

## فرایندهای تغییردهنده‌ی سطح کره‌ی زمین (رسوب‌گذاری)

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

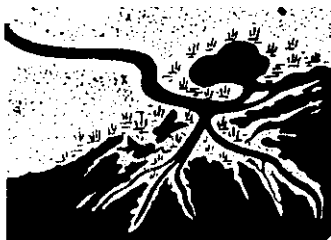
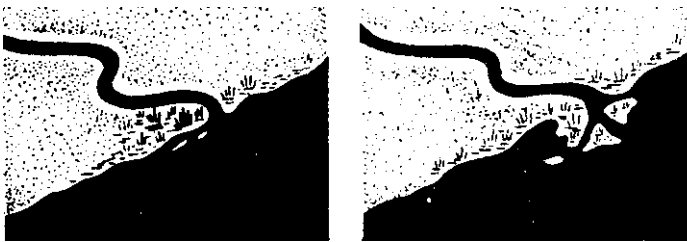
- ۱- رسوب‌گذاری را شرح دهد.
- ۲- رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها را تشریح نماید.
- ۳- رسوب‌گذاری مواد در دریاها و اقیانوس‌ها را توضیح دهد.
- ۴- رسوب‌گذاری مواد از طریق جریان باد را تشریح کند.
- ۵- رسوب‌گذاری به‌وسیله‌ی آب‌های زیرزمینی را توضیح دهد.
- ۶- دیاژنز را شرح دهد.
- ۷- خاک را توصیف کند.



## رسوب‌گذاری<sup>۱</sup>

ذرات سنگ در حین حمل در رودخانه، به علت برخورد با ساییده شدن گوشه‌ها و لبه‌های آن‌ها صاف می‌شود.

**تشکیل دلتا:** هنگامی که آب رودخانه‌ها به دریا، دریاچه یا خلیج می‌ریزد سرعت آن کاملاً از دست می‌رود و در نتیجه، بار همراه خود را بر جای می‌گذارد. این مواد به گونه‌ای روی هم رسوب می‌کنند که پس از مدتی مثلث‌هایی به شکل حرف یونانی دلتا ( $\Delta$ ) پدید می‌آورند. رأس دلتا به سمت خشکی و قاعده‌ی آن به طرف دریاست.



شکل ۲-۱۴- چگونه تشکیل دلتا

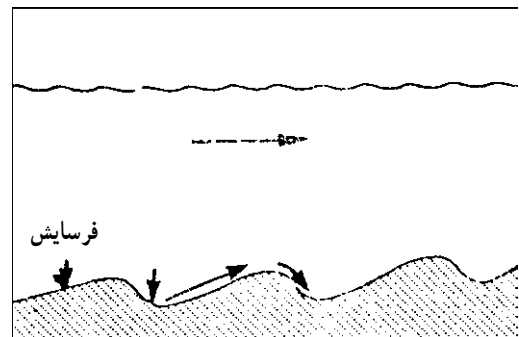
**مخروط افکنه<sup>۳</sup>:** هرگاه رودخانه‌ای که از مسیر کوهستانی پرشیبی می‌گذرد ناگهان وارد دشت مسطح و همواری شود، سرعت آب آن کاسته می‌شود. از این رو، در همان جا قسمتی از بار خود را ته‌نشین می‌کند. با توجه به شکل این رسوبات که شبیه مخروط باز شده‌ی پهن و کوتاه است به آن‌ها «مخروط افکنه» می‌گویند. مخروط افکنه محل مناسبی برای ذخیره و تشکیل مخازن آب زیرزمینی است. در مخروط افکنه از طرف رأس به پایین ابعاد ذرات ریز می‌شود.

هنگامی که قدرت حمل مواد از طریق نیروهای جابه‌جا کننده‌ای که به آن‌ها اشاره شد رو به کاهش بگذارد عمل رسوب‌گذاری یا ته‌نشین شدن مواد صورت می‌گیرد. برحسب نیروهایی که باعث حمل مواد تخریبی می‌شوند رسوب‌گذاری انواع مختلفی دارد که شرح آن‌ها در پی خواهد آمد.

## رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها

با کاهش سرعت آب رودخانه‌ها به تدریج مواد و ذرات سنگین‌تر آن ته‌نشین می‌شوند. برای حمل هر ذره، آب رودخانه باید سرعت معینی داشته باشد که در غیر این صورت، قادر به حمل ذره نبوده در نتیجه در کف بستر رودخانه رسوب می‌کند. اغلب رودخانه‌ها به دریاها و اقیانوس‌ها می‌ریزند؛ بنابراین، قسمت اعظم موادی که با آب حمل می‌شوند در بستر دریاها و اقیانوس‌ها رسوب می‌کنند؛ اما بخشی از مواد موجود در آب رودخانه‌ها در طول مسیر و در خشکی‌های زمین ته‌نشین می‌شود. به این رسوبات «آبرفت» می‌گویند.

ذرات رسوبی در بستر رودخانه‌ها به شکل‌های گوناگون جمع می‌شوند. هرگاه شکل این رسوبات به حالت فرورفتگی و برجستگی‌های موج مانند باشد به آنها «اثر موجی<sup>۲</sup>» می‌گویند.



شکل ۱-۱۴- تشکیل اثر موجی در بستر رودخانه

می خورد. دانشمندان مقدار رسوباتی را که در طول یکسال از طریق رودخانه‌ها در دریاها و اقیانوس‌ها ته‌نشین می‌شوند در حدود ۱۰ میلیارد تن تخمین زده‌اند.

علاوه بر آنچه ذکر شد اقیانوس‌ها و دریاها با نیروی عظیم امواج خود، سنگ‌های ساحلی را نیز متلاشی می‌کنند. حاصل این تخریب، رسوباتی است که همراه با سایر رسوبات در محل‌های مختلفی در بستر باقی می‌ماند. اگر مقدار موادی که با امواج جابه‌جا می‌شوند بیش‌تر از توان حمل آن‌ها باشد این مواد در نزدیکی ساحل رسوب می‌کنند. در محیط‌های ساحلی، در میان رسوبات دانه ریز و دانه درشت مقداری بقایای نرم‌تان و اسکلت آهکی مرجان‌ها نیز دیده می‌شود. در قسمت‌های عمیق دریا، علاوه بر رسوبات تخریبی دانه‌ریزی که به دریا حمل شده‌اند، رسوبات حاصل از بقایای جانوران دریایی و پلانکتون‌ها<sup>۱</sup> که جنس آهکی و سیلیسی دارند، نیز خاکسترهای آتش‌فشانی، گل‌رس قرمز حاوی ترکیبات آهن و منگنز، وجود دارد. وسعت دریاها و اقیانوس‌ها بخش اعظم سطح کره‌ی زمین است؛ از این رو، شهاب‌سنگ‌ها و غبارهایی که از فضا بر زمین می‌بارند به درون دریاها و اقیانوس‌ها نیز ریخته می‌شوند و به علت مقدار و حجم زیادشان رسوباتی را تشکیل می‌دهند که به آن‌ها «رسوبات غیرزمینی»<sup>۲</sup> می‌گویند.



شکل ۳-۱۴- مخروط افکنه در پای کوه

### رسوب‌گذاری مواد در دریاها و اقیانوس‌ها<sup>۱</sup>

بیش‌تر مواد تخریبی و هوازده‌ای که به وسیله‌ی آب رودخانه‌ها حمل می‌شوند سرانجام به دریاها می‌ریزند و در آن‌جا ته‌نشین می‌شوند. این مواد ته‌نشین شده را «رسوبات» می‌نامند که بر اثر سخت شدن آن‌ها سنگ‌های رسوبی تشکیل می‌شوند. هر چه عمق آب دریا کم‌تر باشد یعنی رسوبات به ساحل نزدیک‌تر باشند مقدار آن‌ها نیز بیش‌تر خواهد بود. اما این رسوبات ضخیم نیز تحت تأثیر امواج ساحلی قرار می‌گیرند و ترتیب آن‌ها به هم

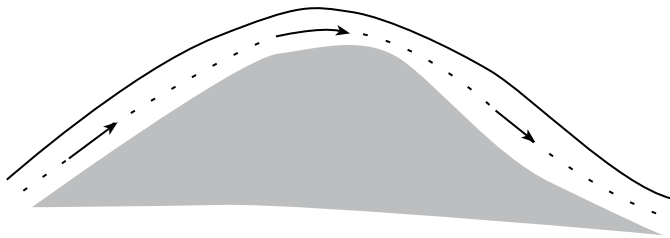


شکل ۴-۱۴- رسوبات ساحلی

۱- Sedimentation

۲- پلانکتون‌ها: جانوران شناور ذره‌بینی موجود در آب دریاها هستند.

۳- Extraterrestrial Sediments



شکل ۵-۱۴- جابه‌جا شدن ذرات شن

آفریقا، و دشت لوت در جنوب کشورمان با وسعت و ارتفاع زیاد مشاهده می‌شود. جنس تپه‌های شنی اغلب کوارتز و گاهی گچ، آهک، رس، خاکسترهای آتش‌فشانی و مواد دیگر است.

