

Continental Drift

رانش قاره‌ای نظریه‌ای است که می‌گوید قاره‌ها نسبت به یکدیگر در سطح زمین حرکت می‌کنند. این نظریه که در سال ۱۹۱۲ توسط آلفرد وگنر مطرح شد، در ابتدا بحث‌برانگیز بود اما پایه‌ای برای نظریه مدرن زمین‌ساخت صفحه‌ای (Plate Tectonics) شد. وگنر مشاهده کرد که خط ساحلی قاره‌های مختلف، به‌ویژه آمریکای جنوبی و آفریقا، مانند قطعات پازل به هم می‌خورند. او همچنین شباهت‌هایی در ساختارهای سنگی، فسیل‌ها و نشانگرهای اقلیمی باستانی در قاره‌هایی که اکنون از هم جدا شده‌اند، مشاهده کرد. سازوکار رانش قاره‌ای در زمان وگنر درک نشده بود، که منجر به تردید شد. با این حال، کشفیات بعدی در گسترش بستر دریا و زمین‌ساخت صفحه‌ای، شواهد و سازوکارهای لازم را برای پشتیبانی از مفهوم قاره‌های متحرک فراهم کرد.

برای آشنایی بیشتر با مفهوم رانش قاره‌ای [این ویدیو](#) را مشاهده کنید.



شکل ۱- رانش قاره‌ای و تحولات آن روی کره زمین

Weathering and different types

فرسایش ، تجزیه سنگ‌ها در سطح یا نزدیک سطح زمین از طریق فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی یا زیستی است. به طور کلی سه نوع اصلی فرسایش وجود دارد:

الف) فرسایش فیزیکی (مکانیکی): شامل تجزیه سنگ‌ها بدون تغییر ترکیب شیمیایی آنهاست. مثال‌ها شامل:

- یخ‌زدگی: آب در ترک‌های سنگ یخ می‌زند و منبسط می‌شود و ترک‌ها را گسترش می‌دهد.
- انبساط و انقباض حرارتی: تغییرات دمای روزانه باعث انبساط و انقباض سنگ‌ها می‌شود و منجر به شکستگی می‌شود.
- پوسته‌پوسته شدن: لایه‌های بیرونی سنگ به دلیل آزاد شدن فشار با برداشتن سنگ روی آن، جدا می‌شوند.

ب) فرسایش شیمیایی: شامل واکنش‌های شیمیایی است که ترکیب سنگ‌ها را تغییر می‌دهند. برای مثال:

- انحلال: آب، کانی‌های محلول در سنگ‌ها را حل می‌کند.
- هیدرولیز (Hydrolysis): آب با کانی‌ها واکنش می‌دهد تا ترکیبات جدید تشکیل دهد (مثلاً فلدسپار به رس).
- اکسیداسیون (Oxidation): اکسیژن با کانی‌ها واکنش می‌دهد و باعث زنگ‌زدگی در سنگ‌های غنی از آهن می‌شود.

ج) فرسایش زیستی: شامل تجزیه سنگ‌ها توسط موجودات زنده می‌باشد. مثال‌های فرسایش زیستی شامل موارد زیر می‌باشند:

- گوه‌زنی ریشه (Root wedging): ریشه‌های گیاهان در ترک‌های سنگ رشد می‌کنند و آنها را گسترش می‌دهند.
- رشد گل‌سنگ (Lichen growth): گل‌سنگ‌ها اسیدهایی ترشح می‌کنند که سطح سنگ را تجزیه می‌کنند.
- فعالیت جانوران: جانوران حفار می‌توانند خاک و سنگ را به طور فیزیکی خرد کنند.

Supercontinent

ابر قاره توده‌ای خشکی است که شامل بیشتر یا تمام پوسته قاره‌ای زمین می‌شود. تشکیل و تجزیه ابر قاره‌ها چندین بار در طول تاریخ زمین رخ داده است، در چرخه‌ای که به عنوان چرخه ابر قاره شناخته می‌شود. آخرین ابر قاره، پانگه‌آ (Pangea)، حدود ۳۳۵ تا ۱۷۵ میلیون سال پیش وجود داشت که ترکیب قاره‌های اروپا، آفریقا و آمریکای شمالی و جنوبی بود. ابر قاره‌ها از طریق برخورد و ادغام قاره‌های کوچکتر و قطعات قاره‌ای تشکیل می‌شوند. تجزیه آنها معمولاً با افزایش فعالیت آتشفشانی و باز شدن حوضه‌های اقیانوسی جدید همراه است. تشکیل و تجزیه ابر قاره‌ها تأثیرات عمیقی بر اقلیم جهانی، گردش اقیانوس‌ها و تکامل حیات دارد.

