چنان‌که در بالا اشاره شد بزرگی زمین‌لرزه را با مقیاس ریشتر (دانشمندی که اولین‌بار آن را به‌کار برد) بیان می‌کنند. دراین مقیاس اگر دامنهٔ موج ۱۰ برابر بزرگ‌تر شود یک‌درجه بر مقیاس ریشتر

افزوده می‌شود. بزرگی زمین‌لرزه‌ها را معمولاً با یک عدد صحیح و یک رقم اعشاری نشان می‌دهند. مثلاً بزرگی زمین‌لرزه‌ای که در سال ۱۳۶۹ در رودبار اتفاق افتاد ۷/۴ درجه در مقیاس ریشتر بود.

تعیین محل زمین‌لرزه

با داشتن اختلاف زمان رسیدن امواج P و S به دستگاه لرزه‌نگار، پیدا کردن مرکز سطحی زمین‌لرزه آسان است. برای این کار اختلاف زمان مزبور را در هر ایستگاه با منحنی ۱ــ۴ مقایسه و به‌این ترتیب، فاصلهٔ میان ایستگاه لرزه‌نگاری و مرکز سطحی زمین‌لرزه را مشخص می‌کنند. سپس به مرکز ایستگاه لرزه‌نگاری وبه شعاع فاصلهٔ به‌دست‌آمده دایره‌ای رسم می‌کنیم. همین کار را برای حداقل دو ایستگاه لرزه‌نگاری دیگر انجام می‌دهیم. محل تلاقی سه دایره، همان مرکز سطحی زمین‌لرزه است.



منحنی ۱ــ۴ ــ برای تعیین محل مرکزسطحی یک زمین لرزه، فاصلهٔ زمانی میان امواج مختلف رسیده به ایستگاه را با جداول و منحنی‌هایی که درمورد سرعت عبور این امواج وجود دارد مقایسه می‌کنند.

فکر کنید

چگونگی پیدا کردن مرکز سطحی زمین‌لرزه را از روی شکل مقابل توضیح دهید.

ــ اگر فقط از یک لرزه‌نگار استفاده کنیم چه مشکلی در تعیین مرکز سطحی زمین‌لرزه پیش می‌آید؟ دو لرزه‌نگار چه اشکالی دارد؟

خرابی‌های حاصل از زمین‌لرزه

سالیانه بیش‌از ۱۵۰/۰۰۰ زمین‌لرزه در نقاط مختلف دنیا به‌وقوع می‌پیوندد، اما تعداد معدودی از آنها اثرات تخریبی وسیع دارند و بسیاری چنان‌خفیف‌اند که فقط دستگاه‌های حساس لرزه‌نگار می‌توانند وقوعشان را ثبت کنند. میزان خرابی‌های زمین‌لرزه بستگی به مقدار انرژی آزادشده، شکل ساختمان، نوع مصالح به‌کارگرفته‌شده، دانش افراد سازنده و نوع زمین زیر ساختمان‌ها دارد.

تحقیق کنید

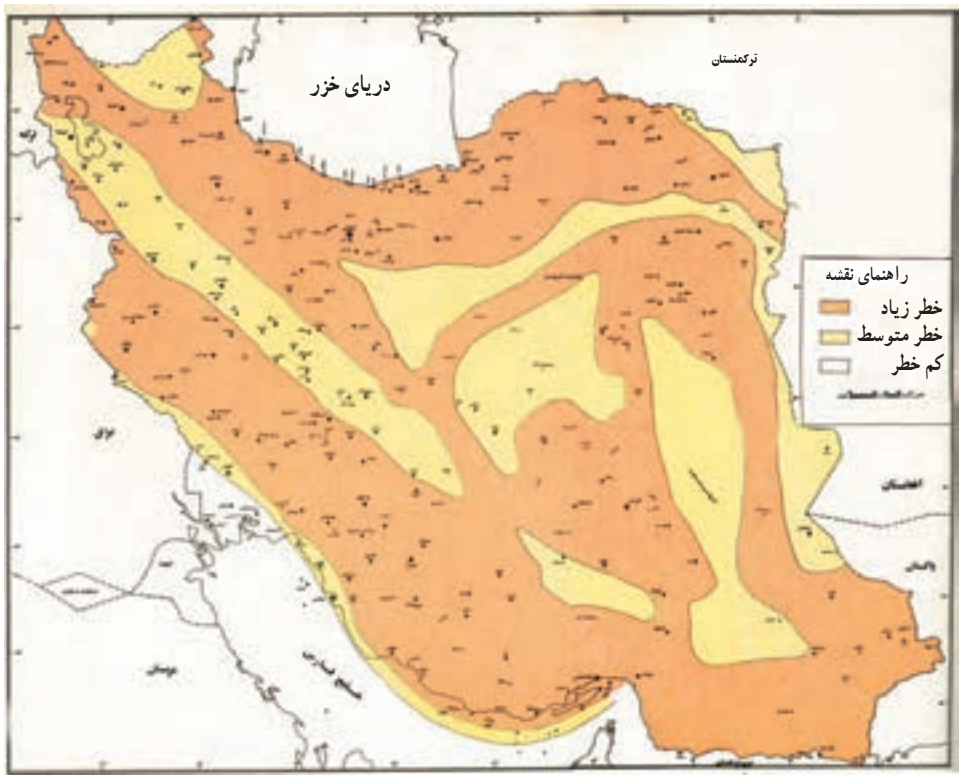
- کدام مصالح ساختمانی و چه شکل‌هایی از ساختمان در برابر زمین‌لرزه مقاومت بیشتری دارند؟
- پس از وقوع یک زمین‌لرزهٔ مخرّب، چه خطراتی جان افراد سالم را تهدید می‌کند؟
- آیا فعالیت‌های بشری هم ممکن است زمین‌لرزه ایجاد کند؟

زمین‌لرزه در کشور ما

باتوجه به شکل ۱۵ــ۳ مشخص می‌شود که اغلب زمین‌لرزه‌های کرهٔ زمین در نواحی مشخصی که به **مناطق لرزه‌خیز** یا **کمربندهای زمین‌لرزه** معروف‌اند روی می‌دهند. مهم‌ترین این کمربندها عبارت‌اند از **حاشیه‌های اقیانوس آرام** و کمربند **آلپ ــ هیمالیا** که بر کوه‌های جوان کرهٔ زمین مانند **آلپ، البرز، زاگرس** و **هیمالیا** منطبق‌اند.

جدول ۱ــ۴ــ پاره‌ای از زمین لرزه‌های ایران در طی سال‌های ۱۲۸۸ تا ۱۳۹۲ با بزرگی ۷ درجه و بالاتر در مقیاس ریشتر

سال	ماه	محل	بزرگی	سال	ماه	محل	بزرگی
۱۲۸۸	دی	دورود	۷/۴	۱۳۴۷	مرداد	دشت بیاض	۷/۳
۱۳۰۸	مهر	شمال خراسان	۷/۲	۱۳۵۶	اسفند	بندرعباس	۷
۱۳۰۹	اردیبهشت	جنوب‌غربی سلماس	۷	۱۳۵۷	شهریور	طبس	۷/۷
۱۳۱۳	خرداد	سراوان	۷	۱۳۵۸	آبان	شمال قاین	۷/۳
۱۳۲۷	مهر	شمال خراسان	۷/۲	۱۳۶۰	مرداد	کرمان	۷/۱
۱۳۳۶	تیر	لاریجان	۷/۴	۱۳۶۹	خرداد	رودبار	۷/۴
۱۳۳۶	آذر	غرب همدان	۷	۱۳۷۶	اردیبهشت	قائنات	۷/۲
۱۳۴۱	شهریور	بوئین‌زهرا	۷	۱۳۹۲	فروردین	سراوان	۷/۷



شکل ۵ ــ۴ــ خطر زمین‌لرزه در قسمت‌های مختلف ایران (اقتباس از نقشهٔ تهیه شده توسط وزارت مسکن و شهرسازی)

کشور ما روی کمربند فعال زمین‌لرزهٔ آلپ ــ هیمالیا قرار گرفته است و هرچند مدت یک‌بار زمین‌لرزهٔ ویران‌کننده‌ای در یکی از نقاط آن روی می‌دهد (جدول ۱ــ۴). با توجه به شکل ۵ــ۴ تمام قسمت‌های ایران از توان لرزه‌خیزی یکسانی برخوردار نبوده بلکه برخی قسمت‌ها کم‌خطرتر و برخی دیگر از توان لرزه‌خیزی بیشتری برخوردار می‌باشند.

بیشتر بدانید

قبل از وقوع چه باید کرد!

ــ امکان خطر آتش‌سوزی را، از طریق سیم‌های برق فرسوده، ارتباطات، نشت لوله‌های گاز و وسایل گازسوز، بررسی کنید.

ــ محل کلید و شیراصلی برق، گاز و آب را پیدا کنید.

ــ وسایل سنگین را در طبقات پایین قفسه‌ها بگذارید و قفسه‌ها را به دیوار متصل کنید.

ــ اشیای سنگین و افتادنی را مهار کنید.

ــ وسایل شکستنی ازقبیل ظروف شیشه‌ای و چینی را در طبقات بالای کمد و قفسه‌ها نگذارید.

ــ لامپ‌ها و لوسترهای سقفی را محکم کنید.

ــ محل‌های امن خانه، مدرسه یا محل کار خود را پیدا کنید.

ــ همواره وسایل مورد نیاز مانند چراغ‌قوه و وسایل کمک‌های اولیه را در دسترس قرار دهیم.

هنگام وقوع چه باید کرد؟

ــ اگر خارج از ساختمان هستید، همان‌جا بمانید. اگر داخل ساختمان هم هستید، همان‌جا بمانید. بیشتر آسیب‌دیدگی‌ها مربوط به رفت‌وآمد افراد در زمان وقوع زمین‌لرزه است.

ــ اگر داخل ساختمان هستید به زیر یک میز محکم، چارچوب در، محل‌های دارای سقف کم‌وسعت، یا کنار دیوارهای داخلی پناه بگیرید. از پنجره دور شوید. از شمع، کبریت و هرچه‌که شعله دارد، استفاده نکنید.

ــ در ساختمان‌های چندطبقه، به‌طرف درهای خارج هجوم نبرید؛ زیرا ممکن است راه‌پله‌ها پر از افراد، یا شکسته باشند، از آسانسور هم استفاده نکنید.

ــ در بیرون از ساختمان، از پل‌ها، سیم‌های برق، ساختمان‌ها و دیوارها دور شوید.

ــ اگر داخل اتومبیل هستید، از پل‌ها و ساختمان‌ها فاصله بگیرید و فوراً متوقف شوید.

بعد از وقوع چه باید کرد؟

ــ مراقب پس‌لرزه‌ها باشید.

ــ دنبال زخمی‌ها بگردید. افرادی را که زخم‌شدید دارند، زیاد حرکت ندهید، مگر آنکه در خطر آسیب‌دیدگی‌های بعدی باشند.

ــ رادیو را باز کنید و به پیام‌ها و راهنمایی‌ها عمل کنید.

ــ اگر بوی گاز می‌آید، پنجره‌ها را باز کنید و شیر اصلی گاز را ببندید. نشت گاز را به مقامات مربوطه گزارش بدهید. درصورت آسیب‌دیدگی سیم‌های برق، کلیداصلی برق را ازمحل کنتور خاموش کنید.

ــ اگر لوله‌های آب صدمه دیده‌اند، شیر اصلی آب را ببندید.

ــ لوله‌های فاضلاب را کنترل کنید، با احتیاط به دودکش‌ها نزدیک شوید و آنها را از فاصلهٔ دور کنترل کنید.

ــ به سیم‌های برق افتاده دست نزنید. حتی به اشیایی هم که با این سیم‌ها تماس دارند، دست نزنید.

ــ داروها و مواد زیان‌آور پخش‌شده را فوراً جمع کنید.

ــ از ساختمان‌های آسیب‌دیده دور شوید؛ زیرا ممکن است پس‌لرزه‌ها سبب فروریختن آنها شوند.

چیزهای لازمی که باید همیشه در دسترس باشند :

ــ رادیو و چراغ دستی با باتری‌های اضافی

ــ پلکان سبک برای ساختمان‌های چندطبقه

ــ جعبه کمک‌های اولیه با داروها و مواد ضروری و کتاب کمک‌های اولیه

ــ دستگاه خاموش‌کنندهٔ آتش و ظرف پر از آب

ــ آچار قابل تنظیم، کبریت، دربازکن قوطی و پول نقد

ــ غذاهای کنسرو شده و خشک برای مصرف یک هفتهٔ اعضای خانواده

ــ شماره تلفن پلیس، آتش‌نشانی و اورژانس

ــ اجاق‌گاز قابل حمل (پیک‌نیک)

مهم‌ترین علت‌های آسیب‌دیدگی در زمین‌لرزه

ــ فروریختن ساختمان

ــ شیشهٔ پنجره‌های شکسته و درحال افتادن

ــ قطعات اثاثیه درحال افتادن

ــ آتش‌سوزی به‌علت شکستن لوله‌های گاز و یا اتصال سیم‌های برق

ــ بی‌آب ماندن به‌علت شکستن لوله‌های آب

ــ سیم‌های برق افتاده بر روی زمین

۵ آتشفشان‌ها و فرایندهای آتشفشانی

در سرگذشت زمین، آتشفشان‌ها نقش اساسی برعهده دارند. آب اقیانوس‌ها، رودها و دریاچه‌ها و بخش بزرگی از هوایی که تنفس می‌کنیم و بخشی از خاک‌های سطح زمین در نهایت از فوران آتشفشان‌ها به‌وجود آمده‌اند. بدون آتشفشان نه پوستهٔ جدید اقیانوسی از طریق گسترش بستر اقیانوس‌ها، به‌وجود می‌آمد، نه فرورانشی بین دو ورقه تکتونیکی پدیدار می‌شد، نه کوه‌زایی انجام می‌گرفت، نه فرسایشی وجود داشت و نه رسوب‌گذاری.

بدون آتشفشان، زمین تقریباً فاقد ترکیباتی چون سولفیدها، اکسیدها، هالوژن‌ها و هیدروکسیدهای فلزی می‌شد. محیط زیست دریایی و هوا کره که ساخت شیمیایی آنها پایداری حیات را امکان‌پذیر کرده است، بدون آتشفشان به‌وجود نمی‌آمد.

بیشتر بدانید

فعالیت‌های آتشفشانی، باعث پدیدآمدن سرزمین‌هایی برای سکونت انسان شده‌اند. ایسلند، ژاپن، هاوایی، هائیتی و بسیاری از جزایر اقیانوس‌آرام و دریای کارائیب و تقریباً همهٔ قسمت‌های امریکای‌مرکزی، محصول پدیدهٔ آتشفشان یا وُلکانیسم(Volcanism)اند.

زمین‌های کشاورزی حاصلخیزی که در امریکای‌مرکزی و جنوبی وجود دارند و در آنها قهوه به‌عمل می‌آید، محصول خاک‌های مناسب آتشفشانی‌اند. بهترین نمونهٔ این‌نوع خاک‌های پرارزش را در جزیرهٔ جاوه می‌توان یافت. در آنجا، خاک نرم حاصل از خاکستر آتشفشانی، آب را خوب نگه‌می‌دارد و مواد معدنی چون پتاسیم، کلسیم و سدیم همراه را به گیاهان می‌دهد. جمعیت **جاوه**، در مقایسه با جمعیت **بورنئو** (جزیرهٔ مجاور)، ۲۰۰برابر بیشتر است. در بورنئو، خاک، حاصلِ تخریب و هوازدگی سنگ‌های موجود است و حاصلخیزی چندانی ندارد.

هوایی که تنفس می‌کنیم و قسمتی از آبی که می‌آشامیم، محصول فعالیت‌های آتشفشانی است. زیرا در طول زمان، گازهایی از درون زمین آزاد شده و به اتمسفر نفوذ کرده‌اند. قسمتی از هیدروژن و اکسیژنی که آزاد شد، پس از ترکیب، آب را به‌وجود آوردند و **آب‌کره** را تشکیل دادند. نیتروژن و اکسیژن هم با گازهای دیگر گرد هم آمدند و هوا کره را پدید آوردند.

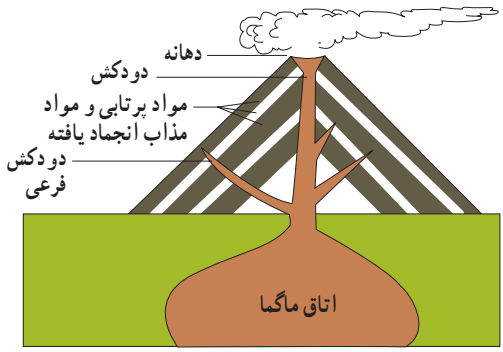
امروزه مطالعهٔ آتشفشان‌ها از سه‌نظر برای ما اهمیت دارد :

۱ــ استفاده از انرژی حرارتی آنها برای تولید گرما و انرژی الکتریسیته و به‌دست‌آوردن مواد شیمیایی با ارزش از گازهای خروجی آنها.

۲ــ پیش‌گیری از خطرات اجتماعی و اقتصادی آن.

۳ــ به‌دست‌آوردن اطلاعاتی از ساختمان و ترکیب پوسته و گوشتهٔ فوقانی زمین.

مشخصات یک آتشفشان



شکل ۱ــ۵ ــ مشخصات یک آتش‌فشان

به‌طور کلی آتشفشان‌ها، شکاف‌ها یا سوراخ‌هایی در سطح زمین‌اند که مواد آتشفشانی از آنها بیرون می‌ریزد. اگر مواد آتشفشانی تنها از یک مجرای اصلی بیرون بریزند در اطراف مجرای خروج مخروطی به‌وجود می‌آورند. در قلهٔ مخروط عموماً حفره‌ای وجود دارد که به آن **دهانه** می‌گویند (شکل ۱ــ۵). قطر دهانه ممکن است از چند متر تا بیشتر از ۱۰۰۰ متر باشد. مثلاً قطر دهانهٔ مخروط آتشفشان دماوند حدود ۴۰۰ متر است. دهانه معمولاً به‌وسیلهٔ مجرایی که **دودکش** نامیده می‌شود به منبع مواد مذاب که به آن **آشیانه** یا **اتاق‌ماگما** می‌گویند، متصل است. در آشیانهٔ ماگما، مواد مذاب به‌همراه حباب‌های گاز، قطعه‌بلورهای درحال رشد و حتی قطعات سنگی کنده‌شده از کنارهٔ آشیانه وجود دارد. در یک آتشفشان ممکن است چند آشیانه و چند دهانه و دودکش فرعی وجود داشته باشد.

شکل ۲ــ۵ــ دریاچه‌ای که در دهانه قدیمی آتشفشان سبلان ایجاد شده است.

مواد خروجی از دهانهٔ آتشفشان‌ها

موادی که از یک آتشفشان خارج می‌شوند به سه‌صورت گاز، مایع و جامداند.

گازها : تمام ماگماها مقداری گاز و بخارآب دارند که ممکن است به‌تنهایی یا همراه مواد مایع و جامد از آتش فشان خارج شوند. سرعت خروج گاز از مادهٔ مذاب بستگی به میزان گرانروی مادهٔ مذاب دارد به‌طوری‌که گازها از مواد مذاب دارای گرانروی کم با سرعت بیشتری نسبت به مواد مذاب دارای گرانروی زیاد خارج می‌شوند.

در بعضی از آتشفشان‌ها که گرانروی مادهٔ مذاب‌آن زیاد است، فشار حاصل از تراکم گازها می‌تواند سبب انفجار شود و قسمتی از مخروط آتشفشان را از جا بکند و مواد جامد مخروط را به همراه مواد مذاب تا چندین کیلومتر به هوا پرتاب کند (مانند مخروط کوه وزوو).

ترکیب شیمیایی گازهای خروجی در همهٔ آتشفشان‌ها یکسان نیست و بسیار متفاوت است حتی گازهای خارج شده در مراحل مختلف یک آتشفشان هم باهم متفاوت‌اند. به‌طورکلی قسمت اعظم گازهای آتشفشانی را بخارآب تشکیل می‌دهد و پس ازآن گازهای دی‌اکسیدکربن، گازهای گوگردی و گازهای نیتروژن‌دار اهمیت بیشتری دارند. در درجهٔ بعدی می‌توان از گازهای کلردار، گاز هیدروژن و گاز مونواکسیدکربن نام برد.

خروج گاز پس از فعالیت یک آتشفشان ممکن است سال‌ها یا حتی قرن‌ها همچنان ادامه یابد. این مرحله از آتشفشان را مرحلهٔ **فومرولی** گویند، که دماوند در چنین وضعیتی قرار دارد و از دهانه آن بخار آب و گاز گوگرد خارج می‌شود.

مواد مایع : به مادهٔ مذابی که از دهانه خارج می‌شود و به سطح زمین می‌رسد **گدازه** گویند. گدازه‌ها بسته به نوع سنگی که ذوب می‌شود و درجهٔ حرارتی که ذوب در آن صورت می‌گیرد ترکیب شیمیایی متفاوتی دارند و دخالت مواد فرّار و به‌ویژه آب، سبب می‌شود که ماگماهایی متفاوت حاصل شود که خروج آنها به‌همراه ازدست دادن گازها، گدازه‌های مختلف را به‌وجود آورند. در حالت کلی، گدازه‌ها را به انواع **اسیدی، بازی** و **حد واسط** تقسیم می‌کنند. گدازه‌هایی که مقدار فراوانی SiO_2 دارند اسیدی خوانده می‌شوند و با کم‌شدن مقدار SiO_2 به‌ترتیب حد واسط و بازی نام می‌گیرند.

مقدار SiO_2 تا حد زیادی تعیین کنندهٔ گرانروی گدازهٔ خارج‌شده از دهانهٔ آتشفشان است. گدازه‌های اسیدی نسبت به گدازه‌های حد واسط و بازی مقدار بیشتری سیلیسیم و اکسیژن دارند. (شکل ۶ــ۵) درنتیجه، در این گدازه‌ها، پیوندهای موقت بیشتری بین یون‌ها ایجاد می‌شود که موجب کاهش تحرک یونی در گدازه و گرانروی بیشتر گدازه‌های اسیدی نسبت به گدازه‌های حد واسط می‌شوند. به‌همین‌ترتیب گدازه‌های حد واسط نیز گرانروی بیشتری نسبت به گدازه‌های بازی دارند.

سرعت جریان یک گدازه پس‌از خروج از دهانهٔ آتشفشان بستگی به گرانروی مادهٔ مذاب و شیب دامنهٔ کوه آتشفشان دارد. این سرعت در گدازه‌های بازی دارای گرانروی کم و در یک دامنهٔ پرشیب، به ۵۰ کیلومتر درساعت بالغ می‌شود و در گدازه‌های اسیدی بر روی سطحی کم‌شیب به حدود یک‌سانتی‌متر در روز می‌رسد (شکل ۳ــ۵ــ ب).

مواد جامد (تِفرا) : آن‌دسته از مواد آتشفشانی که به‌صورت ذرات ریز و درشت جامد یا نسبتاً جامد و براثر فعالیت‌های انفجاری از دهانه به هوا پرتاب می‌شوند، **تِفرا** (Tephra) نامیده می‌شوند. اندازه و شکل تفراها متفاوت است :

ذراتی با قطر کمتر از ۲ میلی‌متر را **خاکستر** و ذراتی با قطر بین ۲ تا ۳۲ میلی‌متر را **لاپیلی** و قطعاتی بزرگ‌تر از ۳۲ میلی‌متر را قطعه سنگ واگر دوکی شکل باشند **بمب** می‌نامند (شکل ۳ــ۵ــ الف). بازگشت تدریجی تفراها به زمین و ته‌نشست آنها در خشکی یا آب حالتی لایه‌لایه به آنها می‌دهد. از به‌هم‌چسبیدن و سخت‌شدن این ذرات گروهی از سنگ‌های آتشفشانی به‌نام سنگ‌های **آذرآواری** ایجاد می‌شوند. این سنگ‌ها برخلاف سایر سنگ‌های آذرین عمدتاً غیرمتبلورند و مانند سنگ‌های رسوبی، از روی اندازهٔ ذرّاتشان دسته‌بندی می‌شوند.

الف) مواد جامد (بمب‌های آتش‌فشانی)

ب) گدازه‌های خمیری

ج) گازهای مختلف و تفرا

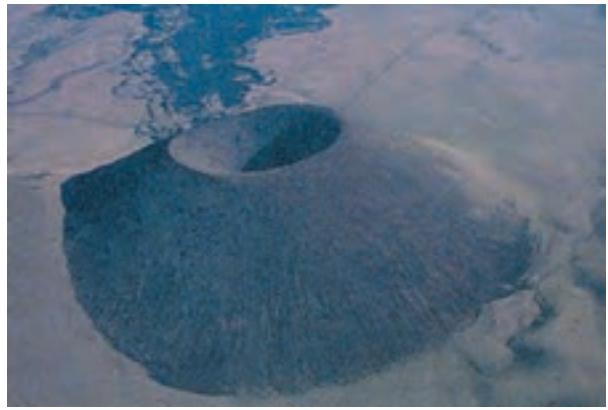
شکل ۳ــ۵ ــ مواد مختلفی که از دهانه آتش‌فشان خارج می‌شوند.

بیشتر بدانید

توف‌های سبز البرز که ارتفاعات شمال‌شهر تهران را تشکیل می‌دهند و ضخامت آنها در بعضی نقاط به بیش از ۱۰۰۰ متر می‌رسد. براثر سخت شدن خاکسترها و لاپیلی‌های حاصل از فعالیت آتشفشان‌های زیردریایی به‌وجود آمده‌اند.

فکر کنید

از بین مواد خروجی آتشفشان‌ها (گاز، مایع، جامد) کدام‌یک برای ساکنان اطراف یک کوه آتشفشان خطرناک‌تر است؟



شکل ۴ــ۵ــ مخروط آتشفشان

شکل ۵ــ۵ــ مخروط آتشفشان دماوند

شکل ۶ــ۵ ــ گرانروی زیاد ماگما سبب تشکیل چنین شکلی در یک فعالیت آتشفشانی شده است.

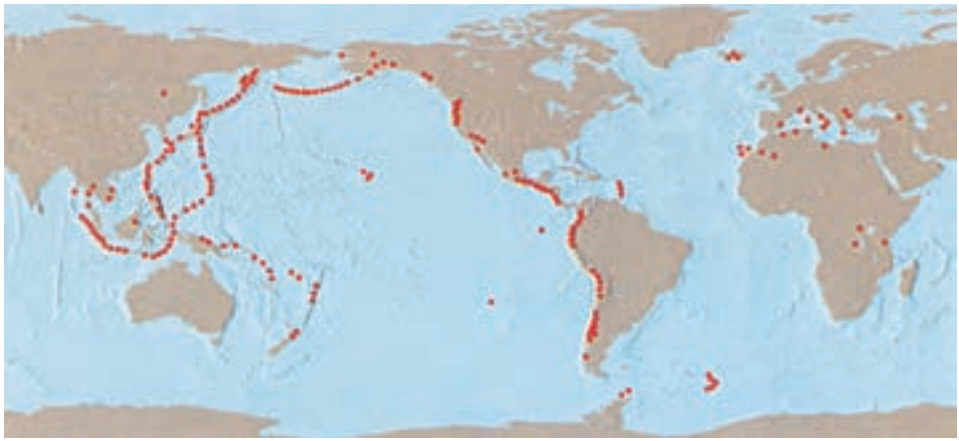
بیشتر بدانید

در روز ۸ ماه مه ۱۹۰۲ درساعت ۸ و ۲ دقیقه **کوه پله** واقع در جزیرهٔ مارتینیک در اقیانوس اطلس شروع به فعالیت کرد و در ساعت ۸ و ۳ دقیقه فعالیت آن خاتمه یافت. در مدت یک‌دقیقه کوه با انرژی ۶۰۰ برابر بمب اتمی که درسال ۱۹۴۵ هیروشیما را ویران کرد منفجر شد و از محل تخریب، ابر سوزانی با دمای بیشتر از ۴۰۰ درجهٔ سانتی گراد خارج شد و با سرعت ۵۴۰ کیلومتر درساعت درمدت یک‌دقیقه به شهر **سن پیر** واقع در هشت کیلومتری محل آتشفشان رسید و ۳۰۰۰۰ نفر را کشت. فوران‌های شدید آتشفشانی و اثرات بعدی آنها، جزو حوادث مهم تاریخ زمین محسوب می‌شود. مثلاً، دریکی از جزایر غیرمسکونی اندونزی به نام کراکاتوا، در یکی از روزهای تابستان سال ۱۸۸۳، آتشفشانی که متجاوز از دوقرن غیرفعال بود، یک‌باره منفجر شد و جزیره را از میان برد. امواجی به ارتفاع ۲۷ متر که درنتیجهٔ این حادثه پدید آمد، حدود ۱۰۰ هزار نفر ساکنان دهکده‌های ساحلی جزایر اطراف را غرق کرد.

