۱۰ ستارگان

با آن‌که ستاره‌ها را هرشب در آسمان مشاهده می کنیم، چیزهای زیادی درباره‌ی آن‌ها نمی‌دانیم. درواقع ستاره‌ها چنان از ما دورند که حتی در قوی‌ترین تلسکوپ‌ها هم جز یک نقطه‌ی نورانی، چیزی از آن‌ها پدیدار نیست. اما، آیا همه‌ی ستاره‌ها یک اندازه‌اند؟ آیا روشنایی، رنگ و دمای آن‌ها مساوی است؟ آیا همه به یک فاصله از زمین قرار دارند؟

وقتی می‌گوییم فاصله‌ی ستاره‌ها ازما بسیار زیاد است، چنین به‌نظر می‌آید که جمع آوری اطلاعات درباره‌ی آن‌ها هم غیرممکن باشد. اما دانشمندان با یافتن راه‌های ویژه، توانسته‌اند اطلاعاتی هرچند مختصر، درباره‌ی آن‌ها حاصل آورند، همه‌ی این اطلاعات، قاعدتاً باید از روی نوری باشد که از ستاره‌ها به زمین می‌رسد.

خورشید، نزدیک‌ترین ستاره

مردم درطول قرن‌ها، نمی‌دانستند خورشید از چه چیزی ساخته شده و این‌همه نور و گرمای آن ازکجا تأمین می‌شود، حدود ۹۰درصد جرم خورشید از هیدروژن است و هیدروژن و هلیم درمجموع، ۹۸درصد ترکیب خورشید را تشکیل می‌دهند.

شما دریک روز تابستانی احساس گرمای زیادی از تابش آفتاب بر بدن خود می‌کنید، اما بد نیست بدانید که زمین فقط یک‌دومیلیاردیم انرژی خورشید را دریافت می‌کند. می‌توان گفت اگر می‌توانستیم از انرژی خورشید بیش‌تر بهره‌گیری کنیم، مسئله‌ی بحران انرژی امروزی به‌کلی حل می‌شد. اکنون ببینیم منشأ این‌همه گرما از چیست؟

آیا آن‌چنان که قدما تصور می‌کردند، چیزی در خورشید می‌سوزد؟ اما، حتی از سوختن هرگرم‌بنزین 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

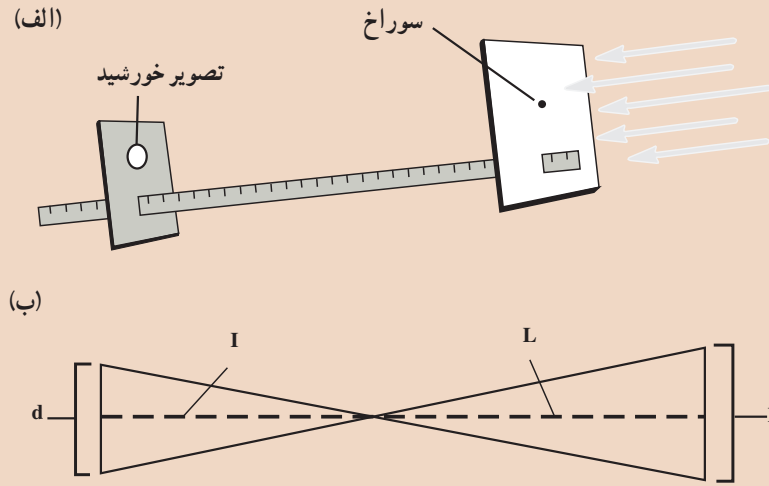
هرگرم هیدروژن معادل ۰/۰۰۷۲ گرم کاسته می‌شود.

جرم ۴ هسته‌ی هیدروژن برابر با ۴/۰۳۰ واحد جرم اتمی است. یک هسته‌ی هلیم، در حدود ۴/۰۰۳ واحد وزن دارد. بدین‌ترتیب، هنگامی که یک هسته‌ی اتم هلیم از چهار هسته‌ی 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 ۴میلیون تن درثانیه است! این کار تا چه مدت می‌تواند ادامه یابد؟ جرم کلی خورشید برابر با ۲×۱۰^{۳۳} گرم است. بااین‌ترتیب، خورشید می‌تواند میلیاردها سال دیگر هم به همین‌ترتیب نورافشانی کند.

اندازه‌گیری کنید

با روش زیر، می‌توانید قطر خورشید را اندازه بگیرید.

سوراخ کوچکی با یک میخ باریک در یک قطعه مقوا ایجاد کنید. در روی یک قطعه مقوای دیگری، یک دایره به قطر ۰/۸ سانتی‌متر بکشید. دو مقوا راروی یک خط‌کش یک‌متری (یا چوبی که آنرا مانند خط‌کش مدرج کرده‌اید)، طوری نصب کنید که ارتفاع سوراخ و دایره ازخط‌کش، مساوی باشد.



خط‌کش را به‌سوی خورشید نشانه روی کنید تا آفتاب از درون سوراخ، به روی مقوای دوم بیفتد. (هرگز مستقیماً به خورشید نگاه نکنید، زیرا نور آن در اندک‌مدتی به‌چشم شما آسیب می‌رساند). مقوای دوم را آن‌قدر جلو و عقب برید تا تصویر خورشید دقیقاً به اندازه‌ی دایره‌ی

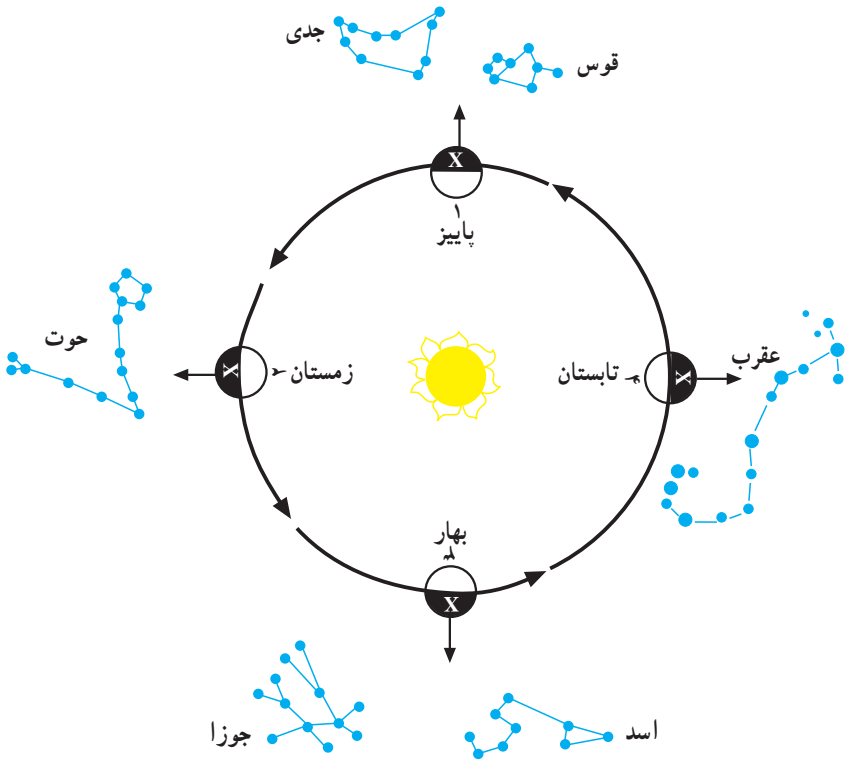
۰/۸ سانتی‌متری شود. فاصله‌ی دومقوا را برحسب سانتی‌متر دقیقاً اندازه بگیرید.

برای یافتن قطر خورشید، دو مثلث مطابق شکل ب رسم کنید. در این مثلث‌ها قطرخورشید D و قطر تصویر آن d (۰/۸ سانتی‌متر) است. فاصله‌ی خورشید از زمین ۱۵۰میلیون کیلومتر است. اکنون، با استفاده از قانون تشابه مثلث‌ها، قطر خورشید را محاسبه کنید.

صورت‌های فلکی

به‌نظر می‌رسد با وجود این‌همه ستاره در آسمان تعیین محل یکی از آن‌ها کاری غیرممکن است. به همین‌سبب بوده است که منجمان قدیم به‌منظور تشخیص و نام‌گذاری بسیاری از ستارگان، الگوهای معینی را برای گروه‌هایی از ستارگان یافته و هرگروه را به جانور یا شیئی آشنا تشبیه کرده‌اند و مجموعه‌ی این گروه‌ها را صورت‌های فلکی نامیده‌اند. درمجموع، حدود ۸۰صورت فلکی پیشنهاد شده است.

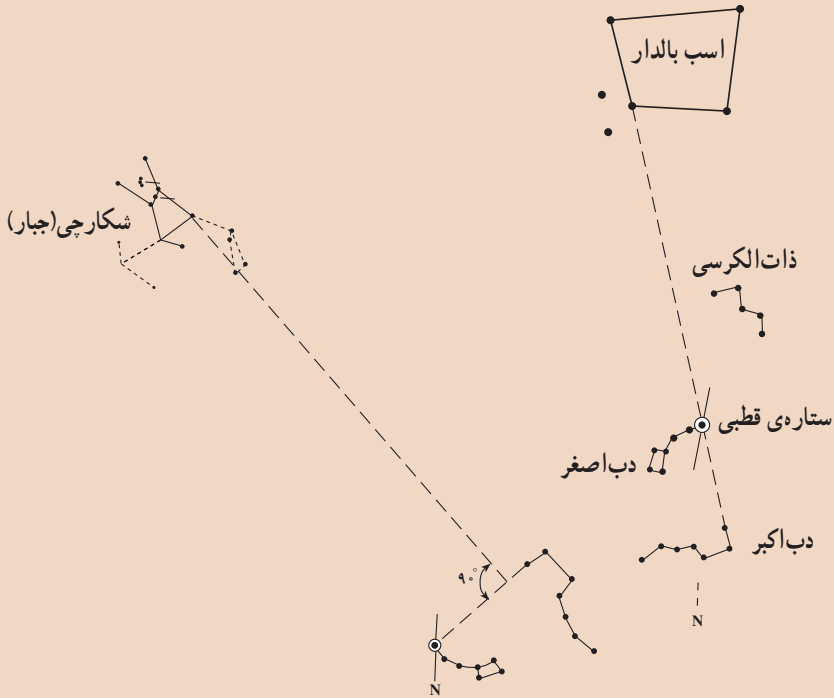
در شب‌های مختلف سال، صورت‌های فلکی متفاوتی پدیدار می‌شوند، زیرا زمین در روی مدار خود جابه‌جا می‌شود و هرشب رو به قسمت معینی از آسمان قرار می‌گیرد.



شکل ۱ــ۱۰ــ صورت‌های فلکی که در فصل‌های مختلف سال می‌توان دید، متفاوت‌اند.طول زمان مشاهده هر صورت فلکی نیز با بقیه متفاوت است.

مشاهده کنید

با استفاده از محل ستاره‌ی قطبی، می‌توان بعضی از صورت‌های فلکی مهم را شناسایی کرد. ستاره‌ی قطبی، بسیارنزدیک به امتداد شمال زمین قرار دارد. از این‌رو برای یافتن آن بهتر است از شکل صورت فلکی **دُبّ اکبر** استفاده کنید.

