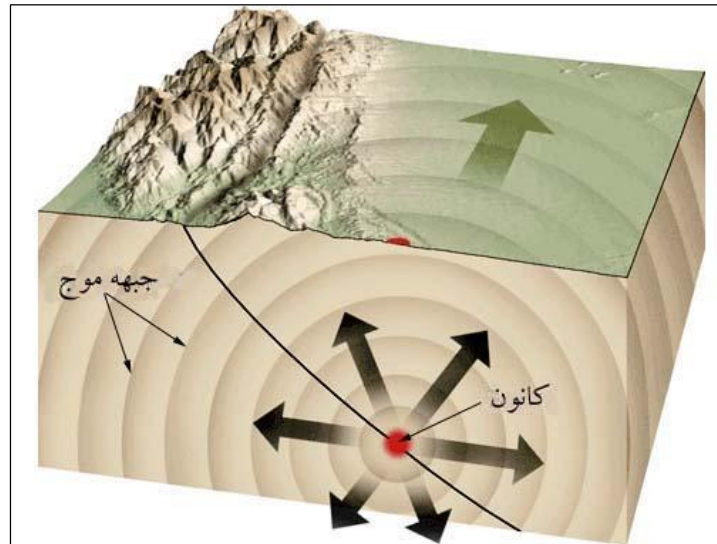
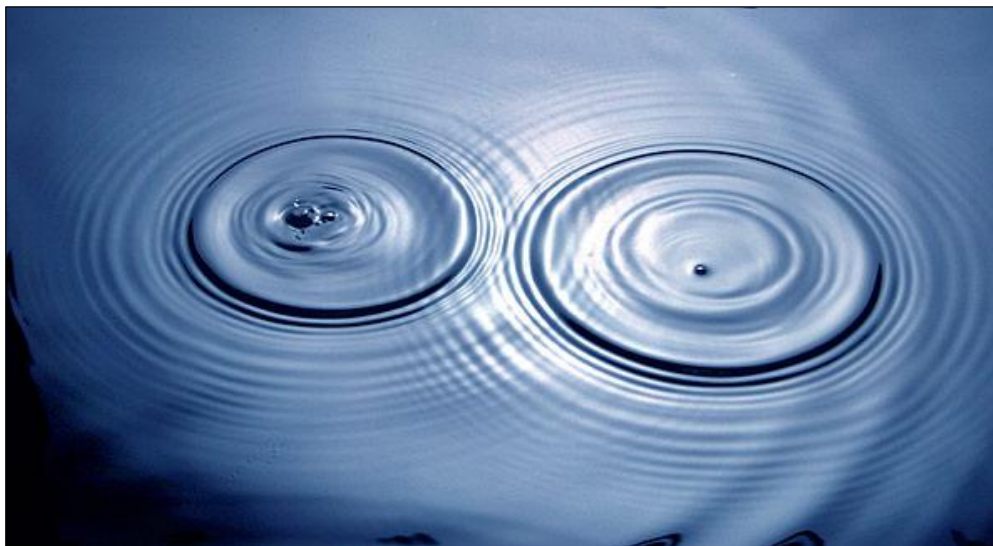


📌 امواج زمین :

هنگامی که مواد زمین گسیخته شده و باعث به وجود آمدن زمین لرزه می گردند، مقداری از انرژی آزاد شده به صورت امواج زمین از کانون زلزله دور می شود.



با استفاده از ردیاب امواج در سطح آب، می توان چگونگی انتقال انرژی به وسیله امواج زمین را به نمایش گذاشت. اگر قطعه سنگ کوچکی را در استخری تقریباً ساکن بیاندازید موجهایی تولید می شود که به صورت دایره متحدالمركز در روی سطح آب از محل افتادن سنگ به طرف خارج حرکت می کنند. این امواج کوچک مقداری از انرژی ای که سنگ هنگام برخورد با آب دارا بوده است را دور می سازند.