قدرت فوران کراکاتوا را معادل انرژی یک‌صدمیلیون تن TNT درنظر می گیرند. گازها و غبارهای حاصل از این آتشفشان که وارد جو شدند، به همه‌جای زمین رسیدند و تغییرات آب‌وهوایی به‌وجود آوردند. صدای انفجار، از فاصلهٔ ۴۸۰۰ کیلومتری، در قسمت‌های مرکزی استرالیا شنیده شد. حاصل انفجار، ایجاد ابر سیاهی بود که تا ارتفاع ۸۰ کیلومتری به آسمان رفت و جلوی نور خورشید را گرفت و مناطقی را تا سه روز در تاریکی فروبرد. ذرات موجود در این ابر، که توسط بادها به‌نقاط مختلف پخش شدند، سبب کاهش تأثیر گرمای خورشید و یک‌درجه کاهش هوای عمومی کرهٔ زمین شدند.

جغرافیای آتشفشان‌ها

بررسی نقشهٔ نواحی آتشفشان‌خیز کرهٔ زمین نشان می‌دهد، که آتشفشان‌های فعال و نیمه‌فعال غالباً با مناطق زلزله‌خیز منطبق‌اند و این مناطق هم با حد و مرز ورقه‌های سنگ‌کره انطباق قابل توجهی دارند (شکل ۷ــ۵). پس به‌طور کلی می‌توان مناطق فعالیت آتشفشان‌ها را به سه دسته تقسیم کرد (شکل ۸ــ۵).

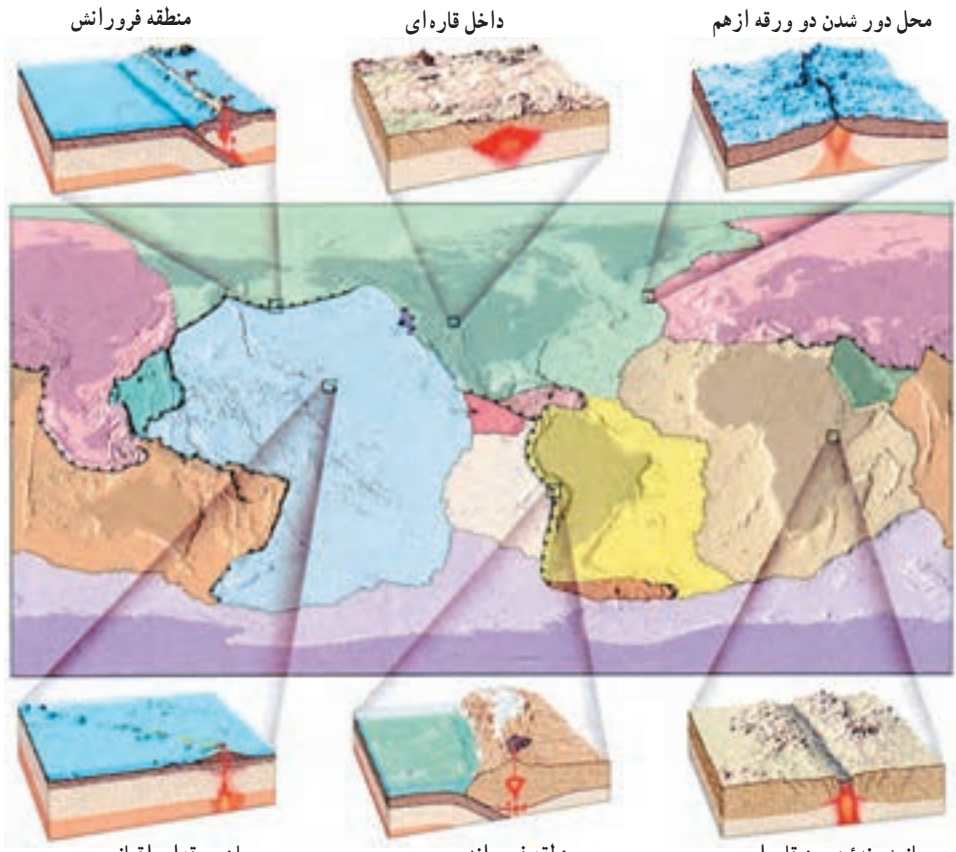


شکل ۷ــ۵ ــ موقعیت بعضی ازمهم‌ترین کوه‌های آتشفشانی زمین

۱ــ دستهٔ اول در مناطقی قرار دارند که دو ورقهٔ تکتونیکی با یکدیگر برخورد کرده‌اند و یک ورقه به‌زیر ورقهٔ دیگر کشیده شده است. ورقهٔ فرورانده شده معمولاً از جنس بازالت است و براثر فرورفتن به زیر ورقهٔ دیگر ذوب بخشی می‌شود و ماگمایی آندزیتی را به‌وجود می‌آورد. این ماگما از قسمت‌های سست‌ورقهٔ دیگر بالا می‌آید و آتشفشان‌هایی را در روی قاره‌ها یا داخل اقیانوس‌ها (جزایر قوسی) تشکیل می‌دهد. کمربند آتشفشانی اطراف اقیانوس‌آرام (معروف به حلقهٔ آتشین) و کمربندهای مدیترانه، اقیانوس‌اطلس و اقیانوس‌هند را می‌توان در این دسته جای داد.

۲ــ دستهٔ دوم خاص مناطقی است که دو ورقهٔ تکتونیکی از یکدیگر دور می‌شوند و ماگمای بازالتی به سطح زمین می‌رسد و ایجاد پشته‌های اقیانوسی می‌کند. فعالیت این‌گونه آتشفشان‌ها به حالت خطی انجام می‌گیرد. شکاف‌های موجود در اقیانوس‌اطلس، دریای‌سرخ و قارهٔ افریقا در این‌دسته جای می‌گیرند. در همین محل‌هاست که پوستهٔ اقیانوسی جدید تشکیل می‌شود و به‌اصطلاح بر وسعت پوسته زمین اضافه می‌شود.

۳ــ برخلاف دو دستهٔ مذکور که در حاشیهٔ ورقه‌ها قراردارند، گروه سوم آتشفشان‌ها از وسط ورقه‌ها



شکل ۸ــ۵ ــ موقعیت‌های آتشفشانی مختلف درروی زمین

خارج می‌شوند. آتشفشان‌های هاوایی در این دسته جای می‌گیرند. برای پیدایش این‌قبیل آتشفشان‌ها فرض می‌شود که در داخل گوشته، نقاطی بسیارگرم (نقطهٔ داغ) وجود دارد که سبب ذوب سنگ‌های عمقی می‌شود و آتشفشان‌هایی مانند جزایر هاوایی را به‌وجود می‌آورد. حرکت ورقه در بالای نقطهٔ‌داغ باعث می‌شود که محل فعالیت آتشفشانی در زمان‌های مختلف تغییرکند و به‌همین دلیل در این مناطق تعدادی کوه آتشفشان با سن‌های مختلف به‌وجود آید، به‌طوری که همیشه قدیمی‌ترین آتشفشان فاصلهٔ زیادتری نسبت به نقطهٔ‌داغ پیدا می‌کند و جدیدترین آتشفشان روی نقطهٔ‌داغ قرار می‌گیرد (شکل ۱۶ــ۳).

خطرات آتشفشان‌ها

اثرات اولیه آتشفشان‌ها مانند جریان گدازه، ریزش خاکستر، انفجار کوه‌ها، عبور ابرهای سوزان،

جریان‌های عظیم گِل و امواج حاصل از آتشفشان‌های دریایی می‌توانند زیان‌های جانی و مالی زیادی را به‌همراه بیاورند. خوشبختانه پیشرفت‌های اخیر در دانش لرزه شناسی و بهبود روش‌های اندازه‌گیری حرکات زمین قبل از وقوع آتشفشان این امکان را به‌وجود آورده که با جابه‌جا کردن مردم از منطقهٔ خطر و همچنین جلوگیری از احداث ساختمان‌های جدید در نقاط خطرناک و حفر کانال‌هایی برای هدایت جریان‌های احتمالی گدازه و دورکردن آن از نواحی مسکونی خطرات ناشی‌از فعالیت‌های آتشفشانی به حداقل برسد.

فکر کنید

چرا کاهش خطرات آتشفشان‌ها به مراتب آسان‌تر از کاهش خطر زمین‌لرزه‌هاست؟

گذشته از اثرات اوّلیه، اثرات ثانویه‌ای هم ازاین‌قبیل فعالیت‌ها حاصل می‌آید که بر آب‌وهوا و جانداران تأثیر می‌گذارد. گاهی، اثر بر آب وهوا، جنبهٔ جهانی به‌خود می‌گیرد. مثلاً، گازهای خروجی درحین یک آتشفشان و بعد از آن، ممکن است شامل سولفوردی‌اکسید (SO_2) باشند که به‌سرعت با بخارآب و اکسیژن موجود در اتمسفر ترکیب می‌شود و اسید سولفوریک پدید می‌آورد. قطره‌های کوچک این اسید ممکن است سال‌ها در اتمسفر باقی بمانند و ریزش باران‌های اسیدی، یا اسیدی شدن آب‌ها را باعث شوند.

گازها و خاکسترهای آتشفشانی، بر نوع آب‌وهوای جهانی هم تأثیر می‌گذارند. چنین موادی، گاهی تا ۴سال بعد از فوران آتشفشان، همچنان در اتمسفر باقی می‌مانند. این مواد، قسمتی از نورخورشید را دوباره به فضا منعکس می‌کنند و از مقدار تشعشعاتی که به زمین می‌رسد، می‌کاهند. یکی از این‌موارد، فعالیت **کوه تامبورا** در سال ۱۸۱۵ در کشور اندونزی بوده است. این فعالیت، دورهٔ سردی را به‌دنبال آورد که **سال‌بدون‌تابستان** نام‌گذاری شد؛ زیرا هوای بهار و تابستان تعدادی از کشورهای امریکای‌شمالی را درسال۱۸۱۶، به‌طور غیرعادی سرد کرد. نظیر همان اتفاق، درسال ۱۹۹۱ در فعالیت آتشفشان **پیناتوبو** در فیلیپین رخ داد و بازهم هوا اندکی سرد شد.

البته، هنوز به‌طور قطع نمی‌دانیم آیا فعالیت‌های آتشفشانی، چنان تأثیری را در آب‌وهوا باقی می‌گذارند یا نه؛ این موضوع، نیازبه شواهد و بررسی‌های بیشتری دارد.

استفاده از آتشفشان‌ها

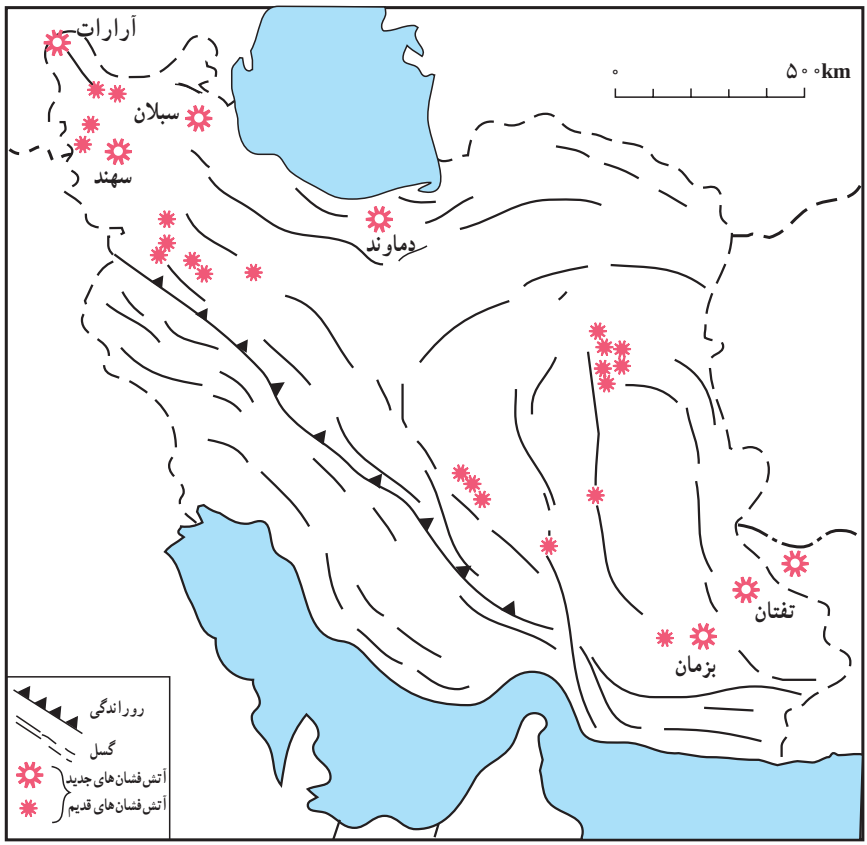
آتشفشان‌ها درمواردی می‌توانند سودمند باشند؛ تشکیل سرزمین‌ها و جزایر جدید دراثر

آتشفشانی‌های زیردریایی، تولید موادی که اغلب دراثر هوازدگی به خاک کشاورزی‌مرغوب تبدیل می‌شوند و برجای گذاردن برخی کانسارها را می‌توان از فواید آتشفشان دانست.

شاید مهم‌ترین کمک فرایندهای آتشفشانی این باشد که پنجره‌ای به درون زمین بازکرده و نحوهٔ عملکرد بعضی از فرایندهای درونی این کره را برای ما روشن ساخته است.

فعالیت‌های آتشفشانی در ایران

کشور ما دارای تعدادی آتشفشان است که اغلب در گذشته‌ای نه‌چندان‌دور فعال بوده‌اند و برخی از آنها مانند آتشفشان تفتان و دماوند در مرحلهٔ فومرولی‌اند. شکل ۹ــ ۵ محل آتشفشان‌هایی را که در زمانی نزدیک فعال بوده‌اند، را از ۶۵ میلیون سال قبل تاکنون نشان می‌دهد. بررسی این نقشه نشان می‌دهد که مجموعهٔ آتشفشانی ایران تقریباً از نظمی برخوردار است.



شکل ۹ــ۵ ــ محل گسل‌ها و آتشفشان‌های مهم ایران

۶ ساختهای تکتونیکی و کوه‌زایی

مجموعهٔ فرایندهایی را که سبب تغییرشکل فیزیکی و تغییر در ساخت اوّلیهٔ سنگ‌ها می‌شود، **فرایندهای ساختمانی** گویند. فرایندهای ساختمانی باعث ایجاد ساخت‌های جدید (ساخت‌ثانویه) و متنوعی در پوستهٔ زمین می‌شوند. بخشی از علم زمین‌شناسی که ساخت‌های حاصل‌از تغییرشکل سنگ‌ها را درارتباط با فرایندهای ایجادکنندهٔ آنها بررسی می‌کند **تکتونیک** یا **زمین‌ساخت** می‌نامند.

فشار و **دما** که از عوامل اصلی دگرگونی‌اند، در فرایندهای ساختمانی نیز اهمیت اساسی دارند. **مدت زمان** واردشدن فشار، عامل سوم مؤثر در فرایندهای ساختمانی است. بنابراین، در فرایندهای ساختمانی همواره اثر عوامل سه‌گانهٔ **فشار**، **دما** و **زمان** بررسی می‌شود. چون طرز اثر این عوامل عموماً به‌طور مستقیم در طبیعت قابل‌مشاهده نیست، آن‌را با مدل‌هایی کم‌وبیش مشابه با حالات طبیعی در آزمایشگاه بررسی می‌کنند.

بررسی رفتار سنگ‌ها در آزمایشگاه نشان داده‌است که تغییرشکل سنگ‌ها به دوصورت **خمیری** و **شکننده** صورت می‌گیرد و عوامل متعددی همچون ترکیب و بافت‌سنگ، فشار، دمای محیط و آب در میزان این‌گونه تغییرات نقش مهمی دارند.

ساخت‌های اوّلیه

ساخت‌هایی را که به‌هنگام تشکیل سنگ ایجاد می‌شوند ساخت اوّلیهٔ سنگ گویند. به‌طور مثال، ساخت‌های گدازه‌ای، آذرآواری، صفحه‌ای (سیل و دایک) و توده‌ای (باتولیت) از ساخت‌های اوّلیهٔ سنگ‌های آذرین و لایه‌بندی مهم‌ترین ساخت اوّلیهٔ سنگ‌های رسوبی به‌حساب می‌آیند. چون دراین فصل ساخت‌های ثانویهٔ سنگ‌های رسوبی مورد مطالعه قرار می‌گیرد، شرح بیشتری دربارهٔ ساخت اوّلیهٔ سنگ‌های رسوبی آورده می‌شود.

در یک محیط رسوبی مواد رسوبی به‌صورت لایه‌های موازی بر روی هم ته‌نشین می‌شوند و پس از سخت‌شدن این لایه‌ها، سنگ‌های رسوبی ایجاد می‌شوند. هر لایه یا طبقه، جسم ورقه‌مانندی است

که طول و عرض آن در مقایسه با ضخامتش بسیار زیاد است. ضخامت هرلایه ممکن است کمتر از یک سانتی‌متر تا بیش از یک متر باشد و به‌وسیلهٔ سطحی به نام سطح لایه‌بندی از لایهٔ مجاور خود جدا می‌شود. دو لایهٔ مجاور ممکن است ازنظر بافت (اندازه ذرات)، جنس، رنگ و ... با یکدیگر متفاوت باشند (شکل ۱ــ۶).

شکل ۱ــ۶ــ چه تفاوت‌هایی بین لایه‌های این منطقه می‌بینید؟

فکر کنید

آیا همیشه گسترش افقی یک لایه ازنظر جنس و بافت یکسان است؟

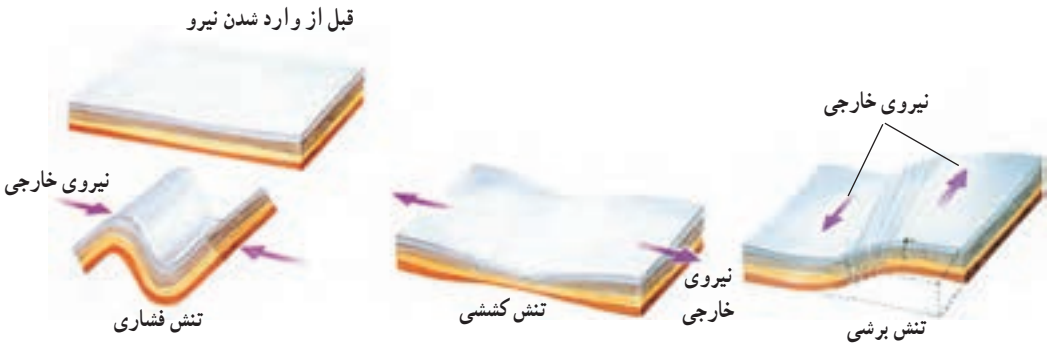
ساخت‌های ثانویه

با واردشدن تنش به لایه‌های افقی، ساخت اوّلیه (لایه‌بندی) از حالت افقی خارج شده و ساخت‌های ثانویه را به‌وجود می‌آورند مانند چین‌خوردگی‌ها و شکستگی‌ها.

تنش

چنان‌که می‌دانید، یکی از خصوصیات نیرو، تغییرشکل دادن اجسام است. همچنین، می‌دانید نیروی‌وارد به سطح معین را فشار گویند. هرگاه جسمی تحت‌تأثیر نیرویی از خارج قرار گیرد، در داخل جسم‌هم نیرویی به‌وجود می‌آید که با نیروی خارجی مقابله می‌کند، این نیروی داخلی را **تنش** گویند که عامل اصلی تغییرشکل در سنگ‌ها به‌حساب می‌آید.

تنش‌های ایجاد شده در سنگ به یکی از سه‌صورت **فشاری**، **کششی** یا **برشی**‌اند. نیروهای خارجی که به سمت‌هم عمل نمایند در داخل سنگ **تنش‌های فشاری** ایجاد می‌کنند، درجایی که نیروهای خارجی ازهم دورشوند باعث ایجاد **تنش‌های کششی** می‌شوند و وقتی جسمی تحت‌تأثیر نیروهای برشی قرار گیرد (مشابه حرکت لبه‌های قیچی) در مقاطع آن **تنش‌های برشی** به‌وجود می‌آید (شکل ۲ــ۶).



شکل ۲ــ۶

مواد جامد براثر تنش تغییرشکل می‌دهند. پس از رفع تنش، مادهٔ تغییرشکل‌یافته مایل است که به حالت اول بازگشت کند. نوع و مقدار تغییر شکل و مقدار بازگشت به حالت اول در مواد مختلف متفاوت است. ماده‌ای که پس‌از رفع تنش به‌حالت اول خود بازگردد **کش‌سان** یا **الاستیک** و ماده‌ای که پس از رفع تنش تغییرشکلش برگشت‌پذیر نباشد **خمیرسان** یا **پلاستیک** نامیده می‌شود. تغییرشکل مواد طبیعی در شرایط مختلف کش‌سان یا خمیرسان یا ترکیبی از آن‌دو است. وقتی جسمی تحت تنش قرار گیرد ابتدا ازخود حالت کش‌سان نشان می‌دهد، ولی با افزایش تنش به مرحله‌ای می‌رسد که در آن همه یا قسمتی از تغییرشکل جسم، غیرقابل برگشت می‌شود (حد کش‌سانی). از این حد به‌بعد پس از رفع تنش جسم حالت خمیری نشان می‌دهد و کاملاً به حالت اوّلیه برنمی‌گردد؛ با افزایش بیشتر تنش، مرحله‌ای می‌رسد که در آن ماده تاب مقاومت ندارد و می‌شکند.

فکر کنید

در چه‌صورت تنش وارد به یک قطعه شیشه به‌جای شکستن، در آن تغییرشکل خمیری به‌وجود می‌آورد؟

بیشتر سنگ‌ها دربرابر تنش ابتدا واکنش کش‌سان ازخود نشان می‌دهند که چندان قابل‌رؤیت نیست ولی با ادامهٔ تنش ممکن است واکنش به صورت خمیری باشد، مثلاً وقتی که سنگ‌ها چین می‌خورند؛ یا به صورت شکننده باشد مانند وقتی که در سنگ‌ها درز یا گسل به‌وجود می‌آید. نوع واکنش سنگ‌ها دربرابر تنش به عواملی چون فشارهمه‌جانبه، دما، زمان، آب یا محلول‌های دیگر بستگی دارد.

● انتظار دارید در هریک از حالت‌های زیر سنگ‌ها چه نوع واکنشی ازخود نشان دهند؟

	خمیری	شکستگی
ــ سنگ در اعماق زمین قراردارد. ــ سنگ در روی زمین قرار دارد. ــ سنگ در محل بسیارگرمی قرار دارد. ــ تنش به‌طور ناگهانی به‌سنگ وارد می‌شود. ــ تنش درمدت‌زمان طولانی و به‌آرامی به سنگ وارد می‌شود. ــ سنگ آبدار است. ــ سنگ خشک است		

چین‌خوردگی : به‌طورکلی چین‌ها را می‌توان خمیدگی‌های موجود در سنگ‌ها براثر رفتار خمیری دانست. چین‌ها فقط باعث تغییر وضعیت لایه‌های سنگی در فضا می‌شوند، و ممکن است از چند سانتی‌متر تا چندین کیلومتر طول و عرض داشته باشند.

انواع چین

اگر قسمتی از لایه‌های رسوبی از حالت افقی خارج شوند و پایین‌تر یا بالاتر از سطح اصلی قرار گیرند چین را **تک‌شیب** گویند (شکل ۳ــ۶ــ الف) و اگر لایه‌های سنگی طوری خم شوند که لایه‌های قدیمی‌تر در مرکز چین قرار گیرند، چین را **تاقدیس** می‌نامند (شکل۳ــ۶ــ ب) در صورتی که لایه‌های جدیدتر در مرکز چین قرار گیرند، چین را **ناودیس** گویند (شکل ۳ــ۶ــ ج).

شکل ۳ــ۶ ــ انواع چین

شکستگی‌ها

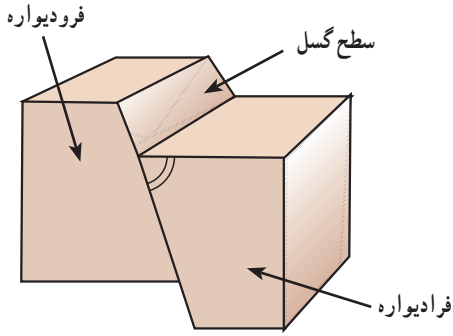
شکستگی‌ها، ساخت‌های ثانویه‌ای هستند که به دوصورت درز و گسل نمایان می‌شوند.

درزها و گسل‌ها در مطالعات زمین‌شناسی اهمیت ویژه‌ای دارند. به‌هنگام ساختن جاده‌ها، سدها، تونل‌ها و سایر سازه‌های مهندسی، آگاهی از وضعیت درزها و گسل‌ها بسیار حائز اهمیت است. ازنظر تجمع آب‌زیرزمینی و ذخایر نفت و گاز نیز درزها و گسل‌ها اهمیت دارند و در تشکیل کانسارهای گرمابی عامل مهمی به‌حساب می‌آیند.

درز : به نوعی شکستگی گفته می‌شود که، سنگ‌های دوطرف سطح درز نسبت‌به‌هم جابه‌جا نشده باشند (شکل ۴ــ۶). درزها را از نظرهای مختلف تقسیم‌بندی می‌کنند. اگر موقعیت صفحهٔ درز را نسبت به سطح افق درنظر بگیریم، می‌توان آنها را به انواع قائم، افقی و مایل تقسیم‌بندی کرد.

شکل ۴ــ۶ــ نمایی از درزه که با ایجاد شکستگی در سنگ آشکار شده است

گسل‌ها : گسل‌ها شکستگی‌هایی هستند که درآن، سنگ‌های طرفین شکستگی نسبت به‌هم لغزش پیدا کرده‌اند. مقدار لغزش از حدود یک سانتی‌متر تا چندکیلومتر تغییر می‌کند (شکل ۵ــ۶).



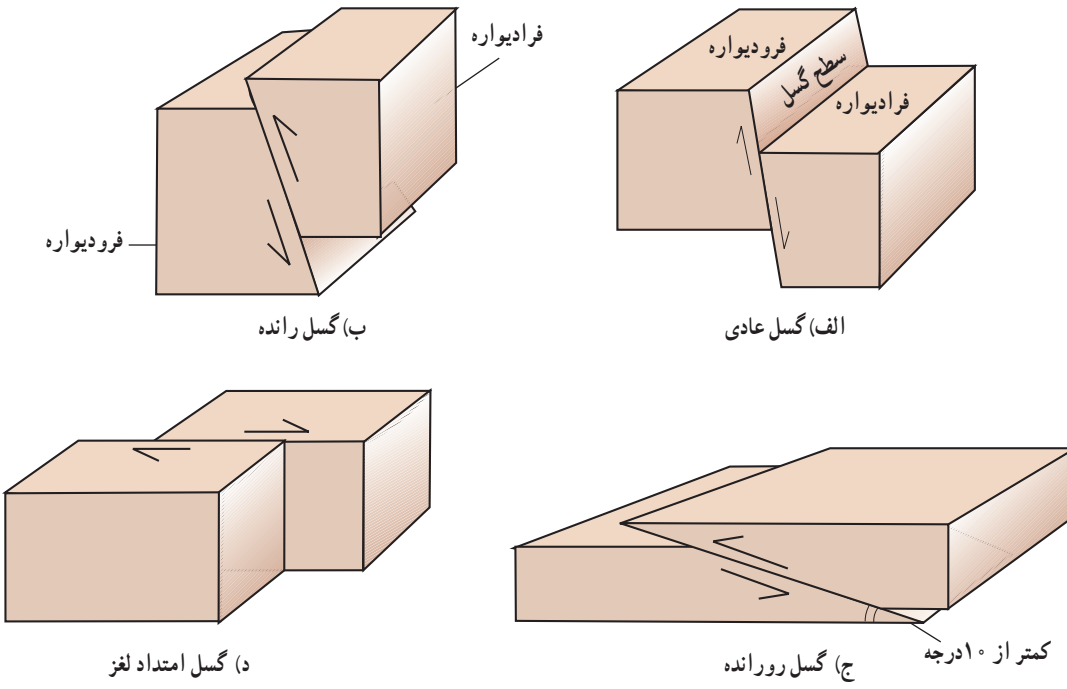
شکل ۵ــ۶ــ مشخصات گسل

سطح گسل : 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. در گسل‌هایی که سطح گسل مایل است طبقات روی سطح گسل را فرادیواره و طبقات سنگی زیر سطح گسل را فرودیواره می‌نامند.

انواع گسل

اگر سطح گسل مایل باشد، گسل را **شیب لغز** می‌نامند که ممکن است عادی یا معکوس باشد. درصورتی که فرادیواره نسبت به فرودیواره به‌طرف پایین حرکت کرده‌باشد یا فرودیواره نسبت به فرادیواره به سمت بالا حرکت کرده باشد، گسل را عادی گویند (شکل ۶ــ۶ــ الف).