برای آشنایی بیشتر با مفهوم ابر قاره [این ویدیو](#) را مشاهده کنید.

Isotope

ایزوتوپ گونه‌ای از یک عنصر شیمیایی است که تعداد نوترون‌های متفاوتی در هسته خود دارد. ایزوتوپ‌های یک عنصر تعداد پروتون یکسان (و در نتیجه عدد اتمی یکسان) داشته، اما به دلیل تغییر در تعداد نوترون، عدد جرمی متفاوت دارند.

ایزوتوپ‌ها به چند دلیل در زمین‌شناسی بسیار مهم هستند:

الف) تاریخ‌گذاری رادیومتری (Radiometric dating): برخی ایزوتوپ‌ها رادیواکتیو هستند و با نرخ مشخصی واپاشی می‌کنند. با اندازه‌گیری نسبت ایزوتوپ‌های مادر و دختر (parent and daughter) در سنگ‌ها، زمین‌شناسان می‌توانند سن سنگ را تعیین کنند.

ب) مطالعات اقلیم گذشته: نسبت برخی ایزوتوپ‌های پایدار (مانند اکسیژن-۱۸ به اکسیژن-۱۶) در موادی مانند هسته‌های یخی یا رسوبات دریایی می‌تواند اطلاعاتی درباره دماها و شرایط اقلیمی گذشته ارائه دهد.

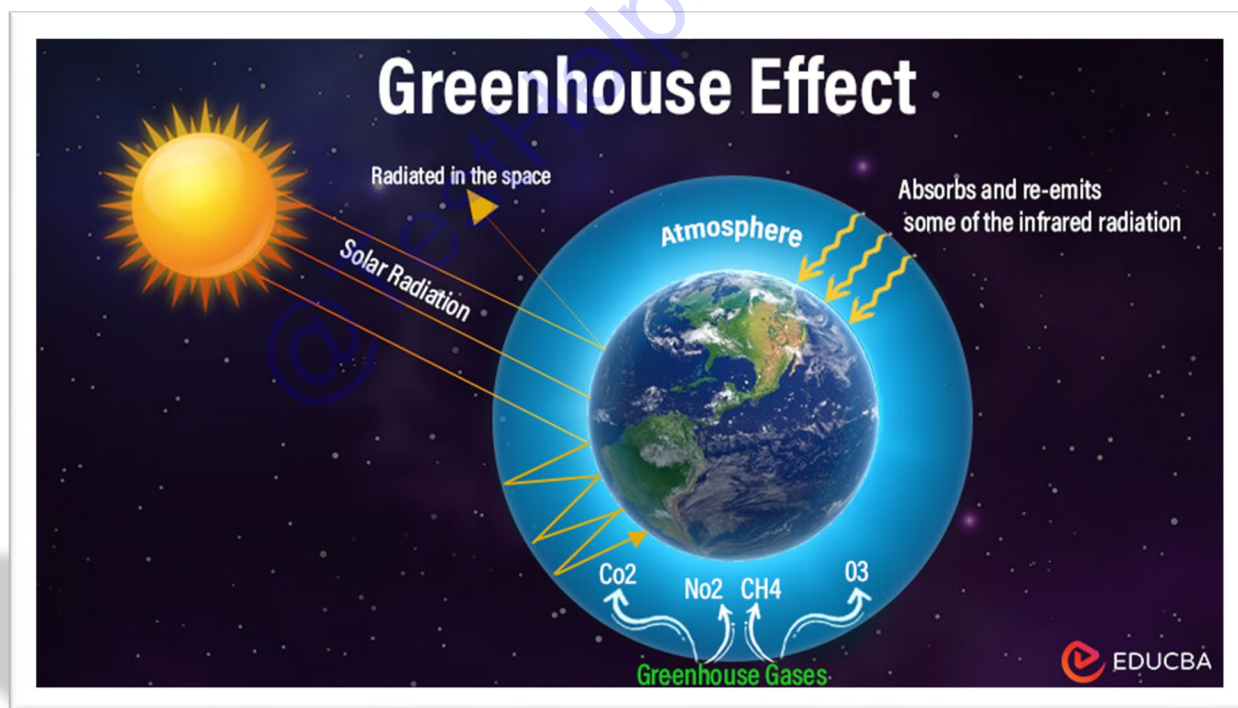
ج) ردیابی فرآیندهای زمین‌شناسی: نسبت‌های ایزوتوپی مختلف می‌توانند منشأ مواد یا شرایط تشکیل آنها را نشان دهند و به زمین‌شناسان در درک فرآیندهایی مانند تشکیل ماگما یا گردش آب کمک کنند.

