# فصل ۳

## سرگذشت زمین

### هدف کلّی

آشنایی با شواهد و پدیده‌هایی که ما را در تشخیص تغییرات و تحولات گذشته‌ی زمین راهنمایی می‌کنند.

**هدف جزیی:** در پایان این فصل، دانش‌آموز باید بتواند :

**الف ــ دانستنی‌ها و مهارت‌ها**

۱ــ به ارزش سنگ‌های رسوبی به عنوان شواهدی بر اوضاع گذشته‌ی زمین پی ببرد.

۲ــ شرایطی را که در آن جسد یک جاندار به فسیل تبدیل می‌شود، بیان کند.

۳ــ مکان‌های مناسب برای فسیل شدن پیکر جانداران را بشناسد.

۴ــ درباره‌ی گذشته‌ی زمین به جمع‌آوری اطلاعات بپردازد.

۵ ــ موارد استفاده‌ی فسیل‌ها را توضیح دهد.

۶ ــ نظریه‌های مختلف درباره‌ی تغییر گونه‌ها را با یکدیگر مقایسه کند.

۷ــ مسئله‌ی سازگاری را با مثال توضیح دهد.

۸ ــ پدیده‌های ساده زمین‌شناسی را از طریق دیدن عکس یا فسیل و یا در گردش‌های علمی تفسیر کند.

**ب ــ نگرش‌ها**

۱ــ در مورد حوادث گذشته‌ی زمین و راه پی‌بردن به آن‌ها کنجکاوی نشان دهد.

۲ــ تغییر چهره‌ی زمین را یک اصل بداند.

## راهنمای تدریس

بهتر است در ابتدای این فصل، دانش‌آموزان را با مفهوم تغییر آشنا کنید و از آن‌ها بخواهید که برای تغییر تعریفی بیابند. برای این کار، بهتر است ابتدا سؤال‌هایی شبیه به سؤال‌های زیر را مطرح کنید.

ــ آیا جرم شما کاملاً همان است که دیروز در همین ساعت بود؟

ــ آیا کاملاً در همان نقطه‌ی روز گذشته هستید؟

ــ آیا همان غذای روز قبل را هضم می‌کنید؟

ــ آیا موها و ناخن‌های شما بلند نشده‌اند؟

ــ آیا مواد اطراف شما همان حالتی را دارند که دو روز یا دو هفته پیش داشته‌اند؟

ــ آیا همه‌ی تغییراتی را که در اطراف شما اتفاق می‌افتد، متوجه

سرگذشت زمین

می‌شوید؟

ــ آیا در طبیعت چیزی را که تغییر نمی‌کند، می‌شناسید؟

سپس از دانش‌آموزان بخواهید که برای تغییر، تعریفی پیدا کنند ؛ مثلاً : هرچه را که مشاهده می‌کنیم، اگر نسبت به آخرین باری که آن را دیده‌ایم متفاوت شده باشد، می‌گوییم تغییر کرده است. از دانش‌آموزان بخواهید در باره‌ی درستی این تعریف فکر کنند و پس از مشاهده‌ی دقیق تصویر این صفحه به این سؤال شما پاسخ دهند.

آیا این محل از روز اول به همین شکل بوده یا تغییر کرده است؟ مسلماً دانش‌آموزان پاسخ خواهند داد که تغییر کرده است. با توجه به تعریفی که برای تغییر کرده‌اید، از دانش‌آموزان بپرسید ؛ مگر شما قبلاً این محل را دیده بودید که حال متوجه تغییر آن شده‌اید؟

لایه‌های سنگی موجود در سطح زمین مدارک و شواهدی از تغییرات گذشته‌ی زمین را در دل خود جای داده‌اند. زمین شناسان به کمک همین شواهد و آثار به‌جا مانده در سنگ‌ها می‌توانند شکل اولیه‌ی سنگ‌ها، محل دریاها و خشکی‌ها، نوع آب و هوا، جاندارانی که در گذشته روی زمین زندگی می‌کرده‌اند و تغییراتی را که در آن‌ها به‌وجود آمده است، دریابند.

به دلایل زیر، سنگ‌های رسوبی بهتر از سنگ‌های آذرین و دگرگون شده می‌توانند درباره‌ی گذشته‌ی زمین اطلاعاتی دراختیار ما بگذارند.

ــ سنگ‌های رسوبی لایه‌لایه‌اند و این لایه‌ها به ترتیب قدمت روی هم قرار می‌گیرند.

ــ لایه‌های رسوبی در هنگام شکل‌گیری می‌توانند اطلاعاتی را درباره‌ی آب و هوا، عمق آب، چگونگی گسترش آب‌ها، میزان شوری و شیرینی آب و ساکن یا متلاطم بودن آن در خود ثبت کنند.

ــ سنگ‌های رسوبی در هنگام شکل‌گیری می‌توانند بقایای جانداران را از تأثیر عوامل تجزیه کننده دور نگه دارند و سبب به جای ماندن فسیل‌ها شوند.

رسوبات به صورت لایه‌های افقی روی هم ته‌نشین می‌شوند. ترتیب لایه‌لایه بودن افقی رسوبات یا سنگ‌های رسوبی را لایه‌بندی یا چینه‌بندی گویند. این که هر لایه‌ی رسوبی بر روی لایه دیگر تشکیل می‌شود، از ویژگی‌های بارز سنگ‌های رسوبی است و در تفسیر تاریخ زمین اهمیت ویژه‌ای دارد. البته به لایه‌هایی که از حالت افقی خارج شده‌اند، به طور حتم نیرو وارد شده است و آن‌ها چین خورده‌اند. ضخامت هر لایه از یکی‌دو میلی‌متر تا ده‌ها متر تغییر می‌کند. سطح تماس بین دو لایه‌ی مجاور را **سطح لایه‌بندی** گویند که بر اساس ویژگی‌های مختلف از جمله اختلاف در اندازه، جنس، سختی و رنگ ذرات دولایه‌ی مجاور و همچنین توقف در رسوب‌گذاری تشخیص داده می‌شود.

علت لایه‌لایه بودن سنگ‌های رسوبی، تغییر شرایط رسوب‌گذاری یا تغییر جنس رسوبات است ؛ مثلاً اگر قرار باشد عمق آب در یک منطقه‌ی ساحلی و گرم به علتی افزایش یابد (پیشروی دریا)، روی رسوبات ماسه‌ای لایه‌ای از آهک ته نشین می‌شود و اگر دوباره از عمق آب کاسته شود (پسروی دریا)، روی همان لایه‌ی آهکی، لایه‌ای از ماسه ته‌نشین خواهد شد. بنابراین، پیشروی‌ها و پسروی‌های آب دریا سبب می‌شود که لایه‌هایی از جنس‌های مختلف روی هم قرار گیرند.

از دیگر عواملی که سبب تشکیل لایه‌های مختلف در روی هم می‌شود، تغییر جنس رسوبات است ؛ مثلاً رودی که مواد را به درون دریا می‌برد، ممکن است سنگ‌های جدیدی را تخریب و مواد حاصل از آن را با خود حمل کند یا نسبت به گذشته مواد بیش‌تری را به همراه ببرد (در مواقع طغیان و زیاد شدن آب) یا رسوبات را به فواصل دورتری در دریا بکشاند.

سنگ‌های رسوبی می‌توانند شواهدی از زمان تشکیل خود را به همراه داشته باشند ؛ مثلاً میزان گردشدگی ذرات تشکیل دهنده‌ی یک سنگ رسوبی می‌تواند نشانه‌ی آن باشد که سنگ مسافت زیادی را به همراه رود طی کرده است. ذرات ریز هم نشان دهنده‌ی جریان‌های آرام و ذرات درهم (بزرگ و کوچک) نشان دهنده‌ی جریان‌های پرانرژی عامل حمل‌اند. سنگ‌های رسوبی می‌توانند معرف نوع آب و هوا و وضعیت محیط ته‌نشینی باشند. جدول زیر نوع آب و هوا و خصوصیت محیط ته‌نشینی برخی از سنگ‌ها را نشان می‌دهد.

| نوع سنگ | آب و هوایی که در آن رسوبات ته‌نشین شده‌اند | محیط ته‌نشین شدن |
|---|---|---|
| سنگ آهک | گرم | آب نسبتاً کم‌عمق و صاف |
| سنگ تبخیری (گچ و نمک) | خشک | محیط‌های بسته دارای تبخیر زیاد |
| زغال سنگ | مرطوب استوایی | محیط باتلاقی |
| رسوبات یخچالی | سرد و یخبندان یا معتدل | دره‌های کوهستانی و مناطق قطبی |
| کنگلومرا | متغیّر | نزدیک ساحل (نواحی کم‌عمق دریاها) |
| ماسه سنگ بادی | خشک | نواحی بیابانی یا نزدیک ساحل |
| ماسه سنگ | متغیّر | ناحیه‌ی کم‌عمق دریا (فلات قاره) |
| تخریبی قرمز رنگ | مرطوب تا خشک | دلتا، دشت سیلابی، دریاهای باز |

## راهنمای تدریس

اگر در مدرسه شما فسیل پیدا می‌شود، آن را با خود به کلاس ببرید. می‌توانید در جلسه‌ی قبل از دانش‌آموزان بخواهید که اگر در خانه فسیل دارند، به کلاس بیاورند (درصورتی که امکان تهیه‌ی فسیل نباشد، می‌توانید از عکس استفاده کنید). از دانش‌آموزان بخواهید که درباره‌ی فسیل‌ها صحبت کنند بحث را با چنین سؤال‌هایی شروع کنید :

ــ در کجا زندگی می‌کرده‌اند؟ (آب یا خشکی)

ــ چگونه به‌وجود آمده‌اند؟

ــ شبیه کدام جانوران امروزی‌اند؟

ــ آیا امروزه هم فسیل‌ها تشکیل می‌شوند؟

### فکر کنید

برای این که جسد جانداری در بین لایه‌های رسوبی به خوبی حفظ شود، باید علاوه بر داشتن اسکلت محکم داخلی یا خارجی، پس ازمرگ به دور از عوامل تجزیه، یعنی اکسیژن هوا، گرما، باکتری‌ها و موجودات زنده دیگر، آب‌های جاری و زیرزمینی قرار بگیرد.

● فسیل معمولاً به یکی از چهار صورت زیر تشکیل می‌شود.

۱ــ تشکیل فسیل کامل (حتی قسمت‌های نرم بدن)

۲ــ تشکیل فسیل از قسمت‌های سخت بدن

۳ــ تشکیل فسیل حاصل از تغییر تدریجی بدن جانداران

۴ــ تشکیل فسیل حاصل از آثار (قالب خارجی ــ قالب داخلی ــ ردّپا و ...) موجودات زنده.

فسیل‌هایی که به یکی از سه صورت اول تا سوم به‌وجود آمده باشند، بسیار کمیاب‌اند و از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به اجساد ماموت‌ها که در یخ‌های قطبی پیدا شده‌اند و ساکنان این مناطق حتی از گوشت آن‌ها برای تغذیه‌ی سگ‌های خود استفاده می‌کرده‌اند، اشاره کرد. فسیل حشرات داخل صمغ گیاهان، باقی‌مانده‌ی دندان و استخوان پستانداران و خزندگان در بین رسوب‌ها و تنه‌ی درختان سنگی که حاصل جانشینی مولکول به مولکول یک ماده‌ی حل شده به جای مولکول‌های اصلی گیاه است، نیز از همین راه‌ها به وجود آمده‌اند.

بیش‌تر فسیل‌ها به صورت راه چهارم به‌وجود آمده‌اند و به احتمال زیاد، فسیلی که شما در مدرسه دارید یا دانش‌آموزان با خود از منزل می‌آورند، نیز از این طریق ایجاد شده‌اند ؛ برای مثال، اگر صدف در رسوبات نرم مدفون شده باشد، بر رسوبات اثری به‌جا می‌گذارد. اگر صدف به تدریج حل شده و جای خالی آن به وسیله‌ی موادی پر شود، این مواد به شکل صدف درمی‌آیند و تزیینات خارجی بر روی آن‌ها نقش می‌بندد که به آن قالب خارجی می‌گویند. در صورتی که تزیینات داخلی صدف از رسوبات نرم پر شود، سپس صدف حل شود و از بین برود، قالب داخلی آن به صورت فسیل برجا می‌ماند. جای پای بعضی از جانوران نیز بر رسوبات نرم به صورت سنگ درآمده است که نمایانگر چگونگی حرکت، سرعت حرکت، وزن جاندار و ویژگی محیط زیست آن است.

