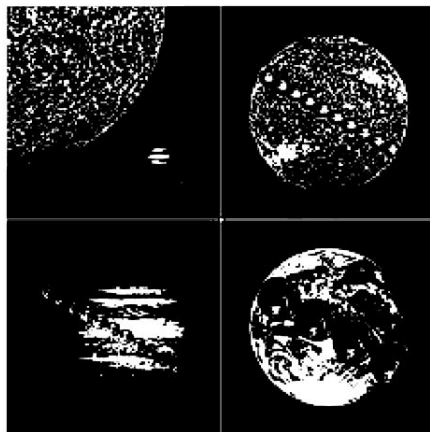


زمین سومین سیاره منظومه شمسی است که در فاصله ۱۴۹,۶۰۰,۰۰۰ کیلومتر از ستاره خورشید قرار دارد. از نظر واژگوشناسی ایرانی، زم در زبان اوستایی به معنای سرد بوده است که با پسوند «ین»، واژه زمین را به معنای «جسم سرد» به وجود آورده است. [۳۰] نام این سیاره در زبان عربی «الأرض» (جمع: أراضی) است و نلم- زمین- تنها- نلم- فارسی- و- غیر عربی- یک سیاره در منظومه شمسی است که به طور گسترده در فارسی رایج است. این سیاره چگالترین (به دلیل دارا بودن منبع وسیع آهن و فلزات دیگر) و از نظر بزرگی پنجمین سیاره از هشت سیاره سامانه خورشیدی است. همچنین در میان چهار سیاره سنگی گردان به دور خورشید (عطارد، زهره، زمین و مریخ) زمین بزرگترین آن‌ها است. گاهی از آن با نام‌های جهان و لست. [۳۱] در سامانه خورشیدی، فاصله زمین تا خورشید بین فاصله مریخ و فاصله Terra سیاره آبی نیز یاد می‌شود. [۳۲] نام زمین از تا خورشید است. زمین جزو سیارات داخلی سامانه خورشیدی به‌شمار می‌آید. زمین ششمین جسم در سامانه خورشیدی بر پایه حجم و جرم 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  $4,567 \pm 0.006$  میلیارد سال) [۳۳] از بدایش زمین می‌گذرد؛ و پیدایش حیات بر روی سطح آن در طول یک میلیارد سال پدیدار شد. هم‌اکنون زمین خانه میلیون‌ها گونه از جانداران است که انسان یکی از آن‌هاست. [۳۴] زیست‌کره زمین با گذر زمان جو زمین و دیگر شرایط فیزیکی و شیمیایی این سیاره را دچار دگرگونی‌های شگرفی کرده است و محیطی را فراهم کرده است تا جانداران زنده بتوانند به رشد و زیست‌زایی بپردازند. همچنین در اثر این دگرگونی‌های آوازون به دور این سیاره تشکیل شده است، لایه‌ای که با کمک میدان مغناطیسی زمین مانع از ورود پرتوهای آسیب‌رسان خورشید می‌شود و به این ترتیب اجازه می‌دهد در زمین زندگی ادامه یابد. [۳۵] ویژگی‌های فیزیکی، پیشینه 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. [۳۶][۳۷]

پوسته زمین به چندین لایه سخت یا زمین‌ساخت بشقابی تقسیم شده است، این لایه‌ها در گذر میلیون‌ها سال در زمین جابجا می‌شوند. نزدیک به ۷۱٪ از سطح زمین با آب شور اقیانوس‌ها پوشیده شده است و باقی‌مانده آن را قاره‌ها و جزیره‌ها تشکیل می‌دهند که خود آن‌ها نیز تعداد زیادی دریاچه و دیگر سرچشمه‌های آبی را در خود جای‌داده‌اند. بیشتر سطح قطب‌های زمین از یخ‌پا دریاچه یخ‌زده پوشیده شده است. ساختار درونی زمین پویا است و لایه‌های آن عبارتند از لایه گوتته‌جامد، یک لایه هسته بیرونی که مایع است و میدان مغناطیسی را تولید می‌کند و یک لایه هسته بیرونی که آهنی-و-جلمده 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. [۳۸] ایندانش‌مورد گردش زمین نسبت به خط عمود بوجهه گردش آن ۲۳.۴ درجه انحراف دارد. این انحراف باعث ایجاد تغییرات فصلی- بطور مکرر- برابری یک سال اعتدالی یا ۳۶۵,۲۴ روز می‌شود. [۳۹] ماه طبیعی شناخته شده برای زمین، کره ماه است که از نزدیک به ۴,۵۳ میلیارد سال پیش گردش خود به دور زمین را آغاز کرده است. ماه باعث ایجاد کشش در آب اقیانوس‌ها، پایدار شدن زاویه انحراف محور زمین و کم‌کم آهسته‌تر شدن سرعت گردش زمین شده است. در آخرین بیابان‌های تقریباً میان ۳,۸ و ۴,۱ میلیارد سال پیش، چندین سیلرکد و شهاب سنگ با زمین برخورد کرد و دگرگونی‌های درخور توجهی در سطح زمین ایجاد کرد.

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

بلندترین نقطه بر روی خشکی‌های زمین کوه لورست 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 دمای هوا بر روی کره زمین میان ۸۹٫۲ درجه زیر صفر (قطب جنوب) تا ۵۶٫۷ درجه بالای صفر (دره مرگ کالیفرنیا) قرار دارد. محیط استوای زمین ۳۰۰۷۵٫۱۶ کیلومتر و جرم زمین  $۵,۹۷۳۵ \times ۱۰^{۲۴}$  کیلوگرم- (هشتاد- برلیر جرم- ملام) است. فاصله کره زمین تا کره ماه ۳۴۰ هزار کیلومتر می‌باشد.<sup>[۴۱]</sup>

انسان‌ها نیازهایشان را از منابع کانی‌ها و محصول‌هایی که از زیست‌کره بدست می‌آید، تأمین می‌کنند.<sup>[۴۲]</sup> 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 گذر زمان بسیار پیشرفت و تغییر کرده است. انسان‌ها زمانی به نظریه صاف بودن زمین و بعد نظریه مرکز بودن زمین در جهان معتقد بودند. از دیدگاه‌های امروزی به زمین، می‌توان به دیدگاه فرضیه گایا اشاره کرد.

آوریل- نیز- به- عنوان- روز جهلنی- زمین- نلمگذاری- شد- ماست- ۲۲

انواع نخلیر- معدنی- فلزی- و- غیرفلزی- از دیگر- ویژگی‌های- بخش- بیرونی- پوسته- زمین- است.<sup>[۴۱]</sup>

کره زمین دارای چگالی بیشتری نسبت به دیگر سیاره‌های منظومه خورشیدی است.<sup>[۴۱]</sup>

#### محتویات

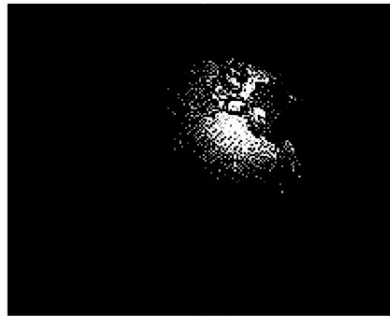
- ریشه‌شناسی واژه ۱
  - گاشناسی ۲
- فرگشت زندگی ۲.۱
  - آینده ۲.۲
- ساختار مازم زمین ۳
  - شکل ۳.۱
  - ساختار شیمیایی ۳.۲
  - ساختار درونی ۳.۳
  - گرما ۳.۴
- صفحه‌های زمین ساخت ۳.۵
  - سطح ۳.۶
  - آب‌کره یا هیدروسفر ۳.۷
    - هواکره ۳.۸
      - آب و هوا ۳.۸.۱
      - هواکره بالایی ۳.۸.۲
      - گرم شدن 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
          - زیست‌کره ۵.۱
        - جغرافیای انسانی ۶
        - دیدگاه عمومی به زمین ۷

- زمین در ادبیات<sup>۸</sup>
- جستارهای وابسته ۹
- یادداشت ۱۰
- منابع ۱۱

### ریشه‌شناسی واژه [ویرایش]

از نظر واژه‌شناسی ایرانی، زم در زبان اوستایی به معنای سرد بوده‌است که با پسوند «ین»، واژه 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 تقریباً همه این زبان‌ها واژه معنای جسم سر به کار می‌رود.<sup>[۱۲]</sup>

### گاشناسی [ویرایش]



پویانمایی شکسته شدن یانجه



میزان یخ و برف در قطب شمال که در تابستان سال ۲۰۱۸ به کمترین مقدار خود رسید، ناسا این اتفاق را یک رکورد دانست.<sup>[۱۳]</sup>



مرز بین روز و شب در زمین که از ایستگاه فضایی بین‌المللی گرفته شده‌است.<sup>[۱۴]</sup>



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.<sup>[۴۵]</sup>

دانشمندان برآورد کرده‌اند که نخستین بار ماده در  $۴,۵۶۷۳ \pm ۰,۰۰۰۶$  میلیارد سال پیش دو سامانه خورشیدی تشکیل شد و در ۴,۵۴ میلیارد سال پیش (با ۱٪ خطا)<sup>[۴۶]</sup> زمین و دیگر سیاره‌های سامانه خورشیدی از این خورشیدی پدید آمدند. ابری است صفحه‌ای شکل ساخته‌شده از گاز و غبار که پس از تشکیل *solar nebula* سحابی خورشیدی یا خورشید - برجلی - مانند ماست.<sup>[۴۷]</sup>

زمین پس از تشکیل در یک دوره ۱۰ تا ۲۰ میلیون ساله، یکپارچگی خود را بدست می‌آورد و به کمال می‌رسد.<sup>[۴۸]</sup> این سیاره در آغاز به صورت مواد نوبیل شده بود و کم‌کم با گذر زمان گرمای خود را از دست داد و یک پوسته جامد جایگزین مواد مذاب آن شد. کمی پس از آن در ۴,۵۳ میلیارد سال پیش ماه نیز به وجود آمد.<sup>[۴۹]</sup>

مطالعات بر روی یک ماده معدنی نیز نشان می‌دهد که میدان مغناطیسی زمین بیش از ۴,۲ میلیارد سال پیش وجود داشته است. تحلیل این اطلاعات توسط محققان ژئوفیزیک دانشگاه روچستر انگلستان نشان می‌دهد که پیشینه میدان مغناطیسی زمین، بیش از ۴,۲ میلیارد سال است؛ یعنی حدود ۷۵۰ میلیون سال قبل‌تر از آنچه تا امروز تصور می‌شد.<sup>[۵۰]</sup>

آخرین فرضیه‌ای که درباره چگونگی تشکیل ماه بیان شده<sup>[۵۱]</sup> و مورد پذیرش بیشتر دانشمندان قرار گرفته، فرضیه برخورد بزرگ است. این فرضیه می‌گوید که جسمی (گاهی به آن **تیا** می‌گویند) به بزرگی پیرام و با جرمی برابر با ۱۰٪ جرم زمین،<sup>[۵۲]</sup> با زمین برخورد کرد.<sup>[۵۳]</sup> پس از برخورد بخشی از جرم آن در زمین باقی‌ماند و بخشی از جرم آن جدا شد و به فضا رفته و به جرم‌های پرتاب شده یکی شد و در نهایت گرد 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، **دنیاله‌دارها** و جرم‌های دورتر از نپتون (ترانس-نپتون‌ها) میزان بخار آب فشرده جمع شده در زمین را بالا برد و در نهایت اقیانوس‌ها شدند.<sup>[۵۴]</sup> 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» بوده است. 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 گرم‌تر شدن می‌برد و مرتب دمای سطح زمین بالاتر می‌رفت و مانع از آن می‌شد تا اقیانوس‌ها یخ بزنند.<sup>[۵۵]</sup> در ۳,۵ میلیارد سال پیش میدان مغناطیسی زمین تشکیل شد و کمک کرد تا در اثر باد خورشیدی، اتمسفر زمین تهی نشود.<sup>[۵۶]</sup>

دور ضیه مهم برای نرخ رشد و گسترش قاره‌ها در زمین وجود دارد: [۵۷] نخست: قاره‌ها دارای رشد پیوسته تا امروز بوده‌اند.<sup>[۵۸]</sup> دوم: قاره‌ها در آغاز گشتمه بزرگ، زمین، رشد سریع داشته‌اند. [۵۹] مطالعات امروز نشان می‌دهد که ضیه مهم به واقعیت نزدیک‌تر است. امروزه دانشمندان معتقدند که در آغاز رشت پیوسته قاره‌های زمین با سرعت انجام شده [۶۰] و پس از آن در یک دوره طولانی پایداری بوده است. [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 هم‌اکنون در حل - مهلجرت بر روی سطح زمین - لندن - و گلهی - بلیدیکدیگر - ترکیب می‌شوند - و یک ابرقاره را ایجاد می‌کنند. نزدیک به ۷۵۰ میلیون سال پیش، یکی از قدیمی‌ترین ابرقاره‌های شناخته شده 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 پانجه‌ا به وجود آمد که این نیز خود در ۱۸۰ میلیون سال پیش شکسته شد.<sup>[۶۴]</sup>

### فرگشت زندگی [ویرایش]

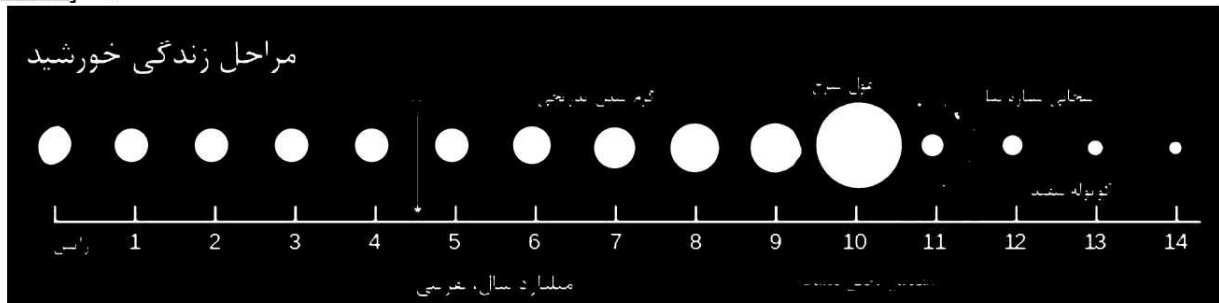
در دهه ۱۹۶۰ مطرح شده است این فرضیه می‌گوید که در دوران *Snowball Earth* فرضیه‌ای به نام «زمین گلوله برفی» یا پیشین‌زیستی نو میان ۷۵۰ و ۵۸۰ میلیون سال پیش، بیشتر سطح زمین از لایه‌ای از یخ پوشیده شده بود. این مطلب بسیار مورد توجه دانشمندان است چون این دوران یخبندان به پیش از انفجار کامیرین، آغاز پدیدار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



پس از انفجار کامبرین، نزدیک به ۵۳۵ میلیون سال پیش، پنج دوره انقراض یا خاموشی گسترده [۶۶] در زمین روی داد که آخرین آن‌ها در ۶۵ میلیون-سل-پیش-در لث-برخورد یک شهاب سنگ 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. بدگذشت-۶۵ میلیون سال پستانداران به شاخه‌های گوناگون تقسیم شدند تا آنکه در چند میلیون سال پیش در پستانداری میمون مانند به نام اررین توگنی توانستند بر روی دو پای خود بایستند. [۶۷] داشتن ابزارهای پیشرفته و کامیونی 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 کمک به نژاد انسان نزدیک شدند. پیشرفت در کشاورزی و صنعت به انسان‌ها اجازه داد تا دیوارم زمانی کوتاهی بکرم زمین چنان تأثیری-بگذارند-که-تلکون-هیچیک-از-موجودات-زنده-چنین-نکرد-ملست. [۶۸] انسان‌ها بر کمیت و طبیعت دیگر گونه‌های زندگی دیگر در زمین دست بردند

