بخش ۳

تاریخ زمین

روزنامه‌ها معمولاً حوادثی را که در زمان خود ما اتفاق می‌افتد، بازگو می‌کنند. اما اخبار امروز، جزیی از تاریخ گذشته‌ی فردا را تشکیل خواهند داد. دانستن این‌که اکنون ما در کجای تاریخ زمین هستیم، اهمیت دارد، اما مهم‌تر از آن، این‌است‌که بدانیم چگونه به اینجا رسیده‌ایم و چه حوادثی درگذشته بر زمین رخ داده است. ولی برای پی‌بردن به رویدادهای گذشته زمین، لازم است به‌دنبال شواهدی بگردیم که ما را در رسیدن به واقعیت‌های گذشته راهنما می‌شوند. خوشبختانه، قبل‌ازآن‌که تاریخ‌نویسانی به‌وجودآیند و حوادث گذشته را به نگارش درآورند، خود زمین این‌کار را انجام می‌داده و هم‌اکنون نیز به ادامه‌ی آن مشغول است.

درطول این‌فصل، به کمک سنگ‌ها و فسیل‌ها، حوادث جالبی را بررسی می‌کنید که در روی زمین اتفاق افتاده است.

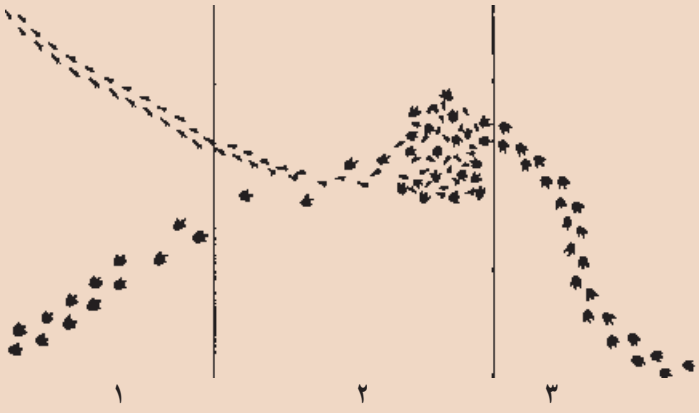
۷ شواهدی در سنگ‌ها

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

زمین‌شناسان نیز مانند کارآگاهان، با مشاهده‌ی دقیق شواهد موجود، به حوادث گذشته پی‌می‌برند. اما شواهد و مدارک زمین‌شناسان کدامند؟

تفسیر کنید

چه اتفاقاتی ممکن است در این‌نقطه افتاده باشد؟

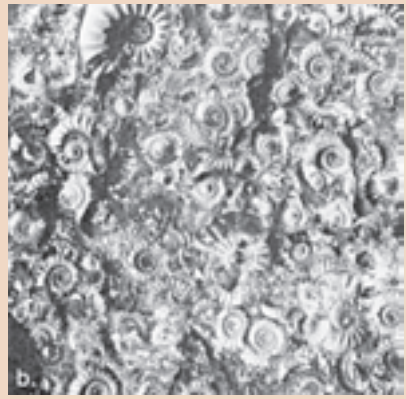


منشأ سنگ‌ها: فرض کنیم که شما می‌خواهید به مطالعه‌ی سنگ‌هایی بپردازید که در یک نقطه از درون خاک بیرون آمده‌اند ؛ بدیهی است که ابتدا باید از جنس و بافت سنگ آگاهی یابید، و بنابراین باید از نزدیک به مطالعه‌ی آن‌ها بپردازید.

اگر سنگ رسوبی باشد، طبعاً مواد اوّلیه‌ی آن‌ها را کانی‌ها و سنگ‌های دیگری تشکیل

داده‌اند و شما با مشاهده‌ی دقیق می‌توانید رد آن‌ها را دنبال کنید. مثلاً ممکن است مقدار کمی کانی **گرونا** دردرون یک ماسه‌سنگ بیابید. اگر تنها جای دیگری که گرونا یافت می‌شود، محلی از سنگ‌های دگرگون‌شده‌ای باشند که در حدود ۴۰ کیلومتری ماسه‌سنگ‌ها واقع‌شده‌اند، به‌احتمال زیاد، منبع گروناهای موجود در ماسه‌سنگ مورد مطالعه همان‌سنگ‌های دگرگون شده‌اند. اگر شما در مسیری که به محل سنگ‌های دگرگون‌شده منتهی می‌شود حرکت کنید و مرتباً مقدار گرونای زیادتری را بیابید، نظر شما درباره‌ی منشأ ماسه‌سنگ بیشتر تأیید می‌شود.