اگر دستگاه استراق سمعی در زیر آب و در فاصله ای از محل برخورد نصب شود، می تواند صدای برخورد سنگ به آب را تشخیص دهد. این صدا به وسیله امواج صوتی که با وسایل معمولی قابل رویت نبوده و با امواج تولید شده در سطح تفاوت بسیار دارند، از آب عبور داده شده و به دستگاه استراق سمع رسانیده می شود.

درست مانند امواج تولید شده در آب، دو دسته امواج زمین نیز وجود دارد که عبارتند از: امواج درونی که از درون جسم توده ای که در آن تولید شده اند عبور می کنند، و امواج سطحی، که تنها در امتداد سطح حرکت می کند.

🚩 امواج درونی :

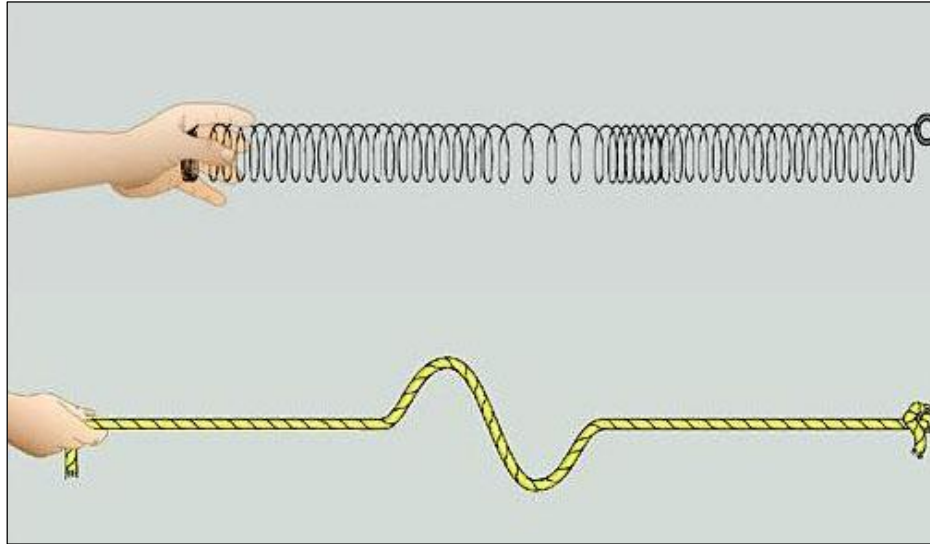
دو نوع کلی از امواج درونی وجود دارند که عبارتند از: فشار- کشش، و لرزش هر یک از این دو از روی نحوه حرکت ذرات در ضمن عبور امواج تعریف می شوند.

امواج فشار- کشش، که بیشتر بنام امواج صوتی شناخته شده اند، می توانند از درون هر ماده جامد، مایع، و یا گاز عبور کنند. این امواج ذرات سر راه خود را به جلو و عقب می رانند، و در نتیجه مواد واقع در مسیر این امواج متناوباً فشرده و منبسط می شوند.

امواج لرزش تنها می توانند از امواجی که در مقابل تغییر شکل مقاومت می کنند عبور کنند. این امواج ذرات سر راه خود را در جهتی عمود بر جهت حرکت خود تکان می دهند.

در نظر بیاورید که سرطنابی را که سر دیگر آن به دیواری وصل است، در دست گرفته اید، اگر در این حالت دست خود را به طور منظم بالا و پایین حرکت دهید، یک سری موج تشکیل شده و در امتداد طناب به طرف دیوار حرکت می کنند.

توأم با حرکت هر موج در امتداد طناب، ذرات سازنده طناب نیز، مانند ذرات سازنده دست شما به طرف بالا و پایین حرکت می کنند، به عبارت دیگر، ذرات عمود بر جهت پیشرفت موج حرکت می کنند، این حالت در مواردی که دست خود را به جای بالا و پایین بردن، به طرف چپ و راست حرکت دهید، هم صادق است.



