فصل چهاردهم

فرایندهای تغییردهنده‌ی سطح کره‌ی زمین
(رسوب‌گذاری)

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

۱ــ رسوب‌گذاری را شرح دهد.

۲ــ رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها را تشریح نماید.

۳ــ رسوب‌گذاری مواد در دریاها و اقیانوس‌ها را توضیح دهد.

۴ــ رسوب‌گذاری مواد از طریق جریان باد را تشریح کند.

۵ ــ رسوب‌گذاری به‌وسیله‌ی آب‌های زیرزمینی را توضیح دهد.

۶ ــ دیاژنز را شرح دهد.

۷ــ خاک را توصیف کند.

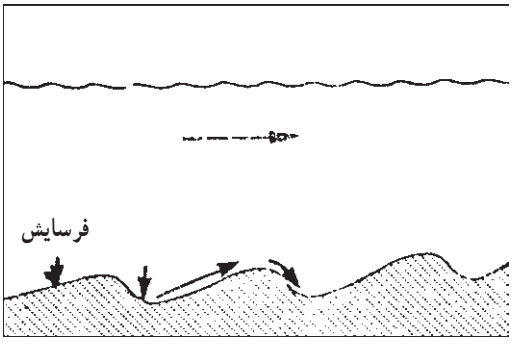
رسوب‌گذاری[1]

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 درغیر 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.

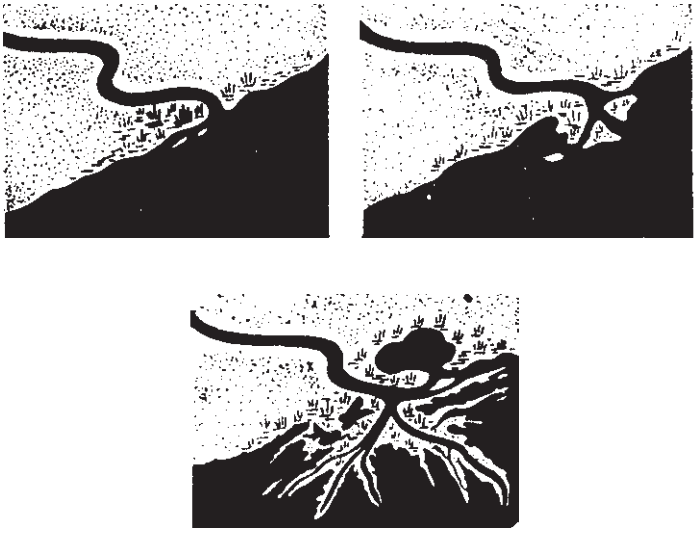
ذرات رسوبی در بستر رودخانه‌ها به شکل‌های گوناگون جمع می‌شوند. هرگاه شکل این رسوبات به‌حالت فرورفتگی و برجستگی‌های موج مانند باشد به آنها «اثر موجی[2]» می‌گویند.



شکل ۱ــ۱۴ــ تشکیل اثر موجی در بستر رودخانه

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 (Δ) پدید می‌آورند. رأس دلتا به سمت خشکی و قاعده‌ی آن به طرف دریاست.



شکل ۲ــ۱۴ــ چگونگی تشکیل دلتا

مخروط‌افکنه[3]: هرگاه رودخانه‌ای که از مسیر کوهستانی پرشیبی می‌گذرد ناگهان وارد دشت مسطح و همواری شود، سرعت آب آن کاسته می‌شود. از این‌رو، در همان‌جا قسمتی از بار خود را ته‌نشین می‌کند. با توجه به شکل این رسوبات که شبیه مخروط باز شده‌ی پهن و کوتاه است به آن‌ها «مخروط‌افکنه» می‌گویند. مخروط افکنه محل مناسبی برای ذخیره و تشکیل مخازن آب زیرزمینی است. در مخروط‌افکنه از طرف رأس به پایین ابعاد ذرات ریز می‌شود.

۱ــ Sedimentation ۲ــ Ripple Mark ۳ــ Alluvial Fan

شکل ۳ــ۱۴ــ مخروط افکنه در پای کوه

رسوب‌گذاری مواد در دریاها و اقیانوس‌ها[1]

بیش‌تر مواد تخریبی و هوازده‌ای که به‌وسیله‌ی 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 می‌خورد. 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 نرم‌تنان 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[2] 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 این‌رو، 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[3]» می‌گویند.

شکل ۴ــ۱۴ــ رسوبات ساحلی

۱ــ Sedimentation

۲ــ پلانکتون‌ها : جانوران شناور ذرّه‌بینی موجود در آب دریاها هستند.

۳ــ Extraterrestrial Sediments

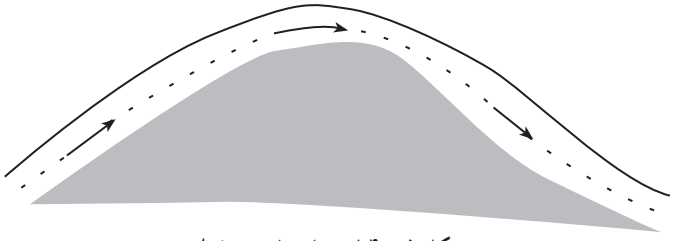
رسوب‌گذاری مواد از طریق جریان باد

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 به‌جای 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[1]» می‌گویند. به‌طورکلی ذراتی که به اندازه‌ی ماسه هستند معمولاً به شکل تپه‌های ماسه‌ای[2] و دانه‌های ریزتر به‌صورت لایه‌های افقی موسوم به «لُس[3]» 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 به‌وجود می‌آید.

شرط اساسی برای تشکیل تپه‌های ماسه‌ای وجود باد و مقدار کافی ماسه است؛ از این‌رو، 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، 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.



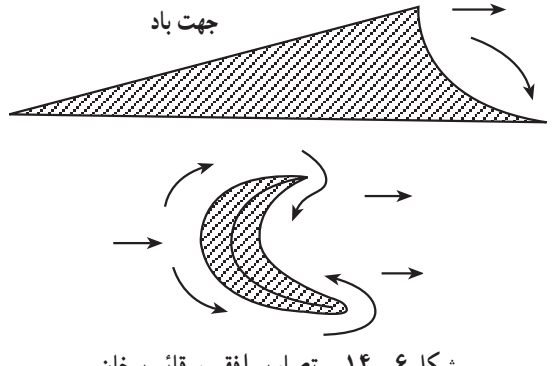
شکل ۵ ــ۱۴ــ جابه‌جا شدن ذرات شن

محل تپه‌های ماسه‌ای براثر 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 درسال 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 دراین‌جا به چند نوع آن‌ها اشاره می‌شود.

بَرخان[4]: به تپه‌ی ماسه‌ای هلالی شکلی که قسمت محدب آن در جهت وزش باد باشد برخان می‌گویند. برخان‌ها در بیابان‌های قره‌قوم ــ مغولستان‌شرقی، بیابان‌های آسیای مرکزی، صحراهای آفریقا، عربستان، ایران، استرالیا و جاهای مشابه مشاهده می‌شود.