تفسیر کنید



۱ــ منشأ احتمالی هرکدام از این سنگ‌ها کدام است؟

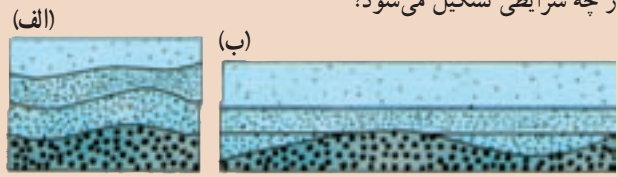
لایه‌های رسوبی ممکن است فسیل‌دار باشند. بعضی از سنگ‌ها اصولاً از اجتماع قطعات بدن جان‌داران مانند صدف‌ها یا اسکلت مرجان‌ها حاصل می‌آیند. درمورد سنگ‌های مرجانی فرض براین‌است که جان‌داران به‌وجودآورنده‌ی آن‌ها مانند وابستگان امروزی خود در محیط‌های گرم دریایی و آب‌های کم‌عمق ساکن بوده‌اند. پس، چنین فسیل‌هایی، **نوع محیط‌های قدیمی** را نشان می‌دهند.

لایه‌لایه بودن سنگ‌ها

مهم‌ترین خاصه‌ی 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؟



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

یک لایه‌ی 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، یا رسی باشد. در هنگامی که رسوبات در دریا ته‌نشین می‌شوند، مسلماً دانه‌های درشت در نزدیکی ساحل برجای می‌مانند، اما ذرات رُس به علت سبکی زیاد، تا مسافات زیاد از ساحل فاصله می‌گیرند.

شکل ۱ــ۷ــ جنس رسوبات در اعماق مختلف دریا، متفاوت است.

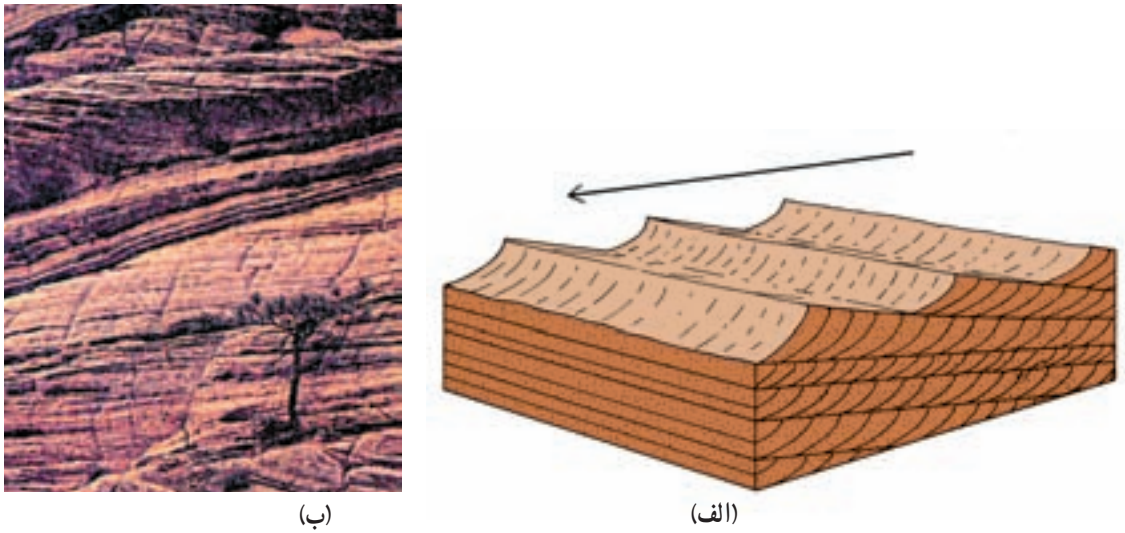
همه‌ی سنگ‌های لایه‌لایه، رسوبی نیستند، همچنان‌که، گاهی گدازه‌های آتش‌فشانی هم که از کوه سرازیر می‌شوند، پس از انجماد به‌صورت لایه‌لایه درمی‌آیند. خاکسترهایی نیز که از دهانه‌ی آتش‌فشان خارج می‌شوند، ممکن است به صورت لایه‌لایه بر زمین بنشینند و سخت شوند (توف‌ها). البته تشخیص این‌قبیل سنگ‌ها از روی جنس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