محل تپه‌های ماسه‌ای بر اثر ادامه‌ی جریان باد جابه‌جا می‌شود؛ به این صورت که در جهت باد به طرف جلو رانده می‌شوند. سرعت جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای در وضعیت عادی به ۱۰ تا ۲۰ متر در سال می‌رسد و به تدریج که پیش می‌روند جنگل‌ها، چمنزارها، مزارع و روستاها را فرا می‌گیرند و آن‌ها را مدفون می‌سازند. برای جلوگیری از حرکت شن‌های روان اقداماتی نظیر کاشتن گیاهان در مسیر باد، ساختن دیواره‌های بادشکن یا پاشیدن مالچ‌های نفتی صورت می‌گیرد.

**انواع تپه‌های ماسه‌ای:** شکل تپه‌های ماسه‌ای به عوامل گوناگونی چون سرعت وزش باد، مقدار ذرات شن و نوع مانع موجود در مسیر باد بستگی دارد که در این جا به چند نوع آن‌ها اشاره می‌شود.

**برخان:** به تپه‌ی ماسه‌ای هلالی شکلی که قسمت محدب آن در جهت وزش باد باشد برخان می‌گویند. برخان‌ها در بیابان‌های قره‌قوم - مغولستان شرقی، بیابان‌های آسیای مرکزی، صحراهای آفریقا، عربستان، ایران، استرالیا و جاهای مشابه مشاهده می‌شود.



شکل ۷-۱۴- برخان

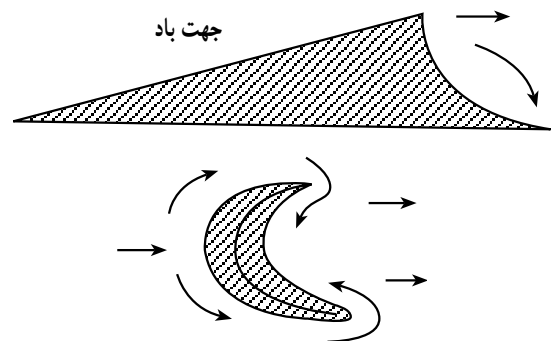
## رسوب‌گذاری مواد از طریق جریان باد

پیش از این اشاره شد که باد قادر است ذرات موجود در سطح زمین را با توجه به میزان سرعت و قدرت خود از جایی به جای دیگر حمل کند. هم‌چنان که باد سرعت و قدرت حمل ذرات را به تدریج از دست می‌دهد مواد حمل شده نیز با توجه به ابعاد و اندازه‌ی خود، روی زمین سقوط کرده و به اصطلاح رسوب می‌کنند. این مواد را در اصطلاح زمین‌شناسی «رسوبات بادی» می‌گویند. به‌طور کلی ذراتی که به اندازه‌ی ماسه هستند معمولاً به شکل تپه‌های ماسه‌ای<sup>۱</sup> و دانه‌های ریزتر به صورت لایه‌های افقی موسوم به «الس»<sup>۲</sup> ته‌نشین می‌شوند.

### تپه‌های ماسه‌ای

از آثار مهم باد تشکیل تپه‌های ماسه‌ای یا شنی است. این تپه‌ها به این صورت تشکیل می‌شوند که باد در مسیر عبور خود با موانعی مانند گیاهان، سنگ‌ها یا موانع طبیعی دیگر برخورد می‌کند و از سرعت آن کاسته می‌شود که در نتیجه‌ی آن ذرات شن و ماسه رسوب می‌کند. این رسوب‌گذاری به تدریج به افزایش ابعاد مانع منجر می‌شود و سرانجام توده‌ی بسیار بزرگی که همان تپه‌ی ماسه‌ای است به وجود می‌آید.

شرط اساسی برای تشکیل تپه‌های ماسه‌ای وجود باد و مقدار کافی ماسه است؛ از این رو، این تپه‌ها اغلب در مناطقی مانند صحراها، سواحل دریاها و دریاچه‌ها که ماسه فراوان است تشکیل می‌شود. ارتفاع تپه‌های ماسه‌ای متغیر است و از یک تا دو متر تا چند صد متر می‌رسد. این تپه‌ها در صحراهای عربستان،



شکل ۶-۱۴- تصاویر افقی و قائم برخان

۱- Eolian

۲- Dune تپه‌های ماسه‌ای را «تلماسه» نیز می‌گویند.

۳- Loess

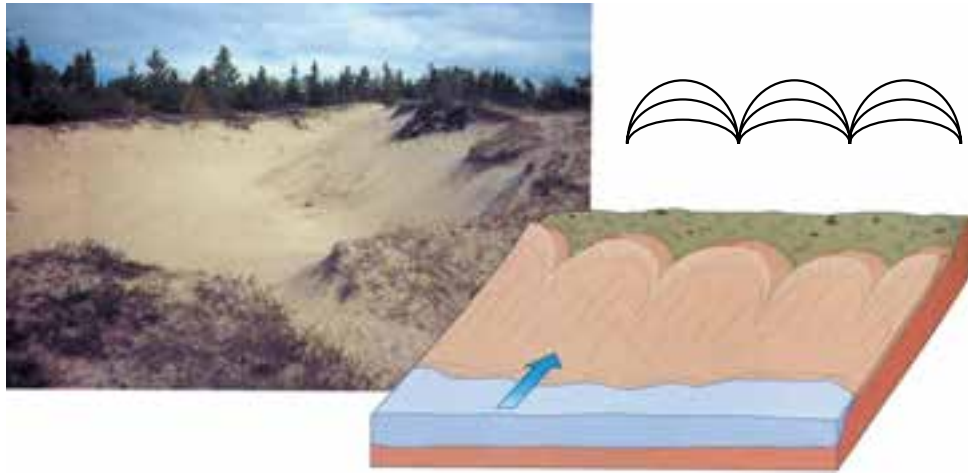
۴- Barchan (Barkhan)

برخان نامی است که اقوام ترک بیابان‌نشین برای این تپه‌ها گذاشته‌اند و امروزه یک نام علمی پذیرفته شده است.

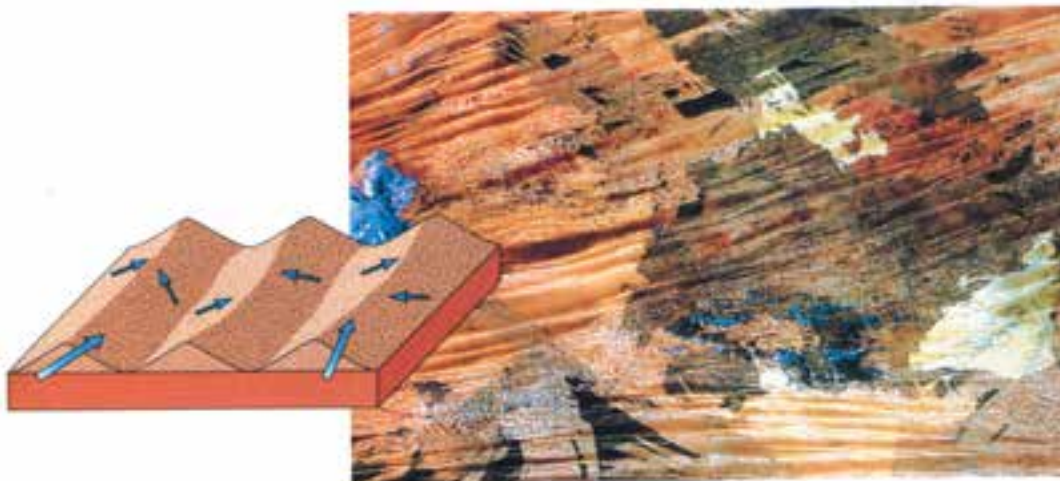


تپه‌های ماسه‌ای سهمی شکل: این تپه‌ها، در جهت عکس برخان‌ها شکل می‌گیرند و قسمت محدب آن‌ها پشت به باد است.

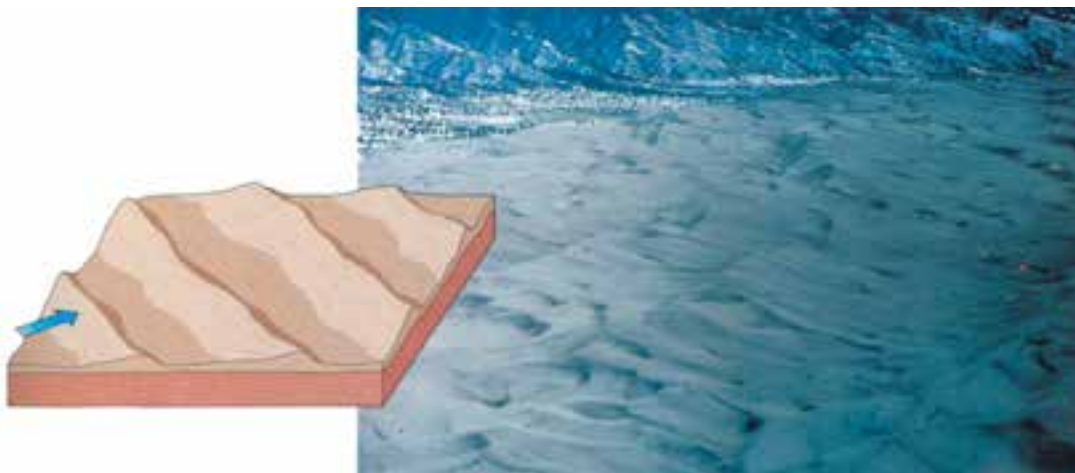
تپه‌های ماسه‌ای طولی و عرضی: بسته به این که رشته تپه‌های ماسه‌ای در جهت باد یا عمود بر امتداد آن تشکیل شوند این تپه‌ها را به انواع «طولی» و «عرضی» نیز تقسیم بندی می‌کنند.