شکل ۷ــ۱۴ــ برخان



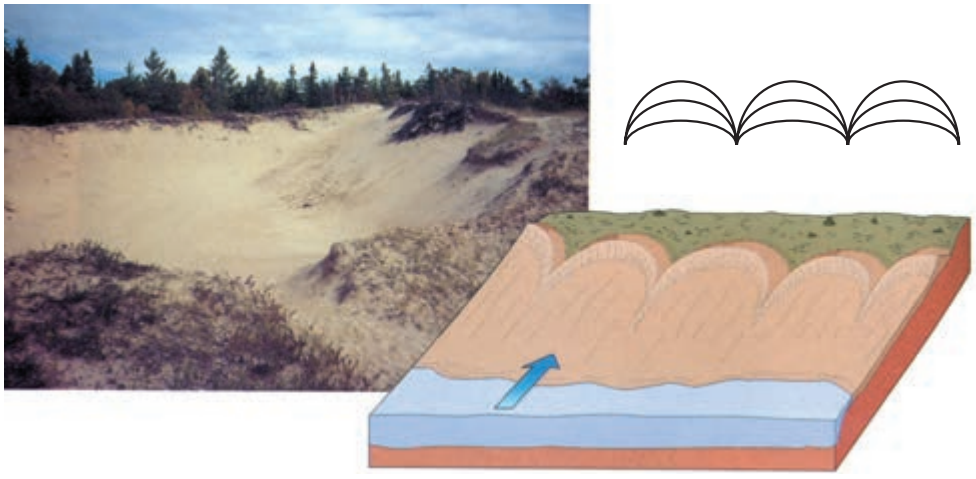
شکل ۶ ــ۱۴ــ تصاویر افقی و قائم برخان

۱ــ Eolian ۲ــ Dune تپه‌های ماسه‌ای را «تلماسه» نیز می‌گویند. ۳ــ Loess

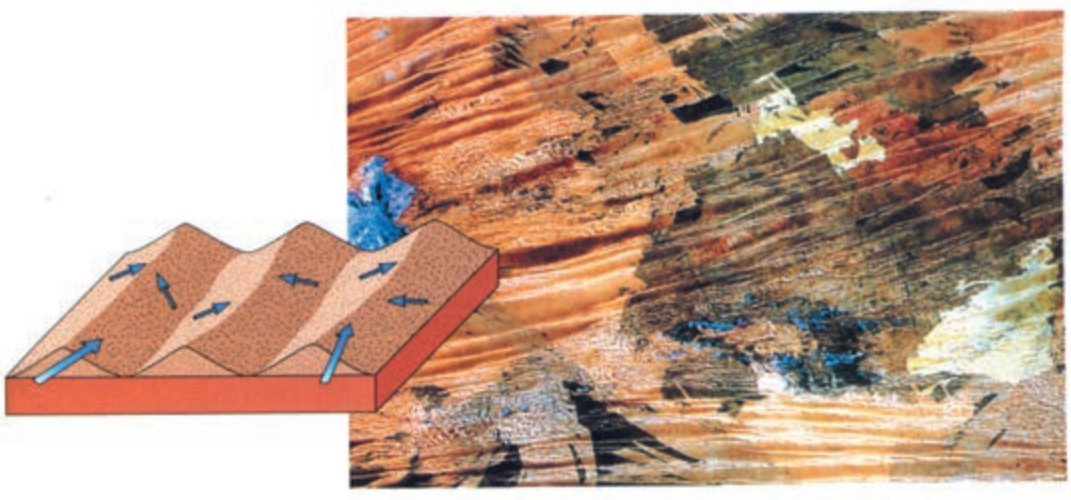
۴ــ Barchan (Barkhan) برخان نامی است که اقوام ترک بیابان‌نشین برای این تپه‌ها گذاشته‌اند و امروزه یک نام علمی پذیرفته شده است.

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

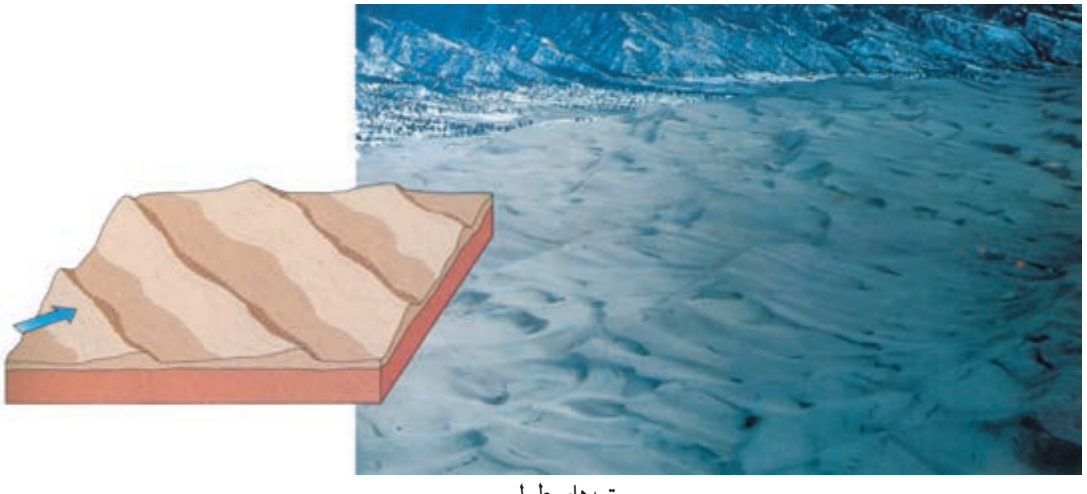
تپه‌های سهمی شکل: این تپه‌ها، در جهت عکس برخان‌ها شکل می‌گیرند و قسمت محدب آن‌ها پشت به باد است.



تپه ماسه‌ای عرضی



تپه‌های ماسه‌ای طولی



تپه‌های طولی

شکل ۸ ــ۱۴ــ تپه‌های ماسه‌ای

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 لس‌ها ممکن است یخچالی یا صحرایی باشد. رسوبات لسی در ایران در«دشت گرگان» و غرب «کپه‌داغ» و تپه ماهورهای دامنه‌ی شمالی البرز در استان‌های گیلان، مازندران و گلستان مشاهده می‌شود. رسوبات لس فاقد لایه‌بندی و سیمان است.

شکل ۹ــ۱۴ــ رسوبات لسی

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 به‌وسیله‌ی آب‌های زیرزمینی، غارها به‌وجود 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»[1] و به قسمت پایینی «استالاگمیت»[2] می‌گویند.

شکل ۱۰ــ۱۴ــ 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 می چسباند. ماسه‌های جدا از هم به‌وسیله‌ی این سیمان‌ها به ماسه‌سنگ سخت تبدیل می‌شوند. این قبیل مواد سیمانی بیش‌تر از جنس کلسیت، سیلیس واکسید آهن است.

رگه‌ها[3]: هنگامی که آب‌های زیرزمینی اشباع شده از مواد معدنی در بین شکاف‌ها و درزهای زمین نفوذ کند به تدریج مواد معدنی خود را به‌صورت 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 به‌وجود آورند.

دندریت[4]: گاهی نیز اکسیدمنگنز به‌طور ناقص بر روی دیواره‌ی شکاف‌ها رسوب می‌کند وتصویری خزه مانند به‌نام «دندریت» بر روی سنگ ظاهر می‌سازد.

شکل ۱۱ــ۱۴ــ دندریت اکسید منگنز

۱ــ Stalactite ۲ــ Stalagmite ۳ــ Veins ۴ــ Dendrite

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 اکسیدآهن 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 ۱۲ــ۱۴ــ ساقه‌ی درخت سنگ شده که بر اثر عمل جانشینی، مواد آلی آن حل شده و مواد آهکی جانشین آن گردیده است.

دیاژنز[1] (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 «سنگ‌شدگی» می‌گویند. دیاژنز شامل دو مرحله‌ی «متراکم شدن» و «سیمانی شدن» است.

