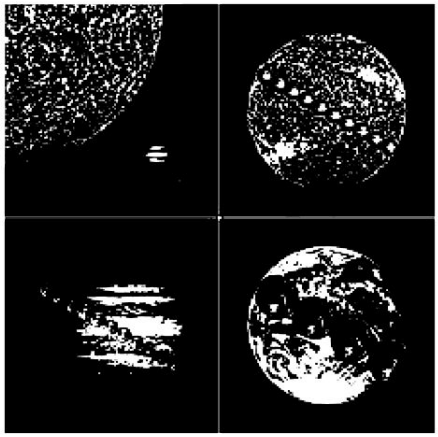
زمین سومین سیارهٔ منظومه‌ٔ شمسی است که در فاصلهٔ ۱۴۹٫۶۰۰٫۰۰۰ کیلومتر از ستارهٔ خورشید قرار دارد. از نظر واژه‌شناسی ایرانی، زم در زبان اوستایی به معنای سرد بوده‌است که با پسوند «ین»، واژهٔ زمین را به معنای «جسم سرد» به وجود آورده‌است. [۳۰] نام این سیاره در زبان عربی «الأرض» (جمع: أراضی) است و نام فارسی و غیر عربی یک سیاره در منظومه شمسی است که به‌طور گسترده در فارسی رایج است. این سیاره چگال‌ترین (به دلیل دارا بودن منبع وسیع آهن و فلزات دیگر) و از نظر بزرگی پنجمین سیارهٔ سامانه‌ٔ خورشیدی است. همچنین در میان چهار سیاره‌ٔ سنگی گردان به دور خورشید (عطارد، زهره، زمین و مریخ) زمین بزرگترین آن‌ها است. گاهی از آن با نام‌های جهان و گیتی نیز یاد می‌شود. [یادداشت ۷] در سامانهٔ خورشیدی، فاصلهٔ زمین تا خورشید بین فاصلهٔ زهره تا خورشید و فاصلهٔ مریخ تا خورشید است. زمین سیارهٔ آبی نیز یاد می‌شود. [۳۱] نام لاتین آن *Terra* است. زمین جزو سیارات داخلی سامانه‌ٔ خورشیدی به‌شمار می‌آید. زمین ششمین جسم در سامانه خورشیدی بر پایه‌ٔ جرم و حجم می‌باشد.



ساعتگرد؛ تصویر یکم: مقایسه اندازه حقیقی خورشید و مشتری و **زمین** و ماه - تصویر دوم: قطر خورشید بر مقیاس مشتری، تصویر سوم: قطر زمین بر مقیاس ماه، تصویر چهارم: قطر مشتری بر مقیاس زمین

نزدیک به ۴٫۵۴ میلیارد سال (به صورت دقیق‌تر ۰٫۰۰۰۶ ± ۴٫۵۶۷۲ میلیارد سال) [۳۲] از پیدایش زمین می‌گذرد؛ و پیدایش حیات بر روی سطح آن در طول یک میلیارد سال پدیدار شد. هم‌اکنون زمین خانهٔ میلیون‌ها گونه از جانداران است که انسان یکی از آن‌هاست. [۳۳] زیست‌کرهٔ زمین با گذر زمان جو زمین و دیگر شرایط فیزیکی و شیمیایی این سیاره را دچار دگرگونی‌های شگرفی کرده‌است و محیطی را فراهم کرده‌است تا جانداران زنده بتوانند به رشد و زیست‌زایی بپردازند. همچنین در اثر این دگرگونی‌ها لایه‌ٔ اوزون به دور این سیاره تشکیل شده‌است، لایه‌ای که به کمک میدان مغناطیسی زمین مانع از ورود پرتوهای آسیب‌رسان خورشید می‌شود و به این ترتیب اجازه می‌دهد در زمین زندگی ادامه یابد. [۳۴] ویژگی‌های فیزیکی، پیشینهٔ زمین‌شناسی و گردش زمین باعث شده‌اند تا زندگی در این دوره‌ها در آن پابرجا بماند و انتظار آن می‌رود که برای ۵۰۰ میلیون تا ۲٫۳ میلیارد سال دیگر نیز زندگی همچنان ادامه داشته باشد. [۳۵][۳۶][۳۷]

پوستهٔ زمین به چندین لایهٔ سخت یا زمین‌ساخت بشقابی تقسیم شده‌است، این لایه‌ها در گذر میلیون‌ها سال در زمین جابجا می‌شوند. نزدیک به ۷۱٪ از سطح زمین با آب شور اقیانوس‌ها پوشیده شده‌است و باقی‌ماندهٔ آن را قاره‌ها و جزیره‌ها تشکیل می‌دهند که خود آن‌ها نیز تعداد زیادی دریاچه و دیگر سرچشمه‌های آبی را در خود جای داده‌اند. بیشتر سطح قطب‌های زمین از یخ یا دریای یخ زده پوشیده شده‌است. ساختار درونی زمین پویا است و لایه‌های آن عبارتند از لایهٔ ضخیم گوشتهٔ جامد، یک لایه هستهٔ بیرونی که مایع است و میدان مغناطیسی را تولید می‌کند و یک لایه، هستهٔ درونی که آهنی و جامد است.

زمین همواره با دیگر جرم‌های آسمانی به ویژه خورشید و ماه در اندرکنش است. هم‌اکنون زمین با سرعتی ۳۶۶٫۲۶ برابر سرعتی که به دور خودش می‌گردد، به گرد خورشید می‌گردد که این برابر با ۳۶۵٫۲۶ روز خورشیدی یا یک سال نجومی است. [یادداشت ۸] محور گردش زمین نسبت به خط عمود بر صفحهٔ گردش آن ۲۳٫۴ درجه انحراف دارد. این انحراف باعث ایجاد تغییرات فصلی بطور مگر در شی برابر با یک سال اعتدالی یا ۳۶۵٫۲۴ روز می‌شود. [۳۸] تنها ماه طبیعی شناخته شده برای زمین، کرهٔ ماه است که از نزدیک به ۴٫۵۳ میلیارد سال پیش گرد زمین خود به دور زمین را آغاز کرده‌است. ماه باعث ایجاد کشند در آب اقیانوس‌ها، پایدار شدن زاویهٔ انحراف محور زمین و کم‌کم آهسته‌تر شدن سرعت گردش زمین شده‌است. در آخرین بمباران شهابی تقریباً میان ۳٫۸ و ۴٫۱ میلیارد سال پیش، چندین سیارک و شهاب سنگ با زمین برخورد کرد و دگرگونی‌های درخور توجهی در سطح زمین ایجاد کرد.

جو زمین ترکیبی است از نیتروژن(۷۸درصد)، اکسیژن (۲۱درصد)، کربن دی‌اکسید (۰۳،درصد)، بخار آب و عناصر کمیابی همانند آرگون و ....

بلندترین نقطه بر روی خشکی‌های زمین کوه اورست نام دارد که ۸۸۴۸ متر بالاتر از سطح دریا است. ژرف‌ترین (عمیق‌ترین) قسمت دریاها نیز در نزدیکی جزایر فیلیپین در اقیانوس آرام قرار دارد. عمق این ناحیه حدود ۱۱ کیلومتر پایین‌تر از سطح دریا است و به آن درازگودال ماریانا گفته می‌شود.

محدوده گرمای هوا بر روی کره زمین میان ۸۹٫۲ درجه زیر صفر (قطب جنوب) تا ۵۶٫۷ درجه بالای صفر (دره مرگ کالیفرنیا) [نیازمند منبع] قرار دارد. محیط استوای زمین ۴۰٬۰۷۵٫۱۶ کیلومتر و جرم زمین $۵٫۹۷۳۵ \times ۱۰^{۲۴}$ کیلوگرم (هشتاد برابر جرم ماه) است. فاصله کره زمین تا کره ماه ۳۴۰ هزار کیلومتر می‌باشد.[۳۹]

انسان‌ها نیازهایشان را از منابع کانی‌ها و محصول‌هایی که از زیست‌کره بدست می‌آید، تأمین می‌کنند.[۴۰] نزدیک به ۲۰۰ کشور مستقل در جهان وجود دارد که انسان‌ها در این کشورها پخش شده‌اند و از راه دیپلماسی، سفر، تجارت و فعالیت‌های نظامی با هم در اندر می‌گیرند. فرهنگ و دانش انسان‌ها با گذر زمان بسیار پیشرفت و تغییر کرده است. انسان‌ها زمانی به نظریه صاف بودن زمین و بعد نظریهٔ مرکز بودن زمین در جهان معتقد بودند. از دیدگاه‌های امروزی به زمین، می‌توان به دیدگاه فرضیهٔ گایا اشاره کرد.

آوریل نیز به عنوان روز جهانی زمین نامگذاری شده است. ۲۲

انواع ذخایر معدنی فلزی و غیرفلزی از دیگر ویژگی‌های بخش بیرونی پوسته زمین است. [۴۱]

کره زمین دارای چگالی بیشتری نسبت به دیگر سیاره‌های منظومه خورشیدی است. [۴۲]

محتویات

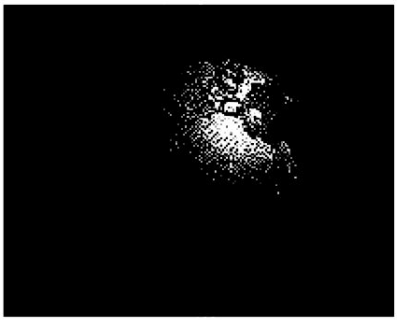
- ریشه‌شناسی واژه ۱
- گاه‌شناسی ۲
  - فرگشت زندگی ۲.۱
  - آینده ۲.۲
- ساختار و سازه زمین ۳
  - شکل ۳.۱
  - ساختار شیمیایی ۳.۲
  - ساختار درونی ۳.۳
  - گرما ۳.۴
  - صفحه‌های زمین‌ساخت ۳.۵
  - سطح ۳.۶
  - آبکُره یا هیدروسفر ۳.۷
  - هواکُره ۳.۸
    - آب و هوا ۳.۸.۱
    - هواکُره بالایی ۳.۸.۲
    - گرم شدن زمین ۳.۸.۳
  - میدان مغناطیسی ۳.۹
- حرکات چندگانه زمین ۴
  - حرکت انتقالی زمین به دور خورشید ۴.۱
  - حرکت وضعی ۴.۲
  - حرکت رقص محور ۴.۳
  - سرعت حرکت محوری زمین به دور خود ۴.۴
  - چرخش زمین به دور خودش ۴.۵
- زیست‌پذیری ۵
  - زیست‌کُره ۵.۱
- جغرافیای انسانی ۶
- دیدگاه عمومی به زمین ۷

- زمین در ادبیات۸
- جستارهای وابسته۹
- یادداشت۱۰
- منابع۱۱

ریشه‌شناسی واژه[ویرایش]

از نظر واژه‌شناسی ایرانی، زم در زبان اوستایی به معنای سرد بوده‌است که با پسوند «بن»، واژهٔ زمین را به معنای «جسم سرد» به وجود آورده‌است. در زبان پهلوی زمیک گفته می‌شد و از آنجا وارد فارسی و دیگر زبان‌های ایرانی شد و تقریباًدر همهٔ این زبان‌ها واژهٔ معنای جسم سر به کار می‌رود.[۳۰]

گاهشناسی[ویرایش]



پویانمایی شکسته شدن یانجه‌أ

میزان یخ و برف در قطب شمال که در تابستان سال ۲۰۱۸ به کمترین مقدار خود رسید، ناسا این اتفاق را یک رکورد دانست.[۴۳]

مرز بین روز و شب در زمین که از ایستگاه فضایی بین‌المللی گرفته شده‌است.[۴۴]

این انیمیشن دمای زمین را از سال ۱۸۸۰ تا سال ۲۰۱۷ را مقایسه می‌کند که در نقاطی که آبی رنگ است دما پایین‌تر و نقاطی که قرمز رنگ است دمای بالاتر را نشان می‌دهد.[۴۵]

دانشمندان برآورد کرده‌اند که نخستین بار ماده در ۴٫۵۶۷۲ ± ۰٫۰۰۰۶ میلیارد سال پیش درسامانه‌ٔخورشیدی تشکیل شد و در ۴٫۵۴ میلیارد سال پیش (با ۱٪ خطا)[۴۶] زمین و دیگر سیاره‌های سامانه خورشیدی از ابر خورشیدی پدید آمدند. ابری است صفحه‌ای‌شکل‌ساخته‌شده‌از گاز و غبار که‌پس‌از تشکیل *solar nebula* سحابی خورشیدی یا خورشید برجای ماندماست.[۴۷]

زمین پس از تشکیل در یک دورهٔ ۱۰ تا ۲۰ میلیون ساله، یکپارچگی خود را بدست می‌آورد و به کمال می‌رسد.[۴۸] این سیاره در آغاز به صورت مواد نوبه شده بود و کم‌کم با گذر زمان گرمای خود را از دست داد و یکپوسته‌ٔجامد جایگزین مواد مذاب آن شد. کمی پس از آن در ۴٫۵۳ میلیارد پیش ماه نیز به وجود آمد.[۴۹]

مطالعات بر روی یکمادهٔ معدنی نیز نشان می‌دهد که میدان مغناطیسی زمین بیش از ۳٫۲ میلیارد سال پیش وجود داشته‌است. تحلیل این اطلاعات توسط محققان ژئوفیزیک دانشگاه روچستر انگلستان نشان می‌دهد که پیشینه میدان مغناطیسی زمین، بیش از ۳٫۲ میلیارد سال است؛ یعنی حدود ۷۵۰ میلیون سال قبل تر از آنچه تا امروز تصور می‌شد.[۵۰]

آخرین فرضیه‌ای که دربارهٔچگونگی تشکیل ماه بیان شده[۵۱] و مورد پذیرش بیشتر دانشمندان قرار گرفته، فرضیهٔبرخورد بزرگاست. این فرضیه می‌گوید که جسمی (گاهی به آن تیا می‌گویند) به بزرگی بهرام و با جرمی برابر با ۱۰٪ جرم زمین،[۵۲] با زمین برخورد کرد.[۵۳] پس از برخورد بخشی از جرم آن در زمین باقی‌ماند و بخشی از جرم آن‌ها جدا شد و به فضا رفت‌مجموعه‌ٔجرم‌های پرتاب شده یکی شد و در نهایتگرهٔ ماه به وجود آمد.

اتمسفر نخستین زمین از بیرون زدن گازها و فعالیت‌های آتش‌فشانی به وجود آمد پس از آن، آب و یخ گرفته شده از سیارک‌ها، خرده سیاره‌ها، دنباله‌دارها و جرم‌های دورتر از نپتون (ترانس-نپتون‌ها) میزان بخار آب فشردهٔجمع شده در زمین را بالا برد و در نهایت اقیانوس‌ها شدند.[۵۴] دانشمندان معتقدند که در آن زمان خورشید تنها ۷۰٪ از درخشندگی حال حاضر خود را داشته ولی همزمان نشانه‌هایی پیدا شده که آب اقیانوس‌ها در آن دوران «مایع» بوده‌است. این دو مطلب یک تناقض به وجود آورده‌اند و هنوز بی‌جواب باقی‌مانده‌اند. همزمانی پخش شدن گازهای گلخانه‌ای در زمین و بالا بودن میزان تغییراتی که در پرتو افکنی خورشید به وجود می‌آمد همگی زمین را به سوی گرم تر شدن می‌برد و مرتب دمای سطح زمین بالاتر می‌رفت و مانع از آن می‌شد تا اقیانوس‌ها یخ بزنند.[۵۵] در ۳٫۵ میلیارد سال پیش میدان مغناطیسی زمین تشکیل شد و کمک کرد تا در اثر باد خورشیدی، اتمسفر زمین تهی نشود.[۵۶]

دفرضیه‌ٔمهم برای نرخ رشد و گسترش قاره‌ها در زمین وجود دارد: [۵۷] نخست: قاره‌ها دارای رشد پیوسته تا امروز بوده‌اند.[۵۸] دوم: قاره‌ها در آغازگذشته‌ٔزمین، رشد سریع داشته‌اند. [۵۹] مطالعات امروز نشان می‌دهد کفرضیه‌ٔدوم به واقعیت نزدیک تر است. امروزه دانشمندان معتقدند که در آغاز رشدپوسته‌ٔقاره‌ای زمین با سرعت انجام شده [۶۰] و پس از آن در یکنورهٔ طولانی پایدار بوده‌است. [۶۱][۶۲][۶۳] پس از گذشت صدها میلیون سال در مقیاس زمین‌شناسی سطح قاره‌ها پیوسته به خود شکل می‌داد تا اینکه در آخر شکسته شد و تکه قاره‌ها از هم جدا شدند. قاره‌ها همواره در حال مهاجرت بر روی سطح زمین اند و گاهی با یکدیگر ترکیب می‌شوند و یک ابَرقاره را ایجاد می‌کنند. نزدیک به ۷۵۰ میلیون سال پیش، یکی از قدیمی‌ترین ابَرقاره‌های شناخته به نام رودینیا شروع به شکسته شدن کرد. پس از آن تکه‌های آن دوباره با هم یکی شدند و پانوتیا (۵۴۰ تا ۶۰۰ میلیون سال پیش) و پس از آن پانجهآ به وجود آمد که این نیز خود در ۱۸۰ میلیون سال پیش شکسته شد.[۶۴]

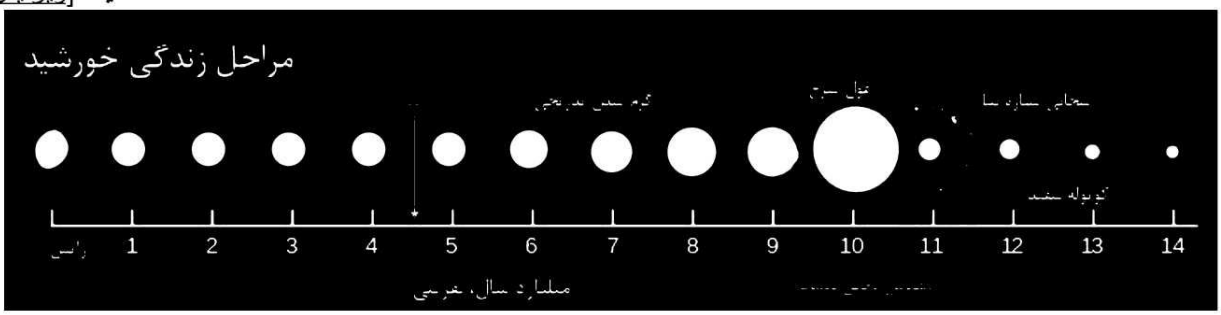
فرگشت زندگی[ویرایش]

در دههٔ ۱۹۶۰ مطرح شده‌است این فرضیه می‌گوید که در دوران *Snowball Earth* فرضیه‌ای به نام «زمین گلوله برفی» یا پیشین‌زیستی نو میان ۷۵۰ و ۵۸۰ میلیون سال پیش، بیشتر سطح زمین از لایه‌ای از یخ پوشیده شده بود. این مطلب بسیار مورد توجه دانشمندان است چون این دوران یخبندان به پیش از انفجار کامبرین، آغاز پدیدار شدن سلول‌های زنده، مربوط است.[۶۵]

پس از انفجار کامبرین، نزدیک به ۵۳۵ میلیون سال پیش، پنج دورهٔانقراض یا خاموشی گسترده[۶۶] در زمین روی داد که آخرین آن‌ها در ۶۵ میلیون سال پیش در اثر برخورد یک شهاب‌سنگ بسیار بزرگ رخ داد و باعث از بین رفتن دایناسورها و دیگر دوزیستان بزرگ هیکل شد؛ البته برخی جانوران کوچکتر مانند پستانداران از این رویداد خاموشی جان سالم به در بردند. با گذشت ۶۵ میلیون سال پستانداران به شاخه‌های گوناگون تقسیم شدند تا آنکه در چند میلیون سال پیش در پستاندارانی میمون مانند به نام اررین توگنی توانستند بر روی دو پای خود بایستند.[۶۷] داشتن ابزارهای پیشرفته و کامیابی بیشتر در برقراری ارتباط باعث شد تا این جانوران بتوانند مواد غذایی بیشتری را برای خود فراهم کنند و البته تمامی این پیشرفت‌ها نیازمند داشتن مغزی بزرگتر از آنچه در گذشته داشتند، است. به این ترتیب این جانوران در گذر زمان و با پیشرفته‌تر شدن و بزرگتر شدن مغزشان کم‌کم به نژاد انسان نزدیک شدند. پیشرفت در کشاورزی و صنعت به انسان‌ها اجازه داد تا درازمدت زمانی کوتاهی برکرهٔ زمین چنان تأثیری بگذارند که تاکنون هیچیک از موجودات زنده چنین نکرده‌است.[۶۸] انسان‌ها بر کمیت و طبیعت دیگر گونه‌های زندگی درکرهٔ زمین دست بردند

الگوی کنونی عصر یخبندان می‌گوید نزدیک به ۴۰ میلیون سال پیش زمین دچار یخ زدگی شد، در دوران پلیستوسن نزدیک به ۳ میلیون سال پیش این وضع شدت گرفت و پس از آن سرزمین‌های با عرض جغرافیایی بالا هر ۴۰ تا ۱۰۰۰۰۰ سال دچار چرخهٔیخ زدگی و گرم شدگی شدند. آخرین یخبندان قاره‌ای در۱۰۰۰۰ سال پیش پایان یافت.[۶۹]

آینده[ویرایش]