الگوی کنونی عصر یخبندان می‌گوید نزدیک به ۳۰ میلیون سال پیش زمین دچار یخ زدگی شد، در دوران پلیستوسین 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 چرخه یخ زدگی و گرم شدگی شدند. آخرین یخبندان قاره‌ای در ۱۰۰۰۰۰ سال-پیش-پایان-یافت. [۶۹]

### آینده [ویرایش]



چرخه یخ زدگی خورشید

آینده هم در زمین و خورشید به یکدیگر گره خورده است. با انباشته شدن پدیدار هلیوم درسته-تخورشید، کم کم دیگر Gyr دیگر ۱۰٪ و تا ۳٫۵ (یک میلیاردسال) Gyr به درخشندگی این ستاره افزوده می‌شود به این صورت که تا ۱٫۱٪ در خشنندی آن بیشتر خواهد شد. [۷۰] مدل‌های هوشمندی نشان داده است که اگر پروتوهای دریافت شده از خورشید بیشتر شود دچار دگرگونی‌های نامطلوب مانند از دست دادن آب قیونوس‌ها خواهد شد. [۷۱]

با بالا رفتن دمای هوا در سطح زمین، چرخه غیر آلی دی اکسید کربن تندتر-می‌شود-، بدگذشت-۵۰۰ تا ۹۰۰ میلیون سال [۷۲] سطح غلظت گاز گلخانه‌ای در زمین به‌نسبت برای گیاهان پایین‌تر می‌رود و گیاهان می‌میرند. با نبود گیاهان اتمسفر نیز دچار کمبود اکسیژن می‌شود و بدگذشت 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 ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد (۱۵۸۱ فارنهایت) می‌رسد. [۷۵] انتظار آن 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 موجود-در-هوا-به-دلیل-کاهش-فعالیت‌های-آتشفشانی-از دست-می‌رفت- [۷۸] و به دلایل دیگری ۳۵٪ از آب قیونوس‌ها نیز CO<sub>2</sub> شدن است، مقدار زیادی از به داخل گویشته فرومی‌رفتند. [۷۹]

تبدیل-به-یک-غول-سرخ-خواهد-شد. بررسی‌ها نشان Gyr خورشید نیز مانند دیگر ستارگان که دچار دگرگونی می‌شوند، پس از ۵ یا ۱۰ AU داده است که در این هنگام شعاع خورشید ۲۵۰ بار بزرگتر از شعاع آن در عصر حاضر خواهد بود، چیزی نزدیک به ۱۵۰۰۰۰۰۰۰ کیلومتر. [۸۰][۸۱] در این هنگام سرنوشت زمین چندان روشن نیست، هنگامی که خورشید یک غول قرمز می‌شود ۲۰٪ از جرم خود را از دست می‌دهد. هنگامی که خورشید به بیشترین حجم خود رسیده زمین در آن قرار می‌گیرد. انتظار آن می‌رود که زمین پوشش خود را از دست بدهد و به دلیل بیشتر شدن پروتوهای خورشید در زمین (نزدیک به ۵۰۰۰ برابر مقدار کنونی) اگر نگوییم همه، بیشتر آنچه از حیات km یا ۲۵۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ 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 نور آن تنگتر شده و زمین به سوی خورشید کشیده خواهد شد تا آنکه او را اتمسفر خورشید شده و بخار خواهد شد. [۸۳]

### ساختار و ساز زمین [ویرایش]



زمین یکسیارمه سنگی است یعنی به جای آنکه مانندسیارمه مَرَمز یک غول گازی باشد، از خاک و سنگ ساخته است. زمین در



آتشفشان چیمبورازو در اکوادور بیرونی‌ترین نقطه از سطح زمین.<sup>[۸۶]</sup>

شکل زمین مانند یک کره است با این تفاوت که بر روی دو قطب آن و در راستای محور میان آن دو، دچار پهن شدن و در گردگرد استوا دچار بیرون‌زدگی شده است (شکم-دلدها<sup>[۸۷]</sup>). این بیرون‌زدگی دوامیه. استوا، به دلیل گردش زمین به وجود آمد و باعث ایجاد اختلاف ۴۳ کیلومتری-میلن-قطر-زمین-در-محل-استوایی-و-قطر-ن-میلن-دو-قطب-۱۰-۱۰۰-میلن<sup>[۸۸]</sup>

کوه اورست با 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 کره زمین نیست. دورترین نقطه از مرکز کره زمین یا به عبارت دیگر بیرونی‌ترین نقطه زمین، نوک آتشفشانی به نام چیمبورازو در اکوادور و کوه او اسکازان در پرو است.<sup>[۸۹] [۹۰]</sup>

سیلیسیم دی‌اکسید	SiO <sub>2</sub>	۶۰٫۲٪	۴۸٫۶٪
آلومینا	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۵٫۲٪	۱۶٫۵٪
کلسیم اکسید	CaO	۵٫۵٪	۱۲٫۳٪
مگنزیوم اکسید	MgO	۳٫۱٪	۶٫۸٪
آهن	FeO	۳٫۸٪	۶٫۲٪
سدیم اکسید	Na <sub>2</sub> O	۳٫۰٪	۲٫۶٪
پتاسیم اکسید	K <sub>2</sub> O	۲٫۸٪	۰٫۴٪
آهن (III) اکسید	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۲٫۵٪	۲٫۳٪
آب	H <sub>2</sub> O	۱٫۴٪	۱٫۱٪
دی‌اکسید کربن	CO <sub>2</sub>	۱٫۲٪	۱٫۴٪
تیتانیوم دی‌اکسید	TiO <sub>2</sub>	۰٫۷٪	۱٫۴٪
پنتا اکسید فسفر	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	۰٫۲٪	۰٫۳٪
مجموع		۹۹٫۶٪	۹۹٫۹٪

### ساختار شیمیایی [ویرایش]

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

فرلنگد کلارک، زمین‌شناس سرشناس محاسبه کرده است که کمی بیش از ۴۷٪ پوسته زمین از اکسیژن ساخته شده است. بیشتر سنگ‌های سازنده پوسته زمین از مواد اکسید شده ساخته شده‌اند. البته کلسیم، گوگرد و فلورید 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، لئوکسید، پتاس و سودا یا اکسید سدیم. در میان اکسیدهای گفته شده، سیلیس از همه مهم‌تر است. کلارک نتیجه‌گیری کرده است که ۹۹,۳۳٪ از موادی که پوسته زمین از آن 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 (رنولوژی) که در آن دیده می‌شود، به چندین لایه تقسیم کرد. زمین بر خلاف دیگر سیاره‌های خاکی از دو هسته بیرونی و درونی جدا از هم ساخته شده است. لایه بیرونی زمین که پوسته نام دارد، جامد است و بیشتر از سیلیکات‌ها ساخته شده است. درست در زیر پوسته گدازه‌ها، لایه‌ای با گرانی بسیار بالا قرار دارد. پوسته و گوشته با کمک لایه‌ای به نام نایبوستگی مهور و پیچ 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 نایبوستگی با لایه‌ای که گوشته نام دارد، در زیر لیتوسفر، لایه آستینوسفر نام دارد. زمین ساخت بشقابی یا همان صفحه‌های تکتونیک مربوط به لیتوسفر است. در زیر لیتوسفر، لایه آستینوسفر قرار دارد. این لایه به نسبت از گرانی کمی برخوردار است. به گونه‌ای که لیتوسفر بر روی آن رولن است. دگرگونی‌های مهم در ساختار بلوری در گوشته در عمقی میان ۴۱۰ تا ۶۶۰ کیلومتری از سطح زمین رخ می‌دهد. این بازه که ناحیه گذار نام دارد، نایبوستگی بیرونی و درونی را از یکدیگر جدا می‌کند. در زیر گوشته، لایه‌ای با گرانی بسیار کم قرار دارد، این لایه که هسته بیرونی نام دارد بر روی لایه جامد و در حال گردش هسته درونی جای گرفته است. [۹۵]

لایه‌های سازنده کره زمین [۹۶]

چگالی g/cm <sup>3</sup>	نام لایه	عمق [۹۷] (کیلومتر)
—	لیتوسفر [۹۹]	۰-۶۰
۲,۲-۲,۹	پوسته [۱۰]	۰-۳۵
۳,۴-۴,۴	گوشته [۱۱]	۳۵-۶۰
۳,۴-۵,۶	گوشته	۳۵-۲۸۹۰

برشی از مقطع زمین، از مرکز تا سطح آن، این شکل برپایه اندازه‌های واقعی نیست.




گرملی-نلشی- از یکپارچگی- زمین- در- لشر- نیروی- گرلنشی- میلن- لجزلی- لن- (نزدیک- ۲۰٪) و گرمای تولید شده در اثر و اناسی، هسته‌ای [۹۸] (۸۰٪) به اتفاق هم باعث گرم شدن درون زمین می‌شوند. ایز و توبهای اصلی که باعث پیدایش این گرما می‌شوند [۹۹] عبارتند از: بتاسیم ۳۰، اورانیم ۲۳۸، اورانیم ۲۳۵ و توریم ۲۳۲. در مرکز زمین دما به بیش از ۷۰۰ کلوین و فشار به بیش از ۳۶۰ گیگاپاسکال می‌رسد. [۱۰۰] از آنجایی که گرمای درونی زمین بیشتر از وایشی هسته‌ای به وجود می‌آید، دانشمندان برآورد می‌کنند که در آغاز تاریخ زمین، هنگامی که ایزوتوب‌های 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
<sup>238</sup> U	$9,46 \times 10^{-5}$	$4,47 \times 10^9$	$30,8 \times 10^{-9}$	$2,91 \times 10^{-12}$
<sup>235</sup> U	$5,69 \times 10^{-4}$	$7,04 \times 10^8$	$0,22 \times 10^{-9}$	$1,25 \times 10^{-13}$
<sup>232</sup> Th	$2,64 \times 10^{-5}$	$1,40 \times 10^{10}$	$124 \times 10^{-9}$	$3,27 \times 10^{-11}$

گرما از دست می‌دهد که در مجموع توان زمین در از دست دادن گرما برابر mW زمین به‌طور متوسط هر متر مربع ۸۷ خواهد بود. [۱۰۲]  $W$  با  $3,43 \times 10^{13}$

صفحه‌ها، زمین‌ساختی، دانش

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

نوشتار اصلی: زمین‌ساخت بشقابی

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

که در آن دو صفحه بر روی یکدیگر سر می‌خورند و (Transform boundaries) پیوسته خرد می‌شوند و دگرگونی مرزها جابجایی جانبی دارند. زمین‌لرزه، فعالیت آتشفشانی، ساخت کوه و پیدایش دریاگودال‌همگی می‌توانند در مرز این صفحه‌ها روی دهند.<sup>[۱۱۱]</sup>

هفت‌صفحه اصلی عبارتند از: صفحه اقیانوس آرام، صفحه آرام، صفحه آمریکای شمالی، صفحه اوراسیا، صفحه آفریقا، صفحه جنوبگان یا آنتارکتیک، صفحه اینداسترالیا یا هند-استرالیا، صفحه آمریکای جنوبی. از میان دیگر صفحه‌ها می‌توان به صفحه عربستان، کارلینیب، 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 میانش صفحه هکوکوز با سرعتی برابر با ۷۵ میلی‌متر در سال و صفحه آرام با ۵۲ تا ۶۹ میلی‌متر در سال، از همه سریع‌تر جابجا می‌شوند.<sup>[۱۱۲]</sup> کمترین صفحه در جابجایی صفحه اوراسیا است که نزدیک به ۲۱ میلی‌متر در سال جابجا می‌شود.<sup>[۱۱۳]</sup>

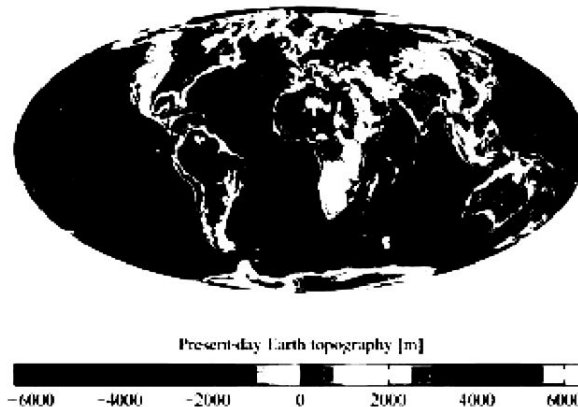
### سطح [ویرایش]

نوشتار اصلی: زمین‌چهره

پستی و بلندی‌های زمین از جایی به جای دیگر تفاوت می‌کند. نزدیک به ۷۰٫۸٪ سطح زمین پوشیده از آب است.<sup>[۱۱۴]</sup> و بیشتر **فلات قاره** پایین‌تر از تراز دریا است. خاکی که در زیر آب قرار دارد خود دارای **رشته کوه**، **دره** و **آتشفشان** زیر آب است.<sup>۱</sup><sup>[۱۱۵]</sup> **دریاگودال** هم عمیق و باریک زیر دریایی، صفحه‌های زمین‌ساخت اقیانوسی و جلگه در عمق اقیانوس و دریا وجود دارد.<sup>[۱۱۶]</sup> همچنین در زیر آب **دریاگودال** هم عمیق و باریک زیر دریایی، 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 شده‌است.

نلهمواروی‌های روی زمین- در-گذر-نور-های-گونگلگون- دستخوش- دگرگونی- و- فرسایش- شده‌است.