تپه ماسه‌ای عرضی



تپه‌های ماسه‌ای طولی



تپه‌های طولی



شکل ۱۰-۱۴- تشکیل استالاکتیت و استالاگمیت در داخل غار

**سیمان‌سازی:** آب‌های زیرزمینی نقش مؤثری در سیمان‌سازی بین اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سنگ‌ها دارد هنگامی که آب زیرزمینی حاوی مواد معدنی در میان دانه‌های جدا از هم نفوذ کند پس از مدتی آن‌ها را به هم می‌چسباند. ماسه‌های جدا از هم به وسیله‌ی این سیمان‌ها به ماسه‌سنگ سخت تبدیل می‌شوند. این قبیل مواد سیمانی بیش‌تر از جنس کلسیت، سیلیس و اکسید آهن است.

**رگه‌ها<sup>۲</sup>:** هنگامی که آب‌های زیرزمینی اشباع شده از مواد معدنی در بین شکاف‌ها و درزهای زمین نفوذ کند به تدریج مواد معدنی خود را به صورت رگه‌هایی در داخل زمین برجا می‌گذارد. کلسیت و کوارتز از رگه‌های فراوان هستند. علاوه بر آب‌های زیرزمینی، آب‌های حاصل از ماگما نیز به همین ترتیب می‌توانند رگه‌هایی از مواد معدنی را به وجود آورند.

**دندریت<sup>۴</sup>:** گاهی نیز اکسیدمنگنز به‌طور ناقص بر روی دیواره‌ی شکاف‌ها رسوب می‌کند و تصویری خزه‌مانند به نام «دندریت» بر روی سنگ ظاهر می‌سازد.



شکل ۱۱-۱۴- دندریت اکسید منگنز

## لُس

لُس یکی دیگر از رسوبات بادی است که از ذرات ریز و گوشه‌دار کانی‌هایی مانند کوارتز، فلدسپات، میکا، کلسیت، دولومیت و رس تشکیل شده است. رنگ لُس به علت هوازدگی شیمیایی کانی‌های آهن‌دار و ایجاد اکسیدهای آهن معمولاً زرد یا قهوه‌ای است و به سبب ترکیب مناسبی که دارد برای کشاورزی خاک مرغوبی به‌شمار می‌آید. منشأ لُس‌ها ممکن است یخچالی یا صحرایی باشد. رسوبات لُسی در ایران در «دشت گرگان» و غرب «کپه‌داغ» و تپه‌ماهورهای دامنه‌ی شمالی البرز در استان‌های گیلان، مازندران و گلستان مشاهده می‌شود. رسوبات لُس فاقد لایه‌بندی و سیمان است.



شکل ۹-۱۴- رسوبات لُسی

## رسوب‌گذاری توسط آب‌های زیرزمینی

**غارهای آهکی:** مناطق وسیعی از خشکی‌های سطح زمین را سنگ‌های کربناتی مانند سنگ آهک و دولومیت پوشانده‌اند. در نتیجه‌ی انحلال این سنگ‌ها به وسیله‌ی آب‌های زیرزمینی، غارها به وجود می‌آیند. ابعاد غارها بسیار متفاوت است. برخی از آن‌ها کوچک، برخی نیز بسیار بزرگ و استثنایی هستند.

اگر آب‌های زیرزمینی حاوی کربنات کلسیم از سقف غار بچکد از تبخیر آب و رسوب کردن آهک محلول آن در سقف و در کف غار اغلب ستون‌هایی آهکی ایجاد می‌شود. به قسمت بالایی ستون «استالاکتیت»<sup>۱</sup> و به قسمت پایینی «استالاگمیت»<sup>۲</sup> می‌گویند.

۱- Stalactite

۲- Stalagmite

۳- Veins

۴- Dendrite

اثر سیمان شدن به سنگ تبدیل می‌شوند. در بسیاری موارد، ماده‌ی سیمانی از انحلال خود رسوب تولید می‌شود. کانی‌های کلسیت، دولومیت، اکسید آهن، انیدریت و پیریت از جمله‌ی این مواد هستند.

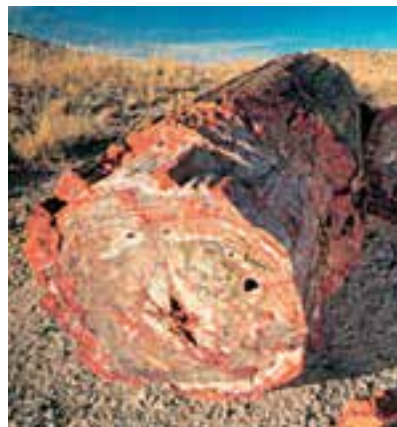
## خاک

خاک بزرگ‌ترین منبع طبیعی تولید غذا برای انسان، گیاهان و جانوران است. افزون بر آن، خاک مهم‌ترین اثر حیاتی و اقتصادی فرایند هوازدگی به‌شمار می‌رود. مهم‌ترین عوامل مؤثر در تشکیل خاک همان عوامل مؤثر در هوازدگی است و در این میان عوامل زیستی، به‌ویژه پوسیدن اندام‌های گیاهی نباتات اهمیت فراوانی دارد. اصولاً خاک‌ها مخلوطی از مواد معدنی و آلی هستند و مواد تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها عبارت‌اند از: موجودات زنده مانند باکتری‌ها، کرم‌ها و حلزون‌ها، هم چنین آب، هوا و کانی‌های سخت. **افق‌های خاک:** هرگاه بخواهیم نیم‌رخ عمومی خاک‌ها را مشخص کنیم آن را به سه افق جداگانه‌ی A، B و C تقسیم می‌کنیم. افق A بالاترین افق خاک است و فعالیت‌های حیاتی در آن بیش از سایر افق‌هاست. مواد آلی این افق فراوان است. رس و مواد معدنی محلول با آب‌های نافذ شسته شده‌اند. افق B



شکل ۱۳-۱۴- نیم‌رخ عمومی خاک‌ها

جانشینی: در نتیجه‌ی هم‌زمانی عمل انحلال و ته‌نشینی ممکن است یک کانی حل شود و کانی دیگری جای آن را بگیرد؛ برای مثال، ممکن است سولفید آهن حل شود و جای آن را اکسید آهن پُر کند این جانشینی درباره‌ی مواد آلی نیز امکان‌پذیر است که طی آن اندام‌های بدن گیاه یا حیوان با حفظ شکل ظاهری به سنگ مبدل می‌شود.



شکل ۱۲-۱۴- ساقه‌ی درخت سنگ شده که بر اثر عمل جانشینی، مواد آلی آن حل شده و مواد آهنی جانشین آن گردیده است.

## دیاژنز<sup>۱</sup> (سنگ شدگی)

مواد هوازده و فرسایش‌یافته‌ای که بر اثر جابه‌جا شدن در محیط‌های رسوب‌گذاری روی هم انباشته می‌شوند تحت تأثیر عواملی که شامل تغییرات فیزیکی و شیمیایی هستند از حالت رسوبات نرم و آب‌دار و ناپیوسته به سنگ‌های سخت و متراکم تبدیل می‌شوند این فرایند را در اصطلاح «دیاژنز» یا «سنگ شدگی» می‌گویند. دیاژنز شامل دو مرحله‌ی «متراکم شدن» و «سیمانی شدن» است.

**متراکم شدن<sup>۲</sup>:** طی این مرحله رسوبات بر اثر فشار طبقات بالایی، فشرده شده آب آن‌ها خارج می‌شود. در نتیجه‌ی این عمل، حجم فضای میان دانه‌ها و ذرات کاهش می‌یابد؛ سرانجام، ذرات و دانه‌ها متراکم شده به یک‌دیگر می‌چسبند.