در صورتی که فرادیواره نسبت به فرودیواره به‌سمت بالا یا فرودیواره نسبت به فرادیواره به سمت پایین حرکت کرده باشد، گسل را **رانده** یا **معکوس** گویند (شکل ۶ــ۶ــ ب). اگر در گسل‌های رانده مقدار جابه‌جایی بیش‌از یک‌کیلومتر و زاویهٔ سطح گسل کمتر از ۱۰درجه باشد، گسل را **رورواندگی** یا **رورانده** گویند (شکل ۶ــ۶ــ ج). گاهی براثر تنش‌برشی، لغزش سنگ‌ها در امتداد سطح گسل اتفاق می‌افتد، دراین‌صورت گسل را امتداد لغز گویند (شکل ۶ــ۶ــ د).

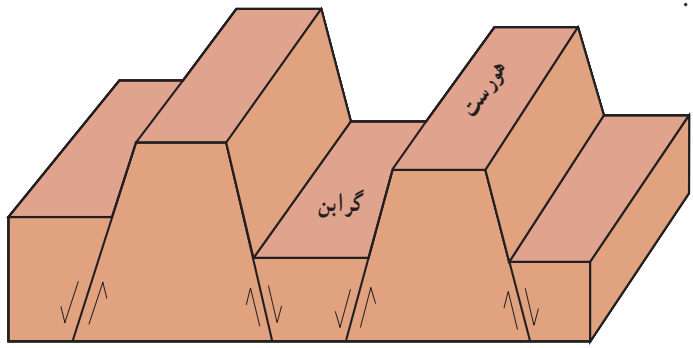


شکل ۶ــ۶ــ اقسام گسل ساده

شکل ۷ــ۶ ــ الف ــ گسل عادی

شکل ۷ــ۶ ــ ب ــ گسل معکوس ــ جنوب غرب فیروزکوه

در بخش‌هایی از پوستهٔ زمین که تحت تأثیر تنش‌های کششی قرار دارند، ممکن است تعدادی گسل‌های عادی موازی‌هم ایجاد شوند و به‌این‌ترتیب، بخش‌هایی از پوسته پایین بیفتد و ساختی به‌نام **گرابن** (پایین افتادگی) را بسازد و بخش‌هایی بالا رود و ساختی به نام **هورست** (بالا راندگی) را بسازد (شکل ۸ــ۶).



شکل ۸ــ۶ ــ گرابن و هورست

۷ شواهدی در سنگ‌ها

به این درخت فسیل‌شده نگاه کنید. امروزه، جنس این درخت از سنگ است اما بدیهی است که درگذشته، همین قطعهٔ فسیل، قسمتی از تنهٔ یک درخت بوده است. دراین‌صورت، چه حوادثی باعث تبدیل چوب به سنگ شده است؟

شکل ۱ــ۷ــ درخت فسیل‌شده

زمین‌شناسان نیز مانند کارآگاهان، با مشاهدهٔ دقیق شواهد موجود، به حوادث گذشته پی می‌برند. اما شواهد و مدارک زمین‌شناسان کدام‌اند؟

بیشترین شواهد و مدارک برای مطالعهٔ گذشته زمین، در سنگ‌های رسوبی یافت می‌شود. علت این امر چیست؟

سنگ‌های رسوبی به دلیل داشتن فسیل، می‌توانند در تشخیص سنّ لایه‌ها و محیط تشکیل آنها مورد استفاده قرار گیرند.

زمین‌شناسان از شواهدی که در حال حاضر وجود دارد به‌عنوان مدارکی برای پی‌بردن به شرایط گذشته استفاده می‌کنند. به‌عنوان مثال، وقتی در یک لایهٔ رسوبی، فسیل مرجان‌ها یافت می‌شود، نشان‌دهندهٔ آن است که این لایه در محیط دریایی گرم و کم‌عمق تشکیل شده است.

تفسیر کنید

(الف)

(ب)

منشأ احتمالی هر کدام از این سنگ‌ها کدام است؟

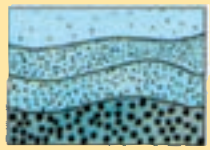
لایه‌لایه بودن سنگ‌ها

مهم‌ترین خاصهٔ سنگ‌های رسوبی، لایه‌لایه بودن آنهاست. هرلایه ازاین سنگ‌ها نشانه‌ای از شرایط زمان رسوب‌گذاری خود را داراست. در بسیاری از لایه‌ها شواهدی از چگونگی و گاهی زمان رسوب‌گذاری یافت می‌شود.

فکر کنید

سطوح حدفاصل میان لایه‌ها ممکن است دقیق و واضح و یا نامشخص باشد. سطوح حدفاصل در چه شرایطی تشکیل می‌شود؟

(الف)

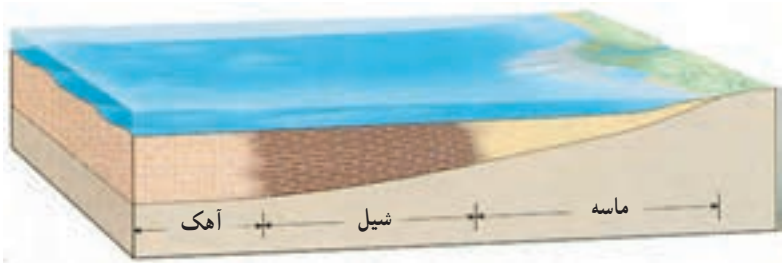


(ب)

طرز رسوب‌گذاری ذرات را در این دو حالت مقایسه کنید. در کدام حالت، آب حرکت داشته است؟ دلیل بیاورید.

یک لایهٔ رسوبی که ممکن است مساحت هزاران کیلومتر مربع را بپوشاند، در نقاط مختلف به‌صورت‌های متفاوتی دیده می‌شود. مثلاً همین لایه ممکن است در یک محل ماسه‌ای و در محل دیگر

دارای قلوه‌سنگ‌های درشت و ریز و یا رسی باشد. هنگامی که رسوبات در دریا ته‌نشین می‌شوند، مسلّماً دانه‌های درشت در نزدیکی ساحل برجای می‌مانند، اما ذرات رُس به علت سبکی زیاد، تا مسافات زیاد از ساحل فاصله می‌گیرند (شکل ۲ــ۷).



شکل ۲ــ۷ــ جنس رسوبات در اعماق مختلف دریا، متفاوت است.

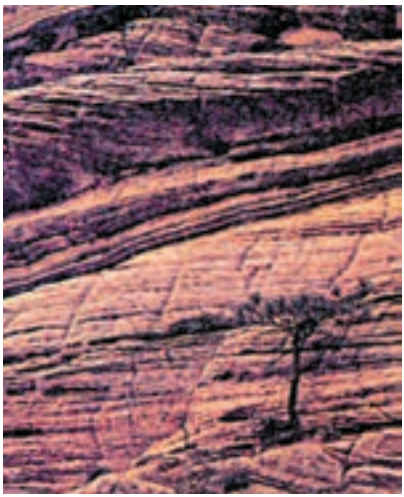
همهٔ سنگ‌های لایه‌لایه، رسوبی نیستند، همچنان‌که گاهی گدازه‌های آتشفشانی هم که از کوه سرازیر می‌شوند، پس از انجماد به‌صورت لایه‌لایه درمی‌آیند. مانندخاکسترهایی که از دهانهٔ آتشفشان خارج می‌شوند، ممکن است به‌صورت لایه‌لایه بر زمین بنشینند و سخت شوند (توف‌ها). البته تشخیص این‌قبیل سنگ‌ها از روی جنس و نحوهٔ تشکیل آنها آسان خواهد بود.

گدازه‌های روان آتشفشانی ممکن است لایه‌هایی به رنگ‌های مختلف را شامل شوند که مانند یک رومیزی چروک‌خورده، چین دارند. بلورهای سوزنی‌شکل موجود در گدازه هم مانند الوارهایی که در روی آب در حرکت‌اند، در یک امتداد قرار می‌گیرند و جهت جریان را نشان می‌دهند.

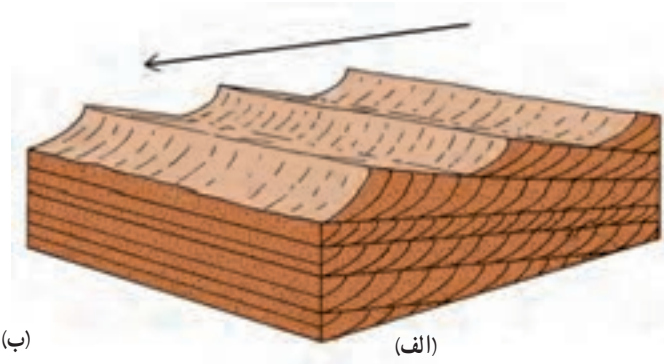
تشخیص بالا و پایین لایه‌ها

قبل‌از آنکه بتوانید تاریخچهٔ بیشتر سنگ‌های لایه‌دار را تشخیص بدهید، باید قادر باشید سطح بالا و پایین هرلایه را مشخص کنید. در بسیاری از موارد، لایه‌ها چین‌خوردگی یافته و ممکن است برگشته باشند. اما در غالب این لایه‌ها، شواهدی وجود دارد که سطح فوقانی آنها را نشان می‌دهد.

۱ــ چینه‌بندی متقاطع : در برخی‌از رسوبات حالت **چینه‌بندی متقاطع** مشاهده می‌شود، بدین‌معناکه در درون یک لایهٔ قطور، لایه‌های نازکی وجود دارند که سطوح جداکنندهٔ آنها نسبت‌به سطح رسوب‌گذاری عمومی لایهٔ اصلی، زاویه‌دار است. یکی از راه‌های تشکیل چینه‌بندی‌متقاطع در شکل ۳ــ۷ نشان داده شده است. آیا با توجه به این شکل، می‌توانید قسمت فوقانی لایه را از قسمت تحتانی آن مشخص کنید و آیا جهت جریان اوّلیه هم در حین رسوب‌گذاری در آنها پدیدار است یا نه؟



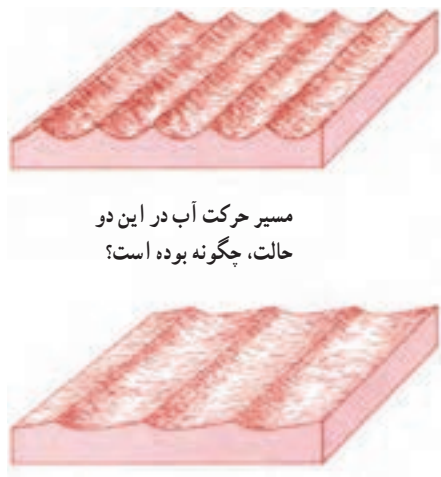
(ب)



(الف)

شکل ۳ــ۷ــ در هرکجا که سطح شیب‌داری بر اثر رسوب‌گذاری سریع تشکیل شود (دلتاها) یا عمل رسوب‌گذاری و تخریب به‌نوبت انجام گیرند، چینه‌بندی متقاطع پدید می‌آید (الف). چینه‌بندی متقاطع در رسوبات بادی قدیمی(ب).

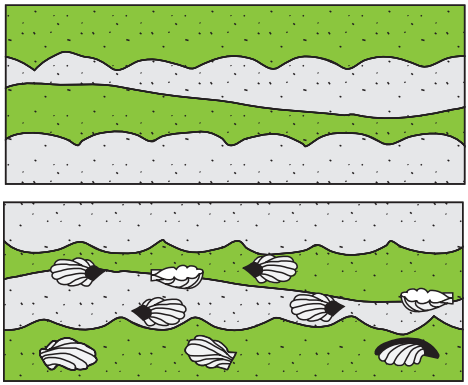
۲ــ ریپل‌مارک‌ها (Ripple marks) : شما ممکن است چین‌های کوچکی را در روی ماسه‌های ساحلی دریا، ته‌رودخانه، یا روی تپه‌های ماسه‌ای و حتی توده‌های برف دیده باشید که بی‌شباهت به چین‌های سطح آب استخر یا دریا به‌هنگام وزش باد نیستند. به‌این چین‌های کوچک **ریپل‌مارک** گویند. ریپل‌مارک‌هایی که عامل به‌وجودآورندهٔ آنها همیشه در یک جهت حرکت می‌کند، شکلی ویژه



شکل ۴ــ۷ــ ریپل‌مارک‌هایی که روی ماسه‌ها پدید آمده‌اند.

دارند؛ بدین معنا که شیب یک‌طرف آنها بیشتر است (کدام طرف؟)، اما زمانی که آب یا باد حرکتی به جلو و عقب داشته باشد، ریپل مارک‌ها هم حالتی متقارن به‌خود می‌گیرند. لبه‌های تیز ریپل مارک‌های متقارن همیشه به سمت بالای لایه قرار می‌گیرند.

۳ــ فسیل‌ها نیز گاهی طبیعی یا وارونه بودن لایه‌های رسوبی را نشان می‌دهند. وقتی که آب دریا تعدادی صدف خالی را برروی ساحل می‌افکند، امواج و جریان‌ها معمولاً دهانهٔ آنها را رو به‌طرف پایین برمی‌گردانند (شکل۵ــ۷).



شکل ۵ــ۷ــ کدام یک از این دو شکل وارونه‌اند؟

وجود بی‌نظمی در لایه‌ها

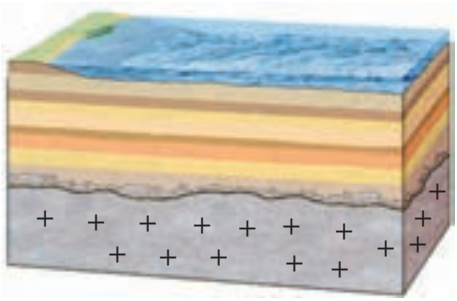
طبقات رسوبی به‌طور افقی ته‌نشین می‌شوند، اما بعدها ممکن است براثر چین‌خوردگی یا ایجاد گسل، وضع آنها به‌هم بخورد و توالی و پیوستگی طبیعی لایه‌ها، جای خود را به نوعی **ناپیوستگی** بدهد.

شکل ۶ــ۷ــ خارج شدن لایه‌های رسوبی از حالت افقی، نشانه تأثیر نیروهایی بر آنهاست.

ناپیوستگی‌ها : گاهی حرکات پوستهٔ زمین (کوهزایی و چین‌خوردگی) باعث بالا آمدن لایه‌هایی می‌شود که قبلاً در بستر دریا رسوب کرده و سخت شده‌اند. دراین‌صورت، سنگ‌ها در معرض تأثیر عوامل فرسایشی قرار می‌گیرند. اگر بعدها دوباره به علت‌هایی آب دریا روی این **طبقات فرسایشی** را بپوشاند، رسوبات جدیدی در روی لایه‌های قبلی قرار می‌گیرند و سنگ‌های تازه‌ای را پدید می‌آورند. بدیهی است که در زمان تشکیل این دو سری رسوب، انقطاع حاصل می‌آید. به این وقفه ایجاد شده در توالی رسوبی، ناپیوستگی می‌گویند. روی زمین نمی‌توان نقطه‌ای را یافت که درطول تاریخ‌زمین همواره در زیر دریا مانده و همچنان رسوبات لایه‌به‌لایه در آنجا ته‌نشین شده باشند. اصولاً ناپیوستگی‌ها مشخص‌کنندهٔ زمان‌هایی هستند که عمل رسوب‌گذاری متوقف شده است.

انواع ناپیوستگی‌ها عبارت‌اند از :

۱ــ ناپیوستگی آذرین‌پی : در نقاطی که لایه‌هایی از سنگ‌های رسوبی مستقیماً در روی توده‌های آذرین قرار گرفته باشند، نوعی ناپیوستگی پدید می‌آید که به آن **آذرین پی** گویند (شکل۷ــ۷).



شکل ۷ــ۷ــ ناپیوستگی آذرین‌پی. چه حوادثی در اینجا اتفاق افتاده است؟

۲ــ ناپیوستگی دگرشیب (زاویه‌دار) :

در این نوع ناپیوستگی، سری رسوبات زیرین از حالت افقی خارج شده‌اند و روی آنها، سری‌رسوبات جوان‌تر و اغلب افقی، قرار گرفته است و تشخیص آن بسیار آسان است (شکل۸ــ۷).

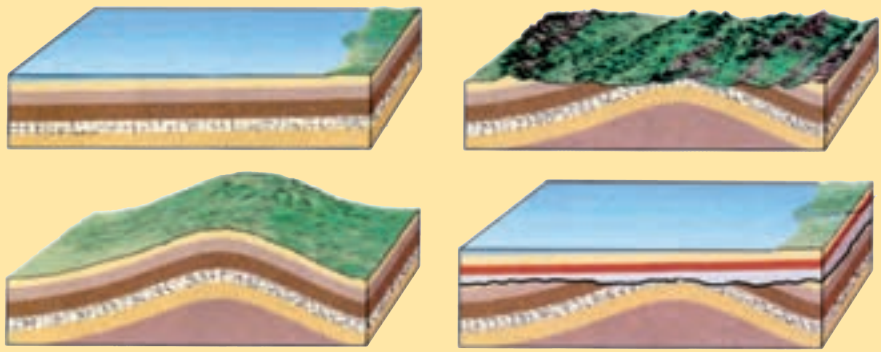
شکل ۸ ــ۷ــ ناپیوستگی زاویه‌دار ــ شهرستان خوسف بیرجند

۳ــ 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 شواهد وقوع فرسایش احتمالی هم وجود ندارد (شکل ۹ــ۷).

شکل ۹ــ۷ــ ناپیوستگی موازی (هم‌شیبی). چگونگی تشکیل این نوع ناپیوستگی را شرح بدهید.

تفسیر کنید

شکل‌ها را مرتب کنید و حوادثی را که باعث تشکیل آنها شده‌است شرح دهید.



اصول قابل‌استفاده در تعیین سن نسبی

وقتی سنّ سنگ‌ها به‌صورت «مقایسه‌ای» بیان شود (مثلاً سنگ A قدیمی‌تر از B است)، **سنّ نسبی** آنها را مشخص می‌کنیم.

۱ــ اصل انطباق : نیکلاس استنو دانشمند قرن هفدهم دانمارکی، نخستین کسی‌است که گفتـه است :

الف) لایه‌های رسوبی به‌طور افقی ته‌نشین می‌شوند.

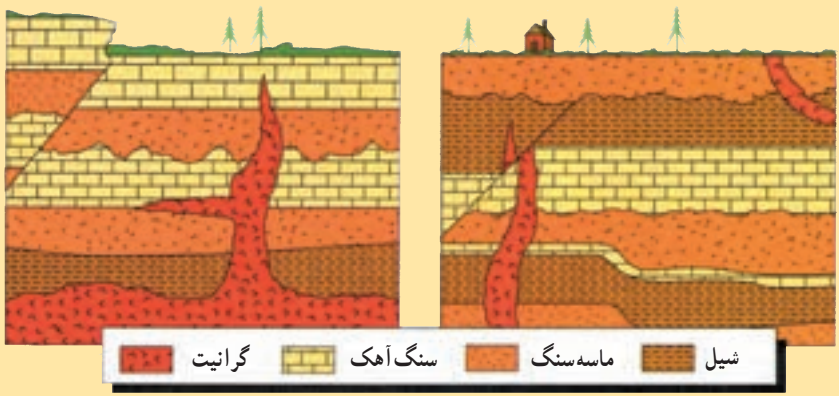
ب) در یک سری از طبقات رسوبی که بدون تغییر مانده باشند، لایه‌های زیرین قدیمی‌تر از لایه‌های فوقانی‌اند. این اصل، برای تعیین سن نسبی، هنوز هم مهم شمرده می‌شود.

البته، خود استنو هم متوجه شده بود که قضاوت ما دربارهٔ سنّ نسبی لایه‌های رسوبی زمانی

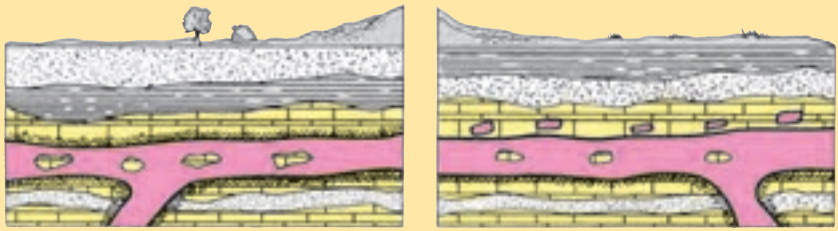
درست خواهد بود که طبقات رسوبی برگشته نباشند یا به عبارت دیگر توالی اولیهٔ خود را حفظ کرده باشند. اگر طبقات چین‌خورده باشند، بدیهی است این حادثه، **بعد از زمان تشکیل** آنها رخ داده است. به‌همین‌ترتیب، وقوع هرنوع شکستگی و گسل در لایه‌ها نیز به‌زمان بعد از تشکیل آنها مربوط خواهد بود.

تفسیر کنید

۱ــ در دو شکل زیر، ترتیب بروز وقایع را مشخص کنید.

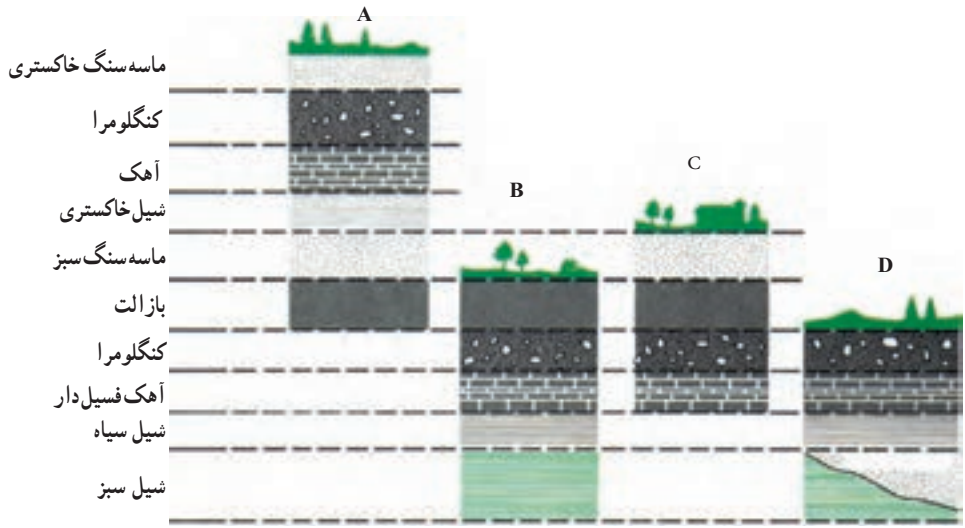


۲ــ درکدام‌یک از دوشکل، تودهٔ آذرین، نفوذی و در کدام‌یک، گدازهٔ مدفون شده‌است؟ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.



۲ــ پیوستگی جانبی لایه‌ها : زمین‌شناسان، برای تعیین همزمانی، یا تقدم و تأخر رسوب‌گذاری لایه‌ها، به تطابق و ایجاد همبستگی میان آنها می‌پردازند.

طبقات رسوبی را که رنگ مشخص، بافت یا فسیل‌های معینی به‌همراه دارند، به‌آسانی می‌توان در فواصل نزدیک، با همدیگر مقایسه کرد، اما هرچه فاصله دوسری رسوب بیشتر شود، کار انطباق و مقایسه مشکل‌تر می‌شود، مثالی از مسئلهٔ پیوستگی جانبی لایه‌ها را در شکل ۱۰ــ۷ ملاحظه می‌کنید. این تصویر چهارسری رسوب را در چهارنقطه مختلف نشان می‌دهد. زمین‌شناسی که به‌این سری‌های



شکل ۱۰ــ۷ــ در مناطق A و D لایه‌های مشترکی دیده نمی‌شود، بااین‌حال، راهی برای تطابق آنها وجود دارد.

رسوبی توجه کند، لایه‌های مختلفی را در آنها تشخیص می‌دهد. مثلاً، او می‌خواهد بداند که آیا سری رسوبات A با سری رسوبات D ارتباطی دارند یا نه؟ به نظر شما، او به چه نکاتی باید توجه کند؟ آیا سرانجام، وی ارتباطی را میان این دو سری، خواهد یافت یا نه؟

وقتی که کار تطابق به‌قاره‌های مختلف، یعنی نقاط دور از هم برسد، قضاوت‌کردن بسیار مشکل می‌شود. درگذشته نیز مانند امروز، شرایط محیطی درنقاط مختلف یکسان نبوده است، اگر در یک منطقه، عمل رسوب‌گذاری صورت می‌گرفته، درجای دیگر فرایندهای فرسایشی دست‌اندرکار بوده‌اند. هیچ لایهٔ سنگی وجود ندارد که سطح همهٔ قاره‌ها، یا سطح یک قاره را به‌طور کامل بپوشاند. با این‌حال، راه‌هایی دیگر برای تطابق لایه‌ها حتی در چنین مقیاس وسیعی نیز وجود دارد.

زمین‌شناسان از **فسیل** کمک‌های زیادی می‌گیرند. به‌عنوان مثال، گونه‌های فسیلی مشابهی در افریقا، اروپا و امریکای‌شمالی یافت می‌شوند و با آنکه فاصلهٔ مکانی این فسیل‌ها بسیار دور از هم است، می‌توان گفت که همهٔ آنها در یک زمان می‌زیسته‌اند. زمین‌شناسان فرض می‌کنند که رسوبات محتوی چنین فسیل‌هایی نیز به‌طور هم‌زمان تشکیل شده‌اند.

فسیل‌ها اطلاعات دیگری را نیز دراختیارمی‌گذارند. مثلاً به‌کمک آنها می‌توان از **چگونگی** و **محل تشکیل** رسوبات نیز آگاهی یافت. برخی از فسیل‌ها، مربوط به جانوران دریازی‌اند، پس سنگ‌های محتوی آثار آنها باید در محیط اقیانوس تشکیل شده باشند. رسوبات رودخانه‌ای یا دریاچه‌ای هم

به‌همین ترتیب قابل تشخیص‌اند.

با آنکه فسیل‌ها را از قرن‌ها قبل می‌شناخته‌اند، تنها در اواخر قرن هجدهم و اوایل قرن نوزدهم بود که اهمیت وارزش آنها در علوم زمین معلوم شد. در این‌زمان، یک مهندس انگلیسی به‌نام **ویلیام اسمیت** درضمنِ احداث کانال متوجه شد که درهرگروه از سنگ‌هایی که درضمنِ حفر کانال به آنها برخورد می‌کند، فسیل‌های ویژه‌ای دارند که متفاوت با فسیل‌های لایه‌های بالایی و پایینی است. گذشته ازآن، وی متوجه شد که لایه‌های رسوبی مناطق کاملاً دوراز هم را می‌توان با استفاده از فسیل‌های موجود در آنها باهم مقایسه کرد.

فسیل‌ها نشان‌دهندهٔ طرز تکامل حیات در روی زمین‌اند و چون جانداران ابتدایی‌تر و ساده‌تر، در مقایسه با جانداران پیچیده و پیشرفته، قدمتی زیادتر دارند، با مقایسهٔ نوع فسیل‌های موجود در سنگ‌ها می‌توان ترتیب قدمت لایه‌های رسوبی را نیز معلوم داشت.

فکر کنید

۱ــ درصورتی‌که امروزه، جانداران ابتدایی مانند اسفنج‌ها، مرجان‌ها، جلبک‌ها و آغازیان مختلف را درکنار جانداران پیچیده، چون پستانداران، یا گیاهان گلدار تک‌لپه‌ای می‌یابیم، چگونه می‌توان ادعا کرد که جانداران ساده، قدمت بیشتری دارند؟

۲ــ فسیل‌شناسان، برای بعضی از فسیل‌ها در مقایسه با بقیه، ارزش زیادتری قائل‌اند و حتی نام آنها را سنگواره‌های راهنما می‌گذارند. به‌نظر شما کدام خصوصیات زیر می‌تواند یک سنگواره را جزء اقسام راهنما قرار بدهد :

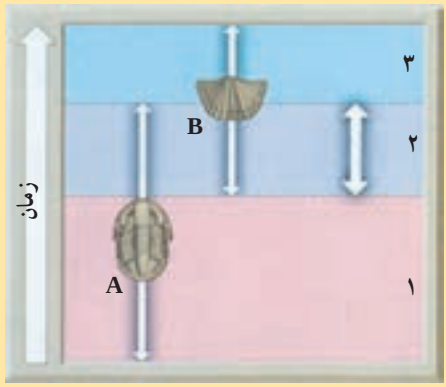
ــ در (همه‌جا / جاهای محدود) پیدا می‌شود.

ــ دورهٔ زندگی جاندار مربوط به آن (کوتاه / طولانی) بوده است.

ــ نمونه‌های موجود آن (محدود/ فراوان) است.

ــ متعلق به جانداران (ساده/پیچیده) است.

ــ تشخیص آن (آسان/مشکل) است.



۳ــ تشخیص سنّ کدام لایه آسان‌تر و دقیق‌تر است : ۲،۱ یا ۳؟ دلیل بیاورید.

