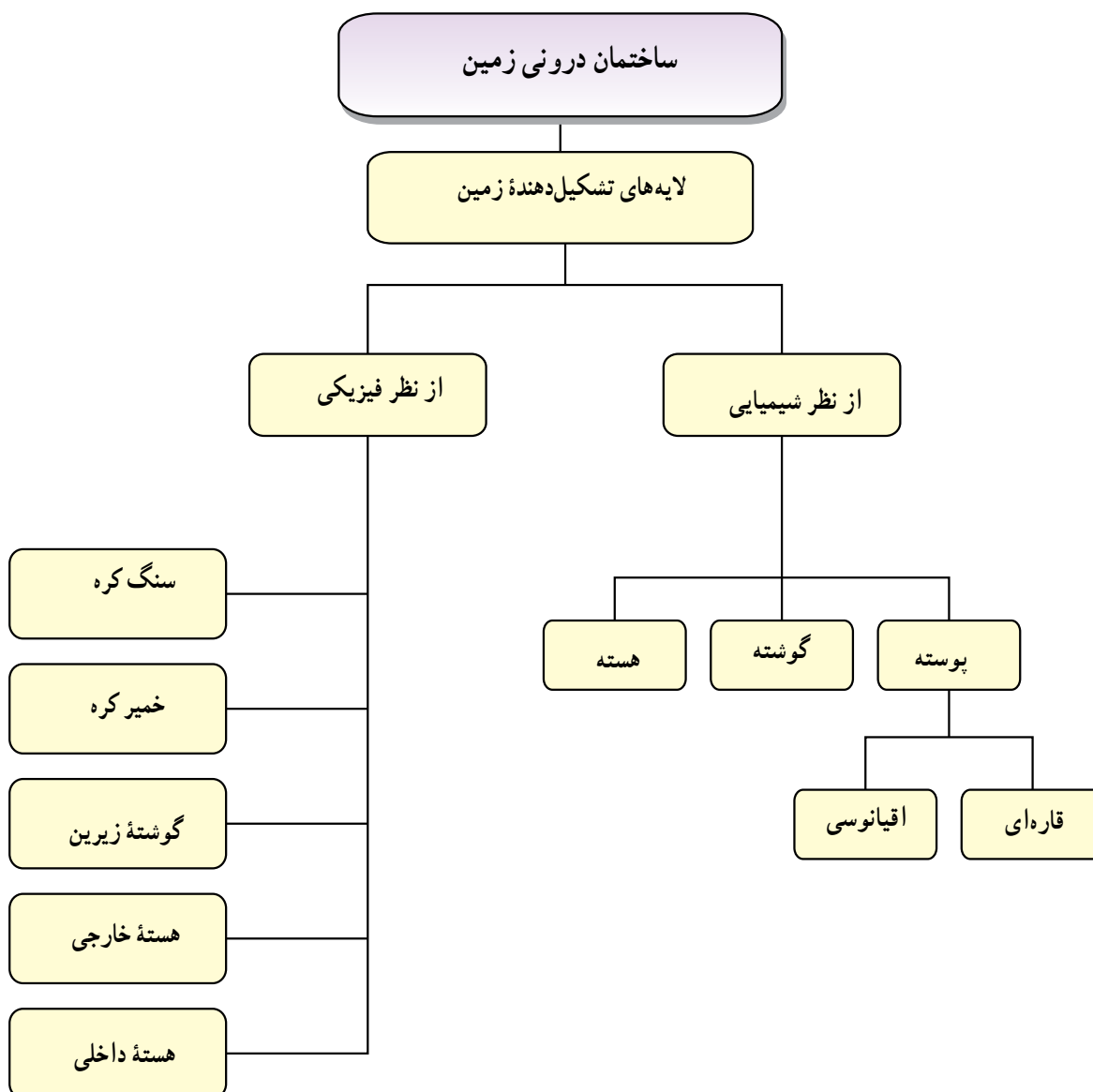


درس چهارم: سفر به اعماق زمین



درس در یک نگاه

از آنجایی که بخش عمده منابع و مخازن طبیعی مورد استفاده انسان مانند نفت، گاز، زغال سنگ، آب‌های زیرزمینی و سایر معادن فلزی و غیرفلزی در درون زمین واقع شده‌اند، ضروری است که ساختمان درونی زمین مورد مطالعه قرار گیرد. دانشمندان، ساختمان درونی زمین را به کمک امواج لرزه‌ای مورد مطالعه قرار می‌دهند. آنها با استفاده از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی مواد سازنده زمین، لایه‌های مختلف را نامگذاری می‌کنند. براساس خواص شیمیایی، لایه‌های زمین به سه لایه: پوسته، گوشته و هسته تقسیم‌بندی می‌شوند. براساس خواص فیزیکی، لایه‌های زمین به پنج لایه: سنگ کره، خمیرکره، گوشته زیرین، هسته خارجی و هسته داخلی تقسیم‌بندی می‌شوند.