**سیمان شدن<sup>۳</sup>:** با نفوذ آب‌های حاوی مواد کلوئیدی و محلول‌های مختلف به فضای خالی بین رسوبات آواری، این محلول‌ها یا کلوئیدهای معدنی با از دست دادن آب متبلور می‌شوند و فضای خالی بین دانه‌ها و ذرات را پر می‌کنند. در نتیجه، رسوبات ناپیوسته بر

۱- Diagenesis

۲- Compaction

۳- Cementation

## خودآزمایی

- ۱- آبرفت چیست؟ چه تفاوتی بین آبرفت و دلنا وجود دارد؟
- ۲- مخروط افکنه چگونه تشکیل می‌شود و اهمیت آن چیست؟
- ۳- رسوبات غیرزمینی چگونه رسوباتی هستند؟
- ۴- برخان چگونه تشکیل می‌شود؟ ضمن رسم شکل توضیح دهید که آیا عارضه‌ای وجود دارد که از لحاظ شکل‌گیری در جهت عکس برخان ایجاد شده باشد؟
- ۵- برای جلوگیری از حرکت شن‌های روان چه اقداماتی صورت می‌گیرد؟
- ۶- لُس چیست؟ چرا رنگ آن معمولاً زرد یا قهوه‌ای است؟
- ۷- استلاکتیت و استالاگمیت چه تفاوتی با یک‌دیگر دارند؟
- ۸- دندریت چیست؟
- ۹- دیاژنز را تعریف کنید. مراحل آن کدام هستند؟
- ۱۰- با رسم شکل افق‌های خاک را نشان دهید.



## زمین لرزه

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- زلزله را شرح دهد.
- ۲- منشأ زلزله را تشریح کند.
- ۳- عمق‌های مختلف کانون زمین لرزه را گروه‌بندی نماید.
- ۴- امواج زمین لرزه، شامل امواج درونی و امواج سطحی را تشریح کند.
- ۵- دستگاه‌های ثبت امواج زمین لرزه را شرح دهد.
- ۶- بزرگی زمین لرزه را بیان کند.
- ۷- آثار حاصل از زمین لرزه را تشریح نماید.



# زمین لرزه<sup>۱</sup>

## مقدمه

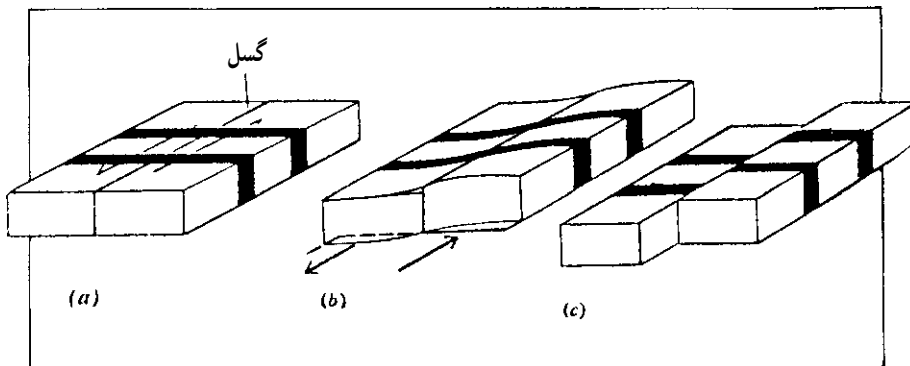
درون زمین اعمال می‌شوند و پس از تجمع، باعث شکسته شدن ناگهانی لایه‌های سنگی مناطق مجاور شده بدین ترتیب، زلزله رخ می‌دهد. وقتی مجموعه‌ی سنگی زمین می‌شکند انرژی ذخیره شده در آن که در طول زمان به تدریج جمع شده به‌طور ناگهانی آزاد می‌شود و به صورت امواج زلزله به اطراف حرکت می‌کند. با رسیدن امواج به سطح زمین لرزش و تخریب بناها، ریزش کوه‌ها ایجاد ترک‌ها و شکاف‌های عمیق و امواج سهمگین دریاها، به‌وقوع می‌پیوندد.

براساس فرضیه‌های موجود توده‌های سنگی زیر سطح زمین از هر طرف تحت تأثیر فشارهای مداوم قرار می‌گیرند و اندکی خم می‌شوند و پس از شکسته شدن دوباره به وضعیت اولیه باز می‌گردند. در چنین حالتی بعد از شکسته شدن سنگ‌ها و بازگشت به حالت اولیه، امواج لرزه‌ای ایجاد می‌شود.

امروزه به‌وسیله‌ی دستگاه‌ها و تجهیزات علمی پیشرفته ثابت شده است که پوسته‌ی زمین به‌گونه‌ای خفیف و تقریباً به‌طور دائم در تمام نقاط می‌لرزد، اما انسان آن را احساس نمی‌کند. برخی گزارش‌ها نشانگر آن است که زمین هر سال ۱۵۰ هزار بار می‌لرزد. خوشبختانه بسیاری از این زمین‌لرزه‌ها هیچ‌گونه خطری برای انسان ندارد اما گاه معدودی از این زلزله‌ها بسیار شدید و مخرب بوده تلفات بسیار سنگینی برجای می‌گذارد. تا کنون میلیون‌ها نفر قربانی وقوع زلزله‌های شدید در نقاط مختلف جهان شده‌اند. کشور ما نیز روی یکی از کمربندهای فعال زمین‌لرزه‌ی کره زمین قرار گرفته است و متأسفانه زلزله‌های ویران‌کننده‌ای در آن روی می‌دهد.

## منشأ زلزله

علت اصلی زلزله را امروزه نیروهایی می‌دانند که اغلب از



۱-۱۵- تغییر شکل طبقات زمین هنگام بروز زلزله

زمین قرار دارد و در سطح یا فضایی واقع می‌شود که حدود آن برای ما نامعلوم است. تکان زمین‌لرزه از کانون یا مرکز درونی<sup>۲</sup> زمین‌لرزه آغاز می‌شود و در حال انتشار در همه‌ی جهت‌ها به‌همه‌ی ذرات، حرکتی نوسانی می‌دهد و این حرکت با دور شدن از مرکز درونی ضعیف‌تر می‌شود. نقطه‌ای که درست در بالای نقطه‌ی مرکز درونی قرار دارد «مرکز بیرونی زلزله» نام دارد. هر اندازه از

همان‌گونه که در شکل ۱-۱۵ نمایان است وجود گسل و شکستگی در طبقات می‌تواند در تشخیص و بررسی مناطق زلزله‌خیز، با توجه به تاریخچه‌ی پیدایش و فعالیت آن‌ها، مؤثر واقع گردد.

زمین‌لرزه اگر چه در سطح زمین احساس می‌شود، کانون آن یعنی ناحیه‌ای که از آن‌جا زمین‌لرزه تولید می‌شود در اعماق

۱- Earthquake

۲- Hypocenter

۳- Epicenter

مرکز بیرونی یا سطحی زلزله دورتر شویم نوسانات زلزله ضعیف تر می‌شود و سرانجام برای انسان نامحسوس می‌گردد.

خط گسل در سطح زمین



شکل ۲-۱۵- کانون زلزله و مرکز سطحی آن

ب- زمین لرزه‌های با عمق متوسط: کانون این زمین لرزه‌ها بین ۷۰ تا ۳۰۰ کیلومتری از سطح زمین واقع است.  
ج- زمین لرزه‌های عمیق: کانون این زمین لرزه‌ها در عمقی بیش از ۳۰۰ کیلومتری سطح زمین قرار دارد.  
کانون بیش از ۸۰ درصد زمین لرزه‌ها در عمق ۵۰ تا ۶۰ کیلومتری زمین واقع است. تعداد بسیار کمی از زلزله‌ها کانون آن‌ها در عمق ۳۰۰ تا ۷۰۰ کیلومتر قرار دارد. اگر منطقه‌ی زمین لرزه وسیع باشد نشانگر عمق زیاد کانون آن است.

### امواج زمین لرزه

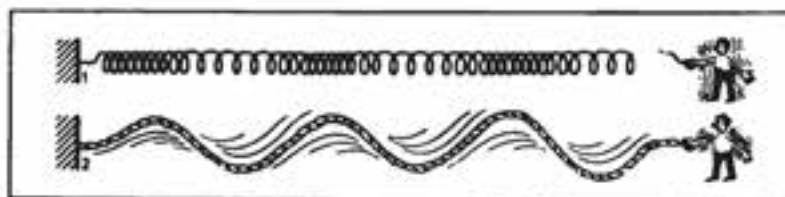
امواج زمین لرزه به‌طور کلی به دو دسته‌ی «امواج درونی»<sup>۱</sup> و «امواج بیرونی»<sup>۲</sup> تقسیم می‌شوند.

امواج درونی: این امواج در کانون زمین لرزه ایجاد می‌شوند و در درون زمین انتشار می‌یابند. امواج درونی خود شامل دو دسته‌اند که عبارت‌اند از: «امواج طولی»<sup>۳</sup> و «امواج عرضی»<sup>۴</sup>.  
امواج طولی: امواج طولی امواجی هستند که ذرات مسیرشان را در جهت حرکت خود، به جلو و عقب حرکت می‌دهند (مانند باز و بسته شدن فنر).

امواج عرضی: امواج عرضی به امواجی می‌گویند که رسیدن امواج رسیدن امواج



الف- امواج زلزله‌ای که از فاصله‌ی ۸۴۶۰ کیلومتری محل کانون آن (معادل قوسی ۷۶/۴ درجه‌ای از محیط زمین) ثبت شده‌اند.