مشاهده و استنباط کنید

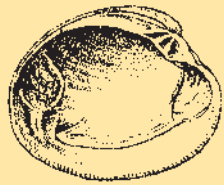
سنگواره‌ها، گذشته از کاربردی که در تشخیص قدمت لایه‌های سنگی و انطباق آنها با همدیگر دارند، در موارد زیر هم به‌کار می‌آیند.

۱ــ تشخیص حدود خشکی‌ها و دریاهای قدیمی.

۲ــ تشخیص نوع آب‌وهوای گذشته

با مشاهدهٔ شکل هریک از فسیل‌های زیر، نوع آب‌وهوا و شرایط محیطی زمان زندگی آنها را مشخص کنید.

Ostrea (صدف قطور)



Venus(صدف نازک)

جمع‌آوری اطلاعات

امروزه فسیل‌ها، در تعیین محل منابع نفت نیز کاربرد وسیعی دارند. اطلاعاتی را درمورد نوع فسیل‌های مورد استفاده، طرز تشخیص آنها و همچنین، دلیل استفاده از آنها را در اکتشاف منابع نفتی تهیه کنید.

بیشتر بدانید

راه‌های تشکیل فسیل یا سنگواره : سنگواره‌ها عموماً به یکی از چهارطریق زیر تشکیل می‌شوند.

۱ــ فسیل شدن قسمت‌های نرم : این‌نوع فسیل‌شدن موقعی صورت می‌گیرد که جسد جاندار پس‌ازمرگ در محیطی کاملاً دور از هوا قرار بگیرد. گرچه وجود چنین محیطی در طبیعت بسیار نادراست و موجودات اغلب تحت تأثیر عمل باکتری‌ها واقع می‌شوند، ولی محیط‌هایی نظیریخ، خاک‌های اشباع‌شده از نفت، صمغ درختان و ... می‌توانند در شرایط خاصی حتی تمام بدن یک جاندار را از عوامل تجزیه‌کننده حفظ کنند. مثلاً اجساد **فیل‌های ماموت** که نسل آنها مدت‌ها قبل منقرض

شده، تا امروز در گسل‌های یخ‌زدهٔ سیبری باقی و حتی گوشت آن سالم مانده‌است و یا حشراتی که به صمغ‌ها چسبیده و در داخل آنها قرار گرفته‌اند دراثر گذشت زمان و سخت‌شدن صمغ‌ها بدون کوچک‌ترین تغییری حفظ شده‌اند. این‌نوع حشرات گاهی به‌قدری خوب حفظ شده‌اند که حتی بافت‌های مختلف آنها نیز زیر میکروسکوپ قابل ملاحظه است.

بدن این حشره قدیمی، به‌طور کامل در داخل کهربا محفوظ مانده است.

۲ــ فسیل‌شدن قسمت‌های سخت : بدن اغلب جانوران دارای قسمت‌هایی سخت مثل دندان، استخوان و صدف است؛ برخی گیاهان دارای اسکلت مقاوم‌اند و بعضی از جانداران تک‌سلولی نیز، پوستهٔ سیلیسی سختی دارند که آنها را در مقابل عوامل فساد و تخریب، مقاوم می‌سازد. از این‌رو، چنین موجوداتی برای تبدیل شدن به فسیل یا سنگواره مناسب‌ترند.

۳ــ فسیل‌های حاصل از تبدیل قسمت‌های سخت به مواد دیگر : این قبیل فسیل‌شدن را می‌توان **جانشینی مولکول به مولکول ماده** نیز درنظر گرفت. مثلاً آب‌های زیرزمینی ضمن عبور از داخل رسوبات، بقایای جسد موجودات را حل می‌کنند و جای خالی آنها را با مواد محلول همراه مثل سیلیس، کلسیت، پیریت و اکسید آهن پر می‌سازند. در بعضی موارد، ساختمان بافت و سلول نیز به خوبی حفظ شده‌است، مثل چوب‌های سیلیسی شده.

۴ــ فسیل‌های حاصل از آثار موجودات زنده : فسیل منحصر به‌جسم سنگ‌شدهٔ جانوران و گیاهانی که از گذشته زندگی می‌کرده‌اند نیست؛ بلکه آثار باقی‌مانده از گیاهان و جانوران برروی رسوبات را نیز فسیل به‌شمار می‌آورند. در چنین مواردی، شاهد هیچ‌یک از اعضای اصلی سنگ‌شدهٔ موجود زنده نخواهیم بود و فقط اثر بازمانده برروی رسوب است که نشان‌از ساختاری گیاهی یا جانوری با خود

دارد. معروف‌ترین انواع این‌دسته از فسیل‌ها عبارت‌اند از :

● **قالب داخلی و خارجی** : ممکن است قالبی از صدف، استخوان و حتی برگ و یا تزیینات ساقهٔ گیاهان به‌صورت فسیل درآید. مثلاً صدف‌هایی که در رسوبات نرم مدفون شده‌باشند می‌توانند اثری بر رسوبات برجا گذارند. اگر صدف تدریجاً حل شده و جای خالی آن به وسیله موادی پرشود، این مواد به‌شکل صدف بوده و تزیینات خارجی برروی آن نقش بسته‌است که به‌آن **قالب‌خارجی** می‌گویند. درصورتی‌که تزیینات داخلی صدف از رسوبات نرم پرشود، سپس صدف حل‌شده و ازبین برود **قالب‌داخلی** صدف به‌صورت فسیل برجای می‌ماند.

● **ردپا و اثر موجودات بر روی رسوبات** : ردّپا، دُم و سایر زواید یک جانور ممکن است برروی رسوبات نرم باقی‌بماند و این‌اثر توسط رسوبات دانه‌ریز مانند رس یا ماسه پرشده و بعدها سخت شود. دراین‌صورت اثر موجود برروی سنگ‌ها به‌صورت فسیل درمی‌آید.

سن مطلق

برای تعیین «چه مدت قبل»، شما نیاز به مقیاس زمانی دارید. مثلاً می‌توانید وقایع را نسبت‌به زمان‌حال بسنجید. وقتی‌که شما سن پدیده‌ها و وقایع را با زمان‌حال می‌سنجید، **سن‌مطلق** را تعیین می‌کنید. پس سن‌مطلق هر چیزی، زمان پیدایش آن‌را تا امروز نشان می‌دهد. با این‌ترتیب، تعیین سن‌مطلق، دقیق‌تر از تعیین سن‌نسبی است، اما مشکل‌تر هم هست.

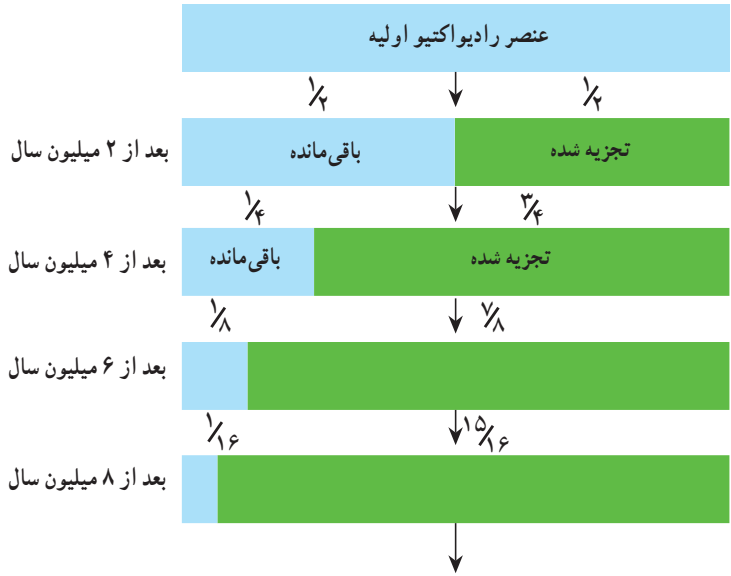
ساعت و تقویم، زادهٔ تفکر آدمی است و از روی حرکات زمین ابداع شده‌اند تا بتوان زمان را به‌کمک آنها تعیین کرد. اما برای پی‌بردن به وقایعی‌که در میلیون‌ها سال‌قبل رخ داده‌اند و از حد روز، ماه و سال فراترند، ساعت و تقویم کاربردی ندارند و باید به‌دنبال یافتن معیارهای دیگری بود.

کشف خاصیت رادیواکتیویته، روش دقیقی را برای تعیین دقیق سن سنگ‌ها و اشیا دراختیار دانشمندان گذاشت، چنان‌که می‌دانید، هستهٔ بعضی‌از عناصر، ذرات و انرژی را با نسبتی **ثابت** از خود دفع می‌کند. این عناصر، **رادیواکتیو** نام دارند. وقتی یک عنصر رادیواکتیو ماده و انرژی ازخود خارج کند، سرانجام مبدل به عنصری دیگر می‌شود که رادیواکتیو نیست. از آنجا که در مواد رادیواکتیو سرعت تخریب قابل محاسبه است و هیچ‌نوع عامل خارجی ازقبیل گرما، فشار و ... بر آنها مؤثر نیست، مواد رادیواکتیو را به‌عنوان ساعت‌های طبیعی درنظر می‌گیرند. با تعیین مقدار عناصر رادیواکتیو و غیر رادیواکتیو، می‌توان مدتی را که از عمر سنگ حاوی آن‌مواد گذشته، محاسبه کرد.

اورانیم، عنصری رادیواکتیو است که در بعضی‌از سنگ‌ها وجود دارد. به‌ویژه، یک‌نوع این عنصر (به‌نام U ــ ۲۳۸) برای تعیین سن‌مطلق سنگ‌ها کاربرد زیادی دارد. اورانیم ۲۳۸، دارای

عددجرمی ۲۳۸ و عدداتمی ۹۲ است (یعنی ۹۲ پروتون در هسته دارد). این‌عنصر، پس‌از تخریب، یعنی خارج‌کردن مرتب دوپروتون و دو نوترون، کاهش‌جرم می‌یابد و طی یک‌سلسله واکنش و تولید مواد واسطه ، سرانجام به‌سرب ۲۰۶ مبدل می‌شود.

نیمه عمر : سرعت تخریب بیشتر مواد رادیواکتیو، بسیار کند است، اما دانستن این‌سرعت، اهمیت دارد. دانشمندان دریافته‌اند که مدت زمان لازم برای تخریب نیمی از هرمقدار اورانیم ۲۳۸ و تبدیل آن به سرب ۲۰۶ ، معادل ۴/۵ میلیارد سال است. برای هرعنصر چنین مدت‌زمانی را **نیمه‌عمر** آن‌عنصر می‌نامند.



شکل ۱۱ــ۷ ــ تخریب مادهٔ رادیواکتیو؛ با نیمه عمر ۲ میلیون سال

فکر کنید

۱ــ اگر در سنگی، مقدار اورانیم ۲۳۸، $\frac{۱}{۸}$ مقداراولیه باشد، چه مدت ازعمر آن‌سنگ گذشته است؟

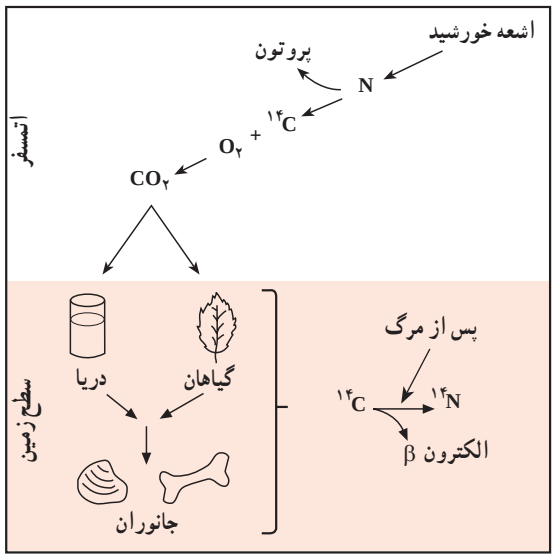
۲ــ گفته می‌شود روش تعیین‌سن با استفاده از اورانیم ۲۳۸، برای نمونه‌هایی کاربرد دارد که بیشتر از ۱۰میلیون‌سال قدمت داشته‌باشند. دلیل چیست؟

جدول ۱ــ ۷ــ ایزوتوپ‌هایی که در عمرسنجی به روش رادیومتری کاربرد دارند.

مادهٔ رادیواکتیو اولیه	مادهٔ حاصل	نیمه‌عمر مورد قبول
اورانیم ۲۳۸	سرب ۲۰۶	۴/۵ میلیارد سال
اورانیم ۲۳۵	سرب ۲۰۷	۷۱۳ میلیون سال
توریم ۲۳۲	سرب ۲۰۸	۱۴/۱ میلیارد سال
روبیدیم ۸۷	استرونسیم ۸۷	۴/۷ میلیارد سال
پتاسیم ۴۰	آرگون ۴۰	۱/۳ میلیارد سال

کربن رادیواکتیو : در بعضی از نمونه‌هایی که قدمت زیادی ندارند، مواد آلی یافت می‌شود که مربوط به بقایای بدن جانداران است. دانشمندان، برای تعیین سن این نمونه‌ها، از نوعی کربن رادیواکتیو (C_۱۴) استفاده می‌کنند. کربن۱۴، بعد از تخریب مبدل به نیتروژن۱۴ می‌شود.

کربن ۱۴، به طور طبیعی در اتمسفر وجود دارد که پس‌ازترکیب با اکسیژن CO_2، پدید می‌آورد. البته، بیشتر CO_2 اتمسفری، از کربن غیررادیواکتیو (C_۱۲) به‌وجود می‌آید و مقدار کمی از این‌گاز، محصول C_۱۴ است. نسبت میان C_۱۴ به C_۱۲ در اتمسفر ثابت است. همه جانداران، هردونوع کربن را جذب می‌کنند و گیاهان، CO_2 حاصل‌از هردونوع را در فرایند فتوسنتز به‌کار می‌برند. سپس، هردونوع کربن از طریق زنجیرهٔ غذایی به بدن جانوران هم می‌رسند.



شکل ۱۲ــ۷ــ اتم‌های کربن رادیواکتیو در طبقات بالای اتمسفر تشکیل شده، وارد چرخهٔ کربن می‌شوند.

تا زمانی که گیاهان و جانوران زنده‌اند، نسبت میان دونوع کربن در آنها ثابت است، اما بعداز مرگ، این نسبت تغییر می‌کند، چون عمل جذب آنها متوقف می‌شود و کربن۱۴ به‌علت ناپایداری، شروع

به تجزیه می‌کند و نیتروژن ۱۴ را به‌وجود می‌آورد.

نیمه‌عمر کربن۱۴، معادل ۵۷۳۰ سال است. دانشمندان، برای تعیین عمر نمونهٔ کربن‌دار، ابتدا نسبت C_{14} به C_{12} را تعیین می‌کنند، سپس آن‌نسبت را با نسبتی که این‌دونوع کربن دربدن جانداران دارند، می‌سنجند.

C_{14}، اغلب برای تعیین سنّ استخوان، چوب، صدف و بازمانده‌های آلی انسان کاربرد دارد. با این‌روش، نمونه‌هایی را که تا ۵۰ هزار سال قدمت دارند، می‌توان عمرسنجی کرد. بنابراین، باستان‌شناسان، انسان‌شناسان و زمین‌شناسان از آن استفاده‌های زیادی می‌کنند. درواقع، ابداع این روش چنان مهم بود که درسال ۱۹۶۰، شیمی‌دانی به‌نام **لی بی** جایزهٔ نوبل را به‌همین‌خاطر دریافت کرد.

۸ تحوّلات گذشته

سطح زمین در تغییر دائم است. کوه‌ها به‌وجود می‌آیند و فرسوده می‌شوند. اقیانوس‌ها پیشروی و پسروی می‌کنند و مناطقی سرسبز تبدیل به بیابان می‌شوند. با تغییراتی از این قبیل، جانداران مختلف نیز فراوان می‌شوند و سپس روبه نابودی می‌روند. شواهد بروز چنین تغییراتی درمیان لایه‌های سنگی موجود در پوسته زمین باقی می‌ماند. دانشمندان، برای آنکه بتوانند ترتیب و نوع این تغییرات را دریابند، اقدام به تهیهٔ یک جدول مقیاس زمانی کرده‌اند. در این جدول، تغییرات فیزیکی و زیستی در چهرهٔ زمین مشخص می‌شود.

چینه‌شناسی

چینه‌شناسی یکی از شاخه‌های زمین‌شناسی تاریخی است که درآن، توالی لایه‌های رسوبی و حوادثی را که درطی رسوب‌گذاری رخ داده است، به‌کمک شواهد موجود، تفسیر می‌کنند.

در صفحات قبل گفته شد که براساس **اصل انطباق** و **پیوستگی جانبی لایه‌ها** می‌توان سن‌نسبی لایه‌های رسوبی را تعیین‌کرد و با تطابق لایه‌ها، به حوادث گذشتهٔ زمین پی‌برد.

لایه‌های رسوبی، ضخامت‌های متفاوت دارند. این ضخامت، از حد میکروسکوپی، تا ده‌ها متر تغییر می‌کند. سطح تماس بین دولایهٔ مجاورهم را سطح لایه‌بندی می‌گویند.

واحدهای چینه‌شناسی

چینه‌شناسان برای بررسی زمان و همچنین، چینه‌ها و فسیل‌ها، از مقیاس‌هایی استفاده می‌کنند که عبارت‌اند از : واحدهای زمانی زمین‌شناسی، واحدهای زمانی چینه‌شناسی، واحدهای زیستی چینه‌شناسی و واحدهای سنگی چینه‌شناسی. در اینجا مقیاس‌های مربوط به زمان زمین‌شناسی و واحدهای سنگی چینه‌شناسی را مرور می‌کنیم.

واحدهای زمانی زمین‌شناسی : براساس بررسی‌هایی که برروی فسیل‌ها، تعداد و تنوع

جانداران، انقراض آنها درمدتی کوتاه، حوادث کوه‌زایی و ناپیوستگی‌ها صورت گرفته عمر زمین را به بخش‌هایی که از نظر زمان نامساوی‌اند تقسیم می‌کنند. این بخش‌ها را واحدهای زمانی زمین‌شناسی گویند، که به‌ترتیب شامل **ائون، دوران، دوره، دور یا عهد** است. هر واحد، قسمتی از تاریخ عمر زمین است. نام دوره‌ها اغلب از روی نام یک ناحیه یا جنس رسوبات یا نام فسیل‌ها تعیین شده‌است.

واحدهای سنگی چینه‌شناسی : در واحدهای سنگی چینه‌شناسی، ویژگی‌های انواع سنگ‌های تشکیل‌دهندهٔ چینه‌ها مورد تأکید است. بنابراین، هر واحد سنگی چینه‌شناسی مجموعه‌ای از چینه‌هاست که قسمت عمدهٔ آن ازیک نوع سنگ معین یا مجموعه‌ای از سنگ‌های مشخص تشکیل شده باشد. هر واحد سنگی چینه‌شناسی ممکن است از یکی از گروه‌های سنگ‌های رسوبی، آذرین و دگرگونی یا مجموعه‌ای از دو یا هر سه‌نوع از این گروه‌ها تشکیل شده باشد، این واحدها عبارت‌اند از :

لایه : کوچک‌ترین واحد سنگی چینه‌شناسی است و به واسطهٔ داشتن ویژگی‌های مشخص سنگ‌شناسی از لایه‌های بالا و پایین خود تمیز داده می‌شود.

بخش : شامل چند لایه است که ازنظر ویژگی‌های سنگ‌شناسی مشخص است و دربین قسمت‌های دیگر به‌آسانی تمیز داده می‌شود.

سازند : واحد سنگی اصلی چینه‌شناسی و عبارت است از مجموعه لایه‌هایی که صفات سنگ‌شناسی مشخص داشته باشد. بالا و پایین یک سازند مشخص است، ولی ضخامت آن حدمعینی ندارد. یک سازند ممکن است یک یا چند بخش داشته باشد.

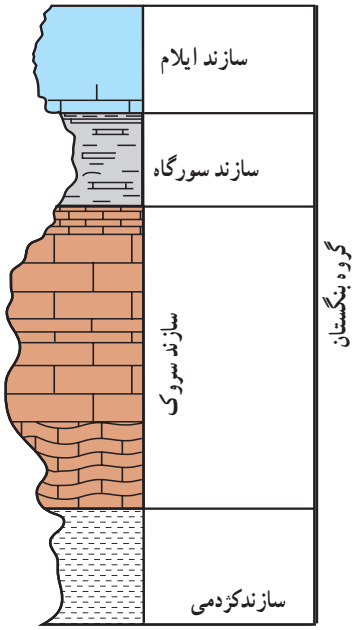
گروه : واحد بزرگ‌تر از سازند است و از دو یا چند سازند پیاپی تشکیل می‌شود. واحدهای سنگی چینه‌شناسی را به‌ترتیب بزرگی می‌توان به‌صورت زیر نوشت :

گروه ⟵ سازند ⟵ بخش ⟵ (طبقه) لایه

نام هریک از واحدهای سنگی چینه‌شناسی، ترکیبی از نام جغرافیایی یک ناحیه و نام خود واحد است، مثل **سازند آغاجاری** یا **گروه بنگستان**.

ستون چینه‌شناسی

مجموعه‌ای از توالی لایه‌های سنگی (سازندها) یک منطقه را که براساس سنگواره‌های راهنما،



شکل ۱ــ۸ــ نمایش ستون چینه‌شناسی چند سازند زمین‌شناسی ــ کنگره بودن خط سمت‌چپ برای نشان‌دادن مقاومت مختلف سازندها نسبت به هوازدگی است.

ازقدیم به جدید مرتّب کرده باشند، ستون چینه‌شناسی گویند. زمین‌شناسان با توجه به مشاهدات و تحقیقات خود از ستون چینه شناسی در سراسر جهان، ستون چینه‌شناسی واحدی تشکیل داده‌اند که نمایانگر زمان درطی تاریخ گذشتهٔ زمین، از ابتدا تا به امروز است. ستون چینه‌شناسی یک مقیاس‌نسبی‌زمانی برای مقایسهٔ لایه‌های سنگی است و همچنین گسترش و تغییر و تحول حیات را درطی عمر زمین نشان می‌دهد.

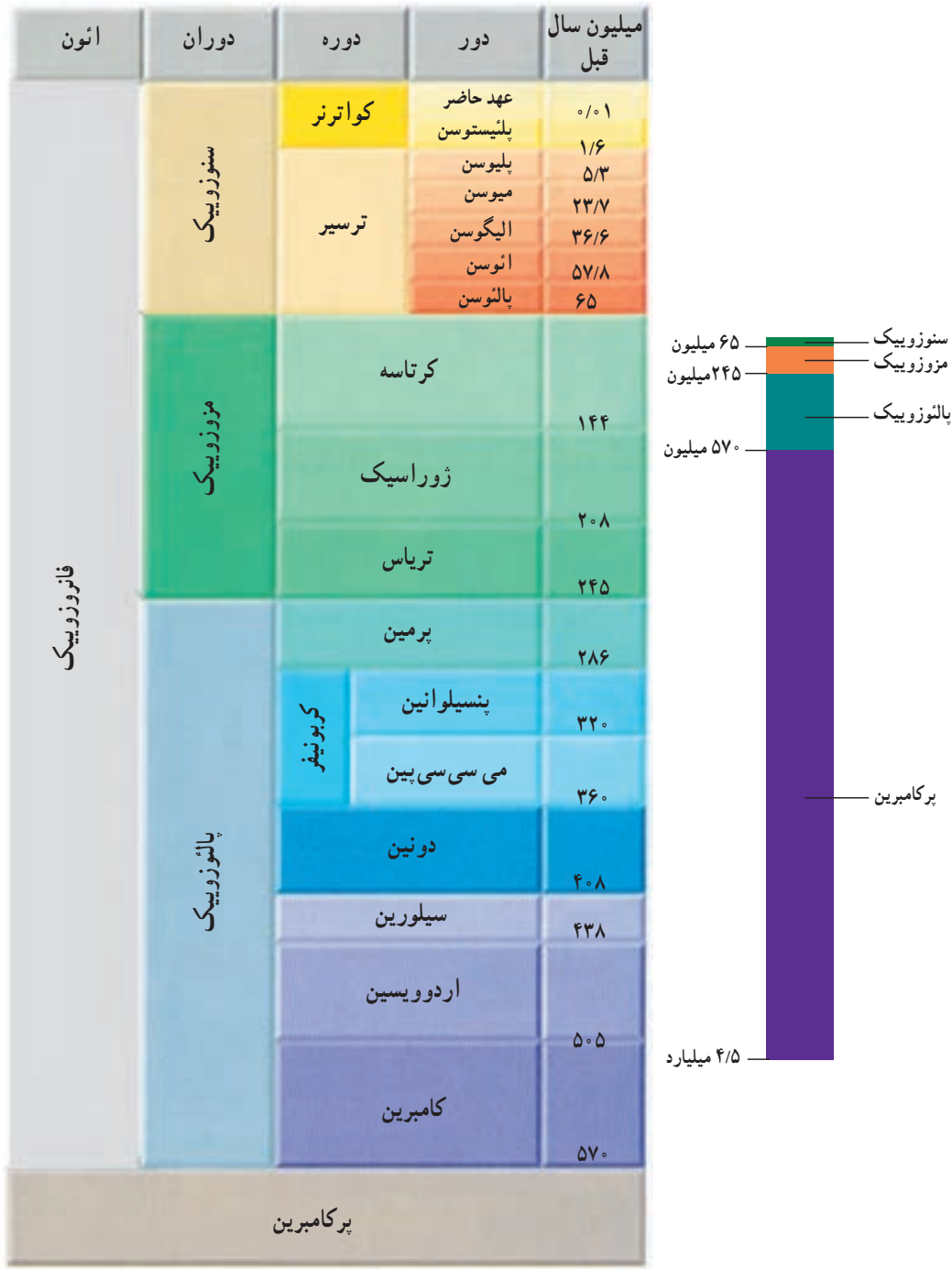
البته، توجه داشته باشید که در هیچ‌جای زمین، نمی‌توان رسوبات همهٔ زمان‌ها را درکنارهم یافت. بنابراین، دانشمندان حاصل مشاهدات خود از نقاط مختلف را با هم تلفیق می‌کنند تا استانداردی برای آرایش لایه‌های سنگی یا همان ستون چینه‌شناسی پیدا کنند. درستون چینه‌شناسی، لایه‌های زیر، قدیمی‌ترین و لایه‌های بالا، جدیدترین خواهند بود.

در تشخیص لایه‌های ستون چینه‌شناسی، از دو معیار، یعنی **نوع فسیل‌ها** و **جنس سنگ‌ها** کمک می‌گیرند. فسیل‌های موجود در لایه‌های بالایی، به گیاهان و جانوران امروزی مشابه‌اند، حال آنکه آثار فسیلی لایه‌های زیرین، اغلب وضعی متفاوت دارند و چنان‌که می‌بینیم، نسل بیشتر آنها نابود شده است.

تقسیم‌بندی زمان زمین‌شناسی

همچنان‌که در تاریخ، وقوع حوادث مهم را مبنای پایان یک‌دوره و شروع یک‌دورهٔ دیگر می‌شمارند، در زمین‌شناسی نیز حوادث مهمی چون پیدایش و تغییرات چشمگیر در نوع فسیل‌ها، تغییر در نوع و ضخامت سنگ‌ها، ناپیوستگی‌ها و تغییرات آب‌وهوایی را برای طبقه‌بندی کردن زمان به‌کار می‌برند.

جدول ۱ــ ۸ ــ تقسیم بندی زمانی گذشتهٔ زمین. طول دوران‌های مختلف را با هم مقایسه کنید.



بیشتر بدانید

دوران	دوره	تقسیمات مهم زمان در زمین‌شناسی
سنوزوییک (دوران غلبه پستانداران)	کواترنر (چهارم) ترسیر (سوم)	درابتدا، دوران‌های زمین‌شناسی را به‌نام اوّل، دوم، سوم و چهارم می‌نامیدند. امروزه، دوران اوّل و دوم دیگر کاربردی ندارد، اما نام‌های سوم و چهارم را هنوز هم برای دوره‌های سنوزوییک به‌کار می‌برند.
مزوزوییک (دوران غلبه خزندگان)	کرتاسه ژوراسیک تریاس	از نام لاتین **کرتا** به معنای گل سفید گرفته شده است. این نوع رسوبات به مقدار زیاد در انگلیس وجود دارند. از نام کوه‌های **ژورا** بین فرانسه و سویس گرفته شده که رسوبات این دوره نخستین‌بار در آنجا مطالعه شد. از نام **تریاس** به معنای سه‌گانه گرفته شده، زیرا رسوبات آن در سه لایه متمایز از بقیه‌اند.
پالئوزوییک (دوران غلبه بی‌مهرگان)	پرمین کربونیفر دونین سیلورین اردوویسین کامبرین	نخستین بار، سنگ‌های آن درناحیهٔ **پرم** روسیه مطالعه شد. مقدار زیادی ترکیبات زغالی و **کربن‌دار** در این دوره یافت شده است. سنگ‌های آن اولین‌بار در **دون‌شایر** انگلیس مطالعه شد. از نام قبایل **سیلور** گرفته شد، که در ناحیه ویلز انگلیس می‌زیسته‌اند. از نام مردمان ویلز به نام **اردوویس** گرفته شده است. نام قدیمی **ویلز** در انگلیس است.
پرکامبرین		به معنای ماقبل کامبرین است و آثار حیاتی مشخصی ندارد.