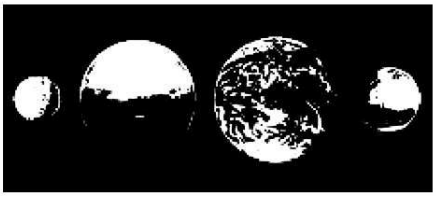
چرخهٔ زندگی خورشید

آیندهٔ کرهٔ زمین و خورشید به یکدیگر گره خورده‌است. با انباشته شدن پایدار هلیوم درهسته خورشید، کم‌کم دیگر Gyr ۱۰٪ و تا ۳٫۵ (یک میلیاردسال) Gyr به درخشندگی این ستاره افزوده می‌شود به این صورت که تا ۱٫۱ ۳۰٪ درخشندگی آن بیشتر خواهد شد.[۷۰] مدل‌های هواشناسی نشان داده‌است که اگر پرتوهای دریافت شده از خورشید بیشتر شود زمین دچار دگرگونی‌های نامطلوب مانند از دست دادن آب اقیانوس‌ها خواهد شد.[۷۱]

با بالا رفتن دمای هوا در سطح زمین، چرخهٔغیرآلی دی‌اکسید کربن تندتر می‌شود، با گذشت ۵۰۰ تا ۹۰۰ میلیون‌سال[۷۲] سطح غلظت این گاز افزایش مناسب برای گیاهان پایین‌تر می‌رود و گیاهان نمی‌میرند. با نبود گیاهان اتمسفر نیز دچار کمبود اکسیژن می‌شود و با گذشت چند میلیون سال دیگر حیوانات نیز از بین می‌روند.[۷۳] پس از یک میلیارد سال دیگر تمامی آب‌های زمین ناپدید می‌شود[۷۴] و متوسط دما در سطح زمین به درجهٔ سانتیگراد (۱۵۸ فارنهایت) می‌رسد.[۷۵] انتظار ان می‌رود که برای ۵۰۰ میلیون سال دیگر زمین همچنان توان نگه داشتن زندگی در سطح خود را داشته باشد؛[۷۶] البته اگر نیتروژن از اتمسفر برداشته شود این بازه می‌تواند به ۲٫۳ میلیارد سال نیز برسد.[۷۷] اگر تصور کنیم که خورشید برای همیشه پایدار و جاودان باقی می‌ماند باز به این دلیل که زمین از درون در حال خنک شدن است، مقدار زیادی از CO_2 موجود در هوا به دلیل کاهش فعالیت‌های آتشفشانی از دست می‌رفت[۷۸] و به دلایل دیگری ۳۵٪ از آب اقیانوس‌ها نیز به داخل گوشته فرو می‌رفت.[۷۹]

تبدیل به یک غول سرخ خواهد شد. بررسی‌ها نشان Gyr خورشید نیز مانند دیگر ستارگان که دچار دگرگونی می‌شوند، پس از ۵ یا AU داده‌است که در این هنگام شعاع خورشید ۲۵۰ بار بزرگتر از شعاع آن در عصر حاضر خواهد بود، چیزی نزدیک به ۱ ۱۵۰٬۰۰۰٬۰۰۰ کیلومتر.[۸۰][۸۱] در این هنگام سرنوشت زمین چندان روشن نیست. هنگامی که خورشید یک غول قرمز می‌شود ۳۰٪ از جرم خود را از دست می‌دهد. هنگامی که خورشید به بیشترین حجم خود رسیده زمین در ان قرار می‌گیرد. انتظار ان می‌رود که زمین پوشش خود را از دست بدهد و به دلیل بیشتر شدن پرتوهای خورشید در زمین (نزدیک به ۵۰۰۰ برابر مقدار کنونی) اگر نگوییم همه، بیشتر آنچه از حیات km یا ۲۵۰٬۰۰۰٬۰۰۰ AU مداری در ۱٫۷ بر سطح آن باقی‌مانده از بین می‌رود.[۸۲] یک شبیه‌سازی در سال ۲۰۰۸ نشان داد که هنگامی که خورشید یک غول بزرگ می‌شود مدار زمین به دور آن تنگتر شده و زمین به سوی خورشید کشیده خواهد شد تا آنکه وارد اتمسفر خورشید شده و بخار خواهد شد.[۸۳]

ساختار و ساز کرهٔزمین[ویرایش]



زمین یکسیاره سنگی است، یعنی به جای آنکه مانند سیاره هایی مثل مشتری یک غول گازی باشد، از خاک و سنگ ساخته‌است. زمین در

آتشفشان چیمبورازو در اکوادور بیرونی‌ترین نقطه از سطح زمین[۸۶]

شکل زمین مانند یک کره‌است با این تفاوت که بر روی دو قطب آن و در راستای محور میان آن دو، دچار پهن شدگی و در گرداگرد استوا دچار برون زدگی شده است (شکل دلخواه اغراق آمیز). [۸۷] این برون زدگی دواحیه استوا، به دلیل گردش زمین به وجود آمده‌است و باعث ایجاد اختلاف ۲۱ کیلومتری میان قطر زمین در مدار استوایی و قطر آن میان دو قطب شده است. [۸۸]

کوه اورست همچنان بلندی ۸۸۴۸ متر بالاتر از سطح آزاد دریاها و درازگودال ماریانا با عمق ۱۰۹۱۱ متر پایین‌تر از سطح آزاد دریاها به

کوه اورست همچنان دورترین نقطه از مرکز کرهٔزمین نیست. دورترین نقطه از مرکز کرهٔزمین یا به عبارت دیگر بیرونی‌ترین نقطه زمین، نوک آتشفشانی به نام چیمبورازو در اکوادور و کوه او آسکار ان در پرو است. [۸۹][۹۰][۹۱]

سیلیسیم دی‌اکسید	SiO_2	۶۰,۲٪	۴۸,۶٪
آلومینا	Al_2O_3	۱۵,۲٪	۱۶,۵٪
کلسیم اکسید	CaO	۵,۵٪	۱۲,۳٪
اکسید منیزیم	MgO	۳,۱٪	۶,۸٪
آهن	FeO	۳,۸٪	۶,۲٪
اکسید سدیم	Na_2O	۳,۰٪	۲,۶٪
پتاسیم اکسید	K_2O	۲,۸٪	۰,۴٪
اکسید آهن (III)	Fe_2O_3	۲,۵٪	۲,۳٪
آب	H_2O	۱,۴٪	۱,۱٪
دی‌اکسید کربن	CO_2	۱,۲٪	۱,۴٪
تیتانیوم دی‌اکسید	TiO	۰,۷٪	۱,۴٪
پنتا اکسید فسفر	P_2O_5	۰,۲٪	۰,۳٪
مجموع		۹۹,۶٪	۹۹,۹٪

ساختار شیمیایی[ویرایش]

جرم زمین تقریباً ۵٫۹۸×۲۴۸۱۰ کیلوگرم است و بیشتر از عنصرهایی مانند آهن (۳۲٫۱٪)، اکسیژن (۳۰٪)، سیلیسیم (۱۵٫۱٪)، منیزیم (۱۳٫۹٪)، گوگرد (۲٫۹٪)، نیکل (۱٫۸٪)، کلسیم (۱٫۵٪) و آلومینیم (۱٫۳٪) ساخته شده‌است. ۱٫۲٪ باقی‌مانده را نیز رگه‌هایی از دیگر عنصرها می‌سازد. دانشمندان بر این باورند که ۸۸٫۸٪ از هسته، ۵٫۸٪ از آهن، ۴٫۵٪ از نیکل، ۱٪ از گوگرد و ۱٪ از دیگر عنصرها ساخته شده‌است.[۹۳]

فرانک کلارک، زمین‌شناس سرشناس محاسبه کرده‌است که کمی بیش از ۴۷٪ پوستهٔ زمین از اکسیژن ساخته شده‌است. بیشتر سنگ‌های سازندهٔ پوستهٔ زمین از مواد اکسیدشده ساخته شده‌اند. البته کلر، گوگرد و فلوئور در این مورد استثناء هستند و مقدار آن‌ها در سنگ‌ها معمولاً کمتر از ۱٪ است. اکسیدهای مهم عبارتند از: سیلیس، آلومینا، اکسید آهن، اکسید منیزیم، آهک، پتاس و سودا یا اکسید سدیم. در میان اکسیدهای گفته شده، سیلیس از همه مهم‌تر است. کلارک نتیجه‌گیری کرده‌است که ۹۹٫۲۲٪ از مواد پوسته زمین از ۱۱ اکسید ساخته شده‌اند. این مواد در جدول کناری آمده‌اند.[۹۴]

ساختار درونی[ویرایش]

نوشتار اصلی: ساختار زمین

درون زمین را مانند دیگر سیاره‌های خاکی می‌توان بسته به تفاوت‌های شیمیایی و فیزیکی (رئولوژی) که در آن دیده می‌شود، به چندین لایه تقسیم کرد. زمین بر خلاف دیگر سیاره‌های خاکی از دو هسته، یک بیرونی و درونی جدا از هم، ساخته شده‌است.

لایهٔ بیرونی زمین که پوسته نام دارد، جامد است و بیشتر از سیلیکات‌ها ساخته شده‌است. درست در زیر پوسته گوشتهٔ جامد، لایه‌ای با گرانروی بسیار بالا قرار دارد. پوسته و گوشته با کمک لایه‌ای به نام ناپیوستگی موهوروویچیچ از هم جدا می‌شوند. ضخامت پوسته در نقاط گوناگون زمین تغییر می‌کند، این ضخامت به‌طور متوسط در زیر اقیانوس‌ها حدود ۶ کیلومتر است و در بخش‌های قاره‌ای به ۳۰ تا ۵۰ کیلومتر هم می‌رسد مجموعه پوسته و لایهٔ بالایی گوشته که سرد و سخت است روی هم لیتوسفر نام دارد. زمین‌ساخت بشقابی یا همان صفحه‌های تکتونیکی مربوط به لیتوسفر است. در زیر لیتوسفر، لایهٔ آستنوسفر قرار دارد. این لایه به نسبت از گرانروی کمتری برخوردار است به گونه‌ای که لیتوسفر بر روی آن روان است. دگرگونی‌های مهم در ساختار بلوری در گوشته در عمقی میان ۴۱۰ تا ۶۶۰ کیلومتری از سطح زمین رخ می‌دهد. این بازه، که ناحیهٔ گذار نام دارد گوشته و درونی را از یکدیگر جدا می‌کند. در زیر گوشته، لایه‌ای با گرانروی بسیار کم قرار دارد، این لایه که هسته بیرونی نام دارد بر روی لایهٔ جامد و در حال گردش هسته درونی جای گرفته‌است.[۹۵]

لایه‌های سازند کره زمین[۹۶]

چگالی g/cm³	نام لایه	عمق[۹۷] (کیلومتر)	برشی از مقطع زمین، از مرکز تا سطح آن، این شکل برپایهٔ اندازه‌های واقعی نیست.
—	لیتوسفر[یادداشت ۹]	۰–۶۰	
۲٫۲–۲٫۹	پوسته[یادداشت ۱۰]	۰–۳۵	
۳٫۴–۴٫۴	گوشتهٔ بالایی	۳۵–۶۰	
۳٫۴–۵٫۶	گوشته	۳۵–۲۸۹۰	

گرمای نشاسته از یکپارچگی زمین در اثر گرانشی میلن لجزای آن (نزدیک ۲۰٪) و گرمای تولید شده در اثر واپاشی هسته‌ای[۹۸] (۸۰٪) به اتفاق هم باعث گرم شدن درون زمین می‌شوند. ایزوتوپهای اصلی که باعث پیدایش این گرما می‌شوند[۹۹] عبارتند از: پتاسیم ۴۰، اورانیم ۲۳۸، اورانیم ۲۳۵ و توریم ۲۳۲. در مرکز زمین دما به بیش از ۷۰۰۰ کلوین و فشار به بیش از ۳۶۰ گیگاپاسکال می‌رسد.[۱۰۰] از آنجایی که گرمای درونی زمین بیشتر از واپاشی هسته‌ای به وجود می‌آید، دانشمندان برآورد می‌کنند که در آغاز تاریخ زمین، هنگامی که لیزوتوپ‌های با نیمه عمر کوتاه هنوز از دست نرفته بودند، گرمای تولیدی بسیار بیشتر از این مقدار

	W/kg Tu I	سال	گوشته kg ¿*at!/kg '2	W/kg
^{238}U	$9,46 \times 10^{-5}$	$4,47 \times 10^{9}$	$30,8 \times 10^{-9}$	$2,91 \times 10^{-12}$
^{235}U	$5,69 \times 10^{-4}$	$7,04 \times 10^{8}$	$0,22 \times 10^{-9}$	$1,25 \times 10^{-13}$
''′ Th	$2,64 \times 10^{-5}$	$1,40 \times 10^{10}$	124×10^{-9}	$3,27 \times 10^{-12}$

گرما از دست می‌دهد که در مجموع توان زمین در از دست دادن گرما برابر mW زمین به‌طور متوسط در هر متر مربع ۸۷ خواهد بود.[۱۰۳] W با $۳,۴۲ \times ۱۰^{۱۳}$

صفحه‌های زمین‌ساخت[ویرایش]

نام صفحه	مساحت $10^6\ km^2$
صفحهٔ اقیانوس آرام	۱۰۳,۳
صفحهٔ آفریقا [یادداشت ۱۱]	۷۸,۰
صفحهٔ آمریکای شمالی	۷۵,۹
صفحهٔ اوراسیا	۶۷,۸
صفحهٔ جنوبگان	۶۰,۹
صفحهٔ هند-استرالیا	۴۷,۲
صفحهٔ آمریکای جنوبی	۴۳,۶

نوشتار اصلی: زمین‌ساخت بشقابی

لیتوسفر، لایهٔ سخت بیرونی زمین، به چندین تکهٔ کوچک به این تکه‌ها، صفحه‌های زمین‌ساخت گفته می‌شود. این تکه‌های کوچکتر می‌توانند به یکدیگر جابجا شوند. جابجایی و تغییر مرز این (به انگلیسی: tectonic plate) که در آن دو صفحه به هم (*Convergent boundaries*) صفحه‌های کوچکتر به هم می‌تواند به سه صورت باشد: مرزهای همگرا که در آن دو تکه از هم دور می‌شوند یا دو تکهٔ به هم (*Divergent boundaries*) نزدیک می‌شوند، مرزهای واگرا

که در آن دو صفحه بر روی یکدیگر سُر می‌خورند و (Transform boundaries) پیوسته خرد می‌شوند و دگرگونی مرزها جابجایی جانبی دارند. زمین‌لرزه، فعالیت آتشفشانی، ساخت کوه و پیدایش درازگودال‌هامگی می‌توانند در مرز این صفحه‌ها روی دهند.[۱۰۵]

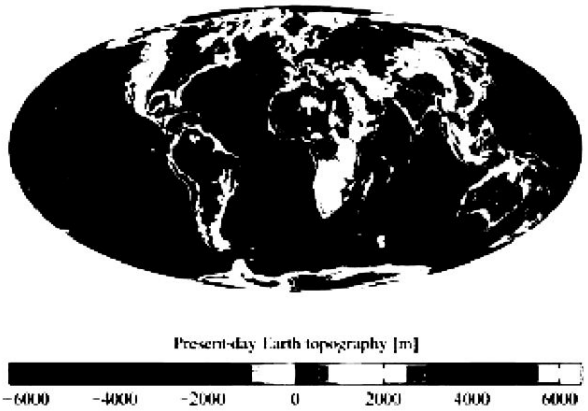
هفت صفحه اصلی عبارتند از: صفحه اقیانوس آرام، صفحه آمریکای شمالی، صفحه اوراسیا، صفحه آفریقا، صفحه جنوبگان یا آنتارکتیک، صفحه هند-استرالیا و صفحه آمریکای جنوبی. از میان دیگر صفحه‌ها می‌توان به صفحه عربستان، کارائیب، نازکا در ساحل غربی آمریکای جنوبی و صفحه اسکوشیا در جنوب اقیانوس اطلس اشاره کرد. صفحه استرالیا و هند نزدیک به ۵۰ تا ۵۵ میلیون سال پیش با هم یکی شده‌اند. صفحه‌های اقیانوسی در جابجایی از دیگران سریع‌ترند و در این میان صفحه کوکوس با سرعتی برابر با ۷۵ میلی‌متر در سال و صفحه آرام با ۵۲ تا ۶۹ میلی‌متر در سال، از همه سریع‌تر جابجا می‌شوند.[۱۰۶] کندترین صفحه در جابجایی صفحه اوراسیا است که نزدیک به ۲۱ میلی‌متر در سال جابجا می‌شود.[۱۰۷]

سطح[ویرایش]

نوشتار اصلی: زمین‌چهره

پستی و بلندی‌های زمین از جایی به جای دیگر تفاوت می‌کند. نزدیک به ۷۰٫۸٪ سطح زمین پوشیده از آب است.[۱۰۸] و بیشتر فلات قاره پایین‌تر از تراز دریا است. خاکی که در زیر آب‌ها قرار دارد خود دارای رشته‌کوه، دره و آتشفشان زیر آب است.[۱۰۹] همچنین در زیر آب، درازگودال‌ها عمیق و باریک زیردریایی، صفحه‌های زمین‌ساخت اقیانوسی و جلگه در عمق اقیانوس و دریا وجود دارد. ۲۹٫۲٪ باقی‌مانده از سطح زمین که از آب پوشیده نیست از کوه، بیابان، جلگه و دیگر پدیده‌های زمین‌شناسی ساخته شده است.

ناهمواری‌های سطح زمین در اثر بارندگی، هوازدگی، چرخه‌های گرمایی و دگرگونی‌های شیمیایی، پیوسته ساخته می‌شوند و دوبا فرسایش می‌یابند یا دچار تغییر شکل می‌شوند. یخگیری، فرسایش ساحلی، ساخته شدن آب‌سنگ مرجانی و برخورد شهاب‌سنگ‌ها با زمین از جمله عامل‌های دیگری اند که می‌توانند باعث دگرگونی چهره زمین شوند.[۱۱۰]



نقشه ناهمواری‌های امروز زمین، داده‌ها گرفته شده از مرکز داده‌های نشنال جئوگرافیک

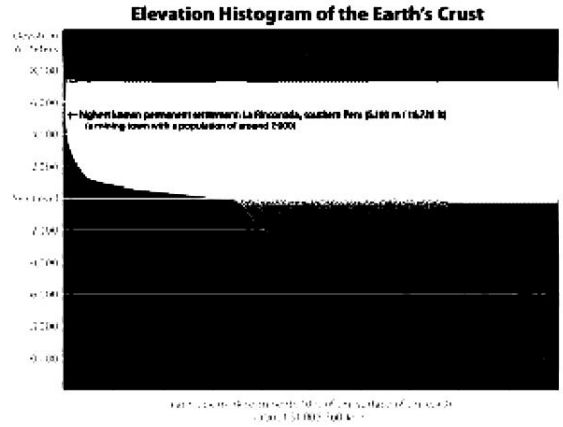
بخشی از پوسته زمین از سنگ‌هایی با چگالی کم مانند سنگ‌های آذرین، سنگ خارا و آندزیت ساخته شده‌است. سنگی مانند باز الت که سازنده اصلی کف اقیانوس‌ها است و خود از آذرین‌های با چگالی بیشتر است، کمتر در پوسته زمین دیده می‌شوند.[۱۱۱] گونه‌های دیگر سنگ‌ها، سنگ‌های رسوبی است که از انباشته و فشرده شدن مواد ته نشینی ساخته می‌شود. نزدیک به ۷۵٪ صفحه‌های قاره‌ای از سنگ‌های رسوبی پوشیده شده‌است. با این حال این گونه سنگ، تنها ۵٪ پوسته زمین را می‌سازند.[۱۱۲] گونه سوم سنگ‌ها، سنگ‌های دگرگونی است که از دگرگونی سنگ‌هایی که پیشتر در زمین بوده‌اند با وارد شدن گرما یا فشار بسیار بالا یا هر دو می‌شوند. فراوان‌ترین کانی‌های سیلیکاتی در سطح زمین عبارتند از: کوارتز، فلدسپات، آمفیبول میکا، پیروکسن و الیوین.[۱۱۳] همچنین از جمله کانی‌های کربناتی فراوان می‌توان به کلسیت (که در سنگ آهک پیدا می‌شود) و دولومیت اشاره کرد.[۱۱۴]

خاک‌سپهر بیرونی‌ترین لایه زمین است که از خاک ساخته شده و خود در فرایندهای ساخت خاک درگیر است. این لایه، لایه ارتباط میان لیتوسفر، هواکره، آبکره و زیست‌کره است. امروزه در مجموع ۱۳٫۳۱٪ از خاک زمین ویژه کشاورزی است؛ که از آن

میان تنها ۴٫۷۱٪ آن همواره محصول می‌دهد.[۱۱۵] نزدیک به ۴۰٪ از خاک زمین به عنوان چراگاه و کشتزار کاربرد دارد به عبارت دیگر ۱٫۳×۱۰۷ کیلومتر مربع برای کشتزار و ۳٫۴×۱۰۷ کیلومتر مربع برای چراگاه‌است.[۱۱۶]

بلندی ناهمواری‌های زمین از ۴۱۸- متر در دریای مرده آغاز می‌شود و به ۸٬۸۴۸ در قله‌ٔ اورست می‌رسد(برآورد شده در سال ۲۰۰۵). میانگین بلندی ناهمواری‌های زمین از سطح دریا ۸۴۰ متر است.[۱۱۷]

آب‌کُره یا هیدروسفر[ویرایش]