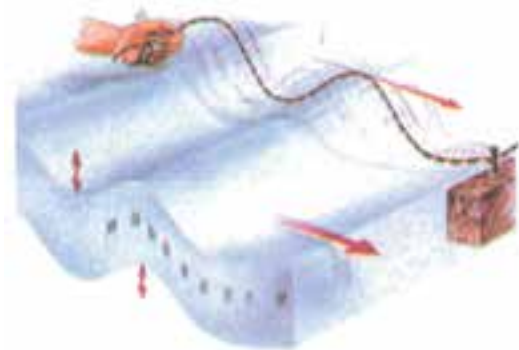


ب- مفهوم موج طولی و عرضی را در این مثال‌ها می‌توانید بیابید.

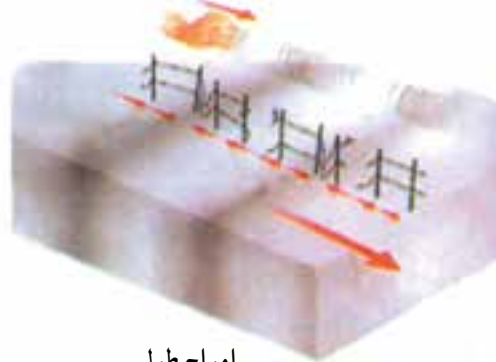
شکل ۳-۱۵- مفهوم تصویری امواج طولی و عرضی

جهت ارتعاش ذرات، عمود بر امتداد انتشار آن است.  
**امواج سطحی:** امواج سطحی بر اثر برخورد امواج درونی زمین لرزه با فصل مشترک لایه‌ها، نیز در سطح زمین تولید می‌شوند. این امواج سرعت کمتری از امواج درونی دارند و شامل «امواج لاو»<sup>۱</sup> و «امواج ریل»<sup>۲</sup> هستند.  
**امواج لاو:** این امواج جابه‌جایی قائم ندارند، بلکه در صفحه‌ای موازی سطح زمین جابه‌جا می‌شوند. حرکت امواج

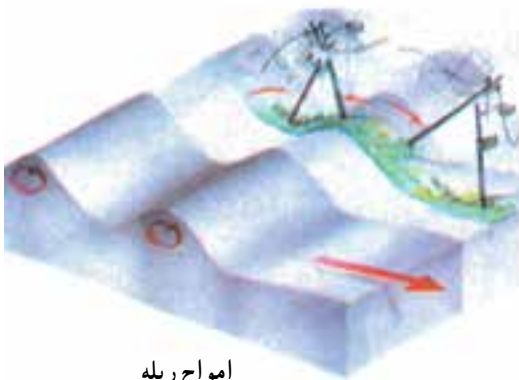
لاو به صورت ارتعاش ذرات عمود بر امتداد انتشار است.  
**امواج ریل:** حرکتی مشابه حرکت امواج دریا دارند و ذرات را در یک مدار دایره‌ای به ارتعاش درمی‌آورند. (جهت حرکت دایره مخالف جهت حرکت امواج است).  
 عامل اصلی خرابی‌های حاصل از زمین لرزه امواج سطحی هستند. تأثیر موج لاو به شکل تکان‌های افقی، بی‌ساختمان‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و منجر به تخریب آن‌ها می‌شود.



امواج عرضی



امواج طولی



امواج ریل



امواج لاو

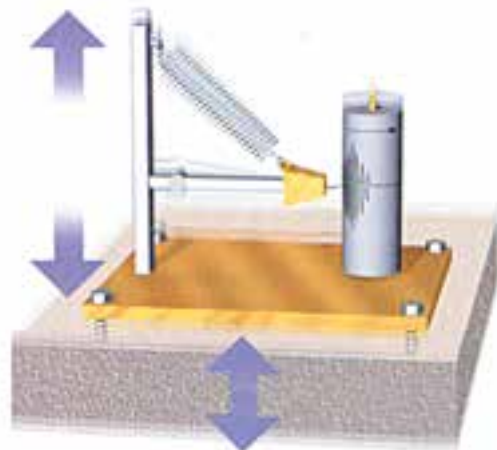
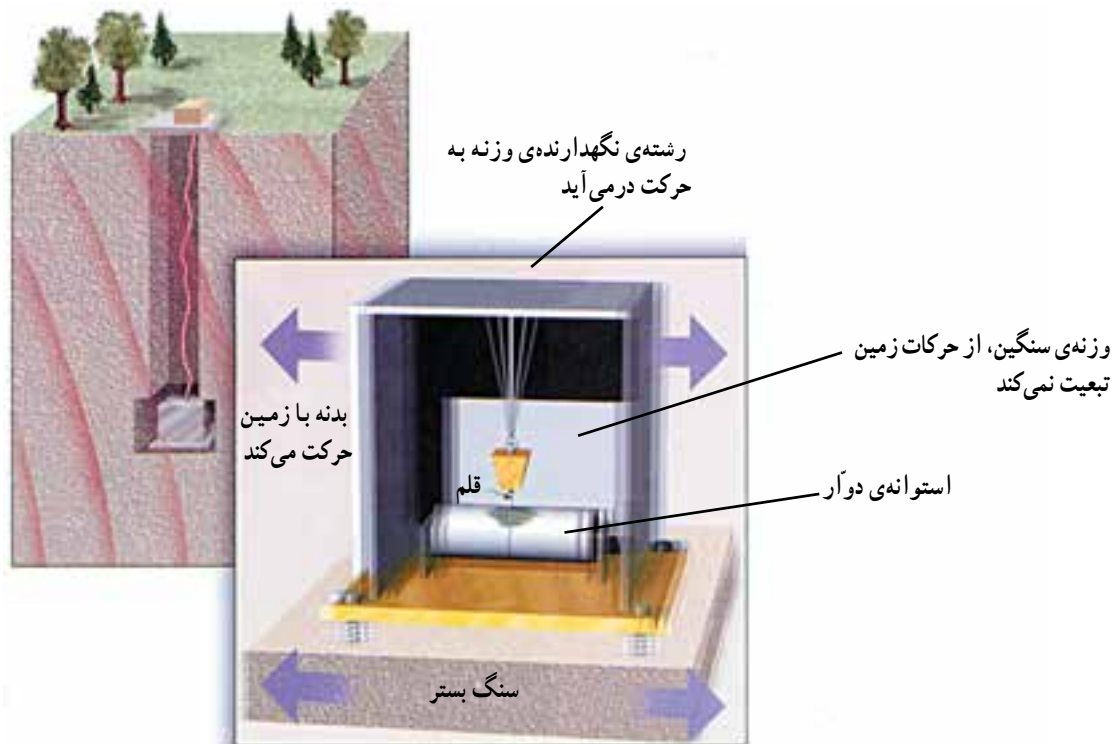
شکل ۴-۱۵- چهار نوع امواج زمین لرزه

### دستگاه‌های ثبت امواج زمین لرزه

امروزه دستگاه‌های بسیار دقیق و حساسی برای ثبت امواج زمین لرزه ساخته شده و در ایستگاه‌های لرزه‌شناسی نصب شده‌اند.

اساس کار این دستگاه‌ها مبتنی است بر ثبت امواج افقی و قائم، به وسیله‌ی یک قلم بر روی صفحه‌ای استوانه‌ای دوار. این دستگاه‌ها را «لرزه‌نگار» می‌گویند.





شکل ۵-۱۵- دو نوع دستگاه لرزه‌نگار ویژه‌ی ثبت زمین‌لرزه

## بزرگی زمین‌لرزه

موج زمین‌لرزه ده برابر شود یک درجه بر مقیاس ریشتر اضافه خواهد شد. در جدول ۱-۱۵، تأثیری که زمین‌لرزه‌هایی با بزرگی تقریبی مختلف در مقیاس ریشتر، در نواحی مسکونی برجا می‌گذارند، فراهم آمده است.

امروزه بزرگی زمین‌لرزه را در مقیاس «ریشتر»<sup>۱</sup> بیان می‌کنند. واحد بزرگی زمین‌لرزه ریشتر است که با یک عدد صحیح و جزء اعشاری همراه است. شدیدترین زمین‌لرزه‌ای که تاکنون در جهان گزارش شده ۸/۶ درجه‌ی ریشتر بوده و در سال ۱۹۰۶ در کشور کلمبیا رخ داده است. در مقیاس ریشتر اگر دامنه‌ی

۱- چارلز ریشتر C.F.Richter در سال ۱۹۳۵ به جای اصطلاح شدت زمین‌لرزه، مقیاس بزرگی را برای اولین بار به کار برد. این مقیاس حسابی نیست، بلکه لگاریتمی است.