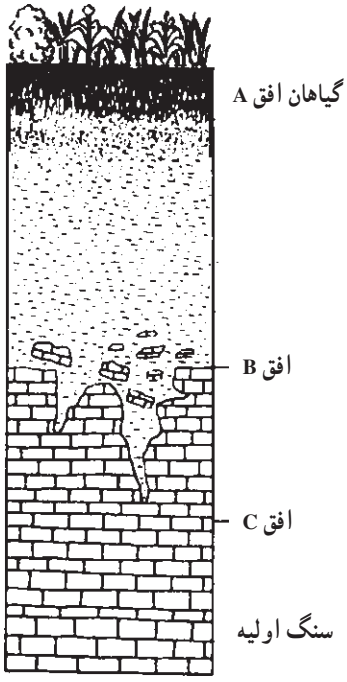
متراکم شدن[2]: طی این مرحله رسوبات بر اثر فشار طبقات بالایی، فشرده شده آب آن‌ها خارج می‌شود. در نتیجه‌ی این عمل، حجم فضای میان دانه‌ها و ذرات کاهش می‌یابد ؛ سرانجام، ذرات و دانه‌ها متراکم شده به یک‌دیگر می‌چسبند.

سیمان شدن[3]: 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 اثر سیمان شدن به سنگ تبدیل می‌شوند. در بسیاری موارد، ماده‌ی سیمانی از انحلال خود رسوب تولید می‌شود. کانی‌های کلسیت، دولومیت، اکسیدآهن، 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 معمولاً از مواد رسی، ماسه و شن‌های ریز و درشت و مقدار اندکی بقایای گیاهی تشکیل شده است. اکسیدآهن و آلومینیوم در این افق متمرکز شده است. افق C افقی است که در آن مواد سنگی به میزان بسیار اندکی تخریب و تجزیه شده و بدین ترتیب، مخلوطی است از قطعات سنگ‌های اولیه و مواد تجزیه شده.



شکل ۱۳ــ۱۴ــ نیم‌رخ عمومی خاک‌ها

۱ــ Diagenes ۲ــ Compaction ۳ــ Cementation

خودآزمایی

۱ــ آبرفت چیست؟ چه تفاوتی بین آبرفت و دلتا وجود دارد؟

۲ــ مخروط‌افکنه چگونه تشکیل می‌شود و اهمیت آن چیست؟

۳ــ رسوبات غیرزمینی چگونه رسوباتی هستند؟

۴ــ 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 ــ برای جلوگیری از حرکت شن‌های روان چه اقداماتی صورت می‌گیرد؟

۶ ــ لُس چیست؟ چرا رنگ آن معمولاً زرد یا قهوه‌ای است؟

۷ــ استالاکتیت و استالاگمیت چه تفاوتی با یک‌دیگر دارند؟

۸ ــ دندریت چیست؟

۹ــ دیاژنز را تعریف کنید. مراحل آن کدام هستند؟

۱۰ــ با رسم شکل افق‌های خاک را نشان دهید.

فصل پانزدهم

زمین‌لرزه

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

۱ــ زلزله را شرح دهد.

۲ــ منشأ زلزله را تشریح کند.

۳ــ عمق‌های مختلف کانون زمین‌لرزه را گروه‌بندی نماید.

۴ــ امواج زمین‌لرزه، شامل امواج درونی و امواج سطحی را تشریح کند.

۵ ــ دستگاه‌های ثبت امواج زمین‌لرزه را شرح دهد.

۶ ــ بزرگی زمین‌لرزه را بیان کند.

۷ــ آثار حاصل از زمین‌لرزه را تشریح نماید.

زمین‌لرزه[1]

مقدمه

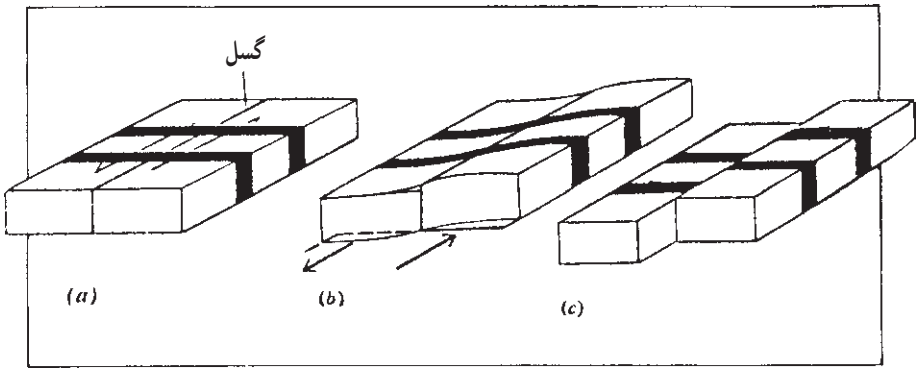
امروزه به‌وسیله‌ی دستگاه‌ها و تجهیزات علمی پیشرفته ثابت شده است که پوسته‌ی زمین به‌گونه‌ای خفیف و تقریباً به‌طور دایم در تمام نقاط می‌لرزد، اما انسان آن را احساس نمی‌کند. برخی گزارش‌ها نشانگر آن است که زمین هر سال ۱۵۰ هزار بار می‌لرزد.

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 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 اوّلیه باز می‌گردند. در چنین حالتی بعد از شکسته شدن سنگ‌ها و بازگشت به حالت اوّلیه، امواج لرزه‌ای ایجاد می‌شود.



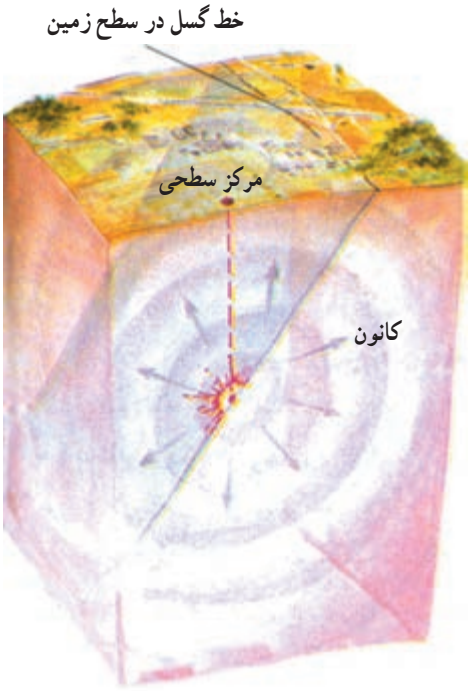
۱ــ ۱۵ــ تغییر شکل طبقات زمین هنگام بروز زلزله

همان‌گونه که در شکل ۱ــ۱۵ 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 زمین لرزه تولید می‌شود در اعماق زمین قرار دارد و در سطح یا فضایی واقع می‌شود که حدود آن برای ما نامعلوم است. تکان زمین‌لرزه از کانون یا مرکز درونی[2] 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[3]» نام دارد. هر اندازه از

۱ــ Earthquake ۲ــ Hypocenter ۳ــ Epicenter

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



شکل ۲ــ ۱۵ــ کانون زلزله و مرکز سطحی آن

عمق کانون زمین‌لرزه

زمین‌لرزه‌ها را براساس عمق کانون آن‌ها به سه گروه تقسیم می‌کنند :

الف ــ زمین‌لرزه‌های کم عمق: همان زمین‌لرزه‌های سطحی است که عمق کانون آن‌ها حداکثر در ۷۰ کیلومتری زیر زمین است.