نمودار بلندی‌های پوسته‌ٔ زمین

نوشتار اصلی: آب‌کره

فراوانی آب در سطح زمین، عاملی است که باعث شده زمین نسبت به دیگر سیاره‌های سامانه‌ٔ خورشیدی متفاوت باشد و نام سیاره‌ٔ «آبی» بر آن گذاشته شود. هیدروسفر زمین عبارت است از تمام آب‌های سطح زمین، از دریاها، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی تا عمق ۲۰۰ متری، گرفته تا آب اقیانوس‌ها همگی در عنوان **آب‌کره** یا هیدروسفر جای می‌گیرند. عمیق‌ترین جایی از زمین که در آن می‌توان آب زیرزمینی پیدا کرد، گودال چلنجر و درازگودال ماریانا در اقیانوس آرام در عمق ۱۰٬۹۱۱٫۴ متری است.[۱۱۸] جرم اقیانوس‌ها ۱٫۳۵×۱۰۱۸ تن، برابر با ۱/۴۴۰۰ از جرم کل زمین زمین است. سطح پوشش اقیانوس‌ها ۳٫۶۱۸×۱۰۸ کیلومتر مربع و عمق متوسط آن در سراسر زمین ۳٬۶۸۲ متر است؛ که اگر حجم آن را برآورد کنیم حجمی نزدیک به ۱٫۳۳۲×۱۰۹ کیلومتر مکعب می‌شود.[۱۱۹] اگر آب اقیانوس‌ها در تمام سطح زمین گسترده می‌شد در آن صورت عمق اقیانوس‌ها بیش از ۲٫۷ کیلومتر می‌شد.[یادداشت ۱۲] نزدیک به ۹۷٫۵ درصد از آب‌های موجود در سطح زمین شور و ۲٫۵ درصد شیرین است که ۶۸٫۷درصد آب‌های شیرین در حال حاضر یخ زده‌اند.[۱۲۰]

متوسط نمک موجود در آب اقیانوس‌ها ۳۵ گرم در یک کیلوگرم از آب دریا است. (۳۵‰) این نمک از راه فعالیت‌های آتشفشانی یا از حل شدن نمک‌های موجود در سنگ‌های آذرین سرد شده و وارد آب‌ها شده‌است.[۱۲۱] همچنین اقیانوس‌ها مخزن گازهای جو زمین نیز هستند. این گازها که در آب حل شده‌اند، برای زندگی بسیاری از گونه‌های حیات در زیر آب، ضروری‌اند.[۱۲۲] آب دریاها نقش مهمی در چگونگی آب و هوای جهان دارد. در این میان اقیانوس‌ها به عنوان یک منبع گرمایی بزرگ عمل می‌کنند.[۱۲۳] جابجایی و دگرگونی دما در اقیانوس باعث جابجایی‌های بزرگی در دمای هوا می‌شود. برای نمونه می‌توان از ال‌نینیو یاد کرد.[۱۲۴]

هوا کُره[ویرایش]

نوشتار اصلی: جو زمین

فشار هوا در سطح زمین به صورت میانگین ۱۰۱٫۳۲۵ کیلوپاسکال است و بلندای آن تا ۸٫۵ کیلومتر اندازه‌گیری شده‌است.[1] نیتروژن ۷۸٪ آن را می‌سازد،[۱۲۵] ۲۱٪ آن از اکسیژن ساخته شده‌است. همچنین اندکی از گازهای بخار آب، دی‌اکسید کربن و دیگر مولکول‌های گازی می‌توان در آن پیدا کرد. بلندای گشت‌سپهر بسته به عرض جغرافیایی متفاوت است. برای نمونه در دو قطب ۸ کیلومتر و در استوا ۱۷ کیلومتر است. البته آب و هوا و عامل‌های فصلی هم می‌توانند تأثیرگذار باشند.[۱۲۶]

زیست‌کرهٔ زمین توانسته‌است دگرگونی‌های بزرگی در هواکره پدید آورد پیشینه‌ٔ اکسیژنی که از فرایند نورسلخت در هواکره تولید شده به تقریباً ۲۷۰۰ میلیون سال پیش بازمی‌گردد. این فرایند (رویداد بزرگ اکسیژنی)، سازکار هواشناسی زمین را دگرگون کرد. لایه‌ای از گاز اوزون را ساخت که پوششی برای زمین در برابر پرتوهای فرابنفش آمده از نور سفید خورشید بود و امکان جابجایی

برخی گازهای ارزشمند مانند بخار آب را فراهم کرد. همچنین هواکره باعث می‌شد تا شهاب‌وارهای کوچک پیش از برخورد بلند زمین در آسمان بسوزند. هوادار متعادل کردن دمای زمین هم مؤثر است.[۱۲۷] در این پدیده که اثر گلخانه‌ای نام دارد گرمایی که از سطح زمین بیرون رفته‌است در میان مولکول‌های هواکره نگه داشته می‌شود. بخار آب، دی‌اکسید کربن، متان و اوزون از گازهای گلخانه‌ای اصلی درهواکرهٔ زمین‌اند. اگر چنین پدیده‌ای نبود، میانگین دمای زمین به جای ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد که اکنون است، باید ۱۸- درجه می‌شد که در این دما امکان پدیدار شدن زندگی بسیار پایین است.[۱۲۸]

آب و هوا[ویرایش]

تصویربرداری ماهواره‌ای ناسا از پوشش ابری زمین

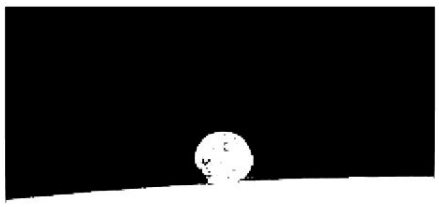
نوشتار اصلی: آب و هوا و اقلیم

هواکرهٔ زمین دارای مرز روشنی نیست. کم‌کم نازک و نازک‌تر می‌شود تا آن که در پایان در فضای بیرونی ناپدید می‌گردد. سه-چهارم جرم هواکره در ۱۱ کیلومتر نخست از سطح زمین جای گرفته‌است. پایین‌ترین لایهٔ آن گشت‌سپهر نام دارد. انرژی آمده از سوی خورشید باعث گرم شدن این لایه و سطح زیرین آن و در نتیجه پراکنده گشتن هوا می‌گردد، آنگاه لایه‌های بالا می‌رود و جای آن را لایهٔ سردتر که چگالی بیشتری دارد، پُر می‌کنند نتیجهٔ این فرایند چرخهٔ هواکره است که باعث پخش شدن انرژی گرمایی در زمین می‌شود.[۱۲۹]

نخستین چرخه‌های هواکره‌ای از دسته‌هایی از بادهای بسامانها درمنطقهٔ استوایی، پایین‌تر از عرض جغرافیایی ۳۰° و بادهای بیش‌روز در عرض جغرافیایی میانی که خود عبارت است ازمنطقهٔ میان ۳۰° و ۶۰° ساخته شده بود.[۱۳۰] همچنین جریان‌های اقیانوسی عامل‌های مهمی در چگونگی آب و هوا دارند، به‌ویژه گردش دماشوری که انرژی گرمایی بدست آمده ازمنطقهٔ اقیانوسی استوایی را میان منطقه‌های قطبی بخش می‌کند.[۱۳۱]

بخار آبی که در سطح زمین پدید آمده‌است چون دمای بالاتری دارد به کمک جریان‌های هوا به بالا می‌رود. این بخار آب متراکم می‌شود و به صورت بارندگی به زمین بازمی‌گردد.[۱۳۲] بیشتر آب بدست آمده به کمک رودخانه‌ها به سوی زمین‌های پست‌تر رانده می‌شود و بیشتر رودخانه‌ها آب را به اقیانوس‌ها و دریاها بازمی‌گردانند و برخی آن را در دریاچه جمع‌آوری می‌کنند. چرخهٔ آب‌ساز و کاری حیاتی برای ادامهٔ زندگی در زمین است و البته عامل مهمی در فرسایش سطح زمین در طول دوره‌های زمین‌شناسی بوده‌است. بارندگی در زمین می‌تواند بسیار گسترده باشد در بعضی منطقه‌ها به‌اندازه سال باران می‌بارد و در برخی دیگر کمتر از یک میلی‌متر در سال.چرخهٔ هواکره‌ای، پستی بلندی‌های زمین و تفاوت دما همگی از عامل‌هایی‌اند که در میانگین بارندگی در هر منطقه تأثیر می‌گذارند.[۱۳۳]

هواکرهٔ بالایی[ویرایش]



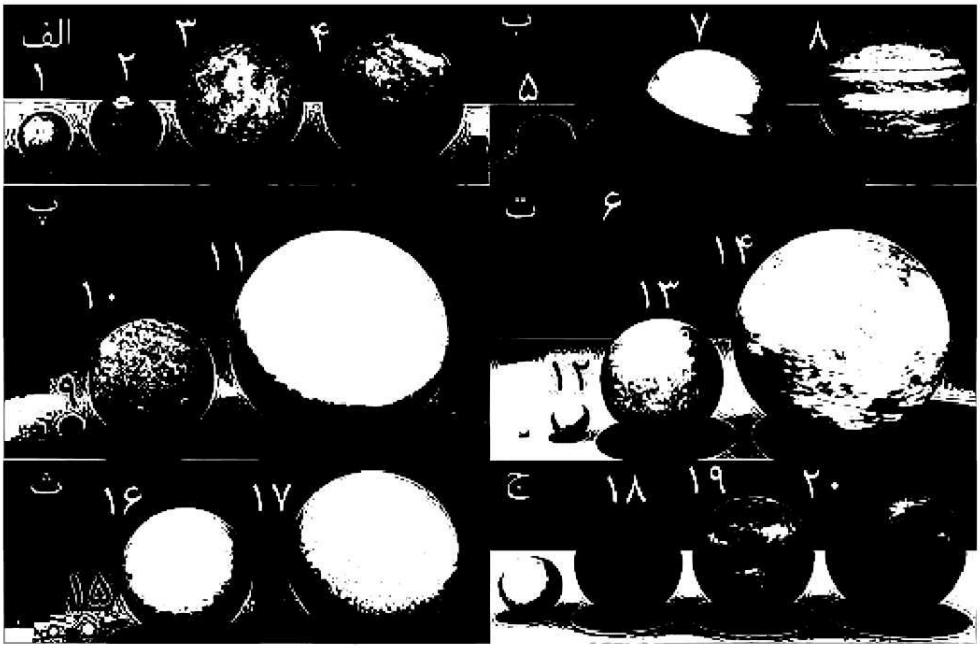
در این منظره بخشی از ماه زیرهواکرهٔ زمین پنهان شده و بخشی به صورت تغییر شکل یافته دیده می‌شود. نگاره از ناسا

نوشتار اصلی: فضای بیرونی

در بالای تروپوسفر، معمولاً هواکره به بخش‌های استراتوسفر، مزوسفر و ترموسفر تقسیم می‌شود.[۱۳۴] هر لایه یکیازمـ ؤمربوط به خود دارد که در آن دما نسبت به ارتفاع تغییر می‌کند. فراتر ازهمـ ؤاین‌لایهـ ؤاگزوسفر جای دارد که آن قدر نازک می‌شود تا به مغناطکره برسد. جایی که میدان مغناطیسی زمین با بادهای خورشیدی اندرکنش دارد.[۱۳۵]

انرژی گرمایی باعث می‌شود برخی از مولکول‌ها که در بالاترین‌لایهـ ؤهواکرهـ ؤزمین‌اند سرعتشان افزایش یابد تا به جایی برسد که بتوانند از پوشش گرانش زمین بگریزند و به فضا روند. اینپدیدهـ ؤنشت هواکره به فضا، به آرامی ولی پایدار روی می‌دهد. چون مولکول‌های آزاد هیدروژن وزن مولکولی کمی دارند و می‌توانند آسان‌تر از دیگران به سرعت گریز نزدیکـ شوندـ وـ بهـ بیرونـ از هواکرهـ نشتـ کنند.[۱۳۶] پدیدهٔنشت هیدروژن، زمین را به این سو هُل داده، که از یک سیارهٔکاهنده به یک سیارهٔاکساینده دگرگون شود. پدیدهٔنورسلختـ سرچشمهٔاکسیژن آزاد است. اما عامل‌های کاهنده مانند هیدروژن خود پیش‌شرط مورد نیاز برای گسترش و انباشته شدن اکسیژن هواکره‌اند.[۱۳۷] بنابراین توان هیدروژن در گریز ازهواکرهـ ؤزمین بر طبیعت زندگی پدید امده در این سیاره تأثیر گذاشته‌است.[۱۳۸] دوسیارهـ ؤشرشار از اکسیژنی که امروز ما داریم بیشتر هیدروژن پیش از انکه بتواند از زمین بگریزد به آب تبدیل شده‌است. به جای آن بیشتر کمبود هیدروژن با متلاشی شدن مولکول‌هایی مانند متان جبران می‌شود.[۱۳۹]

گرم شدن زمین[ویرایش]
نوشتار اصلی: گرمایش جهانی



:هم‌سنجی سیاره‌های‌سامانهـ ؤخورشیدی با تعدادی از ستاره‌های مشهور
:الف
زمین (۴) > ناهید (۳) > مریخ (۲) > تیر (۱)
:ب
مشتری (۸) > زحل (۷) > اورانوس(۶) > نپتون (۵) > زمین (بدون شماره)
:پ
شباهنگ (۱۱) > خورشید (۱۰) > ولف ۳۵۹ (۹) > مشتری (بدون شماره)
:ت
دیران (۱۴) > نگهبان شمال (۱۳) > رأس پیکر پسین (۱۲) > شباهنگ (بدون شماره)
:ث
ایطالجوزا (۱۷) >قلب عقرب (۱۶) > پای شکارچی (۱۵) > دیران (بدون شماره)
:ج
ویوای سگ بزرگ (۲۰) >ویوی قیفاووس (۱۹) > مو قیفاووس (۱۸) > ایطالجوزا (بدون شماره)

گازهای اصلیـ تشکیلـ دهندهـ اتمسفرـ زمینـ، یعنیـ نیتروژنـ وـ اکسیژنـ،ـ گازـ گلخانه‌ایـ نیستند. دلیلـ آنـ اینـ استـ که گاز های دو اتمی مانند این دو ، اشعه فروسرخ را نه جذب و نه تابش می‌کنند. دیاکسید کربن گاز گلخانه‌ای اصلی در اتمسفر است. برای اعصار متمادی درصد آن در جو پایدار مانده‌است، اما متأسفانه سوختن سوخت‌های فسیلی (که دارای

شده هستند) به سرعت در حال افزایش دیاکسید کربن است که به‌طور قطع بیشترین سهم را در این حقیقت که دمای زمین در حال بالا رفتن است، دارد - پدیدهای موسوم به گرم شدن زمین.

بخار آب یکی از گازهای گلخانه‌ای است که عملاً بیشترین سهم را در اثر گلخانه‌ای دارد، یعنی چیزی بین ۳۶٪ تا ۶۶٪. مقدار بخار آب موجود در هوا از جایی به جای دیگر تفاوت چشمگیر دارد، اما در کل، فعالیت انسان بر میزان غلظت آن تأثیر مستقیم ندارد (مگر در جاهایی مثل زمین‌هایی آبیاری شده) و اثرات آن بر آب و هوای زمین ثابت ملندهاست.

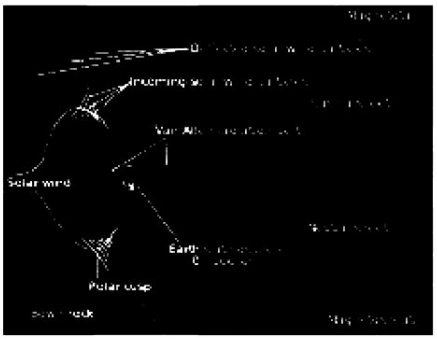
هم‌اکنون مقدار دو گاز گلخانه‌ای دیگر هم در حال افزایش است:

توانایی حفظ حرارت در متان ۲۰ برابر دیاکسید کربن است. ما هر ساله ۵۰۰ میلیون تن متان به جو اضافه می‌کنیم[1] این کار از طریق پرورش دام، معادن زغال‌سنگ، کندوکاو برای نفت و گاز طبیعی، مزارع برنج و پوسیدگی زباله در محل انباشت آن صورت می‌گیرد.

2. هرساله بین ۷ تا ۱۳ میلیون تن اکسید نیتروژن، ناشی از کودهای نیتروژنی، فضولات حیوانی و انسانی و اگزوز خودروها، به جو وارد می‌شود.

بیش از دو درجه افزایش در دمای متوسط زمین می‌تواند عواقب بسیار زیان‌باری برای نسل بشر به بار آورد و به همین دلیل موضوع بحث جدیت در حال پیگیری است.[۱۴۰]

میدان مغناطیسی[ویرایش]



نمایی از میدان مغناطیسی زمین. در این نگاره بادهای خورشیدی از چپ به راست می‌وزد.

نوشتار اصلی: میدان مغناطیسی زمین

میدان مغناطیسی زمین بیشتر مانند یک دوقطبی مغناطیسی بزرگ است که می‌توان گفت قطب‌های آن بر روی قطب‌های جغرافیایی افتاده‌است. در کمربند یا خط استوای میدان مغناطیسی شدت میدان مغناطیسی در سطح زمین به $۳٫۰۵ \times ۱۰^{-۵}$ تسلا و گشتاور مغناطیسی آن به $۷٫۹۱ \times ۱۰^{۱۵}$ تسلا. مترمکعب می‌رسد.[۱۴۱] بر پایهٔ نظریهٔدینامو، این میدان در منطقهٔ هستهٔبیرونی که مایع است ساخته شده‌است. در هستهٔبیرونی گرمای زیاد و رسانش گرمایی باعث جابجایی مواد رسانای درون آن می‌شود که این پدیده خود باعث پدید آمدن جریان‌های الکتریکی و از آن میدان مغناطیسی زمین می‌گردد. جابجایی مواد درهستهٔ بیرونی با هرج و مرج همراه‌است و باعث می‌شود که قطب‌های میدان مغناطیسی در بازه‌های زمانی گوناگون جابجایی‌هایی داشته باشد. از این رو در بازه‌های زمانی چند میلیون سال باید چشم به راه چند بار جابجایی در محل قطب‌های مغناطیسی زمین باشیم. برای نمونه، تازه‌ترین جابجایی دو قطب در ۷۰۰٬۰۰۰ سال پیش رخ داده‌است.[۱۴۲][۱۴۳]

میدان مغناطیسی زمین، در گِرداگرد آن مغناطکره را پدیدآورده است. مغناطکره راستای وزش بادهای خورشیدی را کج می‌کند و نمی‌گذارد که به زمین برسند. ناحیهٔشوک تعظیم، جایی که بادهای خورشیدی در برخورد با میدان مغناطیسی زمین ناگهان سرعت خود را از دست می‌دهند، در فاصله‌ای به‌اندازهٔ ۱۳ برابر شعاع زمین جای دارد. برخورد میان بادهای خورشیدی و میدان مغناطیسی کمربند وان آلن را می‌سازد. یک جفت‌منطقه‌ٔهم مرکز چنبره مانند که جایگاه ذرات باردار پرانرژی است. هنگامی که پلاسما وارهواکره‌ٔزمین درمنطقه‌ٔقطبی می‌شود، شفق قطبی را پدیدمی‌آورد.[۱۴۴]

حرکات چندگانهٔزمین[ویرایش]

حرکت انتقالی زمین به دور خورشید[ویرایش]

حرکت انتقالی زمین که واحد سال نجومی نیز می‌باشد یک دور کامل زمین در مدار خود نسبت به یک ستاره ثابت، پیرامون خورشید است که مقدار آن ۳۶۵٫۲۵۶۴ شبانه‌روز معادل ۳۶۵ شبانه‌روز و ۶ ساعت و ۹ دقیقه و ۱۰ ثانیه‌است.[۱۴۵]

سرعت این حرکت زمین در مدار خود به دور خورشید یکسان نیست و در نزدیکی خورشید (هنگام حضیض) بیشترین سرعت و در فاص
دورتر خورشید (هنگام اوج) کمترین سرعت را دارد؛ و میانگین سرعت آن ۳۰ کیلومتر بر ثانیه‌است. با تعدیل محاسبه این
حرکت نسبت به نقطه‌اعتدال سال اعتدالی بدست می‌آید که۲۰ دقیقه از سال نجومی و گردش انتقالی زمین کمتر
لست- و- در- گاهشمار-ی- کاربرد دارد. بل توجه- به- لنحراف- مدار- لنتقللی- زمین- نسبت- به- صفحه- لستوا،- در- یک- دور- حرکت- لنتقللی،- میل- زمی
به خورشید و متقابلن اویه- ةتابش خورشید در روزهای سال متغیر خواهد بود و موجب تغییر نسبت ساعات شب به روز و تغییرات گسترده و
تدریجی‌سالانه- ةآب و هوایی و دما برکر-ه- ةزمین خواهد شد؛ که این تغییرات اقلیمی در چهارمرحله- ةزمانی تقریباً مساوی به عنوان فصول
چهارگانه در زمین نمایان می‌شود. حرکت انتقالی همچنین موجب تغییر ظاهر چهر-ه- ةسالانه آسمان شب می‌باشد.

حرکت وضعی[ویرایش]

نوشتار اصلی: حرکت وضعی زمین

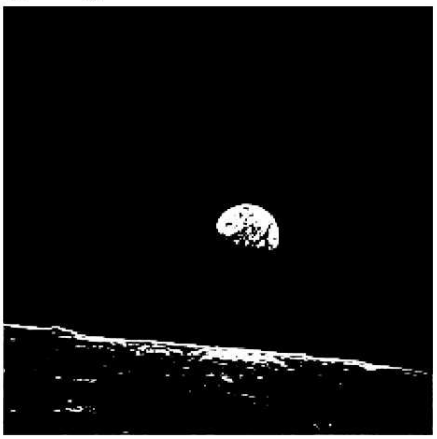
حرکت وضعی زمین چرخشی لست- که- زمین- به- دور- خود- لنجلم- می‌دهد- که- لین- چرخش- به- سمت- شرق است. زمین به دور
محور شمالی و جنوبی‌اش در خلاف حرکت عقربه‌های ساعت می‌چرخد و دوران کامل آن، ۲۳ ساعت و ۵۶ دقیقه و ۴ ثانیه طول می‌کشد. از
قاطع‌ترین آزمایش‌هایی که اثبات می‌کند زمین حول محورش در گردش است، آزمایش آونگ فوکو است که در این
آزمایش، چرخش زمین به‌طور مستقیم مشاهده می‌شود.[۱۴۶]

حرکت رقص محور[ویرایش]

این حرکت بسیار کمتر است بنابراین تنها یک لرزش سینوسی در مدار زمین ایجاد می‌کند؛ که دلیل این امر جاذبه
و- چرخش- ملم- به- دور- زمین- لست-.