اهداف/ پیامدها: در پایان این درس انتظار می‌رود دانش‌آموزان بتوانند:

۱- لایه‌های مختلف زمین را از طریق نقاشی، ساخت ماکت و مدل نشان دهند.

۲- برخی از ویژگی‌های لایه‌های تشکیل دهنده زمین را از روی مدل توضیح دهند.

۳- براساس مدل ساخته شده، تفاوت‌های لایه‌های مختلف و اهمیت هر لایه را توضیح دهند.

مواد و وسایل آموزشی: یک میز آهنی، چوبی و پلاستیکی، پارافین ژله‌ای، توپ پینگ‌پنگ، خاک رُس، بادکنک، نخ

کاموا، ماسه ریز

دانستنی‌ها برای معلم

بر اساس مطالعات مستقیم (حفاری چاه، نمونه‌برداری از مواد خروجی از دهانه آتشفشان‌ها و...) و غیرمستقیم (امواج لرزه‌ای و...) زمین‌شناسان، ساختمان درونی زمین را به صورت‌های زیر معرفی کرده‌اند:

الف) از دیدگاه شیمیایی: در این دیدگاه، ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی مواد سازنده لایه‌های درونی زمین مورد بررسی قرار می‌گیرند که بر این اساس به سه لایه: پوسته (Crust)، گوشته (Mantel) و هسته (Core) تقسیم‌بندی می‌شوند.

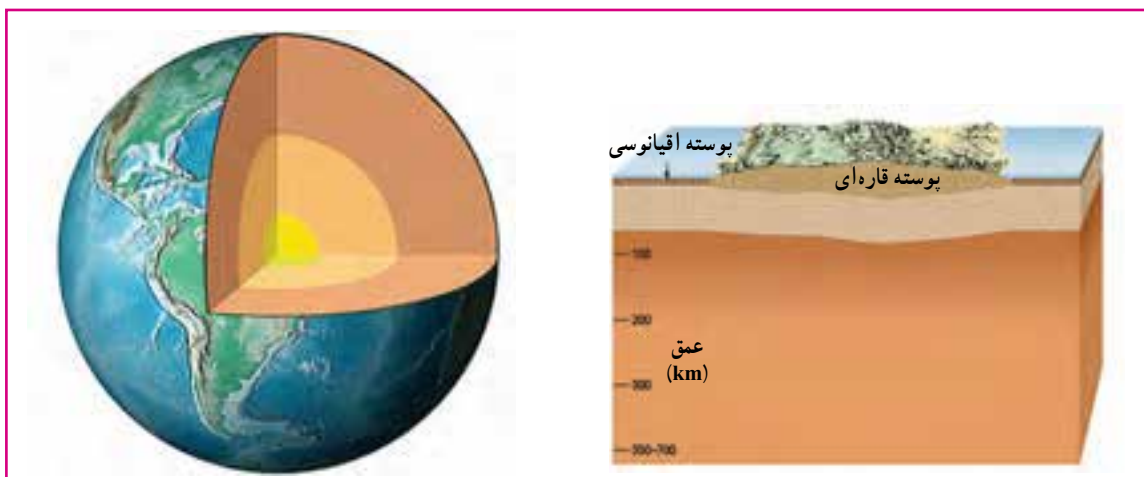


پوسته: به بالاترین لایه کره زمین که به صورت قشر نسبتاً نازکی گوشته زمین را دربر گرفته است، پوسته می‌گویند. پوسته زمین به دو بخش قاره‌ای و اقیانوسی تقسیم می‌شود.