ب ــ زمین‌لرزه‌های باعمق متوسط: کانون این زمین‌لرزه‌ها بین ۷۰ تا ۳۰۰ کیلومتری از سطح زمین واقع است.

ج ــ زمین‌لرزه‌های عمیق: کانون این زمین‌لرزه‌ها در عمقی بیش از ۳۰۰ کیلومتری سطح زمین قرار دارد.

کانون بیش از ۸۰ درصد زمین‌لرزه‌ها 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.

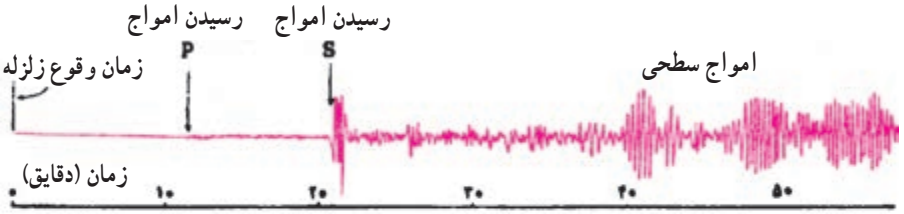
امواج زمین لرزه

امواج زمین‌لرزه به‌طورکلی به دو دسته‌ی «امواج درونی[1]» و «امواج بیرونی[2]» تقسیم می‌شوند.

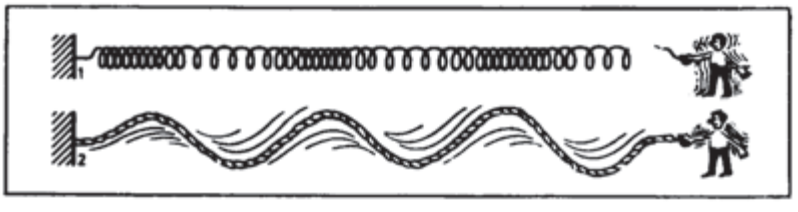
امواج درونی: این امواج در کانون زمین لرزه ایجاد می‌شوند و در درون زمین‌انتشار می‌یابند. امواج درونی خود شامل دو دسته‌اند که عبارت‌اند از : «امواج طولی[3]» و «امواج عرضی[4]».

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



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



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

شکل ۳ــ ۱۵ــ مفهوم تصویری امواج طولی و عرضی

۱ــ Body Waves ۲ــ Surface Waves ۳ــ Longitudinal Waves ۴ــ Trausverse Waves

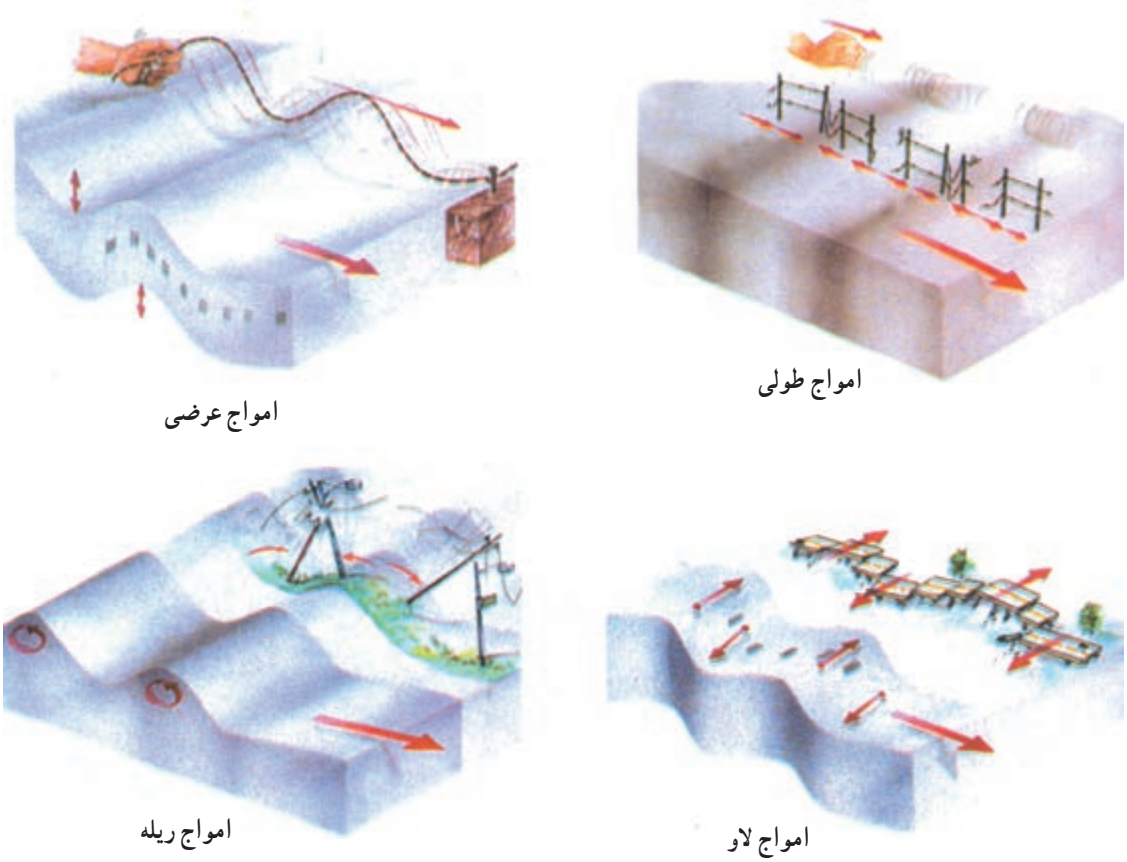
جهت ارتعاش ذرات، عمود بر امتداد انتشار آن است.

امواج سطحی: امواج سطحی بر اثر برخورد امواج درونی زمین‌لرزه با فصل مشترک لایه‌ها، نیز در سطح زمین تولید می‌شوند. این امواج سرعت کم‌تری از امواج درونی دارند و شامل «امواج لاو[1]» و «امواج ریله[2]» هستند.

امواج لاو: این امواج جابه‌جایی قائم ندارند، بلکه در صفحه‌ای موازی سطح زمین جابه‌جا می‌شوند. حرکت امواج لاو به‌صورت ارتعاش ذرات عمود بر امتداد انتشار است.

امواج ریله: 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 زمین‌لرزه امواج سطحی هستند. تأثیر موج لاو به شکل تکان‌های افقی، پی‌ساختمان‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و منجر به تخریب آن‌ها می‌شود.

