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؟

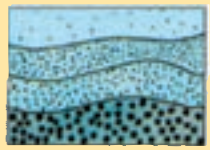
لایه‌لایه بودن سنگ‌ها

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)

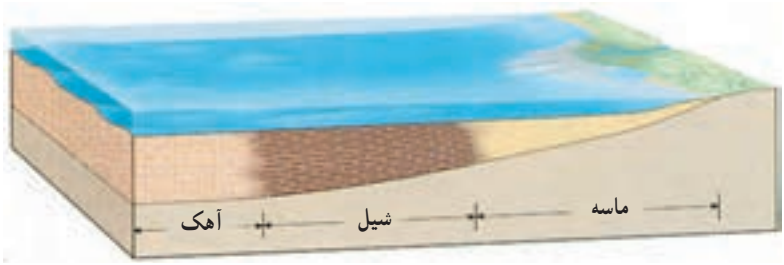


(ب)

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.

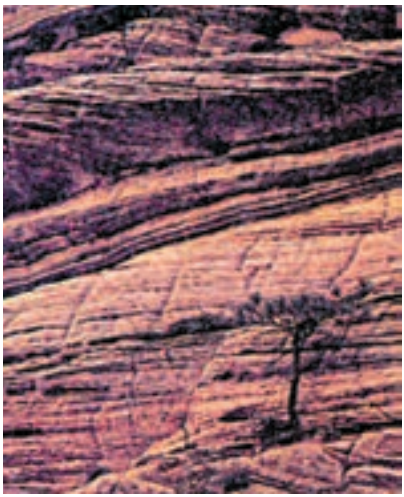
همهٔ سنگ‌های لایه‌لایه، رسوبی نیستند، همچنان‌که گاهی گدازه‌های آتشفشانی هم که از کوه سرازیر می‌شوند، پس از انجماد به‌صورت لایه‌لایه درمی‌آیند. مانندخاکسترهایی که از دهانهٔ آتشفشان خارج می‌شوند، ممکن است به‌صورت لایه‌لایه بر زمین بنشینند و سخت شوند (توف‌ها). البته تشخیص این‌قبیل سنگ‌ها از روی جنس و نحوهٔ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

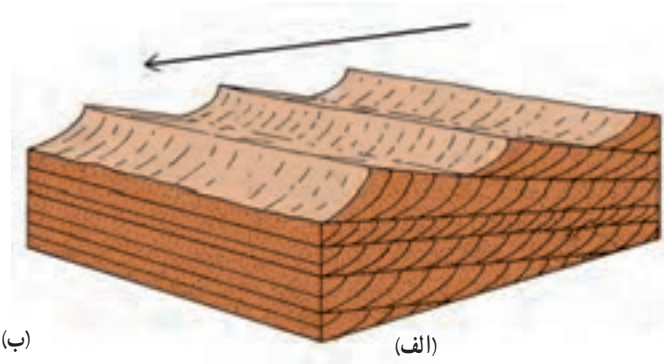
تشخیص بالا و پایین لایه‌ها

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؟



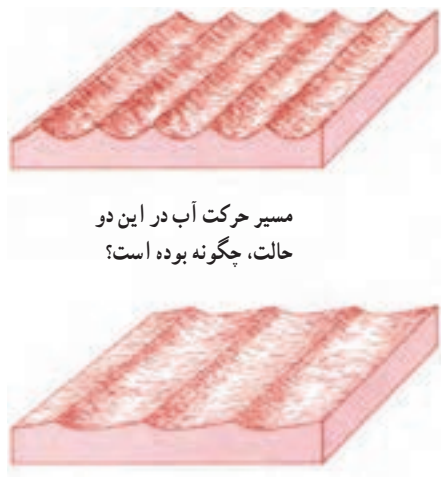
(ب)



(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).