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

تشخیص بالا و پایین لایه‌ها

قبل‌از آن‌که بتوانید تاریخچه‌ی 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، بدین‌معنی‌که در درون یک لایه‌ی قطور، لایه‌های نازکی وجود دارند که سطوح جداکننده‌ی آن‌ها نسبت‌به سطح رسوب‌گذاری عمومی لایه‌ی اصلی، زاویه‌دار است. یکی از راه‌های تشکیل چینه‌بندی‌متقاطع در شکل ۲ــ۷ 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 اوّلیه‌هم در حین رسوب‌گذاری در آن‌ها پدیدار است یا نه؟

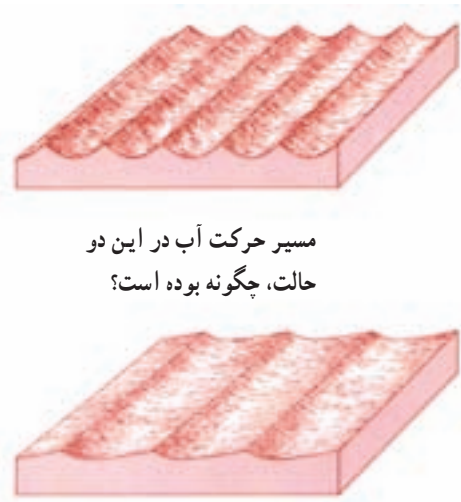


(ب) (الف)

شکل ۲ــ۷ــ 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 به‌وجودآورنده‌ی آن‌ها همیشه در یک جهت حرکت می‌کند، شکلی ویژه دارند ؛ بدین‌معنی‌که شیب یک‌طرف آن‌ها بیش‌تر است (کدام طرف؟)، اما زمانی که

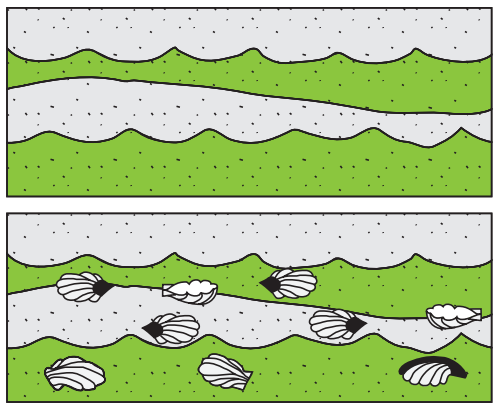
آب یا باد حرکتی به جلو و عقب داشته باشد، ریپل‌مارک‌ها هم حالتی متقارن به‌خود می‌گیرند. لبه‌های تیز ریپل مارک‌های متقارن همیشه به سمت بالای لایه قرار می‌گیرند.



مسیر حرکت آب در این دو حالت، چگونه بوده است؟

شکل ۳ــ۷ــ ریپل‌مارک‌هایی که روی ماسه‌های ساحلی پدید آمده‌اند. جریان آب در شکل ریپل‌مارک اثر می گذارد.

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 دهانه‌ی آن‌ها را روبه‌طرف پایین برمی‌گردانند (شکل ۴ــ۷).



شکل ۴ــ۷ــ کدام‌یک از این دو شکل وارونه‌اند؟

وجود بی‌نظمی در لایه‌ها

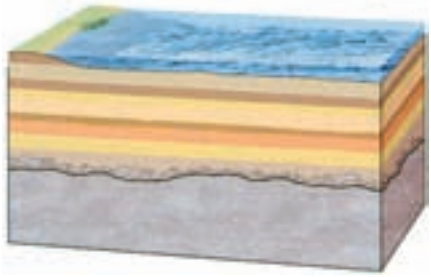
طبقات رسوبی به‌طور افقی ته‌نشین می‌شوند، اما بعدها ممکن است براثر چین‌خوردگی یا ایجاد گسل، وضع آن‌ها به‌هم بخورد و پیوستگی طبیعی لایه‌ها، جای خود را به نوعی **ناپیوستگی** بدهد.

ناپیوستگی‌ها: گاهی حرکات پوسته‌ی زمین باعث بالاآمدن لایه‌هایی می‌شود که قبلاً در بستر

شکل ۵ــ۷ــ خارج شدن لایه‌های رسوبی از حالت افقی، نشانه تأثیر نیروهایی بر آنهاست.

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 دوسری رسوب، انقطاع حاصل می‌آید. به‌همین سبب نیز گفته می‌شود که رسوبات یا لایه‌ها، ناپیوسته‌اند و بی‌وقفه به دنبال هم تشکیل نشده‌اند. بدیهی است در روی زمین نمی‌توان نقطه‌ای را یافت که درطول تاریخ‌زمین همواره در زیر دریا مانده و همچنان رسوبات لایه‌به‌لایه در آنجا حاصل آمده‌باشند. اصولاً ناپیوستگی‌ها مشخص‌کننده‌ی زمان‌هایی هستند که عمل رسوب‌گذاری متوقف شده است.