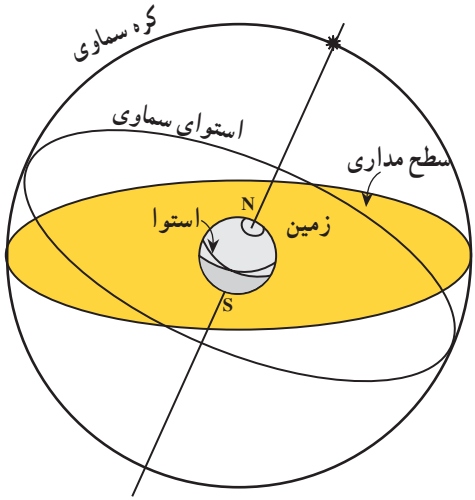


کره‌ی سماوی: به‌منظور توضیح بعضی از مفاهیم اخترشناسی و همچنین امور دریانوردی، اخترشناسان طبق عقیده‌ی بطلمیوس، زمین را در مرکز کره‌ای بسیار بزرگ و فرضی تصور می‌کنند که تمام اجرام سماوی در روی آن واقع شده‌اند و به‌دور زمین می‌چرخند. طبعاً، همیشه ما نیمی از این کره‌ی فرضی را می‌بینیم، زیرا نیم دیگر آن در زیر سطح افق واقع است. برای این کره‌ی فرضی می‌توان قطبین و منطقه‌ی استوا نیز درنظر گرفت (شکل۲ــ۱۰). در چنین کره‌ای چون زمین به‌دورخورشید می‌گردد، در هرماه از سال، زمین را در محل معینی از مدار خود می‌یابیم. دراین محل، منظره‌ی آسمان شب نیز چون متوجه راستای معینی است، ستارگان ویژه‌ای را درجلوی چشم ما پدیدار می‌سازد که در ماه قبل یا بعد، آن‌ها را در همان وضعیت نمی‌یابیم. بعداز سپری شدن ۶ماه، زمین به نقطه‌ی مقابل محل قبلی می‌رسد و طبعاً منظره‌ی آسمان عوض می‌شود (زیرا قسمت مربوط به ۶ماه پیش در روز قرار می‌گیرد که هوا روشن است). ولی بعد از گذشت یک‌سال، دوباره همان

منظره‌ی قبلی را شاهد خواهیم بود.

قدما درمجموع، ۱۲صورت فلکی ویژه (برج) را درنظر می‌گرفتند و محل آن‌ها را در حول منطقه‌ی استوای کره‌ی سماوی می‌دانستند (شکل۲ــ۱۰). به همین‌سبب، به این محل که مانند کمربندی فرضی زمین را احاطه کرده است، **منطقةالبروج** گفته می‌شود.

بدین‌ترتیب خورشید در هر ماه از مقابل یکی از صورت‌های فلکی دوازده‌گانه طلوع می‌کند. قبل از آن‌که نام ماه‌های ایرانی، عربی یا غربی مرسوم شود، ماه‌ها را به نام همان برج‌ها می‌خواندند (حَمَل، ثور، جوزا و ...).



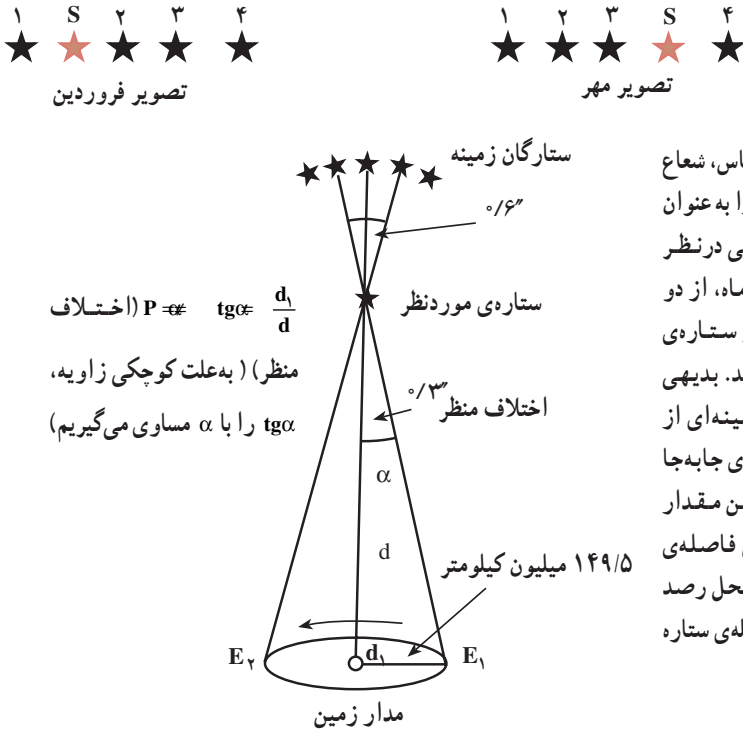
شکل ۲ــ۱۰ــ کره‌ی سماوی و وضع زمین نسبت به آن

ویژگی‌های ستارگان

اخترشناسان با به‌کارگیری ابزارهای مناسب برای مشاهده‌ی ستارگان و با اطلاع از قوانین و اصول فیزیک، شیمی و ریاضیات دانش فراوانی درباره‌ی ستارگان به‌دست آورده‌اند. درباره‌ی روش‌های کار آنان در قسمت‌های بعدی توضیحی خواهیم داد، ولی شما می‌توانید خود با مطالعات بیش‌تر، آگاهی زیادتری از آن‌ها به‌دست آورید.

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

فاصله‌ی متوسط زمین ازخورشید برابر ۱۵۰ میلیون کیلومتر است که برابر با **یک واحد ستاره‌شناسی** انتخاب می‌شود. فاصله‌ی نزدیک‌ترین ستاره به ما، بعد از خورشید، یعنی قنطورس‌نزدیک (Proxima centaury) برابر ۲۷۰ هزار واحد ستاره‌شناسی است! از آنجا که فاصله‌ی ستارگان با ما و نیز با ستارگان دیگر فوق‌العاده زیاد است، برای تعیین این فواصل ازواحد دیگری به نام **سال‌نوری**



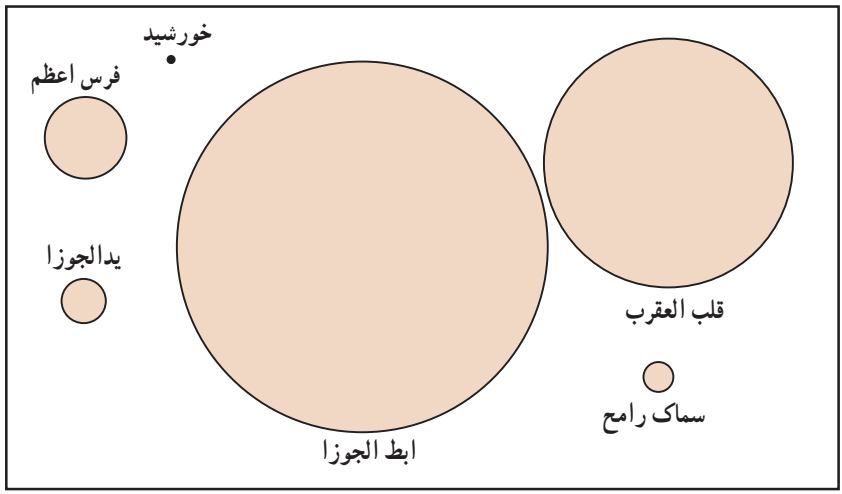
شکل ۳ــ۱۰ــ اخترشناس، شعاع مدار زمین به‌دور خورشید را به‌عنوان قاعده‌ی یک مثلث فرضی درنظر می‌گیرد و در فاصله‌ی ۶ماه، از دو نقطه‌ی مختلف این مدار ستاره‌ی موردنظرش را رصد می‌کند. بدیهی است که این ستاره، در زمینه‌ای از ستارگان دوردست‌تر،مقداری جابه‌جا می‌شود. با اندازه‌گیری این مقدار جابه‌جایی ستاره و تعیین فاصله‌ی دونقطه از مدار زمین که محل رصد بوده‌اند، ناظر می‌تواند فاصله‌ی ستاره تا زمین رامحاسبه کند.

(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، فاصله‌ی خورشید تا زمین حدود ۸دقیقه نوری است.

بزرگی و چگالی: ستارگان از لحاظ بزرگی بسیار مختلف‌اند. کوچک‌ترین آن‌ها کمی از زمین بزرگ‌تر است و بزرگ‌ترین آن‌ها که تاکنون شناخته شده به‌نام **گیرنده‌ی عنان**، قطری در حدود ۳/۲ میلیارد کیلومتر دارد، یعنی حدود ۲۳۰۰ برابر قطر خورشید. اگر این ستاره درمرکز منظومه‌ی 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 ستاره‌ی همراه شعرای یمانی به نام **کوتوله‌ی‌سفید** 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.

۱ـ 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.



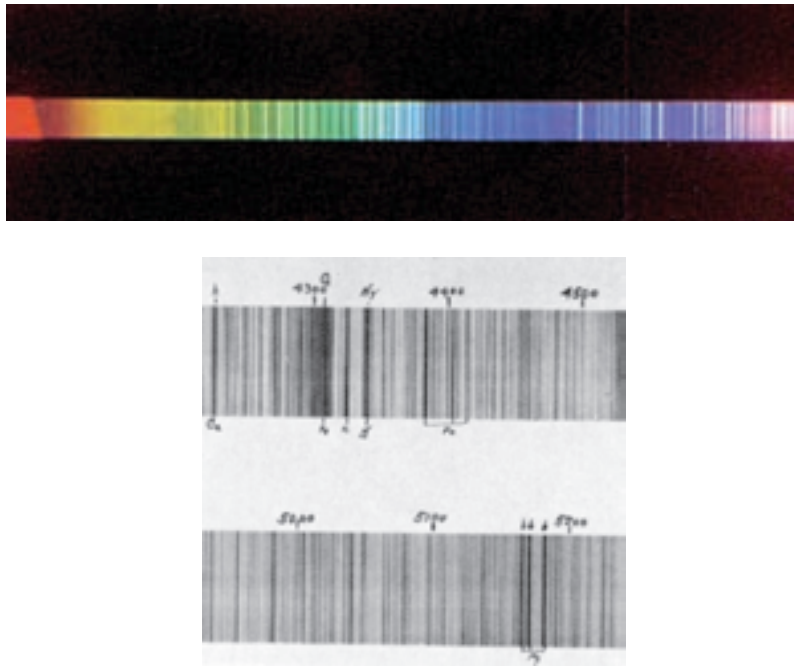
شکل ۴ــ۱۰ــ ستارگان از لحاظ بزرگی، بسیار مختلفند.

نور: اگر شما با یک نورسنج دوربین عکاسی به‌طرف چراغ خیابان بروید خواهید دید که عقربه‌ی نورسنج درجه‌ی بیش‌تر وبیش‌تری را نشان می‌دهد. حال اگر فاصله‌ی 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 $۱۰^{-۶}$ تا $۱۰^{۶}$ برابر نور خورشید تغییر می‌کند. نکته جالبی که در این‌میان وجود دارد این‌است که بین مقدارنور و جرم ستاره‌های رشته‌ی اصلی 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).

ترکیب شیمیایی: تجزیه‌ی طیفی نور ستاره‌ها نشان می‌دهد که عناصر موجود در ستارگان هم از نوع همان عناصری است که در زمین یافت می‌شوند، اما با نسبت‌های متفاوت. بیش‌تر ستارگان اصولاً از هیدروژن و هلیم تشکیل شده‌اند و مقدار درصد عناصری از قبیل آهن، تیتان، کلسیم، سدیم



شکل ۵ــ۱۰ــ طیف جذبی خورشید. نوارهای تیره، نشان‌دهنده نوع موادی است که خورشید را تشکیل داده‌اند.

و غیره در آن‌ها از یک درصد حجم تجاوز نمی‌کند. خورشید ماهم در حدود ۷۵ درصد هیدروژن و ۲۳درصد هلیم دارد و برای بقیه‌ی عناصر، که از روی طیف تعدادشان بیش‌از ۶۰نوع تشخیص داده شده است، فقط ۲ درصد حجم باقی می‌ماند.