## جدول ۱-۱۵

اثرات در نواحی مسکونی	بزرگی زمین لرزه
محسوس نیست و فقط به وسیله‌ی دستگاه‌ها ثبت می‌شود.	۲/۰ - ۳/۴
بعضی‌ها آن را احساس می‌کنند.	۳/۵ - ۴/۲
بیش‌تر مردم آن را احساس می‌کنند.	۴/۳ - ۴/۸
همه آن را احساس می‌کنند.	۴/۹ - ۵/۴
خسارات اندک به ساختمان‌ها وارد می‌شود.	۵/۵ - ۶/۱
خسارات نسبتاً زیاد به ساختمان‌ها وارد می‌شود.	۶/۲ - ۶/۹
خسارات شدید - خم شدن راه‌آهن.	۷/۰ - ۷/۳
خرابی زیاد	۷/۴
ویرانی در همه جا	۸

## مطالعه‌ی آزاد

متأسفانه هنوز دانش انسان نتوانسته است زمان زمین لرزه را قبل از وقوع پیش‌بینی کند. اما تجربیات مختلف بیانگر رابطه‌ای بین زمین لرزه و پدیده‌های دیگر طبیعت است؛ برای نمونه، هنگامی که کره‌ی ماه بیش از هر زمان دیگر به زمین نزدیک می‌شود<sup>۱</sup> یا به هنگام هلال و بدر کامل یا هنگامی که ماه بر روی نصف النهار محل مورد نظر باشد تکان‌های زمین لرزه بیش‌تر و شدیدتر است؛ هم‌چنین رابطه‌ای بین زمین لرزه و باد، بارش و تغییرات جوی نیز وجود دارد.

جانوران نیز نسبت به علایم خاصی که قبل از وقوع زمین لرزه ممکن است پدیدار گردد بسیار حساس هستند. چهارپایان، مرغ‌ها و حیوانات خانگی به هیجان درمی‌آیند. جانوران وحشی مانند شیر و پلنگ در جنگل‌ها مخفی می‌شوند و می‌غرند. این قبیل عکس‌العمل جانوران، قبل از وقوع آتش‌فشان نیز مشاهده شده است به نظر می‌رسد جانورانی که حس شنوایی دقیق و حساسی دارند صداها و علایم مربوط به وقوع زمین لرزه را زودتر از انسان دریافت کرده از روی غریزه‌ی طبیعی خود احساس خطر می‌کنند.

۱- اعداد مربوط به بزرگی زمین لرزه برای آشنایی هنرجویان آمده است و نیازی به حفظ کردن آن‌ها نیست.  
 ۲- در اصطلاح نجوم به این حالت حقیض می‌گویند.

## آثار حاصل از زمین لرزه

شکاف‌ها و گسل‌ها و جدا شدن طبقات پوسته‌ی زمین از یک‌دیگر و بسیاری آثار مخرب دیگر نیز از نتایج وقوع زمین لرزه است. رخداد زمین لرزه در شب بر تلفات انسانی به شدت می‌افزاید. قطع برق، آب و گاز شهری، و وقوع حریق بر دامنه‌ی خسارات زلزله می‌افزاید و کمک‌رسانی به آسیب‌دیدگان را دشوار می‌سازد.

نتایج حاصل از زمین لرزه عبارت‌است از ویرانی و تخریب کامل ساختمان‌ها و تأسیسات مختلفی که به وسیله‌ی انسان ساخته شده است. این موضوع عموماً با تلفات جانی بسیاری نیز همراه است. ریزش کوه‌ها و سقوط بهمین در مناطق کوهستانی، پیدایش



شکل ۶- ۱۵- زلزله

## خودآزمایی

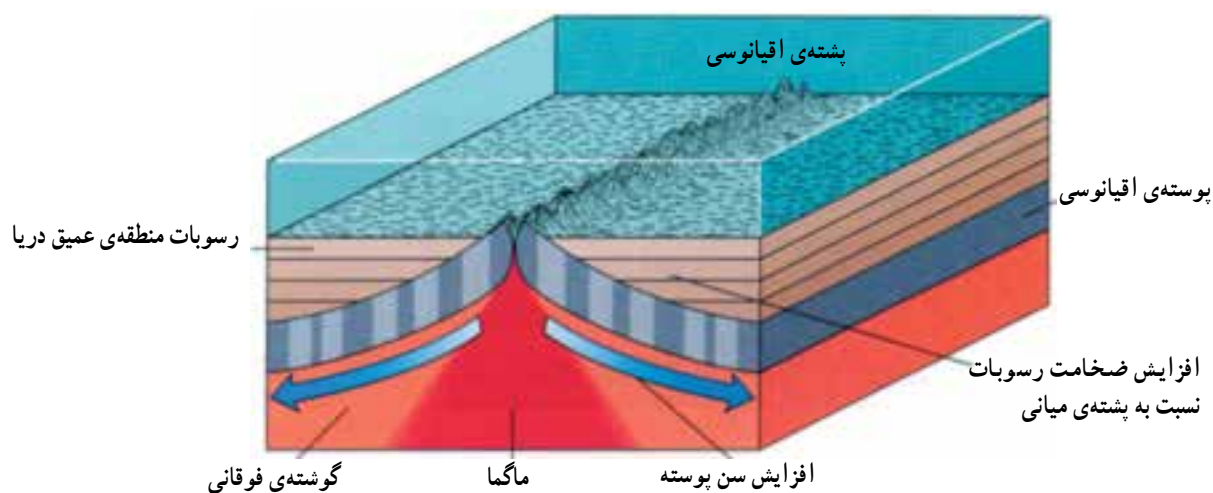
- ۱- منشأ اصلی زمین لرزه چیست؟ چگونه وقوع آن را شرح دهید.
- ۲- تکان زمین لرزه از کجا آغاز می‌شود؟ این محل از لحاظ عمق چگونه طبقه‌بندی شده است؟
- ۳- مرکز سطحی زمین لرزه کجاست؟ با رسم شکلی موقعیت آن را نسبت به کانون زمین لرزه نشان دهید.
- ۴- امواج درونی شامل چه امواجی هستند؟ با رسم شکل مفهوم آن‌ها را نشان دهید.
- ۵- امواج سطحی چگونه تولید می‌شوند؟ انواع آن را نام ببرید.
- ۶- کدام امواج درونی و سطحی از لحاظ نوع حرکت با هم شبیه هستند؟
- ۷- حرکت امواج ریله چگونه است؟
- ۸- امواج زلزله با چه دستگاه‌هایی ثبت می‌شوند؟ اساس کار آن‌ها چیست؟
- ۹- امروزه بزرگی زمین لرزه را با چه مقیاسی اندازه‌گیری می‌کنند؟ در این مقیاس، زمین لرزه از چه درجه‌ای باعث خسارات شدید و خم شدن راه آهن می‌شود؟
- ۱۰- پنج نمونه از آثار مخرب زلزله را نام ببرید.



## ساخت‌های تکتونیکی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- کلیات ساخت‌های اولیه و ثانویه و علم تکتونیک را توضیح دهد.
- ۲- مکانیسم چین‌خوردگی را با مثال تشریح کند.
- ۳- مشخصات هندسی چین را بازگو کند.
- ۴- انواع چین را توضیح دهد.
- ۵- نیروهای مؤثر در تغییر شکل شکستگی را شرح دهد.
- ۶- درز و انواع آن را توضیح دهد.
- ۷- گسل را تعریف کند.
- ۸- مشخصات هندسی گسل را توضیح دهد.
- ۹- انواع گسل را نام ببرد.



## ساخت‌های تکتونیکی

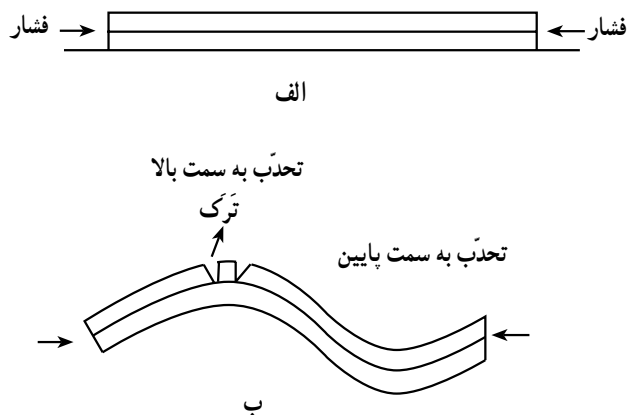
رشته کوه‌های عظیم دنیا چگونه تشکیل شده‌اند؟



شکل ۱-۱۶

### ۱- چین خوردگی<sup>۲</sup>

اگر چند لایه‌ی گل رُسی را روی سطح صافی قرار دهید (شکل ۱۶-۲ الف) و به تدریج از دو انتها لایه‌ها را فشار دهید، در قسمت میانی خمیدگی به وجود می‌آید (شکل ۱۶-۲ ب).



شکل ۱۶-۲- لایه‌های گل رُسی در حالت افقی (الف). لایه‌های

گل رُسی در اثر فشارهای جانبی (ب) تحدب لایه‌ها به سمت بالا، تشکیل ترک، تحدب لایه‌ها به سمت پایین.

با توجه به نحوه‌ی رسوب‌گذاری و تشکیل سنگ‌های رسوبی، انتظار می‌رود که سنگ‌ها به صورت لایه‌لایه، افقی و بدون جابه‌جایی تشکیل شوند. اگر ماسه‌سنگ‌ها و دیگر سنگ‌های رسوبی تپه‌ها و کوهستان‌ها را تشکیل داده باشند، نشانگر آن است که مواد رسوبی تشکیل دهنده‌ی تپه‌ها و کوهستان‌ها، در کف دریا به صورت افقی ته‌نشین شده‌اند و در شکل جدید باید پدیده‌های غیرعادی را تحمل کرده باشند.