✚ امواج سطحی :

امواج سطحی می توانند در امتداد سطح هر ماده ای حرکت کنند. اجازه دهید بار دیگر به نحوه ای که امواج، انرژی را در طول سطح آب عبور می دهند، نظری بیندازیم. اگر شما در ساحل ایستاده و سنگی را به درون استخری آرام انداخته و تولید امواج سطحی کنید، به نظر می رسد که بخشی از آب به طرف شما در حرکت است. اگر چه، در واقع چیزی که به طرف شما می آید، انرژی در شکل امواج است، ذرات آب با پیشرفت هر موج در دایره ای کوچک و با الگوی معینی حرکت می کنند یعنی: بالا، جلو، پایین و عقب. این الگوی حرکت ذرات آب را می توان با انداختن چوب پنبه ای کوچک در روی سطح و در مسیر حرکت امواج مشاهده کرد.

هنگامی که امواج سطحی در سنگی تولید می شوند، یکی از انواع متداول حرکت،

درست برعکس حرکت ذرات آب است یعنی: جلو، بالا، عقب و پایین.



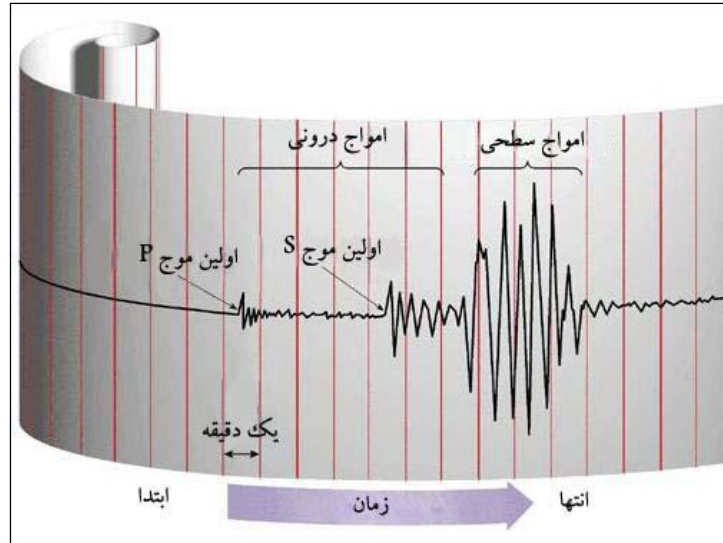
✚ ثبت امواج زلزله :

چنان که دیدیم، تجزیه و تحلیل صحیح اولیه حرکات ثبت شده زمین لرزه، امر دشواری

است اما هنگامی که سرعت استوانه دوار افزایش می یابد تا اتفاقات رخ داده در

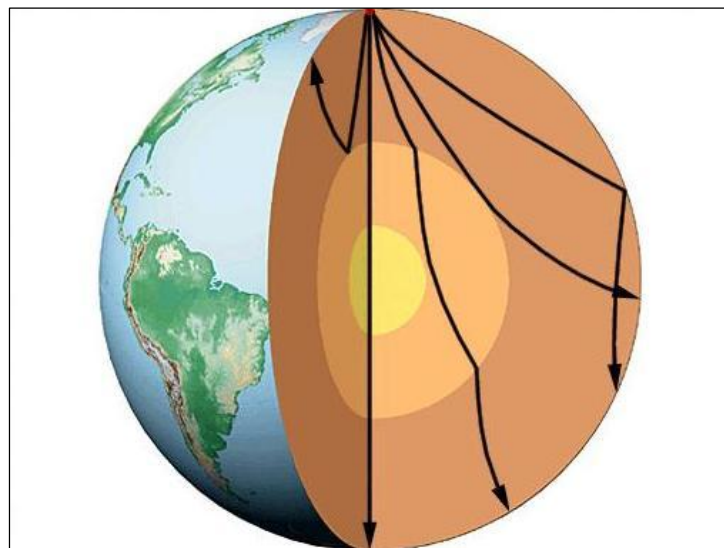
عرض يك ساعت را در فضای يك متر کاغذ پخش کند، الگوی روشن و واضح نمایان می

شود. این الگو از سه مجموعه امواج زمین تشکیل می یابند.