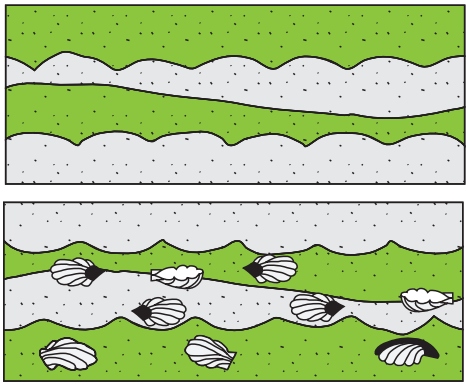
۲ــ ریپل‌مارک‌ها (Ripple marks) : شما ممکن است چین‌های کوچکی را در روی ماسه‌های ساحلی دریا، ته‌رودخانه، یا روی تپه‌های ماسه‌ای و حتی توده‌های برف دیده باشید که بی‌شباهت به چین‌های سطح آب استخر یا دریا به‌هنگام وزش باد نیستند. به‌این چین‌های کوچک **ریپل‌مارک** گویند. ریپل‌مارک‌هایی که عامل به‌وجودآورندهٔ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

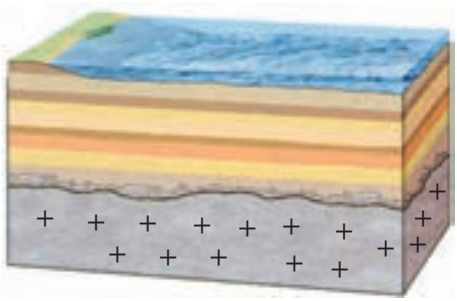
طبقات رسوبی به‌طور افقی ته‌نشین می‌شوند، اما بعدها ممکن است براثر چین‌خوردگی یا ایجاد گسل، وضع آنها به‌هم بخورد و توالی و پیوستگی طبیعی لایه‌ها، جای خود را به نوعی **ناپیوستگی** بدهد.

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).

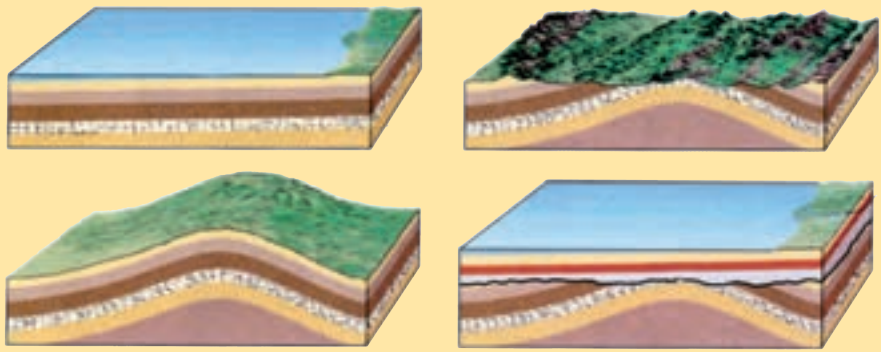
شکل ۸ ــ۷ــ ناپیوستگی زاویه‌دار ــ شهرستان خوسف بیرجند

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.

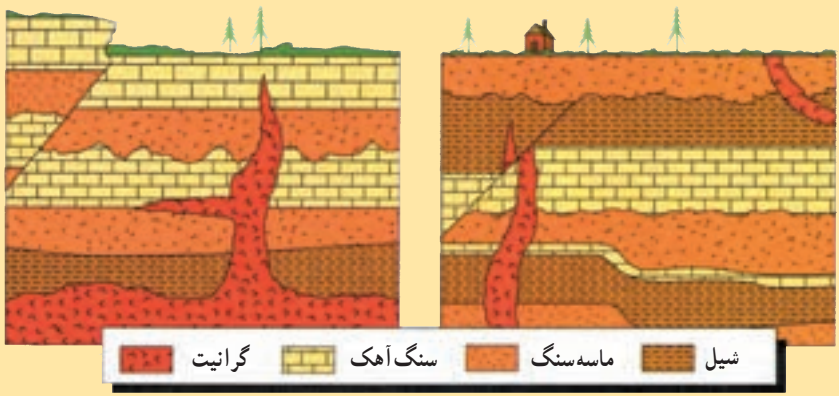
ب) در یک سری از طبقات رسوبی که بدون تغییر مانده باشند، لایه‌های زیرین قدیمی‌تر از لایه‌های فوقانی‌اند. این اصل، برای تعیین سن نسبی، هنوز هم مهم شمرده می‌شود.