پرکامبرین

دوران پرکامبرین، با پیدایش زمین درحدود ۴/۶ میلیارد سال قبل شروع شده و در ۵۷۰ میلیون سال پیش پایان یافته‌است. تفسیر آنچه در سنگ‌های این دوران باقی مانده، دشوار است؛ زیرا بیشتر این سنگ‌ها، تحت‌تأثیر فعالیت‌های مختلف صورت گرفته در پوسته چنان تغییریافته‌اند که تشخیص ترتیب و لایه‌های اولیهٔ آنها به‌ندرت امکان‌پذیر است.

مناطق وسیع بیرون‌زدگی‌های سنگ‌های پرکامبرین به‌نام **سپر** را دراغلب قاره‌ها می‌توان یافت. سپرهای پرکامبرین، حاصل چندین صدمیلیون سال فعالیت آتشفشانی و کوه‌زایی، تشکیل رسوبات و دگرگونی‌اند. سنگ‌های پرکامبرین، اغلب تغییرشکل یافته و دگرگون شده‌اند. درنتیجه، مقدار زیادی از آنها ذوب شده‌اند و به‌همین علت، مواد معدنی مختلفی را به‌نزدیکی سطح زمین آورده‌اند. بیشتر از نصف کانی‌های

پرارزش جهان را در سپرهای پرکامبرین یافته‌اند، که درمیان آنها، نیکل، آهن، طلا و اورانیم وجود دارد.

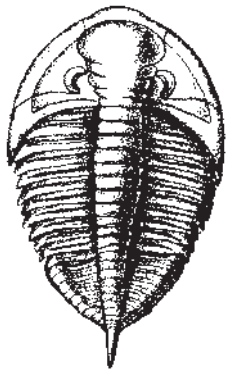
فسیل مربوط به پرکامبرین، بسیار کمیاب است؛ زیرا بیشتر جانداران این دوران، فاقد قسمت‌های سخت مانند استخوان و صدف در بدن بوده‌اند. گذشته ازآن، قدمت زیاد سنگ‌ها و تحمل تغییرات فراوان و مکرر، باعث ازبین‌رفتن فسیل‌های آن‌زمان شده است.

ازجمله فسیل‌های معدود پرکامبرین، می‌توان به **استروماتولیت‌ها**، یا رسوبات **ریف**مانند (مشابه تشکیلات مرجانی) اشاره کرد، که محصول عمل باکتری‌ها و جلبک‌ها هستند. استروماتولیت‌ها، امروزه‌هم در بعضی از آب‌های کم‌عمق تشکیل می‌شوند. به‌همین علت هم تصور می‌رود در پرکامبرین، دریاهای کم‌عمق بیشتر نقاط روی زمین را پوشانده بودند. بسیاری از فسیل های متعلق به پرکامبرین که آثاری مربوط به کرم‌ها، عروس‌دریایی و جانداران تک‌سلولی‌اند، در استرالیا یافت شده‌اند.

شکل ۲ــ ۸ــ سیانوباکترها، امروزه هم این توده‌های متشکل از کربنات کلسیم را به نام استروماتولیت پدید می‌آورند. در ۲/۸ میلیارد سال قبل، استروماتولیت‌ها فراوان بوده‌اند.

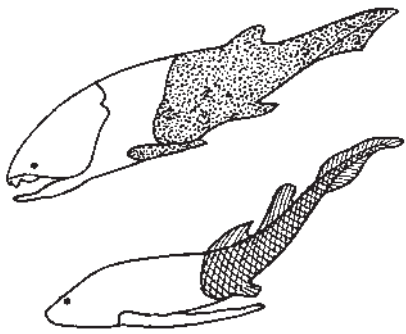
پالئوزوییک : دوران بی‌مهرگان

مهم‌ترین جانور بی‌مهره‌ای که در پالئوزوییک می‌زیسته و سپس در اواخر این دوران نسلش ازبین‌رفته، بی‌مهره‌ای وابسته به گروه بندپایان به نام **تریلوبیت** (قسمت = lobus سه = tri) است که بدنی متشکل از سر، سینه و دُم داشته‌است. تریلوبیت‌ها از لحاظ شکل و اندازه اقسام بسیار گوناگونی داشته‌اند. به‌طوری که برخی از آنها را حتی به عنوان سنگوارهٔ راهنمای دوره‌های معینی در پالئوزوییک می‌شناسند. تریلوبیت‌ها بیشتر در آب‌های کم‌عمق و بر بستر دریا زندگی می‌کرده‌اند و احتمالاً محیط خود را از بقایای جانوران و مواد آلی پاکیزه نگه می‌داشته‌اند (شکل ۳ــ ۸).



شکل ۳ــ ۸ــ نمونه‌ای از تریلوبیت‌های پالئوزوییک

شواهد فسیلی، نشان می‌دهد که در پالئوزوییک بی‌مهرگان فراوان دیگری هم علاوه‌بر تریلوبیت‌ها وجود داشته‌اند، به‌طوری که دوران پالئوزوییک را دوران بی‌مهرگان لقب داده‌اند، درطی دورهٔ اردوویسین **نخستین مهره‌داران** ظاهر شده‌اند. این جانوران از گروه ماهی‌ها هستند که به‌علت دارابودن صفحات سخت استخوانی در سطح بدن، به ماهی‌های زره‌دار معروف‌اند (شکل ۴ــ۸).



شکل ۴ــ۸ ــ دونوع ماهی زره‌دار پالئوزوییک

در دوره‌های کامبرین و اردوویسین، زندگی محدود به دریا بود، اما در سیلورین برای نخستین‌بار، زندگی در خشکی آغاز شد. از گیاهان آونددار (ساقه‌و برگ) مربوط به این‌دوره آثاری به‌دست آمده است. فسیل نخستین جانوران ساکن خشکی هم متعلق به موجوداتی عقرب‌مانند است.

در کربونیفر نخستین خزندگان ظاهر شدند. این جانوران کوچک هم شبیه به دوزیستان بودند و بالهٔ حرکتی ضعیفی داشتند که از آنها برای خزیدن بر روی زمین استفاده می‌کردند. خزندگان نیازی به زیستن در کنار آب نداشتند؛ زیرا پوست غیرقابل‌نفوذ آنها، زیستن در محیط‌های بسیار خشک را برای آنان امکان‌پذیر می‌کرد. خزندگان درعین‌حال می‌توانستند در خشکی تخم‌گذاری کنند.

در اواسط پالئوزوییک، گروهی از بی‌مهرگان، به‌نام **بازوپایان** فراوان شدند. بازوپایان ازجهتی مانند نرم‌تنانند؛ زیرا بدن آنها را دو صدف (بالایی و پایینی) می‌پوشاند (شکل ۵ ــ ۸). بقایای فسیلی بازوپایان را بیشتر در رسوباتی‌که در مناطق کم‌عمق دریا ته‌نشین شده‌اند می‌یابیم، اما درطول زمان، گونه‌هایی از آنها خود را به مناطق ساحلی، یا عمیق دریا کشانده و با محیط‌های مختلف سازش یافته‌اند. شاید هم همین قدرت سازگارشدن سبب شده است که نسل چنین بی‌مهرگانی هنوز نیز بعداز این‌زمان دراز، باقی باشد. **اسپی‌ریفر** ازجملهٔ مهم‌ترین بازوپایان پالئوزوییک است.

اسپی‌ریفر

شکل ۵ ــ ۸ ــ نمونه‌ای از بازوپایان پالئوزوییک

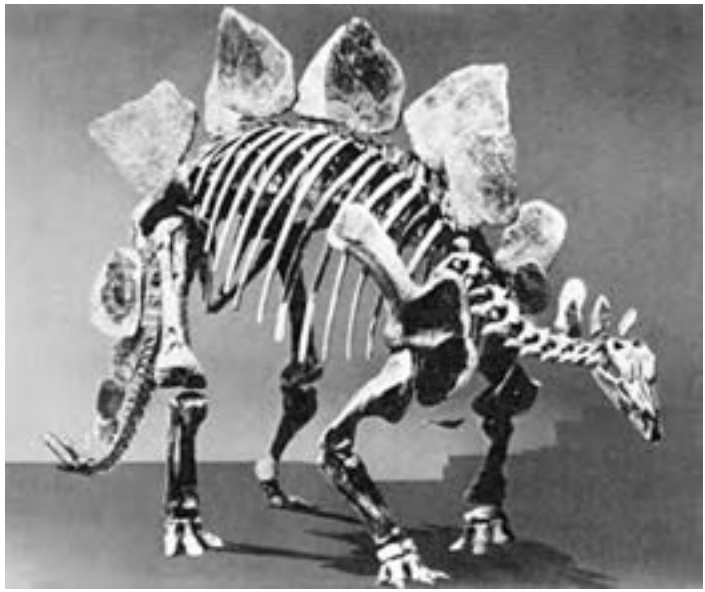
در اواسط دوران پالئوزوییک چین‌خوردگی‌های مهمی در زمین روی داد و کوه‌های مرتفعی پدید آمد، و پس‌ازآن، فرایندهای فرسایشی قسمت‌های وسیعی را از قاره‌های آن‌زمان مسطح کردند. مرداب‌های بزرگی به‌همین‌سبب پدید آمد و بقایای گیاهان فراوان این‌زمان، که همگی ازجملهٔ گیاهان بی‌گل و به‌ویژه نهان‌زادان بودند، در آن مرداب‌ها و زیر گل‌ولای مدفون مانده، پس از تحمل مراحل تجزیه و فساد، آثار زغال‌سنگی بزرگی را پدید آوردند که هنوزهم به‌عنوان یک منبع انرژی از آنها بهره‌برداری می‌کنیم.

شکل ۶ــ۸ــ گیاهان پالئوزوییک بیشتر از گروه نهان‌زادان آوندی و بازدانگان و به‌صورت درختان بزرگ بوده‌اند.

مزوزوییک : دوران خزندگان

سنگ‌های فسیل‌دار مزوزوییک را در نقاط مختلفی می‌توان یافت. بنابراین، اطلاع ما از وضع جانداران این دوران زیاد است. شرایط آب‌وهوایی، توسعهٔ فراوان خزندگان را امکان‌پذیر کرد. آب‌وهوا در مزوزوییک بسیار گرم‌تر از امروز بوده است. در تریاس، یعنی ابتدای مزوزوییک خزندگان بسیار فراوان و گوناگون شده بودند. جثهٔ این خزندگان بین یک تا سی متر درازا داشته‌است. علاوه بر خزندگان ساکن‌خشکی، خزندگانی در این‌هنگام وجود داشته‌اند که می‌توانستند در هوا پرواز کنند. انواع دریازی آنها کمیاب نبوده است . به همین‌سبب، به‌کار بردن «دوران خزندگان» برای مزوزوییک، شگفت‌آور نیست. خزندگان درشت‌جثهٔ مزوزوییک را **دایناسور** (خزنده = Sourus مخوف = Deinos) می‌گویند (شکل ۷ــ ۸).

فسیل اسکلت قدیمی‌ترین پرندهٔ شناخته شده، در میان سنگ‌آهک‌های معدنی واقع در جنوب‌آلمان



شکل ۷ــ۸ــ نمونه‌ای از دایناسورهای مزوزوییک

یافت شد. قدمت این فسیل که آن‌را **آرکئوپتریکس** (بال= Pteron قدیمی=Archaios) نامیده‌اند، حدود ۱۴۰ میلیون سال است.

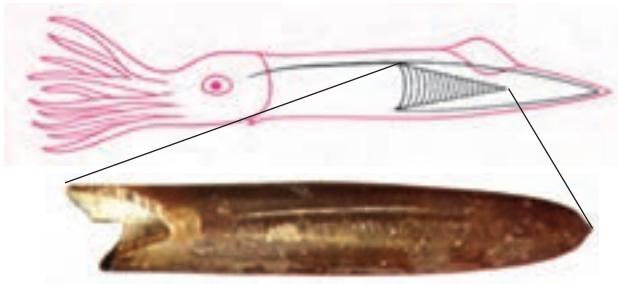
اگر آثار پَر در اطراف این فسیل یافت نمی‌شد، مشکل می‌توانستند آن را جزء پرندگان محسوب بدارند. آرکئوپتریکس فسیلی بسیار مهم است؛ زیرا نه تنها اثری از قدیمی‌ترین پرنده را نشان می‌دهد، بلکه به سبب داشتن آثاری از صفات خزندگان (وجود سه انگشت در هر بال، دندان‌های کوچک و تیز در هر آرواره و دم طویل استخوانی) می‌توان به کمک آن چنین استنباط کرد که پرندگان از خزندگان مشتق شده‌اند. آرکئوپتریکس در عین‌حال قدرت پرواز چندانی هم نداشته است (شکل ۸ــ ۸).

شکل ۸ــ۸ــ فسیل آرکئوپتریکس و طرحی که از آن ترسیم شده است.

در همین‌حال که مهره‌داران در روی خشکی در حال ازدیاد بودند، بی‌مهرگانی ویژه در دریاها ظاهر شدند و توسعه یافتند که نظایر آنها را در دوران‌های قبل و بعد از مزوزوییک نمی‌یابیم. از جملهٔ مهم‌ترین این بی‌مهرگان، نرم‌تنانی از گروه سرپایان به‌نام **آمونیت‌ها** و **بلمنیت‌ها** (Belemnites) بودند. بلمنیت‌ها را می‌توان از وابستگان ماهی مرکب و اسکویدها محسوب داشت (شکل۹ــ ۸).

گیاهان نیز در دوران مزوزوییک فراوان و گوناگون شدند، به‌طوری که علاوه بر انواع بی‌گل و نهانزا، در دورهٔ کرتاسه گیاهان گل‌دار و درختان میوه و برگ‌ریز ظاهر شدند.

در اواخر عصر مزوزوییک دایناسورها به‌طور اسرارآمیزی ازمیان رفتند. تاکنون دلایل زیادی درمورد نابودی نسل دایناسورها آورده شده است، (بالاآمدن زمین و کاسته شدن از وسعت مرداب‌ها، بزرگی جثه و عدم تکافوی غذا، شیوع بیماری و ... از این میان نظریه‌ای که مبنی بر سردشدن هوا بر اثر گرد و غبار ناشی از برخورد شهاب‌سنگ‌های (شخانه) بزرگ به سطح زمین است از اعتبار بیشتری برخوردار است).



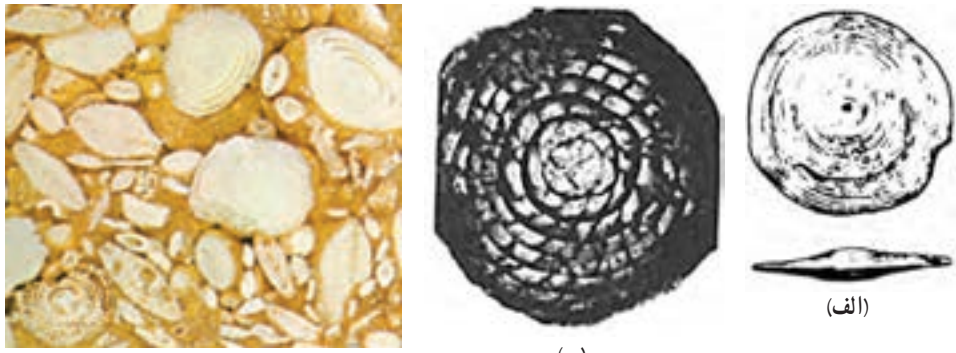
آمونیت

شکل ۹ ــ ۸ ــ نمونه‌هایی از آمونیت‌ها و بلمنیت‌های مزوزوییک

سنوزوییک : دوران پستانداران

نخستین آثار پستانداران را مربوط به مزوزوییک می‌یابیم. این جانوران که به‌تدریج تا دورهٔ کرتاسه تکامل حاصل کردند، بیشتر کوچک‌جثه و خزنده‌مانند بوده‌اند. تکامل اصلی و ازدیاد پستانداران، در سنوزوییک رخ داده و این جانوران، جای دایناسورها را اشغال کردند. اصولاً پستانداران به‌علت خون‌گرم بودن و پوشیده‌شدن بدن از مو یا پشم قادر بوده‌اند که با تغییر شرایط محیط سازگار باشند و به‌همین علت توانسته‌اند درطول سال در نقاط سرد و گرم یک منطقه به‌فعالیت ادامه دهند.

در سنوزوییک، انواعی از آغازیان و گروه روزن‌داران می‌زیسته‌اند که از سنگواره‌های بسیار با ارزش این دوران محسوب می‌شوند. این روزن‌داران را **نومولیت** می‌نامند و وجود آنها در هرنوع رسوبی، مؤید ارتباط آن رسوبات با دوران سنوزوییک است (شکل ۱۰ــ ۸).



(الف)

(ب)

(ج)

شکل ۱۰ــ ۸ــ نومولیت (الف) و مقطع (ب) تعدادی نومولیت در مقطع یک سنگ (ج)

علاوه‌بر روزن‌داران، خارتنان هم در سنوزوییک فراوان و گوناگون شدند به‌طوری‌که تاکنون متجاوز از ۶۵۰ گونه از آنها را تشخیص داده‌اند.

در سنوزوییک بر تنوع گیاهان گل‌دار و درختان افزوده شد و انواع کنونی کمابیش پدیدار شدند. اما، آیا زیادشدن گیاهان، در ازدیاد پستانداران نقشی داشته‌است؟

سرانجام در اواخر سنوزوییک، آدمی پا به عرصه‌وجود نهاد و به‌برکت عقل و درایتی که داشت، در اندک مدتی توانست بر این سیّاره مسلط شود. رشد جمعیت آدمی، به‌ویژه در قرن‌های اخیر، چنان به‌سرعت صورت گرفت که وی ناچارشد گاه با اجرای برنامه‌های عجولانه، تغییراتی حساب‌نشده در کرهٔ زمین به‌وجود آورد و از این‌طریق، آسیب‌هایی جبران‌ناپذیر براین سیّاره وارد سازد که نتایج وخیم آن‌را به صورت کمبود انرژی و مواد اوّلیه، آلودگی محیط و ... دامن‌گیر خود کرده است. روی‌هم‌رفته، درطول میلیاردها سال هیچ‌گاه، هیچ موجودی تا بدین‌حد توازن طبیعی را در سیاره زمین برهم نزده است.

۹ رسم نقشه

سطح خشکی‌ها، پستی و بلندی‌های فراوان دارد. وقتی با هواپیما از سطح زمین عکس‌برداری شود، پدیده‌هایی در عکس آشکار می‌شوند که از روی زمین نمی‌توان آنها را مشاهده کرد. مثلاً، از بالا بهتر می‌توان مسیر رودخانه‌ها، خطوط ساحلی، شکل کوه‌ها و دره‌ها را دید (شکل ۱ــ۹). با این همه، گاهی زمین‌شناسان به اطلاعاتی نیاز پیدا می‌کنند که حتی در چنین عکس‌هایی هم نمی‌توان آنها را یافت. به‌ویژه که این‌قبیل عکس‌ها فقط منطقهٔ محدودی را نشان می‌دهند و اگر هدف مطالعه در مناطق وسیعی باشد، به‌ناچار باید از **نقشه** استفاده شود که تصویر افقی قسمتی از زمین، با مقیاس معینی است.

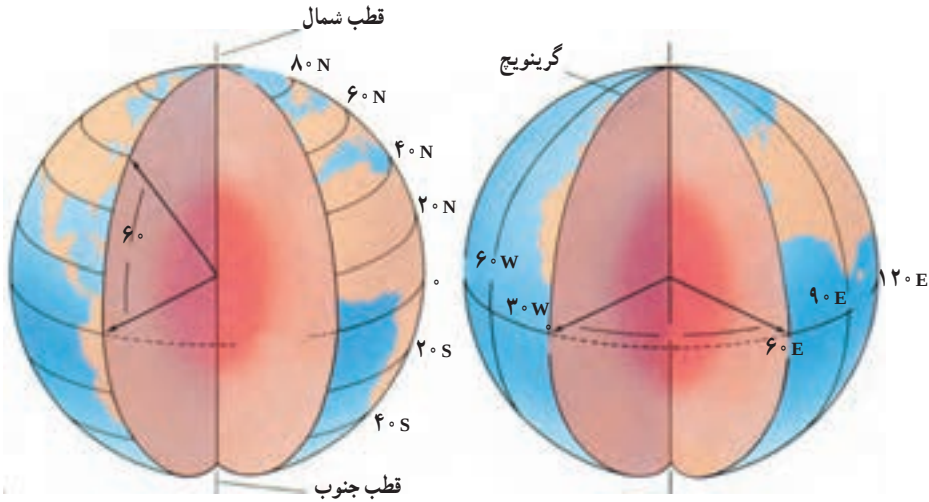
شکل ۱ــ۹ــ تصویر منطقه غیر مسطح ــ شمال جزیره قشم

یافتن نقاط در روی زمین

زمین تقریباً یک کره است. کره، نه بالا و پایین دارد و نه پهلو. پس درحالت معمولی نقطه‌ای را به‌عنوان مبدأ یا مبنای مقایسه نمی‌توان در روی آن یافت. اما از آنجا که کرهٔ زمین می‌چرخد، دو نقطه‌ای را که در بالا و پایین، زمین حول آن می‌چرخد، می‌توان نقاط مبدأ درنظر گرفت. به این‌دو نقطه، **قطب‌های جغرافیایی** می‌گویند. در نیم‌راه این دو نقطه هم خطی فرضی به‌نام **استوا** درنظر گرفته می‌شود که زمین رابه دو نیم‌کرهٔ شمالی و جنوبی تقسیم می‌کند. با این‌ترتیب، دو مبدأ مختصات را در روی زمین تعیین کرده‌اند که به کمک آنها می‌توان موقعیت هر نقطهٔ دلخواهی را تعیین کرد.

مختصات جغرافیایی : تعدادی دایرهٔ فرضی به‌نام **مدار** به موازات استوا رسم می‌شود که عرض جغرافیایی را نشان می‌دهند. مدارها، از خط استوا فاصلهٔ زاویه‌ای دارند. بدیهی است که مدارها نمی‌توانند بیشتر از ۹۰درجهٔ شمالی یا جنوبی باشند. البته درعمل، یک درجه عرض جغرافیایی حدود ۱۱۱کیلومتر یعنی معادل $\frac{۱}{۳۶۰}$ محیط زمین (حدود ۴۰هزارکیلومتر) است.

برای تعیین موقعیت نقاط، علاوه بر عرض، به طول هم نیاز داریم. **طول جغرافیایی** را با **نصف‌النهارها** مشخص می‌کنند. نصف‌النهارها دوایری فرضی‌اند که از دو قطب می‌گذرند. یک نصف‌النهار را به‌عنوان مبنا، انتخاب کرده‌اند که طول آن صفر است (گرینویچ). بقیهٔ نصف‌النهارها از این خط مبنا فاصلهٔ زاویه‌ای دارند و در شرق یا غرب آن قرار می‌گیرند. حداکثر مقدار طول جغرافیایی، معادل نصف محیط زمین، یعنی ۱۸۰درجه است. فاصلهٔ نصف‌النهارها از یکدیگر، در استوا حداکثر است و رو به قطب‌ها به‌تدریج کم می‌شود و در محل قطب‌ها به صفر می‌رسد (شکل۲ــ۹) به‌عنوان مثال، (شهر تهران در ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی واقع است).



شکل ۲ــ۹ــ مدارها و نصف‌النهارهای زمین

فکر کنید

۱ــ طول و عرض جغرافیایی محل زندگی خود را چگونه اندازه‌گیری می‌کنید؟

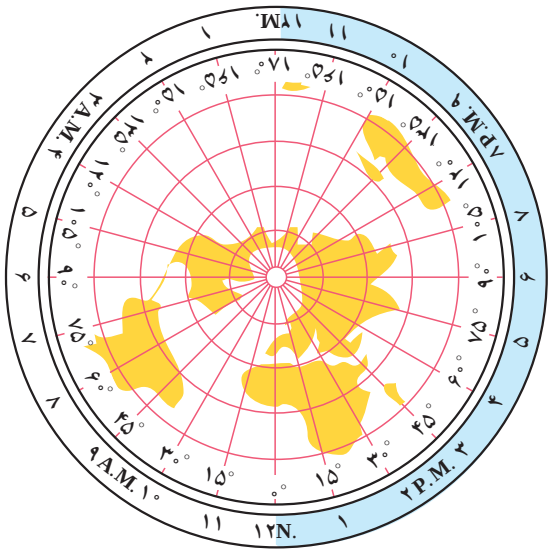
۲ــ چند راه برای این کار وجود دارد؟

۳ــ آیا می‌دانید هریک درجهٔ طول جغرافیایی روی زمین حدود چند کیلومتر است؟

زمان

در عصر ما که ارتباطات بسیار سریع و لحظه‌ای شده‌اند، تعیین اختلاف زمان بین نقاط مختلف زمین بسیار مهم است.

اگر خورشید را مبنای تعیین زمان حساب کنیم، ظهر، هنگامی است که خورشید به بالاترین نقطهٔ مسیر خود در آسمان می‌رسد. اما این پدیده، حالت محلی دارد و وقتی مثلاً خورشید در بالاترین نقطهٔ مسیر خود برفراز شهر مشهد است، دقایقی باید طی شود تا نظیر همان‌حالت برای شهر تهران و سپس برای شهر تبریز پیش‌آید. به عبارت دیگر، ظهر هر محل، ویژهٔ همان محل است. به همین دلیل، برای جلوگیری از بروز مشکلات مربوط به تعیین زمان، سطح کرهٔ زمین را به ۲۴ منطقه تقسیم کرده‌اند و برای هر منطقه، **ساعت استاندارد** درنظر گرفته شده است (شکل ۳ ــ ۹).



شکل ۳ــ۹ــ اختلاف ساعت در نقاط مختلف زمین

اگر محیط زمین، یعنی ۳۶۰ درجه را بر ۲۴ ساعت تقسیم کنیم، مشاهده می‌کنیم که زمین در هر ساعت، معادل ۱۵ درجه می‌چرخد. پس، هر قسمت ازمناطق ۲۴ گانهٔ زمانی، معادل ۱۵ درجه است و زمان در هر منطقه، یک ساعت با منطقهٔ دیگر اختلاف دارد و چون جهت چرخش زمین از غرب به شرق است، مناطق شرقی از نظر زمانی، جلوتر از مناطق غربی هستند. مثلاً فاصلهٔ زمانی تهران تا لندن، معادل ۳ ساعت‌و نیم است. و اگر تهران ساعت ۳/۵ بعد از ظهر باشد در لندن ساعت ۱۲ است.

نقشه‌های توپوگرافی

نقشه‌هایی که در علوم زمین کاربرد فراوان دارند، دونوع‌اند : **نقشه‌های توپوگرافی** و **نقشه‌های زمین‌شناسی**. اساس نقشه‌های زمین‌شناسی نیز نقشه‌های توپوگرافی است.

خصوصیت نقشه‌های توپوگرافی و فرق آنها با نقشه‌های جغرافیایی در این است که روی چنین

نقشه‌هایی، پستی‌ها و بلندی‌های روی زمین مشخص شده‌است. البته عوارض طبیعی چون رودها، دریاچه‌ها و حتی جاده‌ها و ساختمان‌ها را نیز گاهی متناسب با احتیاج، در روی این نقشه‌ها مشخص می‌کنند.

در شکل ۴ــ۹، شکل پایین، جزیره‌ای را از پهلو نشان می‌دهد. شکل بالا نیز همان جزیره را از بالا نشان می‌دهد. اما در هیچ‌کدام از این دو شکل، اندازهٔ جزیره و مقدار ارتفاع آن معلوم نیست.

شکل ۴ــ۹ــ تصویر افقی جزیره در نقشه توپوگرافی

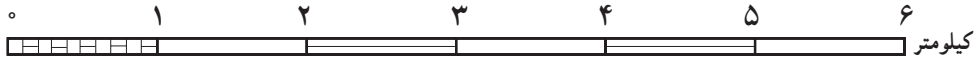
مقیاس : مقیاس هر نقشه عبارت است از نسبت فاصلهٔ دو نقطه در روی نقشه به فاصلهٔ افقی همان دو نقطه درروی زمین. مقیاس نقشه‌ها را معمولاً به صورت کسری یا ترسیمی نشان می‌دهند. مقیاس کسری به شکل یک کسر ساده با صورت ۱ بیان می‌شود، مثلاً اگر فاصلهٔ دو نقطه بر روی نقشه یک سانتی‌متر و فاصلهٔ افقی همان دو نقطه بر روی زمین ۵۰۰۰ متر باشد، مقیاس آن نقشه به‌روش زیر محاسبه می‌شود :

$$\text{مقیاس} = \frac{\text{یک سانتی‌متر}}{\text{۵۰۰۰ سانتی‌متر}} = \frac{۱}{۵۰۰۰}$$

هرچه مخرج کسر بزرگ‌تر باشد نقشه کوچک‌تر مقیاس‌تر خواهد بود. مثلاً نقشهٔ یک دوهزارم از نقشه یک‌هزارم کوچک مقیاس‌تر است.