ناهمواری‌های سطح زمین در اثر بارندگی، هوازگی، چرخه‌های گرمایی و دگرگونی‌های شیمیایی، پیوسته ساخته می‌شوند و دوبار فرسایش می‌یابند یا دچار تغییر شکل می‌شوند. **پخگیری**، فرسایش ساحلی، ساخته شدن آب‌سنگ مرجانی و برخورد **شهاب سنگ‌ها** با زمین از جمله عامل‌های دیگری اند که می‌توانند باعث دگرگونی‌چهره زمین شوند.<sup>[۱۱۷]</sup>



نقشه ناهمواری‌های امروز زمین، داده‌ها گرفته شده از مرکز داده‌های نشانال جنوگرافیک

بخشی از پیوسته زمین از سنگ‌هایی با چگالی کم مانند سنگ‌های آذرین، **سنگ خارا** و **اندزیت** ساخته شده‌است. سنگی مانند بازالت که سازنده اصلی کف اقیانوس‌ها است و خود از آذرین‌های با چگالی بیشتر است، کمتر دیواره پیوسته زمین دیده می‌شوند.<sup>[۱۱۸]</sup> گونه دیگر سنگ‌ها،

**سنگ‌های رسوبی** است که از انباشته و فشرده شدن مواد ته‌نشینی ساخته می‌شود. نزدیک به ۷۵٪ صفحه‌های قاره‌ای از سنگ‌های رسوبی پوشیده شده‌است. با این حال این **گونه سنگ**، تنها ۵ پیوسته زمین را می‌سازند.<sup>[۱۱۹]</sup>

**سنگ‌های دگرگون** است که از دگرگونی سنگ‌هایی که بیشتر 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**.<sup>[۱۲۰]</sup> همچنین از جمله

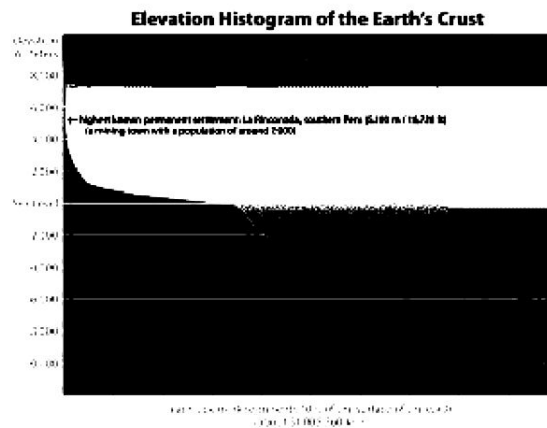
کانی‌های کربناتی فراوان می‌توان به **کلسیت** (که در سنگ آهک پیدا می‌شود) و **دولومیت** اشاره کرد.<sup>[۱۲۱]</sup>

**خاک سپهر** 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 ۱۳٫۳٪ از خاک زمین، **ویژمه کشاورزی** است؛ که از آن

میان تنها ۳٫۷٪ آن همواره محصول می‌دهد. [۱۱۵] نزدیک به ۴۰٪ از خاک زمین به عنوان چراگاه و کشتزار کاربرد دارد به عبارت دیگر ۱۰۷×۱۰۳ کیلومتر مربع برای کشتزار و ۱۰۷×۳٫۴ کیلومتر-مربع بر لی-چر گلگلمست. [۱۱۶]

بلندی ناهمواری‌های زمین از ۴۱۸- متر در دریای مرده آغاز می‌شود و به ۸۰۸۴۸- پله-تالورست-هی-سلا-برآورد شده سال (۲۰۰۵). میانگین بلندی ناهمواری‌های زمین از سطح دریا ۸۴۰ متر-لست. [۱۱۷]

### آب‌کره یا هیدروسفر [ویرایش]



نمودار بلندی‌های پوسته-زمین

### نوشتار اصلی: آب‌کره

فراوانی آب در سطح زمین، عاملی است که باعث شده زمین نسبت به دیگر سیاره‌هایمانند-خورشیدی متفاوت باشد و نام «سیاره-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 دریاگودال ماریانا** در اقیانوس آرام در عمق ۱۰۰۹۱۱٫۴ متر-لست. [۱۱۸] جرم اقیانوس‌ها ۱۰۱۸×۱۰۳۵ جرم آب دریاها را تشکیل می‌دهد. [۱۱۹] اگر آب اقیانوس‌ها را به یک تانکر ۱/۴۳۰۰ از جرم کل زمین زمین است. سطح پوشش اقیانوس‌ها ۱۰<sup>۸</sup>×۳٫۶۱۸ کیلومتر مربع و عمق متوسط آن در سراسر زمین ۳٫۶۸۲ متر است؛ که اگر حجم آن را برآورد کنیم حجمی نزدیک به ۱۰<sup>۱۸</sup>×۱٫۳۳۲ کیلومتر مکعب می‌شود. [۱۲۰] اگر آب اقیانوس‌ها را به یک تانکر ۳٫۶۸۲ متر است؛ که اگر حجم آن را برآورد کنیم حجمی نزدیک به ۱۰<sup>۱۸</sup>×۱٫۳۳۲ کیلومتر مکعب می‌شود. [۱۲۱] زمین گسترده می‌شود در آن صورت عمق اقیانوس‌ها بیش از ۲٫۷ کیلومتر می‌شد. [۱۲۲] نزدیک به ۹۷٫۵ درصد از آب‌های موجود در سطح زمین شور و ۲٫۵ درصد شیرین است که ۶۸٫۷ درصد آب‌های شیرین در حال حاضر یخ زده‌اند. [۱۲۳]

متوسط نمک موجود در آب اقیانوس‌ها ۳۵ گرم-در-یک-کیلوگرم-از-آب-دریاد-لست. (۳۵%) این نمک از راه فعالیت‌های-آتشفشانی-یا-از-حل-شدن-نمک‌های-موجود-در-سنگ‌های-آذرین-سرد-شده-وارد-آب‌ها-شده-است. [۱۲۴] همچنین اقیانوس‌ها مخزن گازهای جو زمین نیز هستند. این گازها که در آب حل شده‌اند، بر این اساس، بزرگی بسیاری از گونه‌های حیات در زیر آب، ضروری‌اند. [۱۲۵] آب دریاها نقش مهمی در چگونگی آب و هوای جهان دارد. در این میان اقیانوس‌ها به عنوان یک منبع گرمایی بزرگ عمل می‌کنند. [۱۲۶] جابجایی و دگرگونی نمک‌گرم-آب-اقیانوس باعث جابجایی‌های بزرگی در نمای هوا می‌شود. برای نمونه می‌توان از **ال‌نینیو** یاد کرد. [۱۲۷]

### هوا کره [ویرایش]

#### نوشتار اصلی: جو زمین

**فشار هوا** در سطح زمین به صورت میانگین ۱۰۱۰۳۳۵ کیلوپاسکال است و بلندای آن تا ۸٫۵ کیلومتر-لندلان-مگیری-شده-است. [۱۲۸] می‌توان گفت ۷۸٪ از نیتروژن، ۲۱٪ آن از اکسیژن ساخته شده است. همچنین اندکی از گازهای بخار آب، دی‌اکسید کربن و دیگر مولکول‌های گازی می‌توان در آن پیدا کرد. بلندای **گشت‌سپهر بسته** به **عرض جغرافیایی** متغیبت-لست-بر-لی-نمونه-در-دو-قطب-۸ کیلومتر و در **استوا** ۱۷ کیلومتر است. البته آب و هوا و عامل‌های فصلی هم می‌توانند تأثیرگذار باشند. [۱۲۹]

**زیست‌کره زمین** توانسته است دگرگونی‌های بزرگی در **هواکره** پدید آورد پیشینه-آکسیژنی-که-از-فرایند-نورسلخت-در-هواکره-تولید-شده-به-تقریباً-۲۷۰ میلیون سال پیش باز می‌گردد. این فرایند (رویداد بزرگ اکسیژنی)، سازکار هواشناسی زمین را دگرگون کرد. لایه‌های 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 به زمین در آسمان بسوزند. هواکره در متعادل کردن دمای زمین هم مؤثر است. [۱۲۷] در این پدیده که اثر گلخانه‌ای نام دارد گرمایی که از سطح زمین بیرون رفته است در میان مولکول‌های هواکره ننگه داشته می‌شود. بخار آب، دی‌اکسید کربن، متان و اوزون از گازهای گلخانه‌ای اصلی در هواکره زمین‌اند. اگر چنین پدیده‌ای نبود، میانگین دمای زمین به جای ۱۵ درجه سانتی‌گراد که اکنون است، باید ۱۸- درجه می‌شد که در این دما امکان پدیدار شدن زندگی بسیار پایین است. [۱۲۸]

## آب و هوا



تصویری از ماهواره‌ای ناسا از پوشش آبی زمین

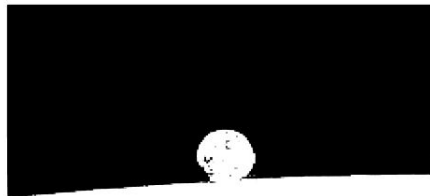
### نوشتار اصلی: آب و هوا و اقلیم

هواکره زمین دارای مرز روشنی نیست. کم‌کم نازک و نازک‌تر می‌شود تا آن‌که در پایان در فضای بیرونی ناپدید می‌گردد. سه‌چهارم جرم هواکره در ۱۱ کیلومتر نخست از سطح زمین جای گرفته است. پایین‌ترین لایه آن گشت‌سیهر 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 رلایه سردتر که چگالی بیشتری دارد، پُر می‌کنند نتیجه همین فرایند چرخه‌های هواکره است که باعث پخش شدن انرژی گرمایی در زمین می‌شود. [۱۲۹]

نخستین چرخه‌های هواکره‌ای از دسته‌هایی از یاد بسامانها در منطقه استوایی، پایین‌تر از عرض جغرافیایی ۳۰° و پادهای بیش‌وز در عرض جغرافیایی میانی که خود عبارت است از منطقه میان ۳۰° و ۶۰° ساخته شده بود. [۱۳۰] همچنین جریان‌های اقیانوسی عمل‌های مهمی در چگونگی آب و هوا دارند، به ویژه گردش دماشوری که انرژی گرمایی بدست آمده از منطقه استوایی را میان منطقه‌های قطبی بخش می‌کند. [۱۳۱]

بخار آبی که در سطح زمین پدید آمده است چون دمای بالاتری دارد به کمک جریان‌های هوا به بالا می‌رود. این بخار آبد مترلکم 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 چرخه آب‌ساز و کاری حیاتی برای ادامه زندگی در زمین است و البته عامل مهمی در فرسایش سطح زمین در طول دوره‌های زمین‌شناسی بوده است. بارندگی در زمین می‌تواند بسیار گسترده باشد در بعضی منطقه‌ها به اندازه سال باران می‌بارد و در برخی دیگر کمتر از یک میلی‌متر در سال چرخه هواکره‌ای، پستی بلندی‌های زمین و تفاوت دما همگی از عامل‌هایی‌اند که در میانگین بارندگی در هر منطقه تأثیر می‌گذارند. [۱۳۳]

### هواکره بالایی [ویژگی‌ها]



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

### نوشتار اصلی: فضای بیرونی

در بالای تروپوسفر، معمولاً هواگره به بخش‌های **ایستراتوسفر**، مزوسفر و ترموسفر تقسیم می‌شود. [۱۳۳] هر لایه یکبار به‌طور مکرر به خود دارد که در آن نسبت به ارتفاع تغییر می‌کند. فراتر از لایه تروپوسفر جای دارد که آن قدر نازک می‌شود تا به

**مغناطیسه برسد. جایی که میدان مغناطیسی زمین با یادهای**

**خورشیدی اندرکنش دارد.** [۱۳۴]

انرژی گرمایی باعث می‌شود برخی از مولکول‌ها که در بالاترین لایه هوا گرم زمین‌اند سرعتهای افزایش یابند تا به جایی برسند که بتوانند از پوشش گرانش زمین بگریزند و به فضا روند. این پدیده **گشت** هواگره به فضا، به آرامی ولی پایدار روی می‌دهد. چون مولکول‌های آزاد **هیدروژن** و **وزن مولکولی کمی دارند و می‌توانند آسان‌تر از دیگران به سرعت گریز نزدیک شوند** و به بیرون از هواگره گشت کنند. [۱۳۵] پدیده گشت هیدروژن، زمین را به این سو هل داده، که از یک سیاره **کاهنده** به یک سیاره **اکساینده** دگرگون شود. **پدیده نورسلخت**

**سرچشمه اکسیژن آزاد است. اما عامل‌های کاهنده مانند هیدروژن خود پیش‌شرط مورد نیاز برای گسترش و انباشته شدن اکسیژن هواگره‌اند.** [۱۳۶] بنابراین توان هیدروژن در گریز از هواگره زمین بر طبیعت زندگی پدید آمده در این سیاره تأثیر گذاشته است. [۱۳۸] دنیای ما در فشار اکسیژنی که امروز ما داریم بیشتر هیدروژن پیش از آنکه بتواند از زمین بگریزد

به آب تبدیل شده است. به جای آن بیشتر کمبود هیدروژن با متلاشی شدن مولکول‌هایی مانند **متان** جبران می‌شود. [۱۳۹]

**گرم شدن زمین [ویرایش]**

نوشتار اصلی: **گرمایش جهانی**



همسجی سیاره‌های سامانه خورشیدی 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:

شبهانگ (۱۱) < خورشید (۱۰) < ولف ۳۵۹ (۹) < مشتری (بدون شماره)

ت:

دیران (۱۴) < نگهبان شمال (۱۳) < رأس پیکر بسین (۱۲) < شبهانگ (بدون شماره)

ث:

ابطالجوزا (۱۷) < قلب عفر ب (۱۶) < یای شکارچی (۱۵) < دیران (بدون شماره)

ج:

ویوای سگ بزرگ (۲۰) < ویوای قیفاووس (۱۹) < مو قیفاووس (۱۸) < ابطالجوزا (بدون شماره)

گازهای اصلی- تشکیل- دهند- ل- تمسفر- زمین- یعنی- نیتروژن- و- اکسیژن-، گاز- گلخانه‌ای- نیستند- دلیل- آن- این- است- که گازهای دو اتمی مانند این دو، اشعه فرسرخ را نه جذب و نه تابش می‌کنند. دیاکسید کربن گاز گلخانه‌ای

اصلی در اتمسفر است. برای اعصار متمادی درصد آن در جو پایدار مانده است، اما متأسفانه سوختن سوخت‌های فسیلی (که دارا



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 - پدیده‌های 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٪. مقدر-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 جلهلی-مثل-زمین-هدی-آبیاری-شده) و- لثرتله-آن- بر آب- و- هو-لی- زمین- ثلثت- ملند-ملاست-

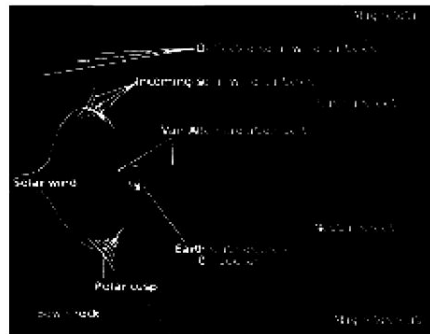
هم-لکنون- مقدر- دو- گاز- گلخنه-لی- دیگر- هم- در- حل- لفر-لیش- است-

توانایی حفظ حرارت در متان ۲۰ برابر دیاکسید کربن است. ما هر ساله ۵۰۰ میلیون تن متان به جو اضافه می‌کنیم 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.