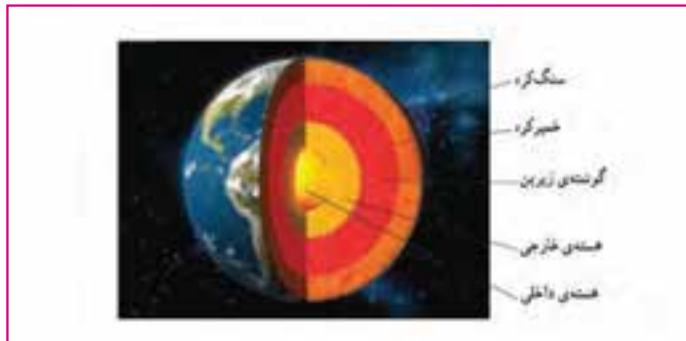
پوسته قاره‌ای، خشکی‌ها را شامل می‌شود و ضخامت آن حدوداً بین ۲۰ تا ۷۰ کیلومتر متغیر است و پوسته اقیانوسی بستر اقیانوس‌ها را شامل می‌شود و ضخامت آن حدوداً بین ۸ تا ۱۲ کیلومتر متغیر می‌باشد.

تراکم و چگالی پوسته اقیانوسی بیشتر از پوسته قاره‌ای می‌باشد، به طوری که چگالی پوسته قاره‌ای $2/8 \text{ gr/cm}^3$ و پوسته اقیانوسی 3 gr/cm^3 می‌باشد.

از نظر ترکیب سنگ‌شناسی، پوسته قاره‌ای بیشتر از سنگ آذرین اسیدی تا حد واسط مانند گرانیت و آندزیت تشکیل شده است. سن پوسته اقیانوسی جوانتر از پوسته قاره‌ای است؛ به طوری که سن پوسته اقیانوسی حداکثر ۲۰۰ میلیون سال است در حالی که سن پوسته قاره‌ای تا حدود ۳/۸ میلیارد سال می‌رسد.



گوشته : این لایه در زیر پوسته قرار گرفته است و تا عمق حدود ۲۹۰۰ کیلومتری ادامه دارد. چگالی گوشته از پوسته بیشتر است به طوری که مقدار آن در گوشته بالایی حدود ۳/۳ gr/cm^۳ است و در گوشته زیرین به حدود ۵/۵ gr/cm^۳ می‌رسد.



ترکیب سنگ‌شناسی گوشته عمدتاً شامل سنگ‌های آذرین فوق بازی مانند پیردوتیت، پیروکسنیت و ... می‌باشد.

هسته : این لایه، داخلی‌ترین لایه زمین است و تا مرکز زمین (عمق ۶۳۶۸ Km) ادامه دارد. چگالی آن بیشتر از گوشته است به طوری که مقدار آن از حدود ۵/۵ gr/cm^۳ شروع و در قسمت‌های مرکز زمین به حدود ۱۱ gr/cm^۳ می‌رسد.

ترکیب شیمیایی آن بیشتر از عناصر فلزی و سنگین مانند آهن و نیکل تشکیل شده است.

ب) از دیدگاه فیزیکی : در این دیدگاه، خواص فیزیکی مانند حالت مواد (جامد، خمیری و مایع) و تراکم لایه‌های تشکیل‌دهنده زمین مورد بررسی قرار می‌گیرد که بر این اساس به پنج لایه : سنگ کره (Lithosphere)، خمیر کره (Asthenosphere)، گوشته زیرین (Lower Mantle)، هسته خارجی (Outer Core) و هسته داخلی (Inner Core) تقسیم‌بندی می‌شوند.

سنگ کره (Lithosphere) : سنگ کره، شامل پوسته به‌علاوه بخش جامد و فوقانی گوشته می‌باشد که حالت فیزیکی آن جامد است و ضخامت آن حدود ۱۰۰ کیلومتر می‌باشد. این لایه بر روی قسمت خمیری گوشته (نرم کره) واقع شده است که در برخی از قسمت‌ها دارای حرکت می‌باشد. در برخی از منابع، این بخش از زمین، سخت کره نیز ذکر شده است.

خمیر کره (Asthenosphere) : این بخش از کره زمین حالت خمیری دارد و از سنگ کره (عمق حدود ۱۰۰ کیلومتر) شروع می‌شود و تا عمق حدود ۳۵۰ کیلومتر ادامه می‌یابد. منشأ بیشتر زمین‌لرزه‌ها و آتشفشان‌ها مربوط به این لایه می‌باشد. در برخی از منابع این لایه را با نام‌های «نرم کره» و «سست کره» ذکر کرده‌اند.

گوشته زیرین (Lower Mantle) : این قسمت از زمین که حالت جامد دارد از عمق حدود ۳۵۰ کیلومتر شروع و تا عمق حدود ۲۹۰۰ کیلومتر ادامه دارد.