● ساده‌ترین راه برای آموزش چگونگی تشکیل فسیل به دانش‌آموزان، ساختن قالب خارجی از یک جسم است. دانش‌آموزان در سال پنجم ابتدایی طرز ساختن قالب خارجی را آموخته‌اند. اگر شما بخواهید این فعالیت را در کلاس خود انجام دهید، بهتراست به جای گچِ بنایی از گچ قالب‌گیری دندان پزشکی استفاده کنید. اگر صدف دو رویه‌ی کامل در اختیار دارید، این عمل را برای روی دیگر آن هم انجام دهید و بعد از قالب‌گیری دو رویه، دو قالب صدف را با چسب به هم بچسبانید تا فسیلی کامل داشته باشید.

### آزمایش کنید

قسمت‌های گوشتی، چربی و پوست توسط تجزیه‌کنندگان، تجزیه می‌شود و فقط قسمت سخت ــ یعنی استخوان ــ باقی می‌ماند.

فسیل

در گذشته، جانداران فراوانی بر روی زمین زندگی می‌کردند. برخی از آن‌ها در زمان ما وجود ندارند. آیا تابه‌حال از خود پرسیده‌اید که: این جانداران چه‌شکلی بوده‌اند؟ دارای چه ویژگی‌هایی بوده‌اند؟ چه غذاهایی و چه شیوه‌هایی را جانداران امروزی داشته‌اند؟ چرا برخی از آن‌ها به کلی از روی زمین ناپدید شده‌اند؟ اکنون چه وجود ندارند؟ برای پاسخ دادن به این قبیل سؤال‌ها باید از فسیل‌ها کمک گرفت.

به اثر و بقایای موجودات قدیمی که در بین برخی از مواد تشکیل دهنده‌ی پوسته‌ی زمین پیدا می‌شوند، فسیل می‌گویند. از میان جانداران گذشته، فقط تعداد بسیار کمی به‌صورت فسیل درآمده‌اند.

جاندارانی که دارای اعضای نرم و فاقد اسکلت سخت داخلی یا خارجی بوده‌اند، در برابر عوامل مخرب طبیعی مقاومتی نداشته و پس از مرگ، درمجاورت هوا یا زیر آب تجزیه گردیده یا خوراک جانداران دیگر شده و چیزی از آن‌ها به‌جای نمانده است. اما بدن جانداران گذشته‌ی زمین، آن‌هایی که دارای اعضای سخت مانند استخوان، دندان، صدف، کیتین یا بافت چوبی بوده‌اند، امکان فسیل شدنشان وجود داشته است. این جانداران زمانی که فاصله‌ی کمی از مرگ، درمحلی قرار گیرند تا در معرض تجزیه و فسخ قرار نگیرند

**فکر کنید**

یک جاندار پس از مرگ، باید دور از چه عواملی قرار گیرد تا فقط یا قسمتی از بدنش باقی بماند؟

**آزمایش کنید**

یک‌ران مرغ پخته یا جسد مرده‌ی یک حیوان را در فصل ۲۰ سانتی‌متری خاک در هوای آزاد قرار دهید. پس از دو هفته، آن را از زیر خاک خارج کنید. چه تغییراتی مشاهده می‌کنید؟ چه عواملی سبب این تغییرات شده‌اند؟

**مکان‌های مناسب برای فسیل شدن**

برای فسیل شدن، محیط‌های رسوبی مانند دریاها و دریاچه‌ها مناسب‌تر از سایر مناطق‌اند. در این مناطق، رسوب‌گذاری شدید است و بقایای جانداران هوسیله‌ی رسوبات بهتر محفوظ و پوشیده می‌شود. همچنین، این مناطق ــ نسبت به سایر مناطق ــ به‌علت شرایط مناسب محیط، جانداران متنوعی دارد که تعدادشان نیز زیاد است. به همین علت، در آن‌ها امکان فسیل شدن بیش‌تر فراهم می‌شود.

## دانستنی‌ها

### محیط‌های مناسب برای فسیل شدن

برای تشکیل فسیل، جسد موجود باید در محیطی که تخریب و تجزیه به کندی صورت می‌گیرد، دفن شود. حفاظت جسد یا آثار جاندار به محیطی که در آن زندگی می‌کرده است، بستگی دارد. محیط زندگی جانداران دریایی برای فسیل شدن مناسب‌تر از محیط زندگی موجودات خشکی است. در نقاط کم‌عمق دریا که جانوران بیش‌تر در کف بستر تجمع می‌کنند و ته‌نشست رسوبات دریایی سریع است، حفاظت موجودات به مراتب زیادتر می‌شود. به‌طورکلی، هرچه رسوبات نرم‌تر و ریزتر باشد، فسیل شدن بهتر و بیش‌تر صورت می‌گیرد.

جسد جانداران ساکن خشکی کم‌تر از جانداران دریایی فسیل می‌شود ؛ زیرا اولاً تنوع حیات و تعداد جانداران در بیش‌تر قسمت‌های خشکی‌ها کم است و دیگر این که ماده یا موادی که جسد جانداران را به سرعت بپوشاند، نسبت به محیط‌های آبی بسیار کم‌تر است. با این حال، در روی خشکی هم آثار فسیلی به‌وجود می‌آیند که در این‌جا به برخی از آن‌ها اشاره می‌کنیم.

ــ یخ و خاک‌های یخ‌زده به خوبی می‌توانند جسد جانداران را از تجزیه دور نگه‌دارند. یکی از جاندارانی که به این صورت به فسیل تبدیل شده، ماموت پشم‌دار است که آثار و گاهی بدن این جاندار به همراه قسمت‌های نرم آن در سیبری و آلاسکا یافت می‌شود. گوشت بعضی از این فسیل‌ها به قدری خوب محافظت شده است که پس از خارج شدن از زیر یخ‌ها توسط جانداران امروزی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ــ در خاک‌های آغشته به قیر و مواد نفتی دیگر نیز فسیل تشکیل می‌شود ؛ برای مثال، بقایای جانداری به نام رینوسروس (Rhinoceros) در رسوبات شرق لهستان یافت شده است. بعضی از این فسیل‌ها دارای گوشت و پوست کامل‌اند.

ــ از دیگر محیط‌های مناسب خشکی‌ها برای فسیل شدن، صمغ و شیره‌ی گیاهان است. حشرات به مرور زمان و با سخت شدن صمغ بدون کوچک‌ترین تغییری در درون آن محافظت می‌شوند. آن‌ها گاهی به قدری خوب محافظت شده‌اند که حتی بافت‌های بدنشان را نیز در زیر میکروسکوپ می‌توان مطالعه کرد.

ــ از دیگر محیط‌های مناسب در خشکی‌ها که امکان فسیل شدن تعداد محدودی از موجودات را فراهم می‌کند ؛ طوفان‌های شن و ماسه، حفره‌های قیر و آسفالت طبیعی، غارها، خاکسترهای آتش‌فشانی و... ؛ است.

● تصویر میانی این صفحه مربوط به شهر هرکولانوم Herculaneum در ایتالیاست. آتش‌فشان وزو در ایتالیا در سال ۷۹ میلادی به طور ناگهانی شروع به فعالیت کرد و سه شهر هرکولانوم، پمپی Pompei و استابیس Stabies را که در اطراف این کوه قرار داشتند، به سرعت با مواد فورانی پوشاند. تمامی مردم این سه شهر براثر گازهای موجود در خاکستر آتش‌فشانی و نیز به وسیله‌ی غبار خفه شدند و اثری از این شهرها بر روی زمین باقی نماند. به دنبال حفاری‌های باستان‌شناسان، پس از ۱۷ قرن باقی‌مانده‌های این سه شهر از زیر خاک بیرون آمد و رازی برملا شد که مردم جهان را به حیرت واداشت.

نگهبانان رومی در محل خدمت خود مدفون شده بودند. خانواده‌هایی که به زیرزمین‌ها پناه برده بودند، همراه با جواهرات و شمعدان‌ها و غذاهایی که امیدوار بودند تا زمان رفع خطر آن‌ها را زنده نگاه دارد، به صورت قالبی از مواد آتش‌فشانی به سنگی سخت مبدل شده بودند.

● اثر خارجی بدن جانوران بر روی رسوبات نیز فسیل به حساب می‌آید. اگر بدن جانوری پس از مرگ روی رسوبات نرم قرار گیرد، بعد از فساد و از بین رفتن اعضای نرم، ممکن است اثر آن بر رسوبات نقشی باقی گذارد. اغلب، این اثرها به وسیله‌ی رسوبات دانه‌ریز مانند ماسه پر می‌شود و بعدها سخت می‌گردد.

## راهنمای تدریس

### فکر کنید

۱ــ بزرگی جانور، تعداد انگشتان، طرز راه رفتن و سنگینی بدن، آب و هوای محیط و ....

۲ــ میزان دما، بارندگی، عرض جغرافیایی، محیط ساحلی، محیط مردابی.

۳ــ بله، چون نوع جاندارانی که در نواحی عمیق، کم‌عمق یا نواحی ساحلی زندگی می‌کنند، متفاوت است ؛ بنابراین، مجموعه‌ی فسیلی هر ناحیه با نواحی دیگر تفاوت دارد.

۴ــ بله، چون اغلب جانداران آبی در درجه‌ی شوری خاصی زندگی می‌کنند ؛ برای مثال، ماهی قزل‌آلا فقط در آب شیرین می‌تواند زندگی کند یا ماهی اُزون برون در درجه‌ی شوری حدود ۱۳ گرم در لیتر (مانند دریای خزر) و کوسه‌ماهی در شوری حدود ۳۵ گرم در لیتر زندگی می‌کند.

### استفاده از فسیل‌ها

دانش‌آموزان درباره‌ی شکل ظاهری فسیل‌ها بیش از جنبه‌های اقتصادی، علمی و دیگر کاربردهای آن‌ها آگاهی دارند. در این قسمت از دانش‌آموزان بخواهید که درباره‌ی موارد استفاده‌ی دیگری که ممکن است فسیل‌ها برای ما یا زمین‌شناسان داشته باشند، با هم گفت‌وگو کنند.

## دانستنی‌ها

**تشخیص جغرافیایی قدیمی زمین:** با توجّه به مطالعات فسیل‌شناسی مربوط به هر دوره و آگاهی از محیط‌های زندگی سنگواره‌ها و تعیین رسوبات عمیق و کم‌عمق یا قاره‌ای، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در دوره‌های گذشته‌ی زمین کدام بخش آن که هم‌اکنون به صورت خشکی است با آب پوشیده می‌شده یا برعکس کدام ناحیه از دریاهای کنونی به صورت خشکی بوده است. برای شناخت رسوبات هم‌زمان که به کمک آن‌ها می‌توان پهنه‌ی خشکی‌ها و حدود دریاهای هر دوره را مشخص کرد، اغلب از فسیل‌ها استفاده می‌شود. پیدایش فسیل‌های گیاهی و مهره‌داران غیرآبزی در یک منطقه معمولاً دلیلی بر وجود خشکی در یک دوره‌ی زمانی است. از روی فسیل‌های مشابه گیاهی در پاره‌ای از نقاط مختلف جهان که امروزه از یک‌دیگر بسیار دورند، می‌توان ثابت کرد که بخشی از خشکی‌های زمین مانند استرالیا، آمریکای جنوبی، هندوستان، جنوب آفریقا و نواحی قطب جنوب همگی در اواخر پالئوزوئیک به یکدیگر متصل بوده و قاره‌ی گندوانا را تشکیل می‌داده‌اند.