- هرساله بین ۷ تا ۱۳ میلیون تن اکسید نیتروژن، ناشی از کودهای نیتروژنی، فضولات حیوانی و انسانی و آگزوز 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- با- جدیت- در- حل- پیگیری- است. [۱۴۱]

### 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 کمر بند یا خط استوای میدان مغناطیسی شدت میدان مغناطیسی در سطح زمین به  $3,05 \times 10^{-5}$  تسلا و گشتاور مغناطیسی آن به  $7,91 \times 10^{15}$  مترمکعب می‌رسد. [۱۴۲] بر پایه نظریه‌دینامو، این میدان در منطقه هسته بیرونی که مایع است ساخته شده‌است. در هسته بیرونی گرمای زیاد و رسانش گرمایی با

جابجایی مواد رسانای درون آن می‌شود که این پدیده خود باعث پدید آمدن جریان‌های الکتریکی و از آن میدان مغناطیسی زمین می‌گردد. جابجایی مواد در هسته بیرونی با هرج و مرج همراه است و باعث می‌شود که قطب‌های میدان مغناطیسی در

بازهای زمانی گوناگون جابجایی‌هایی داشته باشد. از این رو در بازهای زمانی چند میلیون سال باید چشم به راه چند بار جابجایی در محل قطب‌های مغناطیسی زمین باشیم. برای نمونه، تازه‌ترین جابجایی دو قطب در ۷۰۰۰۰۰ سال پیش رخ

داده‌است. [۱۴۳][۱۴۴]

میدان مغناطیسی زمین، در گرداگرد آن مغناطکره را پدیدآورده است. مغناطکره راستای وزش بادهای خورشیدی را کج می‌کند و نمی‌گذارد که به زمین برسند. ناحیه شوک تعظیم، جایی که بادهای خورشیدی در برخورد با میدان مغناطیسی زمین ناگهان سرعت خود را از دست می‌دهند، در فاصله‌ای به اندازه ۱۳ برابر شعاع زمین جای دارد. برخورد میان بادهای خورشیدی و میدان مغناطیسی کمر بند و آن را می‌سازد. یک جفت منطقه مهم مرکز جنبه مانند که جایگاه ذرات باردار پر انرژی است. هنگامی که پلاسما و ارهاکرم در زمین در منطقه قطبی می‌شود، شفق قطبی را پدیدمی‌آورد. [۱۴۴]

حرکات چندگان در زمین [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 ثانیه است. [۱۴۵]

سرعت این حرکت زمین در مدار خود به دور خورشید یکسان نیست و در نزدیکی خورشید (هنگام حضيض) بیشترین سرعت و در فاص دورتر خورشید (هنگام اوج) کمترین سرعت را دارد؛ و میانگین سرعت آن ۳۰ کیلومتر بر ثانیه است. با تعدیل محاسبه این حرکت نسبت به نقطه اعتدال سال اعتدالی بدست می‌آید که ۲۰ دقیقه از سال نجومی و گردش انتقالی زمین کمتر است. در گاهشماری کاربرد دارد. بد توجه به انحراف مدار انتقالی زمین نسبت به صفحه لستول، در یک دور حرکت انتقالی، میل زمین به خورشید و متقابلن اویه تابش خورشید در روزهای سال متغیر خواهد بود و موجب تغییر نسبت ساعات شب به روز و تغییرات گسترده و تدریجی‌الانه آب و هوایی و دما بیکرم زمین خواهد شد؛ که این تغییرات اقلیمی در چهار مرحله زمانی تقریباً مساوی به عنوان **فصول** چهارگانه در زمین نمایان می‌شود. حرکت انتقالی همچنین موجب تغییر ظاهر عظیم سالانه آسمان شب می‌باشد.

### حرکت وضعی [ویرایش]

نوشتار اصلی: **حرکت وضعی زمین**

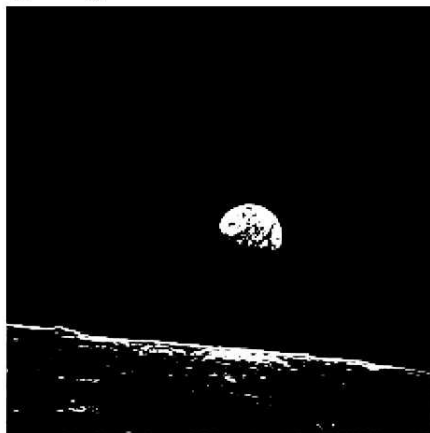
**حرکت وضعی زمین چرخشی** لست که زمین به دور خود لنجلم می‌دهد که لین چرخش به سمت شرق است. زمین به دور محور شمالی و جنوبی‌اش در خلاف حرکت عقربه‌های ساعت می‌چرخد و دوران کامل آن، ۲۳ ساعت و ۵۶ دقیقه و ۴ ثانیه طول می‌کشد. از قاطع‌ترین آزمایش‌هایی که اثبات می‌کند زمین حول محورش در گردش است، آزمایش **آونگ فوکو** است که در این آزمایش، چرخش زمین به‌طور مستقیم مشاهده می‌شود. [۱۴۴]

### 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 مله به دور زمین لست.

مدار ماه نسبت به دایره البروج کج است؛ در نتیجه صفحه مدارای آن دارای حرکت تقدیمی می‌باشد. یک چرخش، ۱۸/۶ سال طول می‌کشد و اختلالی با همین دورم تنلوب در حرکت تقدیمی زمین ایجاد می‌کند. این اثر، معروف به رقص محوری، طول دایره البروج را هم‌راه بدکجی دایره البروج تغییر می‌دهد. در اینجا محاسبات بسیار پیچیده‌تر لست؛ اما خوشبختانه اختلالات ناشی از رقص محوری نسبتاً کوچک می‌باشند؛ یعنی تنها کسری از یک دقیقه قوسی. [۱۴۷]

### سرعت حرکت محوری زمین به دور خود [ویرایش]



نمای زمین از کره ماه که در ۲۴ دسامبر ۱۹۶۸ بوسیله ویلیام بیل اندرس در سفر ایولو ۸ عکس‌برداری شده است.

سطح زمین به سرعت ۳۰۰۰۰ کیلومتر در شبانه روز حرکت می‌کند. این سرعت برابر با ۱۰۳۰ 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. (حدود ۲۴۹۰۰ 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 در نتیجه، **کشش گرانشی خورشید، ماه و سیاره‌ها** بر برآمدگی استوای زمین به وجود 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 به دلیل 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

درست‌تر آن ۸۶،۴۰۰،۰۰۲ ثانیه در **دستگاه پورم** چرخش زمین نسبت به خورشید (میانگین روز خورشیدی) ۸۶،۴۰۰ ثلثیه‌است. امروزه یک روز زمین کمی بلندتر از یک روز در سده ۱۹ میلادی است این به دلیل شتاب جزر و مدی است که هر روز، (است. به اندازه ۲ تا ۳ 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 **تهدیدار** 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 **دیگرگشت** در آن ادامه یابد. [۱۵۰] اصله زمین از خورشید، سرعت گردش آن به دور خود، شیب آن نسبت به محور شیبشینه، ژئومینشناسی، نگهداری هواگره 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]

### زیست‌گره [ویرایش]

نوشتار اصلی: زیست‌گره

بخش زیستی زمین، ساختار زندگی در زمین را «زیست‌گره» می‌گویند. گمان آن می‌رود که **برپایه نظریه تکامل عمر**

زندگی در زمین ۳٫۵ میلیارد سال باشد. خود زیست‌گره 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 رویه دریاها و رطوبت** دسته‌بندی می‌شوند. **توندرها**

که در **مدار قطبی شمال و در مدار قطبی جنوب** جای دارند یا منطقه‌های با ارتفاع بسیار بالا یا **بسیار خشک** را می‌توان

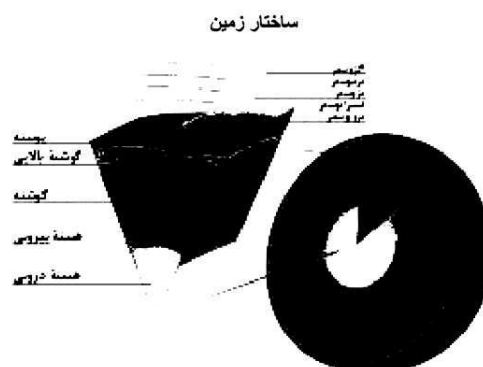
گفت از زندگی گیاهی و جانوری **نهی اند**؛ ولی در برابر آن سرزمین‌های مرطوب و پستمنطقه **استوایی** دارای بیشترین شمار گونه‌های گیاهی

و جانوری‌اند.

### ساختار زمین

از ویکی‌پدیا، انشنامه آزاد

پرش به ناوبر پیرش به جستجو



## لایه‌های اصلی

پوسته

گوشته

هسته

لایه‌های غیر اصلی [نمایش]
ناپوستگی‌ها [نمایش]
موضوعات مرتبط [نمایش]

این جعبه:

- [نمایش](#)
- [بجث](#)
- [ویرایش](#)

ساختار زمین یا ساختار درونی زمین از قشرهای کروی شکل لایه‌بندی شده‌ای به ترتیب؛ از یک پوسته جامد بیرونی؛ ساخته شده 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 شده است.

درک علمی از ساختار داخلی زمین بر پایه مشاهده مکان‌نگاری (توپوگرافی) و ژرفاسنجی، بررسی برون‌زدهای سنگی، نمونه‌هایی که از ژرفای بیشتر توسط آتشفشان‌ها یا فعالیت آتشفشانی به سطح آمده، تجزیه و تحلیل امواج لرزه‌ای 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 شده است.

پوسته بیرونی‌ترین لایه زمین است و بیشتر از اکسیژن و سیلیکون ساخته شده و تنها جایی است که زندگی بر روی آن شناخته شده است. گوشته بزرگترین و پهناورترین لایه زمین است و از سنگ‌های نیمه‌جامد بسیار نرم و چگال و بیشتر از آهن و نیکلیم ساخته شده است. سنگ‌گره بخش سفت و سخت زمین و به حالت جامد است و تمام سطح زمین از بالای کوه اورست تا انتهای درازگودال ماریانا را می‌پوشاند و از کانی‌ها ساخته شده است. سنگ‌گره همیشه به آرامی در حال حرکت است و به بشقاب‌های زمین‌ساختی تکه‌تکه شده است.

جنبش زمین‌ساخت بشقابی عامل بسیاری از رویدادهای زمین‌شناسی مانند زمین‌لرزه‌ها و آتشفشان‌ها است. سست‌کره بخش نرم کره زمین است که گمان زده می‌شود که بسیار گرم‌تر و مایع‌تر از سنگ‌گره باشد. اگرچه سنگ‌های این لایه جامد و نیمه‌گداز

اما در پاسخ به تغییر شکل، روان و جاری می‌شوند. هسته درونی‌ترین و گرم‌ترین لایه زمین است و به طور کامل از فلز ساخته شده است. هسته بیرونی از فلزاتوب شده آهن و نیکل و همچنین گوگرد ساخته شده و به باور دانشمندان، میدان مغناطیسی زمین را کنترل می‌کند. جنس‌هسته بیرونی زمین، جامد و از آهن است و دمای آن ۶۰۰۰۰ سانتی‌گراد (باندازم دمای سطح خورشید) و فشار آن ۴۵۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع است. شعاع متوسط زمین (از پوسته تا مرکز هسته) ۶۰۳۷۱ کیلومتر یا با نماد علمی  $6,371 \times 10^3$  کیلومتر است.

دانسته‌های کنونی مبرارم از ساختار زمین از مطالعات مبرارم مسیرها و ویژگی‌های امواج لرزه‌ای (امواج بی‌آب ۱ و اس‌ب ۲) و آزمایش بر روی کانی‌ها و مشاهدات سنگ‌های سطحی و حرکات زمین در سامانه خورشیدی به دست آمده است.

حدود ۲۷۰ میلیون سال پیش، ابرقاره‌ای به نام پانگه آب ۳ (شامل همه قاره‌های زمین) وجود داشت که یک سوم زمین را پوشش می‌داد و اقیانوس ۳ جهانی پانتالاسا ۵ آن را احاطه کرده بود. فروپاشی این ابرقاره در حدود ۲۰ 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<sup>۲</sup>) گرانش زمین توسط آیزاک نیوتن کشف شد 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  $5,972 \times 10^{24}$  کیلوگرم و حجم آن برابر با  $1,083 \times 10^{12}$  کیلومتر

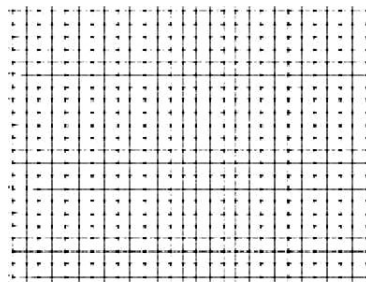
- ویژگی‌های فیزیکی، ۵

$(Al_2O_3)$  آلومینیم تری‌اکسید،  $(SiO_2)$  ترکیباتی از اکسیدهای برخی عناصر ه. ۱۲۰. برخی از این ترکیبات عبارتند از: سیلیسیم دی‌اکسید  $(K_2O)$  و پتاسیم اکسید  $(Na_2O)$  سدیم اکسید،  $(CaO)$  اکسید کلسیم،  $(FeO)$  اکسید آهن،  $(MgO)$  اکسید منیزیم

برخی از عناصر ساختار زمین معروف به عنصرهای خاکی کمناب یا فلزات خاکی کمیاب ه. ۱۲۱. این فلزات عبارتند از: اسکاندیم (Sc)، ساماریوم (Sm)، پرومتیم (Pm)، نئودیمیم (Nd)، پرازئودیمیم (Pr)، سرمیم (Ce)، لانتان (La)، ایتیم (Y)، ایتیم (Sc)، ایتیم (Er)، تولیم (Tm)، هولمیم (Ho)، دیسپروزیم (Dy)، تربیم (Tb)، گادولینیم (Gd)، یوروپیم (Eu) و لوتتیم (Lu) و لوتتیم (Yb) هنگامی که این فلزات با فلزات دیگر آلیاژ می‌شوند، برخی می‌توانند افزایش خاصیت را برای نمونه، آهن را با مقاومت بالا از مغناطیسی، مقاومت و دمای بالا و ویژگی‌های دیگری را ارائه دهند.

۳۲	AO	۶	۵	Fe	آهن

اکسژن	O	۴۷	۴۴	۶	۳۰
سیلیسیم	Si	۲۸	۲۲		1d
منیریم	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

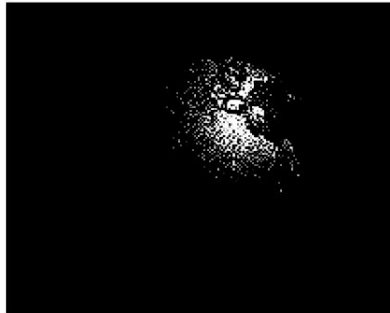
سه قرن پیش، آیزاک نیوتن پیرامون سیارات و نیروی گرانش به مطالعه پرداخت و محاسبه کرد که میانگین چگالی زمین دو برابر چگالی سنگ‌های سطح زمین است و به همین دلیل درون زمین باید از سنگ‌های بسیار چگالتر ساخته شده باشد. دانش مابارم درون زمین با آن دوران نیوتن بسیار بهبود یافته است، اما مقدار چگالی زمین با آن تغییر نکرده است. اطلاعات کنونی ما دربارم 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 آمده است. اطلاعات دیگر نیز از مشاهدات زمین‌شناسی سنگ‌های سطحی و مطالعات پیرامون حرکات زمین در منظومه خورشیدی، گرانش و میدان مغناطیسی زمین و گرمای درون زمین به دست آمده است.<sup>[۱۴]</sup>

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 بی طولی هستند و می‌توانند 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 آتشفشان‌ها و حتی توسط امواج آب در اقیانوسها و دریاها، یا به طور مصنوعی توسط انفجارها و دستگاه‌های مکانیکی تولید می‌شوند.<sup>[۱۵]</sup>

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.<sup>[۱۶]</sup>

در بزرگ‌ابردوران برکامبرن، بر روی زمین لایه‌های مختلف سنگ‌های رسوبی وجود داشت.<sup>[۱۷]</sup> 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 پانجه‌آ