هسته خارجی (Outer Core) : این لایه از زمین که حالت مایع دارد از عمق حدود ۲۹۰۰ کیلومتر شروع و تا عمق حدود ۵۱۰۰ کیلومتر ادامه دارد. ترکیب شیمیایی آن عمدتاً از عناصر فلزی مانند آهن و نیکل تشکیل شده است. این لایه در ایجاد میدان مغناطیسی زمین مؤثر است.

هسته داخلی (Inner Core) : این لایه حالت جامد دارد و از عمق حدود ۵۱۰۰ کیلومتر شروع و تا مرکز زمین (عمق حدود ۶۳۶۸ کیلومتر) ادامه دارد. ترکیب شیمیایی این لایه نیز همانند هسته خارجی می‌باشد اما چگالی (وزن مخصوص) آن بیشتر از هسته خارجی است.

هسته داخلی با آنکه در قسمت عمیق‌تر از هسته خارجی قرار دارد، حالت فیزیکی آن جامد است. علت این امر مربوط به فشار زیاد در هسته داخلی می‌باشد. به عبارت دیگر در این بخش (هسته داخلی)، تأثیر فشار بیشتر از دما می‌باشد.

به نظر شما دانشمندان چگونه به اطلاعات فوق دست یافتند؟

زمین‌شناسان برای مطالعه ساختمان درونی زمین به دو طریق عمل می‌کنند :

الف) روش مستقیم : در این روش، به طور مستقیم از قسمت های درونی زمین نمونه برداری می کنند؛ مانند :

۱- حفاری در پوسته زمین و برداشت نمونه از عمق های مختلف جهت مطالعه. البته عمیق ترین حفاری انجام شده در حدود ۱۳ Km عمق دارد.

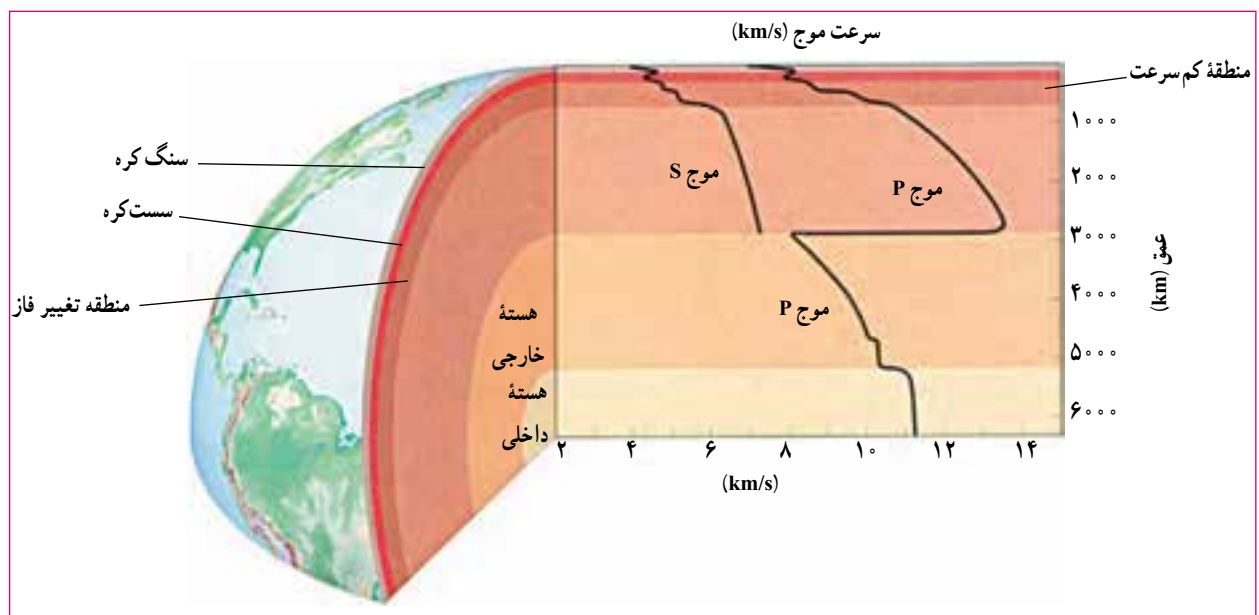
۲- استفاده از مواد مذاب آتشفشانی که این مواد گاهی به همراه خود قطعاتی از بخش های عمیق پوسته را به سطح زمین می آورند و از طریق بررسی آنها به خصوصیات بخش های درونی زمین (گوشته فوقانی و پوسته) پی می برند.