گاهی به کمک مطالعات فسیل‌شناسی می‌توان ارتباط بین قاره‌ای را (باریکه‌هایی از خشکی که دو قاره را به هم متصل می‌کرده است) ثابت کرد. در تأیید این مطلب، عده‌ای مهاجرت اجداد شتر از آمریکای شمالی به آسیا را با این نظریه که شتر ابتدا در آمریکا پیدا شده و سپس از طریق ارتباطی که بین آلاسکا و سیبری وجود داشته، به آسیا مهاجرت کرده است مثال می‌آورند. شاید بتوان تعدد فسیل‌های شتر را در آمریکا و این که این حیوان امروزه فقط در آسیا یا بخشی از شمال آفریقا زندگی می‌کند، به این ترتیب توجیه کرد.

**تشخیص آب و هوای زمین در گذشته:** در گذشته آب و هوای مناطق مختلف زمین مانند امروز متغیر بوده است. لذا فسیل‌های هر دوره می‌توانند بازگو کننده‌ی وضع آب و هوا در آن دوره باشند. اگر امروز می‌بینیم که توده‌های مرجانی منحصراً در آب‌های روشن و صاف، در نزدیکی سواحل مناطق گرم که دمای آب آن‌ها از ۲۰ درجه کم‌تر نیست می‌توانند زندگی کنند، بدون تردید برای زندگی آن‌ها در دوره‌های گذشته هم باید نظیر چنین شرایطی را درنظر گرفت.

**شناخت اکوسیستم‌های گذشته:** فسیل‌ها می‌توانند معرف ویژگی‌های اکوسیستم مربوط به خود باشند. مرجان‌ها، ستاره‌های دریایی و ماهی‌ها امروز منحصراً در دریا زندگی می‌کنند. وجود سنگواره‌های این قبیل جانوران در ارتفاعات زیاد نشان می‌دهد که این نقاط مرتفع،

روزی بستر دریا بوده است ؛ زیرا جانداران سازنده‌ی این سنگواره‌ها می‌بایست در شرایطی مشابه با وضع موجود این نوع بی‌مهرگان یا مهره‌داران، زندگی کرده باشند. از روی فسیل‌ها می‌توان از نوع محیط دریایی یا قاره‌ای رسوباتی که آن‌ها را دربر می‌گیرند، اطلاع حاصل کرد. همچنین، به کمک فسیل‌های موجود در رسوبات دریایی، می‌توان انواع محیط‌های مختلف موجود در دریا از قبیل نواحی عمیق، کم‌عمق یا نواحی ساحلی را مشخص کرد. امروزه به کمک فسیل‌های مخصوص می‌توان عمق دریاهای گذشته، آرام یا متلاطم بودن محیط، درجه‌ی شوری آب و میزان نسبی تابش خورشید را تعیین کرد.

**تشخیص منابع نفتی و گاز:** اصولاً مخازن نفت و گاز در سنگ‌های متخلخل قرار دارند و روی آن‌ها را نیز سنگ‌های غیرقابل نفوذ (سنگ پوشش) می‌پوشانند. بنابراین، در یک منطقه با توجه به توالی لایه‌ها و تعیین هم‌زمانی آن‌ها، به کمک فسیل‌ها می‌توان محل لایه‌های نفتی را در ژرفای زیاد، در ضمنِ عملیات حفاری تعیین کرد و از صرف مخارج بیش‌تر جلوگیری نمود.

در تعیین منابع معدنی از منشأ رسوبی می‌توان از اصل توالی لایه‌ها و هم‌زمانی استفاده کرد ؛ مثلاً برای اکتشاف و دنبال کردن لایه‌های فسفات‌دار یا زغال‌دار و امثال آن، در نقاط دور از هم کافی است به توالی رسوباتی که به لایه‌های معدنی ختم می‌شوند، توجه کنیم.

**اصل تکامل موجودات زنده:** با بررسی لایه‌های رسوبی فسیل‌دار ثابت می‌شود که همه‌ی موجودات زنده در یک زمان خلق نشده‌اند بلکه ابتدا موجوداتی ساده و سپس موجوداتی با شکل و طرح پیچیده پا به عرصه‌ی وجود گذاشته‌اند. در این تغییر و تحول موجودات، اعضا و دستگاه‌های بدن جانداران دوره‌های مختلف نسبت به گروه‌های قبل از خود پیچیده‌تر و به اصطلاح کامل‌تر بوده است.

امروزه براساس این اصل، ظهور و تغییرات موجودات زنده را در دوره‌های زمین‌شناسی تعیین و لایه‌های رسوبی زمین را متناسب با ظهور یا از بین رفتن هر دسته از موجودات زنده تقسیم‌بندی می‌کنند.

## راهنمای تدریس

### فکر کنید

فسیل‌ها می‌توانند بازگو کننده‌ی نظم و توالی حیات باشند ؛ زیرا در هر دوره جاندارانی وجود داشته‌اند که با جانداران دوره‌های قبل و بعد از خود متفاوت بوده‌اند. این تفاوت‌ها نشان می‌دهد که حیات از مراحل ساده شروع شده و به تدریج به حالات پیچیده‌ی کنونی رسیده است. در تاریخ گذشته‌ی زمین، زمانی بی‌مهرگان تنها نماینده‌ی شاخه‌ی جانوری بوده‌اند و پس از آن‌ها، ماهی‌ها برای چندین دوره در طول حیات زمین عالی‌ترین موجودات از گروه مهره‌داران به‌شمار می‌رفته‌اند. سپس دوزیستان، خزندگان، پرندگان و بالاخره پستانداران در دوره‌های مختلف به‌وجود آمده و هر دسته از گروه قبل کامل‌تر بوده‌اند ؛ بنابراین، لایه‌های سنگی که مجموعه‌ی فسیلی با ساختمان بدنی ساده‌تری دارند، از لایه‌هایی که مجموعه‌ی فسیلی داخل آن‌ها ساختمان بدنی پیچیده‌تری دارند، قدیمی‌ترند.

## دانستنی‌ها

● قدیم‌ترین فسیلی که تاکنون کشف شده فسیلی میکروسکوپی از نوعی باکتری است. این فسیل در سنگ‌هایی که عمر آن‌ها حدود ۳/۵ میلیارد سال است، در استرالیا پیدا شده است. به احتمال زیاد، این باکتری‌ها بی‌هوازی بوده و از مولکول‌های آلی که در اقیانوس‌ها فراوان یافت می‌شده‌اند، انرژی کسب می‌کرده‌اند. بعدها با به وجود آمدن کلروفیل، این باکتری‌ها توانستند غذای خود را تأمین کنند و به این ترتیب، اولین تولیدکنندگان به‌وجود آمدند. اولین باکتری‌های کلروفیل‌دار، سیانوباکترها بوده‌اند و به سیانوباکتری‌های امروزی ــ مثل نوستوک که به فراوانی در آب دریاها زندگی می‌کنند ــ شباهت داشته‌اند.

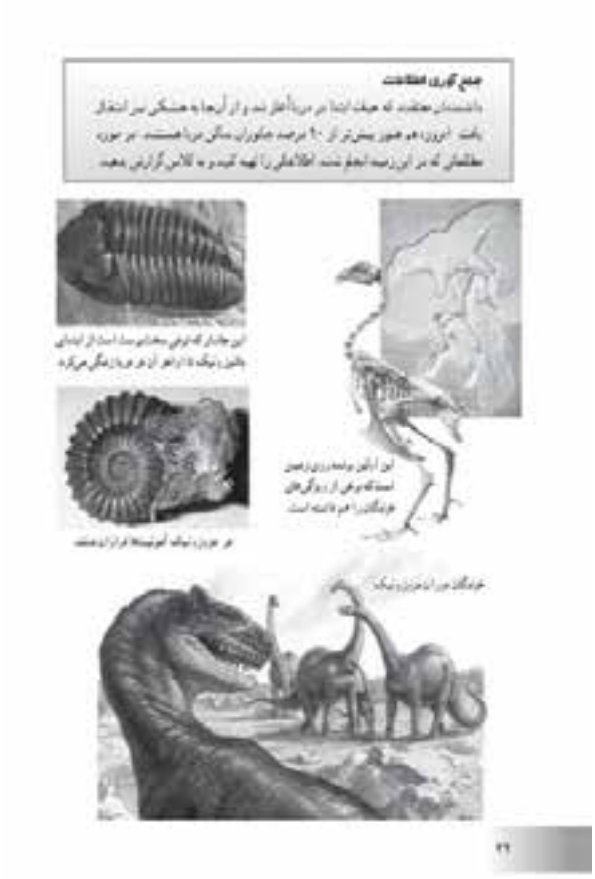
● فسیل اسکلتِ قدیم‌ترین پرنده‌ی شناخته شده در میان سنگ‌های آهکی معدنی واقع در جنوب آلمان توسط یک معلم دوره‌ی ابتدایی که دانش‌آموزان را برای گردش علمی به این مکان برده بود، کشف شد. قدمت این فسیل که آن را آرکئوپتریکس نامیده‌اند، حدود ۱۴۰ میلیون سال است. اگر آثاری از پر در اطراف این فسیل یافت نمی‌شد، دانشمندان به سختی می‌توانستند آن را جزء پرندگان به‌حساب آورند. آرکئوپتریکس فسیلی بسیار مهم است ؛ زیرا نه‌تنها نشانه‌هایی از قدیم‌ترین پرنده با خود دارد بلکه به سبب داشتن بعضی صفات خزندگان (وجود سه انگشت در هر بال، دندان‌های کوچک و تیز در هر آرواره و دم طویل استخوانی) به کمک آن می‌توان چنین استدلال کرد که پرندگان از خزندگان مشتق شده‌اند.

● تریلوبیت‌ها از گروه بندپایان‌اند که بدن آن‌ها از سه قسمت سر، سینه و دم تشکیل شده است. این جانداران پوسته‌ای سخت داشته‌اند و اندازه‌ی اغلب آن‌ها حدود چند سانتی‌متر و بعضی تا چند دسی‌متر بوده است. تریلوبیت‌ها شبیه خرچنگ‌های نعل‌اسبی امروزی بوده و در قسمت‌های کم‌عمق و بر بستر دریا زندگی می‌کرده‌اند. آن‌ها احتمالاً محیط خود را از بقایای جانوران و مواد آلی پاکیزه نگه می‌داشته‌اند.

● آمونیت‌ها از مهم‌ترین بی‌مهرگان دوران مزوزوئیک و از گروه سرپایان‌اند. سرپایان در اواخر دوران پالئوزوئیک ظاهر شدند و در مزوزوئیک به بیش‌ترین تعداد خود رسیدند. امروزه به جز اسکویدها و اختاپوس‌ها نمونه‌های معروفی از آن‌ها وجود ندارد. این جانوران آزادانه در دریا شنا می‌کنند. صدف سرپایان قدیمی صاف یا پیچ‌خورده است. درون صدف توسط دیواره‌هایی به حجره‌های متعدد تقسیم می‌شود که جانور در حین رشد آن‌ها را می‌سازد و خود همواره در آخرین حجره به‌سر می‌برد. در روی صدف سرپایان مزوزوئیک تزییناتی به شکل‌های مختلف وجود دارد که یکی از وسیله‌های شناسایی این جانوران است.

● خزندگان درشت جثه‌ی مزوزوئیک را دایناسور (خزنده =Sourus و مخوف =Deinos) می‌گویند. تغییر شرایط آب و هوایی در دوران مزوزوئیک (یعنی آب و هوای گرم) به توسعه‌ی فراوان خزندگان منجر شد. طول جثه‌ی این خزندگان بین یک تا سی متر بوده است. در این زمان، علاوه بر خزندگان ساکن خشکی خزندگانی هم وجود داشتند که می‌توانستند در هوا پرواز کنند و انواعی از آن‌ها هم در آب شنا می‌کردند. به دلیل افزایش تعداد و تنوع خزندگان در دوران مزوزوئیک، آن را دوران خزندگان نامیده‌اند. در اواخر مزوزوئیک، خزندگان به طور اسرارآمیزی از میان رفتند. تا کنون دلایل زیادی برای نابودی این جانوران ارائه شده است که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از :

بالا آمدن زمین و کاهش وسعت مرداب‌ها، بزرگی جثه‌ی خزندگان و کافی نبودن غذا، شیوع بیماری، خورده شدن تخم این جانداران توسط پستانداران اولیه و ... . در این میان، نظریه‌ای که مبتنی بر سرد شدن هوا براثر گردوغبار ناشی از برخورد شهاب سنگ‌های بزرگ به سطح زمین است، اعتبار بیش‌تری دارد.