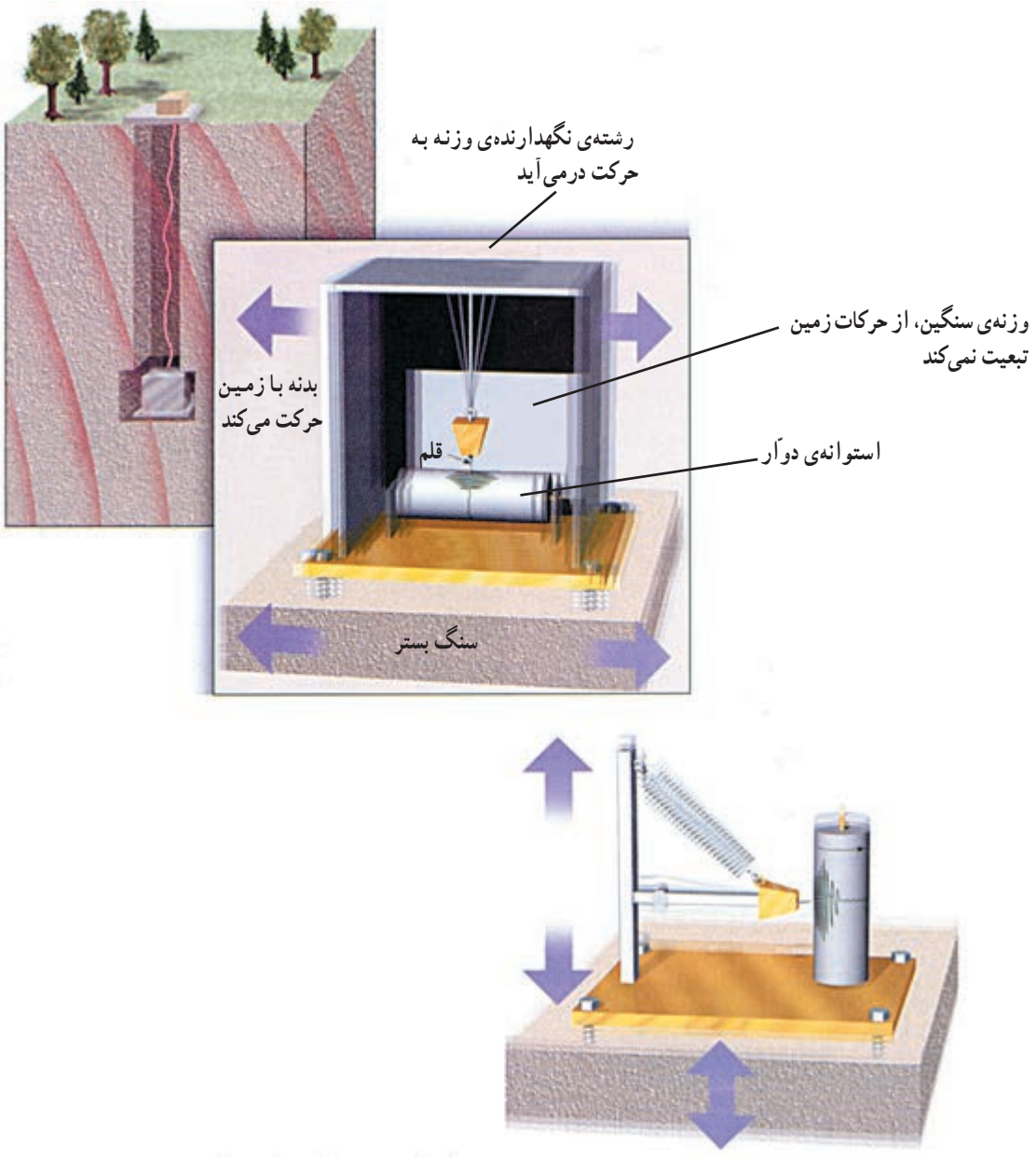


شکل ۴ــ ۱۵ــ چهار نوع امواج زمین‌لرزه

دستگاه‌های ثبت امواج زمین‌لرزه

امروزه دستگاه‌های بسیار دقیق و حساسی برای ثبت امواج زمین‌لرزه ساخته شده و در ایستگاه‌های لرزه‌شناسی نصب شده‌اند. اساس کار این دستگاه‌ها مبتنی است بر ثبت امواج افقی و قائم، به‌وسیله‌ی یک قلم بر روی صفحه‌ای استوانه‌ای دوّار. این دستگاه‌ها را «لرزه‌نگار» می‌گویند.

۱ــ Love Waves ۲ــ Reyligh Waves



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

بزرگی زمین‌لرزه

امروزه بزرگی زمین‌لرزه را در مقیاس «ریشتر[1]» 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 موج زمین‌لرزه ده برابر شود یک درجه بر مقیاس ریشتر اضافه خواهد شد. در جدول۱ــ۱۵، تأثیری که زمین‌لرزه‌هایی با بزرگی تقریبی مختلف در مقیاس ریشتر، در نواحی مسکونی برجا می‌گذارند، فراهم آمده است.

۱ــ چارلز ریشتر C.F.Richter در سال ۱۹۳۵ به‌جای اصطلاح شدت زمین‌لرزه، مقیاس بزرگی را برای اوّلین بار به‌کار برد. این مقیاس حسابی نیست، بلکه لگاریتمی است.

جدول ۱ــ ۱۵[1]

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

مطالعه‌ی آزاد

متأسفانه هنوز دانش انسان نتوانسته است زمان زمین‌لرزه را قبل از وقوع پیش‌بینی کند. اما تجربیات مختلف بیانگر رابطه‌ای بین زمین‌لرزه و پدیده‌های دیگر طبیعت است ؛ برای نمونه، هنگامی که کره‌ی ماه بیش از هر زمان دیگر به زمین نزدیک می‌شود[2] یا به هنگام هلال و بدر کامل یا هنگامی که ماه بر روی نصف‌النهار محل موردنظر باشد تکان‌های زمین‌لرزه بیش‌تر و شدیدتر است ؛ هم‌چنین رابطه‌ای بین زمین‌لرزه و باد، بارش و تغییرات جوی نیز وجود دارد.

جانوران نیز نسبت به علایم خاصی که قبل از وقوع زمین‌لرزه ممکن است پدیدار گردد بسیارحساس 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 زمین‌لرزه را زودتر از انسان دریافت کرده از روی غریزه‌ی طبیعی خود احساس خطر می‌کنند.

۱ــ اعداد مربوط به بزرگی زمین‌لرزه برای آشنایی هنرجویان آمده است و نیازی به حفظ کردن آن‌ها نیست.

۲ــ دراصطلاح نجوم به این حالت حفیض می‌گویند.

آثار حاصل از زمین‌لرزه

نتایج حاصل از زمین‌لرزه عبارت‌است از ویرانی و تخریب کامل ساختمان‌ها و تأسیسات مختلفی که به‌وسیله‌ی انسان ساخته شده است. این موضوع عموماً با تلفات جانی بسیاری نیز همراه است. ریزش کوه‌ها و سقوط بهمن در مناطق کوهستانی، پیدایش شکاف‌ها و گسل‌ها و جدا شدن طبقات پوسته‌ی زمین از یک‌دیگر و بسیاری آثار مخرّب دیگر نیز از نتایج وقوع زمین‌لرزه است. رخداد زمین‌لرزه 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.

شکل ۶ ــ ۱۵ــ زلزله

خودآزمایی

۱ــ منشأ اصلی زمین‌لرزه چیست؟ چگونگی وقوع آن را شرح دهید.

۲ــ تکان زمین‌لرزه از کجا آغاز می‌شود؟ این محل از لحاظ عمق چگونه طبقه‌بندی شده است؟

۳ــ مرکز سطحی زمین‌لرزه کجاست؟ با رسم شکلی موقعیت آن را نسبت به کانون زمین‌لرزه نشان دهید.

۴ــ امواج درونی شامل چه امواجی هستند؟ با رسم شکل مفهوم آن‌ها را نشان دهید.

۵ ــ امواج سطحی چگونه تولید می‌شوند؟ انواع آن را نام ببرید.

۶ ــ کدام امواج درونی و سطحی از لحاظ نوع حرکت با هم شبیه هستند؟

۷ــ حرکت امواج ریله چگونه است؟

۸ ــ امواج زلزله با چه دستگاه‌هایی ثبت می‌شوند؟ اساس کار آن‌ها چیست؟

۹ــ امروزه بزرگی زمین‌لرزه را با چه مقیاسی اندازه‌گیری می‌کنند؟ در این مقیاس، زمین‌لرزه از چه درجه‌ای باعث خسارات شدید و خم شدن راه‌آهن می‌شود؟

۱۰ــ پنج نمونه از آثار مخرب زلزله را نام ببرید.