ب) روش غیرمستقیم : در این روش از امواج لرزه ای استفاده می شود؛ به طوری که سرعت این امواج در بخش های مختلف زمین متفاوت است. یعنی در قسمت پرتراکم و چگال تر، سرعت امواج زیاد (بیش از ۱۰ Km/s) و در بخش های کم تراکم، سرعت این امواج، کم (کمتر از ۶ Km/s) است.

امواج لرزه ای، انواع متفاوتی دارند که دو نوع مهم آن که در مطالعه ساختمان درونی زمین کاربرد دارند عبارتند از : امواج اولیه (طولی P) و امواج ثانویه (عرضی S).

امواج P از تمام حالت های مواد (جامد، مایع و خمیری) عبور می کنند. اما امواج S فقط از جامدات عبور می کنند؛ به طوری که در هنگام آزادشدن امواج لرزه ای، موج P از تمام بخش های زمین عبور می کند در حالی که سرعت آن در بخش های مختلف، متفاوت است؛ به عنوان مثال، در پوسته، سرعت کم است و به تدریج که به بخش های عمیق گوشته و در نهایت هسته می رسد، سرعت آن نیز افزایش می یابد.

امواج S که فقط از جامدات عبور می کنند، در مسیر حرکت خود از سطح زمین به سمت مرکز زمین، ابتدا در پوسته با سرعت معین، حرکت نموده، در هنگام رسیدن به بخش خمیری (عمق حدود ۳۵۰ کیلومتری) سرعت آن کاهش می یابد، پس از عبور از مرز حدود ۳۵۰ کیلومتری مجدداً سرعت آنها افزایش می یابد و در نهایت در مرز عمق حدود ۲۹۰۰ کیلومتری متوقف می گردد که علت این امر، مایع بودن هسته خارجی می باشد.



علوم و تعالیم دینی

خدای سبحان، نظام کیهانی و زمین و محیط زیست را آفرید و آنها را در اختیار انسان‌ها نهاد تا او را بر اساس دستورهای خود بیازماید و ببیند که وی پس از مطالعه و شناخت لازم، چگونه از این امانت‌های الهی در مسیر طاعت خالق بهره می‌گیرد و با مزایا و نعمت‌های زیست محیطی پروردگار چگونه رفتار می‌کند.

همچنین در قرآن کریم آمده است: «زمین را آراستیم تا شما را بیازماییم و ببینیم کدامیک به نیکی رفتار می‌کنید. زمانی نعمت‌ها و امکانات در راستای هدف آفرینش قرار می‌گیرند که از آنها درست بهره‌برداری و از افراط و تفریط پرهیز شود. روز قیامت نیز از همه نعمت‌ها باز خواست می‌شود: «لَتَسْتَلْنَ يَوْمَئِذٍ عَنْ النَّعِيمِ» و انسان باید بداند که زمین متعلق به همگان است و وظیفه دارد نسبت به حفظ و آبادانی آن بکوشد. تا خود نیز بتواند از مواهب آن برخوردار شود، زیرا طبق فرموده امام صادق (ص) زندگی بدون هوای پاکیزه، آب فراوان و زمین بارور، گوارا و شیرین نمی‌شود^۱.

نکات آموزشی و فعالیت‌های پیشنهادی

در صورت امکان، معلم فیلم سفر به اعماق زمین را تهیه کرده و برای دانش‌آموزان نمایش دهد و از آنها بخواهد که در گروه‌های خود در مورد آن بحث کنند. در صورت عدم دسترسی به فیلم، درباره داستان ژول ورن، گفتگو کنند. سپس سؤالات زیر مطرح شود:

- ۱- آیا به راستی سفر به اعماق زمین امکان‌پذیر است؟
 - ۲- دانشمندان اطلاعات مربوط به ساختمان درونی زمین را چگونه به دست می‌آورند؟
 - ۳- به نظر شما چگونه می‌توانیم به مطالعه ساختمان درونی زمین بپردازیم؟
 - ۴- ضرورت مطالعه ساختمان درونی زمین چیست؟
- برای پاسخ به سؤالات بالا لازم است که فعالیت‌های زیر را انجام دهیم:

فعالیت مربوط به نشان دادن امواج لرزه‌ای (به وسیله تلفن همراه)