اولین امواجی را که به ایستگاه زلزله می‌رسیدند، امواج اولیه خواندند، دومین دسته را نیز امواج ثانوی نامیدند، و بالأخره سومین و آخرین مجموعه‌ای را که به ایستگاه می‌رسید، امواج بزرگ گفتند.

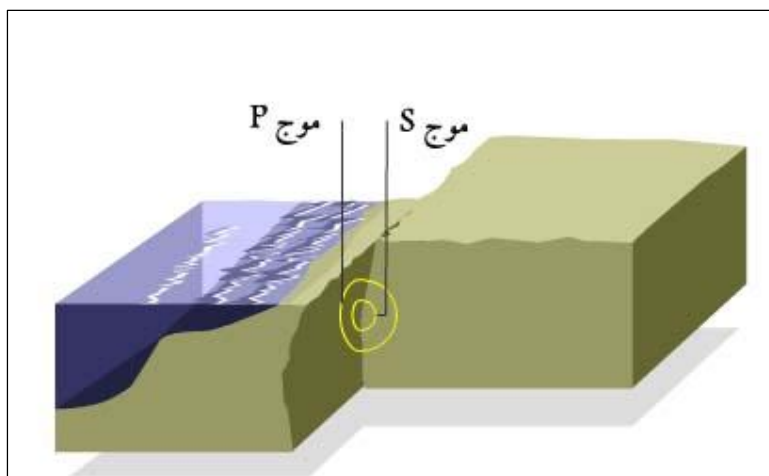
از سه حرف P و S و L معمولاً برای نشان دادن این امواج استفاده می‌شود.



بررسی دقیق تر نشان داد که امواج P همان امواج فشار- کشش هستند که سرعت حرکتشان بسته به چگالی محیطی که از آن می گذرند، تغییر می کند.

همچنین مشخص شد که امواج S نیز همان امواج لرزش هستند که سرعت آنها بسته به چگالی محل عبور موج، تغییر می کند.

امواج P و S از کانون زلزله و از درون زمین حرکت کرده خود را به ایستگاه ثبت زمین لرزه می رسانند.



امواج L امواج سطحی هستند که از نقطه ای که درست در بالای کانون قرار گرفته است در امتداد سطح، به طرف ایستگاه حرکت می کنند.

امواج P قبل از امواج S به ایستگاه می رسند، زیرا اگرچه مسیر کلی هر دو موج یکی است، اما با سرعت های متفاوت حرکت می کنند.

مکانیزم فشار- کشش که امواج P با استفاده از آن حرکت می کند، سرعت بیشتری را نسبت به مکانیزم لرزش امواج S تولید می کند.

سرعت حرکت امواج S در هر محیط از مواد زمین، دو پنجم سرعت حرکت امواج P در همان محیط است.