### نوشتار اصلی: رانش قاره‌ای

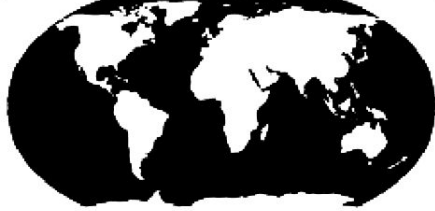
در اوایل سده بیستم، دانشمندی آلمانی به نام آلفرد وگنر [پ ۶] نظریه‌ای ارائه داد که قاره‌های زمین از رانشی به سر اسر زمین منتقل شده‌اند و نام این رانش را رانش قاره‌ای نهاد. وگنر متوجه شد که غرب آفریقا و شرق آمریکای جنوبی مانند تکه‌های پازل می‌مانند. او نخستین کسی نبود که این موضوع را اطلاع داد، اما نخستین 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 به دست آورده بود که این موضوع را ثابت می‌کرد. برای نمونه، سنگواره‌خزنده‌ای 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 قاره‌ها (نه فقط آفریقا و آمریکای جنوبی) در یک ایر قاره به یکدیگر متصل بودند. او نام این سرزمین بزرگ باستانی را پانجه‌آ (به معنی همه سرزمین‌ها در زبان یونانی) نهاد. [۵]

### قاره‌های زمین [۹]

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

پانجه‌آ در حدود ۲۷۰ میلیون سال پیش و در دوره‌ی زمین [پ ۸] وجود داشت و یک سوم از سطح زمین را پوشش می‌داد و اقیانوس جهانی یاننالا آن را احاطه کرده بود. فروپاشی پانجه‌آ اکنون از دیدگاه زمین‌ساخت بشقابی (و نه از دیدگاه هنه-وگنر) توضیح داده می‌شود. این ایر قاره به یکباره شکسته شده و در مراحل مجزا تکماتکه شده است. فروپاشی پانجه‌آ در حدود ۲۰۰ میلیون سال پیش و در دوره ژوراسیک [پ ۹] آغاز شد. حدود ۱۸۰ میلیون سال پیش، نخستین اقیانوس تشکیل شده از فروپاشی پانجه‌آ، اقیانوس اطلس مرکزی بود که میان شمال غربی آفریقا و آمریکای شمالی و جنوب غربی 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 اور آسیا برخورد کرد و رشته‌کوه همالیا تشکیل شد و سرانجام، قاره‌های امروزی شکل گرفتند. [۱۰]

### اقیانوس‌های زمین [۱۱]

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

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 یاد می‌گیرند 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، هاوانی و پلی‌نزی نیز بخشی از قاره محسوب نمی‌شوند. اقیانوسیه [ب] نام مجموعه 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. <sup>[۱۱]</sup> کوه اورست مرتفع‌ترین کوه زمین و بلندترین نقطه کره زمین با ارتفاع ۸,۸۵۰ متر (۲۹,۰۳۵ فوت) است که در رشته‌کوه هیمالیا در منطقه خودمختار تبت چین در آسیا قرار دارد. <sup>[۱۲]</sup>

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 ازگودال ماریانا عمیق‌ترین نقطه جهان است که تا ژرفای ۱۰,۹۲۴ متر (۳۵,۸۴۰ فوت) درون زمین ادامه می‌یابد و در اقیانوس آرام قرار دارد. <sup>[۱۳]</sup>

### زمین‌چهر [ویرایش]

نوشتار اصلی: زمین‌چهر

زمین‌چهر به عوارض سطح زمین مانند کوه‌ها، تپه‌ها، فلات‌ها <sup>[۱۴]</sup> 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. <sup>[۱۵]</sup>

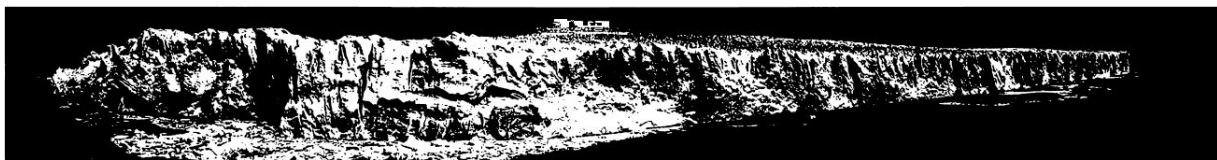






آتشفشان تاووروور در حال فعال شدن

- **زمین‌چهر کوهستانی:** زمین‌چهر کوهستانی از محیط پیرامون خود بلندتر و برجسته‌تر است و شامل دامنه، 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.<sup>[۱۴]</sup>
  - **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.<sup>[۱۵]</sup>
  - **زمین‌چهر رودخانه‌ای:** زمین‌چهر رودخانه‌ای حاصل از حرکت آب روی زمین است. جریان آب مهم‌ترین فرایند بیرونی شکل‌دادن به سطح زمین است. زمین‌چهر رودخانه‌ای ممکن است مانند دشت‌های سیلابی، مخروط افکنه‌ها و دلتاها، رسوبی باشند یا مانند دره‌ها و تنگه‌ها، فرسایشی باشند.<sup>[۱۶]</sup>
  - **زمین‌چهر رسوب رودخانه‌ای:** فرایندهای رسوب رودخانه‌ای، زمین‌چهر رسوب رودخانه‌ای پدید می‌آورد. 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.<sup>[۱۷]</sup>
  - **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 گرفته است. علاوه بر این، یخچال‌های طبیعی در طول تاریخ زمین گسترش بسیاری یافته‌اند و زیاد شده‌اند. در بازپسین عصر یخبندان که حدود ۲۰,۰۰۰ تا ۱۵,۰۰۰ سال پیش به پایان رسید، بیش از ۳۰ درصد از سطح زمین توسط یخ پوشیده شده بود.<sup>[۱۸]</sup>
  - **زمین‌چهر آقیانوسی و کرانه‌ای:** کرانه (ساحل) منطقه‌ای از زمین است که توسط عمل امواج جریان‌ها ساخته شده است.<sup>[۱۹]</sup> 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 داده است.<sup>[۲۰]</sup>
  - **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 پیشینه، فوران با یکدیگر فرق دارند.<sup>[۲۱]</sup>
- زمین‌چهر بادی:** زمین‌چهر بادی از فرسایش یا رسوب<sup>[۲۲]</sup> عوارض زمین توسط باد ساخته شده است<sup>[۲۳]</sup> و از فرسایش یا رسوب مواد سطحی توسط باد تشکیل شده است. این زمین‌چهر شامل برخی از عوارض<sup>[۲۴]</sup> زمین‌ریختی مانند تپه‌های شن و ماسه و سنگفرش‌های بیابانی است.<sup>[۲۵]</sup>



□

## تغییرات بشر [ویرایش]

نوشتار اصلی: آنتروپوسین

آنتروپوسین نام عصری غیررسمی در زمین‌شناسی است که در سومین بخش کوآترنری (۲,۶ میلیون سال پیش-تاکنون) قرار دارد و محدوده آن از نیمه دوم سده هجدهم-تاکنون است. آنتروپوسین عصری است که تغییرات گسترده انسان خردمند بر سطح زمین، جو زمین، اقیانوس‌ها و جزیره‌های طبیعی آغاز شد. چندی از دانشمندان استدلال می‌کنند که آنتروپوسین باید دنباله عصر هولوسین (۱۱,۷۰۰ سال پیش-تاکنون) باشد.<sup>[۲۴]</sup>

## لایه‌های زمین [ویرایش]

زمین دارای سلالیه-پوسته، گوشته و هسته است.<sup>[۲۷]</sup> شعاع متوسط کره زمین (از پوسته تا مرکز هسته) برابر با ۶,۳۷۱,۰۰۰ کیلومتر (۳,۹۵۸,۸ مایل) و با نماد علمی ۱۰<sup>۶</sup> تا ۴۷ مایل) ضخامت دارد (ژرفا متغیر است). پوسته اقیانوسی نیز در کف اقیانوس‌ها یافت می‌شود و از سنگ‌های چگال مانند بازالت [ب ۱۴] تشکیل شده است و حدود ۷ کیلومتر (۴ مایل) ضخامت دارد پوسته-تخت‌های تقریباً همیشه انبوسه-تخت‌های قدیمی‌تر است. برخی از قدیمی‌ترین سنگ‌های جهان را در کمربند گرین استون نیو و اگیتوک [ب ۱۵] در کبک، کانادا می‌توان یافت پوسته-تخت‌های حدود ۴ میلیارد سال پیش شکل گرفته است. امپوسته-تخت‌های هنوز هم در جاهایی که پیشته‌میانی اقیانوس نامیده می‌شود، تشکیل می‌شود.<sup>[۲۷]</sup> چگالی پوسته‌قاره‌ای و اقیانوسی به ترتیب ۲,۷ و ۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. پوسته‌قاره‌ای ۰,۳۴۷ درصد جرم زمین و ۰,۵۵۳ درصد جرم پوسته و گوشته و همچنین پوسته اقیانوسی ۰,۰۹۹ درصد جرم زمین و ۰,۱۴۷ درصد جرم پوسته و گوشته را تشکیل می‌دهد.<sup>[۲۹]</sup> این لایه، سنگی و شکننده است و هنگام وقوع زمین‌لرزه می‌شکند.<sup>[۳۰]</sup>

## پوسته [ویرایش]

نوشتار اصلی: پوسته

پوسته خارجی‌ترین لایه زمین و شامل دو نوع قاره‌ای و اقیانوسی است و تنها جایی است که زندگی بر روی آن جریان دارد. پوسته-تخت‌های زیر توده‌های زمین یافت می‌شود و کمتر از سنگ‌های چگال مانند سنگ خارا (گرانیت) [ب ۱۲] ساخته شده است و ۱۰ تا ۷۵ کیلومتر (۶ تا ۴۷ مایل) ضخامت دارد (ژرفا متغیر است). پوسته اقیانوسی نیز در کف اقیانوس‌ها یافت می‌شود و از سنگ‌های چگال مانند بازالت [ب ۱۴] تشکیل شده است و حدود ۷ کیلومتر (۴ مایل) ضخامت دارد پوسته-تخت‌های تقریباً همیشه انبوسه-تخت‌های قدیمی‌تر است. برخی از قدیمی‌ترین سنگ‌های جهان را در کمربند گرین استون نیو و اگیتوک [ب ۱۵] در کبک، کانادا می‌توان یافت پوسته-تخت‌های حدود ۴ میلیارد سال پیش شکل گرفته است. امپوسته-تخت‌های هنوز هم در جاهایی که پیشته‌میانی اقیانوس نامیده می‌شود، تشکیل می‌شود.<sup>[۲۷]</sup> چگالی پوسته‌قاره‌ای و اقیانوسی به ترتیب ۲,۷ و ۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. پوسته‌قاره‌ای ۰,۳۴۷ درصد جرم زمین و ۰,۵۵۳ درصد جرم پوسته و گوشته و همچنین پوسته اقیانوسی ۰,۰۹۹ درصد جرم زمین و ۰,۱۴۷ درصد جرم پوسته و گوشته را تشکیل می‌دهد.<sup>[۲۹]</sup> این لایه، سنگی و شکننده است و هنگام وقوع زمین‌لرزه می‌شکند.<sup>[۳۰]</sup>

پوسته اقیانوسی که بالاصطفی-تغیر و رانش تشکیل شده است، از چند لایه ساخته شده و رسوبات پوشاننده را شامل نمی‌شود. بالاترین لایه حدود ۵۰۰ متر (۰,۳۱۰ مایل) ضخامت دارد و شامل گدازه‌های ساخته شده از بازالت است.<sup>[۳۱]</sup> پوسته اقیانوسی از پوسته‌قاره‌ای سنگین‌تر است و به طور مداوم و به آرامی در حال فرورفتن به زیر قاره‌سبک‌تر 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 پوسته-تخت‌های قدیمی‌تر به اندازه‌ای به زیپوسته-تخت‌های فرومی‌رود تا این که وارد گوشته می‌شود. هنگامی که این رخداد روی می‌دهد، پوسته ذوب می‌شود و تفتال (ماگما) [ب ۱۴] تا پیشته‌میانی اقیانوسی بالا می‌آید و پوسته اقیانوسی جدید ساخته می‌شود. این رخداد هر ۲۰۰ میلیون سال یا بیشتر روی می‌دهد که انسان آنها را می‌بیند.<sup>[۳۲]</sup>

## گوشته [ویرایش]

نوشتار اصلی: گوشته


گوشته بزرگ‌ترین لایه زمین است.<sup>[۳۳]</sup> که زیر پوسته واقع شده<sup>[۳۳]</sup> 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 ۲,۸۰۰ کیلومتر (۱,۸۰۲ مایل) است. گوشته به چهار لایه تقسیم می‌شود: سنگ‌کره، سست‌کره، گوشته بالایی و گوشته پایینی. گوشته ۶۷,۳ درصد جرم زمین را تشکیل می‌دهد و دمای آن بیش از ۱۰۰۰° سانتی‌گراد است.<sup>[۳۴]</sup> سنگ‌های نیمه جامد بسیار گرم و چگال، گوشته را می‌سازند.<sup>[۳۳]</sup> آهن، منیزیم، آلومینیم، سیلیکون، اکسیژن و ترکیبات سیلیکات [ب ۱۷] در این لایه وجود دارد.<sup>[۳۳]</sup>

از آن‌جا که زمین برای کشف مستقیم پیش 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 نشان‌دهنده مرز میان پوسته و گوشته است و نایپوستگی موهورویچیک [ب ۱۸] (یا مو هو) [ب 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 نایپوستگی گوتنبرگ [ب ۲۰] نام دارد نشانه-تخت‌های گوشته و آغاز هسته-تخت‌های زمین است.<sup>[۳۳]</sup>

## سنگ‌کره (لیتوسفر) [ویرایش]

نوشتارهای اصلی: سنگ‌کره و زمین‌ساخت بشقابی

صفحه‌های اصلی زمین [۳۴][۳۵]

	
نام صفحه	مساحت ۱۰ <sup>۶</sup> km <sup>۲</sup>
صفحه اقیانوس آرام	۱۰۳,۳
صفحه آمریکای شمالی	۷۵,۹
صفحه اوراسیا	۶۷,۸
صفحه آفریقا	۶۱,۳
صفحه جنوبگان	۶۰,۹
صفحه هند-استرالیا	۴۷,۲
صفحه آمریکای جنوبی	۴۳,۶

سنگره (لیتوسفر) [۲۷] بخش خارجی سفت و سخت [۲۶] زمین است و جنس آن جامد است. سنگره حدود ۱۰۰ کیلومتر (۶۰ مایل) در بیش‌تر نقاط عمیق زمین نفوذ می‌کند و شامل بخش‌های بالایی شکننده‌گوشته و پوسته است. [۲۷] سنگره تمام سطح کره‌زمین از بالای کوه اورست تا انتهای درازگودال ماریانا را پوشش می‌دهد و از کانی‌ها تشکیل شده است. [۲۸] ضخامت سنگره به سن آن بستگی دارد (سنگره قدیمی‌تر، ضخیم‌تر است). سنگره در زیر پوسته به اندازه‌ای شکننده است که در برخی مناطق مانند یک بشقاب اقیانوسی فرورنده می‌تواند توسط گسل، زمین‌لرزه ایجاد کند. [۲۹] زمین به طور کلی دارای دو نوع سنگره اقیانوسی و قاره‌ای است. [۴۰]

سنگره همیشه به آرامی در حال حرکت است و به صفحات زمین‌ساختی تکه‌تکه شده است. بخش‌گوشته-سنگره، جنبش صفحات را آسان‌تر می‌کند. جنبش سنگره (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. [۲۷] شش صفحه بزرگ قاره‌ها (به ویژه آمریکای شمالی، آفریقا و قطب جنوب) وجود دارد. اگرچه صفحه‌های کوچک برای شکل‌دادن به زمین مهم نیستند، اما صفحه‌کوچکی مانند صفحه خوان دو فوکا [۲۲] مسئول آتشفشان‌های اقیانوس آرام در شمال غربی ایالات متحده آمریکا است. [۴۱]