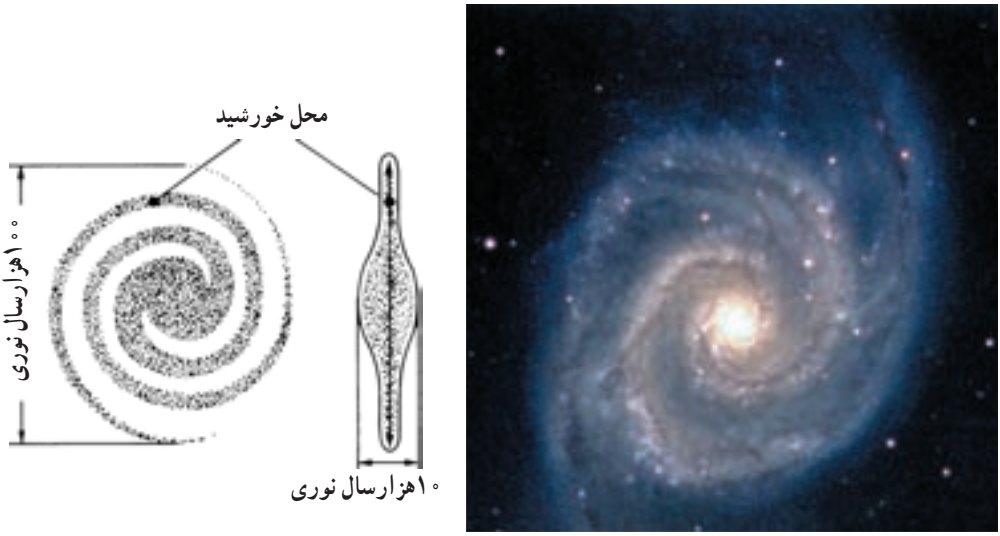
کهکشان‌ها و جهان بزرگ

همه‌ی ستاره‌هایی که به هنگام شب در آسمان مشاهده می‌کنیم درمجموعه‌ای گرد آمده‌اند که به **کهکشان راه شیری** معروف است. منظومه‌ی شمسی خودِما هم بخشی از همین کهکشان است. دراین‌صورت، آیا آنچه در فضا وجود دارد، همین یک مجموعه است! با نگاه کردن به تصویر۶ــ۱۰ می‌توانید حدس بزنید که به‌جز کهکشان ما، مجموعه‌ی ستارگان یا کهکشان‌های بسیار متعدد دیگری هم در فضا وجود دارد که تعداد ستارگان هریک، ممکن است به میلیون‌ها عدد برسد. تعداد خود کهکشان‌ها هم خارج از حد شمارش است. درعین‌حال، بین کهکشان‌ها گاهی هزارها و بلکه میلیون‌ها سال‌نوری فاصله است. بنابراین، عملاً باید گفت که فضا بی‌انتهاست.

شکل ۶ــ۱۰ــ تعداد کهکشان‌های موجود در فضا، خارج از حد شمارش است.

کهکشان راه‌شیری، مانند چرخی بزرگ به‌دورخود می‌چرخد. خورشید و ستارگان نزدیک ما با سرعت ۲۴۰ کیلومتر درثانیه حول مرکز کهکشان در حرکتند! اما به‌علت عظمت کهکشان، ۲۰۰ میلیون سال طول می‌کشد تا خورشید یک‌بار حول مرکز آن بچرخد.

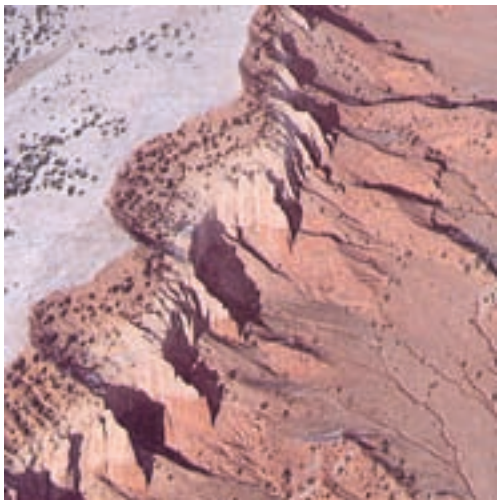
البته، کهکشان‌های دیگر، چنان دورند که فقط با تلسکوپ‌های بزرگ، آن‌هم در مدت زمان طولانی می‌توان از آن‌ها عکس گرفت.



شکل ۷ــ۱۰ــ یک کهکشان مارپیچ از نوع کهکشان راه شیری

۱۱ رسم نقشه

سطح خشکی‌ها، دارای پستی‌ها و بلندی‌های فراوان است. وقتی با هواپیما از سطح زمین عکس‌برداری شود، پدیده‌هایی در عکس آشکار می‌شوند که از روی زمین نمی‌توان آن‌ها را مشاهده کرد. مثلاً، ازبالا بهتر می‌توان مسیر رودخانه‌ها، خطوط ساحلی، شکل کوه‌ها و دره‌ها را دید. با این‌همه، گاهی زمین‌شناسان به اطلاعاتی نیاز پیدا می‌کنند که حتی در چنین عکس‌هایی هم نمی‌توان آن‌ها را یافت. به‌ویژه که این‌قبیل عکس‌ها فقط منطقه‌ی 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.



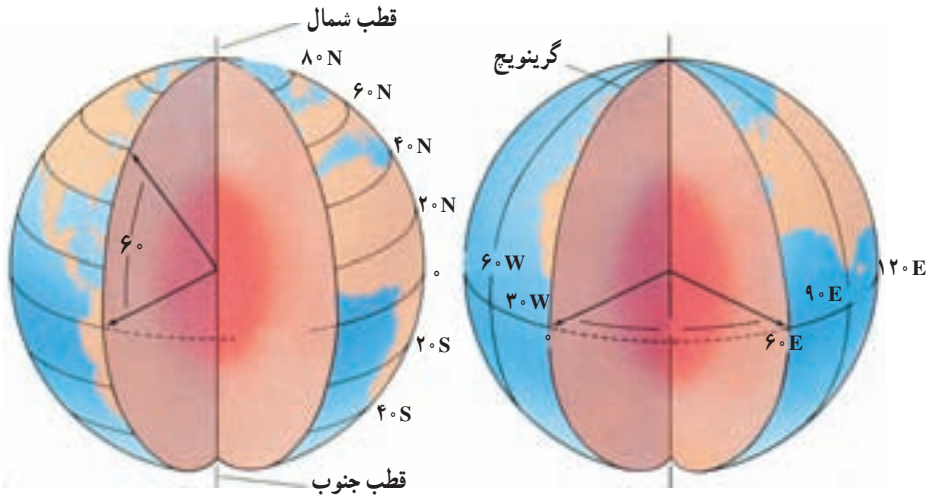
شکل ۱ــ۱۱ــ تصویر یک منطقه غیر مسطح

یافتن نقاط در روی زمین

زمین تقریباً یک کره‌ی کامل 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 کره‌ی 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 را به دو نیم‌کره‌ی شمالی و جنوبی تقسیم می‌کند. با این‌ترتیب، دو مبدأ مختصات را در روی زمین تعیین کرده‌اند که به کمک آن‌ها می‌توان موقعیت هر نقطه‌ی دلخواهی را تعیین کرد.

طول و عرض جغرافیایی: تعدادی دایره‌ی فرضی به‌نام **مدار** به موازات استوا رسم می‌شود که عرض جغرافیایی را نشان می‌دهند. مدارها، از خط استوا فاصله‌ی زاویه‌ای دارند. بدیهی است که مدارها نمی‌توانند بیش‌تر از ۹۰درجه‌ی شمالی یا جنوبی باشند. البته درعمل، یک درجه عرض‌جغرافیایی برابر 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 فرضی هستند که از دو قطب می‌گذرند. یک نصف‌النهار را به‌عنوان مبنا، انتخاب کرده‌اند که طول آن صفر است (گرینویچ). بقیه‌ی نصف‌النهارها از این خط مبنا فاصله‌ی زاویه‌ای دارند و در شرق یا غرب آن قرار می‌گیرند. حداکثر مقدار طول جغرافیایی، معادل نصف محیط زمین، یعنی ۱۸۰درجه است. فاصله‌ی نصف‌النهارها از یکدیگر، در استوا حداکثر است و رو به قطب‌ها به‌تدریج کم می‌شود و در محل قطب‌هابه صفر می‌رسد (شهر تهران در ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی واقع است).



شکل ۲ــ۱۱ــ مدارها و نصف‌النهارهای زمین

فکر کنید

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

۲ــ چند راه برای این‌کار وجود دارد؟

تحقیق کنید

قاعدتاً دقیق‌ترین نقشه‌ها را باید در روی کره‌ی جغرافیا یافت، اما به‌هرحال لازم است نقشه‌ها بر سطح کاغذ و به‌طور مسطح نیز رسم شوند. در این‌صورت، اشکال انحناها و به‌هم‌خوردن فواصل واقعی نقاط روی نقشه را چگونه اصلاح می‌کنند؟

نقشه‌های توپوگرافی

امروزه تقریباً هیچ‌کس بی‌نیاز از نقشه نیست، اما چون نوع نیازها فرق می‌کند، نقشه‌ها نیز با اسامی مختلف و به‌صورت‌های گوناگون رسم می‌شوند تا متناسب با نوع احتیاجات افراد باشند.

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 دراین‌است 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.

شکل ۳ــ۱۱ــ تصویر افقی جزیره در نقشه توپوگرافی

در تصویر مقابل، شکل پایین ، جزیره‌ای را از پهلو نشان می‌دهد. شکل بالا نیز همان جزیره را از بالا نشان می‌دهد. اما در هیچ‌کدام از این دوشکل، اندازه‌ی جزیره و مقدار ارتفاع آن معلوم نیست .

مقیاس ــ مقیاس هرنقشه عبارت‌از نسبت فاصله‌ی دو نقطه در روی نقشه به فاصله‌ی افقی همان دونقطه درروی زمین است. 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 فاصله‌ی دو نقطه در روی نقشه یک سانتی‌متر و فاصله‌ی افقی همان دو نقطه در روی زمین ۵۰۰ متر باشد، مقیاس آن نقشه به‌روش زیر محاسبه می‌شود :

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

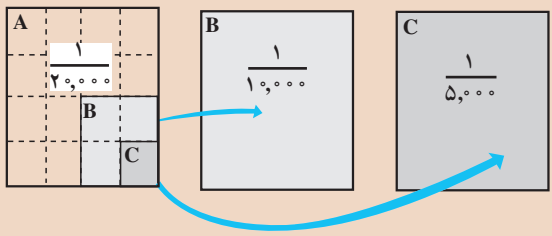
هرچه مخرج کسر بزرگ‌تر باشد نقشه کوچک‌مقیاس‌تر خواهد بود. مثلاً نقشه‌ی یک دوهزارم از نقشه یک‌هزارم کوچک مقیاس‌تر است.

در مقیاس ترسیمی، مقیاس را به شکل نواری که از چپ به راست متناسب با طولهای واقعی تقسیم‌بندی شده‌اند، نشان می‌دهند. مثلاً آن چه در شکل ۴ ــ ۱۱ نشان داده شده به مفهوم آن است که طولی معادل هر قسمت این مقیاس در روی نقشه، نمایانگر یک کیلومتر در روی زمین است. چون طول هر قسمت در شکل ۴ ــ۱۱ برابر ۲ سانتی‌متر است، بنابر این مقیاس آن به صورت کسری برابر است با : $\frac{۲}{۱۰۰۰۰۰} = \frac{۱}{۵۰۰۰۰}$

شکل ۴ــ۱۱ــ مقیاس خطی

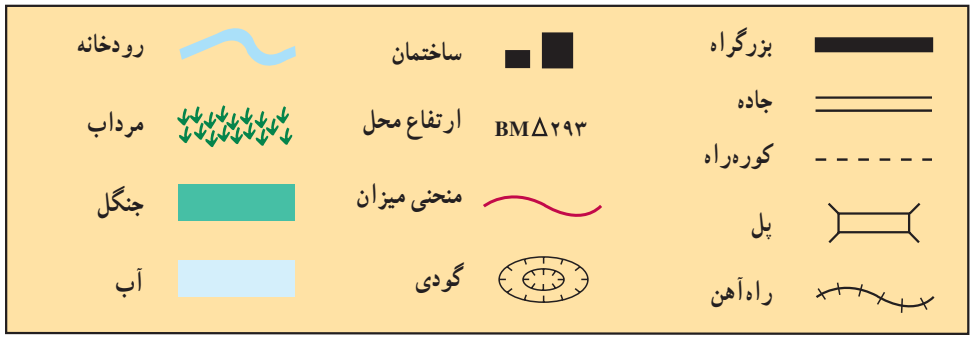
تفسیر کنید

باتوجه به این‌که دو نقشه‌ی دارای مقیاس‌های متفاوت، با ابعاد مساوی در روی صفحه رسم شده‌اند، رابطه‌ی میان مساحت منطقه‌های مورد نقشه‌برداری چه بوده است؟ از شکل‌های زیر کمک بگیرید.