ساخت‌های تکتونیکی

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

۱ــ کلیات ساخت‌های اولیه و ثانویه و علم تکتونیک را توضیح دهد.

۲ــ مکانیسم چین‌خوردگی را با مثال تشریح کند.

۳ــ مشخصات هندسی چین را بازگو کند.

۴ــ انواع چین را توضیح دهد.

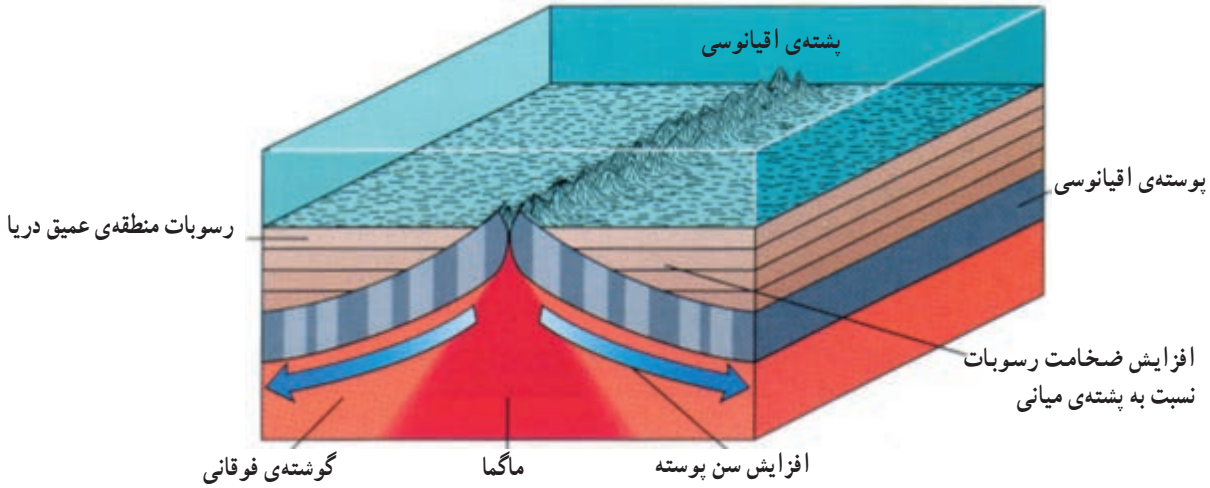
۵ ــ نیروهای مؤثر در تغییر شکل شکستگی را شرح دهد.

۶ ــ درز و انواع آن را توضیح دهد.

۷ــ گسل را تعریف کند.

۸ ــ مشخصات هندسی گسل را توضیح دهد.

۹ــ انواع گسل را نام ببرد.



ساخت‌های تکتونیکی

رشته کوه‌های عظیم دنیا چگونه تشکیل شده‌اند؟

شکل ۱ــ۱۶

با توجّه به نحوه‌ی رسوب‌گذاری و تشکیل سنگ‌های رسوبی، انتظار می‌رود که سنگ‌ها به‌صورت لایه‌لایه، افقی و بدون جابه‌جایی تشکیل شوند. اگر ماسه‌سنگ‌ها و دیگر سنگ‌های رسوبی تپه‌ها و کوهستان‌ها را تشکل داده باشند، نشانگر آن است که مواد رسوبی تشکیل‌دهنده‌ی تپه‌ها و کوهستان‌ها، در کف دریا به‌صورت 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 نشان‌دهنده‌ی حرکات پوسته‌ی زمین و تأثیر آن در سنگ‌های رسوبی است. «تکتونیک[1]» 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 :

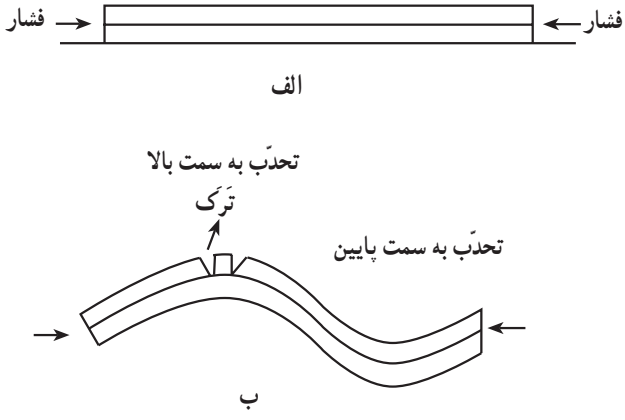
۱ــ براساس فرایندی که چین‌خوردگی نامیده می‌شود، به‌وجود بیایند.

۲ــ از طریق فرایند شکستگی و گسل به‌وجود بیایند.

۳ــ از طریق پدیده‌ای نظیر آتش‌فشان‌ها تشکیل شوند.

۱ــ چین‌خوردگی[2]

اگر چند لایه‌ی گل رُسی را روی سطح صافی قرار دهید (شکل ۲ــ۱۶ــ الف) و به‌تدریج از دو انتها لایه‌ها را فشار هید، در قسمت میانی خمیدگی به‌وجود می‌آید (شکل ۲ــ۱۶ــ ب).

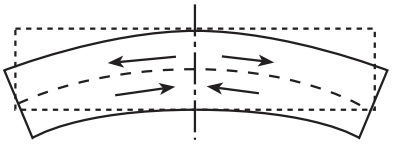


شکل ۲ــ۱۶ــ لایه‌های گل رُس در حالت افقی (الف). لایه‌های گل‌رُس در اثر فشارهای جانبی (ب) تحدّب لایه‌ها به سمت بالا، تشکیل تَرَک، تحدّب لایه‌ها به سمت پایین.

۱ــ Tectonic

۲ــ Folding

جسمی که تحت تأثیر تغییر شکل خمش[1] قرار بگیرد (شکل ۳ــ۱۶)، بخش بالایی آن تحت تأثیر نیروهای کششی است ؛ در حالی که بخش زیرین آن نیروهای فشردگی را تحمّل می‌کند و قسمت میانی تغییر شکل می‌یابد.



شکل ۳ــ۱۶ــ تغییر شکل خمش لایه‌ها

مشخصات هندسی چین: (شکل ۴ــ۱۶)

مرکز[2]: درونی‌ترین بخش چین‌خوردگی «مرکز» نام دارد.

سطح محوری: سطحی است فرضی که از همه‌ی لایه‌های 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.

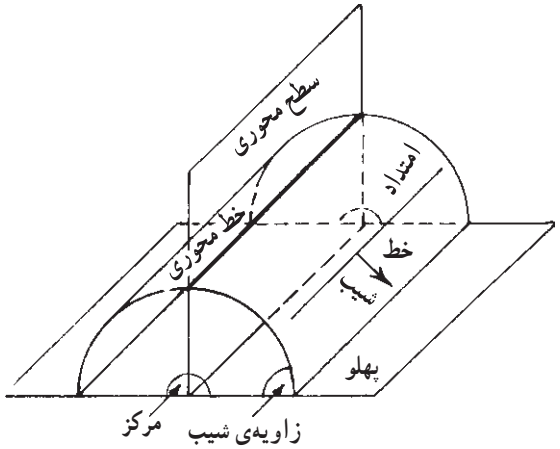
پهلو: هر طرف چین شامل یک پهلو است ؛ بدین ترتیب، هر چین دو پهلو دارد.