Greenhouse Effect

اثر گلخانه‌ای فرآیندی طبیعی است که طی آن گازهای موجود در جو زمین، گرما را به دام می‌اندازند و سطح سیاره را گرم می‌کنند. این اثر برای حفظ دمای قابل سکونت زمین ضروری است اما در صورت تشدید توسط فعالیت‌های انسانی می‌تواند منجر به گرمایش جهانی شود.

فرآیند های اثر گلخانه‌ای عبارتند از:

- الف) تابش خورشیدی: تابش با طول موج کوتاه از خورشید از جو عبور کرده و توسط سطح زمین جذب می‌شود.
 - ب) انتشار مادون قرمز (Infrared): زمین گرم شده و تابش مادون قرمز با طول موج بلندتر را به سمت فضا بازتاب می‌دهد.
 - ج) جذب اتمسفری: گازهای گلخانه‌ای (مانند CO_2 ، بخار آب و متان) بخشی از این تابش مادون قرمز خروجی را جذب می‌کنند.
 - د) بازتابش (Re-emission): انرژی جذب شده در تمام جهات، از جمله به سمت سطح زمین، بازتابش می‌شود و باعث گرمایش بیشتر می‌شود.
- برای آشنایی بیشتر با مفهوم اثر گلخانه‌ای [این ویدیو](#) را مشاهده کنید.



شکل ۲- اثر گلخانه‌ای و تاثیر آن در گرمایش زمین

Carbonate Rock Formation

سنگ‌های کربناته، عمدتاً سنگ آهک (limestone) و دولومیت (dolomite)، از طریق فرآیندهای زیستی و شیمیایی در محیط‌های دریایی تشکیل می‌شوند. فرآیند تشکیل سنگ‌های کربناته شامل موارد زیر است:

الف) رسوب‌گذاری زیستی: موجودات دریایی مانند مرجان‌ها و نرم‌تنان، یون‌های کلسیم و کربنات را از آب دریا استخراج می‌کنند تا پوسته و اسکلت خود را بسازند. وقتی این موجودات می‌میرند، بقایای آنها در کف دریا تجمع می‌یابد.

ب) رسوب‌گذاری شیمیایی: در محیط‌های دریایی گرم و کم‌عمق، کربنات کلسیم می‌تواند مستقیماً از آب دریا رسوب کند و دانه‌های کوچکی تشکیل دهد.

ج) سنگ‌شدگی (Lithification): با گذشت زمان، این رسوبات کربناته فشرده و سیمانی شده و سنگ جامد تشکیل می‌دهند.

Plate Tectonics

زمین‌ساخت صفحه‌ای یک نظریه بنیادی در زمین‌شناسی است که حرکات صفحات لیتوسفر زمین در مقیاس بزرگ را توضیح می‌دهد. پوسته خارجی زمین به چندین صفحه بزرگ و کوچک یا صفحات لیتوسفر تقسیم شده است که نسبت به یکدیگر حرکت می‌کنند. زمین‌ساخت صفحه‌ای بر اقلیم، گردش اقیانوس‌ها و توزیع حیات روی زمین تأثیر می‌گذارد.

برای آشنایی بیشتر با مفهوم زمین‌ساخت صفحه‌ای [این ویدیو](#) را مشاهده کنید.

Milankovitch Cycles and Geomagnetic Reversals

چرخه‌های میلانکوویچ تغییرات دوره‌ای در مدار و چرخش زمین هستند که بر مقدار و توزیع تابش خورشیدی رسیده به زمین تأثیر می‌گذارند. سه چرخه اصلی میلانکوویچ در زمین شناسی وجود دارد. این چرخه‌ها با هم ترکیب شده و بر الگوهای اقلیمی بلندمدت، از جمله زمان‌بندی عصرهای یخبندان، تأثیر می‌گذارند:

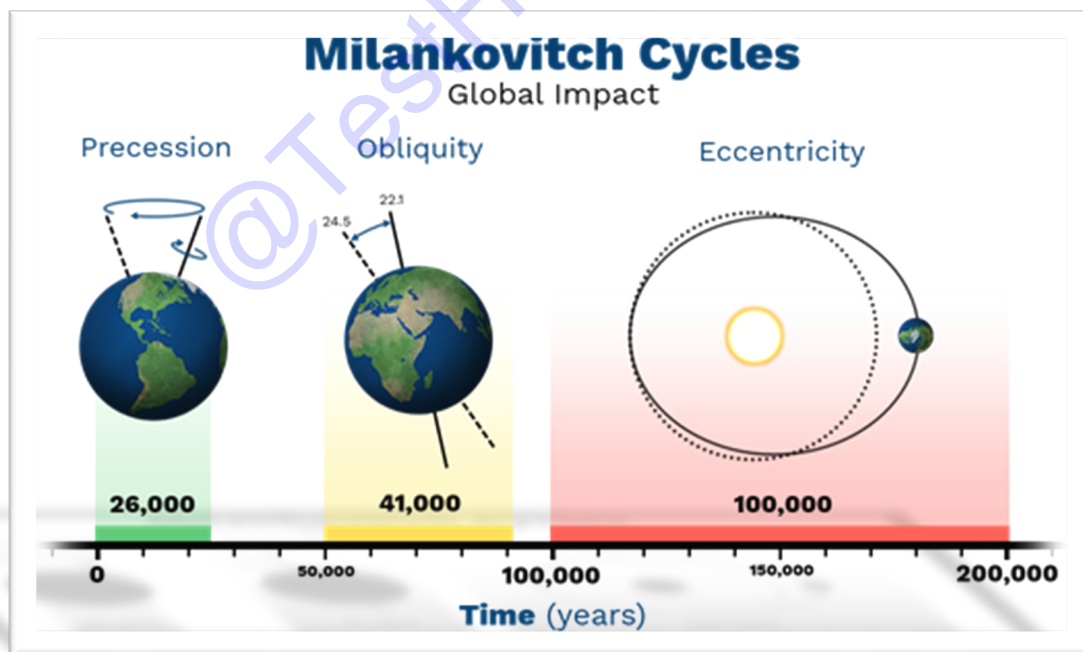
الف) خروج از مرکز (Eccentricity): تغییرات در شکل مدار زمین (از دایره‌ای‌تر به بیضوی‌تر) در حدود هر ۱۰۰,۰۰۰ سال.

ب) انحراف محوری (Obliquity): تغییرات در زاویه محور زمین (بین ۲۲.۱ و ۲۴.۵ درجه) در حدود هر ۴۱,۰۰۰ سال.

ج) تقدیم (Precession): تلو تلو خوردن محور زمین، که جهت محور را در حدود ۲۶,۰۰۰ سال تغییر می‌دهد.

برای آشنایی بیشتر با مفهوم چرخه‌های میلانکوویچ [این ویدیو](#) را مشاهده کنید.

معکوس شدن ژئومغناطیسی بنابر تعریف، شامل تغییراتی در میدان مغناطیسی زمین است که در آن قطب‌های مغناطیسی شمال و جنوب جای خود را عوض می‌کنند و تصور می‌شود که به تغییرات در جریان آهن مذاب در هسته خارجی زمین مربوط باشد. در طی این اتفاق، معکوس شدن‌ها در فواصل نامنظم، به طور متوسط هر ۲۰۰,۰۰۰ تا ۳۰۰,۰۰۰ سال، رخ می‌دهند و هر معکوس شدن معمولاً ۱,۰۰۰ تا ۱۰,۰۰۰ سال طول می‌کشد.



شکل ۳- چرخه های میلانکوویچ

Albedo and Climate Feedback Loops

آلبدو به بازتابندگی یک سطح اشاره دارد، یعنی کسری از تابش خورشیدی ورودی که به فضا بازتاب می‌شود. سطوح مختلف آلبدوهای متفاوتی دارند. سطوح با آلبدوی بالاتر نور خورشید بیشتری را بازتاب می‌کنند و منجر به سرمایش می‌شوند، در حالی که سطوح با آلبدوی پایین‌تر نور خورشید بیشتری را جذب می‌کنند و منجر به گرمایش می‌شوند. برای مثال:

- برف تازه: ۰.۹۰-۰.۸۰

- اقیانوس: ۰.۰۶

- جنگل‌ها: ۰.۱۵-۰.۰۸

حلقه‌های بازخورد اقلیمی فرآیندهایی هستند که می‌توانند تغییرات اقلیمی را تقویت (بازخورد مثبت) یا کاهش (بازخورد منفی) دهند. دو نوع مهم از حلقه‌های بازخورد مثبت در ادامه اشاره شده‌اند:

الف) بازخورد یخ-آلبدو (مثبت):

- گرم شدن منجر به ذوب یخ می‌شود.
- یخ کمتر به معنای آلبدوی پایین‌تر است.
- آلبدوی پایین‌تر منجر به جذب بیشتر نور خورشید و گرمایش بیشتر می‌شود.