علایم قراردادی و رنگ نقشه

در یک نقشه‌ی بزرگ‌مقیاس، می‌توان تمام عوارض زمین ازقبیل راه‌ها، رودخانه، جنگل، دریاچه، شهرها، روستاها و حتی ساختمان‌ها را با ابعاد و اشکال حقیقی روی صفحه‌ی 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 در 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 در روی نقشه پنج‌صدم میلی‌متر خواهد بود و رسم آن روی نقشه



شکل ۵ــ۱۱ــ معمولاً در نقشه‌های توپوگرافی منحنی‌های تراز را به رنگ قهوه‌ای، راه‌ها و خطوط آهن و شهرها و اسامی و نوشته‌های 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.

ممکن نیست. درنتیجه، لازم است در چنین مواردی ازعلایم قراردادی استفاده کنیم. شکل ۵ ــ ۱۱ نمونه‌ای از این‌قبیل علایم را نشان می‌دهد.

طرز نشان‌دادن پستی و بلندی زمین در روی نقشه

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

منحنی میزان (Contour) : در 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 «ارتفاع‌مساوی» هستند منحنی‌هایی به‌وجود می‌آید که در اصطلاح نقشه‌برداری آن‌ها را **منحنی‌میزان** یا **منحنی‌تراز** می‌نامند (شکل ۶ــ۱۱).

روی منحنی‌های میزان ارتفاع مربوط به آن‌ها نوشته می‌شود. اگر روی یک منحنی‌میزان عدد ۱۵۰۰ نوشته شده باشد به‌این‌معنی است که تمام نقاط روی این منحنی از سطح دریا ۱۵۰۰متر ارتفاع دارند. اگر روی یک منحنی بالاتر از منحنی فوق عدد ۱۶۰۰ و روی یک منحنی پایین‌تر، عدد ۱۴۰۰ نوشته شده باشد نشان دهنده‌ی این است که دراین نقشه منحنی‌های میزان با اختلاف ارتفاع صدمتری ترسیم شده‌اند. این اختلاف، فاصله‌ی‌تراز نامیده می‌شود. فاصله‌ی

تـراز بسته به مقیاس نقشه و عـوارض منطقه از ۱۰ تا ۲۵۰ متـر انتخاب می‌شود و نیـز بایـد دانست که در نقشه‌های خیـلی بـزرگ مقیاس، یـا زمین نسبتاً مسطح، فاصله‌ی تـراز یک متـر و حتی کم‌تـر از آن‌هم ممکن است انتخاب شود. معمولاً ارتفاع را در روی همه‌ی منحنی‌ها نمی‌نویسنـد، بلکه از هر ۵ منحنی یکی را پـررنگ‌تر می‌کشند و رقم ارتفـاع را در کنارش می‌نویسند.

نقشه‌خوانی

برای آن‌که بتوانید از نقشه‌ها استفاده کنید، باید به نکات زیر توجه داشته باشید :

جهت: روی هر نقشه، شبکه‌ی 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 شده‌است و این شمال معمولاً شمال مغناطیسی است. پس با داشتن جهت می‌توانیم موقعیت خود را روی نقشه بدانید.

مسافت: از روی نقشه می‌توانید مسافت بین دو نقطه یا دو شهر را تعیین کنید. برای تعیین مسافت بین دو نقطه لازم است اول مقیاس نقشه را بدانید، سپس فاصله‌ی دو نقطه را با خط‌کش و بادقت (درحد میلی‌متر) اندازه بگیرید. با استفاده از یک تناسب فاصله‌ی دو نقطه را تعیین کنید. مثلاً اگر فاصله‌ی دو نقطه‌ی A و B در روی نقشه ۲۳میلی‌متر و مقیاس نقشه $\frac{۱}{۲۰۰۰۰}$ باشد مطابق نسبت فوق :

میلی‌متر روی نقشه	میلی‌متر روی زمین	
۱	۲۰۰۰۰	
۲۳	x	$x = ۲۳ \times ۲۰۰۰۰ = ۴۶۰۰۰۰$ میلی‌متر

یعنی فاصله‌ی دو نقطه‌ی A و B برابر با ۴۶۰ متر است.

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

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

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

۱۰۴۰ — A — Z • — ۱۰۶۰ — B

پس ارتفاع نقطه‌ی z برابراست 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 رابطه‌ی زیر مقدار درصد شیب راتعیین کرد :

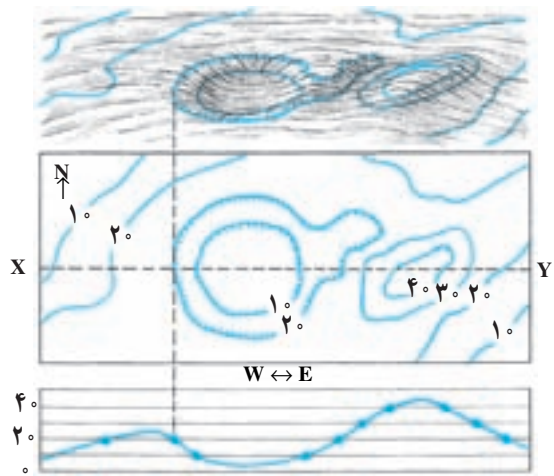
$$\text{شیب متوسط} = \frac{\text{اختلاف ارتفاع دو نقطه (متر)}}{\text{فاصله‌ی دو نقطه (متر)}} \times ۱۰۰$$

مثال :فاصله‌ی دو نقطه‌ی A و B برابر با ۲۰۰۰ متر و اختلاف ارتفاع بین آن‌دو برابر با ۸۰متراست پس :

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

یعنی شیب متوسط بین دو نقطه‌یA و B چهاردرصد 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 اززمین 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 ۶ــ۱۱ــ نحوه تهیه نیم‌رخ توپوگرافی مقیاس قائم و افقی یکسان است.

برای تهیه‌ی نیم‌رخ توپوگرافی طبق مراحل زیر عمل می‌کنیم :

ــ راستای نیم‌رخ را با رسم یک خط روی نقشه مشخص می‌کنیم (خط XY در شکل ۶ــ۱۱).

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

ــ بر 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 ارتفاعات را مشخص می‌کنیم.

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

ــ در هرجا که یک منحنی تراز لبه‌ی کاغذ را قطع کرد، خط قائمی به‌طرف پایین رسم می‌کنیم تا به‌خط افقی هم‌ارتفاع خود برسد. این‌کار را برای بقیه‌ی منحنی‌های تراز نیز انجام می‌دهیم. نقاطی مثل قله‌ی 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.

اندازه‌گیری کرده و سپس تفسیر کنید.

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

۲ــ در نقشه‌ای به مقیاس $\frac{۱}{۲۰,۰۰۰}$ ، فاصله‌ی 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 نقشه‌ی صفحه‌ی بعد :

الف ــ جهت جریان آب رودخانه به کدام سمت است؟

ب ــ شیب دیواره دره درکدام سمت رودخانه بیش‌تر است؟

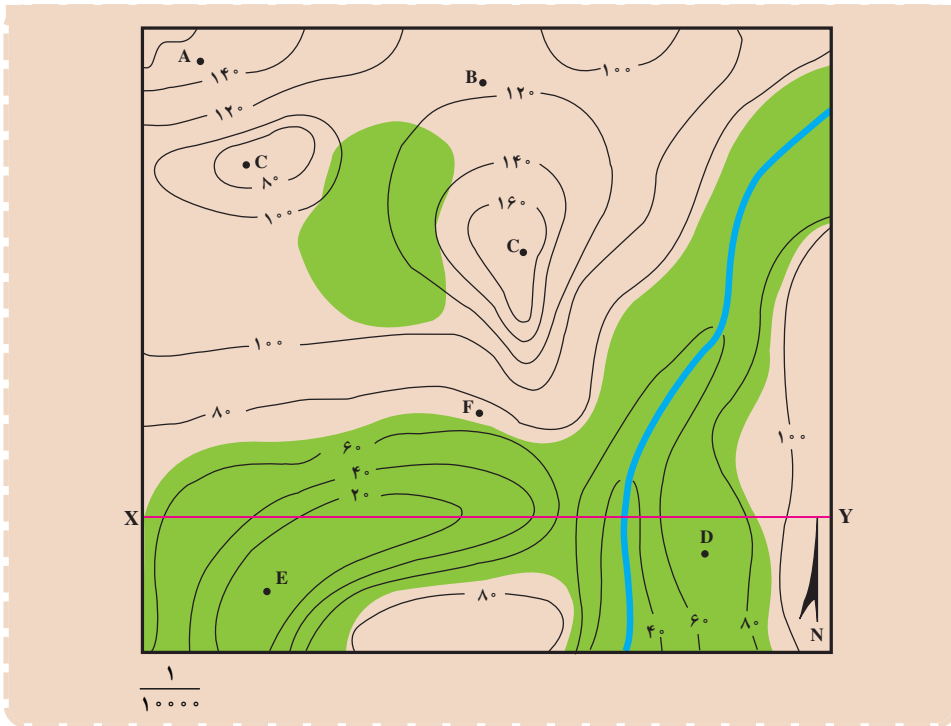
ج ــ فاصله‌ی افقی AB در سطح زمین چندمتر است؟

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

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

و ــ نقطه‌ی D در چه ارتفاعی قراردارد؟

ز ــ یک نیم‌رخ توپوگرافی درجهت xy نقشه رسم کنید.



نقشه‌های زمین‌شناسی

مهم‌ترین کاربرد نقشه‌های توپوگرافی در زمین‌شناسی، استفاده از آن‌ها به‌عنوان نقشه‌ی پایه در تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی است.

نقشه‌های توپوگرافی شکل سطح زمین را در یک منطقه نشان می‌دهند، ولی نقشه‌های زمین‌شناسی نمایان‌گر وضع زمین‌شناسی هرمحل‌اند. در نقشه‌های زمین‌شناسی، پراکندگی سطحی سنگ‌ها یا واحدهای سنگی، روابط سنی آن‌ها، وضعیت ساختمانی و همچنین موقعیت کانسارها به نمایش گذاشته می‌شود (رسوبات سطحی ممکن است به‌نقشه درآید یا آن‌که حذف شود و تنها نقشه‌ی سنگ‌بستر تهیه گردد).

