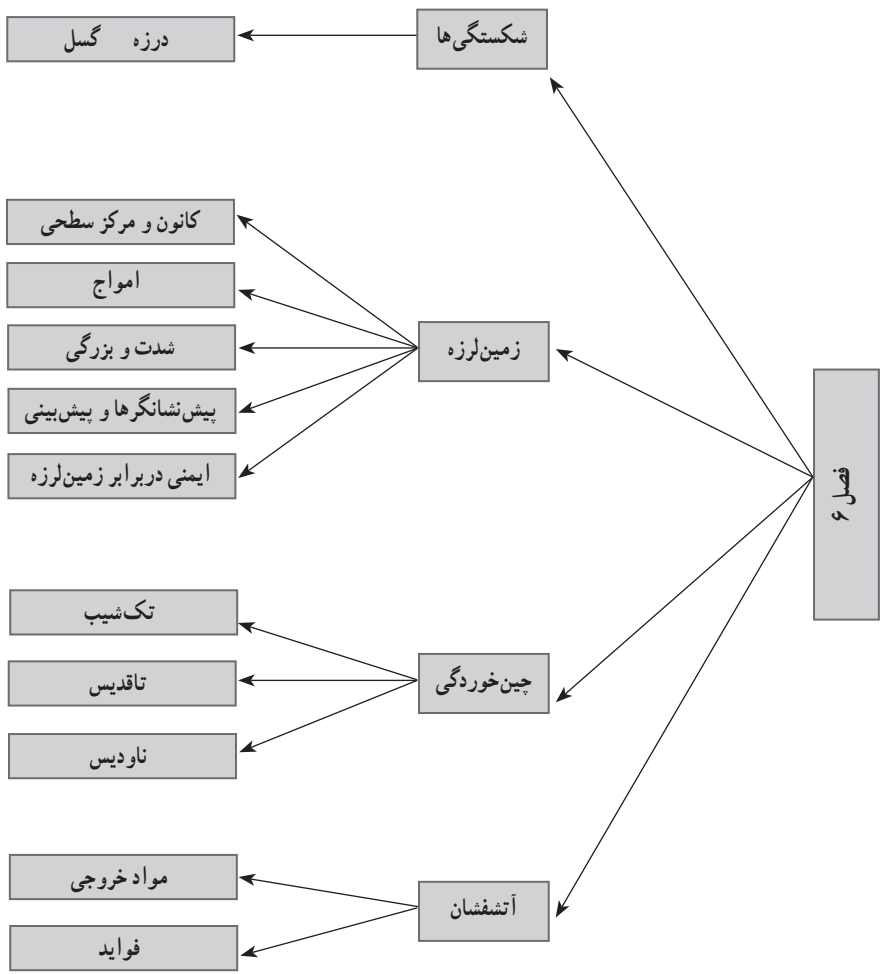
فصل ۶

پویایی زمین


فصل ۶
شکستگی‌ها
درزه گسل
زمین‌لرزه
کانون و مرکز سطحی
امواج
شدت و بزرگی
پیش‌نشانگرها و پیش‌بینی
ایمنی دربرابر زمین‌لرزه
چین‌خوردگی
تک‌شیب
تاقدیس
ناودیس
آتشفشان
مواد خروجی
فواید

پیامدها و انتظارهای آموزشی (بخشی) از آموزش فعال این فصل

■ **پیامد کلی**

شناخت پویایی زمین و جنبه‌های مختلف آن

انتظار می‌رود دانش‌آموزان با درک مفاهیم این فصل و انجام فعالیت‌های آن بتوانند :

- با مفهوم شکستگی و گسل و نحوهٔ تشخیص آنها از یکدیگر آشنا شوند.
- شرایط وقوع زمین لرزه را بشناسند.
- کانون و مرکز سطحی زمین لرزه را تشخیص دهند.
- انواع امواج حاصل از زمین لرزه و ویژگی‌های آن را شناسایی کنند.
- دامنه امواج و بزرگی زمین لرزه را در هر منطقه اندازه‌گیری کنند.
- انواع چین خوردگی را شناسایی کنند.
- با پدیدهٔ آتشفشان و پیامدهای آن بیشتر آشنا شوند.

پیامدها و انتظارهای عملکردی

دانش‌آموزان با درک مفاهیم این فصل می‌توانند :

- ماکتی از دره و گسل بسازند.
- نحوهٔ حرکت انواع گسل‌ها را با دست خود یا ماکت نشان دهند.
- اهمیت شناخت زمین‌لرزه در کشورمان را بدانند.
- حل مسائل مربوط به بزرگی لرزه را بدانند.
- با کمک خمیرهای رنگی، انواع چین‌خوردگی‌ها را بسازند.
- هنگام وقوع لرزه بتوانند جان خود و اطرافیان را نجات دهند.
- علاقه‌مند به جمع‌آوری مطالبی از فواید آتش‌فشان‌ها در کشورمان باشند.

توصیه‌ها و پیشنهادهای آموزشی

توصیه می‌شود در آموزش این فصل از ابزارهای آموزشی مناسب مانند موارد زیر استفاده شود :

استفاده از کتاب درسی، تابلو، گچ سفید و رنگی، چند نمونه ماکت درز و گسل،کره جغرافیایی،پوستر، مدل سازه‌ها وپدیده‌ها،نرم‌افزارهای تعاملی، فیلم، پویانمایی،ماکت ساخت‌های زمین‌شناسی (برای نشان دادن نقش شیب و امتداد)

بودجه‌بندی : چهار جلسه

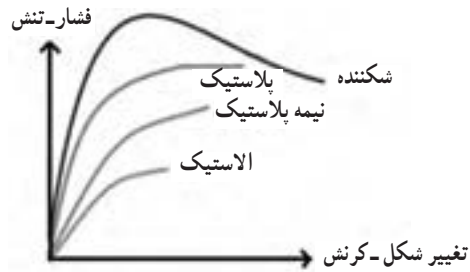
■ **پیش‌دانسته‌ها :** مطالبی در کتاب علوم تجربی پایه نهم

دانستنی‌های معلم

مراحل تغییر شکل سنگ‌ها بر اثر تنش : مواد جامد مانند سنگ‌ها بر اثر تنش، تغییر شکل می‌دهند. پس از رفع تنش، مادهٔ تغییر شکل یافته تمایل دارد که به حالت اول بازگردد. نوع و مقدار تغییر شکل و مقدار بازگشت به حالت اول، در مواد مختلف، متفاوت است. تغییرشکل مواد طبیعی در شرایط گوناگون، می‌تواند «کشسان»، «خمیرسان»، «شکننده» و یا ترکیبی از آنها باشد.

اگر جسمی پس از رفع تنش به حالت اول بازگردد، کشسان یا «الاستیک» نامیده می‌شود (مانند کش).

اگر جسمی پس از رفع تنش به حالت اول برنگردد و تغییر شکل را کم و بیش حفظ کند، خمیرسان یا «پلاستیک» نامیده می‌شود (مانند کیسهٔ فریزر کشیده شده). اگر جسمی، تحت تأثیر تنش ناگهانی شکسته شود، شکننده نامیده می‌شود (شکنندگی گچ کلاسی).

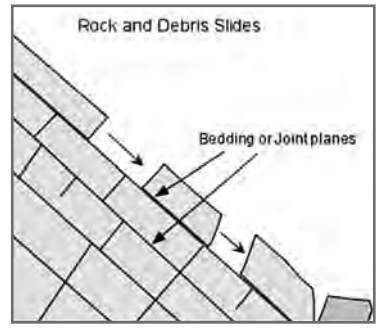


منحنی تنش ـ کرنش

با توجه به منحنی تنش ــ کرنش، وقتی جسمی دچار تنش شود، ابتدا از خود حالت الاستیک یا کشسان نشان می‌دهد. ولی با افزایش تنش به مرحله‌ای می‌رسد که در آن، همه یا قسمتی از تغییر شکل در جسم پایدار می‌ماند (حد کشسانی). از این حد به بعد، پس از رفع تنش، جسم حالت خمیرسان می‌یابد و به طور کامل به حالت اولیه برنمی‌گردد. با افزایش بیشتر تنش، به مرحله‌ای می‌رسد که در آن، ماده مقاومت خود را از دست می‌دهد و می‌شکند. برای مثال، یک قطعه کِش با کشیدن از حالت اولیه خارج می‌شود، ولی پس از برداشتن تنش به حالت اول برمی‌گردد (کشسان). گاهی در اثر کشش زیاد، کِش به حالت اول برنمی‌گردد (خمیرسان). نمونه‌ای از رفتار خمیرسان را می‌توان در آدامس، خمیر بازی، قیر و ... مشاهده کرد.

شکستگی‌ها

شکستگی‌ها اهمیت زیادی در مطالعات زمین‌شناسی دارند و در سنگ‌ها به دو صورت «درزه» (joint) و «گسل» (fault) دیده می‌شوند. آگاهی از وضعیت درزه‌ها و گسل‌ها در موارد زیر، بسیار اهمیت دارد :



شکستگی

✓در ساختن سازه‌هایی مانند پل، بزرگراه، جاده، سد، تونل و . . .

✓در تجمع آب‌های زیرزمینی.

✓در تشکیل کانسارهای گرمابی (قرار گرفتن رگه‌های معدنی حاصل از محلول‌های گرمابی، در شکستگی‌ها).

درزه

نوعی شکستگی است که سنگ‌های اطراف شکستگی، نسبت به هم جابه‌جایی واضحی نداشته باشند. درزه‌ها را از جهات متفاوت تقسیم‌بندی می‌کنند. اگر موقعیت صفحهٔ درزه را نسبت به سطح افق در نظر بگیریم، می‌توان درزه‌ها را به انواع قائم، افقی و مایل تقسیم‌بندی کرد.

■ آموختید که شکستگی‌ها به دو دستهٔ درزه و گسل تقسیم می‌شوند. تفاوت و تشابه درزه و گسل را بیان کنید.

پاسخ : هر دو شکستگی هستند، ولی درزه‌ها، بدون جابه‌جایی محسوس و در گسل‌ها با جابه‌جایی و لغزش سنگ‌ها همراه است.

انواع گسل

۱ اگر سطح گسل قائم یا نزدیک به قائم باشد، گسل قائم نامیده می‌شود.

۲ در صورتی که سطح گسل مایل باشد و فرادیواره نسبت به فرو دیواره به سمت پایین حرکت کرده باشد، یا فرودیواره نسبت به فرادیواره به سمت بالا حرکت کرده باشد، گسل را عادی (نرمال) می‌گویند. (مانند گسل‌های مجاور شکاف وسط اقیانوس اطلس و بستر دریای سرخ).

یک گسل عادی

در گسل‌هایی که سطح گسل مایل است، اگر فرادیواره نسبت به فرو دیواره، به سمت بالا حرکت کرده باشد، یا فرو دیواره نسبت به فرادیواره، به سمت پایین حرکت کرده باشد، گسل را (برحسب زاویهٔ شیب)، «رانده» یا «معکوس» می‌گویند. گسلی را معکوس می‌نامند که شیب آن بیش از ۴۵ درجه باشد.

گسل معکوس

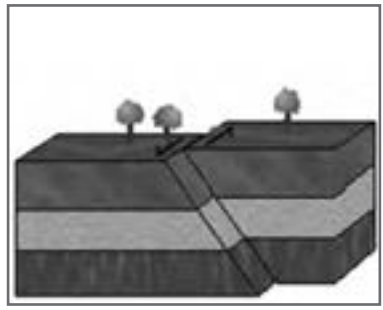
راندگی (Trust fault)

گسل معکوسی را که شیب آن کمتر از ۴۵ درجه و بیشتر از ۱۰ درجه باشد، راندگی گویند.