سه نوع مرز زمین‌ساختی به نام‌های واگرا، همگرا و دیگرگون وجود دارد. مرز واگرا زمانی روی می‌دهد که دو صفحه 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 نفتال (ماگما) از شکاف خارج می‌شود. نفتال پس از خارج شدن از شکاف، به سنگ جامد تبدیل می‌شود پوسته جدید در لبه‌هایار شدم صفحات شکل می‌گیرد. نفتال به بازالت (سنگ تیره و متریکومینه-کف اقیانوس‌ها) تبدیل می‌شود و این‌گونه در مرزهای واگرا، پوسته‌های اقیانوسی ساخته‌شده از بازالت ایجاد می‌شود. مرز همگرا زمانی روی می‌دهد که دو صفحه زمین‌ساخت به هم نزدیک شوند که در این صورت دو صفحه به یکدیگر برخورد می‌کنند. [۴۲] در برخورد دو سنگره اقیانوسی، صفحه‌ای که قدیمی‌تر است، سردتر و چگال‌تر است و غرق خواهد شد. [۴۳] و به زیر صفحه دیگر فرومی‌رود و یک گودال (مانند درازگودال ماریانا) و آتشفشان شکل می‌گیرد. در برخورد یک سنگره اقیانوسی و قاره‌ای، سنگره چگال‌تر (اقیانوسی) به زیر سنگره اقیانوسی 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 سنگره قاره‌ای، به دلیل نسبتاً سبک بودن سنگ‌های قاره‌ای و ایستادگی در برابر حرکت رو به پایین، هیچ‌کدام به زیر دیگری فرو نمی‌روند. 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]

### سستگه (استتوسفر) [زیرایش]

نوشتار اصلی: استتوسفر

سستگه (استتوسفر) [۲۳] بخش نرم کره‌زمین که زیر سنگره واقع‌شده و بخش‌هایی مانند گوشته بالایی را دربر می‌گیرد. [۲۷] این لایه از حدود ۱۰۰ کیلومتری (۶۰ مایلی) درون زمین آغاز شده و تا ۷۰۰ کیلومتری (۴۰۰ مایلی) درون زمین گسترش می‌یابد و تصور می‌شود که این لایه بسیار گرم‌تر از سنگره و به حالت مایع باشد. [۴۸]

اگرچه سنگ‌های سستگه جامد هستند، اما در پاسخ به تغییر شکل، روان و جاری می‌شوند. دلیل روان شدن این سنگ‌ها نیز دمای بالاتر از ۳۰۶۰ درجه-سنتی‌گرادی در اعماق زمین است. از دیدگاه ترکیب شیمیایی، اگر بخش‌های بالایی سستگه سرد شود، جزئی از

سنگکره به شمار می‌رود. [۴۹] تصور می‌شود که سستکره از سنگ‌های چگال مانند پریدوتیت‌ها [۲۴] ساخته شده باشد. 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 آید [۵۰].

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

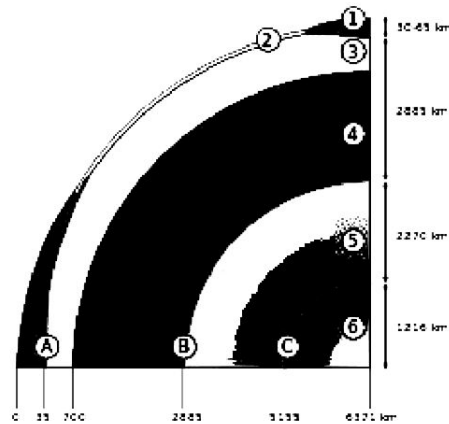
جامد و هسته خارجی، مایع است. قطر آن ۲۵۶۰ کیلومتر و دمای آن ۸۰۰۰ درجه سانتی‌گراد است. فاصله آن از سطح زمین ۶۳۳۶



هسته - جبریونی زمین از ژرفای ۲۸۹۰ کیلومتری (۱۸۰۶ مایلی) آغاز شده و تا ژرفای ۵۱۵۰ کیلومتری (۳۲۱۹ مایلی) زمین ادامه

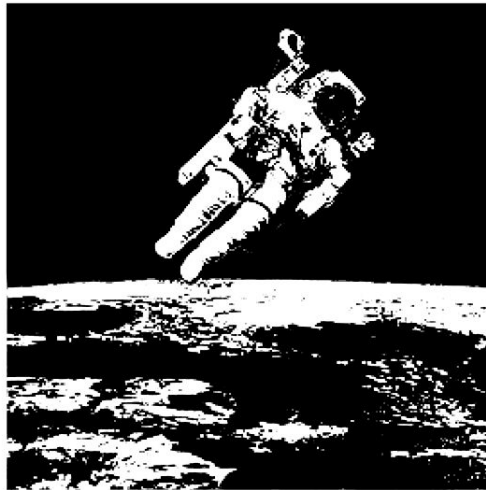
از آن جا که زمین، تویی فلزی (هسته) در وسط خود داردهمه. این سیاره مغناطیسی است و دایره آن بر این باورند که هسته جبریونی همان چیزی است که میدان مغناطیسی زمین را کنترل می‌کند. میدان مغناطیسی زمین مانند یک حباب عمل می‌کند و از زمین در برابر

هسته دَرونی [ویرایش]



نمایی شماتیک از درون زمین:

- ۱: پوسته خُخاره‌ای
- ۲: پوسته خُاقیانوسی
- ۳: گوشته خُجالی
- ۴: گوشته خُپایی
- ۵: هسته خُبیرونی
- ۶: هسته خُدرونی
- ناپوستگی موهوروویچیچ (مو هو): A
- ناپوستگی گوتتبرگ: B
- ناپوستگی لِهمان [ب ۲۵]: C



یروس مک‌کندلس دوم [ب ۲۶] در یک راهپیمایی فضایی طی مأموریت آپولو ۱۱-۴۱ [ب ۲۷]

نوشتار اصلی: هسته درونی

هسته دَرونی زمین از حدود ۶,۶۴۰ کیلومتر (۴,۱۰۰ مایل) زیر پوسته آغاز شده و حدود ۱,۲۸۰ کیلومتر (۸۰۰ مایل) ادامه می‌یابد. در هسته خُزمین، دما و فشار به اندازه‌ی زیاد است [۱۵۴] (دمای ۶,۰۰۰° سانتی‌گراد [۱۵۵] و فشار ۴۵۰,۰۰۰ پوند بر اینچ مربع) که فلزات فشرده می‌شوند و می‌توانند مانند یک مایع حرکت کنند و در جاهایی که به شکل جامد هستند، وادار به لرزش هستند [۱۵۶]

هسته-درونی عمدتاً از آهن ساخته شده است. اگرچه دما در هسته-درونی بسیار زیاد است، اما به دلیل فشار بسیار زمین، آهن نمی‌تواند ذوب شود و جنس هسته‌درونی جامد است. هسته به طور منظم در حال حرکت است و می‌چرخد و دانشمندان بر این باورند درونی سریع‌تر از تئیه-تبخش‌های زمین می‌چرخد. [۱۵۱]

تاکنون هر آنچه که بر بارم هسته-درونی زمین مشخص شده است، از مطالعات ردیابی امواج لرزه‌ای (امواجی که از سطح زمین به درون زمین رفته‌اند) به دست آمده است. این مطالعات نشان داده‌اند که سفر به هسته-درونی از هر راستایی یکسان نیست و این نشان می‌دهد که جاهای مختلف هسته-درونی نیز یکسان نیست. [۱۵۲]

با توجه به برخی از بررسی‌های اخیر، شماری از فیزیکدانان ترجیح داده‌اند هسته-درونی را نه به عنوان یک جامد، بلکه به عنوان یک «پلازما با رفتاری جامدگونه» بدانند. [۱۵۳]

## ویژگی‌های فیزیکی [ویرایش]

### گرانش زمین [ویرایش]

نوشتار اصلی: گرانش زمین

در دانش مکانیک، گرانش نیرویی جهانی است که همه امواد 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 سیارات منظومه-خورشیدی را کنترل می‌کند و در جاهای دیگر، ساختار ستارگان، کهکشان‌ها و کل کیهان را حفظ می‌کند. بر روی زمین همه اجسام دارای وزن هستند و متناسب با جرم آن اجسام، زمین بر روی آن‌ها نیروی گرانش اعمال می‌کند. [۱۵۴]

در آغاز سده‌شانزدهم میلادی، ستارشناسانی مانند گالیلئو گالیله و تیکو براهه کشف کردند که زمین و سیارات دیگر به دور

خورشید می‌چرخند و یوهانس کیپلر [ب 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 است بر بارم زمین و نیروهای طبیعت به فکر افتاد و متوجه شد که نیرویی باید وجود داشته باشد که بر روی سیب در حال سقوط اثر بگذارد؛ در غیر این صورت، سیب شروع به حرکت نمی‌کند. او همچنین متوجه شد 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 همه اجرام وجود دارد. [۱۵۵]

مقدار گرانش زمین ثابت نیست و همراه با امتداد سطح زمین، ارتفاع زمین و حتی زمان تغییر می‌کند، اما برای سادگی از گرانش

با  $۳۲/۱۷۴۰$  فوت بر مجذور  $(m/s^2)$  استاندارد زمین استفاده می‌شود. گرانش استاندارد زمین برابر با  $۹/۸۰۶۶۵$  متر بر مجذور ثانیه است. این مقدار، گرانش متوسط در  $۴۵^\circ$  عرض جغرافیایی در سطح دریاست و در محاسبات مهندسی نیز استفاده می‌شود.  $(ft/s^2)$  ثانیه مقدار گرانش در سطح زمین به دلایلی متفاوت است. [۱۵۶]

۳. چرخش زمین: چرخش زمین نیرویی را که با احساس می‌کند، کاهش می‌دهد؛ بنابراین، انسان احساس می‌کند که در خط استوا سبک‌تر از قطب‌های زمین است. چرخش زمین حدود  $\pm ۰.۳$  متر بر مجذور ثانیه بر گرانش اثر می‌گذارد.
۴. 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  $۱۰۰۰۰$  متر، گرانش زمین بر اجسام حدود  $۰.۰۰۰۱$  متر بر مجذور ثانیه کاهش می‌یابد.
۵. تفاوت جرم: گرانش تابع جرم است و چون توده‌ها یکنواخت نیست، گرانش نیز متغیر است. اندازه‌گیری‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که جرم حدود  $\pm ۰.۰۰۰۰۶$  متر بر مجذور ثانیه بر مقدار گرانش (نسبت به وزن طبیعی) اثر می‌گذارد.
۶. جزر و مد: تغییرات جزر و مدی (با توجه به کشش گرانشی خورشید و ماه) منجر به تغییر حدود  $\pm ۰.۰۰۰۰۰۳$  متر بر مجذور ثانیه در گرانش می‌شود.

### دما و فشار زمین [ویرایش]

با افزایش ژرفای زمین، دما و فشار زمین نیز افزایش می‌یابد. [۱۵۷] به طوری که با افزایش یک کیلومتر ژرفای زمین، دما  $۲۵^\circ$  سانتی‌گراد و فشار حدود  $۲۵$

[تسفر] [ب] افزایش می‌یابد. [۱۵۸] عامل این افزایش فشار و دما، وزن لایه‌های زمین است و فشار و دما حالت لایه‌های زمین را مشخص می‌کند. [۱۵۹]

در نزدیکی سطح زمین، فشار و دما کم است. برآورد شده است که دمای مرکز زمین حدود  $4000^{\circ}\text{C}$  تا  $7000^{\circ}\text{C}$  سانتی‌گراد و باخدازم دمای سطح خورشید است. در این دما، سنگ و آهن به صورت جامد باقی می‌مانند. در ژرفای ۵۰ کیلومتری، میزان فشار نزدیک به  $200000$  پوند بر اینچ مربع است. در حالی که میزان فشار معمولی در لاستیک خودروها، حدود ۳۵ پوند بر اینچ مربع است. قرار دادن فشار  $2000000$  پوند بر اینچ مربع در لاستیک خودرو، موجب ترکیدن لاستیک و تبدیل آن به قطعات بسیار کوچک می‌شود. [۴۶] در پوسته، صفحات زمین ساختی معمولاً به صورت هموار حرکت می‌کنند، اما گاهی اوقات به یکدیگر برخورد می‌کنند و فشار حاصل می‌شود و زمین‌لرزه روی می‌دهد. [۴۷]

### جرم، حجم و چگالی زمین [ویرایش]

جرم زمین بر پایه لایه‌ها [۳۰]

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

**جرم** زمین برابر با  $5,972,19 \times 10^{24}$  کیلوگرم و با نماد علمی  $5,9722 \times 10^{24}$  کیلوگرم است. [۳۱] زمین تنها جرم بخشی از اجرام دیگر منظومه شمسی را دارد؛ برای نمونه، جرم خورشید  $333000$  بار و جرم **سیاره بزرگ سیاره‌ها** ۳۱۸ بار بیشتر از زمین است. اجرام دیگری نیز

در منظومه شمسی وجود دارند که بخشی از جرم زمین را دارند؛ برای نمونه، **سیاره بزرگ سیاره‌ها** درصد جرم زمین را دارد. [۳۸]



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

**حجم** زمین برابر با  $1,083,206,916,846$  کیلومتر مربع (با نماد علمی  $1,0832 \times 10^{12}$  کیلومتر مربع) و با نماد علمی  $1,0832 \times 10^{12}$  کیلومتر مربع است. [۳۲] زمین بزرگترین سیاره از میان **جهایارم درونی** است؛ هر چند که در مقایسه با غول‌های گازی بسیار کوچک است. **سیاره مریخ** کوچکترین سیاره منظومه شمسی است و حجم آن برابر با  $5/4$  درصد حجم زمین است. **جهایارم مریخی** برابر با ۸۶ درصد حجم زمین است و حجم این سیاره بیش از هوسیارم مریخی به زمین نزدیک است. **جهایارم مشتری** برابر با ۱۵ درصد حجم زمین است و می‌توان بیش از شش سیاره به اندازه مریخ را درون زمین جای داد. **سیاره بزرگ سیاره‌ها** ششمی است و می‌توان ۱۳۲۱ سیاره باخدازم زمین را درون آن جای داد **سیاره مریخی** نیز دومین سیاره بزرگ منظومه شمسی است و می‌توان ۷۶۴ سیاره باخدازم زمین را درون آن جای داد. [۳۹]

**چگالی** زمین برابر با  $5,513$  گرم بر سانتی‌متر مکعب است. [۳۳] این عدد، چگالی متوسط همه مواد در زمین است و این سیاره چگال‌ترین سیاره در منظومه شمسی است. اگر فشرده‌سازی گرانشی که عامل چگال بودن زمین است، وجود نداشت، سیاره تیر که دومین سیاره چگال منظومه شمسی است، چگال‌ترین سیاره این منظومه ساده می‌شود. [۳۴] (g/cm) به گرم بر سانتی‌متر (kg/cm) می‌شد. چگالی زمین با تقسیم جرم زمین بر حجم آن محاسبه و سپس از کیلوگرم بر کیلومتر