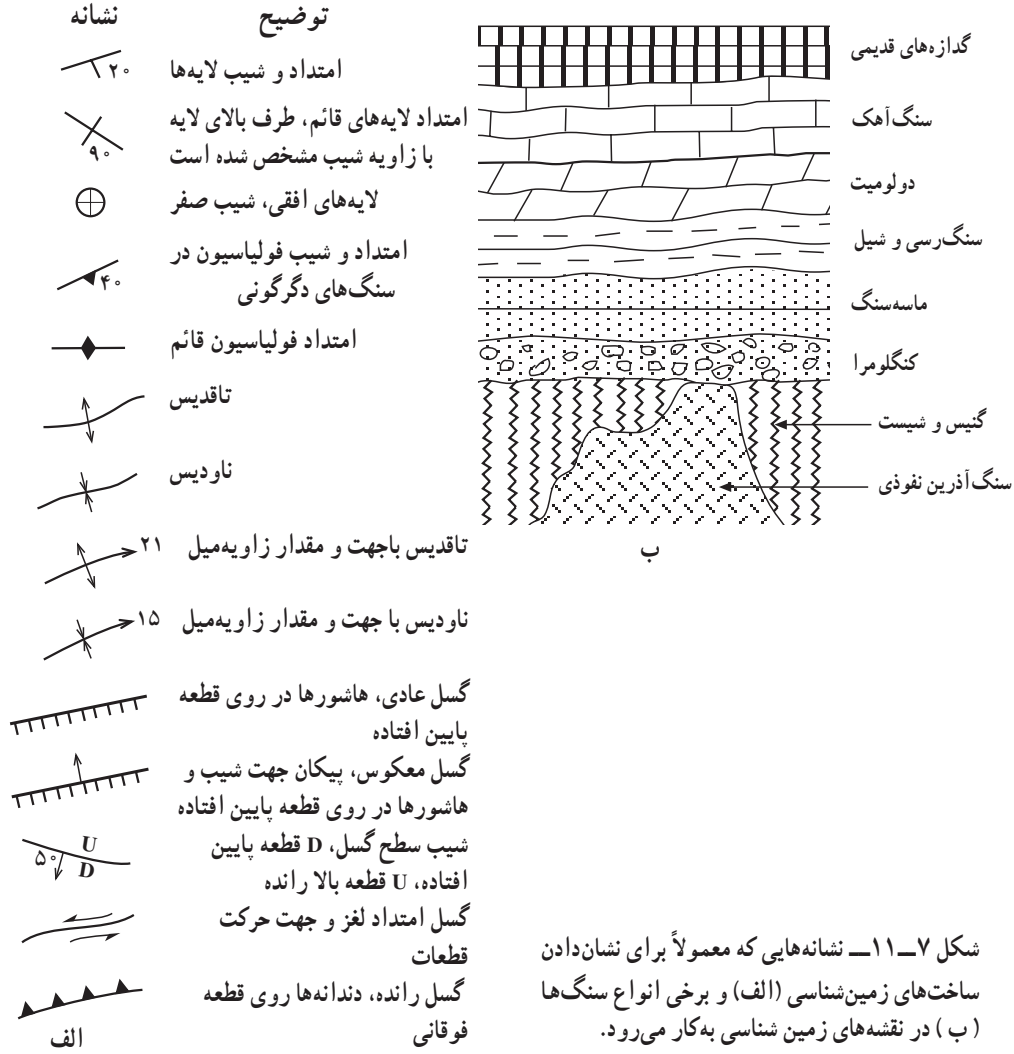
تهیه‌ی نقشه‌ی زمین‌شناسی: اساس کار تهیه‌ی نقشه‌ی زمین‌شناسی تعیین واحدهای سنگی مناسبی است که قابل نقشه‌برداری باشند. این واحدها باید دارای ویژگی‌هایی باشند که آن‌ها را از واحدهای دیگر قابل تشخیص سازد. چنان‌که در فصل ۸ گفتیم «سازند» یا «تشکیلات» واحد سنگی اصلی چینه‌شناسی، در مطالعات زمین‌شناسی و تهیه‌ی 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.

تهیه‌ی نقشه زمین‌شناسی مستلزم مطالعه و بررسی مستقیم منطقه‌ی موردنظر 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 نقشه‌ی زمین‌شناسی، علاوه بر مهارت زمین‌شناس به پیچیدگی وضعیت زمین‌شناسی محل و چگونگی بیرون‌زدگی سنگ‌ها نیز وابسته است. خاک‌های ضخیم، پوشش‌های گیاهی، دریاچه‌ها و باتلاق‌ها می‌توانند سنگ‌های زیرین را بپوشانند و تهیه‌ی نقشه‌ی 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 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، دره‌ی رودخانه‌ها و نقاطی ازاین‌قبیل مطالعه کرد. درمناطق خشک و نیمه‌خشک (مثل بخش‌های وسیعی از کشور ما) سنگ‌ها به‌طور کامل بیرون زده‌اند و بنابراین تهیه‌ی‌نقشه زمین‌شناسی آسان‌تر است.

یکی از ضروریات اولیه در تهیه‌ی نقشه‌ی زمین‌شناسی برای یک محل، دردست داشتن یک نقشه‌ی پایه (ترجیحاً یک نقشه‌ی توپوگرافی که فاصله‌ی منحنی‌های تراز بیش‌از ۵مترنباشد) یا داشتن عکس‌های هوایی محل است. اطلاعات گردآوری شده را برروی نقشه‌های توپوگرافی یا عکس‌های هوایی پیاده می‌کنند و سپس آن‌ها را به نقشه‌ی زمین‌شناسی تبدیل می‌نمایند. برای این‌کار باید بتوان بین بیرون‌زدگی‌ها ارتباط یا همبستگی (تطابق) چینه‌شناسی برقرار کرد. نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های هوایی ازنظر 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 خط‌پر 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 J_s مشخص شود).

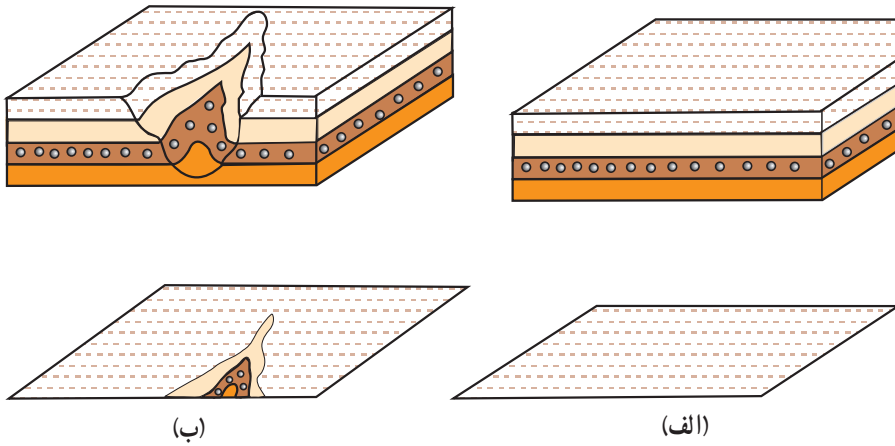


شکل ۷ــ۱۱ــ نشانه‌هایی که معمولاً برای نشان‌دادن ساخت‌های زمین‌شناسی (الف) و برخی انواع سنگ‌ها (ب) در نقشه‌های زمین شناسی به‌کار می‌رود.

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

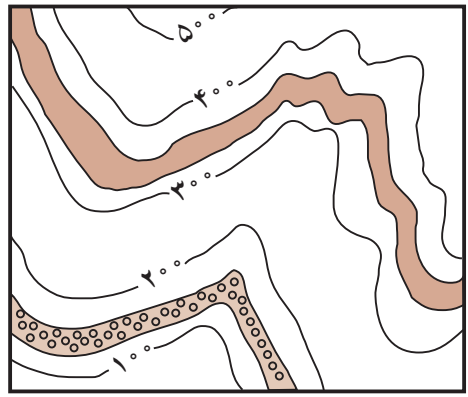
الف ــ لایه‌های افقی: حالت ساده‌ای را درنظر بگیرید که لایه‌ها افقی و سطح زمین نیز افقی باشد. روشن است که دراین حالت تنها بالاترین لایه در سطح زمین قابل مشاهده است و درنتیجه در نقشه‌ی زمین‌شناسی نیز تنها این لایه به نمایش درخواهد آمد، زیرا لایه‌های زیرین در سطح زمین بیرون‌زدگی ندارند (شکل ۸ــ۱۱ــ الف). 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 ۸ــ۱۱ــ ب).



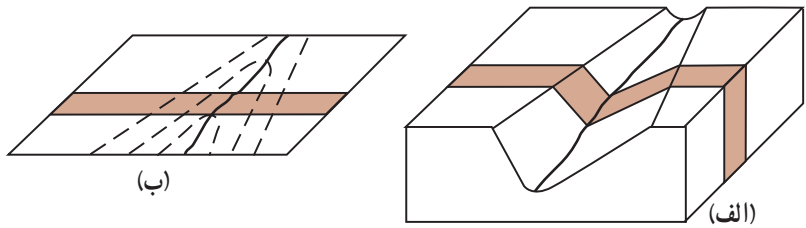
شکل ۸ــ۱۱ــ نمودار سه‌بعدی (بالا) و نقشه‌ی زمین‌شناسی (پایین) یک‌سری لایه‌های افقی. الف: وقتی سطح زمین افقی باشد تنها بالاترین لایه به نقشه درمی‌آید. ب: وقتی سطح زمین برجسته و فرورفته باشد، لایه‌های زیرین نیز ممکن است در نقشه نشان داده شوند.

وقتی لایه‌ها افقی باشند، چون سطح جداکننده‌ی هر دولایه‌ی روی‌هم افقی است، بنابراین محل برخورد این سطح با سطح زمین در تمام نقاط دارای ارتفاع یکسان است. به‌این‌جهت اگر نقشه‌ی زمین‌شناسی همراه منحنی‌های تراز توپوگرافی باشد، خط همبری لایه‌های افقی در همه‌جا موازی منحنی‌های تراز است (شکل ۹ــ۱۱).



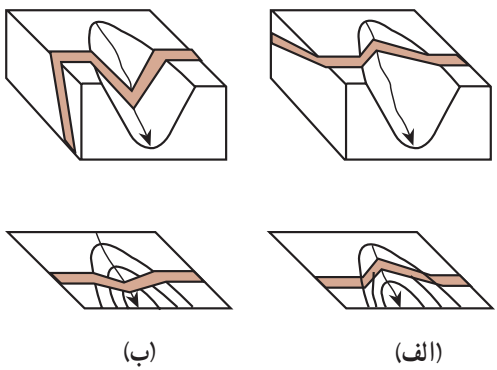
شکل ۹ــ۱۱ــ وقتی لایه‌ها افقی باشند، خط همبری لایه‌ها در همه‌جا با منحنی‌های تراز توپوگرافی موازی است.

ب ــ 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 ۱۰ــ۱۱).



شکل ۱۰ــ۱۱ــ نمودار سه‌بعدی (الف) و نقشه‌ی زمین‌شناسی (ب) یک لایه قائم.

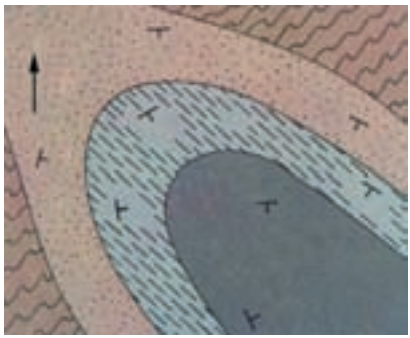
ج ــ لایه‌های مایل: الگوی همبری لایه‌های مایل در نقشه‌های زمین‌شناسی به‌سادگی لایه‌های افقی و قائم نیست و باتوجه به توپوگرافی زمین و شیب لایه به‌شکل‌های مختلف ظاهر می‌شود. به‌طور مثال بیرون‌زدگی لایه‌های مایل در دره‌ی رودخانه‌ها معمولاً V شکل است (جز در مواردی که شیب کف دره و لایه در یک جهت و یکسان باشد). نمونه‌ای از بیرون‌زدگی یک لایه‌ی مایل در دره‌ی رودخانه در شکل ۱۱ــ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱ــ۱۱ــ نمودار سه‌بعدی (بالا) و نقشه‌ی زمین‌شناسی (پایین) لایه‌های مایل.

د ــ 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 نقشه‌ی زمین‌شناسی به نمایش درمی‌آید (شکل ۱۲ــ۱۱). لایه‌ها معمولاً نسبت به اثر محوری چین به‌طور قرینه تکرار می‌شوند. در چین دارای میل (چینی با محور مایل)، لایه‌ها به صورت V شکل (شکل ۱۳ــ۱۱) یا زیگزاک مانند رخنمون دارند. نوک V در تاقدیس‌ها جهت زاویه‌ی میل چین را نشان می‌دهد (در ناودیس‌ها به‌عکس است). اگر چین برگشته نباشد، شیب پهلوهای چین در ناودیس‌ها به‌طرف هم است و در تاقدیس‌ها ازهم دور می‌شود. در چین‌های برگشته شیب‌لایه‌ها در هردو پهلوی چین به یک سمت است.