۳ اگر درگسل‌های رانده، مقدار جابه جایی بیش از یک کیلومتر و زاویهٔ سطح گسل، کمتر از ۱۰ درجه باشد، گسل را «رورانده» یا «روراندگی» (overthrust fault) می‌نامند (مانند گسل زاگرس).

۴ گاهی بر اثر تنش برشی، لغزش سنگ‌ها در امتداد سطح گسل اتفاق می‌افتد. در این صورت گسل را «امتداد لغز» (strick slip fault) می‌گویند (مانند گسل کوشک نصرت در ایران یا گسل سَن آندِریاس در آمریکا).

الف) گسل امتداد لغز درطبیعت

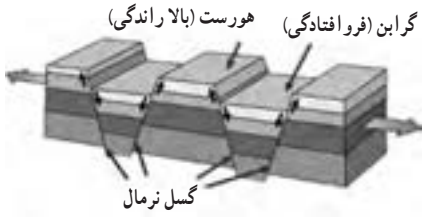


ب) طرح سادهٔ یک گسل امتدادلغز

پ) گسل امتداد لغز سن آندریاس

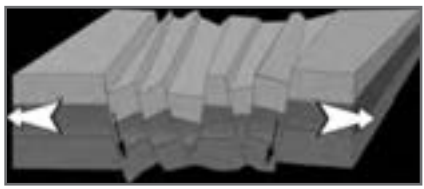
گسل و چین

۵ **چین و گسل :** گاهی در یک منطقه، نیروهای فشاری در سنگ‌هایی با جنس و مقاومت متفاوت، سبب تشکیل چین و گسل در کنار هم می‌شوند.



بالا راندگی (Horst) و فروافتادگی (Graben)

در بخش‌هایی از پوستهٔ زمین که تحت تأثیر تنش کششی یا فشاری قرار می‌گیرند، ممکن است تعدادی گسل عادی یا معکوس ایجاد شود و به این ترتیب، بخش‌هایی از پوسته، پایین بیفتد و ساختی به نام فروافتادگی را تشکیل دهد و بخش‌هایی بالا رود و ساختی به نام بالا راندگی را به وجود آورد.

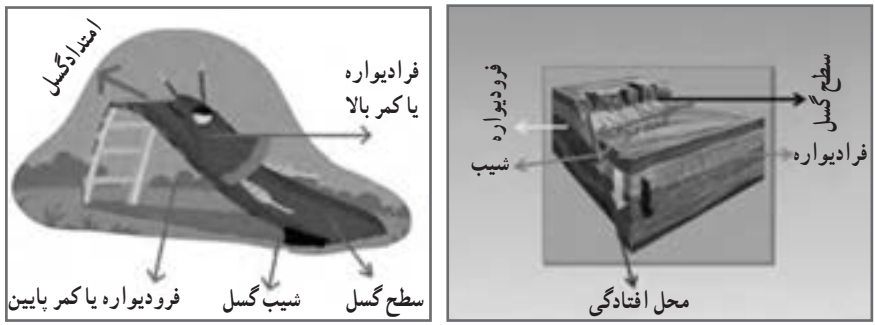


ساخت‌های بالاراندگی و فروافتادگی (هورست و گرابن)

شبیه‌سازی گسل

سرسره، یکی از وسایلی است که در اکثر پارک‌ها دیده می‌شود و با کودکی ما عجین شده است. کودکی که روی سرسره به سمت پایین حرکت می‌کند، دبیرِ زمین‌شناسی را به یاد گسل عادی می‌اندازد. بچه‌های پر انرژی که از پایین سرسره به سمت بالا حرکت می‌کنند، گسل معکوس را تداعی می‌کنند. با مقایسه و شبیه‌سازی می‌توان بخش‌های متفاوت گسل را با سرسره و کودک همانندسازی کرد. برای مثال، سطح

سرسره را می‌توان به سطح گسل، کودک را به فرا دیواره و سرسره را به فرو دیواره تشبیه کرد. در دو شکل زیر می‌توان شبیه‌سازی گسل عادی و اجزای آن را مشاهده کرد. البته می‌توان به دانش‌آموزان یادآوری کرد که فرادیواره و فرودیواره هر دو می‌توانند در گسل‌های عادی و معکوس حرکت داشته باشند. متحرک کردن سرسره در ذهن می‌تواند مفهوم علمی گسل را به‌طور کامل منتقل کند.

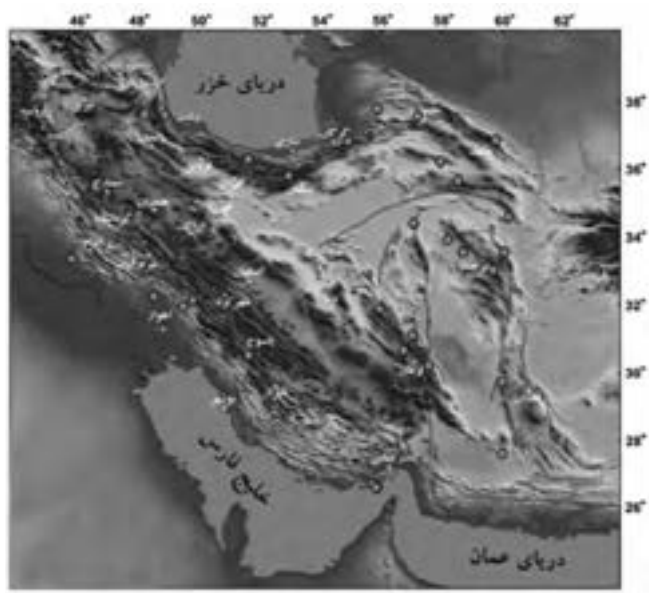


شبیه‌سازی گسل‌ها و محیط زندگی

نقشهٔ خطر زمین لرزه در قسمت‌های متفاوت ایران

■ چه ارتباطی بین زمین‌لرزه‌ها با گسل‌ها دیده می‌شود؟

بیشتر زمین‌لرزه‌ها بر امتداد گسل‌ها منطبق هستند. گسل‌ها، مکان‌های مناسبی برای خروج انرژی زمین‌لرزه‌ها هستند.



زمین لرزه

مطالعهٔ زمین لرزه‌ها بسیارگسترده است. بررسی ویژگی‌های امواج و چگونگی به‌کارگیری امواج زمین لرزه‌های طبیعی و مصنوعی، در محدودهٔ دانش لرزه‌شناسی قرار می‌گیرد. علم ژئوفیزیک و دانش لرزه‌شناسی، کمک زیادی به زمین‌شناسان در شناخت ساختمان درونی زمین، مانند حالت، ضخامت، چگالی و جنس سنگ‌ها می‌کند. اکثر زمین لرزه‌های دنیا در حاشیهٔ ورقه‌های «لیتوسفر» رخ می‌دهند. زیرا این نقاط محل ضعف ورقه‌ها برای آزاد شدن انرژی هستند.

منشأ زمین لرزه : با حرکت ورقه‌های سنگ کره، مقدار زیادی نیروی ذخیرهٔ داخل سنگ جابه‌جا می‌شود. تا هنگامی که انرژی حاصل از این نیروها از مقاومت الاستیکی سنگ کمتر باشد، موجب تغییر شکل آن می‌شود. در صورتی که انرژی ذخیره شده از آستانهٔ مقاومت الاستیکی سنگ تجاوز کند، سنگ می‌شکند و انرژی ذخیره شده در آن آزاد می‌شود. انرژی آزاد شده به صورت امواج لرزه‌ای در تمام جهات انتشار می‌یابد و زلزله به وجود می‌آید. زلزله، سبب لرزش و تخریب بناها، ریزش کوه‌ها، ایجاد شکستگی‌های عمیق، امواج بزرگ در دریاها (سونامی)، افزایش طول گسل‌ها و ... می‌شود.

گروه لرزه‌ها عبارت‌اند از :

۱ **پیش لرزه :** لرزه‌های خفیف و هشدار دهندهٔ قبل از لرزش اصلی هستند.

۲ **لرزش اصلی :** حرکات و لرزه‌های شدید در حین لرزش اصلی زلزله هستند. (انرژی اصلی زلزله در این لرزه آزاد می‌شود).

۳ **پس لرزه :** لرزه‌های خفیف و متعادل کنندهٔ بعد از لرزش اصلی هستند (باقی‌ماندهٔ انرژی آزاد می‌شود).

کانون زمین لرزه : محلی درون زمین است که انرژی ذخیره شده از آنجا آزاد می‌شود. کانون زمین لرزه می‌تواند در عمق کمتر از ۷۰ کیلومتر تا ۷۰۰ کیلومتر اتفاق بیفتد. البته در پژوهش‌های اخیر، امواج زلزله‌هایی با عمق بیشتر ثبت شده است.

مرکز سطحی زمین لرزه : نقطه‌ای در سطح زمین که درست بالای کانون زمین لرزه قرار دارد. این مرکز، کمترین فاصله را از کانون زمین لرزه دارد. مرکز سطحی زمین لرزه می‌تواند نقطه‌ای روی خشکی، در بستر دریا و یا هر نقطهٔ زلزله خیزی باشد.

زمین لرزه‌ها از نظر عمق کانون در سه گروه قرار دارند :

۱ **کم عمق :** کانون این زمین لرزه‌ها در اعماق کمتر از ۷۰ کیلومتری زمین است. این زمین لرزه‌ها که بیشتر در محل برخورد ورقه‌های قاره‌ای دیده می‌شوند، فراوان هستند، مانند زمین لرزه‌های ایران.

۲ **عمق متوسط :** کانون این زمین لرزه‌ها در عمق ۷۰ تا ۳۰۰ کیلومتری زمین است. این نوع لرزه‌ها

بیشتر در محل برخورد ورقه‌های اقیانوسی و قاره‌ای دیده می‌شوند؛ مانند زمین لرزه‌های شرق کشور شیلی (زمین‌لرزه‌های غرب آن عمق کمی دارند).

۳ **عمیق** : کانون این زمین لرزه‌ها در عمق بیش از ۳۰۰ تا ۷۰۰ کیلومتری زمین است و در محل برخورد ورقه‌های اقیانوسی ــ اقیانوسی دیده می‌شوند. زمین لرزه‌های غرب اقیانوس آرام، مانند زمین لرزه‌های ژاپن در این گروه جای می‌گیرند. (لازم به یادآوری است که در محل فرورانش، انواع زمین لرزه‌های کم عمق تا عمیق دیده می‌شوند.)

در پژوهش‌های اخیر، زمین لرزه‌هایی با عمق بیشتر از ۷۰۰ کیلومتر گزارش شده‌اند که جای تأمل دارد.

ثبت امواج زمین لرزه

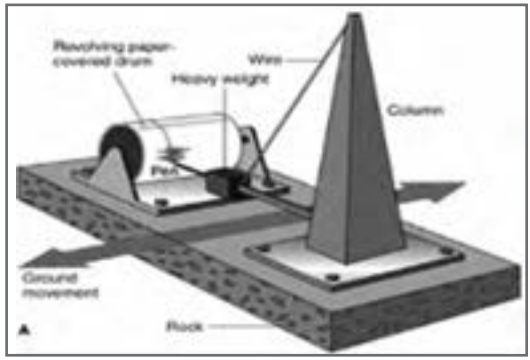
امواج حاصل از یک زمین لرزه، توسط دستگاه‌های لرزه‌نگار ثبت می‌شود. این دستگاه‌ها در ایستگاه‌های لرزه‌نگاری قرار دارند. دستگاه لرزه‌نگار با نگاه ساده از یک وزنه، استوانهٔ دوّار و بدنه تشکیل شده است. هنگام برخورد امواج زمین لرزه با دستگاه لرزه‌نگار، وزنهٔ سنگین آن مانند آونگ فوکو، تا حدود زیادی ثابت می‌ماند و از حرکات زمین پیروی نمی‌کند. سایر قسمت‌های دستگاه شامل : بدنه، استوانهٔ دوّار و رشته‌های نگهدارندهٔ وزنه که در ارتباط با زمین هستند، به حرکت در می‌آیند. به این ترتیب، امواج زمین لرزه، توسط وزنهٔ ثابت روی کاغذ، فیلم یا نوار مغناطیسی ثبت می‌شود.