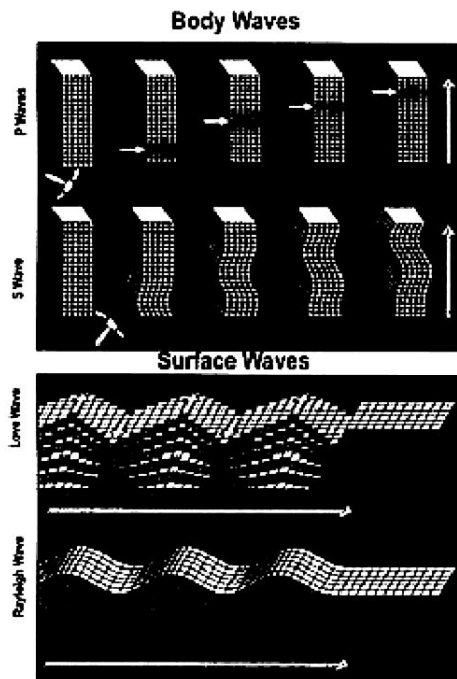
### پدیده‌ها و بلایای طبیعی [ویرایش]



ساختمان‌های آسیب‌دیده در پورتو پرنس، هائیتی، به موجب زمین‌لرزه هائیتی (۲۰۱۰)

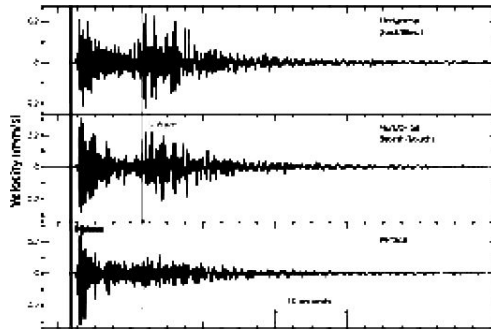
- **زمین‌لرزه:** هر لرزش ناگهانی زمین ناشی از عبور امواج لرزه‌ای از میان سنگ‌های زمین است. هنگامی که انرژی در پوسته زمین ذخیره می‌شود، امواج لرزه‌ای تولید می‌شود. این امواج در اثر آزاد شدن، بر سنگ‌های زمین فشار می‌آورند و در اثر شکستگی و لغزش این سنگ‌ها، زمین‌لرزه رخ می‌دهد. زمین‌لرزه اغلب در امتداد گسل‌های زمین‌شناسی رخ می‌دهد. بزرگ‌ترین خطوط‌های گسل زمین در حاشیه کناره آب‌شکاف‌های زمین‌ساختی وجود دارد. [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 رخ دادن 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) دامنه (ارتفاع) آن‌ها ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر (۱ تا ۲ فوت) دورم 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 پدیدمی‌آورد. [۷۳]
- **آتشفشان:** فوران و بیرون ریختن گدازه و سنگ‌های گداخته دیوسته 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. [۷۴]

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



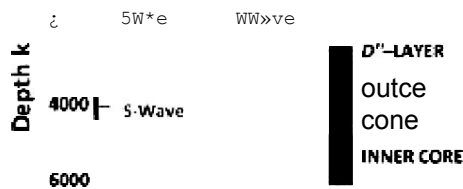
امواج درونی و امواج سطحی





امواج پی و اس در یک لرزه‌نگاشت

Velocity(km/s)



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

امواجی از انرژی که از درون زمین عبور می‌کنند. این امواج نتیجه (به انگلیسی) موج لرزه‌ای زمین‌لرزه، فوران آتشفشان، 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 لرزه‌های محیطی شناخته می‌شوند. امواج لرزه‌ای در دانش لرزه‌شناسی که بخشی از ژئوفیزیک است، مطالعه می‌شوند. این امواج توسط دستگاه‌های لرزه‌سنج، هیدروفون (در آب) یا شتاب‌سنج ضبط و اندازه‌گیری می‌شوند.

سرعت انتشار امواج لرزه‌ای به حگالی و کشسانی محیط انتشار بستگی دارد. سرعت 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، انعکاس و انکسار امواج لرزه‌ای در مطالعه ساختار

○ امواج درونی، ۱

○ امواج سطحی، ۲

■ امواج ریلی، ۱.۲.۱

■ امواج لایو، ۱.۲.۲

○ امواج پی و اس در گوشته و هسته زمین، ۳

### 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 اختزلرزشناسی 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

لمولجی- فشری- هستند- که- به- صورت موج طولی در طبیعت وجود دارند. امواج پی امواج (P) موج‌های اولیه

فشاری هستند که با سرعت بیشتری نسبت به دیگر امواج درون زمین حرکت می‌کنند به همین دلیل

نخستین امواجی هستند که به دستگاه لرزشنج می‌رسند و از این رو امواج اولیه نامیده می‌شوند. این امواج قادر به عبور از هر است. این امواج در هوا به شکل امواج صوتی در S نوع ماده‌ای از جمله سیالات هستند و سرعت آنها حدود دو برابر امواج 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

لمولجی- برشی- هستند- که- به- صورت موج عرضی در طبیعت وجود دارند. پس از روی دادن زمین لرزه، (S) موج‌های ثانویه

که سرعت بیشتری دارند به ایستگاه لرزشنگاری می‌رسند و زمین را عمود بر جهت انتشار، P پس از امواج S امواج

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

لمولج- بل- لفرایش- فلصله- از سطح- کاهش- می‌یابند، به- نلم- لمولج- سطحی- خولند- می‌شوند. این- لمولج- کندتر- از لمولج- درونی- (پی- و) می‌کنند. در زمین لرزه‌های 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 و

گوشته فوقانی) بستگی به بسامد و طول موج دارد.

## امواج لائو [ویرایش]

نوشتار اصلی: موج لائو

موج لائو 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، لرزه‌نگارهای نزدیک رومرکز زمین لرزه می‌توانند هر دو موج پی و اس را دریافت کنند، ولی لرزه‌نگارهای دورتر قادر به تشخیص فرکانس‌های بالای نخستین امواج اس نیستند. از آنجا که امواج برشی نمی‌توانند از سیالات عبور کنند، این وضعیت به عنوان شاهدهی 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 به کار 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 هر جای زمین را محاسبه کنند. به طور معمول ده‌ها یا حتی صدها داده دریافت موج پی برای محاسبه کانون زمین‌لرزه به کار می‌رود.

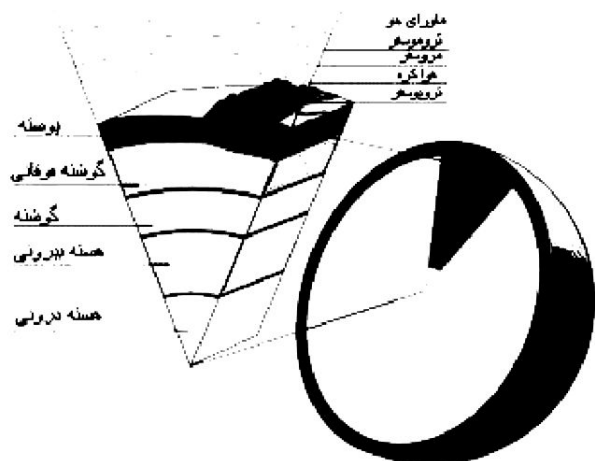
یک راه سریع برای تعیین فاصله یک نقطه نسبت به منشأ موج لرزه در فواصل کمتر از ۲۰۰ کیلومتری، محاسبه تفاوت زمان رسیدن امواج پی و اس به ثانیه و ضرب کردن آن عدد در ۸ کیلومتر بر ثانیه است. آرایه‌های لرزه‌ای مدرن از روش‌های پیچیده‌تری برای تعیین موقعیت زمین‌لرزه استفاده می‌کنند.

## پوسته

از ویکی‌پدیا:انسانامه. آزاد

پرش به ناوبری پرش به جستجو

برای دیگر کاربردها، پوسته (ابهام‌زدایی) را ببینید



**پوسته** بلایه سخت بیرونی سیارات می‌گویند. پوسته قسمتی از **لیتوسفر** است. پوسته از انواع مختلفی از سنگها ساخته شده است. از جمله: سنگ آذرین، سنگ رسوبی، سنگ دگرگونی. در پایین پوسته گوشته است. پوسته دارای دو بخش متفاوت است پوسته هرفالی و پوسته اقیانوسی. ضخامت پوسته در نقاط مختلف زمین بین 5 تا 70 کیلومتر است. پوسته قشر نسبتاً نازکی در اطراف کره زمین است. ترکیب و ساختمان پوسته در زیر قاره‌ها و اقیانوس‌ها با هم متفاوت است پوسته زمین در زیر قاره‌ها از دولایه سیلیسیم و آلومینیوم و سیلیسیم و منیزیم و آهن درست شده است.

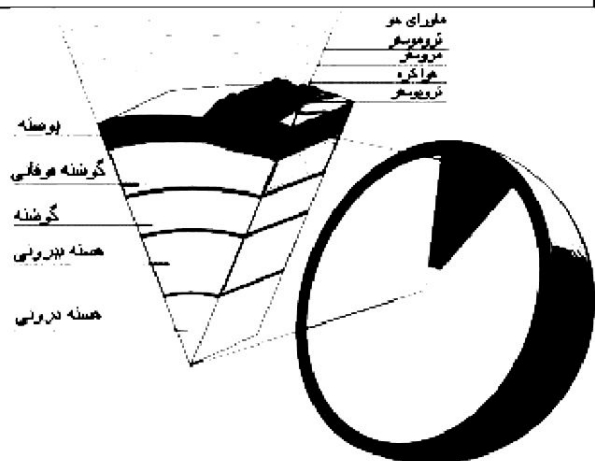
انواع ذخایر معدنی فلزی و غیر فلزی از دیگر ویژگی‌های بخش بیرونی پوسته زمین است.

## گوشته

از ویکی‌پدیه‌اشنامه آزاد

پرش به ناوبری پرش به جستجو

	<p>این نوشتار به هیچ منبع و مرجعی استناد نمی‌کند. لطفاً با افزودن یادکرد به منابع قابل اعتماد بر طبق اصول تأییدپذیری و شیوه‌نامه ارجاع به منابع، به بهبود این نوشتار کمک کنید. مطالب بدون منبع ممکن است به چالش کشیده شوند و حذف شوند.</p>
--	--



**گوشته** یا **جبه** به قسمتی از زمین گویند که در فاصله ۲۹۰۰ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد. گوشته حفاصل بین پوسته و هسته می‌باشد. گوشته حالتی نیمه جامد دارد و مانند خمیر می‌باشد. گوشته اطراف هسته را فرا گرفته است، مواد سازنده گوشته: **سیلیسیم**، **اکسیژن**، **آهن**، **منیزیم**، **کلسیم**.

از گوشته توده‌ای داغ و صعودکننده از ماگما منشأ می‌گیرد که به آن‌بانه گوشته [۱] می‌گویند


### بخش‌ها [ویرایش]

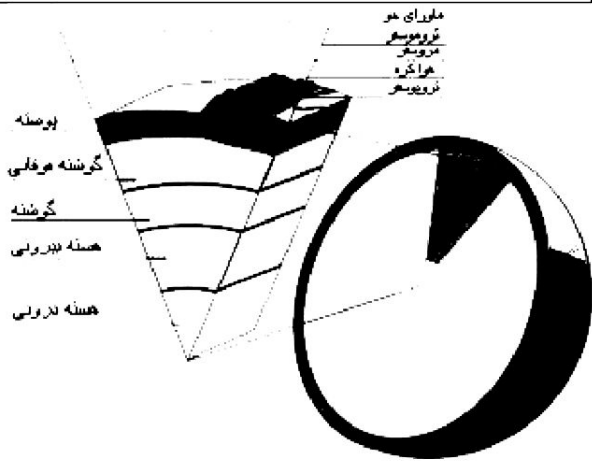
بخشی از گوشته که در عمق کمتر از حدود ۳۰۰ کیلومتر را روگوشته [۱] (گوشته فوقانی) می‌گویند. به بخشی از گوشته زمین، از عمق ۷۰۰ تا ۲۹۰۰ کیلومتر را زیرگوشته [۲] گفته می‌شود. بخشی از گوشته بالایی زمین، واقع در زیر سنگ‌گِره که سست است و در آن ماگما تولید می‌شود سست‌گِره [۳] نام دارد. [۴]

### هسته زمین

از ویکی‌پدیا:انشنامه آزاد

[پیش به ناوبر پیش به جستجو](#)

	این نوشتار به هیچ منبع و مرجعی استناد نمی‌کند. لطفاً با افزودن یادکرد به منابع قابل اعتماد بر طبق اصول تأییدپذیری و شیونامه آرجاع به منابع، به بهبود این نوشتار کمک کنید. مطالب بدون منبع ممکن است به چالش کشیده شوند و حذف شوند.
---	---

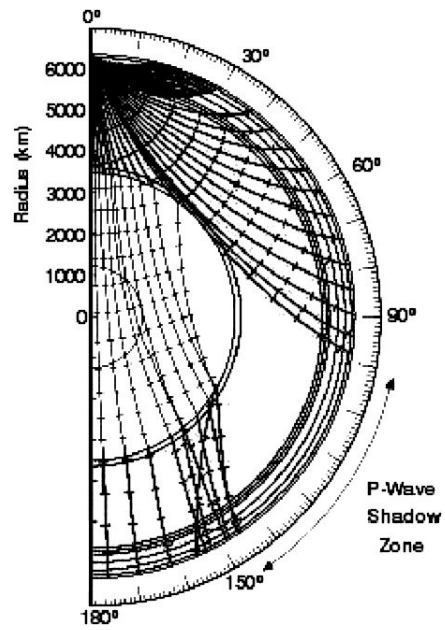


بخش مرکزی زمین هسته است. هسته زمین دارای دو بخش است: هسته درونی و هسته بیرونی. هسته داخلی به دلیل فشار بسیار زیاد، جامد و هسته خارجی، مایع است. قطر آن ۲۵۶۰ کیلومتر و دمای آن ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد است اما دمای آن می‌تواند تا ۶۰۰۰ درجه سانتی‌گراد هم بشود! یعنی بخش‌هایی از هسته (هسته درونی) گرم‌تر از خورشید هست. فاصله آن از سطح زمین ۶۳۷۸ 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 شده است. هسته زمین روی شکل‌گیری میدان مغناطیسی و قطب‌های مغناطیسی کره زمین کارساز است. تقریباً ۸۴ درصد هسته را آهن و مابقی را نیکل تشکیل داده است. تا به حال بشر موفق به وارد شدن به هسته‌ی زمین نشده است اما توانسته اطلاعات زیادی در مورد هسته به دست بیاورد. بیشتر جرم زمین را هسته‌ی زمین تشکیل داده است.