شکل ۱۲ــ۱۱ــ نقشه زمین‌شناسی یک ناودیس با محور افقی

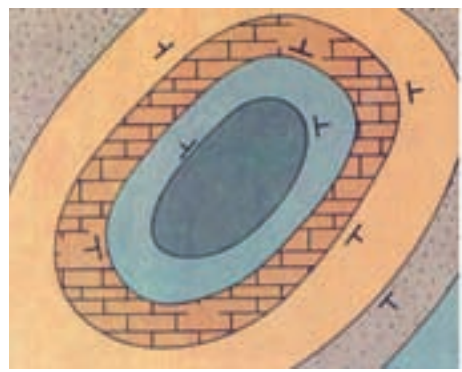


شکل ۱۳ــ۱۱ــ نقشه‌ی زمین‌شناسی یک ناودیس مایل. جهت میل ناودیس به طرف جنوب‌شرقی است.

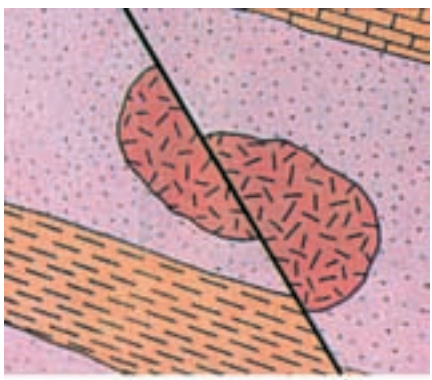
طرح همبری لایه‌ها در گنبدهای ساختمانی (تاقدیس‌های گنبدی‌شکل) به‌صورت تقریباً دایره یا بیضی است که شیب لایه‌ها از مرکز دور می‌شود. در چنین ساختمان‌هایی، قدیمی‌ترین سنگ‌ها در مرکز قراردارند (شکل ۱۴ــ۱۱). در حوضه‌های ساختمانی (ناودیس‌های کاسه‌مانند) شیب لایه‌ها و توالی آن‌ها به‌عکس گنبدهای ساختمانی است.

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

هـ ــ گسل‌ها: آنچه‌که در مورد طرح بیرون‌زدگی سطوح لایه‌بندی گفتیم درمورد گسل‌ها نیز صادق است. مثلاً گسل قائم به صورت خط مستقیم درنقشه به‌نمایش درمی‌آید. گسل‌ها موجب قطع‌شدگی و جابه‌جایی سنگ‌ها می‌شوند، بنابراین در نقشه‌ی زمین‌شناسی ممکن است یک لایه‌ی معین، یک توده‌ی آذرین یا هر ساخت دیگری در طرفین یک گسل جابه‌جایی نشان دهد (شکل۱۵ــ۱۱).

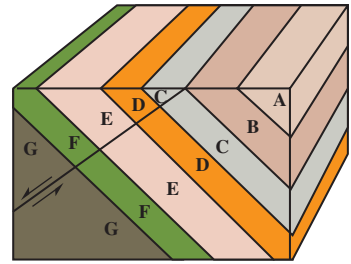


شکل ۱۴ــ۱۱ــ یک گنبد ساختمانی به‌صورتی که در یک نقشه‌ی زمین‌شناسی ظاهر می‌شود.

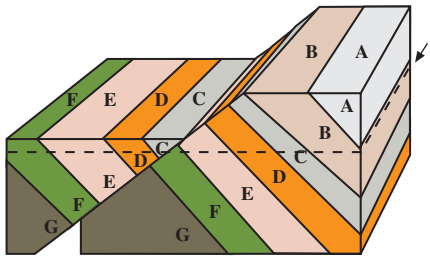


جابه‌جایی واحدهای سنگی مشابه نشان‌دهنده وجود یک گسل است.

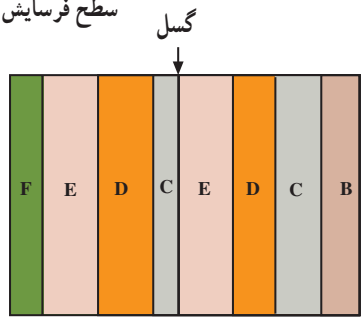
شکل ۱۵ــ۱۱ــ نقشه‌ی زمین‌شناسی یک توده‌ی آذرین و لایه‌های اطراف آن که به وسیله‌ی گسل جابه‌جا شده‌اند.



الف ــ نمودار سه بعدی قبل از گسل



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



ج ــ نقشه‌ی سطح فرسایش‌یافته که تکرار واحدهای E، D و C را نشان می‌دهد.

شکل ۱۶ــ۱۱ــ یک گسل عادی که موجب تکرار لایه‌ها شده است.

گسل‌ها ممکن است موجب تکرار لایه‌ها شوند. در شکل ۱۶ــ۱۱ گسل موجب تکرار لایه‌ها شده است (توجه کنید برخلاف شکل ۱۲ــ۱۱ در اینجا جهت شیب و توالی لایه‌ها تغییر نکرده است).

و ــ مقطع زمین‌شناسی: تفسیر نقشه‌های زمین‌شناسی مستلزم داشتن دید سه‌بعدی است. به این‌منظور معمولاً تهیه‌کنندگان نقشه‌های زمین‌شناسی، همراه نقشه، یک یا چند مقطع زمین‌شناسی نیز ارائه می‌دهند. با استفاده از مقاطع زمین‌شناسی می‌توان به وضعیت ساختمان‌های زیرزمینی پی‌برد. مقطع زمین‌شناسی نموداری است که ترتیب قرار گرفتن سنگ‌ها و سازندها را در صفحه‌ی قائم (عمودبر صفحه‌ی نقشه) نشان می‌دهد. درواقع مقطع زمین‌شناسی، آنچه را که در دیواره‌ی قائم یک بریدگی فرضی در راستای موردنظر (مثلاً بریدگی یک جاده) نمایان می‌شود، به نمایش می‌گذارد.

برای تهیه‌ی مقطع زمین‌شناسی به‌ترتیب زیر عمل می‌کنیم :

ــ راستای موردنظر خود را با یک خط روی نقشه مشخص می‌کنیم (XY در شکل ۱۷ــ۱۱). معمولاً این راستا عمود بر امتداد لایه‌هاست.

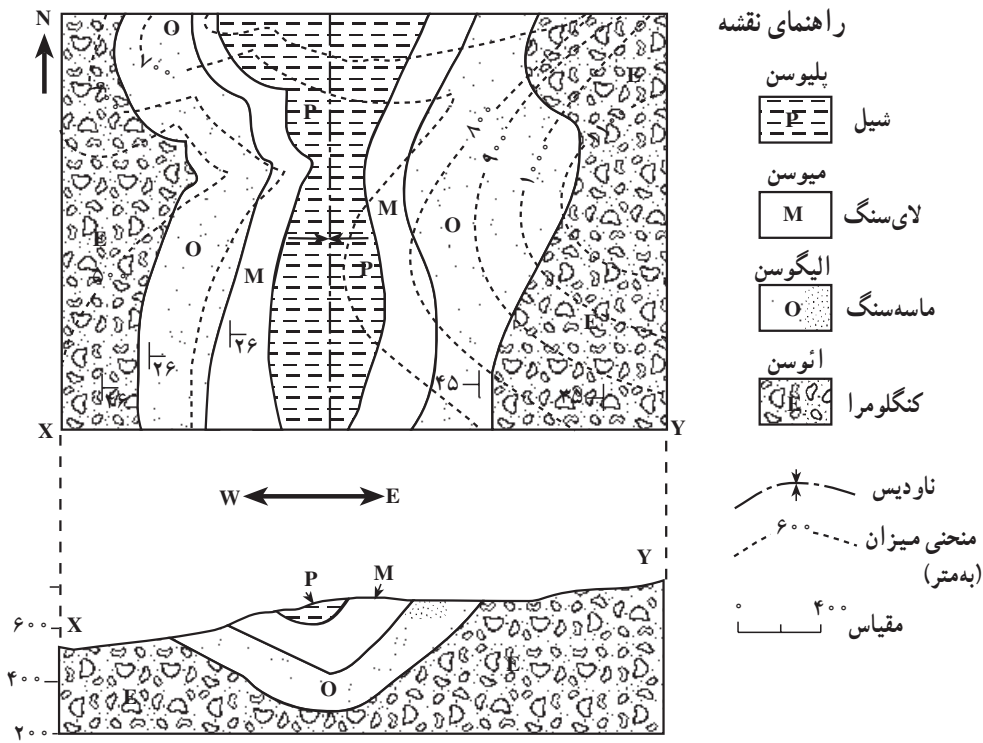
ــ نیم‌رخ توپوگرافی را در راستای تعیین شده (طبق آنچه که قبلاً گفتیم) بر روی یک صفحه کاغذ رسم می‌کنیم.

ــ آن‌گاه دوباره لبه‌ی کاغذ را در راستای موردنظر روی نقشه قرار می‌دهیم و محل برخورد خطوط همبری لایه‌ها، گسل‌ها، دایک‌ها و دیگر بیرون‌زدگی‌ها را با لبه‌ی کاغذ درروی نیم‌رخ توپوگرافی مشخص می‌کنیم.

ــ براساس تمام اطلاعات موجود، مثل جهت، شیب، ضخامت و توالی لایه‌ها، دایک‌ها، گسل‌ها و غیره، ادامه‌ی آن‌ها را در زیرزمین مشخص می‌کنیم و شکل ساختمان‌های زیرزمینی را تاحد امکان بازسازی می‌نماییم.

ــ سرانجام با قراردادن نشانه‌ها و نمادهای لازم، درج مقیاس‌های قائم و افقی و مشخص کردن جهت مقطع، آن را کامل می‌کنیم.

در شکل ۱۷ــ۱۱ نحوه‌ی ترسیم یک مقطع زمین‌شناسی نشان داده شده است. این مقطع در راستای XY وعمود بر امتداد لایه‌هاست. شیب لایه‌ها در چند نقطه در روی نقشه مشخص شده است.



شکل ۱۷ــ۱۱ــ چگونگی ترسیم مقطع زمین‌شناسی از روی نقشه

۱۲ زمین در خدمت انسان

موادی که از زمین به‌دست می‌آید، مبانی تمدن امروزی را تشکیل می‌دهند. مواد معدنی و منابع انرژی‌زایی که از پوسته‌ی زمین حاصل می‌آیند، مواد خامی هستند 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 همه‌ی 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 فرآورده‌های زمین هم بیشتر خواهد بود.

در بعضی از کشورها، ازجمله در کشور خودمان، منابع معدنی فلزی و غیرفلزی زیادند و دربرخی، کمتر یافت می‌شوند. امروزه، اقتصاد بسیاری از کشورها بر پایه‌ی میزان دست‌یابی به این مواد استوار است.

شکل ۱ــ۱۲ــ چه انرژی‌هایی در این شهر بزرگ مصرف دائمی دارند؟

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 ۲ــ۱۲ــ مقدار مصرف سرانه مواد فلزی و غیرفلزی به ازای هرنفر، در یک کشور

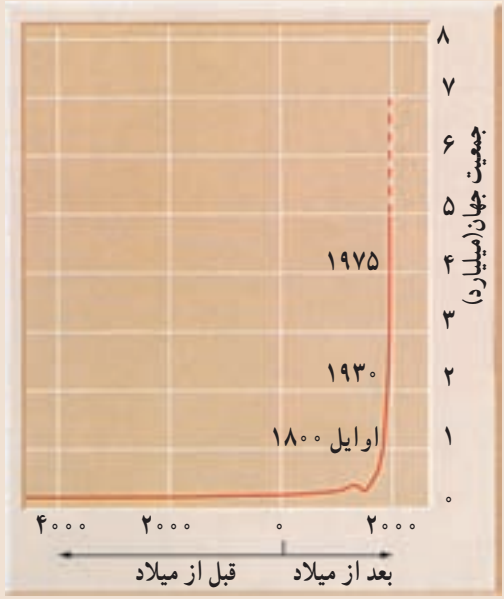
بحث کنید

با آن‌که تا اول قرن نوزدهم تعداد افراد آدمی به یک میلیارد نفر نرسیده بود، از آن‌پس، فقط در مدت ۱۳۰ سال، به دو میلیارد نفر رسید. این رقم در فاصله سال‌های ۱۹۳۰ تا ۱۹۷۵، بازهم دوبرابر شد. منحنی مقابل، سرعت رشد جمعیت انسان را نشان می‌دهد.