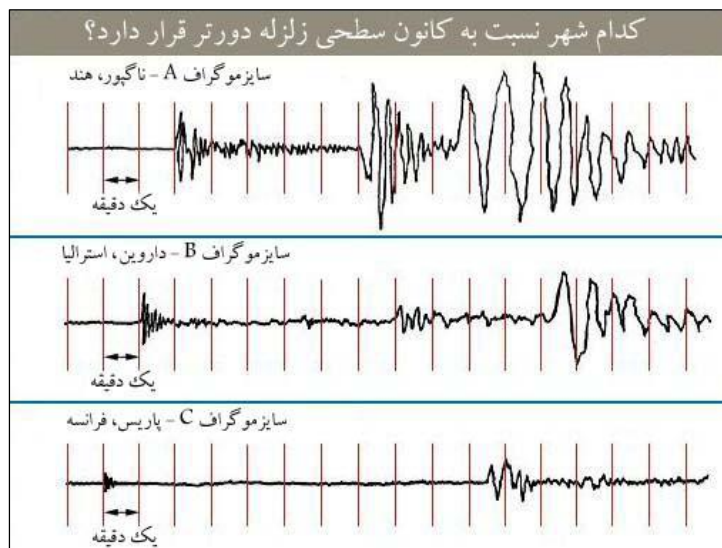
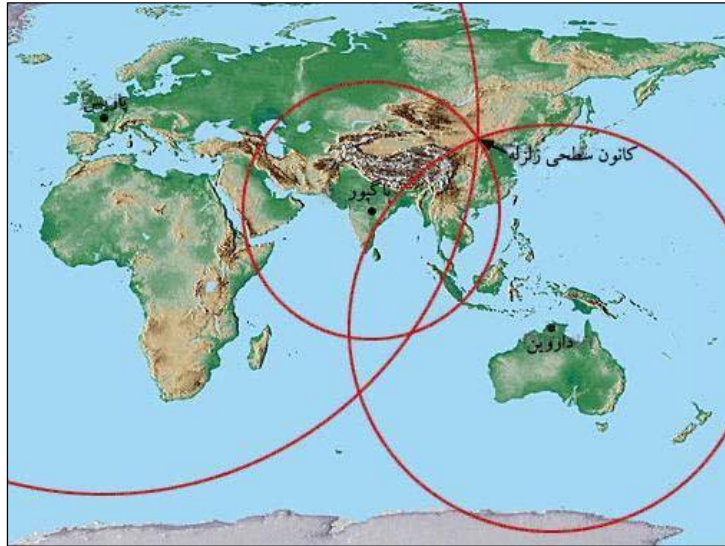
امواج L آخرین امواجی هستند که به ایستگاه می رسند چرا که هم با سرعت کمتری حرکت می کنند و هم مسیرهای طولانی تری را باید بپیمایند.

✚ نمودارهای فاصله- زمان :

توأم با جمع شدن داده های هر چه بیشتر، میلن شروع به پیاده نمودن زمان ورود امواج P, S, و L زلزله های احساس شده بر روی نمودارها کرد.

وی یک نمودار زمان- فاصله برای هر موج تهیه کرد. او دریافت که با افزایش مسافت، زمان رسیدن هر یک از این سه دسته موج نیز طولانی تر می شود.

او همچنین دریافت که توأم با افزایش فاصله از مبداء زلزله، زمان بین رسیدن امواج نیز افزایش می یابد.

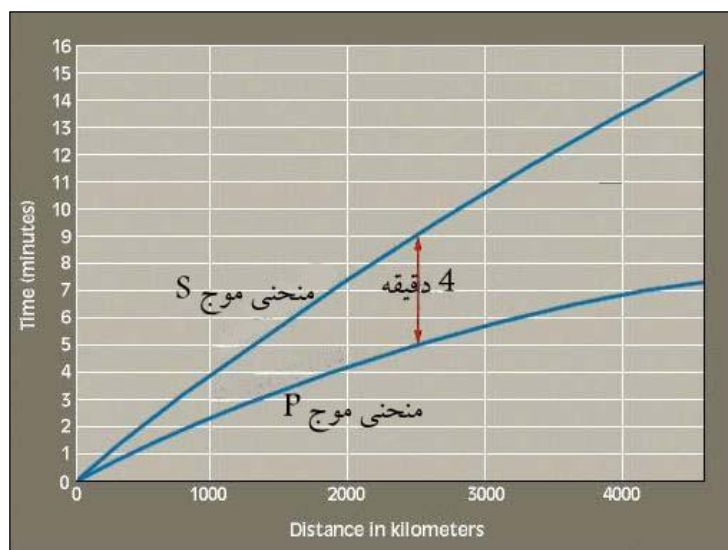


📌 زمانهای عبور :

اگر امواج زمین از درون موادی با الاستیسیته یکنواخت حرکت می کردند، همچنان که با سرعت ثابت مسافتات بیشتر و بیشتری را می پیمودند، مسیر حرکت آنها نیز خطوطی مستقیم می شد، معذالك، اگر توأم با افزایش عمق، الاستیسیته نیز به طور

فزاینده ای افزایش یابد، سرعت امواج افزوده شده و مسیر آنها به صورت منحنی هایی با شیب کم در می آید.