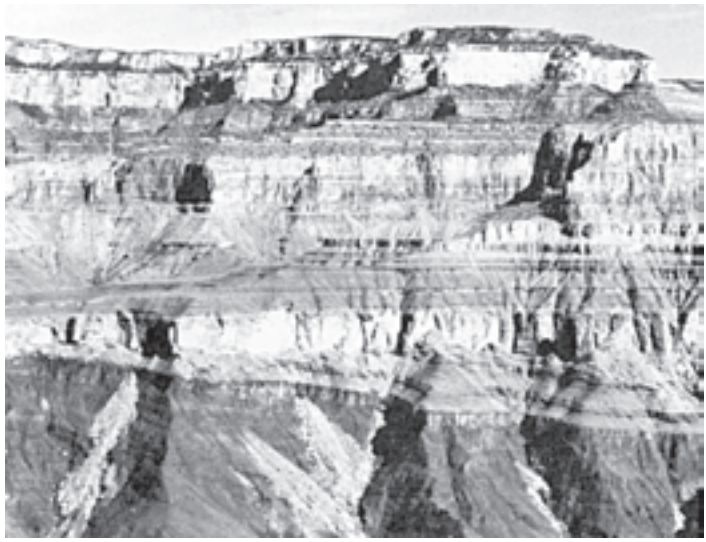
شکل ۶ــ۷ــ ناپیوستگی موازی (هم‌شیبی). چگونگی تشکیل این نوع ناپیوستگی را شرح بدهید.



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

ناپیوستگی‌ها را به شکل‌های زیر می‌توان یافت :

۱ــ سنگ‌های رسوبی، به‌صورت لایه‌لایه روی‌هم قرار می‌گیرند، حال‌آن‌که سنگ‌های آذرین یا دگرگون‌شده، معمولاً لایه‌بندی ندارند. در نقاطی که سنگ‌های رسوبی لایه‌دار مستقیماً در روی توده‌های آذرین قرار گرفته باشند، نوعی ناپیوستگی پدید می‌آید که به آن **آذرین پی** گویند. در محل سطح ناپیوستگی دونوع سنگ قدیم و جدید ازهم جدا می‌شوند.



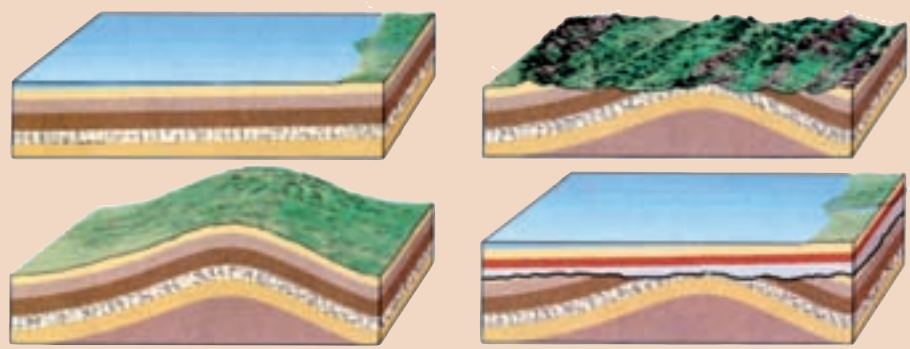
شکل ۸ــ۷ــ یک ناپیوستگی زاویه‌دار. محل سطح فرسایشی در کجاست؟

۲ــ نوعی ناپیوستگی به نام **دگرشیب** (زاویه‌دار) وجود دارد که تشخیص آن بسیار آسان است. در این نوع ناپیوستگی، سری رسوبات زیرین از حالت افقی خارج شده‌اند و در روی آن‌ها، سری‌رسوبات جوان‌تر و اغلب افقی، قرار گرفته است.

۳ــ نوع دیگری از ناپیوستگی هم وجود دارد که برخلاف نوع دگرشیب، **هم‌شیب** خوانده می‌شود. این ناپیوستگی‌ها فراوان‌تر، اما نامشخص‌اند، زیرا لایه‌های رسوبی واقع در بالا و پایین سطح فرسایش یا سطح ناپیوستگی، با همدیگر موازیند و حتی شواهد وقوع فرسایش هم وجود ندارد.