دستگاه لرزه‌نگار افقی : کار این دستگاه، ثبت امواج افقی (شمالی ــ جنوبی و شرقی ـ غربی) است. اجزا عبارت‌اند از :

۱ وزنهٔ سنگین که توسط رشته‌های نگهدارنده، به بدنه متصل است. هنگام زمین لرزه، ارتعاش بدنه موجب ارتعاش رشته‌های نگهدارندهٔ وزنه می‌شود ولی این ارتعاش، موجب حرکت وزنهٔ سنگین نخواهد شد.

۲ استوانهٔ دوّار، که به صورت افقی توسط بدنه به زمین متصل و دارای دو حرکت است. استوانه به دور محور خود با سرعت ثابت می‌چرخد. این حرکت سبب می‌شود که امواج حاصل از زمین لرزه، روی کاغذ رول ثبت شود.

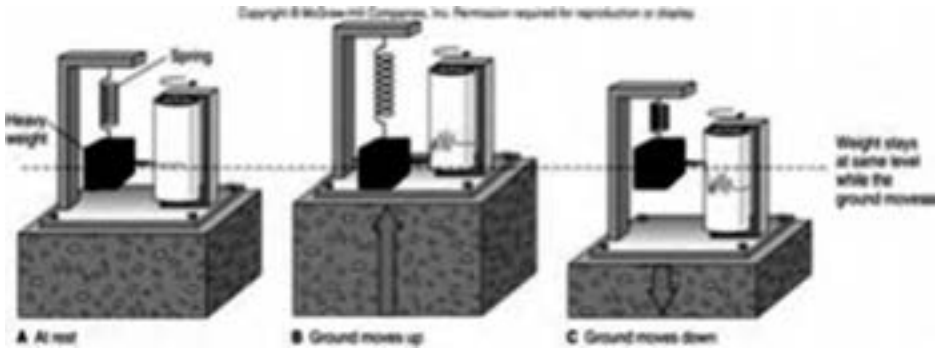
۳ بدنه که از جنس‌های متفاوت، مانند چدن ساخته شود.



لرزه‌نگار افقی

دستگاه لرزه‌نگار قائم : ثبت امواج عمودی را برعهده دارد. وزنهٔ سنگین به جای رشته‌های نگهدارنده به فنر متصل است. هنگام زمین لرزه، ارتعاشات قائم به بدنهٔ دستگاه منتقل می‌شوند و فنر، با باز و بسته شدن، موجب ثابت ماندن موقعیت وزنه می‌شود.

در این لرزه‌نگار، استوانهٔ دوّار به حالت قائم، توسط بدنهٔ دستگاه به زمین متصل است و ارتعاشات قائم، توسط وزنهٔ ثابت بر روی استوانه ثبت می‌شود. استوانهٔ قائم نیز مانند استوانهٔ دوّار در لرزه نگار افقی، با حرکت به دور محور خود، سبب می‌شود که امواج زمین‌لرزه روی هم ثبت نشوند.



لرزه‌نگار قائم

در یک ایستگاه لرزه‌شناسی، حداقل سه دستگاه لرزه‌نگار وجود دارد. یک لرزه‌نگار قائم که ارتعاشات عمودی را ثبت می‌کند و دو لرزه نگار افقی که یکی ارتعاشات شمالی ـ جنوبی و دیگری ارتعاشات شرقی ـ غربی را ثبت می‌کند.

مشخصات زمین لرزه

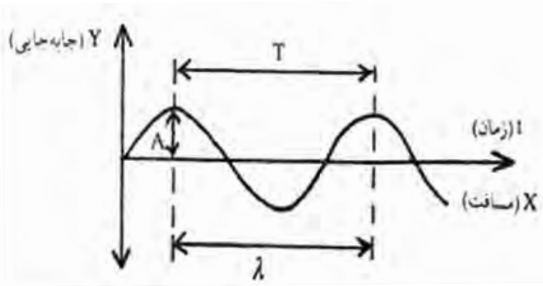
مشخصات یک زمین لرزه مانند : مرکز سطحی، زمان وقوع زمین‌لرزه و عمق کانون را، می‌توان با یافته‌های حاصل از چند ایستگاه لرزه‌شناسی محاسبه کرد.

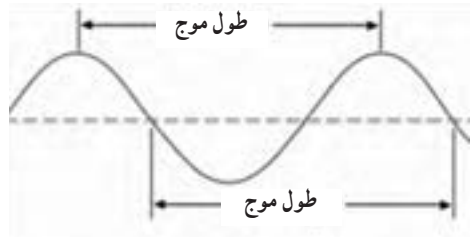
مشخصات امواج زمین لرزه

امواج حاصل از یک زمین لرزه ممکن است از نظر سرعت، دامنه، طول موج و دورهٔ تناوب با یکدیگر متفاوت باشند. مشخصات یک موج به شرح زیر است :

طول موج λ : فاصلهٔ بین دو نقطه از موج که در طول آن تکرار می‌شود. (فاصله دو برآمدگی یا دو فرورفتگی).

دورهٔ تناوب T : زمان لازم برای یک ارتعاش کامل موج است.
سرعت موج : مسافتی که موج در یک ثانیه طی می‌کند.
ارتفاع موج : فاصلهٔ عمودی بین بالاترین و پایین‌ترین نقطهٔ موج را گویند.
دامنهٔ موج : نصف کل جابه‌جایی قائم موج (نصف ارتفاع موج) را تشکیل می‌دهد.



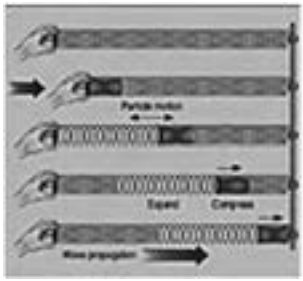


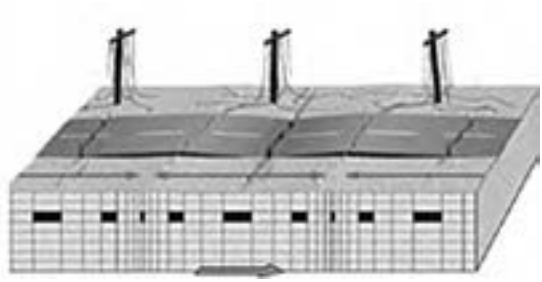
بخش‌های متفاوت یک موج

امواج لرزه‌ای

امواج درونی : این امواج در کانون زمین لرزه ایجاد و داخل زمین منتشر می‌شوند و شامل امواج p و S می‌باشند.

امواج p (اولیه و طولی) :امواج p بیشترین سرعت را دارند، به همین دلیل اولین امواجی هستند که توسط گیرنده‌های زمین‌لرزه ثبت می‌شوند. این امواج، از محیط‌های جامد، مایع و گاز می‌گذرند، ولی سرعت آنها در محیط‌های مختلف، متفاوت است. علت سرعت بالای امواج p آن است که راستای ارتعاش ذرات، در امتداد انتشار آن است (مانند امواج صوتی). امواج p باعث تغییر حجم اجسام می‌شوند.

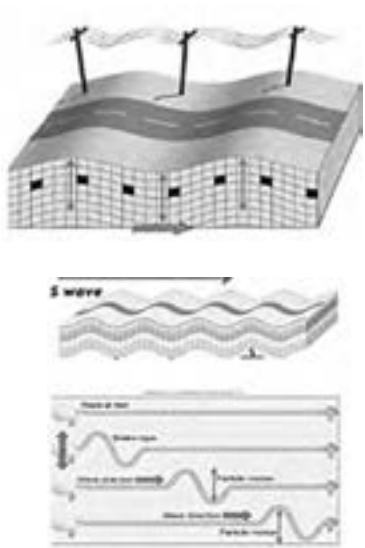




موج P : این امواج زمین را باز و بسته می‌کنند و سبب شکستگی در آن می‌شوند.

امواج S (ثانویه و عرضی) : این امواج بعد از امواج p توسط گیرنده‌های زلزله ثبت می‌شوند. سرعت امواج S، در مقایسه با امواج P کمتر است، زیرا امواج S حرکتی سینوسی دارند (نظیر نور یا امواج الکترو مغناطیس). به عبارت دیگر، امتداد ارتعاش ذرات، عمود بر راستای انتشارموج است. این امواج، سبب تغییر شکل اجسام می‌شوند.

امواج S فقط از محیط‌های جامد عبور می‌کنند. دامنهٔ آنها، بزرگ‌تر از دامنهٔ امواج p است. عملکرد این امواج هنگام زمین‌لرزه، لرزش بناها و سازه‌ها است.



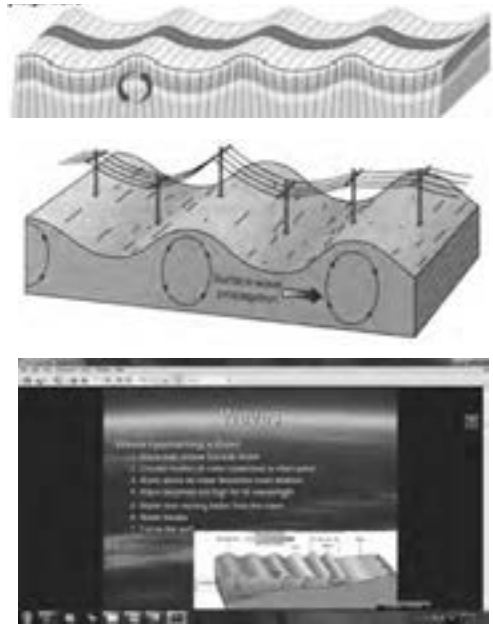
موج S : این امواج سبب بالا و پایین رفتن زمین و اختلاف سطح می‌شوند.

امواج سطحی : بر اثر برخورد امواج درونی با فصل مشترک لایه‌ها و سطح زمین ایجاد می‌شوند و سپس در سطح زمین یا سطح ناپیوستگی زیرزمینی یا سطح آب منتشر می‌شوند. بنابراین، در محیط‌های همگن و بدون لایه ایجاد نمی‌شوند. امواج سطحی، شکل‌های گوناگونی دارند ولی، متداول‌ترین آنها امواج لاو و ریلی هستند.

امواج لاو یا L : سومین امواجی هستند که توسط گیرنده‌های زمین‌لرزه ثبت می‌شوند.حرکت آنها، شبیه امواج S است. به این معنی که در هر دو موج، راستای ارتعاش ذرات، عمود بر انتشار موج است. ولی تفاوت آنها دراین است که، درامواج S، راستای ارتعاش ذرات عمود بر سطح زمین است، ولی در امواج L، راستای ارتعاش ذرات، به موازات سطح زمین است.

موج لاو : امواجی هستند که زمین را به سمت چپ و راست حرکت می‌دهند.

امواج ریلی R : آخرین امواجی که توسط گیرنده‌های زمین‌لرزه ثبت می‌شوند، امواج ریلی نامیده می‌شوند. این امواج، نسبت به سایر امواج زمین‌لرزه، حرکتی متفاوت دارند. به این ترتیب که حرکت آنها شبیه امواج دریا است. در امواج دریا، جهت حرکت ذرات دورانی و در جهت انتشار موج است. در حالی که در امواج R، حرکت دورانی در خلاف جهت انتشار موج است. در هنگام زمین‌لرزه، خروج ریشهٔ درختان از خاک را می‌توان از عملکرد این امواج دانست.