### منطقه سایه

از ویکی‌پدیا:انشنامه آزاد

[پیش به ناوبر پیش به جستجو](#)



بخشی از نوشتارها درباره

## زمین لرزه

انواع

- - پیش لرزه
  - پس لرزه
- - Blind
  - thrust
  - Doublet
  - بین ورقه‌ای
  - درون ورقه‌ای
- - Meathrust
  - Remotely triggered
    - کند
    - زیر دریایی
    - Supershea
- [
  - سونامی
  - گروه زمین لرزه

عوامل

- - حرکت گسل
- Induced seismicity

<p>_____</p> <p>_____</p> <p>○ امواج لرزه‌ای</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Seismic magnitude scales</a></li> <li>• <a href="#">Seismic intensity scales</a></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Coordinating Committee for Earthquake Prediction</a> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Forecasting</a></li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Shear wave splithng</a></li> <li>• <a href="#">Adams-Williamson equation</a></li> <li>• <a href="#">Flinn- Enedahl regions</a></li> </ul> <p style="text-align: center;">_____</p> <p style="text-align: center;">○ <a href="#">Seismite</a></p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p style="text-align: center;">_____</p>

این سایه لرزه‌ای به بخشی از سطح زمین گفته می‌شود که در آن دستگاه لرزه‌سنجی 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) از زمین، 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 ویژگی، 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 همدمای سرعت موج پی برابر  $u$ ، و سفتی  $p$ ، و چگالی  $k$  است با  $\sqrt{k + \frac{4}{3}u/p}$  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 ۱۹۶۰ و منطقه سایه در آن‌ها در سال ۱۹۰۶ توسط ریچارد دیکسون اولدهام انجام شد و از این مطالعات چند نتیجه‌گرفته شد که هسته بیرونی زمین مانع از عبور امواج پی است.

## مکانیک کلاسیک



$$\vec{F} = m \vec{a}$$

قوانین حرکت نیوتن

- تاریخچه
- گام‌شمار

بخش‌ها [نمایش]

مفاهیم پایه [نمایش]

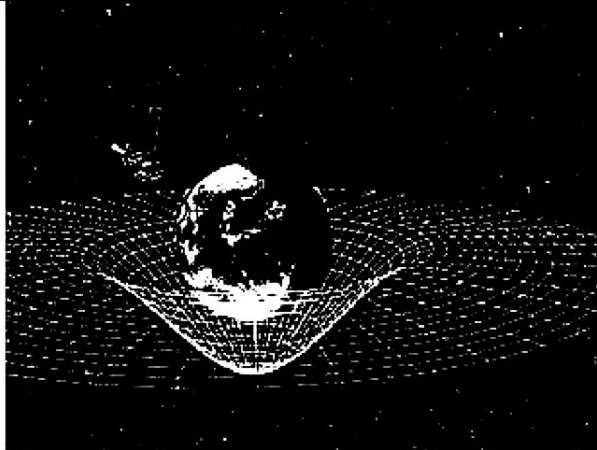
فرمول‌سازی‌ها [نمایش]

موضوعات اصلی [نمایش]

چرخش به دور محور ثابت [نمایش]

دانشمندان [نمایش]

- تا
- یا
- و



- گرانش یا جاذبه، یک پدیده طبیعی است که در آن همه اجسام جرم مند (دارای جرم) یکدیگر را جذب می‌کنند. تأثیر گرانش بر این اجسام، یعنی تأثیر جذب یک جسم جرم مند، بر جسم جرم مند دیگر، یا به درک ساده‌تر، هر جسم جرم مند دیگر را به سمت آن جاذبه می‌کشد.

از آشنا ترین نمودهای گرانش فرو افتادن سیب از درخت است یا جذب وزن اشیاء فیزیکی و به کارگیری نیروی تعادل دهنده رو به پایین بر آنها. پدیده گرانش معمولاً در مقیاس‌های بزرگ یا خیلی بزرگ هنگامی که جرم دست‌کم یکی از اجسام درگیر، خیلی زیاد است رخ می‌نماید؛ بنابراین 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 یا قانون جاذبه عمومی نیوتن کاملاً کارآمد است. 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 فاصله آن‌ها رابطه عکس دارد. این قانون از قولنین بنیلدی فیزیک‌ست.

- نیروی گرانشی حدود  $10^{-38}$  برابر قدرت "نیروی هسته‌ای قوی" است (یعنی با تفلوت ۳۸ صفر، گرانش ۳۸ مرتبه بزرگی ضعیف‌تر است)،  $10^{-36}$  برابر قدرت نیروی الکترومغناطیسی و  $10^{-29}$  برابر قدرت "نیروی هسته‌ای ضعیف" است.

به عنوان یک نتیجه، گرانش تأثیر ناچیزی بر رفتار ذرات زیر اتمی، و هیچ نقشی در تعیین خواص داخلی روزمره ماده ایفا نمی‌کند. از سوی دیگر، گرانش نیروی غالب در مقیاس ماکروسکوپی است، که علت ساختار، شکل، و خط سیر (مدار) اجرام آسمانی، از جمله برخی از سیارک‌ها، دنباله‌دارها، سیارک‌ها، ستاره‌گلن و کهکشان‌ها است. گرانش عمل گردش زمین و دیگر سیارک‌ها در مدار به دور خورشید، دلیل دور زدن ماه به گرد 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 فضای

ذرات است؛ با یک دامنه ناچیز و همیشه جذاب است، و هرگز قهر نمی‌کند! نمی‌شود آن را جذب کرد، تبدیل نمی‌شود، یا نمی‌شود در برابرش محافظت داشت. حتی الکترومغناطیس به مراتب بسیار قوی‌تر 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 اینشتین 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 اینشتین به ما می‌گویند که گرانش چگونه عمل می‌کند اما از منشأ پیدایش آن چیزی بیان نمی‌کنند.

- در تلاش برای دست یابی به نظریه همه چیز، که در پی ترکیب دو نظریه اساسی نسبیت عام اینشتین و مکانیک کوانتومی یا نظریه میدان کوانتومی با یک نظریه کلی تر مکانیک کوانتومی، پژوهش‌های زیادی در جریان است. فرض بر این است که نیروی گرانشی، توسط گرانشیک ذره بدون جرم، با اسسن ۲ به نام

cu: Electronuclear pln jz  
( u ° V! / u / V! ?! )  
a: Grand unification epoch — Force  
iu CMI( )  
\*  
!.

محتویات

---

---


---

---

---

---

تاریخچه نظریه گرانشی [ویرایش]

مکانیک کلاسیک
 ( <i>disp</i> Ja . type ( <i>vec</i> (E'))—in( <i>vec</i> (a))) قوانین حرکت نیوتن
<ul style="list-style-type: none"><li>تاریخچه</li><li>گام‌شمار</li></ul>
بخش‌ها [نمایش]
مفاهیم پایه [نمایش]
فرمول‌سازی‌ها [نمایش]
موضوعات اصلی [نمایش]
چرخش به دور محور ثابت [نمایش]
دانشمندان [نمایش]
<ul style="list-style-type: none"><li>ت</li><li>ب</li><li>و</li></ul>

مقاله اصلی: تاریخچه نظریه گرانشی

### انقلاب علمی [ویرایش]

- کار مدرن بر روی نظریه گرانشی، با کار گالیلئو گالیله در اوایل قرن ۱۶ و اوایل ۱۷ آغاز شد. به گفته وی (هر چند احتمالاً جعلی [۱]) با آزمایش‌ها کردن توپ از برج پیزا، و بعد از آن با اندازه‌گیری دقیق تمایل رو به پایین توپ، گالیله نشان داد که گرانش شتاب‌تمام 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 عکس‌مجنور 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 تیروی گرانش در سطح زمین، لازم است. نیوتن به پاسخ بسیار نزدیک شده بود، [۳] معادله این‌گونه است



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

- $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{M}^2/\text{Kg}^2$  برابر با SI ثابت جهانی گرانش است که مقدار آن در دستگاه G در این معادله فاصله بین دو جرم است. نیروی گرانشی r مقدار مواد دو جرم و  $m_1$  و  $m_2$ ، 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 مستقیم با 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 نیوتون 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 محاسبه - جان کواچ آدامز و اورین لووریه پیش‌بینی - شد - بود - و - محاسبه - لو - وریه - باعث هدایت - یوهان گوتفرد 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 اینشتین 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 موفق از محققانی از جمله گالیله، لورند او تورو، 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 درباره مفاهیمی است که با هم‌ارزی جرم گرانشی و جرم لختی سر و کار دارند و همچنین بارم - 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 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 پیچیده - بیشتر، از نوعی تعادل چرخش، اختراع شده توسط یکی از (STEP: به انگلیسی) آزمایش‌های ماهواره‌ای نیز، برای آزمایش‌های دقیق‌تر این اصل در فضا استفاده می‌شود. اینستپ - این - برنامه - است. [۴]

فرمولاسیون اصل هم‌ارزی عبارت است از

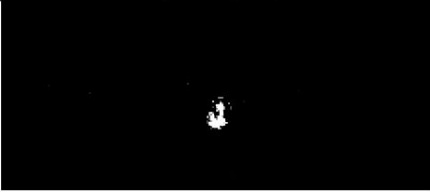

- اصل هم‌ارزی-ضعیف: مسی نقطه  $\Gamma$  تودم در یک میدان گرانشی، تنها به مکان و سرعت اولیه آن بستگی دارد و مستقل از ترکیب آن است.

اصل هم‌ارزی-لنشتین: نتیجه هر آزمایش غیر گرانشی-محلی، در یک آزمایشگاه نشلن-می‌دهد که جرم، آزاده و مستقل از سرعت آزمایشگاهی و محل آن، در فضا زمان سقوط می‌کند.

- 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

$G_{\mu \nu} + \Lambda g_{\mu \nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu \nu}$ 
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="radio"/> آشنایی</li> <li>• <input type="radio"/> عصر طلایی</li> <li>• <input checked="" type="radio"/> ریاضیات</li> <li>• <input type="radio"/> نسبیت عام</li> <li>• <input type="radio"/> آزمون‌ها</li> </ul>
مفاهیم بنیادی [نمایش]
پدیده‌ها [نمایش]
<ul style="list-style-type: none"> <li>• معادلات</li> <li>• فرمول‌بندی‌ها</li> </ul>
[نمایش]
پاسخ‌ها [نمایش]
دانشمندان [نمایش]
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ن</li> <li>• ب</li> <li>• و</li> </ul>

همچنین ببینید: آشنایی با نسبیت عام

- در نسبیت عام، اثرات گرانش، به انحنای فضا زمان به جای یک نیرو نسبت داده شد. نقطه شروع برای نسبیت عام اصل هم‌ارزی است، که معادله سقوط آزاد با حرکت اینرسی و توصیف آزاد اجسام در حال سقوط اینرسیایی،

به عنوان شتابنده، نسبت به نظر از غیر سلکن بر روی زمین است. [۱۵] با این حال در فیزیک نیوتنی، چنین شتابی می‌تواند رخ دهد، مگر اینکه حداقل یکی از اجرام با یک نیرویی اداره شود.

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

- اینشتین معادلات میدان نسبیت عام، که مربوط به حضور ماده و انحنای فضا زمان است را به نام خود کشف کرد. معادلات میدانی اینشتین، مجموعه‌ای از ۱۰ معادله همزمان غیر خطی، دیفرانسیل است. راه حل معادلات میدانی، اجزای تانسور متریک فضا زمان است. تانسور متریک، هندسه فضا زمان را توصیف می‌کند. مسیرهای ژئودزیک برای یک فضا زمان، از تانسور متریک محاسبه می‌شود.
- به راه حل‌های قابل توجه، از معادلات میدانی اینشتین عبارتند از:
- در راه حل شوارتزشیلد، فضا زمان، احاطه شده توسط یک جسم متقارن کروی غیر دوار پر شده همیسمتریف شده است. 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 شعاع شوارتزشیلد هستند، شتاب پیش‌بینی شده توسط راه حل شوارتزشیلد، عملاً مشابه کسانی است که توسط نظریه گرانش نیوتن پیش‌بینی کرده‌اند.
- رایسنر نور دشتروچ، در این راه حل، مرکز هر جسم دارای بار الکتریکی است. برای مواردی که با طول همسوخ کمتر از طول هندسی جرم جسم هستند، این راه حل تولید سیاه چاله‌ای با دو افق رویداد می‌کند.
- راه حل کر برای چرخش 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 کیهانی فریدمان-لومتر-رابرتسون-واکر که گسترش گیتی را پیش‌بینی می‌کند.

از مومن‌های نسبیت عام شامل مولر و نتلیج زیر است:

- محاسبات نسبیت عام برای حرکت تقدیمی حضيض خورشیدی مدار سیاره تیر.
- پیش‌بینی می‌کند، زمان در پتانسیل‌های کمتر، آهسته‌تر اجرا می‌شود. این پیش‌بینی توسط آزمایش‌های پوند-ریکا، آزمایش هافل-کیتینگ و سامانه موقعیت‌یاب جهانی تأیید شده است.
- پیش‌بینی انحراف یا خمیده شدن نور. برای اولین بار توسط آر تور استنلی ادینگتون در مشاهدات خود در طول خورشیدگرفتگی ۲۹ مه ۱۹۱۹ تأیید شد. ادینگتون، دو بار تغییر شکل نور ستاره را بر اساس پیش‌بینی‌های نظریه ذره‌ای نیوتن و مطابق با پیش‌بینی‌های نسبیت عام اندازه‌گیری کرد، هر چند نتایج تفاسیر او بعدها بحث برانگیز شد. آزمون‌های بیشتر اخیر با استفاده از اندازه‌گیری تداخل رادیویی کوازرهایی 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 زمانی عبور نور نزدیک به یک جسم با جرم زیاد، برای اولین بار توسط آروین آی. شاپیرو، در سال ۱۹۶۴ و در پی بررسی سیگنال‌های فضاپیما بین سیاره‌های شناخته شده تابش گرانشی، به‌طور غیر مستقیم از طریق مطالعات باینری‌های تپاخترها تأیید شده است.
- الکساندر فریدمن در سال ۱۹۲۲ نشان داد که معادلات اینشتین، دارای راه حل غیر ثابتی است. (حتی با حضور ثابت کیهان‌شناسی). در سال ۱۹۲۷ ژرژ لومتر نشان داد که راه‌حل‌های استاتیکی معادلات اینشتین، حتی با حضور ثابت کیهان‌شناسی ممکن است ناپایدار باشد، و در نتیجه، مدل جهان ایستایی که اینشتین پیش‌بینی می‌کند نمی‌تواند وجود داشته باشد. بعدها، در سال ۱۹۳۱، اینشتین با نتایج بدست آمده فریدمن و لومتر موافقت کرد؛ بنابراین نسبیت عام پیش‌بینی کرد که جهان باید غیر ایستا بوده، و باید در حال گسترش یا انقباض یا هر دو 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 جسر گرانشی بود.
- نسبیت عام پیش‌بینی کرد که نور، باید انرژی خود را در هنگام سفر به گرد اجرام عظیم از دست بدهد.

- گروهی رلیک و ژتکل<sup>[۱۱]</sup> از استیون نیلز بور<sup>[۱۲]</sup> در **دانشگاه کپنهاگ** و بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از داده‌های بیش از ۸۰۰۰ خوشه کهکشانی، متوجه شد که نوری که از مراکز 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 مثل ماهواره‌ها و پرتابه‌های آنها، با هر آنچه که در مدار است، همگی از یک قانون پیروی می‌کنند.

مقاله اصلی: گراویتون و مکانیک کوانتومی

- دهه‌ها پس از کشف نسبیت عام، ناسازگاری این نظریه با مکانیک کوانتومی پدیدار گردید. توصیف گرانش در چارچوب نظریه میدان کوانتومی، مانند دیگر نیروهای بنیادی ممکن است به‌طوری که نیروی جاذبه گرانشی از تبادل گراویتون‌های مجازی، ناشی از همان مسیری است که نیروی الکترومغناطیسی از تبادل فوتون‌های مجازی<sup>[۱۳]</sup>.