مدار ماه نسبت به دائرةالبروج کج است؛ در نتیجه‌صفحه- ةمداری آن دارای حرکت تقدیمی می‌باشد. یک چرخش، ۱۸/۶ سال‌طول
می‌کشد و اختلالی با همین دور-ه- تنلوب- در حرکت تقدیمی زمین ایجاد می‌کند. این اثر، معروف به رقص محوری، طول دائرةالبروجی را
همر-لم- بل کجی- دائر-ةلبرو-ج- تغییر- می-دهد- در اینجا- محلسبلت- بسیار- پیچید-متر- لست-؛ لما- خوشبختلنه- لختلالات-
نلشی- از رقص- محور-ی- نسبتل کوچک- می‌باشد-؛ یعنی- تنها- کسر-ی- از یک- دقیقه قوسی.[۱۴۷]

سرعت حرکت محوری زمین به دور خود[ویرایش]



نمای زمین از کره‌ماه که در ۲۴ دسامبر ۱۹۶۸ بوسیله ویلیام بیل اندرس در سفر اپولو ۸ عکس‌برداری شده‌است.

سطح- زمین- بل سرعت- ۳۰۰۰ کیلومتر در شبانه روز حرکت می‌کند. این سرعت برابر با ۱۰۴۰ مایل بر ساعت یا ۱۶۷۰
کیلومتر بر ساعت است. (تقریباً نیم کیلومتر بر ثانیه) اندازه این سرعت از تقسیم محیط زمین در خط استوا بدست می‌آید. (حدود۲۴۹۰۰ مایل
یا ۴۰۰۷۰ کیلومتر) بر تعداد ساعات شبانه روز (۲۴) به دست می‌آید. با توجه به این که محیط زمین در- قطبین- به- صفر- نزدیک-
می‌شود، هنگامی که به سمت یکی از دو قطب حرکت می‌کنید. این سرعت تقریباً به صفر کاهش می‌یابد.

حرکت تقدیمی

نوشتار اصلی: حرکت تقدیمی

حرکت تقدیمی حرکتی است که به موجب خم بودن محور زمین نسبت به مدار خود ایجاد می‌شود و درنتیجه کشش گرانشی خورشید، ماه و سیاره‌ها بر برآمدگی استوای زمین به‌وجود می‌آید. این حرکت موجب می‌شود که نقاط اعتدال در میان صورت‌های فلکی به سمت مغرب حرکت کنند. محور چرخش زمین، مخروطی را طی ۲۵۷۶۵ سال طی می‌کند. در حال حاضر محور چرخشی زمین تقریباً در امتداد ستاره قطبی است ولی به‌دلیل این حرکت چند هزار سال دیگر نمی‌توان از این ستاره به‌عنوان ستاره قطبی استفاده کرد. [۱۴۸]

چرخش زمین به دور خودش[ویرایش]

نوشتار اصلی: حرکت وضعی زمین

SI درست‌تر آن ۸۶٬۴۰۰٫۰۰۲ ثانیه در دستگاه بین‌المللی یکاها) است. چرخش زمین نسبت به خورشید (میانگین روز خورشیدی) ۸۶٬۴۰۰ ثانیه است. امروزه یک روز زمین کمی بلندتر از یک روز در سدهٔ ۱۹ میلادی است این به‌دلیل شتاب جزر و مدی است که هر روز (است. به‌اندازهٔ تا ۲ میلی ثانیه از گذشته بلندتر شده است. [۱۴۹]

زیست‌پذیری[ویرایش]

نوشتار اصلی: زیست‌پذیری سیاره‌ای

سیاره‌ای که در آن امکان نگهداری زندگی وجود داشته باشد، زیست‌پذیر نام دارد؛ حتی اگر خود آن سیاره سرچشمه پدیدار شدن زندگی نباشد. در زمین آب به صورت مایع پیدا می‌شود، پیرامونی که در آن مولکول‌های آلی پیچیده می‌توانند باهم در اندرکنش قرار گیرند و روی هم سوار شوند. همچنین انرژی کافی در دسترس است تا دگرگشت در آن ادامه یابد. [۱۵۰] اصله. زمین از خورشید، سرعت گردش آن به دور خود، شیب آن نسبت به محورش پیشینه. زمین‌شناسی، نگهداری هوا کره در پیرامون خود و میدان مغناطیسی محافظ پیرامون زمین، همگی باعث شده‌اند تا چنین وضعیت آب و هوایی در زمین حاکم و امکان زندگی فراهم باشد. [۱۵۱]

زیست‌کُره[ویرایش]

نوشتار اصلی: زیست‌کره

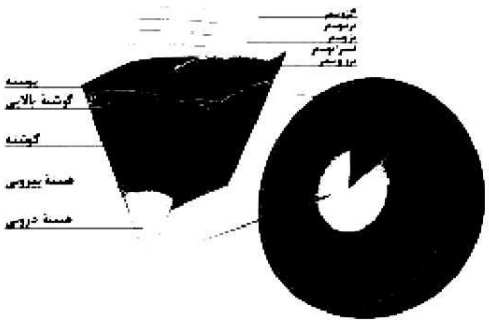
بخش زیستی زمین، ساختار زندگی در زمین را «زیست‌کُره» می‌گویند. گمان آن می‌رود که برپایهٔ نظریه تکامل عُمر زندگی در زمین ۳٫۵ میلیارد سال باشد. خود زیست‌کُره به چندین زیست‌بوم تقسیم می‌شود. گونه‌های گیاهی و جانوری در هر زیست‌بوم به هم همانند است. بر روی خشکی، زیست‌بوم‌ها برپایه عرض جغرافیایی، بلندی از رویهٔ دریاها و رطوبت دسته‌بندی می‌شوند. توندراها که در مدار قطبی شمال و در مدار قطبی جنوب جای دارند یا منطقه‌های با ارتفاع بسیار بالا یا بسیار خشک را می‌توان گفت از زندگی گیاهی و جانوری تُهی اند؛ ولی در برابر آن سرزمین‌های مرطوب و پستمنطقه استوایی دارای بیشترین شمار گونه‌های گیاهی و جانوری‌اند.

ساختار زمین

از ویکی‌پدیا، انشنامه آزاد

پرش به ناوبر، پرش به جستجو

ساختار زمین



لایه‌های اصلی

پوسته
گوشته
هسته

لایه‌های غیراصلی[نمایش]
ناپیوستگی‌ها[نمایش]
موضوعات مرتبط[نمایش]

:این جعبه

- نمایش
- بحث
- ویرایش

ساختار زمین یا **ساختار درونی زمین** از قشرهای کروی‌شکل لایه‌بندی شده‌ای به‌ترتیب؛ از یک **پوسته** جامد بیرونی؛ ساخته‌شده از سیلیکات، یک **استنوسفر یا گوشته** با گران‌روی بالا، و یک **هسته؛ که بخش بیرونی آن مایع با گران‌روی بسیار کم، و بخش درونی آن** .جامد است، تشکیل شده‌است

درک علمی از ساختار داخلی زمین برپایه مشاهدات مکان‌نگاری (توپوگرافی) و ژرفاسنجی، بررسی برون‌زدهای سنگی، نمونه‌هایی که از ژرفای بیشتر توسط آتشفشان‌ها یا فعالیت آتشفشانی به سطح آمده، تجزیه و تحلیل امواج لرزه‌ای‌یی که از درون زمین عبور می‌کنند، اندازه‌گیری‌های میدان‌های گرانشی و مغناطیسی زمین و آزمایش‌ها با مواد جامد متبلور در فشارها و دمای متناسب و مشابه با .وضعیت داخلی عمیق زمین دانسته شده‌است

پوسته بیرونی‌ترین لایه زمین است و بیشتر از اکسیژن و سیلیکون ساخته‌شده و تنها جایی است که زندگی بر روی آن شناخته شده‌است. گوشته بزرگ‌ترین و پهناورترین لایه زمین است و از سنگ‌های نیمه‌جامد بسیار نرم و چگال و بیشتر از آهن و منیزیم ساخته شده‌است. سنگ‌کره بخش سفت و سخت زمین و به حالت جامد است و تمام سطح کره زمین از بالای کوه اورست تا انتهای دراز گودال ماریانا را می‌پوشاند و از کانی‌ها ساخته شده‌است. سنگ‌کره همیشه به آرامی در حال حرکت است و به بشقاب‌های زمین‌ساختی تکه‌تکه شده‌است. جنبش زمین‌ساخت بشقابی عامل بسیاری از رویدادهای زمین‌شناسی مانند زمین‌لرزه‌ها و آتشفشان‌ها است. سست‌کره بخش نرم کرهٔ‌زمین است که گمان زده می‌شود که بسیار گرم‌تر و مایع‌تر از سنگ‌کره باشد. اگرچه سنگ‌های این لایه جامد و نیمه گد اما در پاسخ به تغییر شکل، روان و جاری می‌شوند. هسته درونی‌ترین و گرم‌ترین لایه کره زمین است و به طور کامل از فلز ساخته شده‌است. هسته بیرونی از فلز آهن و نیکل و همچنین گوگرد ساخته‌شده و به باور دانشمندان، میدان مغناطیسی زمین را کنترل می‌کند. جنس هسته درونی زمین، جامد و از آهن است و دمای آن ° ۶٬۰۰۰ سانتی‌گراد (باندازه دمای سطح خورشید) و فشار آن ۴۵٬۰۰۰ پوند بر اینچ مربع است. شعاع متوسط کره زمین (از پوسته تا مرکز هسته) ۶٬۳۷۱ کیلومتر یا با نماد .علمی $۶٫۳۷۱\times۱۰^{۳}$ کیلومتر است

دانسته‌های کنونی درباره ساختار زمین از مطالعات درباره مسیرها و ویژگی‌های امواج لرزه‌ای (امواج پی[ب ۱] و اس[ب ۲]) و .آزمایش بر روی کانی‌ها و مشاهدات سنگ‌های سطحی و حرکات زمین در سامانه خورشیدی به دست آمده‌است

حدود ۲۷۰ میلیون سال پیش، ابرقاره‌ای به نام پانگه آ[ب ۳] (شامل همه قاره‌های زمین) وجود داشت که یک سوم زمین را پوشش می‌داد و اقیانوس[ب ۴] جهانی پانتالاسا[ب ۵] آن را احاطه کرده‌بود. فروپاشی این ابرقاره در حدود ۲۰۰ میلیون سال پیش آغاز شد و سرانجام قاره‌های امروزی (آسیا، آفریقا، آمریکای شمالی، آمریکای جنوبی، جنوبگان، اروپا و استرالیا) پدید آمدند. اکنون علاوه بر این هفت قاره، پنج اقیانوس (اقیانوس آرام، اقیانوس اطلس، اقیانوس هند، اقیانوس منجمد جنوبی و اقیانوس منجمد شمالی) بر روی زمین وجود دارد. به عوارض سطح زمین، زمین‌چهر می‌گویند که ساخت زمین‌چهرها گاهی .اوقات میلیون‌ها سال طول می‌کشد

است. اما مقدار گرانش ($m/s^{۲}$) گرانش زمین توسط آیزاک نیوتن کشف‌شد و گرانش استاندارد برابر با ۹٫۸۰۶۶۵ متر بر مجذور ثانیه در همه جای زمین یکسان نیست و به چرخش زمین، ارتفاع از سطح دریا، تفاوت جرم و جزر و مد وابسته است. مقدار گرانش با افزایش

ژرفای زمین، دما و فشار نیز افزایش می‌یابد. جرم زمین برابر با $۵٫۹۷۲۲ \times ۱۰^{۲۴}$ کیلوگرم و حجم آن برابر با $۱٫۰۸۳۲۱ \times ۱۰^{۱۲}$ کیلومتر

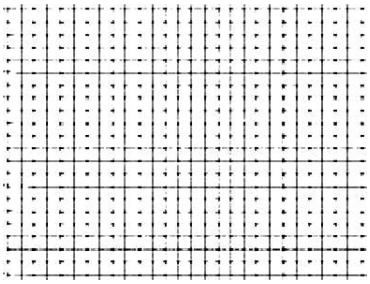
ویژگی‌های فیزیکی[۵]

(Al۲O۳) آلومینیم تری‌اکسید ،(SiO۲) ترکیباتی از اکسیدهای برخی عناصر هم‌ارز. برخی از این ترکیبات عبارتند از: سیلیسیم دی‌اکسید
(K۲O).[۲] و پتاسیم اکسید (Na۲O) سدیم اکسید ،(CaO) اکسید کلسیم ،(FeO) اکسید آهن ،(MgO) اکسید منیزیم

برخی از عناصر ساختار زمین معروف به عنصر های خاکی کمیاب یا فلزات خاکی کمیاب هم‌ارز. این فلزات عبارتند از: اسکاندیم
(Sc)، ایتریم (Y)، لانتان (La)، سریم (Ce)، پرازئودیمیم (Pr)، نئودیمیم (Nd)، پرومتیم (Pm)، ساماریم (Sm)،
ایتربیم (Tm)، تولیم (Er)، اربیم (Ho)، هولمیم (Dy)، دیسپروزیم (Tb)، تربیم (Gd)، گادولینیم (Eu)، یوروپیم
هنگامی که این فلزات با فلزات دیگر آلیاژ می‌شوند، برخی می‌توانند افزایش خاصی از (Lu) و لوتتیم (Yb)
مغناطیسی، مقاومت و دمای بالا و ویژگی‌های دیگری را ارائه دهند. برای نمونه، آهن با مقاومت بالا از

۳۲	AO	۶	۵	Fe	آهن

اکسژن	O	۴۷	۴۴	۶	۳۰
سیلیسیم	Si	۲۸	۲۲		ld
منیزیم	Mg	۲,۱			
گوگرد	S				۲,۹
نیکل	Ni			۵	۱,۸
کلسیم	Ca	۳,۶	۲,۳		1,d
سدیم	Na	۲,۸	۰,۲		
پتاسیم	K	۲,۶			



حرکت امواج لرزه‌ای (امواج پی و اس) حدود

سه قرن پیش، آیزاک نیوتن پیرامون سیارات و نیروی گرانش به مطالعه پرداخت و محاسبه کرد که میانگین چگالی زمین دو برابر چگالی سنگ‌های سطح زمین است و به همین دلیل درون زمین باید از سنگ‌های بسیار چگالتر ساخته شده‌باشد. دانش ما دربارهٔ درون زمین تا ۱۳۰ کیلومتر، به دوران نیوتن بسیار بهبود یافته‌است، اما مقدار چگالی زمین تا ۱۰۰۰ کیلومتر، به آن زمان تغییری نکرده‌است. اطلاعات کنونی ما دربارهٔ درون زمین از مطالعات پیرامون مسیرها و ویژگی‌های امواج لرزه‌ای و آزمایش بر روی کانی‌های و سنگ‌های سطحی در دما و فشار بالا به دست آمده‌اند.[۳] اطلاعات دیگر نیز از مشاهدات زمین‌شناسی سنگ‌های سطحی و مطالعات پیرامون حرکات زمین در منظومهٔخورشیدی، گرانش و میدان مغناطیسی زمین و گرمای درون زمین به دست آمده‌اند.[۴]

امواج بدنه‌ای خود .(surface Waves) و امواج سطحی یا (body waves) امواج لرزه‌ای به دو گروه تقسیم می‌شوند: امواج بدنه‌ای یا به دو نوع تقسیم می‌شوند: امواج پی امواج طولی هستند و می‌توانند در در جامدات و مایعات پخش شوند ولی امواج اس امواج عرضی هستند و فقط می‌توانند در جامدات (و نه در مایعات) منتشر شوند. این امواج به طور طبیعی توسط زمین‌لرزه‌ها و انتشفشان‌ها و حتی توسط امواج آب در اقیانوسها و دریاها، یا به طور مصنوعی توسط انفجارها و دستگاه‌های مکانیکی تولید می‌شوند.[۵]

به غیر از این راه‌ها، برای شناخت ساختار زمین از ماشین‌های حفاری زمین استفاده می‌شود. این وسیله می‌تواند زمین را حفاری کند و سوراخ‌های بزرگی به وجود بیاورد که این سوراخ‌ها امکان مطالعه و شناخت زمین را آسان می‌کنند.[۶]

در بزرگ‌ابردوران پرکامبرین، بر روی زمین لایه‌های مختلف سنگ‌های رسوبی وجود دارد[۳۱]. پرکامبرین بخش بزرگی از تاریخ زمین را شامل می‌شود و آغاز آن به پیدایش زمین در حدود ۴,۵ میلیارد (۴۵۰۰ میلیون) سال پیش و پایان آن به ۶۰۰ میلیون سال پیش

رانش قاره‌ای[ویرایش]

جداشدن قاره‌ها از پانگه‌آ

نوشتار اصلی: رانش قاره‌ای

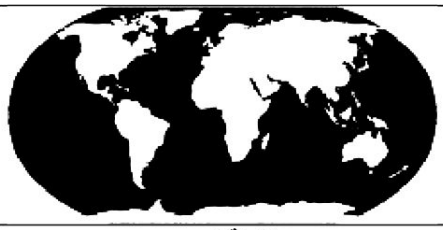
در اوایل سدهٔ بیستم، دانشمندی آلمانی به نام آلفرد وگنر[پ ۶] نظریه‌ای ارائه داد که قاره‌های زمین از رانشی به سراسر زمین منتقل شده‌اند و نام این رانش را رانش قاره‌ای نهاد. وگنر متوجه‌شد که غرب آفریقا و شرق آمریکای جنوبی مانند تکه‌های پازل می‌مانند. او نخستین کسی نبود که این موضوع را اطلاع داد، اما نخستین کسی بود که شواهدی پیدا کرد که این دو قاره به یکدیگر متصل بوده‌اند. او معتقد بود که این دو قاره بخشی از سرزمینی بزرگ و واحد بوده‌اند و شواهد زمین‌شناسی و زیست‌شناسی بسیاری به‌دست آورده‌بود که این موضوع را ثابت می‌کرد. برای نمونه، سنگوارهٔ خزنده‌ای باستانی به نام مسوسورس[پ ۷] فقط در جنوب آفریقا و آمریکای جنوبی یافت می‌شود. این جانور با طول یک متر (۳٫۳ فوت)، توانایی شنا در مسافت‌های طولانی مانند اقیانوس اطلس را ندارد. وگنر معتقد بود که همهٔ قاره‌ها (نه فقط آفریقا و آمریکای جنوبی) در یک ابرقاره به یکدیگر متصل بودند. او نام این سرزمین بزرگ باستانی را پانجه‌آ (به معنی همهٔ سرزمین‌ها در زبان یونانی) نهاد.[۸]

قاره‌های زمین[۹]

نام قاره	**اندازه (کیلومتر مربع)**
آسیا	۴۴,۳۹۱,۱۶۲
آفریقا	۳۰,۲۴۴,۰۴۹
آمریکای شمالی	۲۴,۲۴۷,۰۳۹
آمریکای جنوبی	۱۷,۸۲۱,۰۲۹
جنوبگان	۱۴,۲۴۵,۰۰۰
اروپا	۱۰,۳۵۴,۶۳۶
استرالیا	۷,۶۸۶,۸۸۴

پانجه‌آ در حدود ۲۷۰ میلیون سال پیش و در دورهٔ پرمین[پ ۸] وجود داشت و یک‌سوم از سطح زمین را پوشش می‌داد و اقیانوس جهانی پانتالاسا آن را احاطه کرده‌بود. فروپاشی پانجه‌آ اکنون از دیدگاه زمین‌ساخت بشقابی (و نه از دیدگاه هم‌ارز وگنر) توضیح داده می‌شود. این ابرقاره به یک‌باره شکسته‌نشده و در مراحل مجزا تکه‌تکه شده‌است. فروپاشی پانجه‌آ در حدود ۲۰۰ میلیون سال پیش و در دورهٔ ژوراسیک[پ ۹] آغاز شد. حدود ۱۸۰ میلیون سال پیش، نخستین اقیانوس تشکیل‌شده از فروپاشی پانجه‌آ، اقیانوس اطلس مرکزی بود که میان شمال‌غربی آفریقا و آمریکای شمالی و جنوب‌غربی اقیانوس هند میان آفریقا و قطب جنوب قرار داشت. حدود ۱۴۰ میلیون سال پیش، با جداشدن آفریقا و آمریکای شمالی از یک‌دیگر، اقیانوس اطلس جنوبی به وجود آمد. حدود ۸۰ میلیون سال پیش، آمریکای شمالی از اروپا جداشد؛ استرالیا از قطب جنوب و هند نیز از ماداگاسکار دور شد. در حدود ۵۰ میلیون سال پیش، هند در نهایت با اوراسیا برخورد کرد و رشته‌کوه هیمالیا تشکیل‌شد و سرانجام، قاره‌های امروزی شکل گرفتند.[۱۰]

اقیانوس‌های زمین[۱۱]

اندازه (کیلومتر مربع)	
۱۵۵،۵۵۷،۰۰۰	اقیانوس آرام
۷۶،۷۶۲،۰۰۰	اقیانوس اطلس
۶۸،۵۵۶،۰۰۰	اقیانوس هند
۲۰،۳۳۷،۰۰۰	اقیانوس منجمد جنوبی[الف]
۱۴،۰۵۶،۰۰۰	اقیانوس منجمد شمالی