پستانداران و.....) را روی یک مقوای بزرگ بکشید (یا به عنوان کار خارج از کلاس، ازگروهی بخواهید که آن را تهیه کنند). سپس با طرح سؤال‌هایی شبیه سؤال‌های زیر، بحث گوناگونی و تغییرگونه‌ها را شروع کنید.

ــ آیا همه‌ی گیاهان در یک زمان روی کره‌ی زمین زندگی می‌کرده‌اند؟

ــ آیا گیاهانی در روی زمین بوده‌اند که اکنون وجود ندارند؟

ــ امروزه کدام گیاهان در روی زمین فراوان‌ترند؟

ــ چرا گیاهان گلدار نسبت به سایر گیاهان فراوان‌ترند؟

ــ چه عواملی ممکن است باعث از بین رفتن بعضی گیاهان شده باشد؟

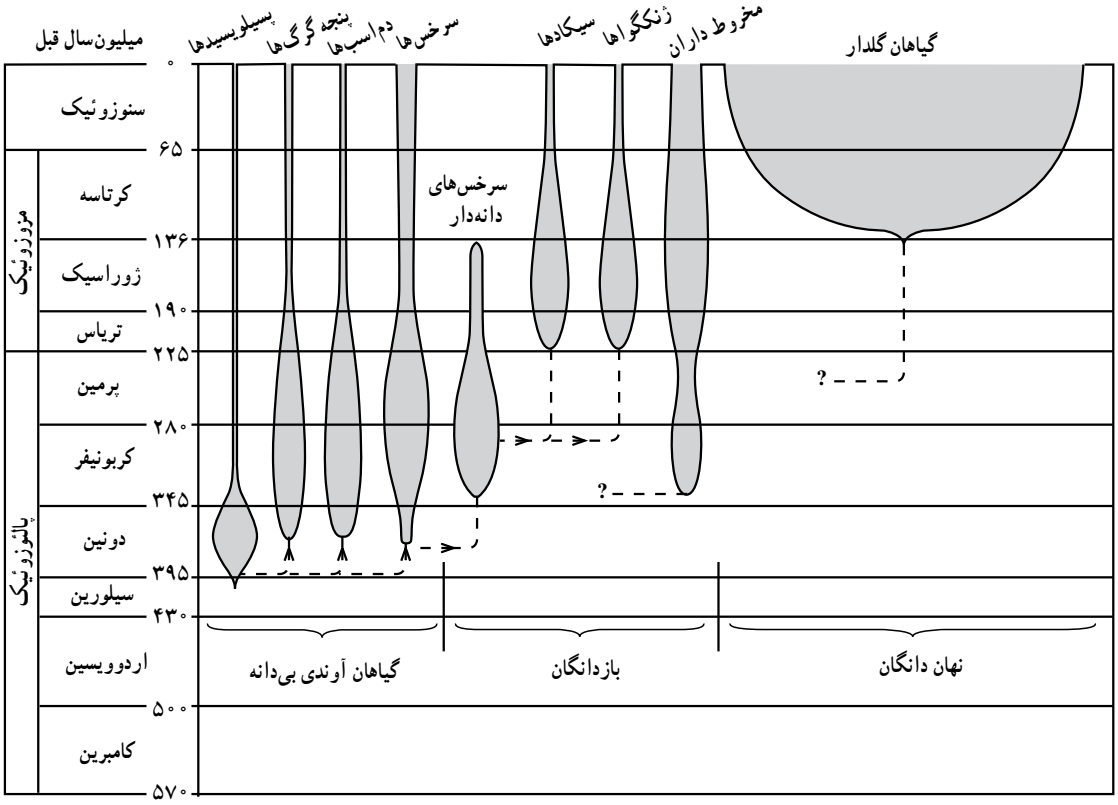
اندیشه‌ی تغییر گونه‌ها را نخستین بار فیلسوفان رومی ارائه کردند. آنان معتقد بودند که نسل هر جاندار در صورتی می‌تواند به بقای خود ادامه دهد که افرادی سالم را تولید کند. به این اندیشه تا قرن نوزدهم توجه جدی مبذول نشد.

در سال ۱۸۵۹ چارلز داروین شواهد متقاعد کننده‌ای مبنی بر تغییر گونه‌ها به‌دست آورد. او توانست با ارائه‌ی شواهد انکارناپذیر، چگونگی انجام پذیرفتن تغییر گونه‌ها را توضیح دهد.

نظریه‌ی داروین نیز مانند سایر نظریه‌های علمی، در طول سال‌ها آزمایش و مشاهده متحول شده است امّا تقریباً همه‌ی زیست‌شناسان امروزی پذیرفته‌اند که این نظریه مبنای گوناگونی حیات در زمین را توضیح می‌دهد.

## راهنمای تدریس

بهتر است طرح زیر یا طرح‌های مشابه آن (گروه‌های بی‌مهرگان،




**تکامل گیاهان آونددار؛ پهنای هر نوار نشان دهنده‌ی فراوانی نسبی گروه‌هاست.**

## تاریخچه

تا نیمه‌های قرن نوزدهم بیش‌تر افراد ــ دانشمند و غیردانشمند ــ هر یک از گونه‌های جانداران را موجودی ازلی می‌دانستند که از آغاز پیدایش بدون تغییر بوده است. به تدریج، بعضی از دانشمندان دریافتند که با دیدگاه ثابت و اعتقاد به عدم تغییر گونه‌ها نمی‌توان فسیل‌های کشف شده را تفسیر کرد. در نتیجه، برخی از آنان به منظور توضیح این امر تفسیرهای مختلفی ارائه دادند.

درسال ۱۸۰۹ میلادی، دانشمندی فرانسوی به نام **لامارک** نظریه‌ی جدیدی را درمورد چگونگی به‌وجود آمدن گونه‌های مختلف جانداران ارائه داد. او معتقد بود که ممکن است تغییر گونه‌ها در نتیجه‌ی استفاده یا عدم استفاده‌ی فیزیکی افراد یک گونه از اندام‌های بدن خود صورت پذیرد. به اعتقاد لامارک، در طول عمر یک فرد، اندازه‌ی اعضای بدن او در نتیجه‌ی استفاده‌ی بیش‌تر افزایش و در نتیجه‌ی عدم استفاده کاهش می‌یابد. طبق نظریه‌ی او، این صفات اکتسابی در طول زندگی هر فرد از یک نسل به نسل بعد منتقل می‌شوند (موروثی شدن صفات اکتسابی). به عقیده‌ی لامارک، حیوانی که می‌کوشد از سرشاخه‌ها و برگ‌های درختان تغذیه کند، برای رسیدن به آن‌ها ناگزیر به دراز کردن گردن خود است. اولاد این حیوانات نسل به نسل با گردنی درازتر زاده خواهند شد به‌طوری که لامارک می‌گوید، زرافه‌ها به همین ترتیب از اجدادی شبیه بزکوهی به‌وجود آمده‌اند.

نظریه‌ی لامارک بسیار موفقیت‌آمیز بود و به اشاعه‌ی اندیشه‌ی تکامل بسیار کمک کرد اما سرانجام، معلوم شد که قسمتی از آن نادرست است. این که استفاده یا عدم استفاده از اندام‌ها به کسب صفتی می‌انجامد، کاملاً درست است ؛ مثلاً همه می‌دانند که ورزش مداوم، ماهیچه‌ها را قوی می‌کند ولی اشتباه لامارک در این بود که این‌گونه تغییرات اکتسابی (غیرژنتیکی) را موروثی می‌دانست. صفات اکتسابی موروثی نیستند ؛ زیرا از اثرات محیط و رشد جاندار ناشی می‌شوند نه اثرات ژن‌های جاندار. فقط صفات وابسته به ژن‌ها موروثی‌اند.

سالی که لامارک تئوری خود را منتشر کرد، سال تولد چارلز داروین بود. داروین در ۲۲ سالگی (۱۸۳۱) به مدت پنج سال با کشتی اکتشافی بیگل به سفر دور دنیا رفت. بیگل مأموریت داشت که بررسی درمورد آمریکای جنوبی را که هیئت اعزامی همان کشتی و نیز کشتی سلطنتی ادونچر آن را در سفرهای پیش آغاز کرده بودند، تکمیل کند. داروین در جریان سفر خود مشاهده‌های فراوانی انجام داد و تعداد زیادی از جانوران و گیاهان گوناگون را گردآوری کرد.

او پس از بازگشت به کشور خود، حدود ۲۰ سال را به مطالعه و تفکیک یافته‌های خود سپری کرد و در جریان بررسی‌هایش به مدارکی که

مبین چند نتیجه‌ی کلی بودند، دست یافت.

زیست شناس دیگری به نام آلفرد راسل والاس که مستقل از داروین به همین نتایج کلی رسیده بود، آن‌ها را برای داروین فرستاد. به سال ۱۸۵۸ میلادی داروین و والاس با هم تئوری جدیدی درباره‌ی تکامل را اعلام کردند. این تئوری به سرعت جانشین نظریه‌ی لامارک شد. داروین این نظریه‌ی جدید را پروراند و در قالب کتابی تنظیم کرد. این اثر معروف که نام آن **اصل انواع به وسیله‌ی انتخاب طبیعی** یا **بقای نژادهای مناسب در تنازع بقاست**، در سال ۱۸۵۹ منتشر شد.

## پاسخ پرسش‌های زیر تصاویر

۱ــ سمت راست بالا : خیر ؛ چون اگر همه‌ی آن‌ها بتوانند به سن مادرشان برسند و هر یک مانند مادر خود ۳۰ تا ۴۰ نوزاد به وجود آورند، به زودی جمعیت فراوانی از این نوع حشره ایجاد می‌شود که با کمبود شدید غذا، نور، آب و ... مواجه است.

۲ــ سمت چپ بالا : نسبتاً زیاد است ؛ چون کم‌تر مورد توجه شکارچیان قرار می‌گیرد.

۳ــ تصاویر پایین : خرگوش سمت راست در محیط برفی شانس بیش‌تری برای زنده ماندن دارد ؛چون با رنگ سفید خود در محیط برفی

بهتر می‌تواند از چشم شکارچیان دور بماند. درضمن، گوش‌های کوچک به آن کمک می‌کنند که در محیط سرد انرژی کم‌تری را از دست بدهد. درعوض، خرگوش سمت چپ در محیط دشت و بیابانی شانس بیش‌تری برای زنده ماندن دارد. رنگ آن با این گونه محیط‌ها هم‌رنگ است و در ضمن گوش‌های بزرگ آن به خنک شدن بدنش در این محیط‌ها کمک می‌کند.

## راهنمای تدریس

### مقایسه کنید

#### نظریه‌ی لامارک

۱ــ گردن اجداد زرافه کوتاه بوده و آن‌ها برای رسیدن به برگ درختان بالایی، مرتباً گردن خود را به سمت بالا می‌کشیدند.

۲ــ زرافه‌های بعدی هم باز به گردن کشیدن می‌پرداختند.

۳ــ و سرانجام، زرافه‌های کنونی با گردن‌های دراز به وجود آمدند.

#### نظریه‌ی داروین

۱ــ اجداد زرافه‌ها احتمالاً گردن‌هایی به طول‌های نامساوی داشته‌اند و تفاوت‌ها ارثی بوده است (داروین نتوانست علت گوناگونی را توضیح دهد).