تفسیر کنید

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



فکر کنید

علت به‌وجود آمدن پدیده‌های زیر را چگونه باید تفسیر کرد؟

۱ــ می‌دانید که در هر منطقه از دریا، متناسب با عمق و فاصله از ساحل، جنس رسوبات و اندازه‌ی دانه‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها فرق می‌کند. گذشته ازآن، متناسب با عمق، ضخامت رسوبات نمی‌تواند از حدی زیادتر باشد. مثلاً، درمنطقه‌ی فلات‌قاره، که عمق آب از ۲۰۰ متر زیادتر نیست، لایه‌های ماسه‌سنگی تشکیل شده، نمی‌توانند ۳۰۰ متر قطر داشته باشند! اما در بعضی از مناطق، قطر لایه‌های ماسه‌سنگ، بسیار زیادتر از اینهاست. جالب‌تر آن‌که ممکن است رسوبات متعلق به مناطق عمیق‌تر، مانند سنگ‌آهک و **شیل** را هم در روی ماسه‌ها بیابیم.

۲ــ در محل ناپیوستگی‌ها، سری جوان‌تری از طبقات رسوبی در روی لایه‌های قدیمی قرارگرفته‌اند.

۳ــ زمین‌شناسان، وجود ناپیوستگی‌ها را در تاریخ عمر زمین بسیار با اهمیت تلقی می‌کنند.

به‌نظر شما علت چیست؟

اصول قابل‌استفاده در تعیین سن نسبی

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

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

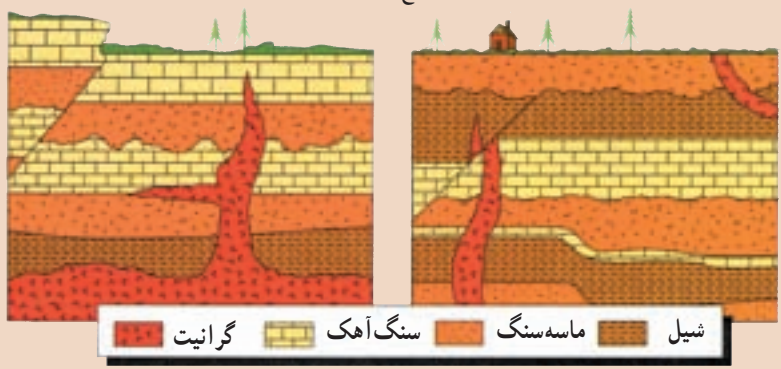
الف ــ لایه‌های رسوبی به‌طور افقی ته‌نشین می‌شوند.

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

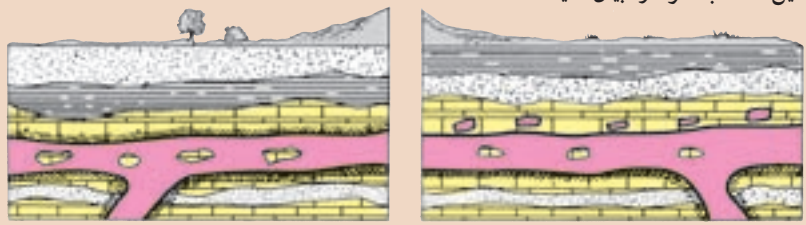
البته، خود استنو هم متوجه شده‌بود که قضاوت ما درباره‌ی سن‌نسبی لایه‌های رسوبی زمانی درست خواهد بود که طبقات رسوبی برگشته نباشند یا به عبارت دیگر توالی اولیه خود را حفظ کرده باشند. اگر طبقات چین‌خورده باشند، بدیهی است این حادثه، **بعداز زمان تشکیل** آن‌ها رخ داده است. به‌همین‌ترتیب، وقوع هرنوع شکستگی و گسل در لایه‌ها نیز به‌زمان بعداز تشکیل آن‌ها مربوط خواهد بود.