اکنون هفت قاره بر روی کره زمین وجود دارد: آسیا، آفریقا، آمریکای شمالی، آمریکای جنوبی، اروپا، استرالیا و جنوبگان. اما برخی از جغرافی‌دانان تنها فهرست شش قاره را ارائه می‌دهند و آسیا و اروپا را با هم ترکیب می‌کنند و آن را یک قاره (اوراسیا) به شمار می‌آورند. در برخی از جاها، دانش‌آموزان یادمی‌گیرند که بر روی زمین تنها پنج قاره وجود دارد: اوراسیا، استرالیا، آفریقا، جنوبگان و آمریکا. برخی از جغرافی‌دانان قاره را نه فقط یک اصطلاح فیزیکی، بلکه یک اصطلاح فرهنگی نیز می‌دانند؛ برای نمونه، آسیا و اروپا از دیدگاه فیزیکی بخشی از یک سرزمین هستند، اما از دیدگاه فرهنگی متفاوت هستند. جزایر واقع در نزدیکی قاره‌ها، بخشی از آن قاره محسوب می‌شوند؛ برای نمونه، گرینلند از دیدگاه سیاسی بخشی از اروپا و از دیدگاه جغرافیایی بخشی از آمریکای شمالی است. برخی از جزایر مانند نیوزیلند، هوائی و پلی‌نزی نیز بخشی از قاره محسوب نمی‌شوند. اقیانوسیه[پ۱۰] نام مجموعهٔ سرزمین‌های اقیانوس آرام است. اقیانوسیه نامی مناسب برای این سرزمین‌ها به استثنای استرالیا است که این سرزمین‌ها بخشی از قاره نیستند و اقیانوسیه نیز یک قاره محسوب نمی‌شود.[۱۲] کوه اورست مرتفع‌ترین کوه زمین و بلندترین نقطه کره زمین با ارتفاع ۸،۸۵۰ متر (۲۹،۰۳۵ فوت) است که در رشته‌کوه هیمالیا درمنطقه خودمختار تبت چین در آسیا قرار دارد.[۱۳]

اقیانوس‌ها ۷۱ درصد سطح کره زمین را پوشانده‌اند و برای گیاهان و جانوران مهم هستند. پنج اقیانوس بر روی زمین وجود دارد: اقیانوس آرام، اقیانوس اطلس، اقیانوس هند، اقیانوس منجمد جنوبی و اقیانوس منجمد شمالی. با این حال، این پنج اقیانوس به یکدیگر متصل‌اند. در ژرفگودال ماریانا عمیق‌ترین نقطه جهان است که تا ژرفای ۱۰،۹۲۴ متر (۳۵،۸۴۰ فوت) درون زمین ادامه می‌یابد و در اقیانوس آرام قرار دارد.[۱۴]

زمین‌چهر *[ویرایش]*

نوشتار اصلی: زمین‌چهر

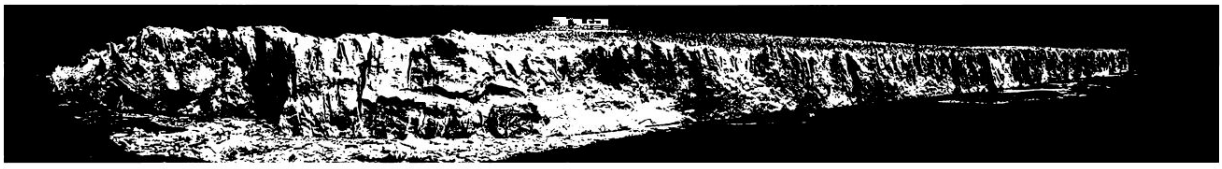
زمین‌چهر به عوارض سطح زمین مانند کوه‌ها، تپه‌ها، فلات‌ها[پ۱۱] و دشت‌ها (عوارض عمده) و همچنین تختال‌ها، ژرف‌دره‌ها، دره‌ها و حوضه‌های آبریز (عوارض جزئی) گفته می‌شود. در اثر جنبش بشقاب‌های زمین‌ساختی در زیر زمین و فشار دادن کوه‌ها و تپه‌ها زمین‌چهر ساخته می‌شود. همچنین، آب و باد با فرسایش زمین می‌تواند زمین‌چهرهایی مانند دره‌ها و ژرف‌دره‌ها بسازد. این دو فرایند طی مدت طولانی و گاهی اوقات میلیون‌ها سال روی می‌دهد. مرتفع‌ترین و بلندترین زمین‌چهر زمین، کوه اورست است. زمین‌چهرها می‌توانند به شکل رشته‌کوه‌ها و حوضه‌های آبریز زیر دریا وجود داشته‌باشند و درازگودال ماریانا عمیق‌ترین زمین‌چهر بر روی زمین است.[۱۵]

کوه اورست، بلندترین کوه و مرتفع‌ترین نقطه بر روی کره‌ٔ زمین

آتشفشان تاوورووور در حال فعال شدن

- **زمین‌چهر کوهستانی:** زمین‌چهر کوهستانی از محیط پیرامون خود بلندتر و برجسته‌تر است و شامل دامنه‌ٔ شیب‌دار و قله و به طور کلی بزرگتر از تپه است. کوه‌ها به ندرت به صورت جداگانه و معمولاً به صورت زنجیره‌ای دراز دیده می‌شوند. هنگامی که زنجیره‌ای از کوه‌ها به یکدیگر متصل باشند، یک رشته‌کوه پدید می‌آید. پهناوری رشته‌کوه‌ها به ده‌ها تا صدها کیلومتر می‌رسد و از پیرامون خود بلندتر هستند و کوه‌ها توسط دره‌ها از یکدیگر جدا می‌شوند. در بسیاری از رشته‌کوه‌ها، فلات‌هایی قرار دارند.[۱۶]
- **زمین‌چهر قاره‌ای:** زمین‌چهر قاره‌ای به هر یک از عوارض مکان‌نگاری زمین گفته می‌شود که از این عوارض می‌توان به کوه‌ها (از جمله مخروط‌های آتشفشانی)، فلات‌ها و دره‌ها اشاره کرد.[۱۷]
- **زمین‌چهر رودخانه‌ای:** زمین‌چهر رودخانه‌ای حاصل از حرکت آب روی زمین است. جریان آب مهم‌ترین فرایند بیرونی شکل‌دادن به سطح زمین است. زمین‌چهر رودخانه‌ای ممکن‌است مانند دشت‌های سیلابی، مخروط افکنه‌ها و دلتاها، رسوبی باشند یا مانند دره‌ها و تنگه‌ها، فرسایشی باشند.[۱۸]
- **زمین‌چهر رسوب رودخانه‌ای:** فرایندهای رسوب رودخانه‌ای، زمین‌چهر رسوب رودخانه‌ای پدیدمی‌آورد. زمین‌چهر رسوب رودخانه‌ای تقریباً در همه جای زمین یافت می‌شود و دو نوع دارد: زمین‌چهرهایی که توسط فرایندهای رسوب رودخانه‌ای کنده می‌شوند (فرسایشی) و زمین‌چهرهایی که توسط فرایندهای رسوب رودخانه‌ای ساخته می‌شوند (رسوبی). دره‌ها از عوارض فرسایشی و دشت‌های سیلابی و سدهای ساحلی از عوارض رسوبی این زمین‌چهر هستند.[۱۹]
- **زمین‌چهر یخچالی:** زمین‌چهر یخچالی حاصل از روان شدن یخ (آب ذوب‌شده) است. امروزه، چندین زمین‌چهر در مناطق یخ‌بسته مانند گرینلند، قطب جنوب و بسیاری از رشته‌کوه‌های مرتفع در زمین شکل گرفته‌است. علاوه بر این، یخچال‌های طبیعی در طول تاریخ زمین گسترش بسیاری یافته‌اند و زیاد شده‌اند. در بازپسین عصر یخبندان که حدود ۲۰،۰۰۰ تا۱۵،۰۰۰ سال پیش به پایان رسید، بیش از ۳۰ درصد از سطح زمین توسط یخ پوشیده شده‌بود.[۲۰]
- **زمین‌چهر اقیانوسی و کرانه‌ای:** کرانه (ساحل) منطقه‌ای از زمین است که توسط عمل امواج و جریان‌ها ساخته شده‌است.[۲۱] بیشتر کف اقیانوس‌ها دور از دسترس نور خورشید و چشم انسان است و زهکشی آب دریاها، وجود رشته‌کوه‌ها و دشت‌های پهناور در کف دریاها نشان داده‌است.[۲۲]
- **زمین‌چهر آتشفشانی:** زمین‌چهر آتشفشانی دارای مناظر آتشفشانی متنوع است که قابل تشخیص‌ترین این مناظر، آتشفشان‌ها، کاسه‌های آتشفشانی و گنبدهای گدازه هستند. زمین‌چهرهای آتشفشانی در اندازه، شکل، ترکیب پیشینه‌ٔ فوران با یکدیگر فرق دارند. [۲۳]

زمین‌چهر بادی: زمین‌چهر بادی از فرسایش یا رسوب[۲۴] عوارض زمین توسط باد ساخته شده‌است[۲۵] و از فرسایش یا رسوب مواد سطحی توسط باد تشکیل شده‌است. این زمین‌چهر شامل برخی از عوارض زمین ریختی مانند تپه‌های شن و ماسه و سنگفرش‌های بیابانی است.[۲۴]



سراسر نمای یخچال طبیعی پریتو مورنو [پ ۱۲] در پارک ملی لُس‌گلاسیرز، جنوب آرژانتین

تغییرات بشر *[ویرایش]*

نوشتار اصلی: آنتروپوسین

آنتروپوسن نام عصری غیررسمی در زمین‌شناسی است که در سومین بخش کواترنری (۲٫۶ میلیون سال پیش-تاکنون) قرار دارد و محدودهٔ آن از نیمهٔ دوم سدهٔ هجدهم-تاکنون است. آنتروپوسین عصری است که تغییرات گستردهٔ انسان خردمند بر سطح زمین، جو زمین، اقیانوس‌ها و چرخه‌های طبیعی آغاز شد. چندی از دانشمندان استدلال می‌کنند که آنتروپوسین باید دنباله‌ٔ عصر هولوسین (۱۱٫۷۰ سال پیش-تاکنون) باشد.[۲۶]

لایه‌های زمین [ویرایش]

زمین دارای سه لایه‌ٔ پوسته، گوشته و هسته است.[۲۷] شعاع متوسط کرهٔ زمین (از پوسته تا مرکز هسته) برابر با ۶٬۳۷۱٫۰۰ کیلومتر (۳٬۹۵۸٫۸ مایل) و با نماد علمی ۱۰ $\times$ ۶٫۳۷۱۰ کیلومتر است.[۲۸]

پوسته [ویرایش]

نوشتار اصلی: پوسته

پوسته خارجی‌ترین لایهٔ زمین و شامل دو نوع قاره‌ای و اقیانوسی است و تنها جایی است که زندگی بر روی آن جریان دارد. پوسته‌ٔ قاره‌ای زیر توده‌های زمین یافت می‌شود و کمتر از سنگ‌های چگال مانند سنگ خارا (گرانیت)[پ ۱۳] ساخته شده‌است و ۱۰ تا ۷۵ کیلومتر (۶ تا ۴۷ مایل) ضخامت دارد (ژرفا متغیر است). پوستهٔ اقیانوسی نیز در کف اقیانوس‌ها یافت می‌شود و از سنگ‌های چگال مانند بازالت[پ ۱۴] تشکیل شده‌است و حدود ۷ کیلومتر (۴ مایل) ضخامت دارد. پوستهٔ اقیانوسی قدیمی‌تر است. برخی از قدیمی‌ترین سنگ‌های جهان را در کمربند گرین استون نیو واگیتوک[پ ۱۵] در کبک، کانادا می‌توان یافت. پوسته‌ٔ قاره‌ای حدود ۴ میلیارد سال پیش شکل گرفته‌است. امّا پوسته‌ٔ قاره‌ای هنوز هم در جاهایی که پشتهٔ میانی اقیانوس نامیده می‌شود، تشکیل می‌شود.[۲۷] چگالی پوستهٔ قاره‌ای و اقیانوسی به ترتیب ۲٫۷ و ۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. پوستهٔ قاره‌ای ۰٫۳۴۷ درصد جرم زمین و ۰٫۵۵۳ درصد جرم پوسته و گوشته و هم‌چنین پوستهٔ اقیانوسی ۰٫۰۹۹ درصد جرم زمین و ۰٫۱۴۷ درصد جرم پوسته و گوشته را تشکیل می‌دهد.[۲۹] این لایه، سنگی و شکننده است و هنگام وقوع زمین‌لرزه می‌شکند.[۳۰]

پوسته‌ٔ اقیانوسی که بالای سنگ‌منطقه‌ٔ فرورانش تشکیل شده‌است، از چند لایه ساخته‌شده و رسوبات پوشاننده را شامل نمی‌شود. بالاترین لایه حدود ۵۰۰ متر (۰٫۳۱۰ مایل) ضخامت دارد و شامل گدازه‌های ساخته‌شده از بازالت است.[۳۱] پوستهٔ اقیانوسی از پوستهٔ قاره‌ای سنگین‌تر است و به طور مداوم و به آرامی در حال فرورفتن به زیر قارهٔ سبک‌تر قاره‌ای است که این فرایند مهم را فرورانش می‌نامند. در این فرایند، مجموعه و زنجیره‌ای از آتشفشان‌ها شکل می‌گیرد که قوس آتشفشانی نامیده می‌شود. در پایان پوسته‌ٔ اقیانوسی به اندازه‌ای به زیر پوسته‌ٔ قاره‌ای فرو می‌رود تا این که وارد گوشته می‌شود. هنگامی که این رخداد روی می‌دهد، پوسته ذوب می‌شود و تفتال (ماگما)[پ ۱۶] تا پشتهٔ میانی اقیانوسی بالا می‌آید و پوستهٔ اقیانوسی جدید ساخته می‌شود. این رخداد هر ۲۰۰ میلیون سال یا بیشتر روی می‌دهد که انسان آنها را می‌بیند.[۳۲]

گوشته [ویرایش]

نوشتار اصلی: گوشته

گوشته بزرگ‌ترین لایه‌ٔ زمین است[۳۲] که زیر پوسته واقع‌شده[۳۳] و از ژرفای ۱۰ کیلومتری (۶ مایلی) درون زمین آغاز شده و تا ژرفای ۲٬۸۹۰ کیلومتری (۱٬۸۰۶ مایلی) درون زمین ادامه می‌یابد و ضخامت آن حدود ۲٬۹۰۰ کیلومتر (۱٬۸۰۲ مایل) است. گوشته به چهار لایه تقسیم می‌شود: سنگ‌کره، سست‌کره، گوشتهٔ بالایی و گوشتهٔ پایینی. گوشته ۶۷٫۳ درصد جرم زمین را تشکیل می‌دهد و دمای آن بیش از ۱۰۰۰ سانتی‌گراد است.[۳۳] سنگ‌های نیمه جامد بسیار گرم و چگال، گوشته را می‌سازند[۳۳] و آهن، منیزیم، آلومینیم، سیلیکون، اکسیژن و ترکیبات سیلیکات[پ ۱۷] در این لایه وجود دارد.[۳۰]

از آن‌جا که زمین برای کشف مستقیم بیش از اندازه عمیق است، دانشمندان برای شناسایی گوشته از امواج لرزه‌ای استفاده می‌کنند. امواج لرزه‌ای توسط مواد گوناگون با سرعت‌ها و قدرت‌های گوناگون حرکت می‌کنند. شکافی ناگهانی میان امواج آهسته‌تر و سریع‌تر وجود دارد که این شکاف نشانه‌ٔ مرز میان پوسته و گوشته است و ناپیوستگی موهوروویچیچ[پ ۱۸] (یا موهو)[پ ۱۹] نام دارد. در ژرفای ۲٬۹۰۰ کیلومتری (۱٬۸۰۲ مایلی) درون زمین، امواج اس که نمی‌توانند در مواد مایع به راه خود ادامه دهند، به طور ناگهانی ناپدید می‌شوند و امواج پی نیز می‌شکنند (خم می‌شوند). این بخش ناپیوستگی گوتنبرگ[پ ۲۰] نام دارد و نشانه‌ٔ پایان گوشته و آغاز هسته‌ٔ مایع زمین است.[۳۳]

سنگ‌کره (لیتوسفر) *[ویرایش]*

نوشتارهای اصلی: سنگ‌کره و زمین‌ساخت بشقابی

صفحه‌های اصلی زمین[۳۴][۳۵]

مساحت $10^6\ km^2$	نام صفحه
۱۰۳٫۳	صفحهٔ اقیانوس آرام
۷۵٫۹	صفحهٔ آمریکای شمالی
۶۷٫۸	صفحهٔ اوراسیا
۶۱٫۳	صفحهٔ آفریقا
۶۰٫۹	صفحهٔ جنوبگان
۴۷٫۲	صفحهٔ هند-استرالیا
۴۳٫۶	صفحهٔ آمریکای جنوبی

سنگ‌کره (لیتوسفر)[پ ۲۱] بخش خارجی سفت و سخت[۳۶] زمین است و جنس آن جامد است. سنگ‌کره حدود ۱۰۰ کیلومتر (۶۰ مایل) در بیش‌تر نقاط عمیق زمین نفوذ می‌کند و شامل بخش‌های بالایی شکنندهٔ‌گوشته و پوسته است.[۳۷] سنگ‌کره تمام سطح کرهٔ‌زمین از بالای کوه اورست تا انتهای دره‌های ماریانا را پوشش می‌دهد و از کانی‌ها تشکیل شده‌است.[۳۸] ضخامت سنگ‌کره به سن آن بستگی دارد (سنگ‌کرهٔ‌قدیمی‌تر، ضخیم‌تر است). سنگ‌کره در زیر پوسته به اندازه‌ای شکننده است که در برخی مناطق مانند یک بشقاب اقیانوسی فرو رانده می‌تواند توسط گسل، زمین‌لرزه ایجاد کند.[۳۹] زمین به طور کلی دارای دو نوع سنگ‌کرهٔ‌اقیانوسی و قاره‌ای است.[۴۰]

سنگ‌کره همیشه به آرامی در حال حرکت است و به صفحات زمین‌ساختی تکه‌تکه شده‌است. بخش‌گوشته‌ٔ سنگ‌کره، جنبش صفحات را آسان‌تر می‌کند. جنبش سنگ‌کره (زمین‌ساخت بشقابی) عامل بسیاری از رویدادهای چشمگیر زمین‌شناسی است و وقتی که یک بشقاب (صفحه) زیر بشقابی دیگر حرکت می‌کنند یا دو بشقاب به یک‌دیگر مالش داده می‌شوند، می‌توانند زمین‌لرزه و آتشفشان ایجاد کنند.[۳۷] شش صفحهٔ‌بزرگ در قاره‌ها (به ویژه آمریکای شمالی، آفریقا و قطب جنوب) وجود دارد. اگرچه صفحه‌های کوچک برای شکل‌دادن به زمین مهم نیستند، اما صفحهٔ‌کوچکی مانند صفحهٔ خوآن دو فوکا[پ ۲۲] مسئول آتشفشان‌های اقیانوس آرام در شمال‌غربی ایالات متحده آمریکا است.[۴۱]

سه نوع مرز زمین‌ساختی به نام‌های واگرا، همگرا و دگرگون وجود دارد. مرز واگرا زمانی روی می‌دهد که دو صفحهٔ زمین‌ساخت از هم دور شوند. در طول این مرز، گدازه‌ها از شکاف‌های طولانی فوران می‌کنند و آب‌فشان‌ها، آب بسیار گرم را به بیرون پرتاب می‌کنند و زمین‌لرزه‌های مکرر روی می‌دهد و تفتال (ماگما) از شکاف خارج می‌شود. تفتال پس از خارج شدن از شکاف، به سنگ جامد تبدیل می‌شود پوسته‌ٔ جدید در لبه‌های جدا شده‌ٔ صفحات شکل می‌گیرد. تفتال به بازالت (سنگ تیره و متراکم زمینه‌ٔ کف اقیانوس‌ها) تبدیل می‌شود و این‌گونه در مرزهای واگرا، پوسته‌های اقیانوسی ساخته‌شده از بازالت ایجاد می‌شود. مرز همگرا زمانی روی می‌دهد که دو صفحه‌ٔ زمین‌ساخت به هم نزدیک شوند که در این صورت دو صفحه به یک‌دیگر برخورد می‌کنند.[۴۲] در برخورد دو سنگ‌کرهٔ‌اقیانوسی، صفحه‌ای که قدیمی‌تر است، سردتر و چگال‌تر است و غرق خواهد شد.[۴۳] و به زیر صفحهٔ‌دیگر فرومی‌رود و یک گودال (مانند درازگودال ماریانا) و آتشفشان شکل می‌گیرد. در برخورد یک سنگ‌کرهٔ‌اقیانوسی و قاره‌ای، سنگ‌کرهٔ‌چگال‌تر (اقیانوسی) به زیر سنگ‌کرهٔ‌اقیانوسی فرومی‌رود. در این برخورد، گودال، زمین‌لرزه‌های ویران‌کننده ایجاد می‌شود و گدازه به سمت بالای کوه می‌آید و قوس آتشفشانی پدیدمی‌آورد و کوه‌ها بالا می‌آیند. در برخورد دو سنگ‌کرهٔ‌قاره‌ای، به دلیل نسبتاً سبک بودن سنگ‌های قاره‌ای و ایستادگی در برابر حرکت رو به پایین، هیچ‌کدام به زیر دیگری فرونمی‌روند. اما پوسته به چین خوردن تمایل پیدا می‌کند و سمت بالا یا کنار را تحت فشار قرار می‌دهد.[۴۴] در مرز دگرگون، لبه‌های صفحات به یک‌دیگر ساییده می‌شوند.[۴۵][۴۶]