معلم گوشی خود را در حالت لرزشی (ویبره) قرار می‌دهد و از دانش‌آموزان می‌خواهد که از تلفن دیگری به این گوشی زنگ بزنند و در هنگام لرزش گوشی، از دانش‌آموزان بخواهد که آن را مشاهده نمایند. در هنگام مشاهده سعی شود دانش‌آموزان از تمام حواس خود استفاده نمایند. توجه به تأثیر گوشی بر میز و لمس گوشی ضروری است (توجه کنید دانش‌آموزان تلفن همراه به مدرسه نیاورند و از گوشی معلمشان استفاده کنند). از آنان خواسته شود که مشاهدات خود را بیان کنند و موارد دیگری از لرزش اجسام را نام ببرند.

تأکید بر لرزش و انتقال لرزش به میز دانش‌آموزان برای فهم انتقال امواج لرزه در داخل اجسام که جزء اهداف درسی است مورد توجه قرار گیرد.

در فعالیت مربوط به «آزمایش کنید» از دانش‌آموزان خواسته شود چگونگی انتقال لرزش (امواج لرزه‌ای) را در موارد مختلف مقایسه کنند و به این نتیجه برسند که سرعت انتقال امواج لرزه در داخل مواد متراکم بیشتر از مواد کم‌تراکم است. پس از انجام آزمایش، این سؤال مجدداً مطرح شود که به نظر شما دانشمندان چگونه ساختمان درونی زمین را مطالعه می‌کنند؟ آنان توسط معلم راهنمایی شوند تا این که به چگونگی مطالعه زمین توسط امواج لرزه بپردازند و درباره لایه‌های زمین و تراکم آنها

۱- آیت‌الله جوادی آملی؛ مفاتیح الحیاة، صفحه ۶۸۷، مرکز نشر اسراء، بهار ۱۳۹۱

با توجه به دانسته‌های قبلی خود بحث کنند. دانش‌آموزان برای کمک به بحث می‌توانند از تصاویر داخل کتاب نیز استفاده نمایند. دانش‌آموزان را ترغیب کنید موضوع شگفتی‌های آفرینش ارائه شده در صفحه ۳۳ کتاب درسی که در کادر مقابل آمده است را در گروه به گفتگو بگذارند و اهمیت آن را در زندگی خود بررسی و بیان کنند.



همان‌طور که می‌دانید پوسته زمین به دو نوع قاره‌ای و اقیانوسی تقسیم می‌شود که دانش‌آموزان می‌توانند این دو نوع پوسته را از روی شکل با هم مقایسه کنند. پس از آنکه لایه‌های تشکیل‌دهنده زمین ارائه شد، در یک جلسه یا زنگ علوم از دانش‌آموزان خواسته شود که مدل ساختمان درونی زمین را بسازند و پس از تهیه مدل، لایه‌ها را با هم مقایسه کنند. در بررسی مدل، دانش‌آموزان باید به تفاوت ضخامت، تراکم (مثل نرم بودن بخشی از گوشته) اشاره کنند.



اهمیت لایه‌های زمین

نام لایه	اهمیت
پوسته	خاک، رشد گیاهان، ساختمان‌سازی، آب‌های سطحی و زیرزمینی، منابع نفت و گاز، معادن فلزی و غیرفلزی
گوشته	منشأ گدازه‌های آتشفشانی و منشأ بعضی زمین‌لرزه‌ها در گوشته است
هسته	تبادل کره زمین در منظومه خاصیت مغناطیسی

جدول ارزشیابی بر اساس ملاک‌ها و سطوح عملکرد

ملاک‌ها	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳
لایه‌های تشکیل‌دهنده زمین	لایه‌های مختلف زمین را با نمایش و ساخت مدل نشان دهند	برخی از ویژگی‌های لایه‌های تشکیل‌دهنده زمین را از روی مدل توضیح دهند	لایه‌های تشکیل‌دهنده زمین را با هم مقایسه کنند
اهمیت و کاربرد لایه‌های تشکیل‌دهنده زمین	مواردی از ارزش و اهمیت پوسته زمین در زندگی جانداران را بیان نمایند	به منابع و معادن موجود در پوسته زمین اشاره کنند	به نقش و تأثیر لایه‌های درونی زمین در بروز پدیده‌های طبیعی مانند آتشفشان، مغناطیس زمین، زمین‌لرزه و اشاره نمایند