در مقیاس ترسیمی، مقیاس را به شکل نواری نشان می‌دهند که از چپ به راست متناسب با طول‌های واقعی تقسیم‌بندی شده‌اند. مثلاً در شکل ۵ــ۹ مشاهده می‌شود که طول معادل هر قسمت از این مقیاس در روی نقشه، نمایانگر یک کیلومتر در روی زمین است. چون طول هر قسمت در شکل ۵ــ۹ برابر ۲ سانتی‌متر است، بنابر این، مقیاس آن به صورت کسری برابر است با :

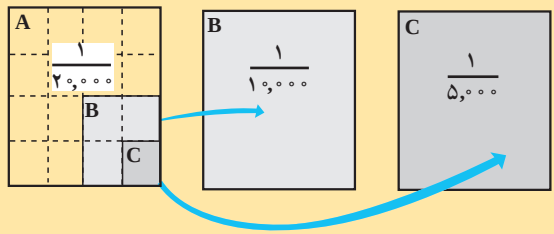
$$\frac{۲\text{cm}}{۱\text{km}} = \frac{۲\text{cm}}{۱۰۰۰۰۰\text{cm}} = \frac{۱}{۵۰۰۰۰}$$



شکل ۵ــ۹ــ مقیاس خطّی

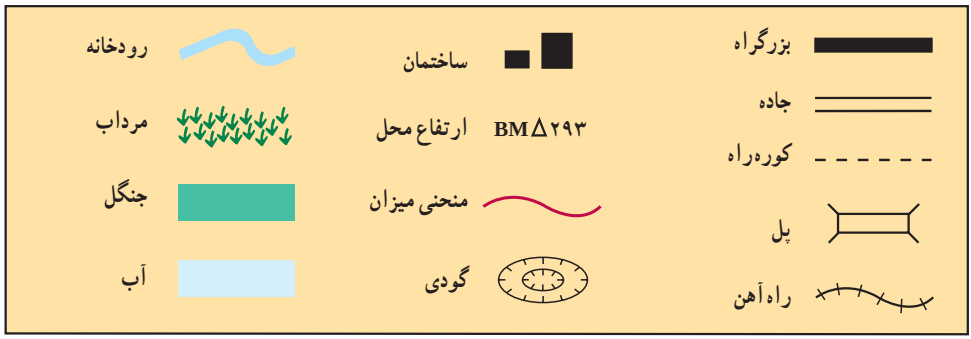
تفسیر کنید

با توجه به اینکه دو نقشهٔ دارای مقیاس‌های متفاوت، با ابعاد مساوی بر روی صفحه رسم شده‌اند، رابطهٔ میان مساحت منطقه‌های مورد نقشه‌برداری چه بوده است؟ از شکل‌های زیر کمک بگیرید.



علائم قراردادی و رنگ نقشه

در یک نقشهٔ بزرگ‌مقیاس، می‌توان تمام عوارض زمین ازقبیل راه‌ها، رودخانه، جنگل، دریاچه، شهرها، روستاها و حتی ساختمان‌ها را با ابعاد و اشکال حقیقی روی صفحهٔ کاغذ (نقشه) نشان داد؛ ولی برای نشان‌دادن قسمت بزرگی از زمین در روی نقشه (مثلاً یک کشور)، اجباراً باید مقیاس نقشه را کوچک انتخاب کرد. دراین‌صورت نمی‌توان تمام عوارض طبیعی و جغرافیایی را با مقیاس نقشه و به ابعاد و اشکال حقیقی روی نقشه برد. مثلاً یک جاده به عرض ده‌متر روی نقشه به مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰۰۰}$ نیم‌میلی‌متر پهنا خواهد داشت که ترسیم آن آسان است، ولی اگرنقشه به مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰۰۰۰}$ باشد، عرض این جاده روی نقشه پنج‌صدم میلی‌متر خواهد بود و رسم آن روی نقشه ممکن نیست. درنتیجه، لازم است در چنین مواردی ازعلائم قراردادی استفاده کنیم. شکل ۶ــ۹ نمونه‌ای از این‌قبیل علائم را نشان می‌دهد.



شکل ۶ــ۹ــ معمولاً در نقشه‌های توپوگرافی منحنی‌های تراز را به رنگ قهوه‌ای، راه‌ها و خطوط راه‌آهن و شهرها و اسامی و نوشته های روی نقشه را با رنگ سیاه، رودخانه‌ها و کانال‌ها و دریاچه‌ها و دریاها را به رنگ آبی و جنگل و مناطق پوشیده از گیاه را به رنگ سبز نشان می‌دهند.

طرز نشان‌دادن پستی و بلندی زمین روی نقشه

در تهیهٔ نقشه‌های توپوگرافی پس‌از انتخاب مقیاس نقشه، دانستن نحوهٔ تعیین موقعیت نقاط (طول و عرض جغرافیایی) و انتخاب سیستم تصویر لازم است که برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌های زمین یا به‌عبارت‌دیگر کوه‌ها و دره‌ها را روی نقشه نشان بدهیم. نشان دادن برجستگی‌ها و فرورفتگی‌ها روی نقشه که یک صفحهٔ مسطح است به روش خاصی نیاز دارد. طریقه‌های مختلفی برای این کار متداول است که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از :

منحنی میزان (Contour) : روی نقشه علاوه بر مختصات نقاط (طول و عرض جغرافیایی یا x و y)، ارتفاع آنها نسبت به سطح دریا قبلاً معلوم می‌شود. از به‌هم پیوستن نقاطی که دارای «ارتفاع مساوی» هستند منحنی‌هایی به‌وجود می‌آید که در اصطلاح نقشه‌برداری آنها را **منحنی‌میزان** یا **منحنی‌تراز** می‌نامند (شکل ۷ــ۹).

روی منحنی‌های میزان ارتفاع مربوط به آنها نوشته می‌شود. اگر روی یک منحنی میزان عدد ۱۵۰۰ نوشته شده باشد به‌این‌معناست که تمام نقاط روی این منحنی از سطح دریا ۱۵۰۰ متر ارتفاع دارند. اگر روی یک منحنی بالاتر از منحنی فوق عدد ۱۶۰۰ و روی یک منحنی پایین‌تر، عدد ۱۴۰۰ نوشته شده باشد نشان دهندهٔ این است که دراین نقشه منحنی‌های میزان با اختلاف ارتفاع صدمتری ترسیم شده‌اند. این اختلاف، فاصلهٔ‌تراز نامیده می‌شود. فاصلهٔ تراز بسته به مقیاس نقشه و عوارض منطقه از ۱۰ تا ۲۵۰ متر انتخاب می‌شود و نیز باید دانست که در نقشه‌های خیلی بزرگ مقیاس، یا زمین نسبتاً مسطح، فاصلهٔ تراز یک متر و حتی کمتر از آن‌هم ممکن است انتخاب شود. معمولاً ارتفاع را در روی همهٔ منحنی‌ها نمی‌نویسند، بلکه از هر ۵ منحنی یکی را پررنگ‌تر می‌کشند و رقم ارتفاع را در کنارش می‌نویسند.

نقشه‌خوانی

برای آنکه بتوانیم از نقشه‌ها استفاده کنیم، باید نکات زیر را مورد توجه قرار داد :

جهت : روی هر نقشه، شبکهٔ مدارات و نصف‌النهارات رسم شده است. اگر خطوط مذکور روی نقشه رسم نشده باشد، معمولاً پیکانی که جهت شمال را نشان می‌دهد در کنار نقشه رسم شده است و این شمال معمولاً شمال مغناطیسی است. پس با داشتن جهت می‌توانیم موقعیت خود را روی نقشه بدانیم.

مسافت : از روی نقشه می‌توان مسافت بین دو نقطه یا دو شهر را تعیین کرد. برای تعیین مسافت بین دو نقطه لازم است اول مقیاس نقشه را بدانیم، سپس فاصلهٔ دو نقطه را با خط‌کش و با دقت (درحد میلی‌متر) اندازه بگیریم. با استفاده از یک تناسب فاصلهٔ دو نقطه را تعیین کنیم. مثلاً اگر فاصلهٔ دو نقطهٔ A و

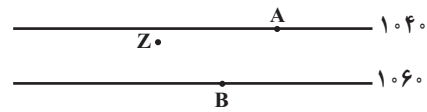
B روی نقشه ۲۳ میلی‌متر و مقیاس نقشه $\frac{۱}{۲۰۰۰۰}$ باشد بنابر این فاصله آن دو نقطه روی زمین عبارتست از :

میلی‌متر روی نقشه	میلی‌متر روی زمین	
۱	۲۰۰۰۰	
۲۳	x	x = ۲۳×۲۰۰۰۰ = ۴۶۰۰۰۰ میلی‌متر

به عبارت دیگر فاصلهٔ دو نقطهٔ A و B برابر با ۴۶۰ متر است.

اگر فاصلهٔ دو نقطه C و D در روی نقشه دیگری برابر با ۲۳ میلی‌متر ولی مقیاس نقشه برابر با $\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰}$ باشد فاصلهٔ D و C چقدر خواهد بود؟

تعیین ارتفاع : تعیین ارتفاع نقاط از روی نقشه‌هایی که منحنی میزان دارند به‌آسانی امکان‌پذیر است. مثلاً در یک نقشه، نقطهٔ A ۱۰۴۰متر و نقطهٔ B ۱۰۶۰ متر ارتفاع دارند، چون به‌ترتیب در روی منحنی‌های ۱۰۴۰ و ۱۰۶۰ واقع شده‌اند. اما ارتفاع نقطهٔ Z که در بین منحنی ۱۰۴۰ و ۱۰۶۰ واقع شده و به منحنی میزان ۱۰۴۰ نزدیک‌تر است احتیاج به محاسبه دارد. اول فاصلهٔ بین دو منحنی را در نزدیکی Z با خط‌کش میلی‌متری اندازه می‌گیریم، بعد فاصلهٔ نقطهٔ Z را با منحنی ۱۰۴۰ می‌سنجیم، سپس با بستن تناسب ارتفاع نقطهٔ z را به‌دست می‌آوریم. فاصلهٔ دومنحنی ۱۰میلی‌متر و فاصلهٔ Z تا منحنی ۱۰۴۰ برابر با ۳ میلی‌متر و فاصلهٔ تراز ۲۰ متر است.



میلی‌متر	متر	
۱۰	۲۰	
۳	x = $\frac{۳×۲۰}{۱۰}$ = ۶	متر

پس ارتفاع نقطهٔ Z برابر است با : ۱۰۴۰ + ۶ = ۱۰۴۶ متر

تعیین مقدار شیب سطح زمین : شیب سطح زمین در بین دو نقطه را می‌توان با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی به‌دست آورد. برای محاسبه شیب بین دو نقطه لازم است که فاصله و اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را مطابق آنچه گفته شد به‌دست آورد. سپس با استفاده از رابطهٔ زیر مقدار درصد شیب را تعیین کرد :

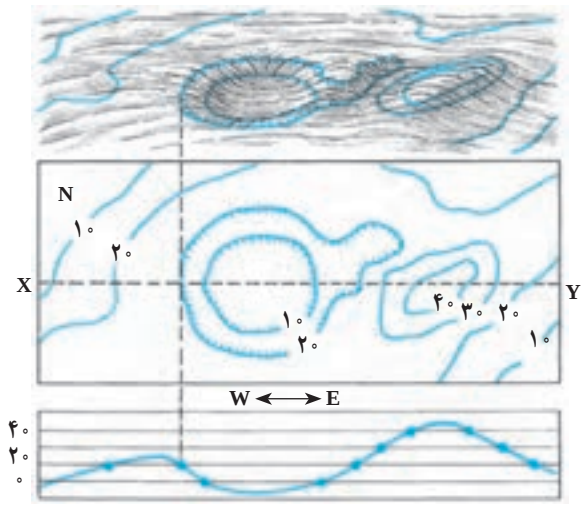
$$\text{شیب متوسط} = \frac{\text{اختلاف ارتفاع دو نقطه (متر)}}{\text{فاصلهٔ افقی دو نقطه (متر)}} \times ۱۰۰$$

مثال :فاصلهٔ افقی دو نقطهٔ A و B برابر با ۲۰۰۰ متر و اختلاف ارتفاع بین آن‌دو برابر با ۸۰ متراست پس :

$$\text{شیب متوسط} = \frac{۸۰\text{m} \times ۱۰۰}{۲۰۰۰\text{m}} = ٪۴$$

یعنی شیب متوسط بین دو نقطهٔ A و B چهار درصد است.

رسم نیم‌رخ توپوگرافی : برای آنکه تصویر بهتری از شکل سطح زمین دریک راستای معین ارائه دهیم، می‌توانیم نیم‌رخ توپوگرافی زمین را درآن راستا رسم کنیم. به‌عبارت دیگرنیم‌رخ توپوگرافی، نمایش پستی‌ها و بلندی‌های سطح زمین دریک برش قائم از زمین است. در رسم نیم‌رخ توپوگرافی، گاهی برای بهتر نشان دادن پستی‌ها و بلندی‌ها، مقیاس قائم بزرگ‌تر از مقیاس افقی درنظر گرفته می‌شود. روشن است که دراین حالت شیب‌ها واقعی نخواهند بود.



شکل ۷ــ۹ــ نحوهٔ تهیهٔ نیم‌رخ توپوگرافی.
(مقیاس قائم و افقی یکسان است)

برای تهیهٔ نیم‌رخ توپوگرافی طبق مراحل زیر عمل می‌کنیم :

ــ راستای نیم‌رخ را با رسم یک خط روی نقشه مشخص می‌کنیم (خط XY در شکل ۷ــ۹).

ــ مقیاس قائم نیم‌رخ را تعیین می‌کنیم (مقیاس افقی را همان مقیاس نقشه درنظر می‌گیریم).

ــ روی یک صفحه کاغذ، تعدادی خطوط افقی رسم می‌کنیم (به‌جای این‌کار می‌توانیم از یک صفحه کاغذ میلی‌متری استفاده کنیم). فواصل خطوط افقی براساس مقیاس قائم نیم‌رخ تعیین می‌شود. بنابراین، در طرف چپ بر روی محور عمودی ارتفاعات را با توجه به مقیاس قائم مشخص می‌کنیم.

ــ لبهٔ بالایی کاغذ را در راستای مورد نظر (XY) روی نقشه قرار می‌دهیم.

ــ در هرجا که یک منحنی تراز لبهٔ کاغذ را قطع کرد، خط قائمی به‌طرف پایین رسم می‌کنیم تا به‌خط افقی هم‌ارتفاع خود برسد. این‌کار را برای بقیهٔ منحنی‌های تراز نیز انجام می‌دهیم. نقاطی مثل قلهٔ کوه‌ها، قعر دره‌ها، جاده‌ها یا شهرهایی را که در مسیر نیم‌رخ موردنظر قرار دارند نیز مشخص می‌کنیم.

ــ با متصل کردن نقاط حاصل، نیم‌رخ موردنظر را رسم می‌کنیم. برای رسم نیم‌رخ نباید از خط‌کش استفاده کرد؛ بلکه باید به‌شکل طبیعی ناهمواری‌های زمین توجه داشت.

ــ با مشخص کردن جهت نیم‌رخ و درج مقیاس‌های قائم و افقی در روی آن نیم‌رخ را کامل می‌کنیم (شکل ۷ــ۹).

اندازه‌گیری کرده و سپس تفسیر کنید.

۱ــ موقعیت هر نقطه در کرهٔ زمین را چگونه مشخص می‌کنند؟

۲ــ در نقشه‌ای به مقیاس $\frac{۱}{۲۰,۰۰۰}$ ، فاصلهٔ هر سانتی‌متر در روی نقشه، معادل چندمتر در روی زمین است؟ در نقشه‌ای با این مقیاس، هرکیلومترمربع از سطح افقی زمین، درروی نقشه چند سانتی‌متر مربع نشان داده می‌شود؟

۳ــ مقیاس $\frac{۱}{۱۰۰۰,۰۰۰}$ را به‌صورت ترسیمی نشان دهید.

۴ــ باتوجه به نقشهٔ زیر :

الف ــ جهت جریان آب رودخانه به کدام سمت است؟

ب ــ شیب دیواره دره درکدام سمت رودخانه بیشتر است؟

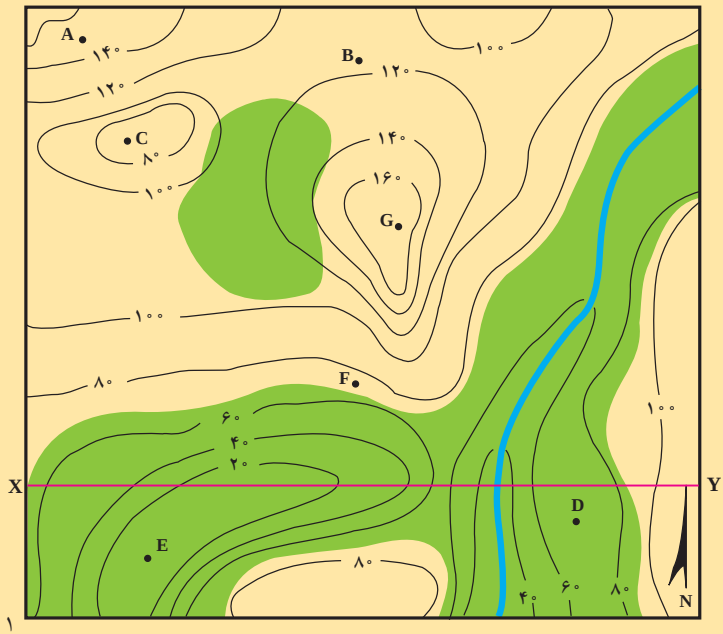
ج ــ فاصلهٔ افقی AB در سطح زمین چندمتر است؟

د ــ مقدار درصد شیب دره را در فاصله AB بیان کنید.

هـ ــ کم‌ارتفاع‌ترین نقطه در محدودهٔ نقشه کجاست؟ مقدار تقریبی آن چگونه برآورد می‌شود؟

و ــ نقطهٔ D در چه ارتفاعی قراردارد؟

ز ــ یک نیم‌رخ توپوگرافی درجهت xy نقشه رسم کنید.



مقیاس = $\frac{۱}{۱۰۰۰۰}$

نقشه‌های زمین‌شناسی

مهم‌ترین کاربرد نقشه‌های توپوگرافی در زمین‌شناسی، استفاده از آنها به‌عنوان نقشهٔ پایه در تهیهٔ نقشه‌های زمین‌شناسی است.

نقشه‌های توپوگرافی شکل سطح زمین را در یک منطقه نشان می‌دهند، ولی نقشه‌های زمین‌شناسی نمایان‌گر وضع زمین‌شناسی هر محل‌اند. در نقشه‌های زمین‌شناسی، پراکندگی سطحی سنگ‌ها یا واحدهای سنگی، روابط سنی آنها، وضعیت ساختمانی و همچنین موقعیت کانسارها به نمایش گذاشته می‌شود.

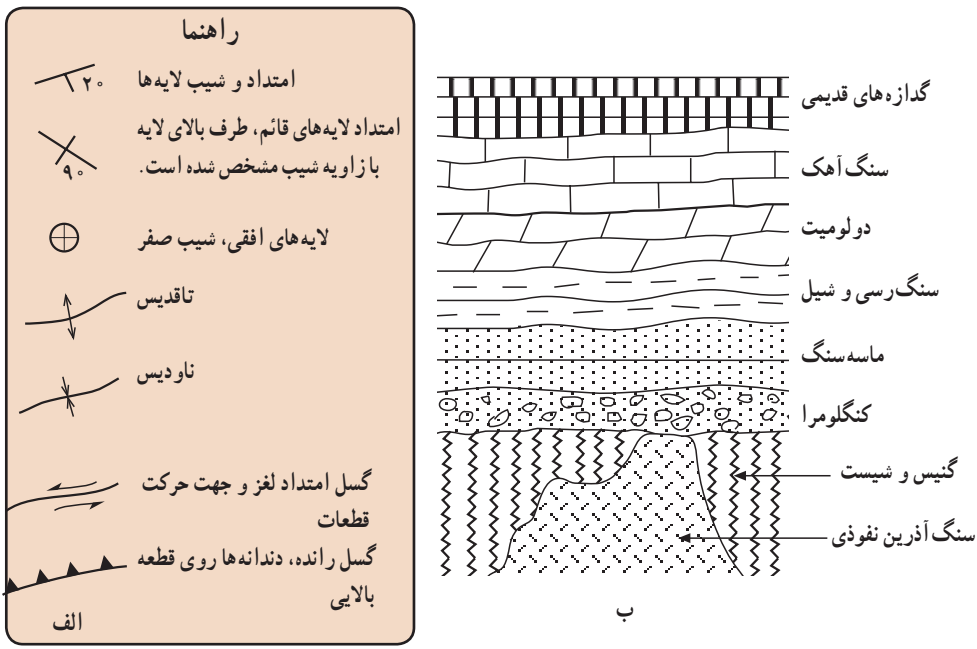
تهیهٔ نقشهٔ زمین‌شناسی : اساس کار تهیهٔ نقشهٔ زمین‌شناسی تعیین واحدهای سنگی مناسبی است که قابل نقشه‌برداری باشند. این واحدها باید ویژگی‌هایی داشته باشند که آنها را از واحدهای دیگر قابل تشخیص سازد. چنان‌که در فصل ۸ گفتیم «سازند» واحد سنگی اصلی چینه‌شناسی، در مطالعات زمین‌شناسی و تهیهٔ نقشه‌های زمین‌شناسی است. سازند، مجموعه‌ای از چینه‌هاست که ویژگی‌های سنگ‌شناسی آنها طوری است که از واحدهای بالا و پایین خود متمایز باشند. ضخامت و گسترش سازندها به‌قدری است که قابل نقشه‌برداری‌اند.

تهیهٔ نقشه زمین‌شناسی مستلزم مطالعه و بررسی مستقیم منطقهٔ مورد نظر و جمع‌آوری اطلاعات لازم از بیرون‌زدگی‌هاست. علاوه‌بر جنس سنگ‌ها و نوع واحدهای سنگی و سن نسبی آنها، اطلاعات دیگری مثل امتداد و شیب لایه‌ها و گسل‌ها و درزها؛ ضخامت لایه‌ها، نوع ساختمان‌های زمین‌شناسی، موقعیت کانسارها و اطلاعات لازم دیگر گردآوری می‌شود. دقت یک نقشهٔ زمین‌شناسی، علاوه بر مهارت زمین‌شناس به پیچیدگی وضعیت زمین‌شناسی محل و چگونگی بیرون‌زدگی سنگ‌ها نیز بستگی دارد. خاک‌های ضخیم، پوشش‌های گیاهی، دریاچه‌ها و باتلاق‌ها می‌توانند سنگ‌های زیرین را بپوشانند و تهیهٔ نقشهٔ زمین‌شناسی را مشکل‌تر کنند. در بعضی بیرون‌زدگی‌ها ممکن است سنگ‌ها به‌شدت هوازده باشند و نوع سنگ‌ها و شیب و امتداد لایه‌ها به‌خوبی قابل تشخیص نباشد، درحالی که در برخی از بیرون‌زدگی‌های دیگر ممکن است بتوان اطلاعات زیادی به‌دست آورد. در مناطق مرطوب معمولاً سنگ‌بستر پوشیده از گیاهان و قشر ضخیم خاک است و بیرون‌زدگی‌های کمی وجود دارد. دراین‌گونه مناطق وضعیت زمین‌شناسی را می‌توان در بریدگی جاده‌ها، درهٔ رودخانه‌ها و نقاطی ازاین‌قبیل مطالعه کرد. درمناطق خشک و نیمه‌خشک (مثل بخش‌های وسیعی از کشور ما) سنگ‌ها به‌طور کامل بیرون زده‌اند و بنابراین، تهیهٔ نقشه زمین‌شناسی آسان‌تر است.

یکی از ضروریات اولیه در تهیهٔ نقشهٔ زمین‌شناسی برای یک محل، در دست داشتن یک نقشهٔ پایه

(ترجیحاً یک نقشهٔ توپوگرافی که فاصلهٔ منحنی‌های تراز بیش‌از پنج مترنباشد) یا داشتن عکس‌های هوایی محل است. اطلاعات گردآوری شده را برروی نقشه‌های توپوگرافی یا عکس‌های هوایی پیاده می‌کنند و سپس آنها را به نقشهٔ زمین‌شناسی تبدیل می‌نمایند. برای این‌کار باید بتوان بین بیرون‌زدگی‌ها ارتباط یا همبستگی (تطابق) چینه‌شناسی برقرار کرد. نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های هوایی از نظر ارتباط دادن بین بیرون‌زدگی‌ها بسیار مفیدند. مثلاً ممکن است تمام بیرون‌زدگی‌هایی که بر روی برآمدگی قرار دارند یک واحد سنگی معین را نشان دهند. آنچه‌که در نقشه‌های زمین‌شناسی عملاً نشان داده می‌شود مرز بین واحدهای سنگی مختلف است که به‌آن **همبری** یا **کنتاکت** (Contact) بین لایه‌ها می‌گویند. در جایی که همبری واحدهای سنگی واضح است به‌صورت خط پر و درجایی که چندان روشن نیست به‌صورت خط‌چین کشیده می‌شود.

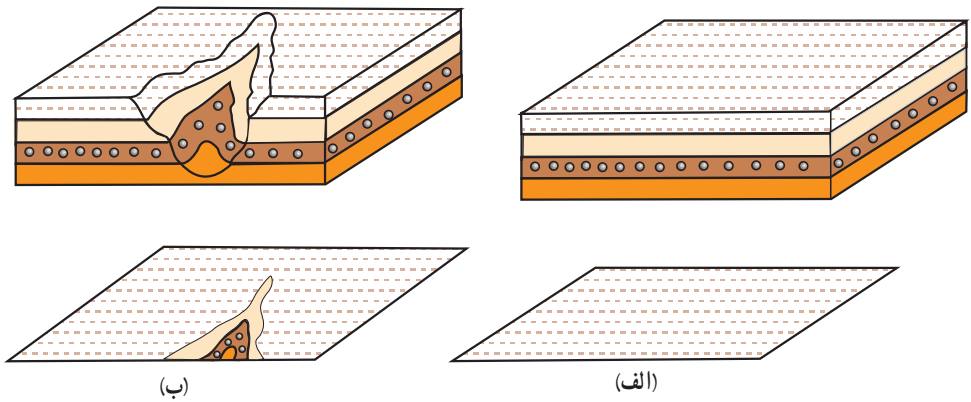
در راهنمای نقشه، توصیف مختصری ازهریک از واحدهای آن می‌آید. علاوه بر رنگ، هریک از واحدها با نماد حرفی معینی نیز مشخص می‌شوند (مثلاً ممکن است سازند شمشک که متعلق به ژوراسیک است با Js مشخص شود، J نمایانگر سن لایه یا همان ژوراسیک و s بیانگر جنس لایه که ماسه سنگ است).



شکل ۸ــ۹ــ نشانه‌هایی که معمولاً برای نشان‌دادن ساخت‌های زمین‌شناسی (الف) و برخی انواع سنگ‌ها (ب) در نقشه‌های زمین شناسی به‌کار می‌رود.

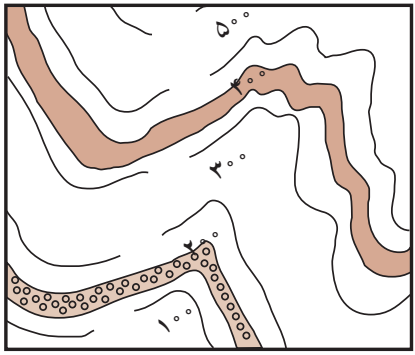
تعبیر و تفسیر نقشه‌های زمین‌شناسی : نحوهٔ بیرون‌زدگی لایه‌ها و توده‌های سنگی در نقشه‌ها به وضعیت آنها و توپوگرافی زمین بستگی دارد. دراین‌جا برخی حالات ساده را مورد بررسی قرار می‌دهیم :

الف) لایه‌های افقی : حالت ساده‌ای را درنظر بگیرید که لایه‌ها افقی و سطح زمین نیز افقی باشد. روشن است که دراین حالت تنها بالاترین لایه در سطح زمین قابل مشاهده است و درنتیجه در نقشهٔ زمین‌شناسی نیز تنها این لایه به نمایش درخواهد آمد؛ زیرا لایه‌های زیرین در سطح زمین بیرون‌زدگی ندارند (شکل ۹ــ۹ــ الف). حال اگر در چنین منطقه‌ای، مثلاً به‌علت فرسایش رودخانه‌ای، دره‌ای ایجاد شود، ممکن است لایه‌های زیرین نیز در سطح زمین رخنمون پیدا کنند و درنتیجه در نقشه نشان داده شوند (شکل ۹ــ۹ــ ب).