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

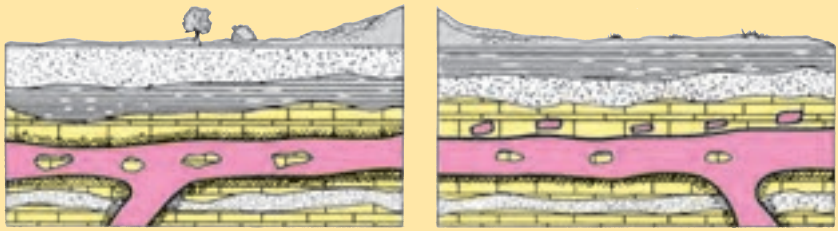
درست خواهد بود که طبقات رسوبی برگشته نباشند یا به عبارت دیگر توالی اولیهٔ خود را حفظ کرده باشند. اگر طبقات چین‌خورده باشند، بدیهی است این حادثه، **بعد از زمان تشکیل** آنها رخ داده است. به‌همین‌ترتیب، وقوع هرنوع شکستگی و گسل در لایه‌ها نیز به‌زمان بعد از تشکیل آنها مربوط خواهد بود.

تفسیر کنید

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

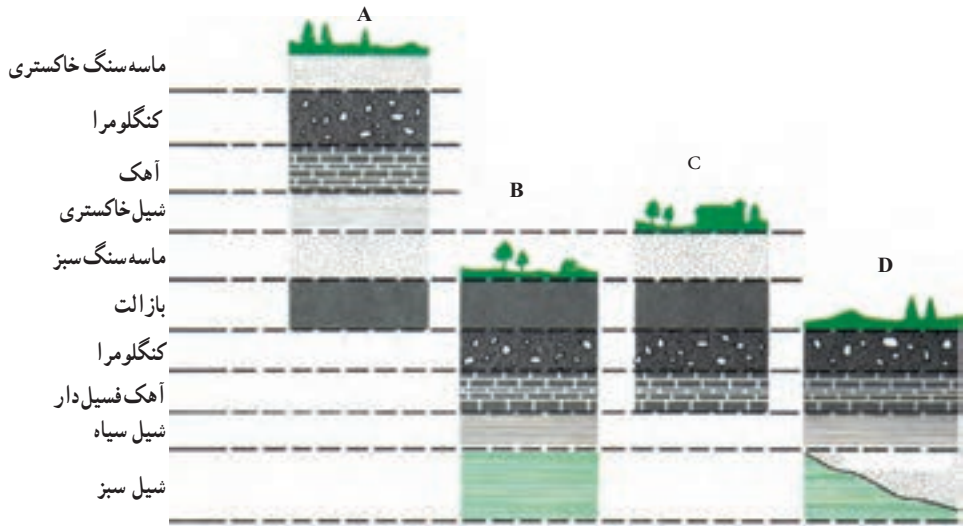


۲ــ درکدام‌یک از دوشکل، تودهٔ آذرین، نفوذی و در کدام‌یک، گدازهٔ مدفون شده‌است؟ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.



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 :

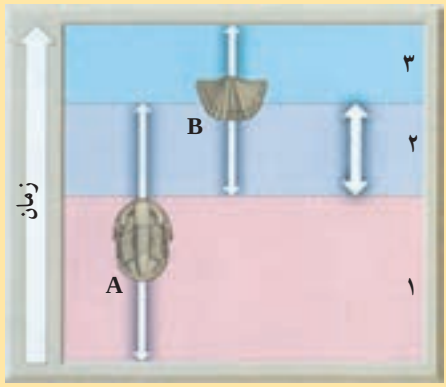
ــ در (همه‌جا / جاهای محدود) پیدا می‌شود.

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

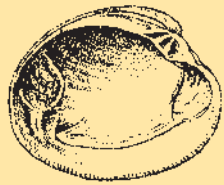
سنگواره‌ها، گذشته از کاربردی که در تشخیص قدمت لایه‌های سنگی و انطباق آنها با همدیگر دارند، در موارد زیر هم به‌کار می‌آیند.

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.