۲ــ رقابت و انتخاب طبیعی سبب پیروزی نسل زرافه‌های گردن‌دراز بر زرافه‌های گردن کوتاه شد.

۳ــ تا آن که سرانجام فقط زرافه‌های گردن دراز باقی ماندند.

### فکر کنید

#### پاسخ پرسش ۱

الف ــ گاو ــ دستگاه گوارش و نوع دندان‌های آن برای رژیم علف‌خواری سازگار شده است.

ب ــ مار ــ حس بویایی آن قوی شده است ؛ زیرا نمی تواند از حس بینایی خود استفاده‌ی چندانی کند. به زمین بسیار نزدیک است و محیط اطراف را به‌خوبی نمی‌بیند.

پ ــ کاکتوس ــ ساقه‌های گوشتی برای ذخیره کردن آب و تبدیل برگ به تیغ برای جلوگیری از تبخیر آب.

ت ــ اردک ــ پرده‌ی که بین انگشتان اردک به وجود آمده است، این حیوان را قادر می‌سازد که به خوبی شنا کند.

ث ــ بوته‌ی کدو ــ برگ‌های بزرگ آن می‌توانند نور و کربن دی‌اکسید فراوانی را جذب کرده و به این ترتیب، میوه‌ی بزرگی تولید کند.

#### پاسخ پرسش ۲

ــ بله ؛ مهاجرت گونه‌های جدید به یک منطقه ممکن است سبب آمیزش گونه‌ی جدید با افراد بومی شود و در نتیجه، جمعیت‌های جدید به‌وجود آیند.

● داروین و والاس درباره‌ی تکامل توضیحی ناقص دادند ؛ چون آن‌دو درباره‌ی علل ژنتیکی تغییرات تکاملی چیزی نمی‌دانستند. البته باید گفت که آن‌ها نخستین کسانی بودند که جهت درست تکامل را نشان دادند.

براساس یافته‌های کنونی، مکانیسم تکامل را می‌توان چنین معرفی کرد : اثر انتخاب طبیعی بر تفاوت‌های ژنتیکی که در میان افراد یک جمعیت ظاهر می‌شوند.

در نظریه‌های جدید، عامل اصلی ایجاد کننده‌ی تغییرات جهش است و سایر عوامل، جنبه‌ی فرعی و کمکی دارند. جهش‌ها اغلب مضر و مخرب‌اند. بسیاری از زیست‌شناسان درصد جهش‌های مضر را ۹۰ و عده‌ای حتی بالغ بر ۹۹درصد می‌دانند. نکته‌ی مهمی که باید به آن توجه کرد، مفهوم مفید و مضر از دیدگاه زیست‌شناسی است. اگر جهش موجب بروز صفتی شود که در شرایط موجود به نفع جاندار است، آن را مفید می‌نامیم ولی باید توجه داشت صفتی که در شرایطی آن را مفید می‌دانیم،

در محیط دیگر ممکن است مضر به‌شمار آید ؛ برای مثال، جهشی که به زوال بال نوعی حشره منجر شود، قدرت جابه‌جایی و پرواز آن را محدود می‌کند و به همین دلیل، تغییر مضر تلقی می‌شود اما در مناطقی که به شدت بادخیزند، وجود بال در حشره صفت مضری است و زوال بال بقای حشره را تضمین می‌کند و از این رو تغییری مفید به حساب می‌آید. با توجه به این نکات، وقوع جهش‌ها ــ حتی جهش‌هایی که در برخی از شرایط آن‌ها را مضر می‌دانیم ــ به غنی‌تر شدن گنجینه یا خزانه‌ی ژنتیکی یک گونه منجر می‌شود و امکان سازگاری با تغییرات آتی و درازمدت را به‌وجود می‌آورد.

برای این که صفت جدیدی در یک گونه‌ی جاندار به وجود آید، باید تولید مثل صورت گیرد. تولیدمثل همه‌ی جانداران سرانجام با تولیدمثل سلول ارتباط پیدا می‌کند. در جاندارانی که به روش غیرجنسیِ دوتاشدن زیاد می‌شوند، تولیدمثل سلول، مترادف با تولیدمثل جاندار است. در جاندارانی هم که طریقه‌ی جنسی را انتخاب کرده‌اند، فرایند تولیدمثل به سلول‌های جنسی آن‌ها مربوط می‌شود. درک فرایندهای وراثت و رشد و نمو و به‌وجود آمدن صفت‌های جدید بدون آگاهی از چگونگی تولیدمثل سلولی ممکن نیست.

در سال گذشته، دانش‌آموزان در فصل ۹ (بدن موجود زنده) آموختند که در درون سلول‌های گیاهان، جانوران و بسیاری از آغازیان یک هسته وجود دارد که همه‌ی فعالیت‌های سلول را به وسیله‌ی اجزایی به نام کروموزوم در کنترل دارد.

کروموزوم‌ها به جز هنگام تقسیم سلولی، به صورت رشته‌های باریک و درهمی به نام **کروماتین** در درون هسته قرار دارند. در این رشته‌ها حدود ۶۰ درصد پروتئین ۳۵ درصد DNA و ۵ درصد RNA وجود دارد. پیش از تقسیم سلولی و هنگام این عمل، کروماتین به صورت رشته‌های تیره و قطوری درمی‌آید که قابل مشاهده‌اند و کروموزوم نام دارند. در هر کروموزوم یک مولکول بسیار پیچ خورده و فشرده به نام DNA که پروتئین‌ها آن‌ها را در میان گرفته‌اند، وجود دارد.

هر جاندار در سلول‌های خود تعداد کاملاً معینی کروموزوم دارد ؛ مثلاً تعداد کروموزوم‌ها در هسته‌ی هر سلول بدن انسان ۴۶ عدد است.

معمولاً، کروموزوم‌های هر سلول دو به دو به یک‌دیگر شبیه‌اند. به این ترتیب، در هر سلول بدن انسان ۲۳ جفت کروموزوم یافت می‌شود. این جفت کروموزوم‌ها از لحاظ طول و شکل با هم تفاوت دارند. هر دو کروموزوم‌مشابه را نسبت به یکدیگر **همتا** یا **هومولوگ** می‌نامند. به همین دلیل، تعداد کروموزوم‌ها را با ۲n نشان می‌دهند. چنین سلول‌هایی در اصطلاح ۲n کروموزومی یا دیپلوئید نامیده می‌شود. در سلول‌های جنسی

برخلاف سلول‌های دیگر بدن، تعداد کروموزوم‌ها نصف تعداد کروموزوم‌های سایر سلول‌هاست. به چنین سلول‌هایی n کروموزومی یا هاپلوئید می‌گویند.

امروزه مشخص شده است که در روی کروموزوم‌ها واحدهایی وجود دارد که به آن‌ها **ژن** گفته می‌شود. برای بروز هر ویژگی، دو ژن لازم است که یکی بر روی یک کروموزوم و دیگری بر روی کروموزوم همتا (هومولوگ)ی آن قرار دارد.

در جانداران پرسلولی، سلول‌های جنسی ــ یعنی اسپرماتوزوئید و تخمک ــ هر یک n کروموزوم دارند و پس از لقاح به یک سلول ۲n کروموزومی تبدیل می‌شوند ؛ بنابراین، در به‌وجود آمدن یک ویژگی در نسل جدید، دو ژن ــ که یکی در روی کروموزوم‌های اسپرماتوزوئید و دیگری روی کروموزوم‌های تخمک قرار دارد ــ مؤثرند. امروزه معلوم شده است که رشد و نمو هر اندام، صفات فیزیکی، وجود آنزیم‌ها در بدن و ... همگی به‌عهده‌ی ژن‌هاست. ژن‌ها آثار خود را در سنین مختلف ظاهر می‌کنند. بسیاری از صفات، مدت‌ها قبل از تولد شکل می‌گیرند اما زمان بروز بعضی دیگر، دوران کودکی و حتی بلوغ است.

## راهنمای تدریس

### تفسیر کنید

تغییر در شکل DNA سبب جابه‌جایی ژن‌ها در کروموزوم‌ها می‌شود. ازنظر زیست‌شناسان، این امر پدیده‌ای تصادفی است که بدون هدف و برنامه‌ریزی رخ می‌دهد. این تغییر عموماً برای جاندار مضر است و سبب نابودی آن می‌شود. اگر این تغییر به ایجاد یک ویژگی جدید و سازگاری بیش‌تر جاندار منجر شود، رفته‌رفته طبیعت آن را انتخاب می‌کند و گسترش می‌دهد.

● **ثبات و تغییرپذیری گونه‌ها**

از زمان‌های بسیار قدیم توجه انسان به وضع گونه‌ها، به انتخاب دو نگرش متفاوت درباره‌ی گونه‌ها منتهی شده است. این دو نظریه عبارت‌اند از :

**۱ــ نظریه‌ی ثبات گونه‌ها**

اساس نظریه‌ی ثبات گونه‌ها از توجه به این نکته ناشی می‌شود که افراد یک گونه همیشه از زاد و ولدِ نظایر خود به‌وجود می‌آیند : مثلاً نوزاد گربه همیشه از آمیزش گربه‌ها پدید می‌آید و درخت بادام از دانه‌ی بادام می‌روید. نهال بادام وقتی رشد یافت، منحصراً بادام تولید می‌کند. هر انسانی در طول حیات خود ناظر این قاعده‌ی عام در پدید آمدن جانداران بوده است و تجارب اجدادی وی و نوشته‌های پیشینیان نیز صحت این قاعده را تأیید می‌کنند.

**۲ــ نظریه‌ی اشتقاق یا تغییر پذیری گونه‌ها**

در نقطه‌ی مقابل اندیشمندانی که به ثبات گونه‌ها و تغییرناپذیری صفات گونه‌ای اعتقاد داشته و دارند، نظریه‌ی دیگری مطرح شده است که گونه‌ها را ثابت نمی‌داند و به پیدایش مستقل آن‌ها عقیده ندارد بلکه معتقد است که گونه‌ها در معرض تغییرند و در طول زمان گونه‌ای به گونه‌ی دیگر تحول می‌یابد. به عبارت دیگر، گونه‌ها از یک‌دیگر اشتقاق حاصل می‌کنند. این عقیده را نخستین بار حدود ۶۰۰ سال قبل از میلاد جمعی از فلاسفه‌ی یونانی مطرح کردند و در قرون بعد، برخی از فلاسفه‌ی مسلمان (برای مثال، ابن طفیل در قرن ۱۰ میلادی و المسعودی در قرن ۱۱ میلادی) آن را پذیرفتند.

این نظریه بعد از قرن ۱۸ میلادی به‌طور گسترده‌تری در میان دانشمندان اروپایی رواج یافت.

**شواهد مربوط به اشتقاق گونه‌ها**

امروزه در دانش زیست‌شناسی شواهد محکمی برای اشتقاق گونه‌ها وجود دارد. از جمله‌ی آن‌ها ساختار میکروسکوپی مولکول‌های زیستی مانند پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدهاست که بسیار تخصصی است و مطالعه‌ی آن‌ها برای دانش‌آموزان ما کاربردی ندارد ولی با توجه به مطالب کتاب می‌توانیم به شواهد زیر درباره‌ی اشتقاق گونه‌ها اشاره کنیم.

**الف ــ فسیل‌ها:** فسیل‌ها ممکن است تغییرات تدریجی گونه‌ها را از نیاکان اولیه تا گونه‌های امروزی نشان دهند. آن‌ها مستقیم‌ترین شواهد تغییر گونه‌ها را ارائه می‌کنند و ثبت کننده‌ی واقعی آثار جاندارانی هستند که در گذشته روی زمین زندگی می‌کرده‌اند. تغییرات مستمر و تدریجی در بعضی فسیل‌ها ثبت شده و قابل مشاهده است. توضیحات مربوط به پرنده‌ی آرکئوپتریکس در صفحه‌ی ۳۴ به‌خوبی نشان می‌دهد که این موجود، جانداری حد واسط بین خزندگان و پرندگان است و پرندگان از تغییر تدریجی برخی از خزندگان به‌وجود آمده‌اند.