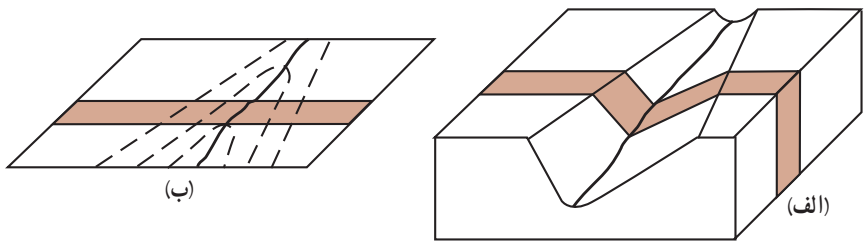
شکل ۹ــ۹ــ نمودار سه‌بعدی (بالا) و نقشهٔ زمین‌شناسی (پایین) یک‌سری لایه‌های افقی. الف : وقتی سطح زمین افقی باشد تنها بالاترین لایه به نقشه درمی‌آید. ب : وقتی سطح زمین برجسته و فرورفته باشد، لایه‌های زیرین نیز ممکن است در نقشه نشان داده شوند.

وقتی لایه‌ها افقی باشند، چون سطح جداکنندهٔ هر دولایهٔ روی‌هم افقی است، بنابراین، محل برخورد این سطح با سطح زمین در تمام نقاط ارتفاع یکسان دارد. به‌این‌جهت اگر نقشهٔ زمین‌شناسی همراه منحنی‌های تراز توپوگرافی باشد، خط همبری لایه‌های افقی در همه‌جا موازی منحنی‌های تراز است (شکل ۱۰ــ۹).



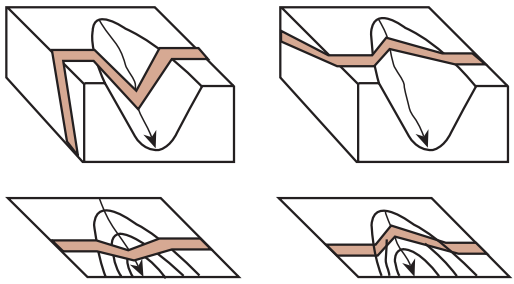
شکل ۱۰ــ۹ــ وقتی لایه‌ها افقی باشند، خط همبری لایه‌ها در همه‌جا با منحنی‌های تراز توپوگرافی موازی است.

ب) لایه‌های قائم : طرح همبری لایه‌های قائم در نقشه‌های زمین‌شناسی متأثر از توپوگرافی نیست و به‌صورت خطوط مستقیم به‌نمایش درمی‌آید. مثلاً یک **دایک** قائم با ضخامت ثابت به‌صورت دوخط مستقیم موازی نشان داده می‌شود (شکل ۱۱ــ۹).



شکل ۱۱ــ۹ــ نمودار سه‌بعدی (الف) و نقشهٔ زمین‌شناسی (ب) یک لایه قائم.

ج) لایه‌های مایل : الگوی همبری لایه‌های مایل در نقشه‌های زمین‌شناسی به‌سادگی لایه‌های افقی و قائم نیست و با توجه به توپوگرافی زمین و شیب لایه به‌شکل‌های مختلف ظاهر می‌شود. به‌طور مثال، بیرون‌زدگی لایه‌های مایل در درهٔ رودخانه‌ها معمولاً V شکل است (جز در مواردی که شیب کف دره و لایه در یک جهت و یکسان باشد). نمونه‌ای از بیرون‌زدگی یک لایهٔ مایل در درهٔ رودخانه در شکل ۱۲ــ۹ نشان داده شده است.

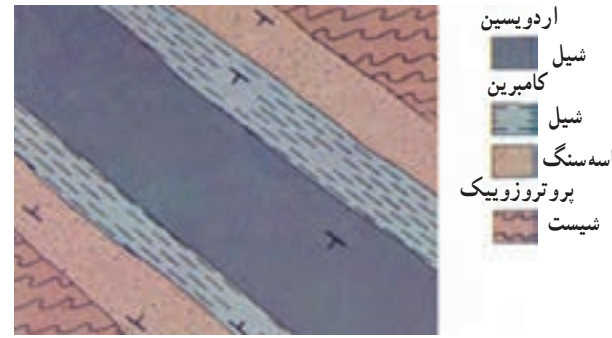


(الف) شیب لایه، در خلاف جهت شیب دره است.

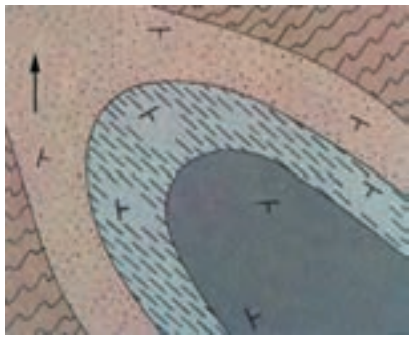
(ب) شیب لایه، هم‌جهت با شیب دره است.

شکل ۱۲ــ۹ــ نمودار سه‌بعدی (بالا) و نقشهٔ زمین‌شناسی (پایین) لایه‌های مایل.

د) چین‌ها : شکل چین‌ها در نقشه‌های زمین‌شناسی به‌نوع چین وتوپوگرافی زمین بستگی دارد. اگر سطح زمین افقی باشد، چین افقی (چینی با محور افقی)، به‌صورت یک رشته خطوط موازی در نقشهٔ زمین‌شناسی به نمایش درمی‌آید (شکل ۱۳ــ۹). اگر چین برگشته نباشد، شیب پهلوهای چین در ناودیس‌ها به‌طرف هم است و در تاقدیس‌ها ازهم دور می‌شود. در چین‌های برگشته شیب لایه‌ها در هردو پهلوی چین به یک سمت است.



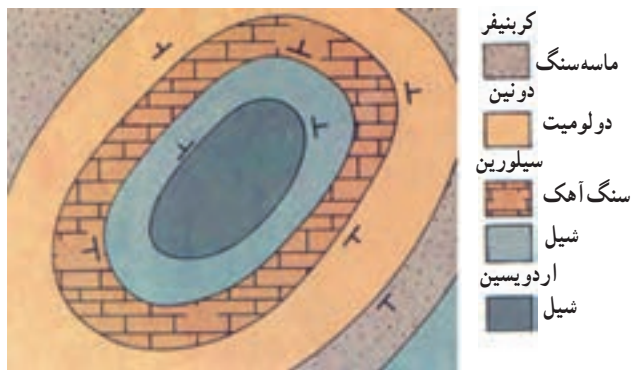
شکل ۱۳ــ۹ــ نقشه زمین‌شناسی یک ناودیس با محور افقی



شکل ۱۴ــ۹ــ نقشهٔ زمین‌شناسی یک ناودیس مایل. جهت میل ناودیس به طرف جنوب‌شرقی است.

طرح همبری لایه‌ها در گنبدهای ساختمانی (تاقدیس‌های گنبدی‌شکل) به‌صورت تقریباً دایره یا بیضی است که شیب لایه‌ها از مرکز دور می‌شود. در چنین ساختمان‌هایی، قدیمی‌ترین سنگ‌ها در مرکز قراردارند (شکل ۱۵ــ۹). در حوضه‌های ساختمانی (ناودیس‌های کاسه‌مانند) شیب لایه‌ها و توالی آنها برعکس گنبدهای ساختمانی است.

در زمین‌های دارای پستی و بلندی، شکل رخنمون چین‌ها نیز، مانند آنچه که در مورد لایه‌ها گفتیم، متأثر از توپوگرافی زمین است.

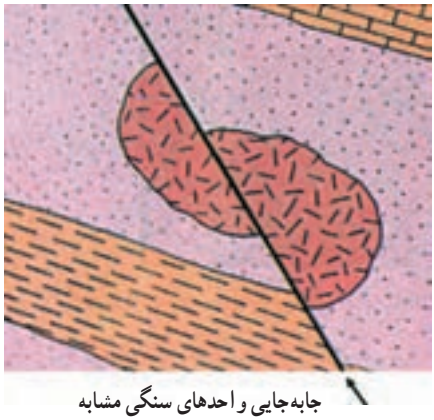


شکل ۱۵ــ۹ــ یک گنبد ساختمانی به‌صورتی که در یک نقشهٔ زمین‌شناسی ظاهر می‌شود.

هـ) گسل‌ها : آنچه که در مورد طرح بیرون‌زدگی سطوح لایه‌بندی گفتیم درمورد گسل‌ها نیز صادق است. مثلاً گسل قائم به صورت خط مستقیم درنقشه به‌نمایش در می‌آید. گسل‌ها موجب قطع‌شدگی و جابه‌جایی سنگ‌ها می‌شوند، بنابراین در نقشهٔ زمین‌شناسی ممکن است یک لایهٔ معین، یک تودهٔ آذرین

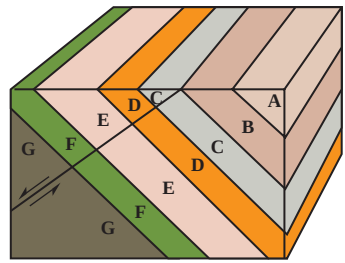
یا هر ساخت دیگری در طرفین یک گسل جابه‌جایی نشان دهد (شکل ۱۶ــ۹).

گسل‌ها ممکن است موجب تکرار لایه‌ها شوند. در شکل ۱۷ــ۹ گسل موجب تکرار لایه‌ها شده است (توجه کنید برخلاف شکل ۱۳ــ۹ در اینجا جهت شیب و توالی لایه‌ها تغییر نکرده است).

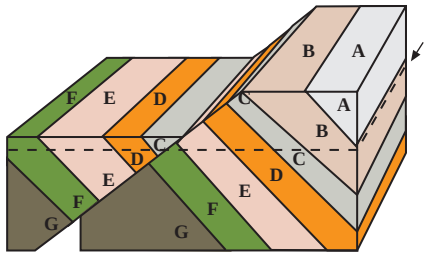


جابه‌جایی واحدهای سنگی مشابه نشان‌دهنده وجود یک گسل است.

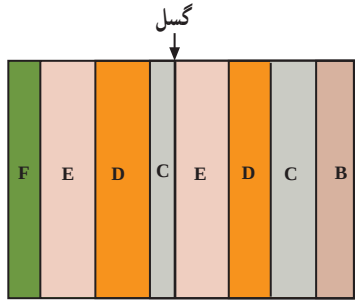
شکل ۱۶ــ۹ــ نقشهٔ زمین‌شناسی یک تودهٔ آذرین و لایه‌های اطراف آن، که به وسیلهٔ گسل جابه‌جا شده‌اند.



الف) نمودار سه بعدی قبل از گسل



ب) نمودار سه بعدی پس از گسل (خط‌چین سطح فرسایش جدید را نشان می‌دهد).



ج) نقشهٔ سطح فرسایش‌یافته که تکرار واحدهای E، D و C را نشان می‌دهد.

شکل ۱۷ــ۹ــ یک گسل عادی که موجب تکرار لایه‌ها شده است.

۱۰ زمین در خدمت انسان

موادی که از زمین به‌دست می‌آید، مبانی تمدن امروزی را تشکیل می‌دهند. مواد معدنی و منابع انرژی‌زایی که از پوستهٔ زمین حاصل می‌آیند، مواد خامی‌اند که صنایع مختلف براساس آنها شکل گرفته‌اند و نیازهای جامعه را فراهم می‌کنند. شما ممکن است متوجه نشوید که زمین تاچه‌حد در رفع نیازهای مختلف به همهٔ ما خدمت می‌کند. کافی است نگاهی به اطراف خود بیندازید. مصالح ساختمانی تا وسایل داخل خانه، ماشین‌آلات، ابزارهای مختلف، مواد سوختی، حمل ونقل، برق، بیشتر داروها و رنگ‌ها و بالاخره آب، از زمین تأمین شده‌اند. هرچه جامعه و ملتی صنعتی‌تر باشد، میزان استفاده‌اش از فراورده‌های زمین هم بیشتر خواهد بود.

فعالیت

منابع تجدیدشدنی و تجدید نشدنی

به‌موادی که درطول مدت چند ماه یا چند سال جانشین شوند، **منابع تجدیدشدنی** می‌گویند. درعوض، منابع و مواد دیگری وجود دارند که تولید مجدد آنها به گذشت میلیون‌ها سال نیاز دارد. براین اساس، جدول زیر را کامل کنید.

منابع تجدیدشدنی	منابع تجدیدنشدنی	کاربرد

ــ به‌نظر شما آب زیرزمینی منبعی تجدید شدنی است یا تجدید نشدنی؟ دلیل بیاورید.

ــ در کشور ما، از کدام منابع تجدیدنشدنی باید مراقبت بیشتری شود؟ دلیل بیاورید.

شکل ۱ــ۱۰ــ مقدار مصرف سرانهٔ مواد فلزی و غیرفلزی به ازای هرنفر، در یک کشور

منابع انرژی

زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی، سوخت‌های مهم جوامع امروزی را تشکیل می‌دهند. با آنکه در طول چند دههٔ آینده کمبودی از این‌لحاظ مشهود نیست، اما این منابع انرژی به‌سرعت روبه‌کاهش‌اند. حتی پیگیری کارهای اکتشافی در اعماق دریا و درمیان یخ‌های قطبی هم جلوی بحران آینده را نخواهد گرفت، به‌ویژه اینکه مصرف نیز روزبه‌روز بالاتر می‌رود. اگر وضع به همین منوال پیش برود، قاعدتاً باید در فکر منابع دیگر انرژی ازقبیل ژئوترمال (حرارت داخل‌زمین)، خورشیدی، باد و هیدروالکتریک (آبی) بود.

زغال‌سنگ

زغال‌سنگ، نوعی سنگ رسوبی است و دربین سایر موادی که از زمین به‌دست می‌آید اهمیت ویژه‌ای دارد. در بسیاری از موارد می‌توان آثار ساقه و ریشهٔ گیاهان را در داخل لایه‌های زغال‌سنگ

و سنگ‌های اطراف آن مشاهده کرد. این مطلب نشان‌دهندهٔ منشأ گیاهی آن است (شکل ۶ــ۸).

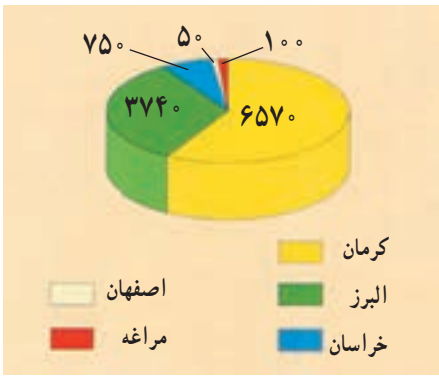
گیاهان قدیمی که زغال‌سنگ از آنها درست شده است تا حد زیادی شبیه گیاهان امروزی و فوق‌العاده متنوع بوده‌اند به‌گونه‌ای که فقط در زغال‌های دورهٔ کربونیفر بیش‌از ۳۰۰۰ نوع گیاه تشخیص داده‌اند.

نحوهٔ تجمع مواد اوّلیه : اگرچه منشأ گیاهی زغال‌سنگ مورد قبول تمام دانشمندان است اما درمورد چگونگی تجمع مواد گیاهی دو نظریهٔ مختلف تحت‌عنوان نظریه‌های **درجازا** و **دگرجازا** وجود دارد.

مطابق نظریهٔ درجازا، زغال‌سنگ در همان محل رویش گیاهان تشکیل شده است. براساس این نظریه، پس‌از این که شرایط آب‌وهوایی مناسب سبب شد که جنگل‌های انبوهی به‌وجود آید، تنهٔ درختان بر زمین افتاد و توده‌ای ازمواد اوّلیه گیاهی جمع شد. در مرحلهٔ بعد، سیلاب‌هایی که ازمحل می‌گذشت، گل‌ولای همراه خود را برجای گذاشت و بدین‌ترتیب روی مواد گیاهی با پوششی از این‌مواد پوشیده شد و به‌ترتیبی که بعداً خواهیم دید، این مواد به زغال تبدیل شدند.

مطابق نظریهٔ دگرجازا، سیلاب‌های موسمی و طغیان رودخانه‌هایی که از نزدیک جنگل‌ها می‌گذشت، سبب شد که درختان زیادی کنده شود و توسط رودخانه به دریا یا باتلاق حمل گردد و در آنجا رسوب کند و سپس به زغال تبدیل شود.

چگونگی تبدیل مواد گیاهی به زغال‌سنگ : پس‌از تجمع مواد گیاهی، این مواد طی مراحلی به زغال تبدیل می‌شوند.



شکل ۲ــ۱۰ــ ذخایر زغال سنگ ایران (میلیون تن)

دراولین مرحله دراثر فعالیت باکتری‌های مختلف مواد گیاهی تجزیه می‌شود و بعضی از عناصر تشکیل دهندهٔ خود مثل اکسیژن و هیدروژن را ازدست می‌دهد. بدین‌ترتیب، درصد کربن آن اضافه شده و پس از مدتی به زغال نارس تبدیل می‌گردد. زغال نارس به‌تدریج با قشری از رسوبات گل‌ولای پوشیده شده و فشرده‌تر می‌شود. مدتی بعد فعالیت باکتری‌ها متوقف می‌شود. به مرور که زغال نارس به اعماق فرومی‌رود، دراثر افزایش فشار رسوبات، فشار و دمای محیط افزایش می‌یابد و طی آن زغال نارس ابتدا به زغال قهوه‌ای و سپس به انواع دیگر زغال تبدیل می‌شود.

زغال‌سنگ انواع مختلفی دارد که هرنوع آن کاربرد ویژه‌ای دارد. بعضی از انواع مرغوب آن در

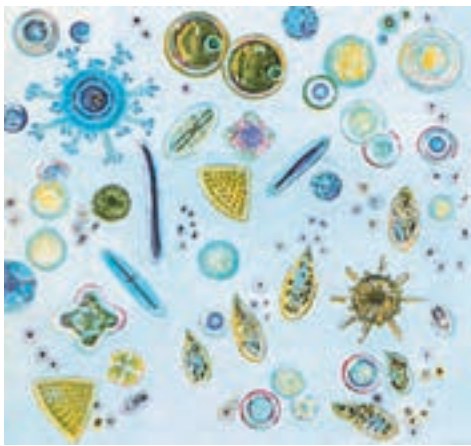
صنایع فولاد مصرف دارد و به‌نام **کک** معروف است. انواع دیگر آن نیز برای ایجاد حرارت به‌عنوان سوخت به‌کار می‌رود و آنها را زغال‌های حرارتی می‌نامند.

اهمیت نفت درزندگی روزمره برکسی پوشیده نیست. ازگرمای اتاقتان گرفته تا غذایی که می‌پزید، نفت دخالت دارد. برای رفتن به مدرسه و سایر نقاط از وسایل نقلیه استفاده می‌کنید که برای حرکت به مواد نفتی نیاز دارند. علاوه بر سوخت، نفت در تهیهٔ بسیاری از پلاستیک‌ها به‌کار می‌رود. در بسیاری از لباس‌ها نیز الیافی به‌کار می‌رود که از مواد نفتی ساخته شده‌اند.

نفت

نفت مادهٔ آلی مایع و سیاه رنگی است که بوی مخصوصی دارد. باید توجه داشت که آنچه ما در زندگی روزانه از آن به‌عنوان نفت، در بخاری و چراغ استفاده می‌کنیم، در واقع نفت سفید و تنها یکی از محصولاتی است که دراثر پالایش نفت‌خام به‌دست می‌آید.

چگونگی تشکیل نفت : مواد اوّلیهٔ نفت، عمدتاً موجودات زندهٔ ریزی بوده‌اند که امروزه نیز به‌حالت شناور در آب دریا وجود دارند. این جانداران، دارای بعضی ترکیبات، نظیر اسیدهای چرب هستند که مادهٔ اصلی برای تشکیل نفت است. نمونه‌هایی از این موجودات در شکل ۳ــ۱۰ دیده می‌شوند.



شکل ۳ــ۱۰ــ نمونه‌هایی از موجودات شناور نفت‌ساز

عمر جانوران و گیاهان شناور نفت‌ساز معمولاً کوتاه است و قسمتی از بقایای این موجودات بر کف دریا فرو می‌ریزد. البته باید توجه داشت که تمام بقایای این موجودات به کف حوضهٔ رسوبی نمی‌رسند و بخش عمده‌ای از آنها قبل از رسوب، اکسید شده و یا توسط جانوران دیگر خورده می‌شوند. به‌هرحال بازهم آن‌بخش از بقایا که در کف حوضه رسوب می‌کنند، حجم زیادی دارند و برای تشکیل مقدار قابل‌توجهی نفت، کافی هستند. این قسمت از بقایا که از نوع مواد آلی است، چون به‌کف حوضهٔ رسوبی می‌رسند، به‌نحوی حفظ می‌شوند. عامل این حفظ رسوبات دانه ریزی است که همراه با آنها رسوب می‌کند و باعث محفوظ ماندن این مواد می‌شود. به‌طوری‌که دیده می‌شود، برای تشکیل نفت

شرایط خاصی لازم است؛ زیرا علاوه بر وجود مواد اوّلیه، محیط رسوبی نیز باید کم‌عمق باشد تا مواد بتوانند در زمان کوتاهی رسوب کنند. ازسوی دیگر، مقدار اکسیژن محیط نیز باید صفر یا ناچیز باشد تا مانع از اکسایش مواد شود. اکنون این مسئله روشن می‌شود که چرا با وجودی که موجودات زندهٔ شناور به میزان زیاد در حوضه‌های رسوبی وجود دارند، در تمام آنها نفت تشکیل نمی‌شود.

مواد دانه‌ریزی که همراه با بقایای موجودات رسوب می‌کنند، بعدها به سنگ تبدیل می‌شوند و به نام **سنگ‌مادر** معروف‌اند.

فرایند تبدیل مواد آلی به ترکیب‌های مختلف کربن و هیدروژن (هیدروکربن‌ها) که نفت راتشکیل می‌دهند، فرایند پیچیده‌ای است که در آن باکتری‌های غیرهوازی نقش اصلی را به‌عهده دارند. این باکتری‌ها که در اغلب رسوبات دریایی وجود دارند، به‌مرور سبب تجزیهٔ مواد آلی و تبدیل آنها به نفت می‌شوند.

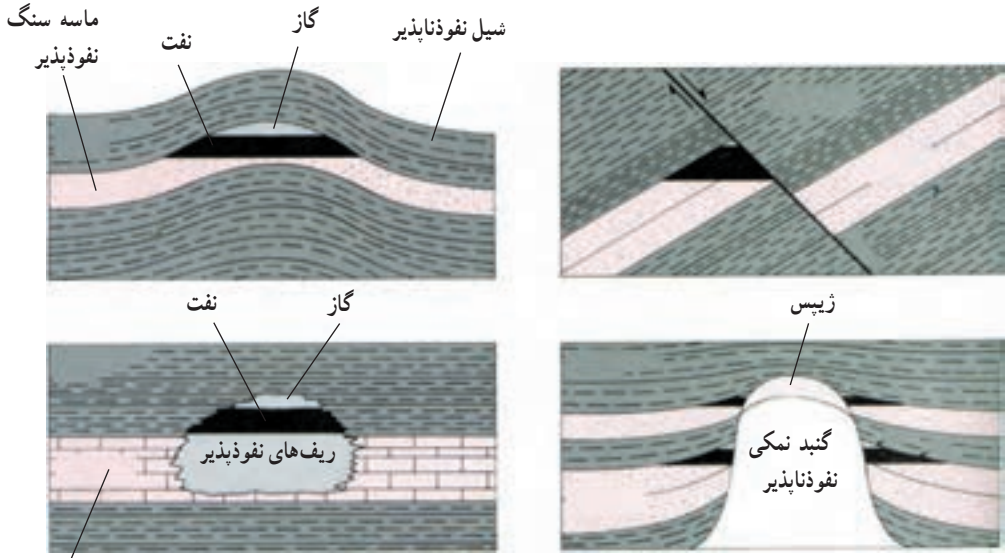
مهاجرت اوّلیهٔ نفت: رسوبات حاوی مواد نفتی در ابتدا به‌صورت لجنی است که ۷۰ تا ۸۰درصد آن مایع و بقیهٔ آن رسوبات مختلف است. بیش از ۹۹درصد مایع موجود در این لجن را آب‌دریا (آب‌شور) و فقط کمتر از یک‌درصد آن را نفت تشکیل می‌دهد.

با ادامهٔ رسوب‌گذاری در حوضهٔ رسوبی، وزن رسوبات و بنابراین، فشار مؤثر بر لجن، رسوبات را متراکم‌تر می‌کند. تراکم رسوبات سبب می‌شود که مایعات موجود از آن خارج شوند و بدین‌ترتیب خروج آب و نفت از خلل‌وفرج رسوبات که اکنون دیگر سنگ شده و **سنگ مادر** نامیده می‌شود، آغاز می‌شود که آن‌را **مهاجرت اوّلیه** می‌گویند.

واضح است که در اعماق زمین، فضای خالی به‌صورت غار وجود ندارد و آب و نفت از درون منافذ ریز موجود در سنگ‌ها حرکت می‌کنند. گرچه در ابتدای کار حرکت آب و نفت به سمت بالا است، اما با اضافه شدن تراکم رسوبات، حرکت جانبی نیز انجام می‌گیرد و بدین‌ترتیب، مهاجرت مخلوط آب و نفت ادامه می‌یابد. مهاجرت اوّلیهٔ نفت ممکن است به چند صد کیلومتر برسد. بخش عمده‌ای از نفتی که بدین‌ترتیب تشکیل شده است، ضمن مهاجرت اوّلیه هدر می‌رود اما اگر در مسیر حرکت آب و نفت محل مناسبی برای تجمع نفت وجود داشته باشد این مخلوط در آن به‌دام می‌افتد و انباشته می‌شود.

نفت‌گیرها: نفت‌گیرها مخازن طبیعی مناسبی هستند که نفت در داخل آنها انباشته می‌شود. برای اینکه نفت انباشته شود، اولاً باید سنگ‌مخزن مناسبی با تخلخل و قابلیت نفوذ خوب وجود داشته باشد، ثانیاً باید روی آن با سنگ غیرقابل‌نفوذی که به آن **پوش‌سنگ** می‌گویند، پوشیده شود و ثالثاً وضعیت هندسی آن برای انباشته شدن نفت مناسب باشد.

نفت‌گیرها انواع مختلفی دارند که بعضی از انواع آن را در شکل ۴ــ۱۰ می‌بینید.



شکل ۴ــ۱۰ــ بعضی از انواع نفت‌گیرها

مهاجرت ثانویهٔ نفت : پس‌از آنکه مخلوط آب و مواد نفتی در داخل نفت‌گیر به‌دام افتاد، دراثر اختلاف وزن مخصوص آب، نفت و گاز، این سه‌بخش به‌تدریج از یکدیگر جدا می‌شوند و سه لایهٔ مختلف را در داخل نفت‌گیر، تشکیل می‌دهند. این مرحله را مهاجرت ثانوی می‌گویند.

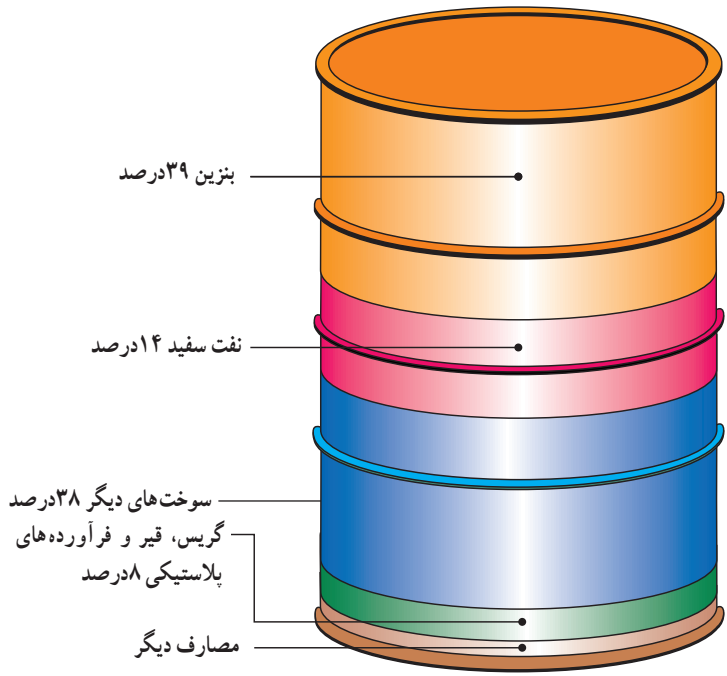
گرچه درحالت کلی معمولاً در نفت‌گیرها به‌ترتیب سه لایهٔ گاز، نفت و آب روی‌هم قرار دارند، ولی این امر همیشه صادق نیست و ممکن است در یک نفت‌گیر فقط گاز یا آب وجود داشته باشد.