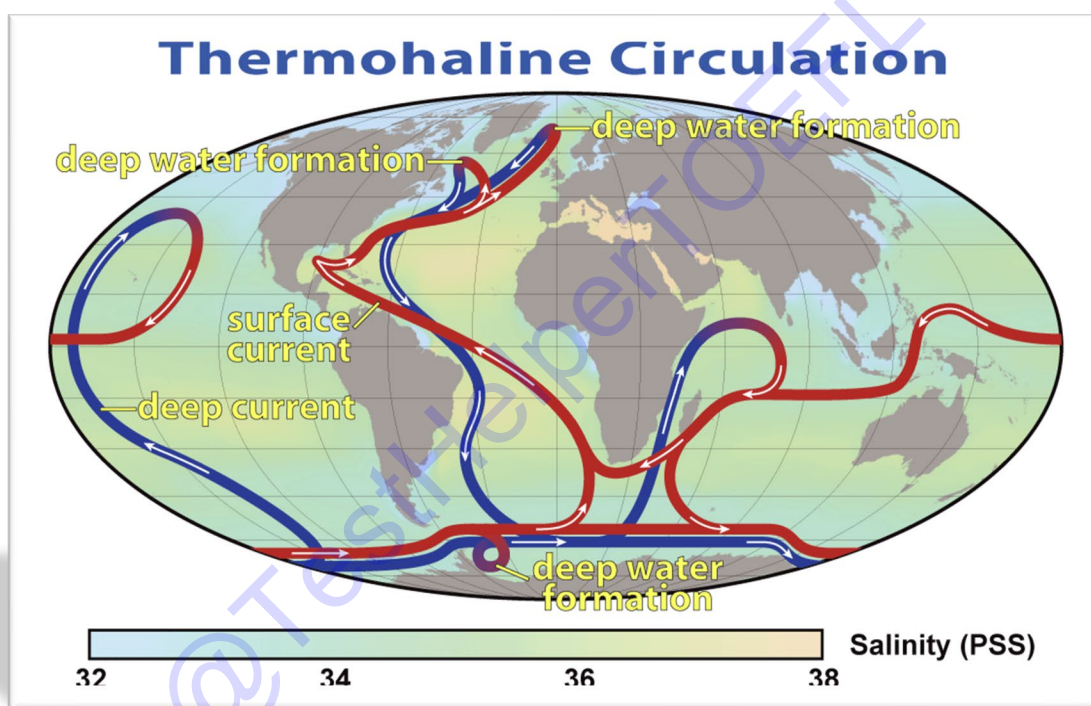
ب) بازخورد بخار آب (مثبت):

- گرم شدن تبخیر را افزایش می‌دهد.
- وجود میزان بخار آب بیشتر (یک گاز گلخانه‌ای) در اتمسفر
- اثر گلخانه‌ای تقویت شده منجر به گرمایش بیشتر می‌شود.

Thermohaline Circulation

گردش ترموهالین، که به عنوان نوار نقاله اقیانوسی جهانی نیز شناخته می‌شود، یک گردش اقیانوسی در مقیاس بزرگ است که به وسیله‌ی تفاوت‌های دما و شوری هدایت می‌شود. گردش ترموهالین گرما را در سطح جهانی توزیع می‌کند و بر اقلیم تأثیر می‌گذارد، مواد مغذی و گازهای محلول را منتقل می‌کند و بر اکوسیستم‌های دریایی و بهره‌وری تأثیر می‌گذارد. فرآیند ترموهالین به شکل زیر است:

- آب سرد و شور در اقیانوس اطلس شمالی به اعماق اقیانوس فرو می‌رود.
- این آب عمیق به سمت جنوب جریان می‌یابد و در نهایت در اقیانوس‌های هند و آرام بالا می‌آید.
- جریان‌های سطحی سپس آب را به اقیانوس اطلس شمالی بازمی‌گردانند.



شکل ۴- گردش ترموهالین

برای آشنایی بیشتر با مفهوم گردش ترموهالین [این ویدیو](#) را مشاهده کنید.

Continental and oceanic crust

پوسته زمین به دو نوع اصلی تقسیم می‌شود: پوسته قاره‌ای و پوسته اقیانوسی، که در ترکیب، ضخامت و سن متفاوت هستند.