امواج ریلی R : حرکت دورانی در امواج ریلی و شباهت آن به حرکت امواج دریا

دامنهٔ امواج سطحی در سطح یا نزدیک به سطح زمین حداکثر است و با افزایش عمق، کاهش می‌یابد. بنابراین زمین‌لرزه‌های کم عمق، دارای امواج سطحی بزرگی هستند. در حالی که زمین‌لرزه‌های عمیق‌تر (عمق بیشتر از ۱۰ کیلومتر) امواج سطحی ضعیفی دارند. به این ترتیب در نگاه اول می‌توان زمین‌لرزه‌های کم عمق را از عمیق تشخیص داد.

۱ مرکالی (واحد اندازه‌گیری شدت زمین‌لرزه)

در گذشته، زمین لرزه‌ها را بر اساس میزان خرابی‌ها در هر محل ارزیابی می‌کردند. به این ترتیب، مقیاسی

از میزان خرابی‌ها به دست می‌آوردند که این مقیاس را «شدت زمین لرزه» می‌گویند. مقیاس مرکالی در سال ۱۹۰۲ توسط مرکالی (زمین‌لرزه‌شناس ایتالیایی) معرفی شد و دارای ۱۲ درجه است. این مقیاس در سال ۱۹۳۱، به وسیلهٔ دو زمین‌لرزه شناس، اصلاح شد که هم اکنون به مقیاس اصلاح شدهٔ شدتِ مرکالی معروف است.

شدت زمین لرزه، به میزان خرابی‌های حاصل از آن بستگی دارد. هر چه از مرکز زمین‌لرزه دورتر می‌شویم، مقدار انرژی دریافت شده از سطح زمین کمتر و آثار خرابی آن یعنی شدت زلزله نیز کاهش می‌یابد. بنابراین شدت زمین لرزه، یک مقیاس مشاهده‌ای و غیر دستگاهی و فاقد مبنای ریاضی است. شدت زمین لرزه، در نقاط مختلف، با عددهای متفاوت نشان داده می‌شود، به همین دلیل هنگام بیان شدت زمین لرزه، اسم محل آن نیز ذکر می‌شود.

در این مقیاس، برای تعیین مرکز سطحی زمین لرزه، پس از وقوع هر زمین لرزه، نقشه‌ای تهیه می‌کنند و نقاطی را که خسارات یکسانی دیده‌اند، به وسیلهٔ خطوطی به یکدیگر وصل می‌کنند. به این ترتیب منحنی‌هایی به دست می‌آیند که به آنها «منحنی‌های هم لرزه» می‌گویند. محلی که با حداکثر خسارات مشخص می‌شود، همان مرکز سطحی یا بیرونی زمین‌لرزه است. بنابراین، درمقیاس مرکالی، زمین لرزه به‌صورت کیفی سنجیده می‌شود و با عدد و رقم بیان نمی شود.

۲ ریشتر (واحد اندازه‌گیری بزرگی زمین‌لرزه)

«ریشتر»، نام واحد اندازه‌گیری بزرگی زمین لرزه است که از نام **چارلز ریشتر** گرفته شد. او برای اولین بار زمین لرزه را قابل اندازه‌گیری کرد و مقدار انرژی آزاد شده از کانون زمین لرزه و به عبارت دیگر، کل انرژی آزاد شده را محاسبه کرد. بنابراین : به مقدار انرژی آزاد شده توسط یک زمین لرزه، «بزرگی زمین‌لرزه» می‌گویند. هرچه انرژی آزاد شده توسط یک زمین لرزه، زیادتر باشد ارتعاشات ناشی از آن شدیدتر و دامنهٔ نوسانات امواج آن بزرگ‌تر خواهد بود. بزرگی زمین لرزه را بر اساس داده‌های دستگاه‌های لرزه‌نگار تعیین می‌کنند. این داده‌ها (اطلاعات) در حقیقت، همان اندازه‌گیری دامنهٔ امواج زمین‌لرزه، برحسب میکرون است و ریشتر، لگاریتم بزرگ‌ترین دامنهٔ موجی است که در فاصلهٔ یک صد کیلومتری از مرکز یک زمین‌لرزه، توسط لرزه‌نگار استاندارد ثبت شده باشد.

دامنهٔ امواج زمین لرزه، با دور شدن از کانون آن، کم می‌شود، ولی وقتی زمین لرزهٔ مهمی در یک نقطه از کرهٔ زمین رخ می‌دهد، لرزه‌شناسان در تمام ایستگاه‌های لرزه‌نگاری دنیا، با استفاده از روش‌های خاص، می‌توانند بزرگی آن را تا حدودی یکسان محاسبه کنند. زیرا بزرگی زمین‌لرزه، بر اساس میزان انرژی آزاد شده از کانون بستگی دارد و کانون زمین لرزهٔ مشخص، در نقاط مختلف دنیا، یکسان است.

به ازای هر یک واحد بزرگی زمین لرزه، دامنه امواج ۱۰ برابر و مقدار انرژی ۳۱/۶ برابر افزایش می‌یابد.

بزرگی زمین لرزه، در تمام نقاط زمین یکسان و شدت آن با دور شدن از مرکز سطحی زمین لرزه کاهش می‌یابد. برای محاسبهٔ مقدار تفاوت انرژی دو زمین لرزه می‌توان به ازای هر ریشتر ۳۱/۶ واحد منظورکرد و به ازای تفاوت دو ریشتر آن را به توان ۲ رساند.

خرابی‌های حاصل از زمین‌لرزه

در طول یک سال بیش از ۱۵۰۰۰۰ زمین‌لرزه در نقاط مختلف دنیا به وقوع می‌پیوندد، اما تعداد معدودی از آنها اثرات تخریبی وسیعی دارند؛ مانند زمین‌لرزهٔ طبس با بزرگای ۷/۷ ریشتر در سال ۱۳۵۷، زلزلهٔ بم با بزرگای ۶/۳ ریشتر در سال ۱۳۸۲، زمین‌لرزهٔ هائیتی با بزرگای ۷ ریشتر در سال ۲۰۰۹، و زمین‌لرزهٔ ژاپن با بزرگای ۸/۹ در سال ۲۰۱۱.

برخی زمین‌لرزه‌ها مانند زمین‌لرزهٔ شیلی با وجود بزرگای ۸/۸ ریشتر در سال ۲۰۱۰، به دلیل عمق کانونی زیاد، تخریب شدیدی نداشت. میزان خرابی‌های زمین لرزه به مقدار انرژی آزاد شده، شکل ساختمان یا سازه، نوع مصالح به کار رفته، دانش افراد سازنده، نوع زمین زیر ساختمان، فاصلهٔ کانون زمین‌لرزه تا مکان مورد نظر، عمق کانونی، مدت دوام لرزش‌ها، تراکم جمعیت و ... بستگی دارد.

فرایندهای ساختمانی

مجموعه فرایندهایی هستند که سبب تغییر شکل فیزیکی و تغییر در ساخت اولیهٔ سنگ‌ها می‌شوند. فرایندهای ساختمانی، ساخت‌های جدیدی را به نام «ساخت ثانویه» در پوستهٔ زمین تشکیل می‌دهند. بنابراین، بخشی از علم زمین‌شناسی که به بررسی ساخت‌های حاصل از تغییر شکل سنگ‌ها و نیروهای ایجاد کنندهٔ آنها می‌پردازد، زمین‌شناسی ساختمانی و «تکتونیک» نام دارد. دو عامل اصلی فشار و دما، در فرایندهای ساختمانی تأثیر می‌گذارند. زمان، عامل مؤثر دیگر در فرایندهای ساختمانی است. بنابراین در فرایندهای ساختمانی همواره اثر عوامل سه گانهٔ فشار، دما و زمان بررسی می‌شود. چون اثر این عوامل به صورت مستقیم در طبیعت قابل مشاهده نیست، اثر عوامل را با مدل‌سازی در آزمایشگاه (تکتونیک تجربی) بررسی می‌کنند.

بررسی رفتار سنگ‌ها در آزمایشگاه نشان داده است، تغییر شکل سنگ‌ها به دو صورت خمیری و شکننده است و عوامل متعددی مانند ترکیب و بافت سنگ، فشار همه جانبه، دمای محیط، زمان و آب یا سایر محلول‌ها، در این گونه تغییرات نقش مهمی دارند.

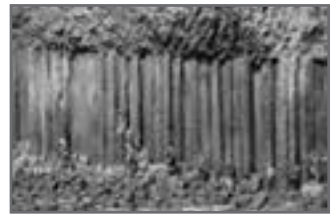
ساخت‌های اولیه

ساخت‌هایی که هنگام تشکیل سنگ در آن به وجود می‌آیند، «ساخت اولیه» نامیده می‌شوند. ساخت‌های اولیه می‌توانند در سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی ایجاد شوند. ساخت‌های گدازه‌ای مانند منشورهای

بازالتی و ساخت بالشی، ساخت صفحه‌ای مانند سیل و دایک و ساخت توده‌ای مانند باتولیت و لاکولیت، از ساخت‌های اولیهٔ سنگ‌های آذرین و لایه‌بندی، مهم‌ترین ساخت اولیهٔ سنگ‌های رسوبی به حساب می‌آیند.

الف) لایه‌بندی (رسوبی) سنگ‌های رسوبی به صورت لایه‌های موازی ته‌نشین می‌شوند.

ب) سیل



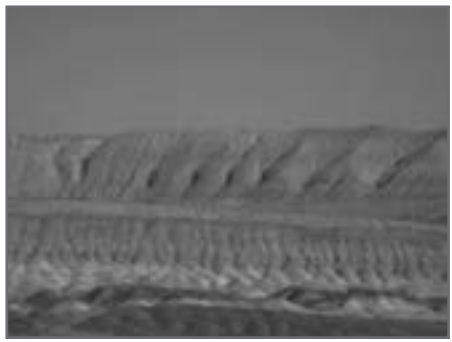
پ) منشورهای بازالتی

ت) باتولیت

ساخت اولیه می‌تواند در انواع سنگ‌های رسوبی، آذرین و دگرگونی ایجاد شود.

در محیط رسوبی، انواع مواد رسوبی به صورت لایه‌های موازی روی هم ته‌نشین می‌شوند و پس از سخت شدن این لایه‌ها، سنگ‌های رسوبی به وجود می‌آیند. هر لایه یا طبقه، شبیه ورقهٔ کاغذی است که طول و عرض آن در مقایسه با ضخامتش بسیار زیاد است. ضخامت هر لایه ممکن است کمتر از یک سانتی‌متر تا بیش از ده‌ها متر باشد. هر لایه ممکن است در تمام وسعت گسترش خود صاف نباشد، اما برای مطالعهٔ سطح کوچکی از لایه، می‌توان آنها را صاف و هموار فرض کرد.

لازم به یادآوری است، چین و گسل ساخت ثانویه هستند، زیرا بعد از تشکیل سنگ ایجاد می‌شوند.

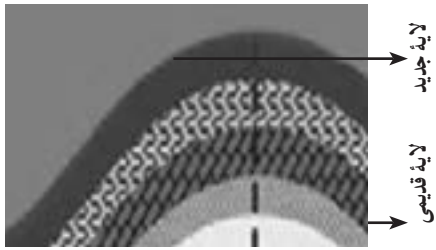


لایه‌های رسوبی موازی (سمنان)

انواع چین

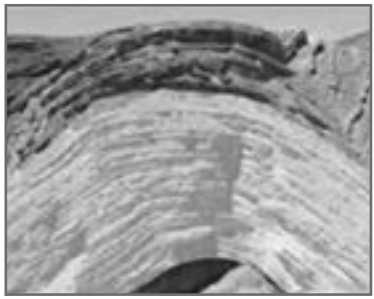
چین (Fold) بر اثر اِعمال نیروهای فشاری، ایجاد و سبب کوتاه‌شدگی و فشردگی لایه‌ها می‌شود. چین‌ها از نظر ویژگی‌های متفاوت، مانند مقدار نیرو، شکل، هندسه و . . . تقسیم‌بندی می‌شوند.