بنابراین، در طبیعت علاوه بر حالت افقی لایه‌ها، شکل‌های غیرافقی نیز دیده می‌شود که نشان دهنده‌ی حرکات پوسته‌ی زمین و تأثیر آن در سنگ‌های رسوبی است. «تکتونیک» یا «زمین‌ساخت» بخشی از علم زمین‌شناسی که با آن، فرایند تغییر شکل سنگ‌ها و ساخت‌های حاصل از آن‌ها بررسی می‌شود. کوهستان‌ها و دیگر ارتفاعات ممکن است حاصل این پدیده‌ها باشند:

۱- براساس فرایندی که چین خوردگی نامیده می‌شود،

به وجود بیایند.

۲- از طریق فرایند شکستگی و گسل به وجود بیایند.

۳- از طریق پدیده‌ای نظیر آتش‌فشان‌ها تشکیل شوند.

چین می‌گذرد و تا حدی آن را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کند. سطح محوری ممکن است «قائم»، «مایل» و «افقی» باشد. محور: فصل مشترک سطح محوری با هر یک از لایه‌های چین را «محور چین» گویند.

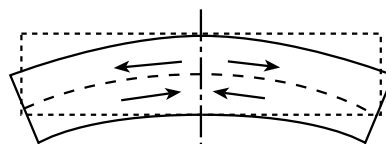
**پهلوی:** هر طرف چین شامل یک پهلوی است؛ بدین ترتیب، هر چین دو پهلوی دارد. **امتداد لایه:** به فصل مشترک سطح لایه با صفحه‌ی افقی، «امتداد لایه» گویند.

**شیب لایه:** زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افقی می‌سازد. بر روی لایه، پاره خط عمود بر امتداد لایه را «شیب» می‌نامند و آن را با شیب‌سنج اندازه می‌گیرند.

### انواع چین

۱- **چین تک شیب<sup>۳</sup>:** چین تک شیب عبارت از آن است که قسمتی از لایه‌ها از حالت افقی خارج شده بالاتر یا پایین‌تر از سطح اولیه قرار گیرد (شکل ۵-۱۶).

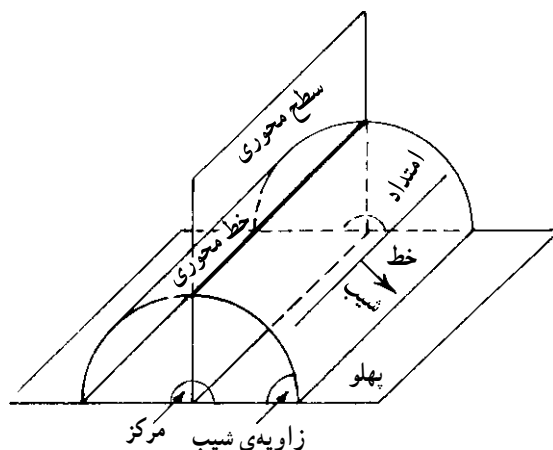
جسمی که تحت تأثیر تغییر شکل خمشی قرار بگیرد (شکل ۳-۱۶)، بخش بالایی آن تحت تأثیر نیروهای کششی است؛ در حالی که بخش زیرین آن نیروهای فشرده‌گی را تحمل می‌کند و قسمت میانی تغییر شکل می‌یابد.



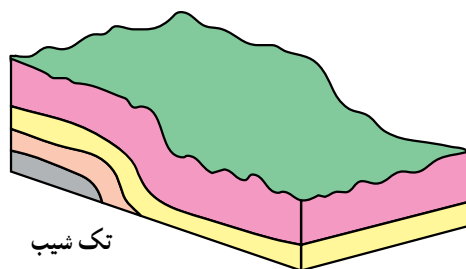
شکل ۳-۱۶- تغییر شکل خمشی لایه‌ها

مشخصات هندسی چین: (شکل ۴-۱۶)

**مرکز<sup>۲</sup>:** درونی‌ترین بخش چین خوردگی «مرکز» نام دارد. **سطح محوری:** سطحی است فرضی که از همه‌ی لایه‌های



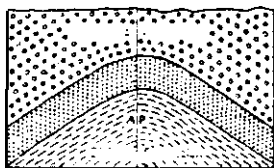
شکل ۴-۱۶- عناصر یک چین



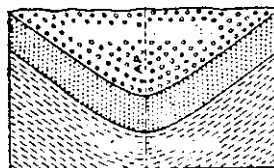
شکل ۵-۱۶- چین تک شیب

۳- ناودیس<sup>۲</sup>: چینی است که تحدب لایه‌ها به سمت پایین یا هر چه از مرکز آن دورتر شویم، سنگ‌ها قدیم‌تر می‌شوند (شکل ۱۶-۶-ب).

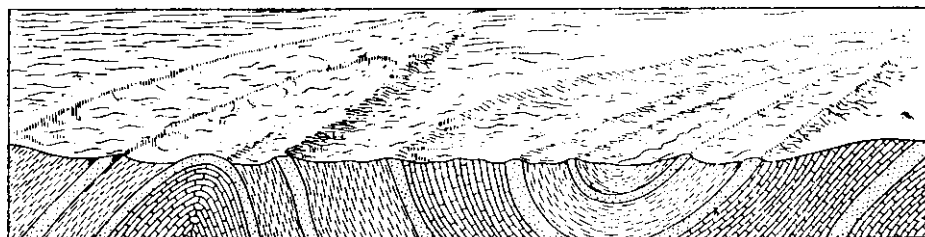
۲- تاقدیس<sup>۱</sup>: تاقدیس چینی است که تحدب لایه‌ها به سمت بالا باشد. یا هر چه از مرکز آن دورتر شویم، سن سنگ‌ها کم‌تر می‌شود (شکل ۱۶-۶-الف).



الف



ب



تاقدیس

ناودیس

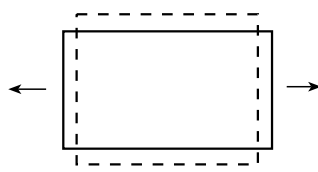
شکل ۱۶-۶- یک تاقدیس و ناودیس و عمل فرسایش بر آن‌ها

گیرند (شکل ۱۶-۸-الف و ب). تغییر شکل‌های ایجاد شده در سنگ‌ها به صورت «شکستگی» نمایان می‌شود. حاصل شکستگی سنگ‌ها به صورت «درز» و «گسل» است.

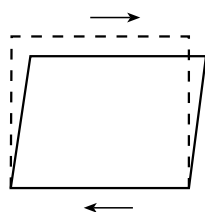
۴- چین متقارن: چینی است که سطح محوری آن قائم است (شکل ۱۶-۷-الف). شیب هر دو پهلو یکسان است.

۵- چین نامتقارن: در این چین، سطح محوری مایل است. شیب دو پهلو در دو جهت مخالف بوده زاویه‌ی شیب دو پهلو متفاوت است (شکل ۱۶-۷-ب).

۶- چین خوابیده: چینی است که در آن سطح محوری معمولاً افقی است (شکل ۱۶-۷-ج).

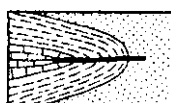


الف - افزایش ابعاد در امتداد نیروی کششی

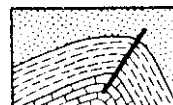


ب - نیروهای زوج در یک سطح تأثیر گذاشته نقش مهم در پدیده‌ی شکستگی دارد.