پوسته قاره‌ای:

- ترکیب: عمدتاً فلسیک (غنی از سیلیس و آلومینیوم)، با سنگ‌هایی مانند گرانیت
- ضخامت: به طور متوسط ۳۰-۵۰ کیلومتر، تا ۷۰ کیلومتر زیر رشته کوه‌ها
- چگالی: کم‌تر چگال (حدود ۲.۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب)
- سن: تا ۴ میلیارد سال می‌تواند قدمت داشته باشد.

پوسته اقیانوسی:

- ترکیب: عمدتاً مافیک (غنی از منیزیم و آهن)، با سنگ‌هایی مانند بازالت
- ضخامت: نازک‌تر، به طور متوسط ۵-۱۰ کیلومتر
- چگالی: چگال‌تر (حدود ۳.۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب)
- سن: جوان‌تر، معمولاً کمتر از ۲۰۰ میلیون سال

Uniformitarianism

یکنواخت‌گرایی یک اصل بنیادی در زمین‌شناسی است که بیان می‌کند همان فرآیندهای زمین‌شناسی که امروز عمل می‌کنند، در گذشته نیز عمل می‌کرده‌اند. به این ترتیب، مطابق این اصل، با مطالعه فرآیندهای زمین‌شناسی فعلی، می‌توانیم رویدادهای گذشته را تفسیر کنیم. همچنین اکثر ویژگی‌های زمین‌شناسی، نه از طریق رویدادهای ناگهانی فاجعه‌بار، بلکه از طریق فرآیندهای آهسته و مداوم شکل می‌گیرند. این اصل به زمین‌شناسان اجازه می‌دهد محیط‌های رسوبی باستانی را تفسیر و اقلیم‌های گذشته را بازسازی کنند.

برای آشنایی بیشتر با مفهوم یکنواخت‌گرایی [این ویدیو](#) را مشاهده کنید.

Vadose Zone-Capillary Action

منطقه وادوز، که به عنوان منطقه غیراشباع نیز شناخته می‌شود، بخشی از سطح زیرین زمین بین سطح زمین و سطح آب زیرزمینی است. این منطقه هم آب و هم هوا را در منافذ خاک دارد و جهت حرکت آب، تحت تأثیر نیروی جاذبه و نیروهای موینگی، هم عمودی و هم افقی است.

موینگی توانایی مایع برای جریان یافتن برخلاف جاذبه در فضاهای باریک به دلیل نیروهای چسبندگی و پیوستگی است. لایه‌های منطقه وادوز شامل:

- منطقه خاک: حاوی ریشه‌های گیاهان و موجودات خاک
 - منطقه میانی: زیر خاک و سنگ بستر غیراشباع
 - حاشیه موینگی: منطقه اشباع درست بالای سطح آب زیرزمینی
- برای آشنایی بیشتر با مفهوم منطقه وادوز [این ویدیو](#) را مشاهده کنید.

Surface Tension

کشش سطحی خاصیتی از مایعات است که باعث می‌شود سطح آنها مانند یک ورقه الاستیک رفتار کند. این پدیده ناشی از نیروهای چسبندگی بین مولکول‌های مایع است. کشش سطحی به خاک‌ها کمک می‌کند تا در برابر نیروی جاذبه، آب را حفظ کنند.

شایان ذکر است که چسبندگی، جاذبه بین مولکول‌های یک ماده یکسان و چسبندگی بین مولکولی، جاذبه بین مولکول‌های مواد مختلف می‌باشند.

Porosity and Permeability

تخلخل درصد فضای خالی در یک سنگ یا رسوب است که به صورت حجم منافذ تقسیم بر حجم کل ماده محاسبه می‌شود. تخلخل تعیین می‌کند که یک سنگ، چقدر سیال (آب، نفت، گاز) می‌تواند در خود نگه دارد.

▪ انواع تخلخل:

- تخلخل اولیه: هنگام رسوب‌گذاری سنگ یا رسوب تشکیل می‌شود (مانند فضاهای بین دانه‌های شن).
- تخلخل ثانویه: پس از تشکیل سنگ ایجاد می‌شود (مانند انحلال یا شکستگی).

▪ عوامل مؤثر بر تخلخل:

- اندازه و شکل دانه‌ها: دانه‌های گرد معمولاً تخلخل بالاتری ایجاد می‌کنند.
 - میزان فشردگی: فشردگی بیشتر، تخلخل را کاهش می‌دهد.
 - سیمان شدگی: رسوب مواد معدنی در فضاهای خالی، تخلخل را کاهش می‌دهد.
 - نوع سنگ: سنگ‌های رسوبی اغلب تخلخل بالاتری نسبت به سنگ‌های آذرین دارند.
- نفوذپذیری معیاری است که تعیین می‌کند سیالات چقدر راحت می‌توانند از یک ماده عبور کنند. این ویژگی به اندازه منافذ و نحوه اتصال آنها بستگی دارد.