الف) اگر قسمتی از لایه‌های رسوبی از حالت افقی خارج شوند و پایین‌تر یا بالاتر از سطح اصلی قرار گیرند، چین را تک شیب (Monocline) گویند. (گاه علت این نوع چین‌ها، وجود یک گسل پنهان در زیر آنهاست).



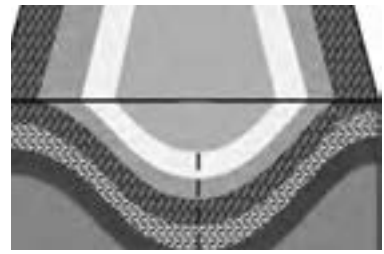
الف) تاقدیس و سن لایه‌ها

ب) در صورتی که لایه‌های سنگی طوری خم شوند که لایه‌های قدیمی‌تر در مرکز و لایه‌های جوان در حاشیهٔ محدب قرار گیرند، چین را «تاقدیس» می‌گویند. تاقدیس از کلمهٔ یونانی (Anticline) به معنی داشتن شیب مخالف گرفته شده است.



ب) یک تاقدیس در طبیعت

پ) گاهی لایه‌های جدیدتر در مرکز و لایه‌های قدیمی‌تر در حاشیهٔ محدب قرار می‌گیرند، که چین حاصل را «ناودیس» می‌گویند. ناودیس از لغت یونانی (Syncline) گرفته شده که به معنی شیب به طرف یکدیگر است.



ناودیس و سن لایه‌ها ــ یک ناودیس در کانادا

چین مرکب

در یک منطقه که تحت تأثیر نیروها قرار می‌گیرد، فقط یک چین ایجاد نمی‌شود، گاهی مجموعهٔ دو یا چند چین به چشم می‌خورد. به این مجموعه، چین مرکب می‌گویند.

چین مرکب شامل : ناودیس و تاقدیس

ویژگی‌های چین

هر چین را، با مشخصات زیر شناسایی می‌کنند :

لولای چین : خطی فرضی است که نقاطی از یک لایه را که دارای حداکثر انحنا هستند، به یکدیگر وصل می‌کند. لولای چین ممکن است مایل، افقی و یا قائم باشد.

خط الرأس یا ستیغ : خطی فرضی است که بالاترین نقاط یک چین را به هم وصل می‌کند. باید توجه داشت اگرچه در بعضی موارد خط‌الرأس و لولای چین خط واحدی هستند ولی این امر الزامی نیست و در پاره‌ای موارد با هم متفاوت هستند.

خط القعر : خطی فرضی است که پایین‌ترین نقاط چین را به یکدیگر وصل می‌کند.

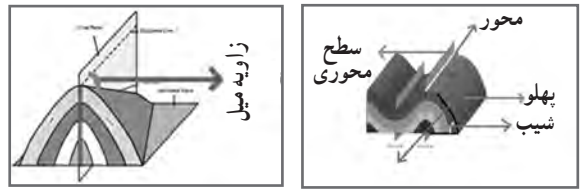
سطح محوری : سطحی فرضی است که از تمام لولاهای چین عبور می‌کند و چین را تا حد ممکن به دو قسمت متقارن تقسیم می‌کند. سطح محوری ممکن است مایل، افقی و یا قائم باشد.

پهلو یا یال چین : دو بخش طرفین چین را پهلو یا یال چین گویند.

زاویهٔ میل : اگر لولای چین افقی نباشد و با سطح افق زاویه بسازد، در این صورت زاویهٔ بین لولا و سطح افق را زاویهٔ میل چین گویند.

امتداد لایه : از فصل مشترک یک صفحهٔ افقی با سطح هر لایه (پهلو)، خطی ایجاد می‌شود که آن را، امتداد لایه می‌گویند. امتداد لایه را با زاویه‌ای که نسبت به شمال یا جنوب می‌سازد، مشخص می‌کنند.

شیب چین : زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق می‌سازد. شیب لایه بین صفر در لایه‌های افقی تا ۹۰ درجه در لایه‌های قائم تغییر می‌کند.



مشخصات چین

انواع چین‌ها

چین متقارن

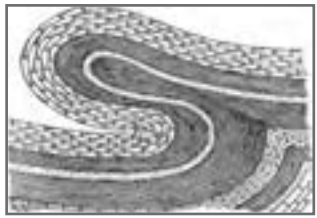
۱ **چین متقارن** :چینی است که سطح محوری آن قائم باشد و چین را به دو بخش قرینه تقسیم کند.

چین نامتقارن

۲ **چین نامتقارن** : در حالتی که سطح محوری چین قائم نباشد و آن را به دو قسمت قرینه تقسیم نکند، به آن چین نامتقارن می‌گویند. دو دامنهٔ این نوع چین، دارای شیب‌های متفاوت است.

چین برگشته در مسیر شاهرود ــ آزادشهر

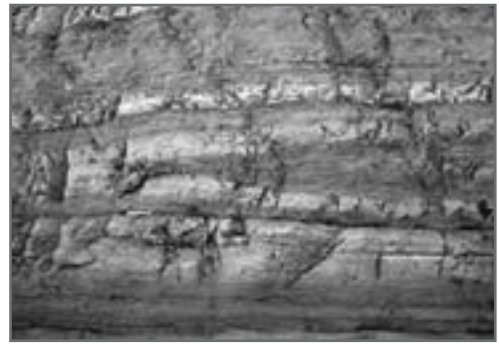
۳ **چین برگشته** : چینی است که سطح محوری آن مایل و هر دو دامنهٔ آن در یک جهت شیب داشته باشد. شیب دو دامنهٔ این چین‌ها متفاوت و یکی از دامنه‌ها، وارونه است.



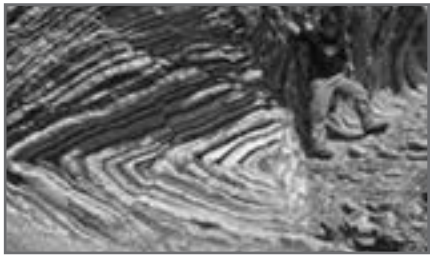
چین خوابیدهٔ گرمسار

۴ **چین خوابیده** : در حالتی که سطح محوری چین، افقی یا تقریباً افقی باشد، به نام چین خوابیده خوانده می‌شود.

۵ **چین هم شیب** : این نام به چین‌هایی اطلاق می‌شود که در یک جهت شیب دارند و شیب آنها مساوی است. دامنه این چین‌ها، ممکن است قائم، مایل و یا افقی باشد.



چین هم شیب



۶ **چین جناغی** : اگر دو دامنهٔ چین، طی زاویهٔ تندی نسبت به هم قرار گرفته باشند، چین جناغی نامیده می‌شود.

چین جناغی

۷ **چین جعبه‌ای** : اگر قسمت لولای چین مسطح باشد، آن را چین جعبه‌ای می‌خوانند.

چین جعبه‌ای

ساخت یک چین

با فشار دادن ورقه‌های یک کتاب می‌توان یک چین ساده یا مرکب را به تصویر کشید.

آتشفشان

آتشفشان‌ها از پدیده‌های مخرب زمین محسوب می‌شوند، اما در واقع، آنها سبب تولد و تکامل زمین و منشأ تشکیل آب، هوا، خاک و ... هستند.

فعالیت‌های آتشفشانی باعث پدید آمدن سرزمین‌هایی برای سکونت شده‌اند. ایسلند، ژاپن، هاوایی، هائیتی، کوبا و بسیاری از جزایر اقیانوس آرام و دریای کارائیب و بیشتر سرزمین‌های آمریکای مرکزی، محصول پدیدهٔ آتشفشان یا ولکانیسم (volcanism) هستند. زمین‌های کشاورزی حاصل‌خیزی که در آمریکای مرکزی و جنوبی وجود دارند و در آنها قهوه به دست می‌آید، محصول خاک‌های حاصل از آتشفشان‌ها هستند.

بهترین نمونهٔ این نوع خاک‌های پر ارزش را در جزیرهٔ جاوه در اندونزی (جنوب شرق آسیا) می‌توان یافت. در آنجا، خاک نرمِ حاصل از خاکستر آتشفشانی، آب را به خوبی نگه می‌دارد و مواد معدنی چون پتاسیم، کلسیم و سدیم همراه خود را به گیاهان می‌دهد. جمعیت جاوه در مقایسه با «بورنئو» (جزیرهٔ مجاور) ۲۰۰ برابر بیشتر است. در بورنئو، خاک، حاصل تخریب و هوازدگی سنگ‌های موجود است و حاصل‌خیزی چندانی ندارد.

هوایی که تنفس می‌کنیم و قسمتی از آبی که می‌نوشیم، محصول فعالیت‌های آتشفشانی است. زیرا در طول زمان، گازهایی از درون زمین آزاد شده و به اتمسفر نفوذ کرده‌اند. بخشی از هیدروژن و اکسیژنی که آزاد شده، پس از ترکیب، آب را به وجود آورده و آب کره را تشکیل داده است. نیتروژن و اکسیژن هم با گازهای دیگر گرد هم آمده‌اند و هواکره را پدید آورده‌اند.

مشخصات آتشفشان مخروطی

آتشفشان‌ها، شکاف‌ها یا سوراخ‌هایی در سطح زمین هستند که مواد آتشفشانی، از آنها خارج می‌شود. به طور کلی، آتشفشان از سطح زمین به سمت درون آن، شامل بخش‌های زیر است :

۱ **آشیانه یا اتاق ماگما (Magma Chamber)** : آشیانهٔ ماگما، منبع مواد مذابی است که توسط مجراهای آتشفشان به سطح زمین راه می‌یابند. ماگما به مواد مذابی گفته می‌شود که داخل زمین از ذوب سنگ‌ها به وجود می‌آید و دارای ترکیب شیمیایی بسیار پیچیده‌ای است. از سرد شدن ماگما در داخل یا در سطح زمین سنگ‌های آذرین به وجود می‌آیند. ماگماها انواع متفاوتی دارند.

۲ **مجرا یا دودکش (Vent)** : مجرا یا دودکش مسیری است که مواد مذاب از طریق آن، به سطح زمین راه می‌یابند. هرآتشفشان دارای یک مجرای اصلی (Main Vent) و یک یا چند مجرای فرعی (Secondary Vent) است. البته مجرای فرعی در تمام آتشفشان‌ها دیده نمی‌شود.

۳ **دهانه (Crater)** : دهانهٔ آتشفشان جایی است که مواد مذاب در آنجا برای اولین بار در مجاورت سطح زمین قرار می‌گیرند. دهانهٔ آتشفشان‌ها می تواند تنگ یا گشاد باشد. هرچه دهانهٔ یک آتشفشان تنگ‌تر باشد، خروج مواد مذاب از داخل آن دشوارتر و احتمال فوران آتشفشانی انفجاری بیشتر است. گاهی به

دلیل مسدود بودن دهانهٔ آتشفشان، گازهای آتشفشانی و مواد مذاب زیر دهانه انباشته می‌شوند وسپس دهانه با شدت زیادی در اثر فشار این مواد از جا کنده و به هوا پرتاب می‌شود. البته نوع خروج مواد، به اسیدی یا بازی بودن ماگما نیز بستگی دارد.