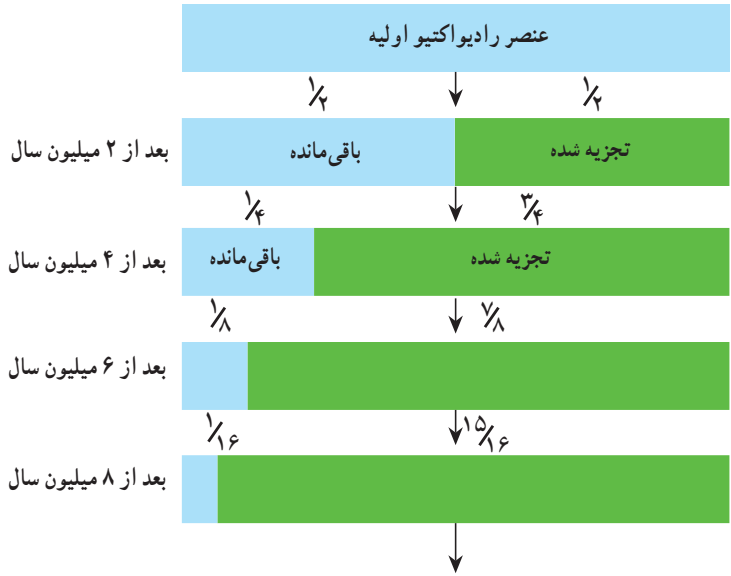
ساعت و تقویم، زادهٔ تفکر آدمی است و از روی حرکات زمین ابداع شده‌اند تا بتوان زمان را به‌کمک آنها تعیین کرد. اما برای پی‌بردن به وقایعی‌که در میلیون‌ها سال‌قبل رخ داده‌اند و از حد روز، ماه و سال فراترند، ساعت و تقویم کاربردی ندارند و باید به‌دنبال یافتن معیارهای دیگری بود.

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؟

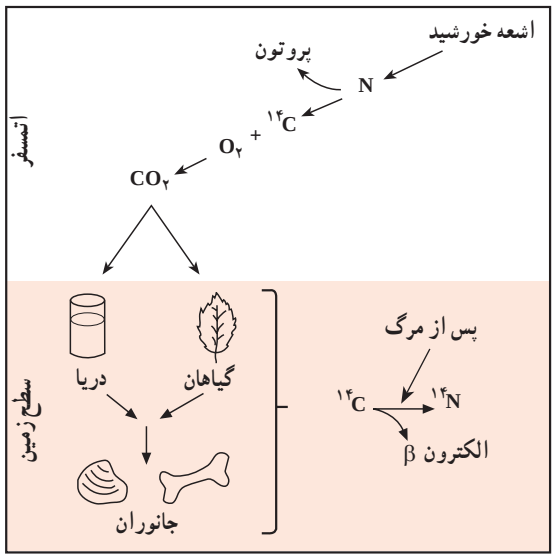
۲ــ گفته می‌شود روش تعیین‌سن با استفاده از اورانیم ۲۳۸، برای نمونه‌هایی کاربرد دارد که بیشتر از ۱۰میلیون‌سال قدمت داشته‌باشند. دلیل چیست؟

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.

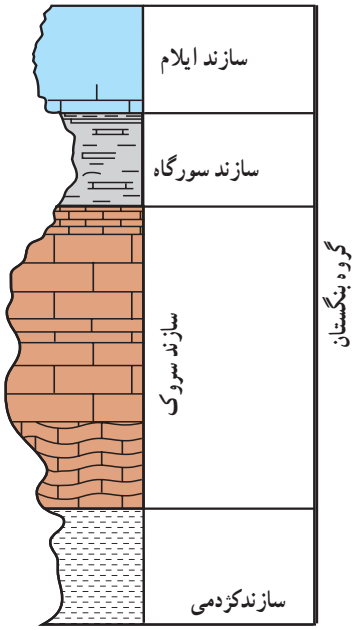
گروه : واحد بزرگ‌تر از سازند است و از دو یا چند سازند پیاپی تشکیل می‌شود. واحدهای سنگی چینه‌شناسی را به‌ترتیب بزرگی می‌توان به‌صورت زیر نوشت :

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.