**ب ــ ساختمان درونی:** مقایسه‌ی ساختارهای بدن جانداران مختلف اغلب مشابهت‌هایی اساسی را نشان می‌دهند ؛ حتی اگر این ساختارها وظایف متفاوتی داشته باشند. چنان‌که در تصویر این صفحه می‌بینند، درحالی که استخوان‌های اندام‌های حرکتی برخی از پستانداران مختلف به‌صورت‌های متفاوتی تغییر کرده‌اند، شباهت اساسی در ساختار استخوان‌ها باقی مانده است. این شباهت اساسی حاکی از آن است که پستانداران نیای مشترکی داشته‌اند.

**ج ــ مشابهت در مراحل جنینی:** مطالعه‌ی جنینی مهره‌داران در مراحل مختلف از تشابه این مراحل در جانوران مختلف حکایت دارد. جنین‌ها در مراحل اولیه‌ی نمو، صفت‌های مشترکی دارند. با تداوم نمو، ساختارهای مختلف تغییر می‌کنند و شکل نهایی آن‌ها ایجاد می‌شود. این تشابه نیز حاکی از آن است که مهره‌داران نیای مشترکی داشته‌اند.

# فصل ۴

## زمین ساخت ورقه‌ای

### هدف کلّی

آشنایی با نظریه‌ی زمین‌ساخت ورقه‌ای و اثر آن بر پدیده‌های زمین‌شناسی

**هدف جزیی:** در پایان این فصل، دانش‌آموز باید بتواند :

**الف ــ دانستنی‌ها و مهارت‌ها**

۱ــ برخی از دلایلی را که وگنر برای جابه‌جایی قاره‌ها ذکر کرده است، نام ببرد.

۲ــ شکل و ویژگی‌های سنگ کره‌ی زمین را بر اساس نظریه‌ی زمین‌ساخت ورقه‌ای توضیح دهد.

۳ــ انواع حرکت‌های سنگ‌کره را شرح دهد.

۴ــ علت حرکت ورقه‌های سنگ‌کره را به کمک یک آزمایش شرح دهد.

۵ ــ پدیده‌های حاصل از حرکات ورقه‌های سنگ‌کره را به‌طور کامل شرح دهد.

۶ ــ درمورد مناطق زلزله خیز کشور ما تفسیری ارائه دهد.

۷ــ مناطق فعال زمین را در ارتباط با یکدیگر تفسیر کند.

**ب ــ نگرش‌ها**

ــ به اهمیت نظریه‌ی زمین‌ساخت ورقه‌ای به‌عنوان زیر بنای تفکر علمی پی ببرد.

فصل ۴

زمین ساخت ورقه‌ای

جابه‌جایی قاره‌ها

۳۸

## راهنمای تدریس

### مقدمه

تا کنون در هیچ‌یک از رشته‌های علمی نظریه‌ای جامع‌تر از زمین‌ساخت‌ورقه‌ای ارائه نشده است. امروزه اکثر زمین‌شناسان برای توضیح پدیده‌های مهمی ازقبیل جابه‌جایی قاره‌ها، گسترش کف اقیانوس‌ها، جنبش‌های کوه‌زایی، متمرکز بودن فعالیت‌های درونی در نقاط خاص، تمرکز نقاط زلزله‌خیز در نوارهای خاص و نظایر آن‌ها از این نظریه استفاده می‌کنند. به کمک این نظریه می‌توان به شکلی مانع کننده این مسائل را در رابطه با هم توضیح داد.

اهمیت نظریه‌ی زمین‌ساخت ورقه‌ای به حدی است که امروزه تقریباً در همه‌ی کتاب‌های درسی علوم (ابتدایی، راهنمایی، متوسطه) کشورهای مختلف جهان به آن پرداخته‌اند. این مسئله نه‌تنها به‌عنوان یک بحث زمین‌شناسی بلکه به مثابه‌ی سواد علمی موردنیاز فردی که می‌خواهد در جهان امروز زندگی کند، مورد توجه قرار گرفته است. به همین علت است که ما هم ابتدا در کتاب‌های علوم ابتدایی و سپس در این کتاب به نظریه‌ی یاد شده پرداخته‌ایم. البته ورود ما به این مبحث بیش‌تر جنبه‌ی آشنایی با موضوع دارد و مسائل علمی این نظریه را به‌طور کامل مطرح نکرده‌ایم.

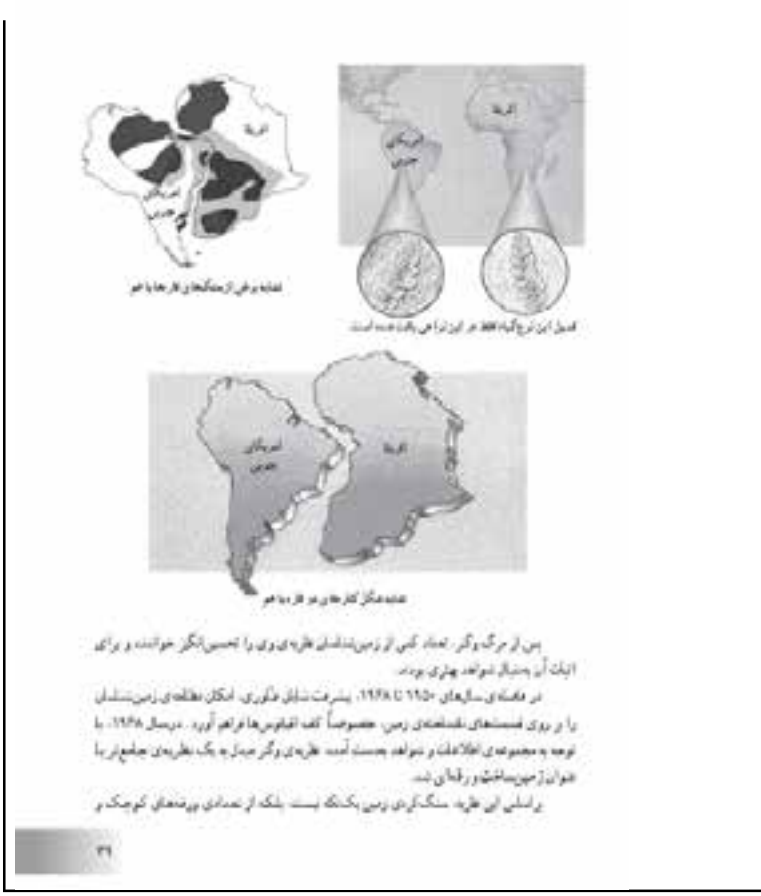
برای ورود به این مسئله می‌توانید با مثال‌هایی از کشور خود ما شروع کنید ؛ مثلاً

ــ چرا در کشور ما به‌طور مرتب زلزله به‌وقوع می‌پیوندد؟

ــ چرا زلزله‌های ایران اغلب در اطراف کوه‌های البرز و زاگرس روی می‌دهند؟

● استدلال وگنر این بود که در گذشته قاره‌ای عظیم به نام پانگه‌آ و اقیانوسی بزرگ به نام پانتالاسا وجود داشته است. چند صدمیلیون سال قبل پانگه‌آ شروع به تجزیه شدن کرد و قاره‌های کنونی کم‌کم از هم جدا شدند و در موقعیت‌های امروزی قرار گرفتند.

امروزه تقریباً همه‌ی زمین‌شناسان معتقدند که قاره‌ی پانگه‌آ در حدود ۲۰۰ میلیون سال قبل وجود داشته است. چند میلیون سال بعد، پانگه‌آ به دو قاره‌ی بزرگ لورازیا و گندوانا تبدیل شد که اولی آمریکای شمالی، گرینلند و بیش‌تر قسمت‌های آسیا و اروپای امروزی و دومی آمریکای جنوبی، افریقا، قطب جنوب، هندوستان و استرالیای کنونی را شامل می‌شده است.



## شواهد جابه‌جایی قاره‌ها

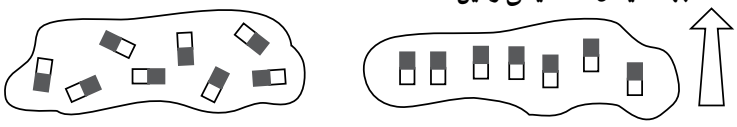
**۱ــ انطباق حاشیه‌ی قاره‌ها:** یکی از بهترین شواهد جدا شدن قاره‌ها از هم، انطباق زیاد حاشیه‌ی قاره‌ها در بعضی از نقاط دنیاست. البته اگر کار انطباق دادن در روی کاغذ و نقشه‌ی جغرافیا صورت گیرد، مشاهده می‌شود که خطوط ساحلی دقیقاً مشابه نیستند و در بین آن‌ها مناطقی خالی می‌ماند. بعضی عقیده دارند که انطباق را باید از محل شیب قاره‌ها انجام داد نه در امتداد خطوط ساحلی ؛ زیرا رسوبات فلات قاره در طول زمان ایجاد شده و شکل اولیه‌ی کنار قاره را برهم زده‌اند. در اوایل دهه‌ی ۶۰، سه زمین‌شناس به کمک رایانه نقشه‌ای را رسم کردند که در عمق ۹۰۰ متری قاره‌ها را در کنار هم منطبق می‌کرد. در این عمق، انطباق بسیار زیاد بود.

**۲ــ شباهت‌های ساختمانی و نوع سنگ‌ها:** اگر قاره‌ها در گذشته به هم متصل بوده‌اند، سنگ‌هایی که روی آن‌ها یافت می‌شود، باید از لحاظ نوع و جنس مشابه باشند. وجود چنین شباهتی میان سنگ‌های شمال‌غرب آفریقا و شرق برزیل ثابت شده است. در این مناطق، سنگ‌های متعلق به ۵۵۰ میلیون سال پیش در کنار سنگ‌های قدیمی و دو میلیارد ساله قرار دارند. انطباق این سنگ‌ها به گونه‌ای است که فقط متصل بودن قاره‌ها به هم می‌تواند پیوستگی آن‌ها را توجیه کند. نظیر همین وضع در بعضی از کمربندهای کوه‌زایی نیز مشاهده می‌شود.

**۳ــ تشابه فسیلی:** اگر قاره‌ای در گذشته به هم متصل بوده‌اند، قاعدتاً جانورانی که روی آن‌ها می‌زیسته‌اند، توانایی مهاجرت به نقاط مختلف را داشته‌اند و شاید فقط موانع طبیعی سد راهشان می‌شده است. بعضی از فسیل‌هایی که امروزه در روی قاره‌های مختلف یافت می‌شوند، شباهت‌های اجدادی دارند و در زمانی می‌زیسته‌اند که هنوز قاره‌ها به هم متصل بوده‌اند. در سال ۱۹۶۹ فسیل نوعی خزنده (لیستروزروس) در کوه‌های الکساندرای قطب جنوب یافت شد که نمونه‌های آن‌ها در آفریقا، ماداگاسکار و استرالیا دیده شده است. این فسیل‌ها مربوط به حدود ۲۰۰ میلیون سال گذشته‌اند. فسیل‌های مشابهی نیز از سرخس‌های قدیمی (گلوسوپتریس، گانگاموپتریس) در این مناطق یافت شده است اما امروزه این مناطق از هم دورند و بعید است که فرایندهای تکامل جانداران در روی آن‌ها به‌طور یک‌نواخت و هم‌زمان رخ داده باشد.

**۴ــ آب و هوای دیرین:** در قسمت‌هایی از قاره‌های واقع در نیم‌کره‌ی جنوبی، آثار یخچالی مشاهده می‌شود ؛ در حالی که امروزه این محل‌ها در نزدیکی استوا قرار دارند و با توجه به آب و هوای گرم و مرطوب استوایی، بسیار بعید است که در مناطق یاد شده یخچال پدید آید اما اگر قاره‌ی گندوانا به طریقی بازسازی شود، این مناطق یخچالی در کنار هم قرار می‌گیرند.