هنگامی که افزایش ناگهانی و زیاد در مقدار الاستیسیته رخ می دهد، جهت امواج نیز تغییر می کند، و این تغییر به صورت تغییر شدید در جهت خطوط نمودار زمان-فاصله منعکس می شود.



گاهی اوقات فاصله به صورت تعداد کیلومترهای طول قوسی از دایره بزرگی که دو نقطه از سطح را به هم متصل می سازد بیان می شود، و یا تعداد درجات زاویه ای واقع در مرکز زمین و در زیر آن کمان، برای مثال یک چهارم راه دور زمین ۱۰۰۰۰ کیلومتر یا ۹۰ درجه است.

هزاران اندازه گيري انجام شده در جهان نشان داده اند که امواج P و S و L براي مسافتات ۱۱۰۰۰ كيلومتر داراي جداول حرکت منظمي هستند.

در هر حال هنگامي که مسافت بيش از ۱۱۰۰۰ كيلومتر مي شود، اتفاقي در جدول زمانبندي حرکت رخ داده و امواج P دچار تأخير مي شوند، وقتي مسافت به ۱۶۰۰۰ كيلومتر مي رسد، مقدار تأخير امواج P در حدود ۳ دقيقه است. اگر متوجه باشيم که تا ۱۱۰۰۰ كيلومتر زمان ورود امواج را مي توان با دقا ثانيه پيش بيني کرد، پس از ۳ دقيقه تأخير بسيار مهم مي نمايد.

سرنوشت امواج S جالب تر است، چراکه به طور كلي ناپديد شده، و ديگر خبري از آنها نمي رسد، وقتي تأخير عجيب امواج P و گم شدن امواج S در مسافتات بيش از ۱۱۰۰۰ كيلومتر براي اولين بار تشخيص داده شد، لرزه شناسان به هيچان آمدند، چراکه دانستند نه تنها در حال ثبت زمين لرزه ها مي باشند، بلکه تصويري كلي از ساختمان درون زمين را هم مي توانند ارائه دهند.

هنگامي که در آثار ثبت شده يك ايستگاه شواهد مشخص امواج P و S و L يك زلزله ظاهر مي شوند، مسئول دستگاه ابتدا فاصله زماني بين ورود امواج P و S را تعيين مي کند، سپس اين فاصله زماني بر روي منحنی زمان عبور آورده مي شود، به طوري

که علامت پایینی همیشه بر روی خط P قرار داشته باشد، مسافت نشان دهنده این فاصله زمانی (S-P)، تنها و تنها در یک محل از این نمودار قرار می گیرد.

✚ ساختار زمین :

مطالعات مربوط به نحوه عبور امواج درونی از داخل زمین و همچنین عبور امواج سطحی در اطراف زمین، اطلاعاتی را درباره ساختار آن از سطح گرفته تا مرکز در اختیار ما قرار داده است. آن چیزی که انجام این مطالعات را امکان پذیر ساخته است، دانش ما از سرعت امواج زمین و همچنین نحوه رفتار آنها در موارد مختلف است (برای مثال، امواج درونی در مواد متراکم سریع تر حرکت می کنند تا در مواد نامتراکم).

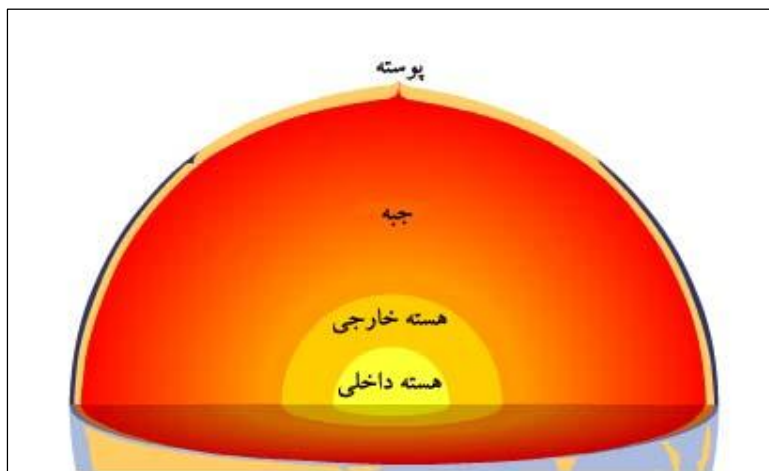
	موج S	موج P
سرعت	حد واسط	سریع
دامنه	حد واسط	کوچک
زمان تناوب	حد واسط	کوتاه
محیط	فقط خاک	جامد، مایع، گاز