سست‌کره (استنوسفر) *[ویرایش]*

نوشتار اصلی: استنوسفر

سست‌کره (استنوسفر)[پ ۲۳] بخش نرم کرهٔ‌زمین که زیر سنگ‌کره واقع‌شده و بخش‌هایی مانند گوشتهٔ‌بالایی را دربر می‌گیرد.[۴۷] این لایه از حدود ۱۰۰ کیلومتری (۶۰ مایلی) درون زمین آغاز شده و تا ۷۰۰ کیلومتری (۴۵۰ مایلی) درون زمین گسترش می‌یابد و تصور می‌شود که این لایه بسیار گرم‌تر از سنگ‌کره و به حالت مایع باشد.[۴۸]

اگرچه سنگ‌های سست‌کره جامد هستند، اما در پاسخ به تغییر شکل، روان و جاری می‌شوند. دلیل روان شدن این سنگ‌ها نیز دمای بالاتر از ۳۰۶درجه‌ٔ سانتی‌گرادی در اعماق زمین است. از دیدگاه ترکیب شیمیایی، اگر بخش‌های بالایی سست‌کره سرد شود، جزئی از

سنگ‌کره به شمار می‌رود.[۴۹] تصور می‌شود که سست‌کره از سنگ‌های چگال مانند پریدوتیت‌ها[ب ۲۴] ساخته شده‌باشد. این گمانه‌زنی از آن‌جا ریشه می‌گیرد که گدازه در فعالیت‌های آتشفشانی سست‌کره را ذوب می‌کند و به سطح زمین می‌رسد. گدازه‌ای با ترکیب مشابه این نوع گدازه می‌تواند از ذوب پریدوتیت‌ها به دست آمده‌باشد.[۵۰]

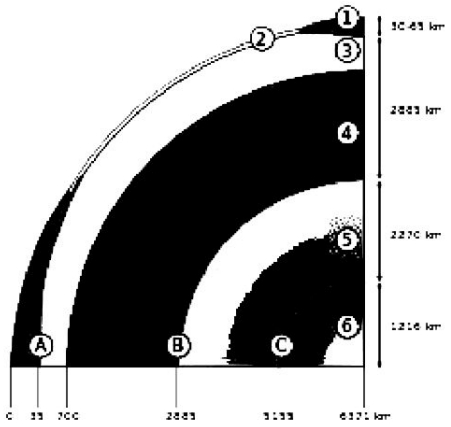
در سست‌کره، تعادل میان دما و فشار به گونه‌ای است که سنگ‌ها دارای استحکام کمی هستند. در گوشته، امواج لرزه‌ای سرعت و شتاب سست‌کره را می‌کاهند تا بتوانند از آن بگذرند و به این دلیل، سست‌کره را با «شتاب کم» نیز

جامد و هسته خارجی، مایع است. قطر آن ۲۵۶۰ کیلومتر و دمای آن ۸۰۰ درجه سانتی گراد است. فاصله آن از سطح زمین ۶۳۳۶

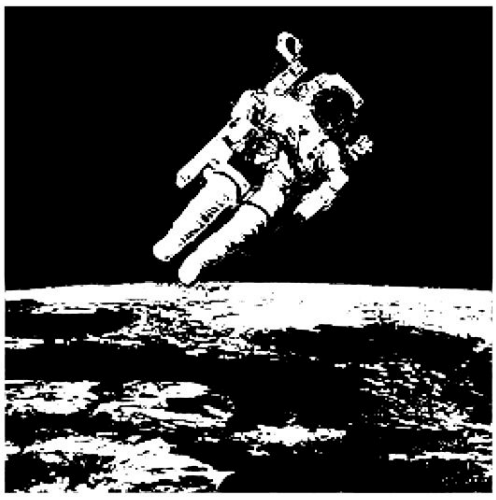
هسته‌ٔ بیرونی زمین از ژرفای ۲،۸۹۰ کیلومتری (۱،۸۰۶ مایلی) آغاز شده و تا ژرفای ۵،۱۵۰ کیلومتری (۳،۲۱۹ مایلی) زمین ادامه

از آن جا که زمین، توپی فلزی (هسته) در وسط خود داردهمه‌ٔ این سیاره مغناطیسی است، و دانشمندان بر این باورند که هسته‌ٔ بیرونی همان چیزی است که میدان مغناطیسی زمین را کنترل می‌کند. میدان مغناطیسی زمین مانند یک حباب عمل می‌کند و از زمین در برابر

هسته ٔدرونی[ویرایش]



:نمایی شماتیک از درون زمین
پوسته- ٔقاره‌ای :۱
پوسته- ٔاقیانوسی :۲
گوشته- ٔبالایی :۳
گوشته- ٔپایینی :۴
هسته- ٔبیرونی :۵
هسته- ٔدرونی :۶
ناپیوستگی موهوروویچیچ (موهو) :A
ناپیوستگی گوتنبرگ :B
ناپیوستگی لهمان[پ ۲۵] :C



بروس مک‌کندلس دوم[پ ۲۶] در یک راهپیمایی فضایی طی مأموریت اس‌تی‌اس-۴۱-بی[پ ۲۷]

نوشتار اصلی: هسته درونی

هسته- ٔدرونی زمین از حدود ۶٬۶۴۰ کیلومتر (۴٬۰۰۰ مایل) زیر پوسته آغاز شده و حدود ۱٬۲۸۰ کیلومتر (۸۰۰ مایل) ادامه می‌یابد. در هسته- ٔزمین، دما و فشار به اندازه‌ای زیاد است [۵۶] (دمای ۶٬۰۰۰°سانتی‌گراد[۵۷][پ] و فشار ۴۵٬۰۰۰ پوند بر اینچ مربع) که فلزات فشرده می‌شوند و می‌توانند مانند یک مایع حرکت‌کنند و در جاهایی که به شکل جامد هستند، وادار به لرزش هستند.[۵۶]

هسته‌ٔ درونی عمدتاً از آهن ساخته شده‌است. اگرچه دما درهسته‌ٔ درونی بسیار زیاد است، اما به دلیل فشار بسیار زمین، آهن نمی‌تواند ذوب شود و جنس هستهٔ‌درونی جامد است. هسته به طور منظم در حال حرکت است و می‌چرخد و دانشمندان بر این باورند درونی سریع‌تر ازقیه‌ٔ بخش‌های زمین می‌چرخد. [۵۲]

تاکنون هر آنچه کهربارهٔ هسته‌ٔ درونی زمین مشخص شده‌است، از مطالعات ردیابی امواج لرزه‌ای (امواجی که از سطح زمین به درون زمین رفته‌اند) به دست آمده‌است. این مطالعات نشان داده‌اند که سفر بهسته‌ٔ درونی از هر راستایی یکسان نیست و این نشان می‌دهد که جاهای مختلفهسته‌ٔ درونی نیز یکسان نیست. [۵۸]

با توجه به برخی از بررسی‌های اخیر، شماری از فیزیکدانان ترجیح داده‌انهسته‌ٔ داخلی زمین را نه به عنوان یک جامد، بلکه به عنوان یک «پلاسما با رفتاری جامدگونه» بدانند.[۵۹]

ویژگی‌های فیزیکی[ویرایش]

گرانش زمین[ویرایش]

نوشتار اصلی: گرانش زمین

در دانش مکانیک، گرانش نیرویی جهانی است کههمهٔ مواد را جذب می‌کند. این نیرو تا حد زیادی ضعیف‌ترین نیروی شناخته‌شده در طبیعت است که هیچ نقشی در تعیین ویژگی‌های درونی مواد ندارد. از سوی دیگر، این نیرو مدار سیاراتمنظومهٔ خورشیدی را کنترل می‌کند و در جاهای دیگر، ساختار ستارگان، کهکشان‌ها و کل کیهان را حفظ می‌کند. بر روی زمینهمهٔ اجسام دارای وزن هستند و متناسب با جرم آن اجسام، زمین بر روی آن‌ها نیروی گرانش اعمال می‌کند.[۶۰]

در آغاز سدهٔشانزدهم میلادی، ستارشناسانی مانند گالیلئو گالیله و تیکو براهه کشف کردند که زمین و سیارات دیگر به دور خورشید می‌چرخند و یوهانس کپلر[پ ۲۸] نشان داد که سیارات در یک مدار بیضی‌شکل (نه دایره‌ای شکل) به دور خورشید می‌چرخند. اما سؤال این بود که چرا سیارات در مداری بیضی‌شکل به دور خورشید می‌چرخند و سرانجام آیزاک نیوتن گرانش زمین را کشف کرد. افسانه‌ای می‌گوید که وقتی نیوتن دید که سیبی در حال افتادن استدربارهٔ نیروهای طبیعت به فکر افتاد و متوجه‌شد که نیرویی باید وجود داشته‌باشد که بر روی سیب در حال سقوط اثر بگذارد؛ در غیر این صورت، سیب شروع به حرکت نمی‌کند. او همچنین متوجه‌شد که ماه در مداری دور از زمین به دور زمین می‌چرخد و اگر نیرویی وجود نداشت، ماه به سمت زمین سقوط می‌کرد؛ در حالی که ماه تحت نیروی گرانش زمین به دور زمین می‌چرخد. سرانجام نیوتن این نیرو را گرانش نامید و مشخص کرد که نیروهای گرانشی میان همهٔاجرام وجود دارد.[۶۱]

مقدار گرانش زمین ثابت نیست و همراه با امتداد سطح زمین، ارتفاع زمین و حتی زمان تغییر می‌کند، اما برای سادگی از گرانش استاندارد زمین استفاده می‌شود. گرانش استاندارد زمین برابر با ۹/۸۰۶۶۵ متر بر مجذور ثانیه یا ۳۲/۱۷۴۰ فوت بر مجذور (m/s^2) است. این مقدار، گرانش متوسط در ۴۵° عرض جغرافیایی در سطح دریاست و در محاسبات مهندسی نیز استفاده می‌شود. (ft/s^2) مقدار گرانش در سطح زمین به دلایلی متفاوت است:[۶۲]

3. **چرخش زمین:** چرخش زمین نیرویی را که پا احساس می‌کند، کاهش می‌دهد؛ بنابراین، انسان احساس می‌کند که در خط استوا سبک‌تر از قطب‌های زمین است. چرخش زمین حدود ۰٫۰۳± متر بر مجذور ثانیه بر گرانش اثر می‌گذارد.
4. **ارتفاع از سطح دریا:** در ارتفاعات بالاتر، چون اجسام دورتر از مرکز زمین هستند، گرانش زمین بر آن‌ها کمتر است؛ به طوری که در ارتفاع حدود ۱٫۰۰۰ متر، گرانش زمین بر اجسام حدود ۰٫۰۰۰۱ متر بر مجذور ثانیه کاهش می‌یابد.
5. **تفاوت جرم:** گرانش تابع جرم است و چون توده هوا یکنواخت نیست، گرانش نیز متغیر است. اندازه‌گیری‌های انجام‌شدهشان می‌دهد که جرم حدود ۰٫۰۰۰۶± متر بر مجذور ثانیه بر مقدار گرانش (نسبت به وزن طبیعی) اثر می‌گذارد.
6. **جزر و مد:** تغییرات جزر و مدی (با توجه به کشش گرانشی خورشید و ماه) منجر به تغییر حدود ۰٫۰۰۰۰۰۳± متر بر مجذور ثانیه در گرانش می‌شود.

دما و فشار زمین[ویرایش]

با افزایش ژرفای زمین، دما و فشار زمین نیز افزایش می‌یابد.[۶۳] به طوری که با افزایش یک کیلومتر ژرفای زمین، دما ۲۵° سانتی‌گراد و فشار حدود ۲۵ اتمسفر[پ] افزایش می‌یابد.[۶۴] عامل این افزایش فشار و دما، وزن لایه‌های زمین است و فشار و دما حالت لایه‌های زمین را مشخص می‌کند.[۶۵]

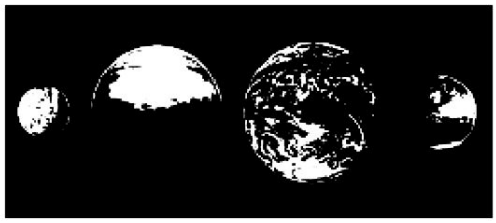
در نزدیکی سطح زمین، فشار و دما کم است. برآورد شده‌است که دمای مرکز زمین حدود ۴٬۰۰۰ تا ۷٬۰۰۰ سانتی‌گراد و با اندازه‌ٔ دمای سطح خورشید است. در این دما، سنگ و آهن به صورت جامد باقی می‌مانند. در ژرفای ۵۰ کیلومتری، میزان فشار نزدیک به ۲۰۰٫۰ پوند بر اینچ مربع است. در حالی که میزان فشار معمولی در لاستیک خودروها، حدود ۳۵ پوند بر اینچ مربع است. قراردادن فشار ۲۰۰٬۰۰۰ پوند بر اینچ مربع در لاستیک خودرو، موجب ترکیدن لاستیک و تبدیل آن به قطعات بسیار کوچک می‌شود.[۶۶] در پوسته، صفحات زمین‌ساختی معمولاً به صورت هموار حرکت می‌کنند، اما گاهی اوقات به یک‌دیگر برخورد می‌کنند و فشار حاصل می‌شود و زمین‌لرزه روی می‌دهد.[۶۷]

جرم، حجم و چگالی زمین[ویرایش]

جرم زمین بر پایه‌ٔ لایه‌ها[۳۰]

لایه	درصد از جرم زمین
پوسته	۰٫۴۷۳
گوشته	۶۷٫۳
هسته‌ٔ بیرونی	۳۰٫۸
هسته‌ٔ درونی	۱٫۷

جرم زمین برابر با ۵٬۹۷۲٬۱۹۰٬۰۰۰٬۰۰۰٬۰۰۰٬۰۰۰٬۰۰۰ کیلوگرم و با نماد علمی $۵٫۹۷۲۲×۱۰^{۲۴}$ کیلوگرم است.[۲۸] زمین تنها جرم بخشی از اجرام دیگر منظومه‌ٔشمسی را دارد؛ برای نمونه، جرم خورشید ۳۳۳٬۰۰۰ بار و جرم سیاره‌ٔبرجیس ۳۱۸ بار بیشتر از زمین است. اجرام دیگری نیز در منظومه‌ٔشمسی وجود دارند که بخشی از جرم زمین را دارند؛ برای نمونه، سیاره‌ٔبهرام تنها ۱۱ درصد جرم زمین را دارد.[۶۸]



مقایسه‌ٔ زمین با سیارات درونی دیگر سامانه‌ٔ خورشیدی. از راست به چپ: بهرام، زمین، ناهید، تیر

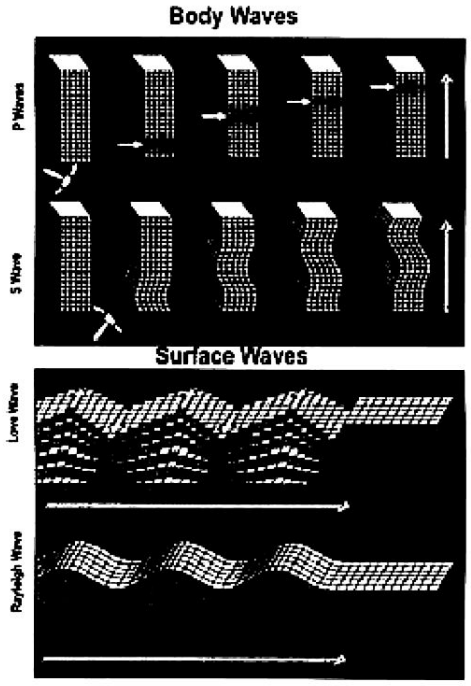
حجم زمین برابر با ۱٬۰۸۳٬۲۰۶٬۹۱۶٬۸۴۶ کیلومتر مربع (۲۵۹٬۸۷۵٬۱۵۹٬۵۳۲ مایل مربع) و با نماد علمی $۱٫۰۸۳۲۱×۱۰^{۱۲}$ کیلومتر مربع است.[۲۸] زمین بزرگ‌ترین سیاره از میان چهار سیاره‌ٔ درونی است؛ هر چند که در مقایسه با غول‌های گازی بسیار کوچک است. سیاره‌ٔ تیر کوچک‌ترین سیاره‌ٔ منظومه‌ٔ شمسی است و حجم آن برابر با ۵/۴ درصد حجم زمین است. حجم سیاره‌ٔ ناهید برابر با ۸۶ درصد حجم زمین است و حجم این سیاره بیش از هر سیاره‌ٔ دیگری به زمین نزدیک است. حجم سیاره‌ٔ بهرام برابر با ۱۵ درصد حجم زمین است و می‌توان بیش از شش سیاره به اندازه‌ٔ مریخ را درون زمین جای داد. سیاره‌ٔ برجیس بزرگترین سیاره‌ٔ منظومه‌ٔ شمسی است و می‌توان ۱۳۲۱ سیاره به اندازه‌ٔ زمین را درون آن جای داد. سیاره‌ٔ کیوان نیز دومین سیاره‌ٔ بزرگ منظومه‌ٔ شمسی است و می‌توان ۷۶۴ سیاره به اندازه‌ٔ زمین را درون آن جای داد.[۶۹]

چگالی زمین برابر با ۵٫۵۱۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.[۲۸] این عدد، چگالی متوسط همه‌ٔ مواد در زمین است و این سیاره چگال‌ترین سیاره در منظومه‌ٔ شمسی است. اگر فشرده‌سازی گرانشی که عامل چگال بودن زمین است، وجود نداشت، سیاره‌ٔ تیر که دومین سیاره‌ٔ چگال منظومه‌ٔ شمسی است، چگال‌ترین سیاره‌ٔ این منظومه ساده می‌شود.[۷۰] (g/cm) به گرم بر سانتی‌متر (kg/km) می‌شد. چگالی زمین با تقسیم جرم زمین بر حجم آن محاسبه و سپس از کیلوگرم بر کیلومتر

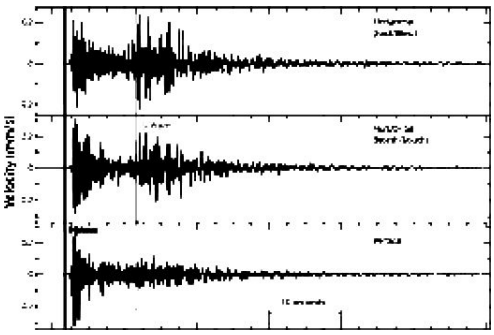
پدیده‌ها و بلایای طبیعی[ویرایش]

- **زمین‌لرزه: هر لرزش ناگهانی زمین ناشی از عبور امواج لرزه‌ای از میان سنگ‌های زمین است. هنگامی که انرژی در پوسته‌ٔ زمین ذخیره می‌شود، امواج لرزه‌ای تولید می‌شود. این امواج در اثر آزاد شدن، بر سنگ‌های زمین فشار می‌آورند و در اثر شکستی و لغزش این سنگ‌ها، زمین‌لرزه رخ می‌دهد. زمین‌لرزه اغلب در امتداد گسل‌های زمین‌شناسی رخ می‌دهد.** بزرگ‌ترین خطوط‌های گسل زمین در حاشیه‌ٔ کنارهٔ اقیانوس‌ها قرار دارند. [۷۱]
- **سونامی: معمولاً توسط یک زمین‌لرزه یا لغزش زیر آبی و ساحلی یا فوران آتشفشان رخ می‌دهد و شامل امواج فاجعه‌بار اقیانوسی است. پس از رخ‌دادن زمین‌لرزه یا برخی پدیده‌های طبیعی دیگر، امواج نوسانی ساده‌ای بر روی سطح اقیانوس‌ها شکل می‌گیرد و گسترش می‌یابد. سرعت سونامی در آب‌های عمیق می‌تواند تا ۸۰۰ کیلومتر بر ساعت (۵۰۰ کیلومتر بر ساعت) برسد.** طول موج این امواج حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلومتر (۶۰۰ تا ۱۲۰ مایل) و دامنهٔ (ارتفاع) آن‌ها ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر (۱ تا ۲ فوت) و دورهٔ آن از ۵ دقیقه تا بیش از ۱ ساعت است. [۷۲]
- **سیل: بالا آمدن آب بر روی زمین به ویژه زمین خشک است، مانند این که رودخانه** دشتی را غرق می‌کند و یک دشت سیلابی پدید می‌آورد. [۷۳]
- آتشفشان: فوران و بیرون ریختن گدازه و سنگ‌های گداخته در پوستهٔ زمین است. با این که فوران‌های آتشفشانی جذاب و تماشایی هستند، می‌تواند جان و مال مردم را به ویژه در مناطق پرجمعیت جهان بگیرد. گاهی اوقات با آغاز تجمع تفتال (ماگما) در مخازن نزدیک سطح زمین و پیش از بیرون ریختن از زمین، ممکن است زمین‌لرزه‌های کوچکی رخ دهد. [

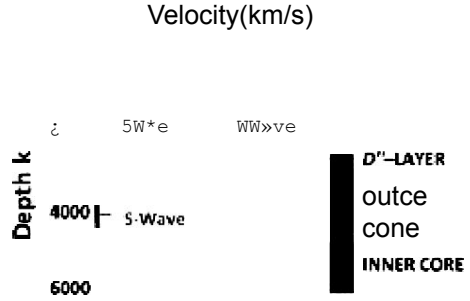
این مقاله دربارهٔ امواج در درون زمین است. برای امواج اقیانوسی که گاهی «امواج لرزه‌ای دریا» نامیده می‌شوند، سونامی را ببینید.