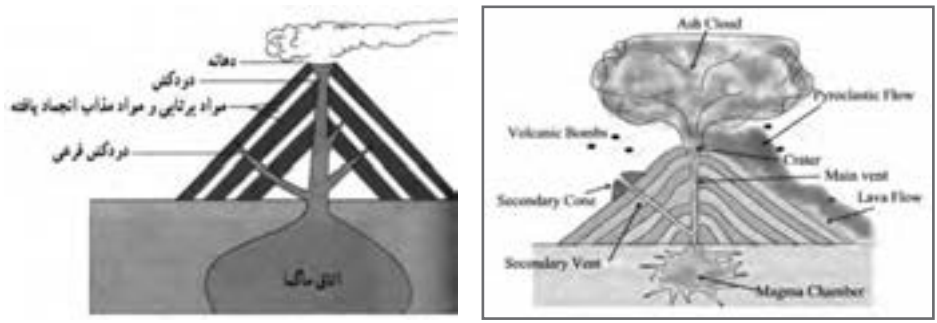
۴ **مخروط (Volcanic Cone)** : در حقیقت مخروط آتشفشان حاصل سرد شدن گدازه‌هایی است که در سطح زمین جریان داشته و در طی فوران‌های آتشفشانی بر روی یکدیگر قرار گرفته و شکل مخروطی را به وجود آورده‌اند.

موادی که در اتاق ماگما وجود دارند شامل موارد زیرند :

۱ مواد مذاب به همراه حباب‌های گاز؛

۲ قطعه بلورهای در حال رشد؛

۳ قطعات سنگی کنده شده از کنارهٔ آشیانه ماگما (میان‌بارها).



مشخصات یک آتشفشان

مواد خروجی آتشفشان‌ها

موادی که از دهانهٔ آتشفشان‌ها خارج می‌شوند، به سه حالت گاز، مایع و جامد هستند.

گازها (فومرول) : تمام ماگماها (مواد مذاب درون زمین) حاوی مقداری گاز و بخارآب نیز هستند. سرعت خروج گاز از مادهٔ مذاب، به میزان گرانروی یا ویسکوزیتهٔ مادهٔ مذاب بستگی دارد. هرچه گدازه، گرانروی بیشتری داشته باشد، خروج گاز از آن با سرعت و مقدار کمتری همراه است. برعکس، گازها از

گدازهٔ رقیق (گرانروی کم)، با سرعت و مقدار بیشتری خارج می‌شوند.

ابتدا عواملی را که در ترکیب ماگماها دخالت دارند، معرفی می‌کنیم :

۱ ترکیب شیمیایی سنگی که ذوب می‌شود.

۲ درجهٔ حرارتی که سنگ ذوب می‌شود.

۳ دخالت مواد فرّار به ویژه آب.

انواع گدازه‌ها : گدازه‌ها را براساس مقدار SiO_2 موجود در آنها تقسیم‌بندی می‌کنند :

۱ **گدازهٔ اسیدی** : حاوی مقدار زیادی SiO_2 (بیش از ۶۶٪) است.

۲ **گدازهٔ حد واسط** : دارای مقدار متوسطی SiO_2 (۶۶٪ـ ۵۲٪) است.

۳ **گدازه‌های بازی** : حاوی مقدار کمی SiO_2 (۵۲٪ـ ۴۵٪) و مقدار زیادی آهن، منیزیم و کلسیم است.

۴ **گدازه‌های قلیایی شدید** : مقدار SiO_2 در آنها کمتر از ۴۵ درصد است.

هرچه مقدار SiO_2 در گدازهٔ خارج شده از دهانهٔ آتشفشان‌ها بیشتر باشد، گدازه، اسیدی‌تر و گرانروی آن بیشتر است. به این ترتیب که بیشترین گرانروی مربوط به گدازه‌های اسیدی و کمترین گرانروی مربوط به گدازهٔ بازی است. سرعت جریان گدازه پس از خروج از دهانهٔ آتشفشان، به گرانروی مادهٔ مذاب و شیب دامنهٔ کوه آتشفشان بستگی دارد.

علت گرانروی بیشتر گدازه‌های اسیدی نسبت به گدازه‌های خنثی و قلیایی آن است که این نوع گدازه‌ها مقدار سیلیسیم و اکسیژن بیشتری دارند. در نتیجه پیوندهای موقت بیشتری بین یون‌ها ایجاد می‌شود که موجب کاهش حرکت یون‌ها در گدازه می‌شود. زیرا با افزایش مقدار سیلیس (SiO_2)، ساختمان سیلیکاتی پیچیده‌تر و غلظت یا گرانروی گدازه‌ها افزایش می‌یابد.

گدازهٔ روان و کم‌خطر بودن آن

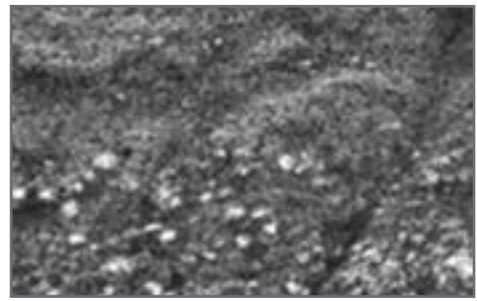
مواد جامد (تِفرا)

آن دسته از مواد آتشفشانی که به صورت ذرات ریز و درشت، جامد یا نسبتاً جامد، و بر اثر فعالیت‌های انفجاری از دهانهٔ آتشفشان به هوا پرتاب می‌شوند، «تفرا» نام دارند. مواد جامد یا تفرا، بر اساس اندازه و شکل به سه دسته تقسیم می‌شوند :

۱ **خاکستر** : ذرات جامد آتشفشانی که قطر ذرات آنها از ۲ میلی‌متر کمتر باشد.

۲ **لاپیلی** : ذرات جامد آتشفشانی که قطر آنها بین ۲ تا ۳۲ میلی‌متر باشد.

۳ **قطعه سنگ و بمب** : قطعات جامدی که قطر آنها بیشتر از ۳۲ میلی‌متر باشد، قطعه سنگ می‌گویند. اگر قطعه سنگ، دوکی شکل باشد، بمب آتشفشانی نامیده می‌شود.



الف) قطعات لاپیلی

ب) بمب

پ) گازها

سنگ‌های آذر آواری (pyroclastic)

در آتشفشان‌های انفجاری، مواد جامد آتشفشانی (تفراها) به هوا پرتاب می‌شوند. بازگشت تدریجی این ذرات به زمین و ته‌نشست آنها، در دریاها یا محیط‌های خشکی (مانند دریاچه‌ها و ...)، حالت لایه‌لایه به خود می‌گیرد. از به هم چسبیدن و سخت شدن این مواد، گروهی از سنگ‌های آتشفشانی، به نام «سنگ‌های آذر آواری» ایجاد می‌شوند. به عبارت دیگر، سنگ‌های آذر آواری، سنگ‌های آتشفشانی ــ رسوبی و غیرمتبلور هستند و از روی اندازهٔ ذراتشان طبقه‌بندی می‌شوند.

تأثیرات مخرب خاکستر آتشفشانی

خاکستر آتشفشانی تهدیدهای زیادی را برای مردم، کارکرد ماشین‌آلات و محیط زیست فراهم می‌کند.

■ تأثیر بر سلامت انسان

مردمی که درمعرض ریزش خاکسترآتشفشانی هستند،یا کسانی که در محیط غبارآلود پس از ریزش خاکستر زندگی می‌کنند، مشکلات زیادی را تجربه می‌کنند؛ از قبیل مشکلات تنفسی شامل سوزش بینی و نای، سرفه، بیماری شبیه به برونشیت و ناراحتی در هنگام تنفس. این موارد در اثر استفاده از ماسک‌های تنفسی با کارایی بالا، کاهش پیدا می‌کنند، اما درصورت امکان باید ازخاکستر دوری کرد. ذرات ریز خاکستر آتشفشانی خشک، می‌تواند به اشک چشم انسان بچسبد و به سرعت موجب سوزش و خراش سطح چشم شود. این مشکل بین کسانی که از لنزهای چشمی استفاده می‌کنند، شدیدتر است.

■ تأثیر بر دامداری و کشاورزی

آسیب‌هایی که خاکستر به دام‌ها می‌رساند، همانند انسان، موارد آسیب‌های چشمی و تنفسی است. حیواناتی که با علف تغذیه می‌کنند، دیگر قادر به تغذیه از منابع غذایی پوشیده از خاکستر نیستند. دام‌هایی که از مواد غذایی پوشیده با خاکستر استفاده کنند، به بیماری مبتلا می‌شوند. کشاورزان ساکن در نواحی خاکستر آتشفشانی، باید غذای اضافی برای دام‌های خود فراهم کنند، یا آنها را از این مناطق به مکان دیگری انتقال دهند و یا آنها را ذبح کنند. ریزش خاکستر با ضخامت حدود چند میلی‌متر، معمولاً آسیب‌های جدی به چراگاه‌ها و محصولات وارد نمی‌کند. در هر حال، تجمع خاکستر ضخیم‌تر می‌تواند موجب آسیب رسانی یا مرگ گیاهان و چراگاه شود. تجمع ضخیم‌تر خاکستر، می‌تواند موجب مرگ باکتری‌های خاک و مانع از ورود آب و اکسیژن به داخل خاک شود، که به بی‌حاصل شدن خاک می‌انجامد.

■ **تأثیر بر ساختمان‌ها**

وزن خاکستر خشک در حدود ۱۰ بار سنگین‌تر از برف خالص است. یک لایهٔ ضخیم از خاکستر با ریزش روی سقف یک ساختمان، می‌تواند بار اضافی زیادی به آن وارد کند و موجب فرو ریختن آن شود.

■ **تأثیر بر دستگاه‌ها**

خاکستر ریزدانه و غبار می‌تواند به داخل ساختمان‌ها نفوذ کند و موجب ایجاد مشکلاتی در دستگاه‌ها شود. خاکستر ساینده، پوششی غیرعادی روی سطح بخش‌های متحرک داخل موتورهای الکتریکی ایجاد می‌کند. جاروبرقی و اجاق و به‌خصوص سیستم‌های رایانه‌ای به دلیل اینکه پیوسته در جریان هوا هستند، بیشتر آسیب‌پذیرند.

■ **تأثیر بر ارتباطات**

خاکستر آتشفشانی که دارای بار الکتریکی است، موجب ایجاد اختلال در امواج رادیویی و پخش‌کننده‌های رادیویی می‌شود که در هوا هستند. در صورت فوران آتشفشان، ممکن است این وسایل قادر به دریافت یا ارسال GPS، تلفن و سیگنال‌ها نباشند. خاکستر همچنین می‌تواند به تأسیساتی از قبیل سیم‌ها، دکل‌ها، ساختمان‌ها و ابزارهای لازم برای پشتیبانی از ارتباطات، آسیب‌های فیزیکی وارد کند.

■ **تأثیر بر سیستم‌های آبی**

سیستم‌های ذخیرهٔ آب نیز ممکن است از باران خاکستر متأثر شوند. در مناطقی که از سیستم‌های روباز آبی، مانند رودخانه‌ها و دریاچه‌های ذخیرهٔ آب سدها استفاده می‌کنند، خاکسترهای ریزشی در آب معلق شده و آب‌های ذخیره شده باید قبل از استفاده تصفیه شوند.

شکل خروج آتشفشان‌ها

فعالیت آتشفشان‌ها در تمام نقاط کرهٔ زمین، از جمله روی خشکی‌ها، زیر دریاها، دریاچه‌ها و زیر یخچال‌ها صورت می‌گیرد. به طور کلی فعالیت آتشفشان‌ها به شکل نقطه‌ای و خطی انجام می‌شود.

آتشفشان نقطه‌ای : آتشفشانی است که مواد خروجی آن از یک نقطه (دهانه) خارج می‌شود.

آتشفشان خطی : آتشفشانی است که فوران آن در امتداد یک شکاف انجام می‌شود؛ مانند فوران‌های آتشفشانی در حاشیهٔ دورشونده (محور میانی رشته کوه‌های اقیانوس اطلس).