**۵ــ مغناطیس دیرین:** در دهه‌ی ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ عده‌ای از دانشمندان به مطالعه‌ی وضع مغناطیسی سنگ‌های قدیمی علاقه‌مند شدند. آنان می‌دانستند که با مطالعه‌ی سنگ‌های حاوی دانه‌های مانیتیت، می‌توان از جهت میدان مغناطیسی زمین در زمان تشکیل آن سنگ‌ها آگاه شد. ذرات کانی مانیتیت (اکسید آهن مغناطیسی) را در بسیاری از سنگ‌های آذرین می‌توان یافت. وقتی که سنگی منجمد شود، این ذرات به موازات خطوط نیروی میدان مغناطیسی زمان انجماد قرار می‌گیرند. ذرات یاد شده به همراه جریان‌های آب به درون رسوبات هم کشانده می‌شوند و در محیط‌های رسوبی دوباره به موازات خطوط نیروی زمان رسوب‌گذاری قرار می‌گیرند (شکل زیر).



این دانشمندان با مطالعه‌ی نمونه‌هایی از سنگ‌های مختلف، محل قطب شمال مغناطیسی را در زمان‌های مختلف گذشته تعیین کردند. چنین مطالعه‌ای در دو نوبت روی سنگ‌های آمریکای شمالی و اروپا انجام شد. جالب آن‌که در طول مدت زمانی که از ۶۰۰ میلیون سال گذشته تا امروز را شامل می‌شود، دو مسیر مختلف برای **تغییر محل قطب شمال** یافت شده است و هرچه به زمان حال نزدیک‌تر می‌شویم، دو مسیر، انطباق بیش‌تری می‌یابند.

در این مورد دو نظریه قابل طرح است ؛ ۱ــ محل قطب مغناطیسی در تغییر بوده و ۲ــ محل قطب تغییر نکرده است بلکه قاره‌ها (و سنگ‌های روی آن‌ها) جابه‌جا شده‌اند. نظریه‌ی دوم طرفداران بیش‌تری دارد.

● در طول دو دهه‌ی ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ میلادی، درباره‌ی جزئیات ساختمانی بستر اقیانوس‌ها اطلاعات زیادی به‌دست آمد ؛ مثلاً معلوم شد که :

۱ــ بستر اقیانوس‌ها از لحاظ زمین‌شناسی بسیار جوان‌اند ؛ به‌طوری که قدیم‌ترین سنگ‌های شناخته شده بیش از ۲۰۰ میلیون سال قدمت ندارد (درحالی که در خشکی‌هایی با سنّ بیش از ۴ میلیارد سال یافت شده‌اند). حتی بیش‌تر قسمت‌های کف اقیانوس از آن هم جدیدترند. به این ترتیب، باید گفت که $\frac{۲}{۳}$ پوسته‌ی زمین در فاصله‌ی ۲۰۰ میلیون سال اخیر به‌وجود آمده است.

۲ــ در بستر اقیانوس‌ها رشته کوه‌های متعددی وجود دارد که نمونه‌ی مهم و جالب آن‌ها رشته‌کوه وسط اقیانوس اطلس است. این رشته از شمال تا جنوب این اقیانوس و در وسط آن امتداد دارد.

۳ــ در بستر اقیانوس‌ها گودال‌های عمیقی مشاهده می‌شود. محل این گودال‌ها با مناطق زلزله‌خیز و پر ازکوه‌های آتش‌فشان امروزی مطابقت دارد.

۴ــ هرچه از محور مرکزی ارتفاعات میان اقیانوسی دورتر می‌شویم، سنّ سنگ‌های بستر اقیانوس افزایش می‌یابد. در طرفین محور و در فواصل مساوی از آن، سنّ سنگ‌ها یکسان است.

۵ ــ مطالعه‌ی سنگ‌های دو طرف رشته‌کوه وسط اقیانوس اطلس نشان می‌دهد که جهت میدان مغناطیسی در آن‌ها اولاً قرینه است و ثانیاً به‌طور متناوب تغییر می‌کند و طبیعی و معکوس می‌شود. مطالعه‌ی وضع این نوارها و تطبیق دادن نوارهای مشابه دو طرف از سرعت گسترش بستر اقیانوس و زمان این پدیده خبر می‌دهد.

● **نظریه‌ی گسترش بستر اقیانوس‌ها:** یک زمین‌شناس آمریکایی به نام هری‌هس، واقعیت‌های ذکر شده در بالا را کنار هم گذاشت و از مجموعه‌ی آن‌ها فرضیه‌ی *گسترش بستر اقیانوس‌ها* را نتیجه گرفت. البته او در این مورد اطمینان کافی نداشت ؛ زیرا برخلاف نظریه‌ی جابه‌جایی قاره‌ها، فرضیه‌ی جدید با هیچ‌گونه شاهد عینی همراه نبود.

هری هس طرز گسترش یافتن بستر اقیانوس را چنین توجیه می‌کند : «مواد مذاب به‌طور مداوم در امتداد شکاف مرکزی ارتفاعات وسط اقیانوس بالا می‌آیند و از طرفین شکاف منجمد می‌شوند. به همین ترتیب، لیتوسفر (سنگ کره) در دو طرف رشته کوه‌های مزبور به نسبت یک تا ده سانتی‌متر در سال درحال گسترش است و مواد جدیدی از داخل به سطح آن اضافه می‌شوند. موارد ۴ و ۵ ذکر شده در بالا دقیقاً تئوری گسترش یافتن بستر اقیانوس را تأیید می‌کند.

اگرچه بستر اقیانوس با ترتیب گفته شده در حال گسترش است، کره‌ی زمین در مجموع انبساط نمی‌یابد. به این ترتیب، گسترش بستر اقیانوس‌ها باید با فرایندهای دیگری که در لیتوسفر رخ می‌دهد، جبران شود.

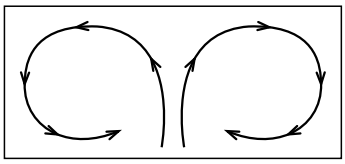
گفته شد که لیتوسفر در امتداد محور رشته ارتفاعات اقیانوسی باز می‌شود. جبران این گسترش در محل گودال‌های عمیق اقیانوسی صورت می‌گیرد. در این نقاط، پوسته‌ی اقیانوسی خم می‌شود و به زیر پوسته‌ی مجاور فرو می‌رود. در واقع، تشکیل گودال‌های عمیق اقیانوسی یکی از نتایج این نوع برخورد است.

## راهنمای تدریس

### آزمایش کنید

درون ظرف جریان کنوکسیونی مانند شکل بالا به وجود می‌آید.

در این حالت، ابتدا دو تکه مقوا از هم جدا می‌شوند و به سمت کناره‌های ظرف حرکت می‌کنند. زمانی هم که دو قطره جوهر را در کناره‌های ظرف می‌چکانیم، ابتدا به صورت تقریباً عمودی به سمت پایین می‌روند و سپس، در جهت وسط ظرف منتشر می‌شوند.

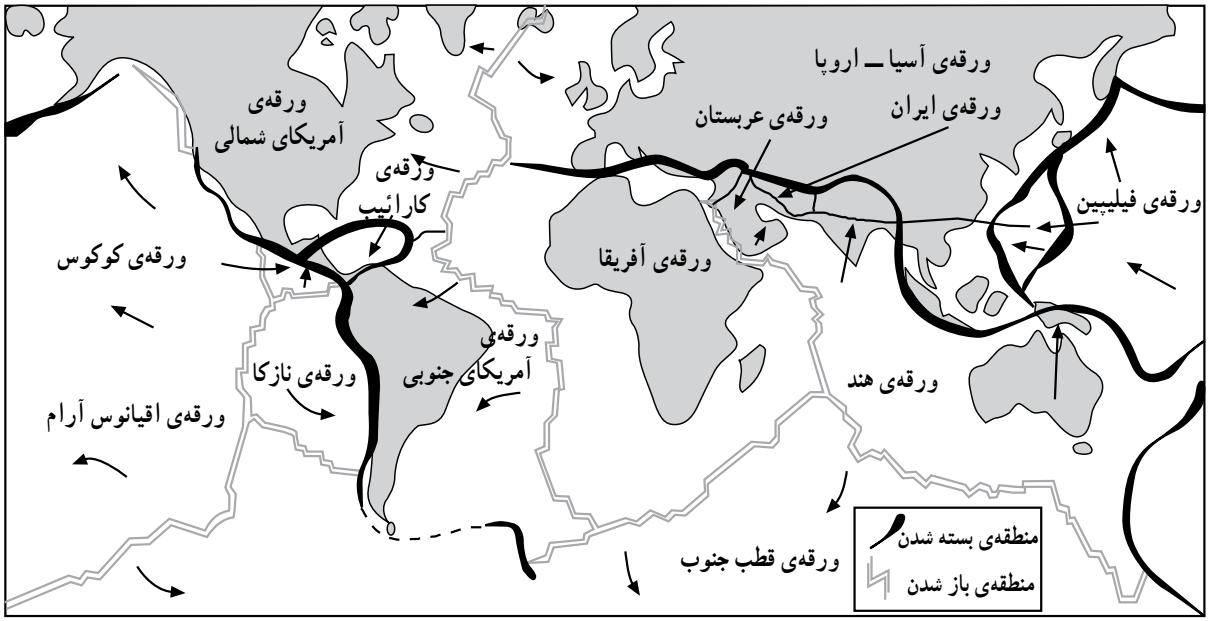


### فکر کنید

همان‌طور که در صفحه‌ی پیش گفته شد، خیر؛ چون جبران این گسترش در محل گودال‌های عمیق اقیانوسی صورت می‌گیرد.

● در سال ۱۹۶۸، از ایده‌های جابه‌جایی قاره‌ها و گسترش بستر اقیانوس‌ها، نظریه‌ی کامل‌تری به نام زمین‌ساخت ورقه‌ای شکل گرفت. همان‌طور که گفته شد، این نظریه چنان جامع است که بیش‌تر فرایندهای زمین‌شناسی را به کمک آن می‌توان تعبیر کرد.

براساس نظریه‌ی زمین ساخت، سنگ‌کره (لیتوسفر)ی خارجی و جامد شامل چند ورقه‌ی بزرگ و تعدادی قطعات کوچک‌تر است. در این میان، بزرگ‌ترین ورقه را ورقه‌ی اقیانوس آرام تشکیل می‌دهد که در همه‌جا از آب پوشیده شده است. سایر ورقه‌های بزرگ، قسمت‌هایی از خشکی و دریا را با هم شامل می‌شوند. در تصویر زیر، با ورقه‌های بزرگ و مهم و محل و چگونگی حرکت آن‌ها آشنا می‌شوید.




**لیتوسفر از تعدادی ورقه تشکیل شده است که نسبت به هم حرکت می‌کنند (مرز ورقه‌ها با خطوط رنگی و سیاه مشخص شده است و پیکان‌ها جهت حرکات ورقه‌ها را نشان می‌دهند. ورقه‌ی آفریقا ثابت فرض شده است).**

حرکت ورقه‌ها نسبت به هم، به سه شکل مختلف زیر صورت می‌گیرد.

**۱ــ ورقه‌های دور شونده (واگرا):** در چنین محل‌هایی، ورقه‌ها از خط مرکزی رشته‌کوهی که در بستر دریا پدید می‌آید، فاصله می‌گیرند اما فاصله‌ی ایجاد شده را مواد مذابی که از درون زمین سست‌کره‌ی داغ بالا می‌آیند، پر می‌کنند. به این ترتیب، پس از سرد شدن مواد مذاب، پوسته‌ی اقیانوسی جدیدی (لیتوسفر) در بین دو ورقه‌ی دور شونده پدید می‌آید.

بستر اقیانوس اطلس در فاصله‌ی ۱۶۰ میلیون سال گذشته به همین ترتیب شکل گرفته است (گسترش بستر اقیانوس‌ها). سرعت متوسط باز شدن بستر دریاها حدود ۵ سانتی‌متر در سال است. همین سرعت اندک باعث شده است که بستر اقیانوس‌ها در طول ۲۰۰ میلیون سال اخیر ایجاد شود.