امواج درونی و امواج سطحی



امواج پی و اس در یک لرزهنگاشت



سرعت امواج لرزه‌ای در زمین به نسبت ژرفا. سرعت ناچیز موج اس در هسته بیرونی به دلیل مایع‌بودن آن است، ولی در هسته درونی جامد سرعت موج اس بالاتر

امواجی از انرژی هـ ۱۳۰ که از درون زمین عبور می‌کنند. این امواج نتیجه (به انگلیسی: Seismic wave) **موج لرزه‌ای زمین‌لرزه**، فوران آتشفشانی، حرکت ماگما، زمین‌لغزش‌های بزرگ و انفجارهای بزرگ انسانی هستند که انرژی صوتی با فرکانس پایین از آنها پخش می‌شود. چندین عامل طبیعی و انسانی دیگر باعث انتشار امواج با دامنه کوتاه می‌شوند که عموماً با نام لرزش‌های محیطی شناخته می‌شوند. امواج لرزه‌ای در دانش لرزه‌شناسی که بخشی از ژئوفیزیک ا.۳۱، مطالعه می‌شوند. این امواج توسط دستگاه‌های لرزه‌سنج، هیدروفون (در آب) یا شتاب‌سنج ضبط و اندازه‌گیری می‌شوند.

سرعت انتشار امواج لرزه‌ای به چگالی و کشسانی محیط انتشار بستگی دارد. سرعت این امواج با افزایش ژرفای زمین افزایش می‌یابد و

زمین‌لرزه باعث ایجاد انواع مشخصی از امواج با سرعت‌های متفاوت می‌شود. تفاوت در سرعت فاز این امواج در هنگام رسیدن به دستگاه‌های لرزه‌نگار به دانشمندان کمک می‌کند تا بتوانند موقعیت منشأ این امواج که کانون زمین‌لرزه نامیده می‌شود را تعیین کنند. در ژئوفیزیک، انکسار و انعکاس امواج لرزه‌ای در مطالعه ساختار

- امواج درونی ۱۱
  - امواج سطحی ۱۲
    - امواج ریلی ۱.۲.۱
    - امواج لاو ۱۲۲
  - امواج پی و اس در گوشته و هسته زمین ۱۳

- منابع۴

انواع[ویرایش]

در میان انواع مختلف امواج لرزه‌ای، امواج درونی که از درون زمین می‌گذرند و امواج سطحی که بر روی سطح زمین حرکت می‌کنند، دو نوع مشخص و متمایز هستند. حالت‌های دیگر انتشار موج نیز وجود دارد که گرچه نسبت به امواج با منشأ زمینی اهمیت کمتری دارند ولی در اختر لرزشناسی اهمیت دارند.

- امواج درونی در قسمت داخلی زمین حرکت می‌کنند.
- امواج سطحی در امتداد سطح زمین حرکت کرده و با افزایش فاصله نسبت به امواج درونی با سرعت کمتری از بین می‌روند. حرکت این امواج در سه بعد انجام می‌شود.
- حرکت ذرات در امواج سطحی بزرگ‌تر از امواج درونی است، به همین دلیل خسارت‌های ناشی از امواج سطحی بیشتر است.

امواج درونی[ویرایش]

امواج درونی در داخل زمین و در مسیری که توسط ویژگی‌هایی مانند چگالی و سختی مواد کنترل می‌شود، حرکت می‌کنند. این ویژگی‌ها به نسبت دما، ترکیب و فاز مواد تغییر می‌کنند. این اثر شبیه شکست نور است. دو نوع مختلف حرکت ذرات باعث به وجود آمدن دو نوع مختلف امواج درونی می‌شود: **امواج اولیه** و **ثانویه**.

امواج اولیه[ویرایش]

نوشتار اصلی: موج پی

موج‌های اولیه (P) امواجی هستند که به صورت موج طولی در طبیعت وجود دارند. امواج پی فشاری هستند که با سرعت بیشتری نسبت به دیگر امواج در درون زمین حرکت می‌کنند و به همین دلیل نخستین امواجی هستند که به دستگاه لرزسنج می‌رسند و از این رو امواج اولیه نامیده می‌شوند. این امواج قادر به عبور از هر جامدات و مایعات است. این امواج در هوا به شکل امواج صوتی در نوع ماده‌ای از جمله سیالات هستند و سرعت آنها حدود دو برابر امواج S می‌آیند و بنابراین با سرعت صوت حرکت می‌کنند. سرعت معمولی این امواج در هوا ۳۳۰ متر در ثانیه، در آب ۱۴۵۰ متر در ثانیه و در سنگ خارا حدود ۵۰۰۰ متر در ثانیه است.

امواج ثانویه[ویرایش]

نوشتار اصلی: موج اس

موج‌های ثانویه (S) امواجی هستند که به صورت موج عرضی در طبیعت وجود دارند. پس از روی‌دادن زمین‌لرزه، امواج S که سرعت بیشتری دارند به ایستگاه لرزه‌نگاری می‌رسند و زمین را عمود بر جهت انتشار، پس از امواج P جابه‌جا می‌کنند. موج اس بسته به جهت انتشار می‌تواند ویژگی‌های سطحی متفاوتی داشته باشد، به عنوان نمونه آن در دست صورت افقی قطبیده شده‌اند، زمین به طور متناوب از یک سمت به سمت دیگر حرکت می‌کند. موج اس فقط می‌تواند از جامدات عبور کنند و قادر به عبور از سیالات نیست. سرعت حرکت این موج کمتر از سرعت موج پی و حدود ۶۰٪ سرعت امواج اولیه در هر محیط است.

امواج سطحی[ویرایش]

امواج لرزه‌ای سطحی در امتداد سطح زمین حرکت می‌کنند. این امواج را می‌توان نوعی از امواج مکانیکی سطحی طبقه‌بندی کرد. چون این امواج با افزایش فاصله از سطح کاهش می‌یابند، به نام امواج سطحی خوانده می‌شوند. این امواج کندتر از امواج درونی (پی و اس) می‌کنند. در زمین‌لرزه‌های بزرگ، امواج سطحی می‌توانند دامنه‌ای تا چندین سانتی‌متر داشته باشند.

امواج ریلی[ویرایش]

نوشتار اصلی: موج ریلی

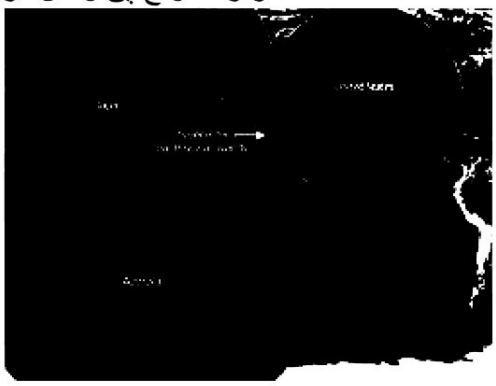
امواج ریلی دسته‌ای از امواج سطحی هستند که به شکل موجی همانند امواج سطح آب حرکت می‌کنند. سرعت امواج ریلی از امواج درونی کمتر و حدود ۹۰٪ سرعت موج اس در محیط دارای کشسانی یکسان است. سرعت امواج ریلی در محیط‌های لایه‌ای (مانند پوسته گوشته فوقانی) بستگی به بسامد و طول موج دارد.

امواج لاو[ویرایش]
نوشتار اصلی: موج لاو

موج لاو نوعی موج برشی است که در جهت افقی دچار قطبش شده است. سرعت حرکت این امواج کمی بیشتر از امواج ریلی و حدود ۹۰٪ سرعت امواج اس بوده و دامنه بزرگ‌تری دارند.

امواج پی و اس در گوشته و هسته زمین[ویرایش]
هنگامی که یک زمین‌لرزه روی می‌دهد، لرزنگارهای نزدیک رومرکز زمین‌لرزه می‌توانند هر دو موج پی و اس را دریافت کنند، ولی لرزنگارهای دورتر قادر به تشخیص فرکانس‌های بالای نخستین امواج اس نیستند. از آنجا که امواج برشی نمی‌توانند از سیالات عبور کنند، این وضعیت به عنوان شاهدی بر مایع بودن هسته بیرونی زمین به شمار می‌رود که توسط ریچارد دیکسون اولدهام بیان شده و امروزه به‌ تأیید رسیده‌ است.

کاربرد امواج پی و اس در تعیین موقعیت رویدادها[ویرایش]



با استفاده از داده‌های لرزه‌ای یک زمین‌لرزه که از حداقل سه نقطه متفاوت دریافت شده، می‌توان رومرکز و کانون زمین‌لرزه را محاسبه کرد.

در زمان روی‌دادن یک زمین‌لرزه محلی یا نزدیک، تفاوت در زمان رسیدن امواج پی و اس می‌تواند در تعیین فاصله آن رویداد به‌کار رود. زمانی که یک زمین‌لرزه در مقیاس فاصله جهانی روی می‌دهد، سه یا بیشتر از سه ایستگاه دریافت موقعیت جغرافیایی متفاوت که از ساعت یکسان استفاده می‌کنند، با ثبت زمان رسیدن امواج پی می‌توانند زمان و محل وقوع رویداد در هرجای زمین را محاسبه کنند. به طور معمول ده‌ها یا حتی صدها داده دریافت موج پی برای محاسبه کانون زمین‌لرزه به کار می‌رود.

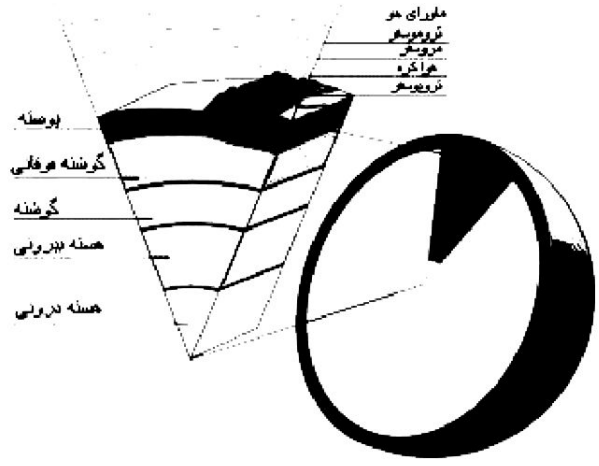
یک راه سریع برای تعیین فاصله یک نقطه نسبت به منشأ موج لرزه در فواصل کمتر از ۲۰۰ کیلومتری، محاسبه تفاوت زمان رسیدن امواج پی و اس به ثانیه و ضرب‌کردن آن عدد در ۸ کیلومتر بر ثانیه است. آرایه‌های لرزه‌ای مدرن از روش‌های پیچیده‌تری برای تعیین موقعیت زمین‌لرزه استفاده می‌کنند.

پوسته

از ویکی‌پدیا، دانشنامه‌ آزاد

پرش به ناوبر، پرش به جستجو

برای دیگر کاربردها، پوسته (ابهام‌زدایی) را ببینید.



پوسته بالایه‌ٔ سخت بیرونی سیارات می‌گویند. پوسته قسمتی از لیتوسفر است. پوسته از انواع مختلفی از سنگها ساخته شده‌است. از جمله: سنگ آذرین، سنگ رسوبی، سنگ دگرگونی. در پایین پوسته گوشته است. پوسته دارای دو بخش متفاوت است‌پوسته‌ٔ قاره‌ای و پوسته‌ٔ اقیانوسی. ضخامت پوسته در نقاط مختلف زمین بین 5تا70 کیلومتر است. پوسته قشر نسبتاً نازکی در اطراف‌کره‌ٔ زمین است. ترکیب و ساختمان پوسته در زیر قاره‌ها و اقیانوس‌ها با هم متفاوت است‌پوسته‌ٔ زمین در زیر قاره‌ها از دولایه‌ٔ سیلیسیم و آلومینیوم و سیلیسیم و منیزیم و آهن درست شده‌است.

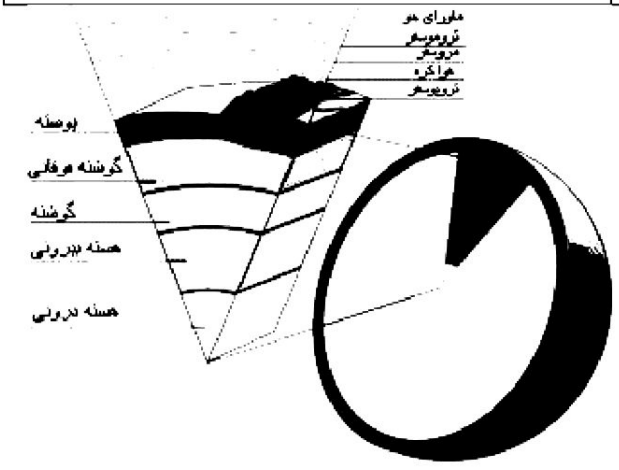
انواع ذخایر معدنی فلزی و غیرفلزی از دیگر ویژگی‌های بخش بیرونی پوسته زمین است.[1]

گوشته

از ویکی‌پدیاه‌انشنامه‌ٔ آزاد

پرش به ناوبر پیرش به جستجو

	این نوشتار **به هیچ منبع و مرجعی استناد نمی‌کند**. لطفاً با افزودن یادکرد به منابع قابل اعتماد برطبق اصول تأییدپذیری و شیوه‌نامه‌ٔ ارجاع به منابع، به بهبود این نوشتار کمک کنید. مطالب بدون منبع ممکن است به چالش کشیده شوند و حذف شوند.



گوشته یا **جُبّه** به قسمتی از زمین گویند که در فاصله ۲۹۰ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد. گوشته حدفاصل بین پوسته و هسته می‌باشد. گوشته حالتی نیمه جامد دارد و مانند خمیر می‌باشد. گوشته اطراف هسته را فرا گرفته‌است، مواد سازنده گوشته: سیلسیم، اکسیژن، آهن، منیزیم، کلسیم.

از گوشته توده‌ای داغ و صعودکننده از ماگما منشأ می‌گیرد که به آن بانه‌ٔ گوشته [۱] می‌گویند.

بخش‌ها[ویرایش]

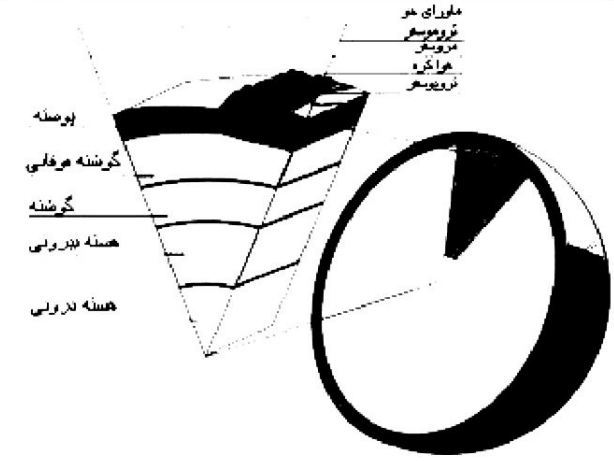
بخشی ازگوشته‌ٔ زمین در عمق کمتر از حدود ۳۰۰کیلومتر را روگوشته[۲] (گوشته فوقانی) می‌گویند. به بخشی از گوشتهٔزمین، از عمق ۷۰۰ تا ۲۹۰۰ کیلومتر را زیرگوشته[۳] گفته می‌شود. بخشی از گوشتهٔبالایی زمین، واقع در زیر سنگ‌کُره که سست است و در آن ماگما تولید می‌شود سست‌کُره[۴] نام دارد.[۵]

هسته زمین

از ویکی‌پدیاه‌انشنامه‌ٔ آزاد

پرش به ناوبر پرش به جستجو

این نوشتار **به هیچ منبع و مرجعی استناد نمی‌کند**. لطفاً با افزودن یادکرد به منابع قابل اعتماد برطبق اصول تأییدپذیری و شیوه‌نامه‌ٔ ارجاع به منابع، به بهبود این نوشتار کمک کنید. مطالب بدون منبع ممکن است به چالش کشیده شوند و حذف شوند.	

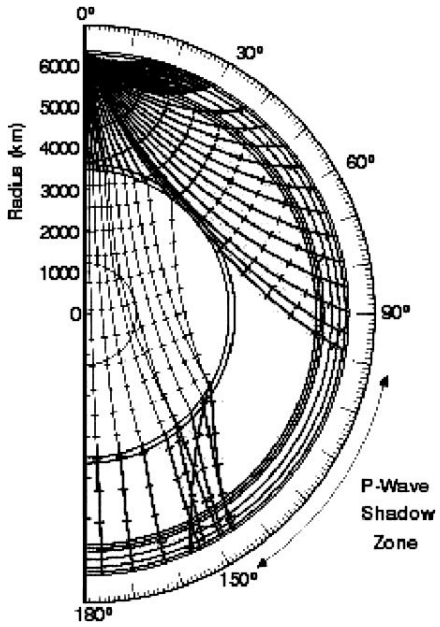


بخش مرکزی زمین هسته است**هسته‌ٔ زمین** دارای دو بخش است: هسته درونی و هسته بیرونی. هسته داخلی به دلیل فشار بسیار زیاد، جامد و هسته خارجی، مایع است. قطر آن ۲۵۶۰ کیلومتر و دمای آن۸۰۰ درجه سانتی‌گراد است اما دمای آن می تواندتا ۶۰۰۰درجه سانتی گراد هم بشود! یعنی بخش هایی از هسته (هسته درونی) گرم تر از خورشید هست. فاصله آن از سطح زمین۶۳۷۸ کیلومتر است. مواد هسته به علت فشار زیادی که بر آن وارد می‌شود، بسیار انباشته‌تر از سایر پاره زمین است. هسته بیشتر از آهن و نیکل تشکیل شده‌است. هسته زمین روی شکل‌گیری میدان مغناطیسی و قطبهای مغناطیسی کره زمین کارساز است. تقریبا ۸۴درصد هسته را آهن و مابقی را نیکل تشکیل داده است. تا به حال بشر موفق به وارد شدن به هسته ی زمین نشده است اما توانسته اطلاعات زیادی در مورد هسته به دست بیاورد. بیشتر جرم زمین را هسته ی زمین تشکیل داده است.

منطقه سایه

از ویکی‌پدیاه‌انشنامه‌ٔ آزاد

پرش به ناوبر پرش به جستجو



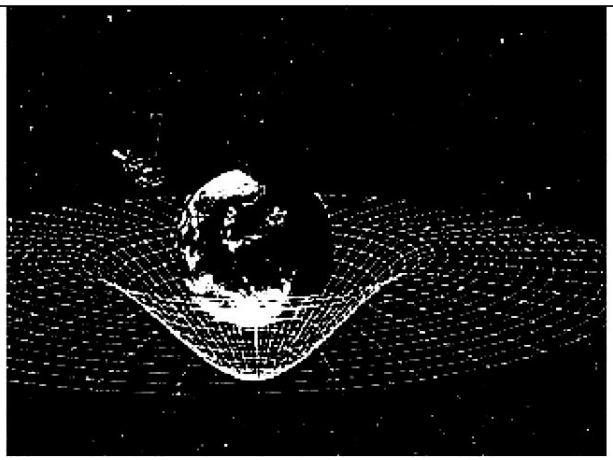
بخشی از نوشتارها درباره
زمین‌لرزه
انواع
• ○ پیش‌لرزه ○ پس‌لرزه • ○ Blind thrust • Doublet ○ بین‌ورقه‌ای ○ درون‌ورقه‌ای • ○ Meeathrust ○ Remotely triggered • ○ کند ○ زیردریایی ○ Supershear • ○ سونامی ○ گروه زمین‌لرزه
عوامل
• ○ حرکت گسل • Induced seismicity
ویژگی‌ها

o امواج لرزه‌ای
• Seismic magnitude scales • Seismic intensity scales
• Coordinating Committee for Earthquake Prediction • Forecasting
• Shear wave splithng • Adams-Williamson equation • Flinn- Enedahl regions
o Seismite

سایه لرزه‌ای به بخشی از سطح زمین گفته می‌شود که در آن دستگاه لرزه‌سنج به سختی می‌تواند یک زمین‌لرزه را پس از عبور امواج لرزه‌ای از درون زمین تشخیص دهد. هنگام رویدادن زمین‌لرزه، امواج لرزه‌ای به شکل کروی از کانون زمین‌لرزه خارج می‌شوند. امواج اولیه زمین‌لرزه توسط هسته مایع بیرونی زمین دچار شکست شده و در فاصله ۱۰۴ تا ۱۴۰ درجه‌ای (فاصله تقریبی ۱۱،۵۷۰ تا ۱۵،۵۷۰ کیلومتری) ناپدید به رومرکز زمین‌لرزه دریافت نمی‌شود. امواج ثانویه زمین‌لرزه نیز نمی‌توانند از هسته مایع بیرونی زمین عبور کرده و در فاصله بیش از ۱۰۴ درجه‌ای (تقریباً ۱۱،۵۷۰ کیلومتری) رومرکز زمین‌لرزه دریافت نمی‌شوند بخشی از امواج پی که پس از خروج از هسته بیرونی زمین به امواج اس تبدیل شده‌اند، ممکن است در فاصله بیش از ۱۴۰ درجه‌ای رومرکز زمین‌لرزه

دلیل این وضعیت آن است که سرعت امواج پی و اس به تفاوت ویژگی‌های موادی که این امواج از آن عبور می‌کنند و تفاوت روابط ریاضی در سرعت این امواج در هر محیط بستگی دارد. این سه ویژگی مواد عبارتند از ضریب تراکم‌پذیری همدما (k)، چگالی (p) و سفتی (u). سرعت موجب پی برابر $\sqrt{(k+\frac{4}{3}u)/p}$ است با در حالی که سرعت موج اس با $\sqrt{(u/p)}$ برابر است، بنابراین سرعت موج اس کاملاً به سفتی موادی که این موج از آن می‌گذرد بستگی دارد. از آنجا که مایعات فاقد سفتی هستند، سرعت موج اس در هنگام عبور از مایعات صفر می‌شود. موج پی فقط تا حدی وابسته به سفتی مواد بوده و با وجود کاهش سرعت در زمان عبور از مایعات، بخشی از سرعت خود را حفظ می‌کنند. تحلیل لرزه‌شناسی زمین‌لرزه‌های ثبت‌شده و منطقه سایه در آن‌ها در سال ۱۹۰۶ توسط ریچارد دیکسون اولدهام انجام شد و از این مطالعات چنین نتیجه‌گیری شد که هسته بیرونی زمین مایع است.