آتشفشان به صورت کمان و کمربند نیز وجود دارد. خروج مواد مذاب در حاشیهٔ اقیانوس آرام به شکل تقریبی کمربند در حاشیهٔ ورقه صورت می‌گیرد و در قوس جزایر، به صورت کمان ایجاد می‌شود.

طبقه‌بندی آتشفشان‌ها از نظر فعالیت

۱ آتشفشان‌هایی که فعالیت آرام دارند و مواد خروجی آنها بیشتر گدازه است.

در این نوع آتشفشان‌ها، مواد خروجی، بیشتر از گدازه‌های بازی (قلیایی) است؛ مانند : آتشفشان مونالوآ و کیلوآ واقع در جزایر هاوایی.

۲ آتشفشان‌هایی که فعالیت انفجاری دارند و بیشتر مواد خروجی آنها، جامد است.

در این نوع آتشفشان‌ها، جریان گدازه وجود ندارد، زیرا قبل از رسیدن گدازه به سطح دهانه، تراکم گاز، سبب انفجار می‌شود و قطعاتی از آن به هوا پرتاب می‌شود. فعالیت این نوع آتشفشان‌ها با انفجار همراه است. شکل مخروط این آتشفشان‌ها، قاعدهٔ کوچک با ارتفاع زیاد است. جنس سنگ‌های مخروط آنها، از مواد جامد و منفصل مانند خاکستر، لاپیلی و بمب و... است؛ مانند آتشفشان پیناتوبو در فیلیپین که در محل برخورد ورقه‌ها رخ می‌دهد.

۳ آتشفشان‌هایی که گاهی فعالیت انفجاری دارند.

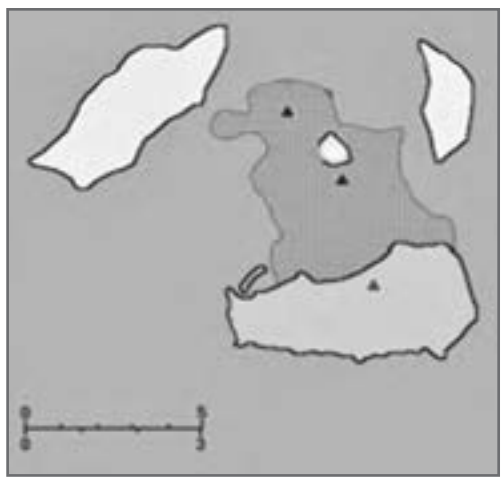
در این نوع آتشفشان‌ها مواد خروجی آنها هم از تفرا و هم از گدازه است؛ مانند آتشفشان‌های دماوند و سبلان در ایران و استرومبولی و اِتنا در ایتالیا (فوران در سال ۲۰۰۷) که از نوع آتشفشان مختلط هستند.

۴ آتشفشان‌هایی که بیشتر مواد خمیری از خود خارج می‌کنند.

در این نوع آتشفشان‌ها، گدازه هنگام خروج از دهانهٔ آتشفشان گرانروی بسیار بالایی دارد. اگر گدازهٔ این نوع آتشفشان‌ها از دهانهٔ قبلی خارج شود، شکل مخروط آنها، سوزنی مرتفع می‌شود؛ مانند آتشفشان وزوو در ایتالیا.

۵ آتشفشان‌هایی که فعالیت انفجاری شدید دارند و فعالیتشان با تشکیل ابرهای سوزان همراه است.

این نوع آتشفشان‌ها مخرب و ویران کننده هستند و با خروج ابرهای سوزان، جانداران اطراف کوه نابود می‌شوند. همچنین برخلاف سایر آتشفشان‌ها، به جای تشکیل مخروط (کوه آتشفشان) سبب ایجاد دهانه‌های انفجاری و فرورفتگی‌های قیفی شکل می‌شوند. مانند : جزیرهٔ کراکاتوا در اندونزی (جنوب شرق آسیا) که در سال ۱۸۸۳ بر اثر این نوع انفجار، بخش اصلی جزیره از نقشهٔ کرهٔ زمین ناپدید شد.



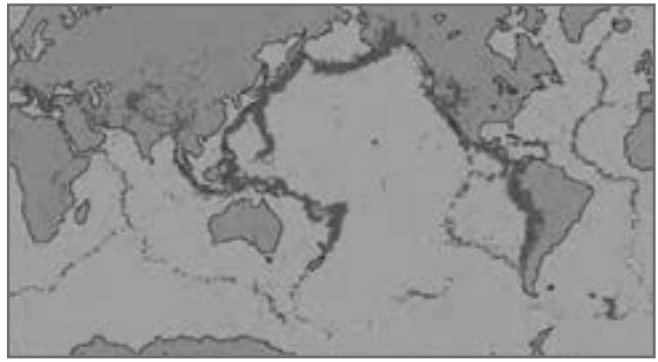
نقشهٔ کراکاتوا قبل از نابودی بخش اصلی جزیره

- بزرگ‌ترین مجموعهٔ آتشفشانی، مجمع‌الجزایر اندونزی است.
- بلندترین آتشفشان دنیا در آرژانتین قرار دارد.
- طولانی‌ترین جریان مادهٔ مذاب در ایسلند دیده شده است.
- بزرگ‌ترین آتشفشان کرهٔ زمین، «مونالوآ» نام دارد که بخشی از جزایر هاوایی را تشکیل می‌دهد. محیط قاعدهٔ مخروط این آتشفشان ۶۰۰ کیلومتر، و قلهٔ آن نسبت به کف اقیانوس که آن را احاطه کرده است، ۱۰ کیلومتر ارتفاع دارد.
- در صورتی که مخروط آتشفشانی دچار فرسایش شود، مواد درون دودکش در سطح زمین دیده می‌شود که «نِک» نام دارد.

نِک، یک آتشفشان در برزیل

آتشفشان‌ها و انطباق با مرزهای تکتونیکی

بررسی نقشهٔ پراکندگی آتشفشان‌ها روی کرهٔ زمین و مقایسهٔ آن با نقشهٔ پراکندگی زمین لرزه نشان می‌دهد که، اغلب آتشفشان‌های فعال و نیمه فعال با مناطق زلزله خیز منطبق هستند. این مناطق با حاشیهٔ برخی از ورقه‌های سنگ کره انطباق دارند.



پراکندگی آتشفشان‌ها و انطباق آنها با مرز ورقه‌های لیتوسفری

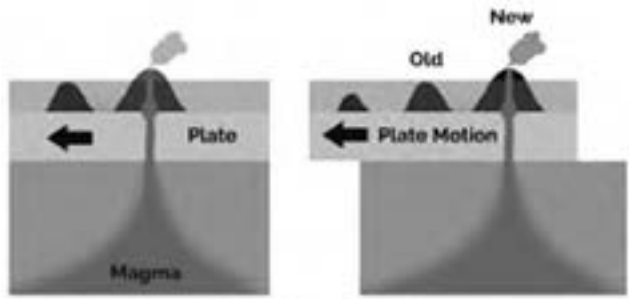
آتشفشان‌ها، با توجه به مرزهای تکتونیکی در گروه‌های زیر جای می‌گیرند :

۱ **مرزهای نزدیک شونده (هم‌گرا)** : هنگام برخورد دو ورقهٔ سنگ کره به یکدیگر، که یک ورقهٔ آن اقیانوسی باشد (اقیانوسی ــ قاره‌ای)، ورقهٔ اقیانوسی به همراه مقداری رسوب به زیر ورقهٔ دیگر فرو می‌رود و دچار ذوب بخشی می‌شود. حاصل آن ایجاد ماگمای آندزیتی است. مقداری از این ماگما ممکن است به سطح زمین برسد و آتشفشان‌هایی را در سطح خشکی‌ها (قاره‌ها) به وجود آورد. فعالیت این آتشفشان‌ها به حالت انفجاری است.

حال اگر ورقهٔ دیگر نیز اقیانوسی باشد، ماگمای خارج شده باعث تشکیل جزایر قوسی در اقیانوس‌ها می‌شود؛ مانند حلقهٔ آتشین اطراف اقیانوس آرام، کمربندهای مدیترانه و فرورانش‌ها در بخشی از اقیانوس هند.

۲ **مرزهای دور شونده (واگرا)** : هنگامی که دو ورقهٔ تکتونیکی (لیتوسفری) از یکدیگر دور می‌شوند، از محل شکاف، ماگمای بازالتی به سطح زمین می‌رسد و پشته‌های اقیانوسی (رشته کوه‌های میان اقیانوسی) را ایجاد می‌کند. فعالیت این نوع آتشفشان‌ها، به حالت خطی است. در این مناطق پوستهٔ جدید اقیانوسی تشکیل می‌شود؛ مانند دریای سرخ و شکاف‌های موجود در اقیانوس اطلس، هند و آرام. لازم به ذکر است، در شرق آفریقا نیز با خروج ماگمای بازالتی از محل شکاف، پوسته در حال باز شدن است تا در آینده، پوستهٔ اقیانوسی جدیدی تشکیل شود.

۳ **نقاط داغ (Hot Spots)** : این نوع آتشفشان‌ها، در حاشیهٔ ورقه‌ها قرار ندارند و مواد مذاب از وسط ورقه‌های لیتوسفری خارج می‌شوند؛ مانند آتشفشان‌های هاوایی در اقیانوس آرام که روی نقطهٔ داغ قرار دارند. حرکت ورقه بالای نقطهٔ داغ، باعث می‌شود که محل فعالیت آتشفشانی در زمان‌های متفاوت، تغییر کند. به همین دلیل در این مناطق، تعدادی کوه آتشفشان با سِن‌های مختلف به وجود می‌آیند. جدیدترین آتشفشان روی نقطهٔ داغ قرار دارد و فعال است. قدیمی‌ترین آنها، در بیشترین فاصله از نقطهٔ داغ قرار دارد و خاموش است. سن متفاوت جزایر تشکیل شده، به دلیل حرکت ورقه‌های لیتوسفری در بالای نقطهٔ داغ است. لازم به ذکر است که در برخی از مناطق، نقاط داغ در حاشیهٔ ورقه قرار دارند مانند جزیرهٔ ایسلند.



نقطهٔ داغ و تشکیل جزایر متعدد

خطرات آتشفشان‌ها

اثرات اولیه : خطراتی هستند که هنگام فعالیت آتشفشان روی می‌دهند؛ مانند جریان گدازه، ریزش خاکستر، انفجارکوه‌ها، عبور ابرهای سوزان، جریان‌های عظیم گِل و امواج حاصل از آتشفشان‌های زیردریایی. خوش‌بختانه با پیشرفت دانش لرزه‌شناسی و بهبود روش‌های اندازه‌گیری حرکات زمین قبل از وقوع آتشفشان، توانسته‌اند زمان وقوع آتشفشان، نوع مواد خروجی و ... را پیش‌بینی کنند. در این گونه مناطق، به منظور کاهش خطرات ناشی از فعالیت‌های آتشفشانی، اقداماتی به شرح زیر انجام می‌گیرند :

۱ نصب دستگاه‌های لرزه‌سنج برای هشدار به مردم قبل از وقوع فوران؛

۲ جابه‌جا کردن مردم از منطقهٔ خطر قبل از وقوع آتشفشان؛

۳ جلوگیری از احداث ساختمان‌های جدید در نقاط خطرناک (کنار آتشفشان‌های فعال)؛

۴ حفر کانال به منظور هدایت جریان‌های احتمالی مادهٔ مذاب و دور کردن آن از نواحی مسکونی.

اثرات ثانویه : تغییرات آب و هوا از اثرات ثانویهٔ فعالیت‌های آتشفشانی هستند که گاه جنبهٔ جهانی به خود می‌گیرند.