امتداد لایه: به فصل مشترک سطح لایه با صفحه‌ی افقی، «امتداد لایه» گویند.

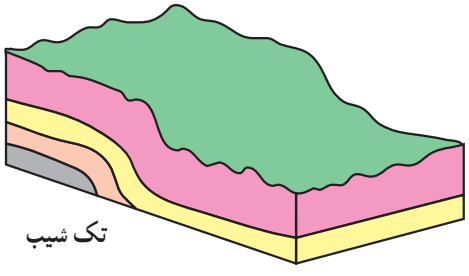
شیب لایه: زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق می‌سازد. بر روی لایه، پاره‌خط عمود بر امتداد لایه را «شیب» می‌نامند و آن را با شیب‌سنج اندازه می‌گیرند.

انواع چین

۱ــ چین تک شیب[3]: 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 ــ۱۶).



شکل ۴ــ۱۶ــ عناصر یک چین

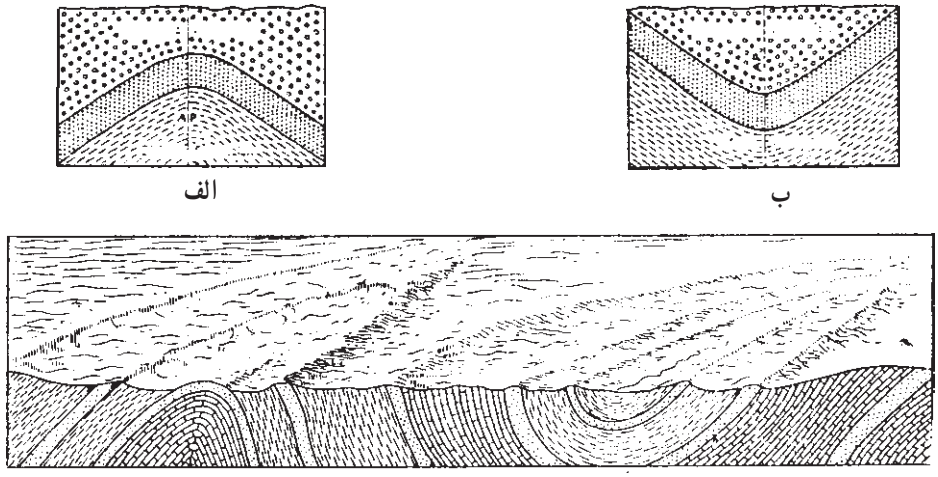


شکل ۵ ــ۱۶ــ چین تک شیب

۱ــ Bending ۲ــ Core ۳ــ Monocline

۲ــ *تاقدیس*[1]: تاقدیس چینی است که تحدّب لایه‌ها به سمت بالا باشد. یا هر چه از مرکز آن دورتر شویم، سن سنگ‌ها کم‌تر می‌شود (شکل ۶ــ۱۶ــ الف).

۳ــ *ناودیس*[2]: چینی است که تحدّب لایه‌ها به سمت پایین یا هر چه از مرکز آن دورتر شویم، سنگ‌ها قدیم‌تر می‌شوند (شکل ۶ ــ۱۶ــ ب).

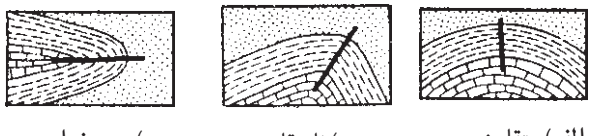


شکل ۶ ــ۱۶ــ یک تاقدیس و ناودیس و عمل فرسایش بر آن‌ها

۴ــ *چین متقارن:* چینی است که سطح محوری آن قائم است (شکل ۷ــ۱۶ــ الف). شیب هر دو پهلو یکسان است.

۵ ــ *چین نامتقارن:* در این چین، سطح محوری مایل است. شیب دو پهلو در دو جهت مخالف بوده زاویه‌ی شیب دو پهلو متفاوت است (شکل ۷ــ۱۶ــ ب).

۶ ــ *چین خوابیده:* چینی است که در آن سطح محوری معمولاً افقی است (شکل ۷ــ۱۶ــ ج).

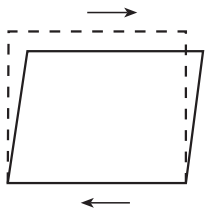


شکل ۷ــ۱۶

۲ــ شکستگی‌ها

هرگاه سنگ‌ها تحت تأثیر نیروهای کششی یا برشی قرار گیرند (شکل ۸ ــ۱۶ــ الف و ب). تغییر شکل‌های ایجاد شده در سنگ‌ها به‌صورت «شکستگی» نمایان می‌شود. حاصل شکستگی سنگ‌ها به‌صورت «درز» و «گسل» است.

الف ــ افزایش ابعاد در امتداد نیروی کششی



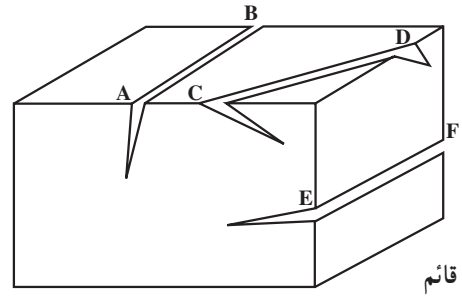
ب ــ نیروهای زوج در یک سطح تأثیر گذاشته نقش مهم در پدیده‌ی شکستگی دارد.

شکل ۸ ــ۱۶

۱ــ Anticline ۲ــ Syncline

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، هیچ گونه جابه‌جایی انجام نشده است. درز ممکن است به‌صورت «قائم»، «مایل» یا «افقی» باشد. طول درز ممکن است از چند سانتی‌متر تا چندین صدمتر تغییر کند.



AB: درز قائم
CD: درز مایل
EF: درز افقی

شکل ۹ــ۱۶

گسل‌ها[1]: گسل‌ها شکستگی‌هایی هستند که در آن‌ها دو دیواره‌ی سطح شکستگی نسبت به‌هم حرکت کرده است. میزان جابه‌جایی گسل‌ها از چند سانتی‌متر تا چند کیلومتر تغییر می‌کند.

مشخصات هندسی گسل

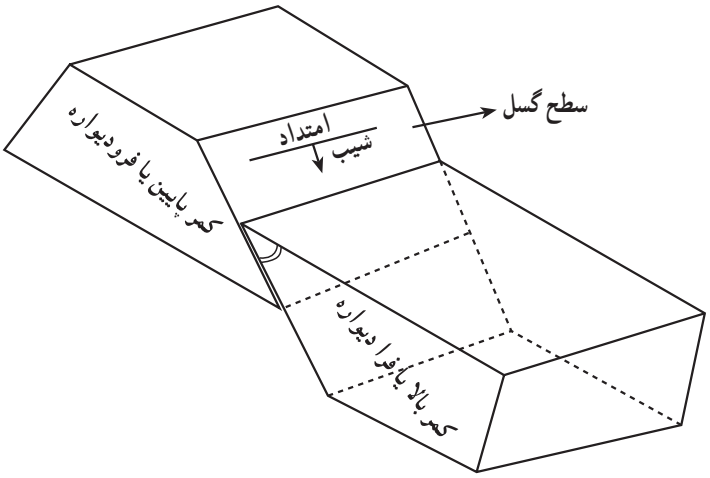
سطح گسل: سطحی است که شکستگی و جابه‌جایی در امتداد آن انجام گرفته است. سطح گسل ممکن است «قائم»، «مایل» یا «افقی» باشد.