۱ــ پی‌آمدهای این رشد بی‌رویه چیست؟

۲ــ رشد جمعیت، نیاز به کدام منابع زمین را بیشتر کرده است؟

۳ــ برای کدام منابع، جانشین‌سازی صورت گرفته است؟



رشد جمعیت انسان تا سالهای اخیر خارج از کنترل بوده است. احتمال دارد که در سال ۲۰۰۵، جمعیت جهان از مرز ۷ میلیارد نفرهم بگذرد!

منابع انرژی

زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی، سوخت‌های مهم جوامع امروزی را تشکیل می‌دهند. با آن‌که در طول چند دهه‌ی 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.

شکل ۳ــ۱۲ــ حجم عظیمی از مواد سوختی را خودروها مصرف می‌کنند.

زغال‌سنگ

زغال‌سنگ، نوعی سنگ رسوبی است و دربین سایر موادی که از زمین به‌دست می‌آید اهمیت ویژه‌ای دارد. دربسیاری از موارد می‌توان آثار ساقه و ریشه‌ی گیاهان را در داخل لایه‌های زغال‌سنگ و سنگ‌های اطراف آن مشاهده کرد. این مطلب نشان‌دهنده‌ی منشأ گیاهی آن است (شکل ۶ــ ۸).

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

نحوه‌ی تجمع مواد اوّلیه: اگرچه منشأ گیاهی زغال‌سنگ موردقبول تمام دانشمندان است اما درمورد چگونگی تجمع مواد گیاهی دونظریه‌ی مختلف تحت‌عنوان نظریه‌های **درجازا** و **دگرجازا** وجود دارد.

مطابق نظریه‌ی درجازا، زغال‌سنگ در همان محل رویش گیاهان تشکیل شده است. براساس این نظریه، پس‌از این‌که شرایط آب‌وهوایی مناسب سبب شد که جنگل‌های انبوهی به‌وجود آید، تنه‌ی درختان بر زمین افتاد و توده‌ای ازمواد اوّلیه گیاهی جمع شد. در مرحله‌ی 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.

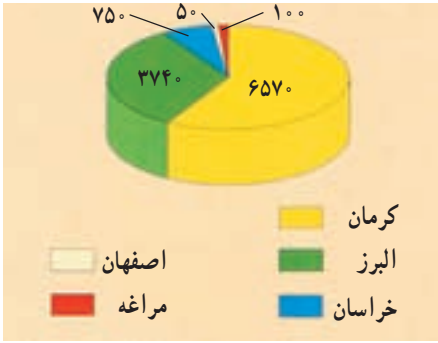
مطابق نظریه‌ی دگرجازا، سیلاب‌های موسمی و طغیان رودخانه‌هایی که از نزدیک جنگل‌ها می‌گذشت، سبب شد که درختان زیادی کنده شود و توسط رودخانه به دریا یا باتلاق حمل گردد و در آنجا رسوب کند و سپس به زغال تبدیل شود.

در حوضه‌های زغالی مختلف دلایلی در تأیید هریک از این دو نظریه وجود دارد و در بعضی‌از حوضه‌ها هم به‌نظر می‌رسد که هر دو نظریه صادق باشند. یعنی درعین‌حال که پیش‌روی دریا در جنگل سبب تشکیل بعضی از لایه‌ها شده است، رودخانه‌ها نیز مقدار زیادی مواد گیاهی باخود حمل کرده و مواد اوّلیه‌ی سایر لایه‌ها را فراهم نموده‌اند.

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

دراولین مرحله دراثر فعالیت باکتری‌های مختلف مواد گیاهی تجزیه می‌شود و بعضی از عناصر تشکیل دهنده‌ی خود مثل اکسیژن و هیدروژن را ازدست می‌دهد. بدین‌ترتیب درصد کربن آن اضافه شده و پس‌ازمدتی به زغال نارس تبدیل می‌گردد. زغال‌نارس 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.



شکل ۴ــ۱۲ــ ذخایر زغال سنگ ایران (میلیون تن)

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 تهیه‌ی بسیاری از پلاستیک‌ها به‌کار می‌رود. در بسیاری از لباس‌ها نیزالیافی به‌کار می‌رود که از مواد نفتی ساخته شده‌اند.

نفت

نفت ماده‌ی 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.

شکل ۵ــ۱۲ــ نمونه‌هایی از موجودات شناور نفت‌ساز

چگونگی تشکیل نفت: مواد اوّلیه‌ی 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 ماده‌ی اصلی برای تشکیل نفت است. نمونه‌هایی از این موجودات در شکل ۵ ــ ۱۲ دیده می‌شوند.

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 حوضه‌ی 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 حوضه‌ی رسوبی می‌رسند، به‌نحوی حفظ می‌شوند. عامل این حفظ رسوبات دانه ریزی است که همراه با آن‌ها رسوب می‌کند و باعث محفوظ‌ماندن 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 مانع‌از اکسایش مواد شود. اکنون این مسئله روشن می‌شود که چرا باوجودی 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.

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

مهاجرت اوّلیه‌ی نفت: رسوبات حاوی مواد نفتی در ابتدا به‌صورت لجنی است که ۷۰ تا ۸۰درصد آن مایع و بقیه‌ی 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.

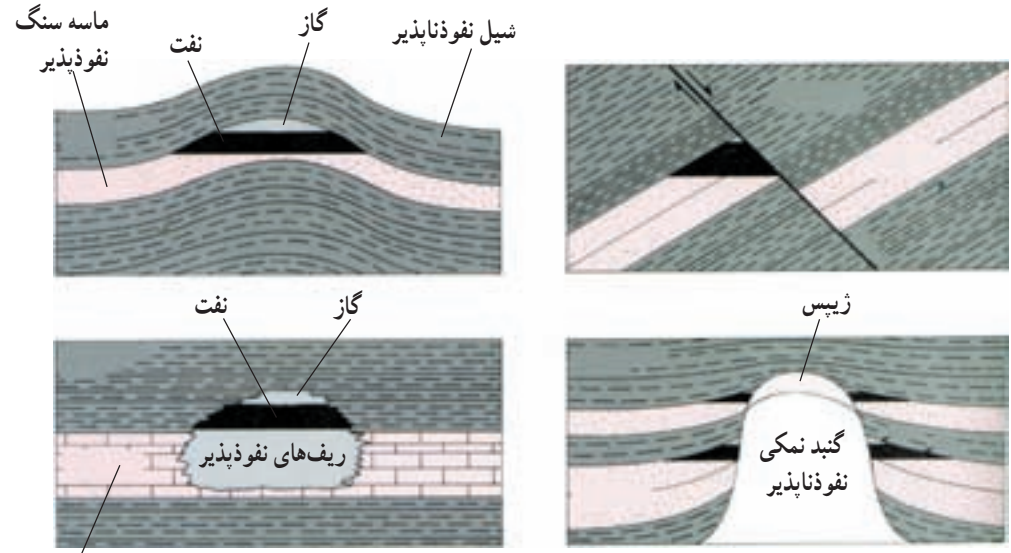
با ادامه‌ی رسوب‌گذاری در حوضه‌ی رسوبی، وزن رسوبات و بنابراین فشار مؤثر بر لجن، رسوبات را متراکم‌تر می‌کند. تراکم رسوبات سبب می‌شود که مایعات موجود از آن خارج شوند و بدین‌ترتیب خروج آب و نفت از خلل‌وفرج رسوبات که اکنون دیگر سنگ شده و **سنگ مادر** نامیده می‌شود، آغاز می‌شود که آنرا **مهاجرت اوّلیه** می‌گویند.

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 اوّلیه‌ی نفت ممکن است به چندصد 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 ۶ــ۱۲ می‌بینید.



شکل ۶ــ۱۲ــ بعضی از انواع نفت‌گیرها

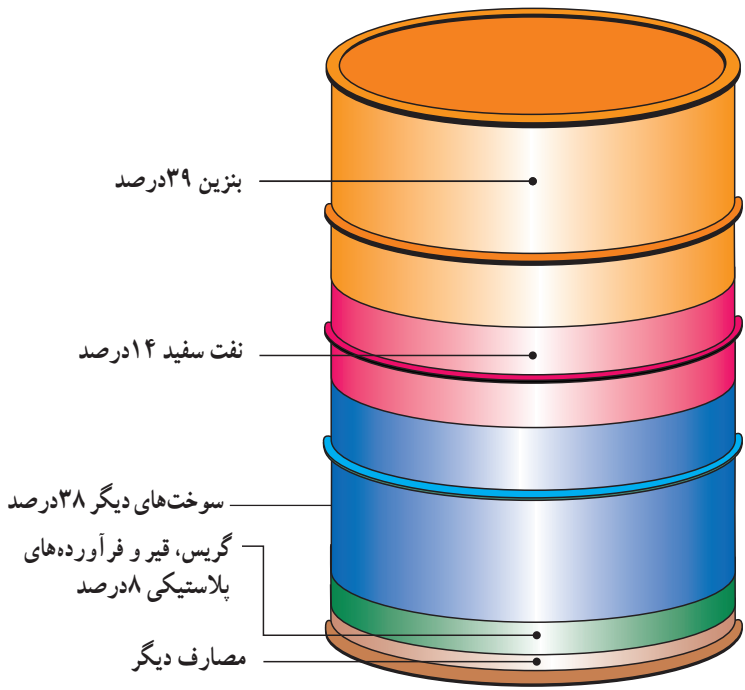
مهاجرت ثانویه‌ی نفت: پس‌از آن‌که مخلوط آب و مواد نفتی در داخل نفت‌گیر به‌دام افتاد، دراثر اختلاف وزن مخصوص آب، نفت و گاز، این سه‌بخش به‌تدریج از یکدیگر جدا می‌شوند و سه لایه‌ی مختلف را در داخل نفت‌گیر، تشکیل می‌دهند. این مرحله را مهاجرت ثانوی می‌گویند.

گرچه درحالت کلی معمولاً در نفت‌گیرها به‌ترتیب سه لایه‌ی 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: به‌طورکلی 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 تشکیل‌دهنده‌ی 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 **نفت‌ترش** یا **نفت‌شیرین** 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 فرآورده‌های نفتی ازقبیل نفت سفید، بنزین، بنزین هواپیما، روغن و ... از آن تهیه می‌کنند. نفت تصفیه شده به‌وسیله‌ی لوله به محل مصرف یا بنادر بارگیری حمل می‌شود.



شکل ۷ــ۱۲ــ درصد فرآورده‌های 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 استفاده‌ی 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 دهه‌ی آینده ایران را به یک کشور واردکننده‌ی نفت خام و فرآورده‌های آن تبدیل خواهد کرد.

۴ــ مهمتر از همه، مسئله‌ی 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

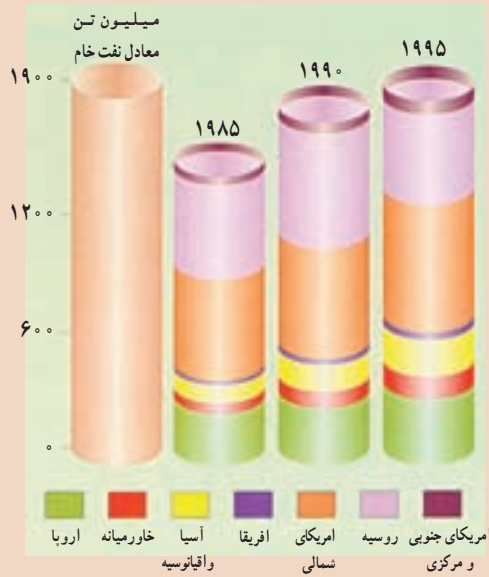
انسان، با وجود موفقیت در پیشرفت‌های علمی، مشکلات متعددی را هم برای خود ایجاد کرده‌است. یکی از این مشکلات که بسیار جدی نیز هست، آلودگی هوای ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی است. **آلودگی‌های هوای شهری، باران اسید و گرم‌شدن عمومی** هوای کره‌ی زمین (اثر گلخانه‌ای) ، همگی با این نوع منابع انرژی ارتباط دارند.