تفسیر کنید

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



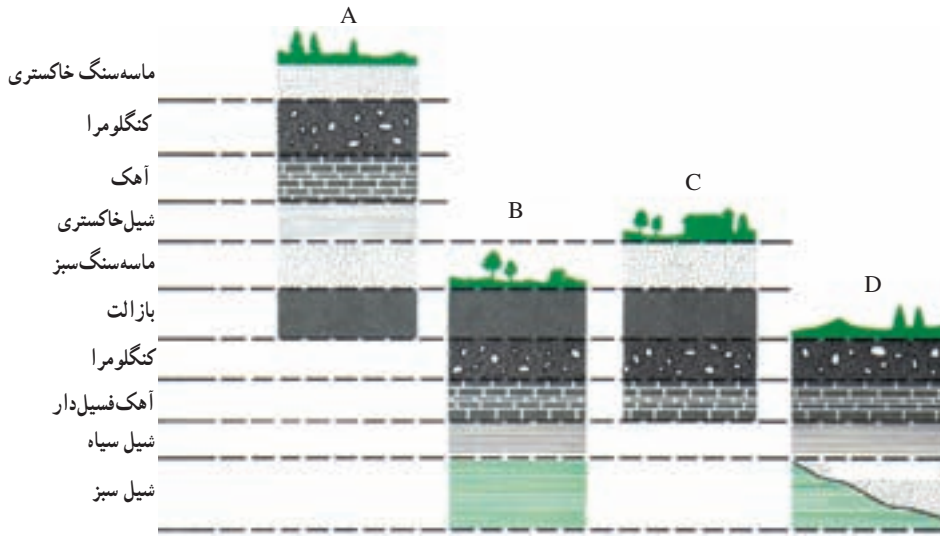
۲ــ درکدام‌یک از دوشکل، توده آذرین نفوذی و در کدام‌یک، گدازه‌ی مدفون شده‌است؟ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.



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 مسئله پیوستگی جانبی لایه‌ها را در شکل ۸ــ۷ ملاحظه می‌کنید. این تصویر چهارسری رسوب را در چهارنقطه مختلف نشان می‌دهد. زمین‌شناسی که به‌این سری‌های 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 دورازهم برسد، قضاوت‌کردن بسیار مشکل می‌شود. درگذشته نیز مانند امروز، شرایط محیطی درنقاط مختلف یکسان نبوده است، چنان‌که، اگر در یک منطقه عمل رسوب‌گذاری صورت می‌گرفته، درجای دیگر فرآیندهای فرسایشی دست‌اندرکار



شکل ۹ــ۷ــ در مناطق A و D لایه‌های مشترکی دیده نمی‌شود، بااین‌حال راهی برای تطابق آن‌ها وجود دارد.

بوده‌اند. هیچ لایه سنگی وجود ندارد که سطح همه‌ی 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 فاصله‌ی مکانی این فسیل‌ها بسیار دورازهم است، می‌توان گفت که همه‌ی 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 به‌همین‌ترتیب 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.

به دنبال کارهای اسمیت و زمین‌شناسان دیگر، یکی از مهم‌ترین اصول تعیین نوع همبستگی میان لایه‌های سنگی حاصل آمد. طبق این اصل، سن هر لایه را می‌توان از روی نوع فسیل‌های موجود درآن مشخص کرد. معنای ساده‌تر این‌اصل آن‌است‌که فسیل‌ها نشان‌دهنده‌ی طرز تکامل حیات در روی زمین‌اند و چون جانداران ابتدایی‌تر و ساده‌تر، در مقایسه با جانداران پیچیده و پیشرفته، قدمتی زیادتر دارند، با مقایسه‌ی نوع فسیل‌های موجود در سنگ‌ها می‌توان ترتیب قدمت لایه‌های رسوبی را نیز معلوم داشت.

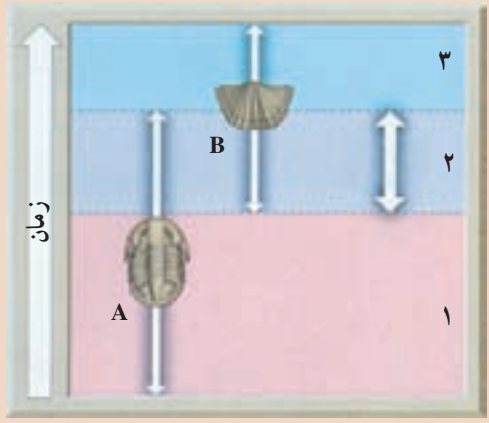
فکر کنید

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، قدمتی بیشتر دارند؟

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

ــ در همه‌جا (جاهای محدود) پیدا می‌شود.
ــ دوره‌ی 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.
ــ جاندار صاحب آن، دریازی (خشکی‌زی) بوده است.

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



مشاهده و استنباط کنید

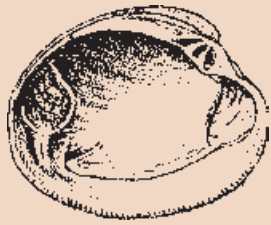
سنگواره‌ها، گذشته از کاربردی که در تشخیص قدمت لایه‌های سنگی و انطباق آن‌ها با همدیگر دارند و در موارد زیر هم به‌کار می‌آیند.

۱ــ تشخیص حدود خشکی‌ها و دریاهای قدیمی.