در امتداد حاشیه‌های دور شونده، برآمدگی‌هایی ایجاد شده است که طول مجموعه‌ی آن‌ها در اقیانوس‌های جهان به حدود ۶۰ هزار کیلومتر می‌رسد.

مراکز گسترش، به وسط اقیانوس‌ها محدود نمی‌شوند. دریای سرخ، دریای جوانی است که براثر جدا شدن شبه‌جزیره‌ی عربستان از آفریقا پدید آمده است. اگر عمل باز شدن در روی قاره‌ها صورت گیرد، قاره ازهم می‌شکافد و از محل شکاف، ماگمای داغ بیرون می‌ریزد و در آن‌جا، برآمدگی‌هایی شکل می‌گیرند. در قسمت شرق آفریقا، هم اکنون پدیده‌ی باز شدن پوسته‌ی قاره‌ای مشهود است و کوه‌های آتش‌فشانی **کلیمانجارو** و **کنیا** نیز حاصل همین فعالیت‌ها هستند. اگر این محل همچنان فعال بماند، شرق آفریقا از این قاره جدا خواهد شد. گفته می‌شود که شبه جزیره‌ی عربستان نیز در چند میلیون سال پیش، به همین ترتیب از آفریقا جدا شده است.

در محل ورقه‌های دورشونده، مرتباً سنگ‌کره‌ی جدید تشکیل می‌شود و اگر پدیده‌ی جبرانی وجود نداشته باشد، باید وسعت زمین همچنان افزایش یابد. حال آن که سطح زمین تا حدودی ثابت است ؛ یعنی، در مناطقی باید قسمتی از سنگ‌کره ازبین برود. محل برخورد ورقه‌های نزدیک شونده، ازاین جمله است.

**۲ــ ورقه‌های نزدیک شونده (همگرا):** در این محل‌ها، معمولاً یک ورقه به زیر ورقه‌ی دیگر رانده می‌شود، این نوع مرزها در محل گودال‌های عمیق اقیانوسی قرار دارند.

پدیده‌ی حاصل، متناسب با نوع صفحات نزدیک شونده به یکی از صورت‌های زیر است.

**الف ــ درمحل برخورد ورقه‌ی اقیانوسی با ورقه‌ی قاره‌ای،**

ورقه‌ی اقیانوسی خم می‌شود و به زیر می‌رود و به تدریج در گوشته هضم می‌شود که این فرایند را در اصطلاح **فرورانش** می‌گویند.

این ورقه مقداری از رسوبات را نیز همراه خود به پایین می‌کشاند. وقتی این مواد به عمقی در حدود یک‌صد کیلومتر می‌رسند، حالت **ذوب‌بخشی** می‌یابند که حاصل آن، ایجاد ماگمایی با ترکیب بازالتی و آندزیتی است. چنین ماگماهایی از سنگ‌های اطراف محل خود سبک‌ترند ؛ بنابراین، وقتی مقدارشان به اندازه‌ی کافی زیاد شد، حرکتی آرام را به سمت بالا در پیش می‌گیرند و در میان لایه‌ها، منجمد و متبلور می‌شوند (سنگ‌های آذرین درونی). مقداری از این ماگما هم ممکن است به سطح زمین برسد و آتش‌فشان‌هایی از نوع انفجاری را باعث شود.

**ب ــ وقتی دو ورقه‌ی اقیانوسی به هم برخورد کنند؛** یکی به زیر دیگری فرو می‌نشیند و پدیده‌ی آتش‌فشانی مشابه حالت قبل رخ می‌دهد اما این بار، محل آتش‌فشان‌ها در بستر دریاست نه در خشکی. اگر این آتش‌فشانی‌ها ادامه یابد، ممکن است بعد از مدتی جزایر آتش‌فشانی در دریا پدید آیند که به **قوس جزایر** معروف‌اند (در کنار قوس جزایر امروزی هم گودال‌های اقیانوسی مشاهده می‌شود).

**پ ــ هنگامی که دو ورقه‌ی قاره‌ای به هم برخورد کنند ؛** هیچ‌یک به داخل گوشته فرو نمی‌رود ؛ زیرا چگالی هر دو کم است. در نتیجه‌ی چنین برخوردی، کوه ایجاد می‌شود. چنین به‌نظر می‌رسد که سرزمین هندوستان، در گذشته‌های دور از قاره‌ی آسیا جدا بوده و در حین حرکت از نوع نزدیک شونده، به آن برخورد کرده و کوه‌های هیمالیا را به‌وجود آورده است. رشته کوه‌های بزرگ اورال، آلپ و آپالاش نیز نتیجه‌ی چنین برخوردهایی هستند. کوه‌های زاگرس هم باید حاصل برخورد ورقه‌ی عربستان به قاره‌ی آسیا باشند. البته، در محل همه‌ی رشته کوه‌های گفته شده، قبل از برخورد، دریایی وجود داشته و رسوباتی در آن‌جا ته‌نشین می‌شده است. فشار حاصل از برخورد دو ورقه، آن رسوبات را چین داده و به صورت کوه درآورده است.

**۳ــ ورقه‌های امتداد لغز:** در این نوع حرکت، پوسته‌ی جدید ایجاد یا تخریب نمی‌شود ؛ زیرا دو ورقه‌ی مجاور، در کنار هم می‌لغزند. بنابراین، در این محل‌ها گسل‌های متعدد وجود دارد و زلزله‌های مکرر رخ می‌دهد.

نمونه‌ی مشخصی از حاشیه‌هایی را که در امتداد آن ورقه‌ها در کنار هم می‌لغزند، می‌توان در استان خراسان (دشت بیاض) مشاهده کرد. در سال ۱۹۶۵، توزوویلسون، زمین‌شناس کانادایی با مطالعه‌ی این نوع گسل‌های امتداد لغز و بزرگ، کمربندهای فعال زمین را به هم ارتباط داد و برای نخستین بار، ایده‌ی وجود ورقه‌های تشکیل‌دهنده‌ی لیتوسفر زمین و مرز آن‌ها را مطرح کرد.

## فکر کنید

۱ــ بزرگی یک زلزله با مقدار انرژی‌ای که آزاد می‌کند، اندازه‌گیری می‌شود. در ضمن، هرچه مقدار انرژی بیش‌تر باشد، میزان خرابی‌های منطقه هم بیش‌تر است ؛ بنابراین، هرچه زلزله‌هایی با بزرگی کم‌تر در یک منطقه رخ دهد، از مقدار کل انرژی منطقه می‌کاهد و در نتیجه، ازمیزان خرابی‌های زلزله‌ی اصلی هم کاسته می‌شود.

۲ــ زلزله

## تفسیر کنید

هر نقطه در روی نقشه نشان دهنده‌ی یک زلزله است ؛ بنابراین، همان‌طور که قبلاً گفته شد، پدیده‌ای که در حاشیه‌ی همه ورقه‌ها به وجود می‌آید، فقط زلزله است. محل زلزله هم محل حاشیه‌ی ورقه‌هاست. برای این که دانش‌آموزان این موضوع را بهتر دریابند، بهتر است این تصویر با تصویری که ورقه‌های سازنده لیتوسفر را نشان می‌دهد مقایسه شود.

● **زمین ساخت ورقه‌ای و پراکندگی زلزله‌ها:** در سال ۱۹۶۸ ــ یعنی همان زمانی که نظریه‌ی زمین‌ساخت ورقه‌ای ارائه شد ــ سه زلزله‌شناس مقاله‌ای را منتشر کردند که نشان می‌داد چگونه نظریه‌ی مذکور با توزیع نقاط زلزله‌خیز جهان هماهنگی دارد .

## تفسیر کنید

به کمک این فعالیت می‌خواهیم به دانش‌آموزان یادآوری کنیم که قسمت اعظم انرژی زمین درمحل‌های خاصی آزاد می‌شود که ما به آن حاشیه‌ی ورقه‌های سازنده‌ی لیتوسفر می‌گوییم. همان‌طور که از مطالعه این فصل دریافتید، ورقه‌های سازنده‌ی لیتوسفر به حالت جامدند. به این ترتیب، دو نقطه‌ی واقع بر یک ورقه نسبت به هم حرکتی ندارند. در عوض، در مرز میان ورقه‌ها فعالیت‌های مختلفی از قبیل بروز زلزله، آتش‌فشان، چین‌خوردگی، به‌وجود آمدن رشته‌کوه‌های میان اقیانوسی و ... را می‌توان مشاهده کرد.

برای کمک به دانش‌آموزان جهت ایجاد ارتباط میان این پدیده‌های مختلف، راه‌های زیر پیشنهاد می‌شود.

۱ــ اگر در مدرسه دستگاه اورهد Overhead دارید، می‌توانید روی کاغذ شفاف این دستگاه ابتدا پنج نقشه‌ی جهان هم شکل رسم کنید (به‌طوری که وقتی آن‌ها را روی هم قرار می‌دهیم، بر پرده فقط یک تصویر ظاهر شود).

سپس هر یک از نقشه‌ها را در اختیار گروهی از دانش آموزان قرار دهید و از آن‌ها بخواهید که هر گروه فقط یکی از پدیده‌های زمین‌شناسی را روی نقشه‌ی خود علامت بزند ؛ مثلاً گروه زلزله از روی نقشه‌ی صفحه‌ی ۴۳ مناطق زلزله‌خیز زمین را با نقطه‌های قرمز نشان دهد. گروه آتش‌فشان، آتش‌فشان‌های فعال زمین را با علامت $\Delta$ ، گروه رشته‌کوه‌های جوان، کوه‌های جوان را به صورت خط زیگزاگ $\wedge\wedge\wedge$ به هم پیوسته و گروه رشته‌کوه‌های میان اقیانوسی این پدیده را با خطوط موازی هم نشان دهند.

**تذکر:** می توانید از یک گروه هم بخواهید نقشه‌ای از گودال‌های عمیق اقیانوس‌ها تهیه کند. ابتدا خود نقشه را بدون پدیده‌های زمین‌شناسی روی دستگاه اورهد قرار دهید. سپس، به ترتیب از هر یک از گروه‌ها بخواهید که با استفاده از دستگاه نقشه‌ی خود را روی نقشه قبلی قرار دهند. دانش‌آموزان پس از مشاهده‌ی پنج نقشه‌ای که روی هم قرار می‌گیرند، متوجه خواهند شد که همه‌ی موارد بالا از نظم خاصی پیروی می‌کنند. آن‌ها می‌توانند شکل به دست آمده را با تصویر پایین صفحه‌ی کتاب مقایسه کنند تا به فعال بودن حاشیه‌ی ورقه‌ها پی ببرند.

اگر در مدرسه دستگاه اورهد ندارید، بهتراست به طریق زیر عمل کنید.

از یکی از دانش‌آموزان که در طراحی توانایی بیش‌تری دارد، بخواهید که با گچ سفید روی تخته‌ی کلاس نقشه‌ی جهان را بکشد. سپس از یکی از دانش‌آموزان بخواهید به کنار تخته بیاید و مثلاً با گچ قرمز مناطق زلزله‌خیز زمین را روی نقشه مشخص کند. دانش‌آموز دیگری

نیز با گچ زرد مناطق آتش‌فشان زمین را مشخص کند و به همین ترتیب، دانش آموزان دیگر هم با علامت‌های دیگر رشته‌کوه‌های جوان، رشته کوه‌های میان اقیانوسی و درصورت امکان، محل گودال‌های عمیق اقیانوسی را روی تخته مشخص سازند.

به این ترتیب، دانش‌آموزان متوجه خواهند شد که تقریباً همه‌ی علامت‌ها در نقاط خاصی قرار می‌گیرند. محل این علامت‌ها را با ورقه‌های تشکیل دهنده‌ی سنگ‌کره مقایسه کنید ؛ دانش‌آموزان متوجه خواهند شد که مناطق فعال زمین یا محل‌هایی که در آن‌ها انرژی آزاد می‌شود، در حاشیه‌ی ورقه‌ها قرار گرفته‌اند.