عوامل مؤثر بر نفوذپذیری:

- اندازه منافذ: منافذ بزرگتر معمولاً نفوذپذیری بالاتری را امکان‌پذیر می‌کنند.
 - اتصال منافذ: منافذ با اتصال بهتر، نفوذپذیری را افزایش می‌دهند.
- رابطه‌ی بین تخلخل و نفوذپذیری: اگرچه این دو پارامتر اغلب با یکدیگر مرتبط هستند، تخلخل بالا همیشه به معنای نفوذپذیری بالا نیست. برای مثال، رس به دلیل اندازه کوچک منافذش می‌تواند تخلخل بالا اما نفوذپذیری پایینی داشته باشد.

Delta Formation and Evolution

دلتاها عوارض زمینی هستند که در جایی که یک رودخانه به یک پهنه آبی ساکن می‌ریزد و رسوب‌گذاری می‌کند، تشکیل می‌شوند.

■ فرآیند تشکیل:

- رودخانه رسوبات را به دهانه خود حمل می‌کند.
- با کاهش سرعت رودخانه، رسوبات ته‌نشین می‌شوند.
- با گذشت زمان، رسوبات ته‌نشین شده انباشته می‌شوند و زمین جدیدی ایجاد می‌کنند.

■ انواع دلتا (بر اساس فرآیندهای غالب):

- رودخانه‌محور: شکل کشیده (مانند دلتای می‌سی‌سی‌پی)
- موج‌محور: خط ساحلی صاف (مانند دلتای نیل)
- جزر و مد محور: شکل قیفی (مانند دلتای گنگ-براهماپوترا)

■ ساختار دلتا:

- لایه‌های بالایی: لایه مسطح فوقانی
- لایه‌های پیشانی: جبهه شیب‌دار دلتا
- لایه‌های زیرین: رسوبات ریز ته‌نشین شده در ورای لایه‌های پیشانی

Earth's Internal Structure

ساختار درون زمین به چندین لایه متمایز تقسیم می‌شود، که هر کدام ویژگی‌های منحصر به فردی دارند. در حرکت از سطح به مرکز زمین، با افزایش عمق، دما و فشار و چگالی همگی با افزایش عمق افزایش می‌یابند.

لایه‌های اصلی (از سطح به مرکز):

الف) پوسته (crust): لایه بیرونی، نسبتاً نازک و جامد

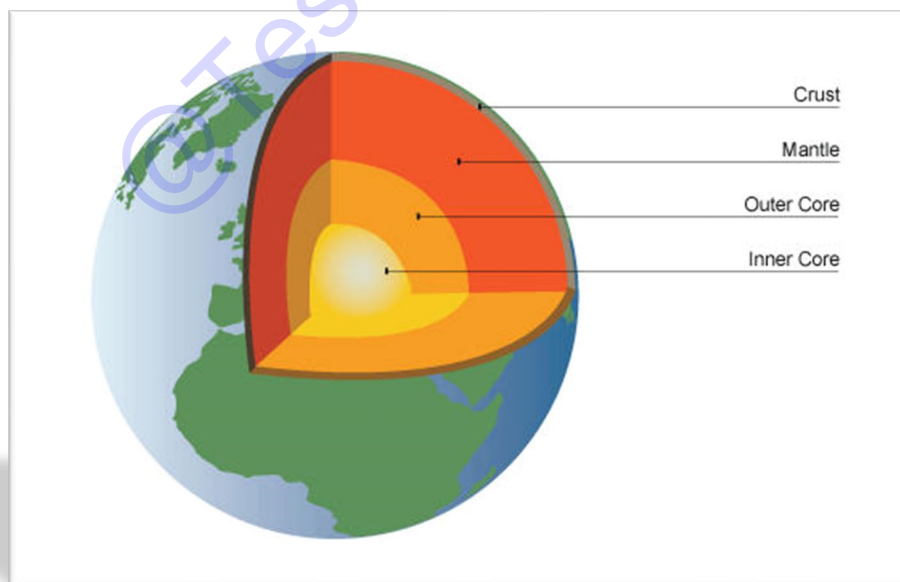
- پوسته قاره‌ای: ۳۰ تا ۵۰ کیلومتر ضخامت، عمدتاً سنگ‌های فلسیک
- پوسته اقیانوسی: ۵ تا ۱۰ کیلومتر ضخامت، عمدتاً سنگ‌های مافیک

ب) گوشته (mantle): بزرگترین لایه، عمدتاً جامد، اما می‌تواند به صورت پلاستیک جریان یابد.