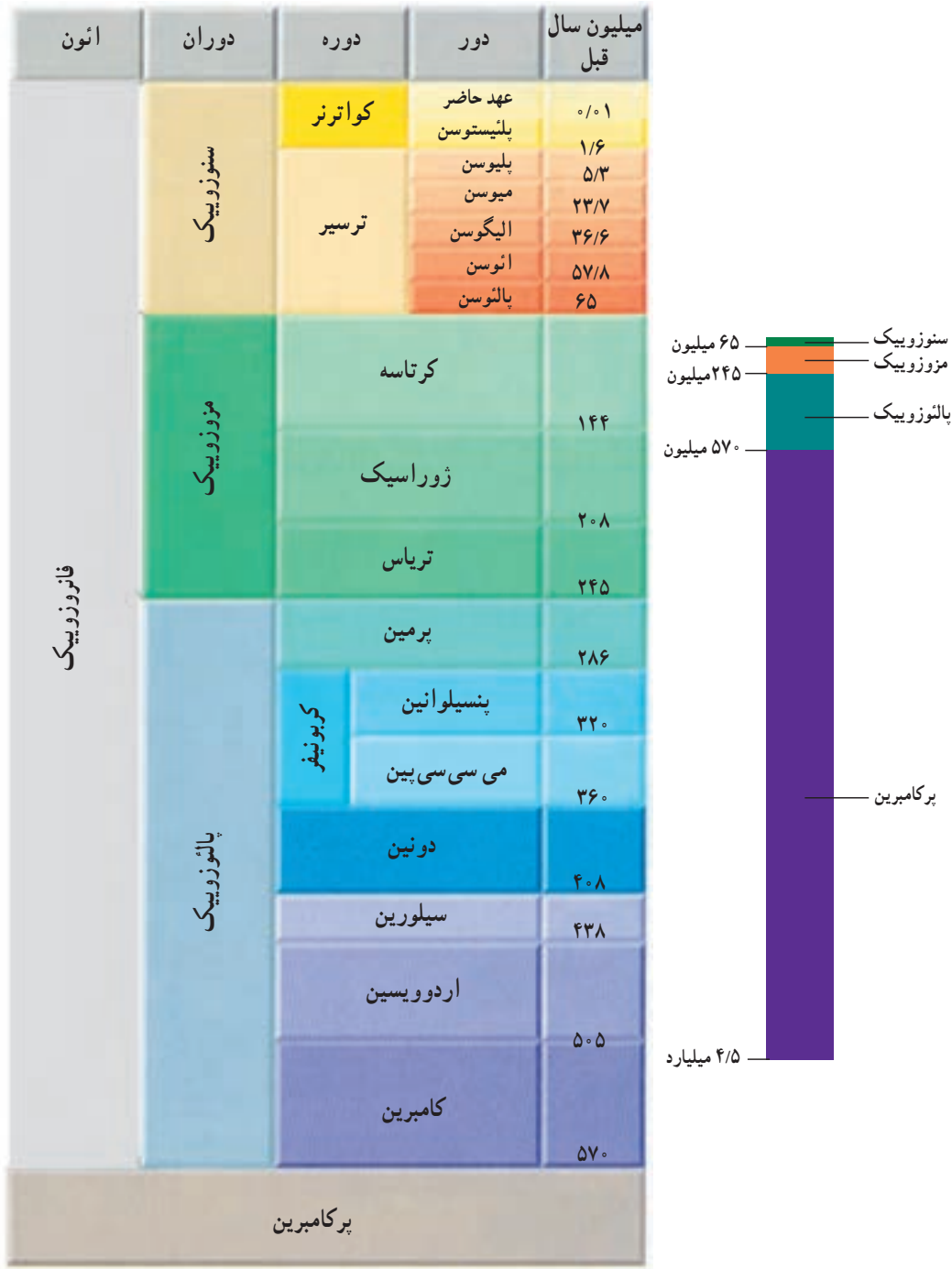
البته، توجه داشته باشید که در هیچ‌جای زمین، نمی‌توان رسوبات همهٔ زمان‌ها را درکنارهم یافت. بنابراین، دانشمندان حاصل مشاهدات خود از نقاط مختلف را با هم تلفیق می‌کنند تا استانداردی برای آرایش لایه‌های سنگی یا همان ستون چینه‌شناسی پیدا کنند. درستون چینه‌شناسی، لایه‌های زیر، قدیمی‌ترین و لایه‌های بالا، جدیدترین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

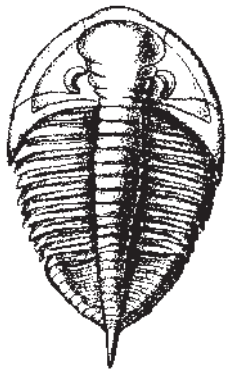
فسیل مربوط به پرکامبرین، بسیار کمیاب است؛ زیرا بیشتر جانداران این دوران، فاقد قسمت‌های سخت مانند استخوان و صدف در بدن بوده‌اند. گذشته ازآن، قدمت زیاد سنگ‌ها و تحمل تغییرات فراوان و مکرر، باعث ازبین‌رفتن فسیل‌های آن‌زمان شده است.

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.