۲ــ تشخیص نوع آب‌وهوای گذشته

با مشاهده‌ی 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 دوراز 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 یخ‌زده‌ی 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، پوسته‌ی 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 حاصل‌از آثار موجودات زنده: فسیل منحصر به‌جسم سنگ‌شده‌ی 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 سنگ‌شده‌ی موجود زنده نخواهیم بود و فقط اثر بازمانده برروی رسوب است که نشان‌از ساختاری گیاهی یا جانوری باخود دارد. معروف‌ترین انواع این‌دسته از فسیل‌ها عبارتند از :

- ***قالب داخلی و خارجی:*** ممکن است قالبی از صدف، استخوان و حتی برگ و یا تزیینات ساقه‌ی 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 به‌وسیله 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 در روی رسوبات:*** ردپا، 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.

تفسیر کنید

درنواحی ۱، ۲ و ۳، سنگ‌های زیر یافت شده‌اند.

۱ــ سنگ آهک، ۲ــ ماسه‌سنگ با ریپل‌مارک، ۳ــ شیل‌های تیره‌رنگ و محتوی فسیل سرخس‌ها

چه قضاوتی در مورد محیط فیزیکی آن‌نقاط درهنگام تشکیل این سنگ‌ها می‌کنید؟

سن مطلق

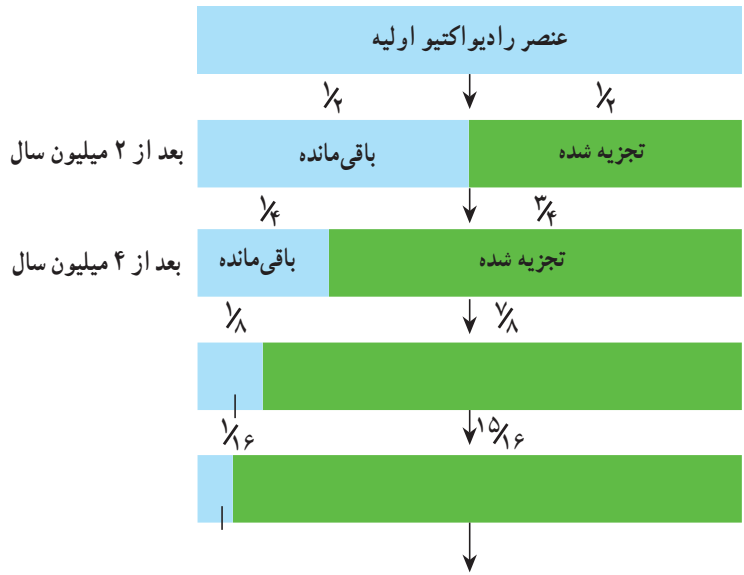
برای تعیین «چه مدت قبل»، شما نیاز به مقیاس زمانی دارید. مثلاً می‌توانید وقایع را نسبت‌به زمان‌حال بسنجید. وقتی‌که شما سن پدیده‌ها و وقایع را با زمان‌حال می‌سنجید، **سن‌مطلق** را تعیین می‌کنید. پس سن‌مطلق هر چیزی، زمان پیدایش آن‌را تا امروز نشان می‌دهد. با این‌ترتیب، تعیین سن‌مطلق، دقیق‌تر از تعیین سن‌نسبی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

ساعت و تقویم، زاده‌ی 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 اشیاء دراختیاردانشمندان گذاشت، چنان‌که می‌دانید، هسته‌ی 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 محتوی آن‌مواد گذشته، محاسبه کرد.

اورانیم، عنصری رادیواکتیو است که در بعضی‌از سنگ‌ها وجود دارد. به‌ویژه، یک‌نوع این عنصر (به‌نام U_{238}) 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 زمان‌لازم برای تخریب نیمی از هرمقدار اورانیم ۲۳۸ و تبدیل آن به سرب ۲۰۶ ، معادل ۴/۵میلیارد سال است. برای هرعنصر چنین مدت‌زمانی را **نیمه‌عمر** آن‌عنصر می‌نامند.



شکل ۱۰ــ۷ ــ مواد رادیواکتیو، با سرعت ثابتی تخریب می‌شوند.