الف) ریزش باران‌های اسیدی یا اسیدی شدن آب‌ها : گازهایی که هنگام فعالیت آتشفشان یا پس از آن، از دهانهٔ آتشفشان خارج می‌شوند، مانند سولفوردی‌اکسید (SO_2)، کربن‌دی‌اکسید (CO_2) و ترکیبات نیتروژنی، پس از ترکیب با بخارآب و اکسیژن موجود در اتمسفر، ترکیبات اسیدی پدید می‌آورند. قطرات کوچک این اسیدها، ممکن است سال‌ها در اتمسفر باقی بمانند و با ریزش باران‌های اسیدی، باعث اسیدی شدن آب‌ها شوند. گیاهان، بیشترین زیان را از باران‌های اسیدی می‌بینند، زیرا این باران‌ها مواد با ارزش خاک را تجزیه می‌کنند و از مقاومت گیاه در برابر بیماری و حشرات می‌کاهند. همچنین با اسیدی شدن آب نهرها به جانداران آسیب می‌رسد. باران اسیدی به رنگ و دوام خودروها و روکار ساختمان‌ها و بناهای تاریخی نیز خسارت‌های جبران ناپذیری وارد می‌کند.

ب) خاکسترهای آتشفشانی : این مواد گاه تا سال‌ها بعد از فوران آتشفشان در اتمسفر باقی می‌مانند و موجب انعکاس بیشتر اشعهٔ خورشیدی به فضا می‌شوند. حدود ۲۰ درصد از تشعشعات خورشیدی توسط ابرها و گازهای موجود در اتمسفر، جذب می‌شوند و ۲۵ درصد از آنها نیز پس از برخورد به ابرها و گازهای اتمسفری انعکاس می‌یابند. هرچه ذرات موجود در هوا بیشتر باشند، درصد بیشتری از تشعشعات خورشیدی جذب یا منعکس می‌شوند. در نتیجه گرمای کمتری به زمین می‌رسد و سبب سرد شدن هوا خواهد شد.

برای مثال در سال ۱۸۱۵، فعالیت کوه تامبورا در اندونزی، سبب نام‌گذاری سال بدون تابستان در این کشور شد. زیرا با وجود فاصلهٔ زیاد اندونزی تا آمریکای شمالی، هوای بهار و تابستان تعدادی از کشورهای آمریکای شمالی در سال ۱۸۱۶ به طور غیر عادی سرد شد. همچنین در سال ۱۹۹۱ نیز فعالیت آتشفشان

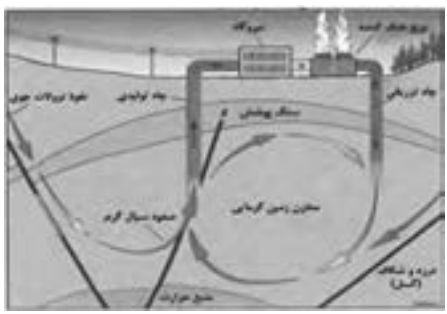
پیناتوبو در فیلیپین، سبب سرد شدن غیر عادی هوا شد. فوران کوه آتشفشانی ایسلند در سال ۲۰۱۰، به لغو پروازها برای چندین روز متوالی در اروپا و خسارات مالی ناشی از آن انجامید.

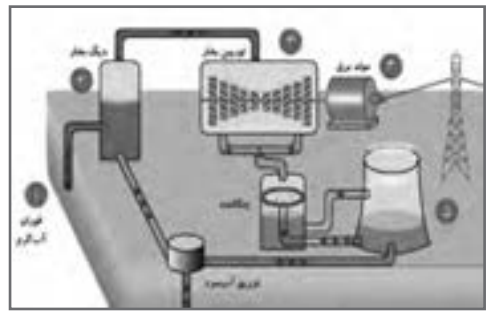
فواید آتشفشان‌ها

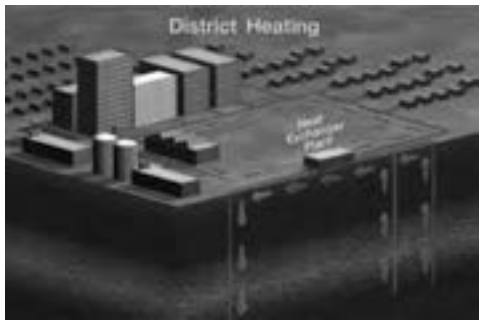
■ **تشکیل سرزمین‌ها و جزایر جدید بر اثر آتشفشان‌های زیر دریایی :** مانند جزیرهٔ ایسلند در محل محور میانی اقیانوس اطلس شمالی که از فعالیت نقطهٔ داغ است. مجمع الجزایر فیلیپین، اندونزی و جزایر متعددی در اقیانوس آرام و...، بر اثر خروج مواد مذاب ناشی از فرورانش ورقه‌ها تشکیل شده‌اند.

■ **تشکیل خاک کشاورزیِ مرغوب از خاکستر آتشفشانی برای کشت :** مانند خاک غنی برای کشت قهوه در آمریکای مرکزی.

■ **ایجاد کانسارهای ارزشمند :** مانند رگه‌های طلا و نقره.







■ **جنبه‌های اقتصادی و حفظ محیط زیست :** از انرژی حرارتی آتشفشان‌ها (انرژی زمین گرمایی)، به منظور تولید گرما و انرژی الکتریسیته استفاده می‌شود. همچنین می‌توان مواد شیمیایی با ارزشی را از گازهای خارج شده از دهانهٔ آتشفشان‌ها (گوگرد از بخارات گوگردی) به‌دست آورد. (ریکیاویک پایتخت ایسلند، بیش از ۹۰ درصد انرژی خود را از انرژی زمین دریافت می‌کند.)

آتشفشان شناس و مطالعهٔ گدازهٔ آتشفشان

■ **هشدارهای اجتماعی**: به‌منظور کاهش آسیب‌های جانی و مالی در برابر فوران‌های احتمالی آتشفشان‌ها، هشدارهای لازم به ساکنان نزدیک آتشفشان‌ها داده می‌شود.

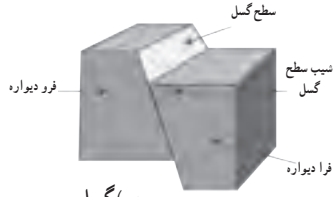
■ **مطالعات علمی**: هر آتشفشان دریچه‌ای به درون زمین باز می‌کند که از طریق آن می‌توان اطلاعاتی دربارهٔ ترکیب پوسته و گوشتهٔ فوقانی زمین به دست آورد.

پاسخ به فعالیت‌ها

یادآوری ص ۹۰

■ تفاوت و تشابه درزه و گسل را بیان کنید.

الف) درزه

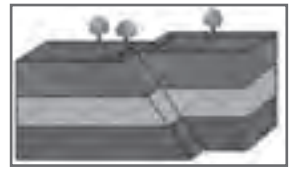


ب) گسل

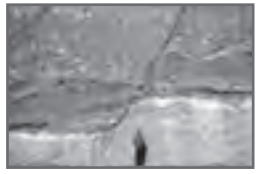
پاسخ: شباهت درزه و گسل این است که هر دو، نوعی شکستگی در سنگ‌ها هستند. تفاوت درزه و گسل این است که درزه، جابه‌جایی و لغزش سنگ‌ها را ندارد اما گسل، جایه‌جایی سنگ‌ها را دارد.

یادآوری ص ۹۱

■ در هر یک از گسل‌های زیر، نوع گسل را مشخص کنید.



الف



ب

پ

پاسخ: الف) گسل امتداد لغز ب) گسل نرمال پ) گسل معکوس

با هم بیندیشید ص۹۲

■ در مورد پراکندگی جغرافیایی زمین‌لرزه‌های جهان اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

۱ زمین‌لرزه‌ها، بیشتر درون قاره‌ها رخ می‌دهند یا در حاشیهٔ آنها؟ برای اثبات نظر خود دلیل بیاورید.

در حاشیهٔ قاره‌ها، زیرا ورقه‌ها در این مرزها، یا از هم دور می‌شوند یا به هم نزدیک می‌شوند، یا در کنار هم می‌لغزند و انرژی درون زمین را آزاد می‌کنند.

۲ محدودهٔ کمربند لرزه خیزآلپ ــ هیمالیا را مشخص کنید.

از شمال غرب آفریقا، تا جنوب شرق آسیا که محل برخورد ورقهٔ آفریقا و هند به ورقهٔ اوراسیا است. در محل برخورد رشته کوه آلپ ــ هیمالیا به وجود می‌آید.

۳ در سال نهم با ورقه‌های سنگ کره آشنا شدید. دو تصویر زیر را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

محل اکثر زمین‌لرزه‌ها بر حاشیهٔ ورقه‌ها منطبق است.

گفت‌وگو کنید ص ۹۳

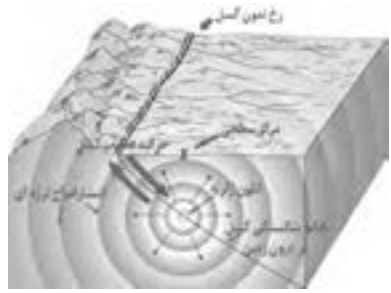
■ کدام یک از فعالیت‌های انسانی زیر، باعث وقوع زمین‌لرزه می‌شود؟

پاسخ : انفجار معدن (زمین‌لرزه) ــ تخلیهٔ ناگهانی آب پشت سد (زمین‌لرزه)
شخم زدن زمین (نقش ندارد) ــ انفجارهای اتمی (زمین‌لرزه)

یادآوری ص۹۳

■ طرح سه‌بعدی زیر، برخی از مشخصات محل وقوع زمین‌لرزه را نشان می‌دهد. با استفاده از اطلاعات موجود در تصویر، میزان خسارت احتمالی در دو نقطهٔ x و y را مشخص کنید.

پاسخ : هرچه به مرکز سطحی زمین‌لرزه نزدیک‌تر شویم، خسارت بیشتر می‌شود. بنابراین، نقطهٔ x که به مرکز زمین‌لرزه و کانون نزدیک‌تر است، خسارت بیشتری دارد.



فکر کنید ص۹۶

■ چه ایرادی به مقیاس شدت زمین لرزه (مرکالی) وارد است؟

پاسخ : این مقیاس کیفی است و به عواملی مانند جنس زمین، استحکام ساختمان، ارتفاع ساختمان، نحوهٔ ساخت و ... بستگی دارد و در مکان‌های مختلف، تغییر می‌کند.

پیوند با ریاضی ص۹۶

■ مقدار انرژی آزاد شده و بزرگی دامنهٔ امواج زمین‌لرزه‌ای به بزرگی ۶ ریشتر، چند برابر زمین‌لرزه‌ای به بزرگی ۴ ریشتر است؟

پاسخ : به ازای هر ریشتر ۱۰ برابر بر دامنهٔ امواج اضافه می‌شود. بنابراین به ازای دو ریشتر، ۱۰۰ برابر بر دامنه امواج زمین لرزه اضافه می‌شود.

$$\begin{matrix} ۶-۴=۲ \\ \log_{۱۰}^{n}=۲ \end{matrix} \rightarrow n=۱۰^{۲}=۱۰۰$$

$$\text{انرژی آزاد شده} \Rightarrow ۳۱/۶^{۲}=۹۹۸/۵۶ \simeq ۱۰۰۰$$

فکر کنید ص۹۶

■ بزرگی و شدت زمین‌لرزهٔ بم را در شهرهای تهران و بم مقایسه کنید.

پاسخ : بزرگی یک زمین‌لرزه در تمام نقاط دنیا، عددی یکسان است. (البته عوامل متفاوتی مانند تنوع دستگاه‌های لرزه‌نگار، بُعد مسافت و دقت در تفسیر امواج، این عدد را کمی تغییر می‌دهند)، ولی شدت زمین‌لرزه، با توجه به فاصله از مرکز سطحی، کم می‌شود. بنابراین هرچه از بم دورتر می‌شویم، شدت زمین‌لرزه و مقدار تخریب آن کاهش می‌یابد.