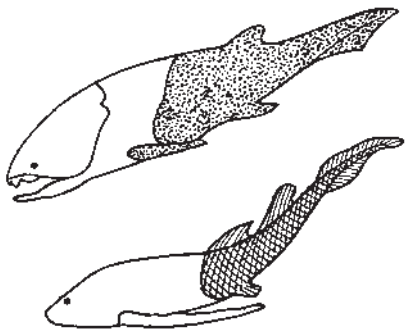
پالئوزوییک : دوران بی‌مهرگان

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

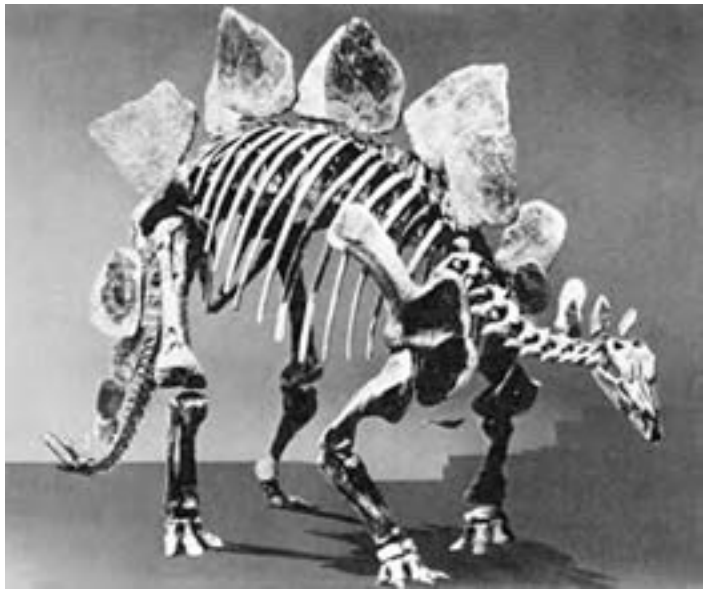
در اواسط دوران پالئوزوییک چین‌خوردگی‌های مهمی در زمین روی داد و کوه‌های مرتفعی پدید آمد، و پس‌ازآن، فرایندهای فرسایشی قسمت‌های وسیعی را از قاره‌های آن‌زمان مسطح کردند. مرداب‌های بزرگی به‌همین‌سبب پدید آمد و بقایای گیاهان فراوان این‌زمان، که همگی ازجملهٔ گیاهان بی‌گل و به‌ویژه نهان‌زادان بودند، در آن 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.

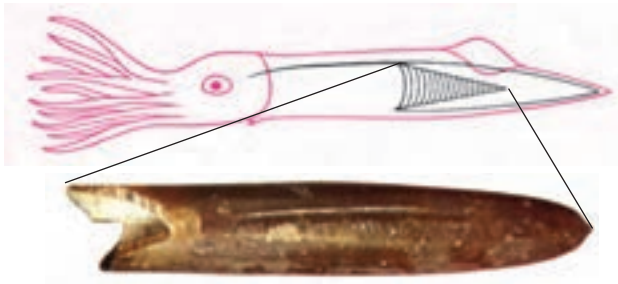
اگر آثار پَر در اطراف این فسیل یافت نمی‌شد، مشکل می‌توانستند آن را جزء پرندگان محسوب بدارند. آرکئوپتریکس فسیلی بسیار مهم است؛ زیرا نه تنها اثری از قدیمی‌ترین پرنده را نشان می‌دهد، بلکه به سبب داشتن آثاری از صفات خزندگان (وجود سه انگشت در هر بال، دندان‌های کوچک و تیز در هر آرواره و دم طویل استخوانی) می‌توان 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).



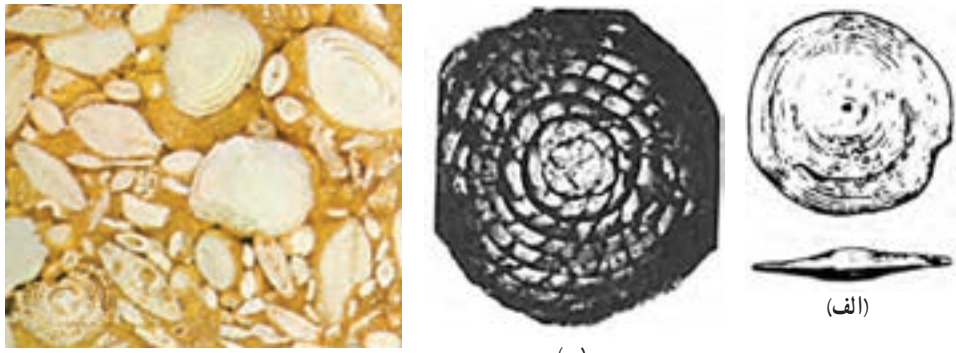
آمونیت

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.