مکانیک کلاسیک
(ldisplaystyle (\vec (F))——m(\vec (a))) قوانین حرکت نیوتن
تاریخچه گاه‌شمار
بخش‌ها[نمایش]
مفاهیم پایه[نمایش]
فرمول‌سازی‌ها[نمایش]
موضوعات اصلی[نمایش]
چرخش به دور محور ثابت[نمایش]
دانشمندان[نمایش]
ن ب و



- **گرانش یا جاذبه**، یکپدیدهٔ طبیعی است که در آن همهٔ اجسامِ جِرم مند (دارای جرم) یکدیگر را جذب می‌کنند. تأثیر گرانش بر این اجسام، یعنی تأثیر جذب یک جسم جرم‌مند، بر جسم جرم‌مند دیگر، یا به درکِساده‌تر، هر

از آشنا‌ترین نمودهای گرانش فرو افتادن سیب از درخت است یا جذبِ وزنِ اشیاء فیزیکی و به کارگیری نیروی تمایل دهنده رو به پایین بر آنها. پدیدهٔگرانش معمولاًدر مقیاس‌های بزرگ یا خیلی بزرگ هنگامی که جرمِ دست‌کم یکی از اجسام درگیر، خیلی زیاد است رخ می‌نماید؛ بنابر این نمودهای گرانش در حرکت اجسام آسمانی و مسیر سیاره‌ها به گرد خورشید دیده می‌شود.

- به‌طور کلاسیک، گرانش یکی از چهار نیروی اصلی طبیعت (سه نیروی دیگر: الکترومغناطیس، نیروی هسته‌ای ضعیف و نیروی هسته‌ای قوی) شمرده می‌شود. از میان این نیروها، گرانش از همه ضعیف‌تر است از این رو در فرایندهای ریز-مقیاس که نیروهای دیگر حضور فعال دارند، اثر گرانش کاملاً قابل چشم‌پوشی است. در فیزیک معاصر نظریه نسبیت عام برای توضیح این پدیده بکار می‌رود، اما توضیح کمتر دقیق ولی ساده‌تر آن در قانون گرانش عمومی نیوتن یافت می‌شود. در اکثر فعالیت‌های روزمره، از جمله فرستادن موشک به فضا قانون جاذبه عمومی نیوتن کاملاً کارآمداست. هر جرم ذره‌ای جرم ذره‌ای دیگر را در راستای تقاطع

آن‌ها با نیرویی جذب می‌کند این نیرو با حاصلضرب جرم‌ها متناسب است و با مربع فاصلهٔ‌آن‌ها رابطه
.عکس‌ دارد. این‌ قانون‌ از قوانین‌ بنیادی‌ فیزیک‌ است‌.

- نیروی گرانشی حدود 10^{-38} برابرِ قدرت‌ "نیروی‌ هسته‌ای‌ قوی" است‌ (یعنی‌ بلا تفاوت‌ ۳۸ صفر، گرانش ۳۸ مرتبهٔ بزرگی ضعیف‌تر است)، 10^{-36} برابر قدرت نیروی الکترومغناطیسی و 10^{-29} برابرِ قدرت‌ " نیروی هسته‌ای‌ ضعیف" است.

به عنوان یک نتیجه، گرانش تأثیری ناچیزی بر رفتار ذرات زیر اتمی، و هیچ نقشی در تعیین خواص داخلی روزمرهٔ‌ماده
ایفا نمی‌کند. از سوی دیگر، گرانش نیروی‌غالب در مقیاس ماکروسکوپی است، که علت‌ساختار، شکل، و خط سیرِ (مدار) اجرام
آسمانی، از جمله برخی از سیارک‌ها، دنباله‌دارها، سیارات، ستارگان و کهکشان‌ها است. گرانش علت گردش زمین و دیگر سیارات
در مدار به دور خورشید، دلیلِ‌دور زدن ماه به گِرد زمین، برای تشکیل جزر و مد، برای انتقال طبیعی
گرما، که از طریق آن جریان سیال تحت تأثیر شیب چگالی و وزن رخ می‌دهد، برای گرم کردن فضایِ

ذرات [illegible]؛ با یک دامنه نا[illegible]ود؛ همیشه جذاب [illegible]، و هرگز قهر نمی‌کند!. نمی‌شود آن را جذب کرد،
تبدیل نمی‌شود، یا نمی‌شود در برابرش محافظت داشت. حتی الکترومغناطیس به مراتب بسیار قوی
تر از گرانش است. الکترومغناطیس ارتباطی با اجرام آسمانی از جمله اجسامی که دارای تعداد
.مساوی از پروتون و الکترون هستند ندارد. (به عنوان مثال، یک بار الکتریکی خالص صفر)

اگرچه نیروی جاذبه ابتدا توسط قوانین نیوتن و سپس نسبیت عام انیشتین به خوبی توصیف شد، با این وجود ما هنوز نمی‌دانیم چگونه
خواص بنیادین جهان با هم ترکیب می‌شوند و این پدیده را ایجاد می‌کنند. قوانین نیوتن و انیشتین به ما می‌گویند که گرانش چ
.عمل می‌کند اما از منشا پیدایش ان چیزی بیان نمی‌کنند

- در تلاش برای دست یابی به نظریه همه حیز ، که در پی‌ترکیب دونظریه‌ٔناسازگارِ نسبیت عام اینشتین و مکانیک کوانتومی یا نظریه میدان کوانتومی با یک نظریه کلی ترِ مکانیک کوانتومی، پژوهشهای زیادی در جریان است. فرض بر این است که نیروی‌گرانشی، توسط گرانشِ‌یک ذرهٔبدون جرم، با اسپن ۲ به نام

u! › flu › ?! V!/ ¿! u ° V! (cu: Electronuclear pln jz
l iu CMI(aJ: Grand unification epoch) —Force) g
-* ?!.

محتویات

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

تاریخچه نظریه گرانشی[ویرایش]

مکانیک کلاسیک
(\dispJa . type (\ vec (E'))——in(\ vec (a))) قوانین حرکت نیوتن
تاریخچه **گاه‌شمار**
بخش‌ها[نمایش]
مفاهیم پایه[نمایش]
فرمول‌سازی‌ها[نمایش]
موضوعات اصلی[نمایش]
چرخش به دور محور ثابت[نمایش]
دانشمندان[نمایش]
ن ا و

مقاله اصلی: تاریخچه نظریه گرانشی

انقلاب علمی[ویرایش]

- کارِ مدرن بر روی نظریه گرانشی، با کارِ گالیلئو گالیله در اواخر قرن ۱۶ و اوایل ۱۷ آغاز شد. به گفته وِی (هر چند احتمالاً جعلی[۱]) با آزمایشِ رها کردن توپ از برج پیزا، و بعد از آن با اندازه‌گیری دقیق تمایلِ رو به پایینِ توپ، گالیله نشان داد که گرانشِ شتابِ تمام اشیاء در یک نسبت یکسان است. این یک حرکت رو به جلوی بزرگی پس از ارسطو بود، زیرا که وی اعتقاد داشت، اجرام سنگین‌تر، شتاب سریع‌تری دارند.[۲] گالیله فرض را بر این گذاشت که مقاومت هوا دلیل آن است که اجرام سبکتر ممکن است آهسته‌تر در فضا سقوط کنند. کار گالیله، صحنه را برای تدوین نظریه گرانشی نیوتن آماده می‌کند.

نظریه گرانشی نیوتون[ویرایش]

مقاله اصلی: قانون جهانی گرانش نیوتن

- در سال ۱۶۸۷، ریاضیدان انگلیسی اسحاق نیوتن، اصول فرضیه قانون عکسِ مجذورِ گرانش جهانی را مطرح و آن را منتشر کرد. به گفته خود او، "استنباط من این است که نیروهایی که سیارات را در مدار خود نگه می‌دارد باید [می‌بایست] متقابلاً، به عنوان مربع فاصله آن‌ها از مرکزی که هر کدام می‌پیمایند باشد. در نتیجه در مقایسه، وجود نیرویی برای حفظ ماه در مدار خود تیروی گرانش در سطح زمین، لازم است. نیوتن به پاسخ بسیار نزدیک شده بود،[۳] معادله این‌گونه است

$$F=G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- برابر با SI ثابت جهانی گرانش است که مقدار آن در دستگاه G در این معادله: $G = ۶/۶۷ \times ۱۰^{-۱۱}\ N.M^۲/Kg^۲$ فاصله بین دو جرم است. نیروی گرانشی r مقدار مواد دو جرم و $m_۲$ و $m_۱$، نیروی گرانش بین دو جرم F است، در این رابطه میان جسم‌های با جرم کوچک، قابل چشم‌پوشی است. قانون گرانش نیوتون می‌گوید که نیروی گرانش بین دو جسم، ارتباط مس جرم آن دو دارد. یعنی هر چه جرم آن‌ها بیشتر باشد، نیروی گرانش بین آن دو بیشتر است. این قانون همچنین می‌گوید که نیروی گرانش میان دو جسم ارتباط وارون با فاصله میان دو جسم به توان دو دارد.
- این نظریه زمانی برای نیوتن موفقیتی لذت بخش می‌شود که، آن را برای پیش‌بینی وجود نپتون بر اساس حرکات اورانوس به کار برد و دریافت که نمی‌تواند در محاسبات خود آن را برای رفتار برخی سیارات مورد استفاده قرار دهد. موقعیت کلی از سیاره، توسط محاسبات جان کاوچ آدامز و اورین لو وریه پیش‌بینی شده بود و محاسبات لو وریه باعث هدایت یوهان گوتفرید گاله برای کشف نپتون گردید.
- اختلاف در مدار عطارد باعث اشاره به نقص در نظریه نیوتن شد. در پایان قرن ۱۹ او می‌دانست که مدار عطارد دارای آشفتگی‌های کمی است که نمی‌تواند در محاسبات، آن را به‌طور کامل تحت نظریه نیوتن در آورد، اما همه جستجوها برای اختلال‌های جرمی دیگری (مانند یک سیاره در حال چرخش به دور خورشید، حتی نزدیک تر از عطارد) بی‌نتیجه می‌بود. موضوع در سال ۱۹۱۵ توسط نظریه جدید آلبرت انیشتین از نسبیت عام، که برای اختلاف کوچک در مدار عطارد به آن اختصاص داد، حل و فصل شد.

اصل هم‌ارزی[ویرایش]

- اصل هم‌ارزی، با کاوش‌های موفقی از محققانی از جمله گالیله، لورند اوتوو، و اینشتین، این ایده را بیان می‌کند که همه اجرام در یک مسیر یکسان سقوط می‌کنند. اصل هم‌ارزی یکی از مفاهیم بنیادی در نظریه نسبیت عام است. این اصل دربارهٔ مفاهیمی است که با هم‌ارزی جرم گرانشی و جرم لختی سر و کار دارند و همچنین دربارهٔ ادعای اینشتین مبنی بر اینکه قوانین فیزیک در یک دستگاه مرجع با شتاب یکنواخت، با یک میدان گرانشی یکنواخت، یکسان هستند. ساده‌ترین راه برای انجام آزمایش اصل هم‌ارزی ضعیف، آن است که دو جسم از توده یا ترکیبات مختلف را هم‌زمان در خلاء رها کنید، می‌بینید که هر دو هم‌زمان به زمین برخورد می‌کنند.
- چنین آزمایشی نشان می‌دهد که تمام اجرام، زمانی که اصطکاک (از جمله مقاومت در برابر هوا) ناچیز است، در یک نسبت یکسان استفاده می‌شود. از Eötvös سقوط می‌کنند. در آزمایش‌های پیچیده‌تر بیشتر، از نوعی تعادلِ چرخش، اختراع شده توسط یکی از (STEP :به انگلیسی) آزمایش‌های ماهواره‌ای نیز، برای آزمایش‌های دقیق‌ترِ این اصل در فضا استفاده می‌شود. اِستپ این برنامه‌هاست.[۴]

فرمولاسیون اصل هم‌ارزی عبارت است از:

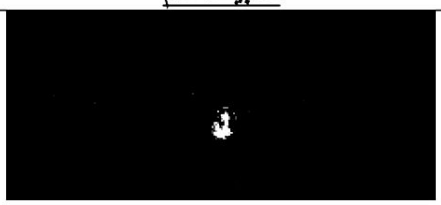
- اصل هم‌ارزی ضعیف: مسیرِ ذرهٔ تودهٔ در یک میدان گرانشی، تنها به مکان و سرعت اولیه آن بستگی دارد و مستقل از ترکیب آن است.[۵]

اصل هم‌ارزی اینشتین: نتیجه هر آزمایش غیر گرانشی محلی، در یک آزمایشگاه نشان می‌دهد که جرم از لحاظ و مستقل از سرعت آزمایشگاهی و محل آن، در فضازمان سقوط می‌کند.[۶]

- اصل هم‌ارزی قوی نیاز به هر دو مورد بالا دارد.

.اجرام آسمانی و زمینی مثل ماهواره‌ها و پرتابه‌های آنها، یا هر آنچه که در مدار است، همگی از یک قانون پیروی می‌کنند

نسبیت عام[ویرایش]

نسبیت عام
 *{\displaystyle G_{\mu \nu }+\Lambda g_{\mu \nu }={8\pi G \over c^{4}}T_{\mu \nu }}*
• ○ آشنایی ○ عصر طلایی • ریاضیات • ○ نسبیت عام ○ آزمون‌ها
مفاهیم بنیادی[نمایش]
پدیده‌ها[نمایش]
• **معادلات** • **فرمول‌بندی‌ها** [نمایش]
پاسخ‌ها[نمایش]
دانشمندان[نمایش]
• ن • ب • و

همچنین ببینید: آشنایی با نسبیت عام

- در نسبیت عام، اثرات گرانش، به انحنای فضازمان به‌جای یک نیرو نسبت‌داده‌شده‌است.نقطه‌شروع برای نسبیت‌عام‌اصل هم‌ارزی است، که معادلِ سقوط آزاد با حرکت اینرسی و توصیف آزاد اجسامِ در حالِ سقوطِ‌اینرسیایی،

به عنوان شتاب، نسبت به ناظرِ غیرساکن بر روی زمین است.[۲][۸] با این حال در فیزیک نیوتنی، چنین شتابی می‌تواند رخ دهد، مگر اینکه حداقل یکی از اجرام با یک نیرویی اداره شود.

انیشتین پیشنهاد کرد که فضازمان توسط ماده، منحنی می‌شود و اجرامِ آزاد در حال سقوط، و در حال حرکت، در امتداد مسیرهای محلی مستقیم در فضازمان، خمیده هستند. این مسیرهای مستقیم به نام ژئودزیک خوانده می‌شوند. مانند قانون اول حرکت نیوتن، تئوری انیشتین می‌گوید که اگر یک نیرویی بر جسم اعمال می‌شود، ممکن است آن را از ژئودزیک منحرف کند. به عنوان مثال، ما تا وقتی که ایستاده‌ایم از ژئودزیکی پیروی نخواهیم کرد، زیرا که مقاومتِ مکانیکیِ زمین، یک نیروی رو به بالا بر ما اعمال می‌کند و در نتیجه، ما بر روی زمین غیرساکن هستیم. این توضیح می‌دهد که چرا حرکت در امتداد ژئودزیک در فضازمان، ساکن در نظر گرفته شده است.

- انیشتین معادلات میدان نسبیت عام، که مربوط به حضور ماده و انحنای فضازمان است را به نام خود کشف کرد. معادلات میدانی اینشتین، مجموعه‌ای از ۱۰ معادلهٔ همزمانِ غیر خطیِ دیفرانسیل است. راه حل معادلات میدانی، اجزای تنسور متریک فضازمان است. تنسور متریک، هندسه فضازمان را توصیف می‌کند. مسیرهای ژئودزیک برای یک فضازمان، از تنسور متریک محاسبه می‌شود.
- راه حل های قابل توجه، از معادلات میدانی اینشتین عبارتند از:
- راه حل شوارتزشیلد، فضازمان، احاطه شده توسط یک جسم متقارنِ کروی غیر دوارِ پر نشدهٔ عظیم توصیف شده‌است. برای اجرامی که به اندازه کافی جمع و جور هستند، این راه حل باعث تولید یک سیاه چاله با یک تکینگی مرکزی خواهد شد. برای مسافت‌های شعاعی از مرکز، که بسیار بزرگتر از شعاعِ شوارتزشیلد هستند، شتابِ پیش‌بینی شده توسط راه حل شوارتزشیلد، عملاً مشابه کسانی است که توسط نظریه گرانش نیوتن پیش‌بینی کرده‌اند.
- رایسنر-نوردشتروم، در این راه حل، مرکز هر جسم دارای بار الکتریکی است. برای مواردی که با طول هندسی کمتر از طول هندسی جرم جسم هستند، این راه حل تولید سیاه چاله‌ای با دو افق رویداد می‌کند.
- راه حل کر برای چرخشِ اجرام عظیم. این راه حل نیز تولید سیاه چاله‌هایی با افق رویدادهایی متعدد خواهد کرد.
- راه حل کر-نیومن برای اجرام عظیم در چرخش. این راه حل نیز تولید سیاه چاله با افق رویداد متعدد می‌کند.
- راه حل کیهانیِ فریدمان-لومتر-رابرتسون-واکر که گسترش گیتی را پیش‌بینی می‌کند.

آزمون‌های نسبیت عام شامل موارد و نتایج زیر است:

- محاسبات نسبیت عام برای حرکت تقدیمی حضیض خورشیدی مدار سیاره تیر.
- پیش‌بینی می‌کند، زمان در پتانسیل‌های کمتر، آهسته‌تر اجرا می‌شود. این پیش‌بینی توسط آزمایش‌های پوند-ریکا، آزمایش هیفل-کیتینگ و سامانه موقعیت‌یاب جهانی تأیید شده است.
- پیش‌بینی انحراف یا خمیده شدن نور در مشاهدات خود در طول خورشیدگرفتگی ۲۹ مه ۱۹۱۹ تأیید شد. ادینگتون، دو بار تغییرِ شکلِ نورِ ستاره را بر اساس پیش‌بینی‌های نظریه ذره‌ای نیوتن و مطابق با پیش‌بینی‌های نسبیت عام اندازه‌گیری کرد، هرچند نتایج تفاسیر او بعدها بحث برانگیز شد. آزمون‌های بیشتر اخیر با استفاده از اندازه‌گیری تداخلِ رادیویی کوازارهایی که از پشت خورشید عبور می‌کنند، با دقت بیشتر و به‌طور مداوم، انحراف نور به درجه را بر پایه پیش‌بینی‌های نسبیت عام تأیید می‌کند.
- تاخیر زمانیِ عبور نورِ نزدیک به یک جسم با جرمِ زیاد، برای اولین بار توسط آروین آی. شاپیرو، در سال ۱۹۶۴ و در پی بررسی سیگنال‌های فضاپیمای بین سیاره‌ای شناخته شد.
- تابش گرانشی، به‌طور غیر مستقیم از طریق مطالعاتِ باینری‌های تپ‌اخترها تأیید شده است.
- الکساندر فریدمن در سال ۱۹۲۲ نشان داد که معادلات اینشتین، دارای راه حلِ غیرثابتی است. (حتی با حضور ثابت کیهان‌شناسی). در سال ۱۹۲۷ ژرژ لومتر نشان داد که راه‌حل‌های استاتیکیِ معادلات اینشتین، حتی با حضور ثابت کیهان‌شناسی ممکن است ناپایدار باشد، و در نتیجه، مدل جهانِ ایستایی که انیشتین پیش‌بینی می‌کند نمی‌تواند وجود داشته باشد. بعدها در سال ۱۹۳۱، اینشتین با نتایج بدست آمدهٔ فریدمن و لومتر موافقت کرد؛ بنابراین نسبیت عام پیش‌بینی کرد که جهان باید غیر ایستا بوده، و باید در حال گسترش یا انقباض یا هردو باشد. گسترش گیتی، توسط ادوین هابل در سال ۱۹۲۹ کشف و با آزمایش‌های وی مورد تأیید قرار گرفته بود.
- پیش‌بینی نظریه کشش-چارچوب، سازگار با نتایج اخیر جسگر گرانشی‌بی بود.
- نسبیت عام پیش‌بینی کرد که نور، باید انرژی خود را در هنگام سفر به گِرد اجرام عظیم از دست بدهند.

- گروهِ رادیک وژتلک[۹] از انستیتو نیلز بور[۱۰] در دانشگاه کپنهاگ و بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از داده‌های بیش از ۸۰۰۰ خوشه کهکشانی، متوجه شد که نوری که از مراکزِ خوشه‌ها می‌تابد، تمایل به قرمزی دارد و در مقایسه با لبه خوشه‌ها متغیر است و تأیید می‌کند که نور، انرژی خود را بواسطه گرانش از دست می‌دهد.

گرانش و مکانیک کوانتومی[ویرایش]

اجرام آسمانی و زمینی مِثل ماهواره‌ها و پرتابه‌های آنها، یا هر آنچه که در مِدار است، همگی از یک قانون پیروی می‌کنند.

مقاله اصلی: گراویتون و مکانیک کوانتومی

- دهه‌ها پس از کشف نسبیت عام، ناسازگاریِ این نظریه با مکانیک کوانتومی پدیدار گردید. توصیفِ گرانش در چارچوب نظریهٔ میدان کوانتومی، مانند دیگر نیروهای بنیادی ممکن است. به طوری که نیروی جاذبهٔ گرانشی ناشی از تبادل گراویتون‌های مجازی، ناشی از همان مسیری است که نیروی الکترومغناطیسی از تبادل فوتون‌های مجازی.[۱۱][۱۲]