آلودگی هوا، برای ساکنان شهرهای بزرگ، مسئله‌ای بسیار جدی است، به‌ویژه که آلوده‌شدن هوا تدریجی نیست و بلافاصله بعد از واردشدن مواد آلوده‌ساز در آن، اثر خود را ظاهر می‌کند. خودروها، بزرگ‌ترین نقش را در این‌میان دارند، اما البته منابع ثابت دیگری هم در آلوده‌کردن هوا مؤثرند (شکل۸ ــ ۱۲).

شکل ۸ ــ ۱۲ــ آلوده کننده‌های اصلی، منابع آن‌ها. درصدها بر حسب وزن محاسبه شده‌اند.

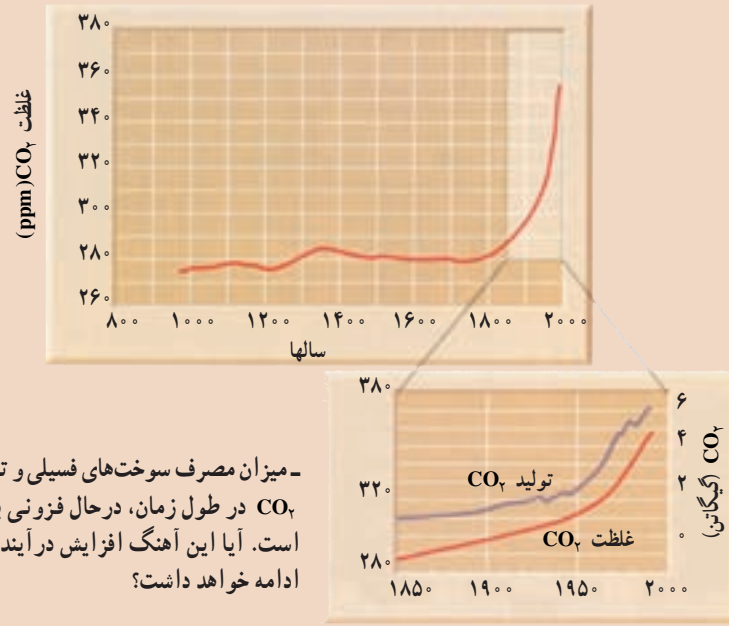
مقایسه کنید

مصرف گاز طبیعی جهان . در قاره‌های مختلف، این اختلاف مصرف ناشی از چیست؟



جمع‌آوری اطلاعات

گفته می‌شود که گاز دی‌اکسیدکربن، عامل اصلی گرم‌شدن هوای زمین است. با بررسی دقیق نمودارهای زیر، دلایل این کار را بیابید.



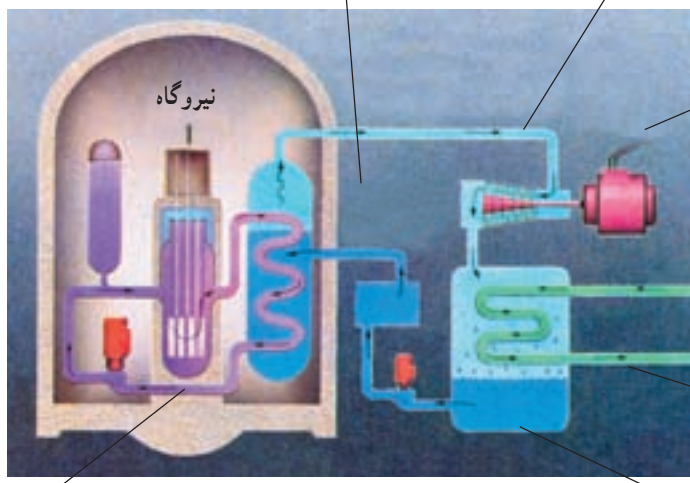
ـ میزان مصرف سوخت‌های فسیلی و تولید CO_2 در طول زمان، درحال فزونی بوده است. آیا این آهنگ افزایش در آینده هم ادامه خواهد داشت؟

منابع انرژی جانشین

با بررسی مختصری درمیزان استفاده از منابع انرژی، معلوم می‌شود که تقریباً ۹۰درصد از انرژی موردنیاز جهان را سوخت‌های فسیلی تأمین می‌کنند که منابعی تجدید ناپذیرند. برآوردهای 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 به‌پایان خواهند رسید. بالارفتن مصرف هم به معنای افزایش آلودگی محیط است. دراین‌صورت، باید چاره‌ای اندیشیده‌شود. البته، هنوز دراین‌باره به پاسخ قطعی نرسیده‌ایم، اما منابع تأمین انرژی جانشین‌شونده‌ای هم پیدا شده‌اند که عبارتند از انرژی هسته‌ای، خورشیدی، بادی، برق آبی و چند منبع کم‌اهمیت دیگر.

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

برای انجام این کار از اورانیم ۲۳۵ استفاده می‌شود. اورانیمی که به طور طبیعی در معدن یافت می‌شود مخلوطی از ۹۹/۳ درصد اورانیم ۲۳۸ و ۰/۷ درصد اورانیم ۲۳۵ است. بیشتر نیروگاه‌ها،



شکل ۹ــ۱۲ــ طرح یک نیروگاه اتمی

باید سوختی را مصرف‌کنند که بین ۳ تا ۷ درصد اورانیم ۲۳۵ را دارا باشد، به همین منظور، طی فرآیندهای 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 (میله‌ی سوخت) را توسط نوترون بمباران می‌کنند، که درنتیجه، یک واکنش زنجیره‌ای صورت می‌گیرد. به‌دنبال این واکنش‌ها، میله‌ی 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 نتیجه‌ی 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 اولیه 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 فعالیت هستند و قرار است تعداد نیروگاه‌های هسته‌ای از ۴۴۰ به ۱۵۰۰ افزایش یابد تا حدود ۲۰ درصد از حجم گازهای گلخانه‌ای کاسته شود.

شکل ۱۰ــ۱۲ــ مصرف انرژی هسته‌ای در جهان

آشنایی با فناوری هسته‌ای و امکان استفاده از این فناوری، توان و ظرفیت صنعتی کشور را در سایر بخش‌ها مانند کشاورزی، پزشکی، صنعت و... افزایش می‌دهد. توانایی تولید الکتریسیته 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.

در این راستا، کشور عزیز ما، جمهوری اسلامی ایران، با توجه به نیاز برنامه‌های توسعه‌ی 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. به‌طوری‌که 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 نموده است.

انرژی خورشیدی: مقدار انرژی که درهر ۱۵دقیقه، زمین از خورشید دریافت می‌کند، معادل مقدار انرژی مصرفی یک سال همه‌ی 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 ۱۱ــ۱۲ــ استفاده از انرژی خورشیدی برای ایجاد گرما

شکل ۱۲ــ۱۲ــ از کار مجموعه‌ی این دستگاهها، برق تولید می‌شود.

انرژی باد: امروزه در بعضی از کشورها (ازجمله کشور خود ما در ناحیه‌ی 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 دایمی باشد، ثانیاً، مقدار انرژی الکتریکی حاصل از این راه، حداکثر فقط می‌تواند نیازهای محلی را برآورده کند. البته، مشکل سروصدای توربین‌ها و اشغال محل‌های وسیعی که باید در کنار شهرها توربین در آن‌ها ساخته شود نیز وجود دارد.

منابع مواد معدنی

چنان‌که گفته شد، تولید هرنوع فرآورده‌های صنعتی، به تأمین مقداری مواد طبیعی که از زمین گرفته می‌شوند، نیازدارد. 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 جزو کانی‌ها هستند. اما مواد دیگری هم وجود دارند که ممکن است از ترکیب چندین کانی با درصدهای مختلف تشکیل شده باشند. به محلی هم که این‌نوع مواد قابل استخراج و دارای ارزش اقتصادی درآن‌ها یافت می‌شود، **کانسار** می‌گویند.

۹۸درصد پوسته‌ی زمین، فقط از ۸عنصر تشکیل شده است و به‌جز اکسیژن و سیلیسیم، بقیه‌ی عناصر درصد اندکی دارند. با این ترتیب، منابع طبیعی، بسیار کم‌یابند. گذشته از آن، اگر درجایی هزینه‌ی استخراج یک ماده، از درآمد آن بیش‌تر باشد، چنین عملی را مجاز نمی‌دانند. با این ترتیب، لازم است مقدار درصد ماده‌ی موردنظر در زمینه‌ی سنگ (که به آن باطله گفته می‌شود)، از حد معینی بالاتر باشد. مثلاً فلز مس، فقط ۰/۰۱۳ درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهد. اما اگر قرار باشد درجایی سنگ‌معدن مس یافت شود و آن را مناسب برای استخراج تشخیص دهند، لازم است درصد مس در سنگ، از ۵۰ برابر آن مقدار بیشتر باشد. درعوض، آلومینیم ۸/۱درصد پوسته را

تشکیل می‌دهد و غلظت آن در سنگ، تنها باید ۴برابر آن مقدار باشد. گذشته از آن، وضع بازار و میزان تقاضا برای یک ماده هم در تصمیم‌گیری برای استخراج، اثر می‌گذارد. حتی نوع فن‌آوری و ماشین‌آلات هم می‌تواند در این‌میان نقش داشته باشد.

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 چرخه‌ی سنگ در ارتباط است و مکانیسم‌هایی که سنگ‌های مختلف آذرین، دگرگون‌شده و رسوبی را می‌سازند، در تجمع مواد معدنی هم نقش دارند.

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

فرآیندهای 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 محفظه‌ی 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 فرآیند، به‌ویـژه درمـورد ماگماهای گرانیتی مصداق دارد، زیرا در آن‌ها، ماده‌ی 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 مانده‌ی 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 ازآن، 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 فرآیندهای ماگمایی در لابه‌لای سنگ‌های دیگر تزریق می‌شوند. در طول سرد شدن ماگما، یون‌های فلزی مختلف به‌همراه مایعات در بالای محفظه‌ی 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: فرآیندهای دگرگونی، به‌ویژه نوع مجاورتی آن، در ایجاد منابع معدنی تأثیر دارند. سنگ‌های مجاور توده‌ی آذرینی که بالا می‌آید، تبلور مجدد یافته و تحت‌تأثیر فشار،

شکل ۱۳ــ۱۲ــ نهشته‌های گرمابی به‌صورت رگه در اطراف اتاقک ماگمایی

حرارت، محلول‌های فعال حاصل‌از ماگما، ترکیب شیمیایی اوّلیه را ازدست می‌دهند. دراین مناطق، کانی‌های پرارزشی چون گرونا و کرندوم پدید می‌آیند. ازانجام 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 نتیجه‌ی دگرگونی مجاورتی محسوب می‌شوند، می‌توان به اسفالریت، گالن، کالکوپیریت و مانیتیت اشاره کرد.

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

هوازدگی : فرآیند 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 پوسته‌ی 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 سالانه‌ی 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 خانه‌ی دوطبقه‌ی معمولی، حدود یک‌صدتن مصالح ساختمانی مورد مصرف دارد.

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

کودهای شیمیایی، موادی هستند 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، پوسته‌ی زمین است. کانی آپاتیت، در تهیه‌ی فسفات‌ها کاربرد دارد و منبع اصلی پتاسیم را هم نوعی از سنگ‌های تبخیری به نام سیلویت (KCl) تشکیل می‌دهد.

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

نمک‌طعام نیز با کاربردهای فراوان آن، که معادن مهمی نیز در کشور دارد، ازجمله‌ی 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 استفاده‌ی عاقلانه‌تر از این مواد وجود دارد؟

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