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[2] (فرادیواره): به طبقات سنگی روی سطح گسل، کمر بالا یا فرادیواره می‌گویند.

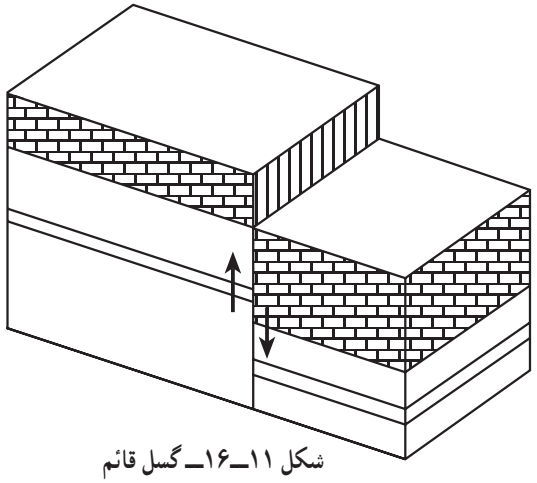
کمر پایین[3] (فرودیواره): طبقات سنگی زیر سطح گسل، کمر پایین یا فرودیواره نام دارد.



شکل ۱۰ــ۱۶ــ مشخصات هندسی گسل

انواع گسل

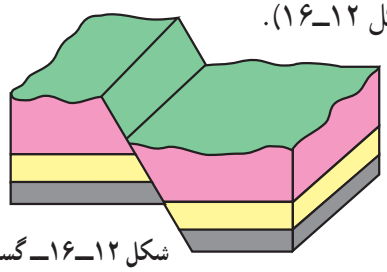
گسل قائم: در این گسل، جابه‌جایی قطعات سنگی در امتداد سطح قائم صورت گرفته است (شکل ۱۱ــ۱۶). در این نوع جابه‌جایی به سطح گسل، «آینه‌ی گسل» گفته می‌شود.



شکل ۱۱ــ۱۶ــ گسل قائم

گسل‌های مایل

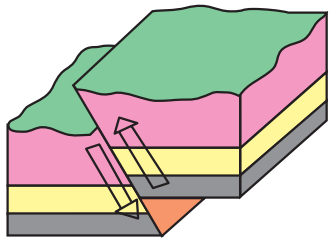
گسل عادی[4]: سطح این گسل مایل است و کمر بالا (فرادیواره) نسبت به کمر پایین (فرودیواره) به سمت پایین حرکت کرده است (شکل ۱۲ــ۱۶).



شکل ۱۲ــ۱۶ــ گسل عادی

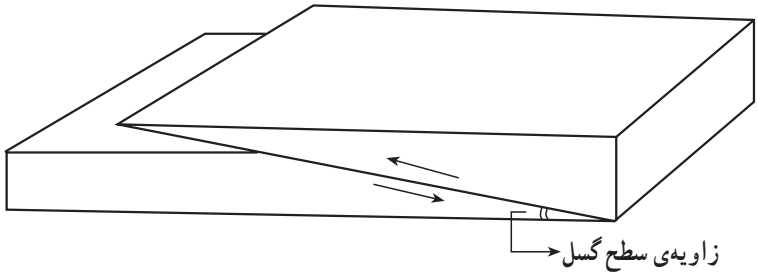
۱ــ Faults ۲ــ Hanging wall ۳ــ Foot wall ۴ــ Normal fault

گسل رانده یا معکوس[1]: گسل رانده باسطح گسل مایل که قطعات سنگی کمر بالا نسبت به قطعات سنگی کمر پایین به سمت بالا حرکت کرده است (شکل ۱۳ــ۱۶).



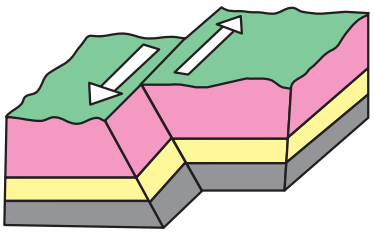
شکل ۱۳ــ۱۶ــ گسل رانده یا معکوس

اگر در گسل‌های رانده مقدار جابه‌جایی بیش از یک کیلومتر و زاویه‌ی سطح گسل کم‌تر از ۱۰ درجه باشد، گسل را «رورانده» گویند (شکل ۱۴ــ۱۶).



شکل ۱۴ــ۱۶ــ گسل رورانده

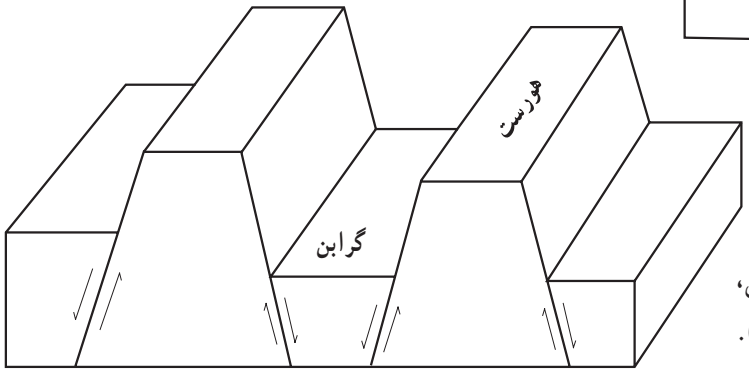
گسل امتداد لغز: در این گسل بر اثر تغییر شکل برشی، قطعات سنگی در امتداد سطح گسل پدید می‌آید (شکل ۱۵ــ۱۶).



شکل ۱۵ــ۱۶ــ گسل امتداد لغز

گسل مرکّب: در صورتی‌که پوسته‌ی زمین به‌وسیله‌ی گسل‌های مایل، در تمام ضخامت خود گسیخته شده باشد تعدادی گسل‌های عادی موازی ایجاد می‌شود.

بخش‌هایی از پوسته‌ی زمین که پایین بیفتند ساختی به‌نام «گرابن[2]» (دره ریفتی) به‌وجود می‌آورند. بخش‌هایی که بالا می‌روند ساختی به‌نام «هورست[3]» (بلندی) ایجاد می‌کنند (شکل ۱۶ــ۱۶).



شکل ۱۶ــ۱۶ــ گرابن و هورست

۱ــ Reverse fault ۲ــ Graben (Rift Valley) ۳ــ Horst

خودآزمایی

۱ــ ساخت‌های اولیه و ثانویه‌ی سنگ‌های رسوبی را توضیح داده، با یک‌دیگر مقایسه کنید.

۲ــ علم تکتونیک چیست؟

۳ــ هر یک از پدیده‌های چین‌خوردگی و گسل چه نوع تغییر شکل‌هایی را تحمل کرده‌اند؟ با رسم شکل توضیح دهید.

۴ــ اصطلاحات «سطح محوری»، «امتداد» و «مرکز چین» را تشریح کنید.

۵ ــ یک تاقدیس و یک ناودیس را از نظر شکل ظاهری و قدمت لایه‌ها مقایسه کنید.

۶ ــ مشخصات هندسی گسل را نام ببرید؟ شیب گسل، کمر بالا یا فرادیواره را توضیح دهید.

۷ــ گسل عادی و معکوس را از نظر جابه‌جایی طبقات سنگی و میزان طویل‌شدگی مقایسه کنید.

۸ ــ گسل مرکب چگونه ساخته می‌شود؟ هورست و گرابن را توضیح دهید.

۹ــ کمربندهای کوه‌زایی جهان را با استفاده از این کتاب و کتاب‌های دیگر مشخص کرده، چگونگی تشکیل رشته کوه‌ها را توضیح دهید.