- گوشته فوقانی: شامل استنوسفر، لایه‌ای نیمه مذاب
- گوشته تحتانی: به دلیل فشار بالاتر، صلب‌تر است

ج) هسته: بخش مرکزی زمین

- هسته بیرونی: مایع، عمدتاً آهن و نیکل
- هسته درونی: جامد، همچنین عمدتاً آهن و نیکل



شکل ۵- ساختار درون زمین

Seismic Waves

امواج لرزه‌ای، موج‌های انرژی هستند که از درون زمین عبور می‌کنند و توسط زمین‌لرزه‌ها یا منابع مصنوعی تولید می‌شوند.

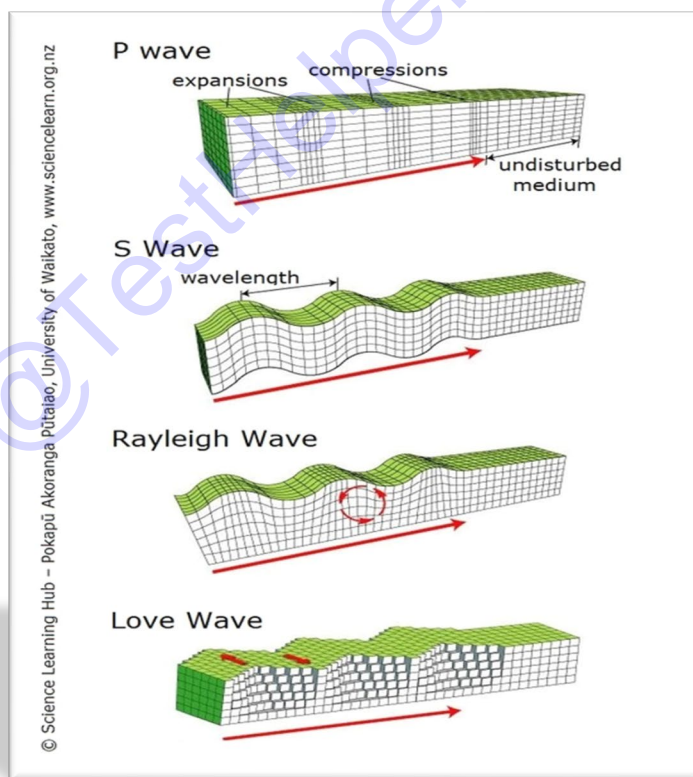
انواع امواج لرزه‌ای:

الف) امواج درونی: از درون زمین عبور می‌کنند

- امواج P (اولیه): امواج تراکمی، سریع‌ترین
- امواج S (ثانویه): امواج برشی، کندتر از امواج P، از مایعات عبور نمی‌کنند.

ب) امواج سطحی: در سطح زمین حرکت می‌کنند

- امواج لاو: حرکت برشی افقی
- امواج ریلی: حرکت بیضوی، اغلب مخرب‌ترین
- برای آشنایی بیشتر با مفهوم امواج لرزه‌ای [این ویدیو](#) را مشاهده کنید.



شکل ۶- امواج لرزه‌ای

Core Composition and Properties

هسته زمین بخش مرکزی سیاره است که به هسته بیرونی و درونی تقسیم می‌شود.

هسته بیرونی:

- حالت: مایع
- ترکیب: عمدتاً آهن و نیکل، با برخی عناصر سبک‌تر (مانند گوگرد، اکسیژن)
- دما: ۴۴۰۰ تا ۶۱۰۰ درجه سانتیگراد
- ضخامت: حدود ۲۲۰۰ کیلومتر

هسته درونی:

- حالت: جامد (به دلیل فشار بسیار زیاد)
- ترکیب: عمدتاً آهن و نیکل، احتمالاً با برخی عناصر سبک
- دما: ۵۴۰۰ تا ۶۴۰۰ درجه سانتیگراد
- شعاع: حدود ۱۲۲۰ کیلومتر

مقایسه‌ی ویژگی‌ها:

- چگالی ۹.۹ تا ۱۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب برای هسته بیرونی، ۱۲.۶ تا ۱۳.۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب برای هسته درونی
- فشار ۱۳۶ تا ۳۳۰ گیگاپاسکال برای هسته بیرونی، ۳۳۰ تا ۳۶۰ گیگاپاسکال برای هسته درونی