فکر کنید

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

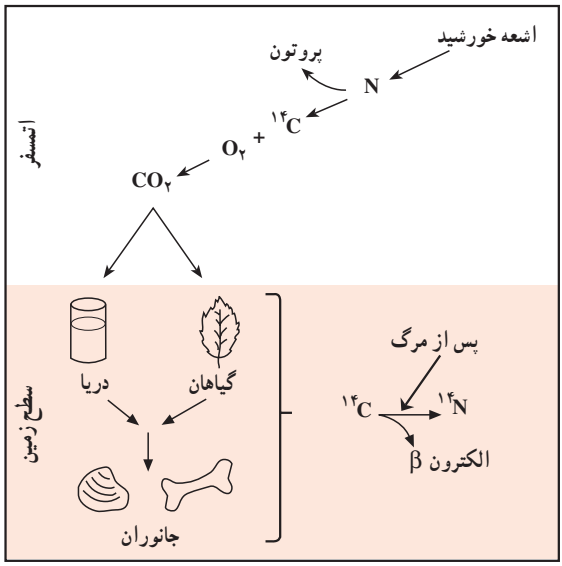
۲ــ گفته می‌شود روش تعیین‌سن با استفاده از اورانیم ۲۳۸، برای نمونه‌هایی کاربرد دارد که بیش‌تر از ۱۰ میلیون‌سال قدمت داشته‌باشند. دلیل چیست؟

ایزوتوپ‌هایی که در عمرسنجی به روش رادیومتری کاربرد دارند.

ماده‌ی رادیواکتیواولیه	ماده‌ی‌حاصل	نیمه‌عمر موردقبول
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 ــ ۱۴) استفاده می‌کنند. کربن۱۴، بعداز تخریب مبدل به نیتروژن۱۴ می‌شود.

کربن۱۴، به‌طورطبیعی در اتمسفر وجود دارد که پس‌ازترکیب با اکسیژن، $CO_۲$ پدید می‌آورد. البته، بیشتر $CO_۲$ اتمسفری، از کربن غیررادیواکتیو



شکل ۱۱ــ۷ــ اتمهای کربن رادیواکتیو در طبقات بالای اتمسفر تشکیل شده، وارد چرخه کربن می‌شوند.

(۱۲ــ C) به‌وجود می‌آید و مقدار کمی از این‌گاز، محصول ۱۴ــ C است. نسبت میان ۱۴ــ C به ۱۲ــ C در اتمسفر ثابت است. همه جانداران، هردونوع کربن را جذب می‌کنند و گیاهان، CO_2 حاصل‌از هردونوع را در فرآیند فتوسنتز به‌کار می‌برند. سپس، هردونوع کربن از طریق زنجیره‌ای غذایی به بدن جانوران هم می‌رسند.

تازمانی 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 نمونه‌ی کربن‌دار، ابتدا نسبت ۱۴ــ C به ۱۲ــ C را تعیین می‌کنند، سپس آن‌نسبت را با نسبتی که این‌دونوع کربن دربدن جانداران دارند، می‌سنجند.

۱۴ــ C، اغلب برای تعیین سن استخوان، چوب، صدف و بازمانده‌های آلی انسان کاربرد دارد. با این‌روش، نمونه‌هایی را که تا ۵۰هزارسال قدمت دارند، می‌توان عمرسنجی کرد. بنابراین، باستان‌شناسان، انسان‌شناسان و زمین‌شناسان ازآن استفاده‌های زیادی می‌کنند. درواقع، ابداع این‌روش چنان مهم بود که درسال ۱۹۶۰، شیمی‌دانی به‌نام **لی‌بی** جایزه‌ی نوبل را به‌همین‌خاطر دریافت داشت.

ارزش عمرسنجی: البته باید توجه داشت که استفاده از مواد رادیواکتیو برای تعیین قدمت سنگ‌ها و اشیاء، کاری بسیار پیچیده و مشکل است و محدودیت‌های فراوان دارد. گاهی هم نتایج چندان دقیق نیستند. مثلاً، در روش پتاسیم ــ آرگون، گاز آرگون بعد از تشکیل وارد اتمسفر می‌شود. اگرهم سنگ مورد آزمایش، قبلاً درمعرض برخورد گرمای زیاد قرارداشته، مقدار زیادی از موادخود را ازدست داده‌است.

با این‌همه، از چنین‌روشی برای تعیین قدمت چیزهای زیادی استفاده شده است. سنگ‌هایی از نقاط مختلف زمین با قدمتی متجاوز از سه‌میلیاردسال یافت شده‌اند. مثلاً نوعی گرانیت از جنوب‌افریقا، ۳/۲ میلیاردسال عمر داشته‌است. جالب‌آن‌که در این گرانیت، قطعاتی از کوارتزیت هم یافت‌شد، کوارتزیت، از دگرگونی ماسه‌سنگ (نوعی سنگ‌رسوبی) پدید می‌آید که خود، سنگی ثانوی است و مسلماً قدمت مواد تشکیل‌دهنده‌ی آن زیادتر بوده است. پس طبعاً بایدگفت سنگ‌های قدیمی‌تری هم وجود دارند.