هنگامی که امواج درونی از یک نوع ماده وارد نوعی دیگر می شوند، شکسته و یا منعکس می گردند. این امواج، چندین محل در زمین را که در آنها خواص فیزیکی تغییر

می یابند، آشکار نمودند. این گونه تغییرات ممکن است ناشی از تغییر در ترکیب شیمیایی، ساختار اتمی، یا حالت اتمی باشد. حدفاصل و مرزی که این تغییرات در آن رخ می دهد را ناپیوستگی می گویند.

اگر امواج درونی بخواهند مسافت بیشتر و بیشتری را در روی سطح زمین طی کنند، ناگزیر نفوذ خود به درون زمین را عمیق تر و عمیق تر می سازند.

بر اساس داده های جمع آوری شده در مورد مطالعات صورت گرفته در رابطه با نحوه عبور امواج زمین، زمین را به سه ناحیه اصلی تقسیم کرده اند که عبارتند از پوسته، جبه و هسته.



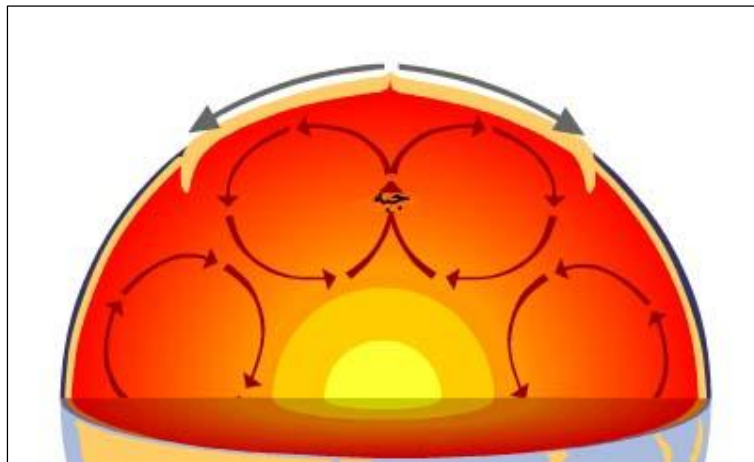
پوسته :

اطلاعات مربوط به پوسته زمین عمدتاً از مشاهدات مربوط به سرعت امواج P و S ناشی از زمین لرزه های محلی (در محدوده ۱۰۰۰ کیلومتری)، و انفجارات دینامیت و

هسته اي به دست مي آيد. يکي از اولين مطالبي که در اين رابطه آشکار شده اين بود که پوسته زمين متشکل از سنگ جامد و سخت است.