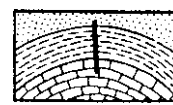
شکل ۱۶-۸



ج) چین خوابیده



ب) نامتقارن



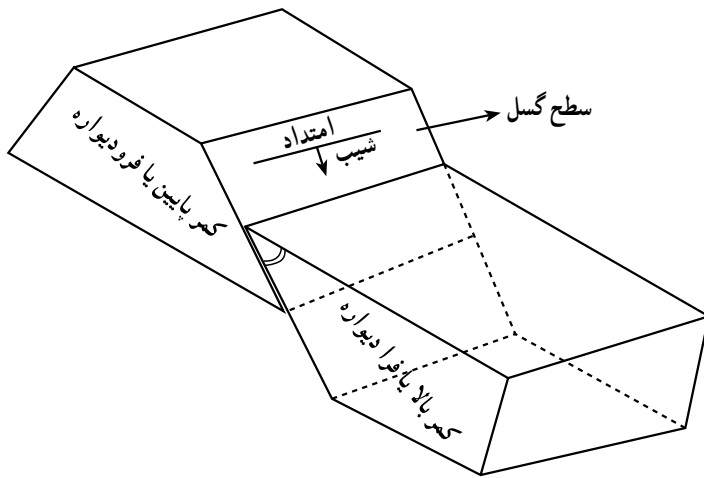
الف) متقارن

شکل ۱۶-۷

## ۲- شکستگی‌ها

هرگاه سنگ‌ها تحت تأثیر نیروهای کششی یا برشی قرار

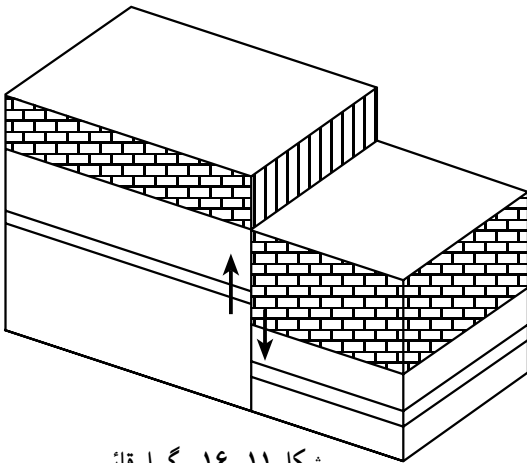




شکل ۱۰-۱۶- مشخصات هندسی گسل

### انواع گسل

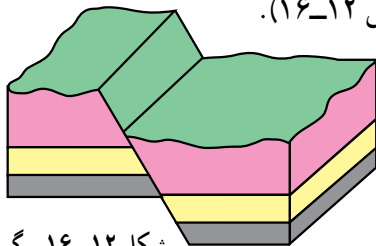
**گسل قائم:** در این گسل، جابه‌جایی قطعات سنگی در امتداد سطح قائم صورت گرفته است (شکل ۱۱-۱۶). در این نوع جابه‌جایی به سطح گسل، «آینه‌ی گسل» گفته می‌شود.



شکل ۱۱-۱۶- گسل قائم

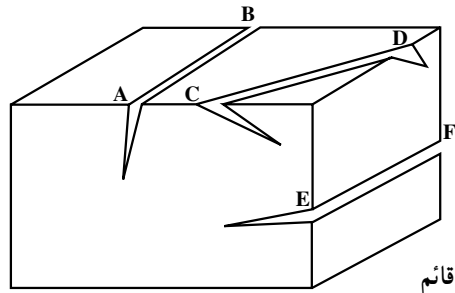
### گسل‌های مایل

**گسل عادی<sup>۱</sup>:** سطح این گسل مایل است و کمر بالا (فراد دیواره) نسبت به کمر پایین (فرود دیواره) به سمت پایین حرکت کرده است (شکل ۱۲-۱۶).



شکل ۱۲-۱۶- گسل عادی

درزها و گسل‌ها از نظر تشکیل کانسارها و تجمع آب‌های زیرزمینی، نیز احداث تونل‌ها و سازه‌های مهندسی اهمیت دارند. درز: نوعی شکستگی است که در بین بخش‌های شکستگی، هیچ‌گونه جابه‌جایی انجام نشده است. درز ممکن است به صورت «قائم»، «مایل» یا «افقی» باشد. طول درز ممکن است از چند سانتی‌متر تا چندین صد متر تغییر کند.



AB: درز قائم

CD: درز مایل

EF: درز افقی

شکل ۹-۱۶

**گسل‌ها<sup>۱</sup>:** گسل‌ها شکستگی‌هایی هستند که در آن‌ها دو دیواره‌ی سطح شکستگی نسبت به هم حرکت کرده است. میزان جابه‌جایی گسل‌ها از چند سانتی‌متر تا چند کیلومتر تغییر می‌کند.

### مشخصات هندسی گسل

**سطح گسل:** سطحی است که شکستگی و جابه‌جایی در امتداد آن انجام گرفته است. سطح گسل ممکن است «قائم»، «مایل» یا «افقی» باشد.

**امتداد گسل:** فصل مشترک بین سطح گسل و سطح افقی را «امتداد گسل» نامند.

**شیب گسل:** زاویه‌ی بین سطح گسل و سطح افق را شیب گسل گویند.

**کمر بالا<sup>۲</sup> (فراد دیواره):** به طبقات سنگی روی سطح گسل، کمر بالا یا فراد دیواره می‌گویند.

**کمر پایین<sup>۳</sup> (فرود دیواره):** طبقات سنگی زیر سطح گسل، کمر پایین یا فرود دیواره نام دارد.

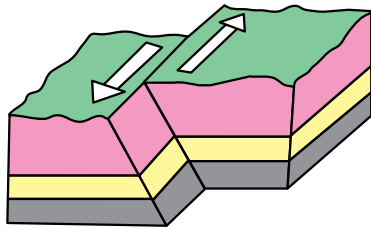
۱- Faults

۲- Hanging wall

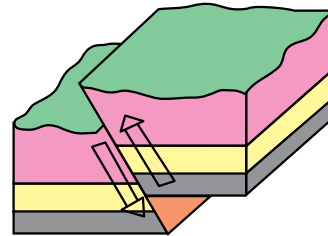
۳- Foot wall

۴- Normal fault

گسل رانده یا معکوس<sup>۱</sup>: گسل رانده با سطح گسل مایل که قطعات سنگی کمر بالا نسبت به قطعات سنگی کمر پایین به سمت بالا حرکت کرده است (شکل ۱۳-۱۶).



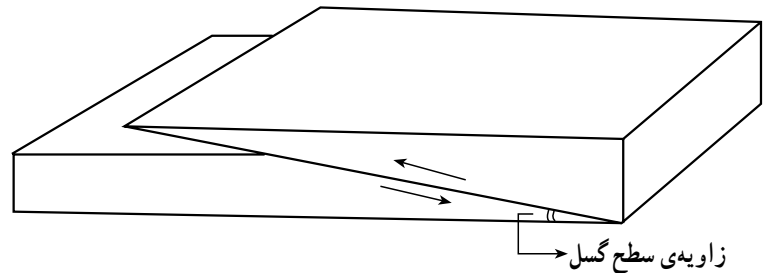
شکل ۱۵-۱۶- گسل امتداد لغز



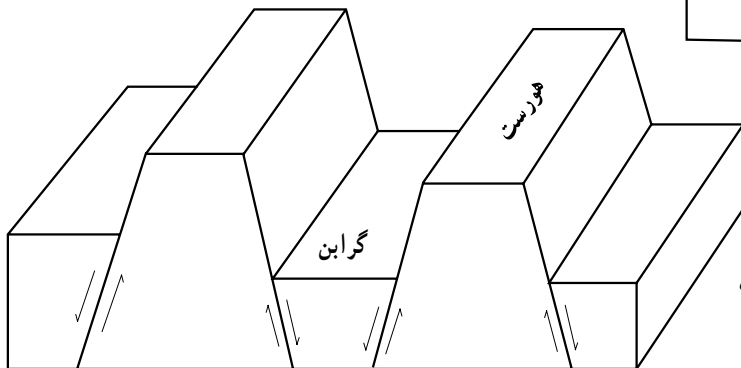
شکل ۱۳-۱۶- گسل رانده یا معکوس

گسل مرگب: در صورتی که پوسته‌ی زمین به وسیله‌ی گسل‌های مایل، در تمام ضخامت خود گسیخته شده باشد تعدادی گسل‌های عادی موازی ایجاد می‌شود. بخش‌هایی از پوسته‌ی زمین که پایین بیفتند ساختی به نام «گرابن<sup>۲</sup>» (دره ریفیتی) به وجود می‌آورند. بخش‌هایی که بالا می‌روند ساختی به نام «هورست<sup>۳</sup>» (بلندی) ایجاد می‌کنند (شکل ۱۶-۱۶).

اگر در گسل‌های رانده مقدار جابه‌جایی بیش از یک کیلومتر و زاویه‌ی سطح گسل کم‌تر از  $10^\circ$  درجه باشد، گسل را «رورانده» گویند (شکل ۱۴-۱۶).



شکل ۱۴-۱۶- گسل رورانده



شکل ۱۶-۱۶- گرابن و هورست

گسل امتداد لغز: در این گسل بر اثر تغییر شکل برشی، قطعات سنگی در امتداد سطح گسل پدید می‌آید (شکل ۱۵-۱۶).

## خودآزمایی

- ۱- ساخت‌های اولیه و ثانویه‌ی سنگ‌های رسوبی را توضیح داده، با یک‌دیگر مقایسه کنید.
- ۲- علم تکتونیک چیست؟
- ۳- هر یک از پدیده‌های چین‌خوردگی و گسل چه نوع تغییر شکل‌هایی را تحمل کرده‌اند؟ با رسم شکل توضیح دهید.
- ۴- اصطلاحات «سطح محوری»، «امتداد» و «مرکز چین» را تشریح کنید.
- ۵- یک تاقدیس و یک ناودیس را از نظر شکل ظاهری و قدمت لایه‌ها مقایسه کنید.
- ۶- مشخصات هندسی گسل را نام ببرید؟ شیب گسل، کمر بالا یا فرادیواره را توضیح دهید.
- ۷- گسل عادی و معکوس را از نظر جابه‌جایی طبقات سنگی و میزان طول‌شدگی مقایسه کنید.
- ۸- گسل مرکب چگونه ساخته می‌شود؟ هورست و گرابن را توضیح دهید.
- ۹- کمربندهای کوه‌زایی جهان را با استفاده از این کتاب و کتاب‌های دیگر مشخص کرده، چگونگی تشکیل رشته‌کوه‌ها را توضیح دهید.