ترکیب نفت : به‌طور کلی می‌توان نفت را به‌عنوان ترکیبات مختلف هیدروژن و کربن یا هیدروکربن تعریف کرد. این هیدروکربن‌ها ازنظر مشخصات شیمیایی و فیزیکی باهم متفاوت‌اند و ممکن است حالت گاز، مایع و یا جامد داشته باشند.

معدودی از نفت‌ها، بی‌رنگ و بی‌بو هستند ولی اغلب آنها رنگ تیره و بوی مشخصی دارند. اگر مولکول‌های تشکیل‌دهندهٔ ترکیبات نفتی بزرگ باشند، نفت را **سنگین** و درغیر این‌صورت، آن را **سبک** می‌گویند. درمواردی نیزکه درصد گوگرد نفت زیاد یا کم باشد به‌ترتیب آن‌را **نفت ترش** یا **نفت شیرین** می‌نامند.

استخراج نفت : استخراج نفت با استخراج سایر مواد متفاوت است. پس‌از آنکه به کمک

عملیات اکتشافی، وجود نفت در منطقه‌ای شناسایی شد، اقدام به حفر چاه‌های عمیق می‌کنند. پس از برخورد چاه به نفت‌گیر، به‌علت فشار موجود در مخزن، نفت اغلب خودبه‌خود بالا می‌آید. نفت خامی که بدین‌ترتیب تولید می‌شود مستقیماً قابل استفاده نیست؛ بلکه ابتدا آب، گاز و مواد گوگردی آن‌را جدا می‌کنند و سپس برای تصفیه به پالایشگاه می‌فرستند. در پالایشگاه، نفت را تصفیه و انواع فراورده‌های نفتی ازقبیل نفت سفید، بنزین، بنزین هواپیما، روغن و ... از آن تهیه می‌کنند. نفت تصفیه شده به‌وسیلهٔ لوله به محل مصرف یا بنادر بارگیری حمل می‌شود.



شکل ۵ــ۱۰ــ درصد فراورده‌های مختلف حاصل از نفت خام

از مقدار کل تولید نفت خام کشور، سالانه بخش عمده‌ای از آن صرف تولید برق می‌شود. لذا کشور ما با شرایط فعلی نمی‌تواند به منابع فسیلی اتکا کند؛ زیرا :

۱ــ منابع فسیلی محدود بوده و متعلق به نسل‌های آینده نیز می‌باشد. لذا استفادهٔ بی‌رویه از آن مجاز نیست.

۲ــ استفاده از منابع مذکور در صنایع تبدیلی (نظیر پتروشیمی) ارزش افزوده بیشتری را در پی دارد.

۳ــ مصرف این منابع در داخل کشور، با روند فعلی، در چند دههٔ آینده ایران را به یک کشور واردکنندهٔ نفت خام و فرآورده‌های آن تبدیل خواهد کرد.

۴ــ مهمتر از همه، مسئلهٔ آلودگی‌های زیست‌محیطی حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی چه به صورت منطقه‌ای و چه در بعد جهانی است که سلامت انسان و طبیعت را در مخاطره قرار می‌دهد.

اثرات محیطی سوزاندن سوخت‌های فسیلی

انسان، با وجود موفقیت در پیشرفت‌های علمی، مشکلات متعددی را هم برای خود ایجاد کرده‌است. یکی از مشکلات بسیار جدی، آلودگی هوای ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی است. **آلودگی‌های هوای شهری، باران اسید و گرم شدن عمومی** هوای کرهٔ زمین (اثر گلخانه‌ای)، همگی با این نوع منابع انرژی ارتباط دارند.

آلودگی هوا، برای ساکنان شهرهای بزرگ، مسئله‌ای بسیار جدی است، به‌ویژه که آلوده‌شدن هوا تدریجی نیست و بلافاصله بعد از وارد شدن مواد آلوده‌ساز در آن، اثر خود را ظاهر می‌کند. خودروها، بزرگ‌ترین نقش را در این میان دارند، اما البته منابع ثابت دیگری هم در آلوده‌کردن هوا مؤثرند (شکل ۶ــ ۱۰).

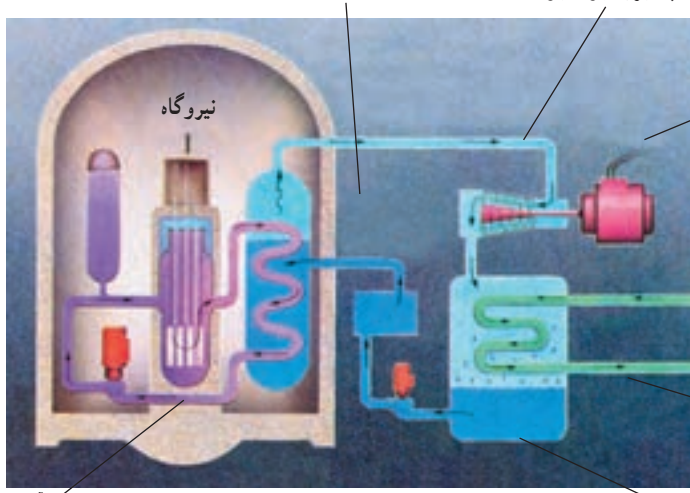
شکل ۶ــ۱۰ــ آلوده کننده‌های اصلی، منابع آنها. درصدها بر حسب وزن محاسبه شده‌اند.

منابع انرژی جانشین

با بررسی مختصری درمیزان استفاده از منابع انرژی، معلوم می‌شود که تقریباً ۹۰ درصد از انرژی موردنیاز جهان را سوخت‌های فسیلی تأمین می‌کنند که منابعی تجدید ناپذیرند. براوردهای فعلی نشان می‌دهد که اگر میزان مصرف را ثابت و معادل سال‌های کنونی در نظر بگیریم، تا حدود ۱۷۰ سال دیگر هم منابع سوخت‌های فسیلی دوام خواهند داشت. اما می‌دانیم که با افزایش جمعیت، مقدار مصرف بالا می‌رود و بسیار زودتر از آن زمان، منابع چنین سوخت‌هایی به پایان خواهند رسید. بالارفتن مصرف هم به

معنای افزایش آلودگی محیط است. دراین‌صورت، باید چاره‌ای اندیشیده شود. البته هنوز دراین‌باره به پاسخ قطعی نرسیده‌ایم، اما منابع تأمین انرژی مناسب‌تری هم پیدا شده‌اند که عبارت‌اند از انرژی هسته‌ای، خورشیدی، بادی، زمین‌گرمایی و ... .

انرژی هسته‌ای : دانشمندان و مهندسان، به نوعی فنّاوری دست یافته‌اند که می‌توانند با کمک آن، با استفاده از واکنش‌های هسته‌ای، انرژی قابل‌استفادهٔ زیادی را تولید کنند. این فنّاوری، براساس واکنش **شکافت هسته‌ای**، یعنی شکستن هستهٔ یک اتم بزرگ و تبدیل آن به دو هستهٔ کوچک‌تر با پایداری بیشتر است. از این واکنش، مقدار زیادی انرژی گرمایی به‌دست می‌آید که قابل‌استفاده برای تولید برق است.



شکل ۷ــ۱۰ــ طرح یک نیروگاه اتمی

برای انجام این کار از اورانیم ۲۳۵ استفاده می‌شود. اورانیمی که به طور طبیعی در معدن یافت می‌شود مخلوطی از ۹۹٫۳درصد اورانیم ۲۳۸ و ۰/۷ درصد اورانیم ۲۳۵است. بیشتر نیروگاه‌ها، باید سوختی را مصرف‌کنند که بین ۳ تا ۷ درصد اورانیم ۲۳۵ را دارا باشد، به همین منظور، طی فرایندهای بسیار پیچیده‌ای ابتدا سنگ معدن را تخلیص و سپس نسبت به ایزوتوپ اورانیم ۲۳۵ غنی‌سازی می‌کنند. به چنین مخلوطی اورانیم غنی‌شده می‌گویند. بدین‌ترتیب **میله‌های سوخت** نیروگاه‌های هسته‌ای تولید می‌شود.

در نیروگاه برق هسته‌ای، این ماده (میلهٔ سوخت) را توسط نوترون بمباران می‌کنند، که درنتیجه، یک واکنش زنجیره‌ای صورت می‌گیرد. به‌دنبال این واکنش‌ها، میلهٔ سوخت بسیار داغ می‌شود. برای

گرفتن این گرما، آب را با تلمبه در اطراف میله‌ها به‌جریان درمی‌آورند تا گرمای حاصل را جذب کند. آب در نتیجهٔ این گرما بخار می‌شود و این بخار می‌تواند مولدهای برق را به‌کار اندازد.

واکنش‌های زنجیره‌ای که درحین شکافت‌هسته‌ای صورت می‌گیرند، قابل کنترل‌اند و آهنگ واکنش را می‌توان کند، تند یا متوقف کرد.

از نظر اقتصادی تولید برق از طریق انرژی هسته‌ای نسبت به سایر منابع انرژی با صرفه‌تر ولی سرمایه‌گذاری اولیهٔ آن بیشتر است.

استفاده از انرژی هسته‌ای برای تولید برق از حدود ۴۵ سال پیش آغاز شده است. امروزه حدود ۴۴۰ نیروگاه هسته‌ای در ۳۱ کشور جهان در حال فعالیت‌اند و قرار است تعداد نیروگاه‌های هسته‌ای از ۴۴۰ به ۱۵۰۰ افزایش یابد تا حدود ۲۰ درصد از حجم گازهای گلخانه‌ای کاسته شود.

آشنایی با فنّاوری هسته‌ای و امکان استفاده از این فنّاوری، توان و ظرفیت صنعتی کشور را در سایر بخش‌ها مانند کشاورزی، پزشکی، صنعت و... افزایش می‌دهد. توانایی تولید الکتریسیتهٔ فراوان و حذف آلاینده‌های زیان‌باری چون CO_2، SO_2 و حفظ میلیاردها تن از ذخایر زغال‌سنگ و نفت و گاز طبیعی از سایر مزایای انرژی هسته‌ای است. یک کیلوگرم سوخت اتمی معادل ۳۰۰۰ تن زغال‌سنگ، انرژی تولید می‌کند.

شکل ۸ــ۱۰ــ مصرف انرژی هسته‌ای در جهان

در این راستا، کشور عزیز ما، جمهوری اسلامی ایران، با توجه به نیاز برنامه‌های توسعهٔ کشور به انرژی، افزایش جمعیت، کاهش ذخایر فسیلی، ملاحظات زیست محیطی، مزایای فنی و اقتصادی، الزامات ملی و قانونی در جهت سیاست‌های کلی نظام، فعالیت‌های صلح‌آمیز هسته‌ای را مورد توجّه جدّی قرار داده است. به‌طوری که غنی‌سازی اورانیوم با کوشش و مجاهدت جوانان ایرانی و با تکیه بر دانش بومی، کشور ما را به عنوان یک رویداد بزرگ تاریخی وارد باشگاه هسته‌ای جهان کرده است.

انرژی خورشیدی : مقدار انرژی که درهر ۱۵دقیقه، زمین از خورشید دریافت می‌کند، معادل مقدار انرژی مصرفی یک سال همهٔ کشورهای جهان است. اما دانش امروز، برای مهارکردن این‌همه انرژی کافی نیست.

آسان‌ترین راه برای دریافت انرژی خورشیدی که از قدیم در کشور ما نیز مرسوم بوده، قراردادن پنجره‌های ساختمان روبه سمت جنوب است، که اگر با عایق‌بندی دقیق خانه‌ها توأم باشد، می‌توان مقدار زیادی از انرژی خورشید را مورد مصرف قرارداد. اما راه دیگر، نصب صفحاتی در پشت‌بام خانه است که عبارت از صفحات سیاه وسیع با پوشش شیشه‌ای هستند. گرمایی که توسط این صفحات دریافت می‌شود، می‌تواند برای گرم‌کردن آبی که در لوله‌های زیر آنها وجود دارد، مصرف شود.

شکل ۹ــ۱۰ــ استفاده از انرژی خورشیدی برای ایجاد گرما

شکل ۱۰ــ۱۰ــ از کار مجموعهٔ این دستگاهها، برق تولید می‌شود.

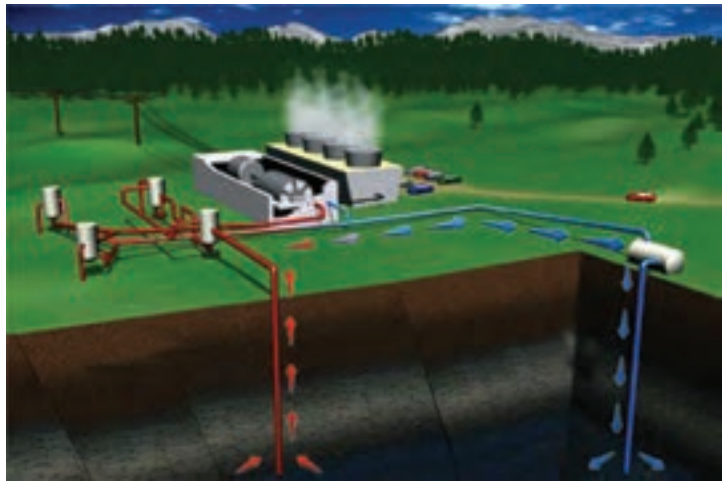
انرژی باد : امروزه در بعضی از کشورها (ازجمله کشور خود ما در ناحیهٔ منجیل) از نیروی باد برای تولید برق در مقیاس محدود استفاده می‌شود. محدودیت‌های این روش آن است که اولاً باید مناطقی وجود داشته باشند که وزش باد در آنها تقریباً دائمی باشد، ثانیاً، مقدار انرژی الکتریکی حاصل از این راه، حداکثر فقط می تواند نیازهای محلی را برآورده کند. البته، مشکل سروصدای توربین‌ها و اشغال محل‌های وسیعی که باید در کنار شهرها قرار گیرند و توربین در آنها ساخته شود نیز وجود دارد.

انرژی زمین گرمایی : یکی دیگر از موهبت‌های الهی که نصیب کشور عزیزمان شده، انرژی زمین‌گرمایی است. این منبع بسیار عظیم انرژی که به‌صورت حرارت از اعماق زمین به سطح آن هدایت می‌شود، در صورت وجود فنّاوری استخراج و بهره‌برداری، به‌تنهایی قادر است کلیهٔ نیازهای انرژی امروز و آینده بشر را تأمین کند.

براساس محاسبات انجام شده، متخصصان دریافتند که انرژی حرارتی ذخیره شده در ۱۱ کیلومتر بالایی پوستهٔ زمین، معادل پنجاه هزار برابر کلّ انرژی نهفته در منابع نفت و گاز شناخته شدهٔ امروز جهان است. از این رو ، این منبع عظیم انرژی که به آن انرژی زمین‌گرمایی می گویند، می‌تواند در آینده جایگزین قابل اطمینانی برای انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی باشد.

انرژی زمین‌گرمایی از مجاورت سیّالات یا محلول‌های داغ با ماگما یا سنگ‌های بسیار داغ حاصل می‌شود. برای دسترسی به این انرژی ذخیره‌شده در مخازن زمین گرمایی، باید چاهی عمیق حفر گردد. سیال خروجی از چاه، عامل انتقال انرژی از مخزن به سطح زمین است.

امروزه تولید انرژی به کمک منابع سوخت‌های فسیلی، علاوه‌بر ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی، از نظر اقتصادی نیز فاقد توجیه اقتصادی است؛ زیرا اگر از نفت به جای استفاده سوخت، در صنایع پتروشیمی و صنایع تبدیلی استفاده شود، ارزش افزودهٔ آن چندین برابر می‌شود. این درحالی است که



شکل ۱۱ــ۱۰ــ طرح چاه و نیروگاه زمین گرمایی

انرژی زمین‌گرمایی جزء منابع انرژی پاک محسوب می‌شود و فاقد هرگونه آلودگی زیست‌محیطی است. استفاده از انرژی زمین‌گرمایی از گذشته‌های دور در کشورمان به‌صورت سنتی در محل چشمه‌های آب‌گرم رایج بوده است و در دهه‌های اخیر در چند منطقه از کشور مطالعات مقدماتی انجام شده و به همت متخصصان سازمان انرژی‌های نو (سانا) اولین نیروگاه زمین گرمـایی خاورمیـانه در منطقهٔ مشکین‌شهر استان اردبیل احداث شده است.

شکل ۱۲ــ۱۰ــ تصویر نیروگاه زمین گرمایی مشکین‌شهر

منابع مواد معدنی

چنان‌که گفته شد، تولید هرنوع فراورده‌های صنعتی، به تأمین مقداری مواد طبیعی که از زمین گرفته می‌شوند، نیاز دارد. چنین موادی را **مواد معدنی** می‌نامند.

مواد معدنی، اجسامی هستند که به‌طور طبیعی در سطح یا اعماق زمین قرار دارند و ممکن است به‌صورت جامد، مایع یا گاز باشند. بعضی از مواد معدنی جزء کانی‌ها هستند. اما مواد دیگری هم وجود دارند که ممکن است از ترکیب چندین کانی با درصدهای مختلف تشکیل شده باشند.

تشکیل منابع معدنی : زمین‌شناسان درطول سال‌ها، به‌دنبال پاسخ این سؤال بوده‌اند که مواد معدنی چگونه در یکجا جمع می‌شوند؟ و چرا در همه‌جا به یک نسبت وجود ندارند؟ بدون تردید، تشکیل منابع معدنی، با چرخهٔ سنگ در ارتباط است و مکانیسم‌هایی که سنگ‌های مختلف آذرین، دگرگون‌شده و رسوبی را می‌سازند، در تجمع مواد معدنی هم نقش دارند. راه‌های تشکیل مواد معدنی عبارتند از :

۱ــ فعالیت‌های آذرین : بعضی ازمواد ازقبیل طلا، نقره، مس، جیوه، سرب، پلاتین و نیکل، دراثر انجام فعالیت‌های ماگمایی تجمع می‌یابند.

فرایندهای آذرین که این‌نوع منابع فلزی را پدید می‌آورند، مشخص‌اند. مثلاً، وقتی حجم عظیمی از ماگما سرد شود، فلزات سنگینی که متبلور می‌شوند، مایلند در قسمت پایین محفظهٔ ماگما رسوب کنند. این نوع **تفریق ماگمایی** را به‌ویژه در ماگماهای بازالتی می‌توان ردیابی کرد.

تفریق ماگمایی، در مراحل آخر سرد شدن هم اهمیت دارد. این فرایند، به‌ویژه درمورد ماگماهای گرانیتی مصداق دارد، زیرا در آنها، مادهٔ مذاب باقی‌مانده، ممکن است سرشار از فلزات سنگین و عناصر کمیاب شود. گذشته از آن، چون آب و مواد تبخیرشدنی دیگر، همراه مواد اصلی متبلور نمی‌شوند، درصد بالایی از بخش مذاب ماندهٔ ماگما را در آخر کار تشکیل می‌دهند و دراین محیط، که آزادی تحرک برای یون‌ها فراهم است، ممکن است در آخر، بلورهایی بسیار درشت پدید آیند و سنگ‌های **پگماتیتی** شکل بگیرند. پگماتیت‌ها دراصل، گرانیتی هستند، اما بلورهای درشت کوارتز، فلدسپات و میکا دارند. از فلدسپات، می‌توان در صنایع سرامیک استفاده کرد و میکای سفید، همان طلق‌نسوز است و در صنایع الکتریکی کاربرد دارد. گذشته از آن، ممکن است جواهرات قیمتی چون زمرد، یاقوت و تورمالین و همچنین عناصری چون اورانیم و سزیم نیز دراین میان به‌وجود آیند. **محلول‌های هیدروترمال** هم می‌توانند منشأ بعضی از رگه‌های فلزی باشند که در آخر فرایندهای ماگمایی در لابه‌لای سنگ‌های دیگر تزریق می‌شوند. در طول سرد شدن ماگما، یون‌های فلزی مختلف به‌همراه مایعات در بالای محفظهٔ ماگما جمع می‌شوند و به‌سبب تحرک، می‌توانند درسنگ‌ها نفوذ کنند

و در آنجا منجمد شوند. رگه‌های طلا، نقره و جیوه به این‌شکل تشکیل می‌شوند.

۲ــ فعالیت‌های دگرگونی : فرایندهای دگرگونی، به‌ویژه نوع مجاورتی آن، در ایجاد منابع معدنی تأثیر دارند. سنگ‌های مجاور تودهٔ آذرینی که بالا می‌آید، تبلور مجدد یافته و تحت‌تأثیر فشار، حرارت، محلول‌های فعال حاصل‌از ماگما، ترکیب شیمیایی اوّلیه را از دست می‌دهند. در این مناطق، کانی‌های پرارزشی چون گرونا و کرندوم پدید می‌آیند. از انجام واکنش‌های شیمیایی در این‌محل‌ها، مقدار زیادی گاز دی‌اکسید کربن نیز حاصل می‌آید که مهاجرت رو به‌خارج یون‌های فلزی را آسان می‌کند. به همین‌علت، در کنار اغلب مواد آذرین نفوذی که به میان تشکیلات آهکی راه می‌یابند، منابع فلزی وجود دارد. ازجمله کانی‌های فلزی که نتیجهٔ دگرگونی مجاورتی محسوب می‌شوند، می‌توان به اسفالریت، گالن، کالکوپیریت و مانیتیت اشاره کرد.

شکل ۱۳ــ۱۰ــ نهشته‌های گرمابی به‌صورت رگه در اطراف اتاقک ماگمایی

درمحل‌های فرورانش نیز که دگرگونی ناحیه‌ای صورت می‌گیرد و رسوبات به اعماق زمین برده می‌شوند، کانی‌های غیرفلزی مانند تالک و گرافیت تشکیل می‌شوند.

۳ــ هوازدگی : فرایند هوازدگی می‌تواند کانی‌های پرارزشی را در یکجا متمرکز کند. اگر هوازدگی شیمیایی (تأثیر O_2 یا CO_2 و ... بر سنگ‌ها) با عمل نفوذ آب‌های زیرزمینی توأم شود، مواد موجود در سنگ، از یکدیگر تفکیک خواهند شد و مواد پرارزش، دربالا می‌مانند، یا برعکس، به قسمت‌های پایین خاک برده می‌شوند.

بوکسیت، یعنی ترکیب مهم آلومینیم‌دار، به‌همین‌صورت حاصل می‌آید. بوکسیت، درمناطق پرباران و گرم استوایی تشکیل می‌شود، زیرا آلومینیم ماده‌ای بسیار نامحلول است.

● با آنکه آلومینیم در پوستهٔ زمین فراوان است، چرا معادن این فلز کمیاب‌اند؟

بیشتر بدانید

به‌جز فلزات، مواد غیرفلزی زیادی هم وجود دارند که در صنایع مختلف یا مصارف دیگر، به‌کار می‌روند. مقدار مصرف سالانهٔ این مواد هم بسیار زیاد است.

۱ــ مصالح ساختمانی : ماسه و شنی که در ساختمان‌سازی به‌کار می‌روند، ارزش زیادی دارند و هرکس که بخواهد ساختمانی بسازد، به آنها نیازمند است. **گچ**، **خاک‌رس** و **سیمان** هم که از سنگ‌آهک و شیل تهیه می‌شود، از این‌جمله‌اند. توجه داشته باشید که برای ساختن یک خانهٔ دوطبقهٔ معمولی، حدود یک‌صد تن مصالح ساختمانی مورد مصرف دارد.

۲ــ کانی‌های صنعتی : گروهی ازمواد معدنی هم در ساختن فراورده‌های مختلفی کاربرد دارند.

کودهای شیمیایی، موادی‌اند که با افزایش جمعیت و استفاده‌های مکرر از زمین‌های کشاورزی، به‌ناچار باید مورد استفاده قرار گیرند. مسلماً در آینده بازهم موارد مصرف آنها زیادتر خواهد شد. کودهای شیمیایی، شامل ترکیباتی چون نیترات، فسفات و ترکیبات پتاسیم‌اند که به خاک اضافه می‌شوند. البته، کودهای نیتراتی را در اصل، از نیتروژن اتمسفری تهیه می‌کنند، اما منابع فسفات و پتاسیم، پوستهٔ زمین است. کانی آپاتیت، در تهیهٔ فسفات‌ها کاربرد دارد و منبع اصلی پتاسیم را هم نوعی از سنگ‌های تبخیری به نام سیلویت (KCl) تشکیل می‌دهد.

گوگرد که در تهیهٔ کودها، اسیدسولفوریک و غیره کاربرد دارد، از کانی‌های غیرفلزی است.

نمک‌طعام نیز با کاربردهای فراوان آن، که معادن مهمی نیز در کشور دارد، ازجملهٔ همین نوع کانی‌ها محسوب می‌شود.

بحث کنید

۱ــ نیاز انسان به منابع معدنی، نه‌تنها رو به کاهش نمی‌گذارد، بلکه درحال فزونی است. حال‌آنکه معادن این مواد، روزبه روز درحال تخلیه شدن‌اند. دراین‌صورت، یا باید، منابع جدیدی را از نقاط دوراز دسترس، مانند بستر دریاها و زیر یخ‌های قطبی یافت، یا آنکه به مصرف کمتر و مسئله بازیافت متوسل شد. به‌نظر شما، چه راه‌هایی برای استفادهٔ عاقلانه‌تر از این مواد وجود دارد؟

۲ــ در اختیار داشتن منابع ماده و انرژی برای پیشرفت و توسعهٔ کشورها مهم‌تر است یا برخورداری از دانش فنی برای استفاده از آنها؟ . . . .

معلّمان محترم، صاحب نظران، دانش آموزان عزیز و اولیای آنان می توانند نظر اصلاحی خود را در بارهٔ مطالب این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۴۸۷۴ - گروه درسی مربوط و یا پیام نگار (Email) talif@talif.sch.ir ارسال نمایند.

دفتر تألیف کتاب های درسی عمومی و متوسطه نظری

خرید اینترنتی کتاب درسی

والدین گرامی و دانش‌آموز عزیز

در راستای توسعه دولت الکترونیک و با هدف اطلاع‌رسانی و سهولت دسترسی دانش‌آموزان به کتاب‌های درسی، در سال تحصیلی جدید در سراسر کشور، فروش و توزیع کتاب‌های درسی به‌صورت اینترنتی و از طریق سامانه فروش و توزیع مواد آموزشی به نشانی www.irtextbook.ir یا www.irtextbook.com انجام می‌شود.

نحوه خرید کتاب درسی :

۱ـ دانش‌آموزانی که به اینترنت دسترسی ندارند (سفارش گروهی) :

ـ مراجعه به مدرسه محل تحصیل

ـ پرداخت وجه کتاب به مدرسه محل تحصیل

ـ اعلام شماره تلفن همراه (فعال) اولیای دانش‌آموز برای دریافت پیام کوتاه از سامانه

ـ ثبت سفارش گروهی دانش‌آموزان در سامانه فروش و توزیع مواد آموزشی توسط مدرسه

۲ـ دانش‌آموزانی که به اینترنت دسترسی دارند (سفارش انفرادی) :

ـ ورود به سامانه فروش و توزیع مواد آموزشی

ـ کلیک روی دکمه «ورود به بخش سفارش دانش‌آموز»

ـ ثبت کد ملی دانش‌آموز به‌عنوان شناسه کاربری و شش رقم سمت راست سریال شناسنامه وی به‌عنوان رمز ورود

ـ ثبت و پرداخت اینترنتی سفارش براساس راهنمای سامانه

نکته :

ـ برای پرداخت اینترنتی نیاز به کارت بانکی، رمز دوم، کد اعتبارسنجی دوم روی کارت (CVV2) و تاریخ انقضای کارت بانکی می‌باشد.

ـ پیشنهاد می‌شود قبل از فرا رسیدن زمان خرید، یک‌بار بصورت آزمایشی با شناسه کاربری و رمز عبور خود وارد سامانه فروش و توزیع مواد آموزشی شوید و با محیط سامانه آشنا شوید. در صورتی که موفق به ورود به سامانه نشدید، تصویر شناسنامه جدید دانش‌آموز را به مدرسه محل تحصیل وی تحویل دهید، تا مدرسه، اطلاعات شناسنامه دانش‌آموز (سریال شناسنامه) را در سامانه ثبت‌نام دانش‌آموزان (سناد)، اصلاح نماید.

ارائه نظرات، پیشنهادات و انتقادات ارزشمند شما در هر بخش از فعالیت‌های سامانه فروش و توزیع مواد آموزشی به نشانی info@irtextbook.com و دورنگار ۸۸۳۰۹۲۶۶، ما را در شناسایی نقاط قوت و ضعف خدمات و محصولات یاری خواهد رساند.