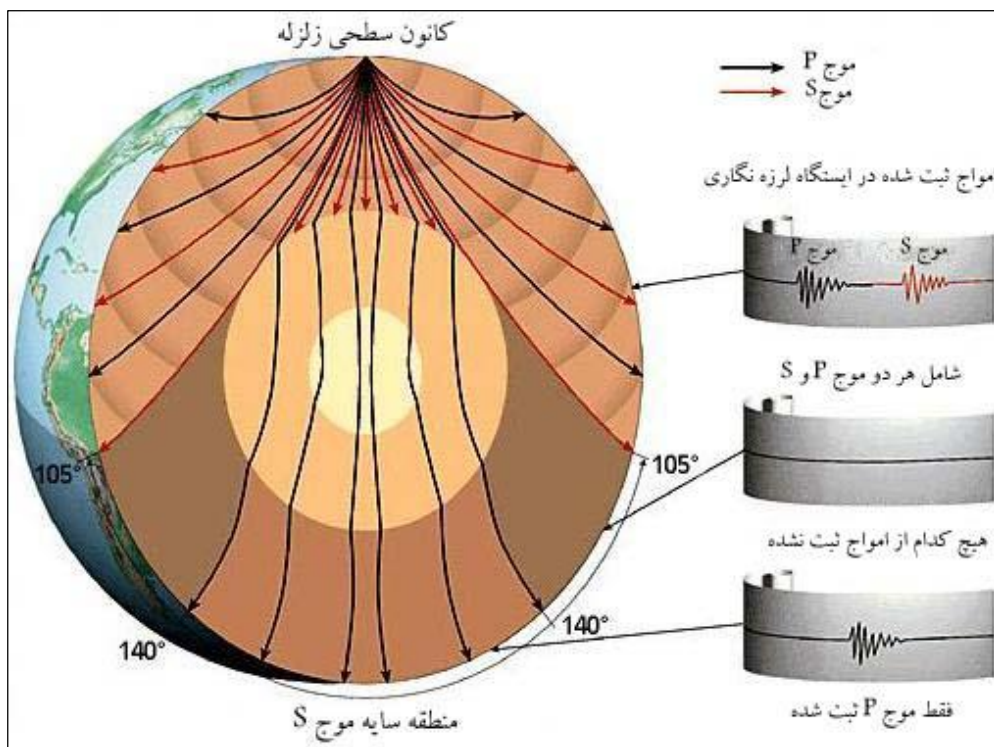
جبهه :

دومين بخش اصلي موسوم به جبهه در زير پوسته قرار داشته و تا عمق تقريباً ۲۹۰۰ كيلومتری به درون زمين کشيده شده است، بخشي از دانش بشر درباره جبهه متکي به شواهدی است که از نحوه رفتار امواج P و S بين فواصل ۱۱۰۰ تا ۱۱۰۰۰ كيلومتری به دست مي آيد. سرعت امواج P و S در موهو به طور ناگهاني افزايش مي يابد و اين خود نشان دهنده اين است که تركيب امواج به طور ناگهاني تغيير مي کند.



هسته :

اکنون به هسته می‌رسیم، ناحیه‌ای که از عمق ۲۹۰۰ کیلومتری یعنی حد پایینی جبهه تا مرکز زمین در عمق ۶۳۷۰ کیلومتری کشیده شده است. بررسی اطلاعات لرزه نگاری به دست آمده از فواصل ۱۱۲۰۰ کیلومتری یا بیشتر، نشان می‌دهد که هسته دارای دو بخش است، بخش بیرونی به ضخامت ۲۲۰۰ کیلومتر و بخش درونی به شعاع ۱۲۷۰ کیلومتر.



امواج P و S برای طی مسافت بین دو نقطه در روی سطح که ۱۱۲۰۰ کیلومتر از یکدیگر فاصله دارند، ناگزیرند ۲۹۰۰ کیلومتر به درون زمین نفوذ کنند. اما هنگامی که

این امواج می خواهند به عمق بیشتری نفوذ کنند، وارد ماده ای می شوند که باعث تأخیر در امواج P گشته و امواج S را به طور کامل حذف می کند.

توضیحات مختلفی برای این مشاهدات ارائه شده است. در این رابطه تئوری ای که بیش از سایر تئوریها مورد قبول واقع گشته است، می گوید هسته بیرونی مایع است. چراکه بنا بر تعریف، امواج S تنها قادر به عبور از مواد سخت هستند، و از آنجایی که سختی یکی از خواص حالت جامد است، فرض بر این است که هسته بیرونی که قابلیت عبور دادن امواج S را از خود ندارد مایع بوده یا حداقل رفتاری مانند یک مایع از خود نشان می دهد.

سرعت امواج P بار دیگر در عمق تقریباً ۵۱۰۰ کیلومتری افزایش یافته و نشان می دهد که هسته درونی جامد است.

برگرفته از : زمین شناسی فیزیکی، جلد اول، لیت، جودسن، کافمن، ترجمه دکتر

فرید مر

تهیه و تنظیم : ظفری مقدم