

سفر به اعماق زمین

از آنجایی که بخش عمده‌ی منابع و مخازن طبیعی مورد استفاده‌ی انسان مانند نفت، گاز، زغال سنگ، آب‌های زیرزمینی و سایر معادن فلزی و غیرفلزی در لایه‌های درونی 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 سازنده‌ی زمین، لایه‌های مختلف را نامگذاری می‌کنند.

براساس خواص شیمیایی، لایه‌های زمین به سه لایه‌ی: پوسته، گوشته و هسته تقسیم‌بندی می‌شوند.

براساس خواص فیزیکی، لایه‌های زمین به پنج لایه‌ی: سنگ کره، خمیر کره، گوشته‌ی زیرین، هسته‌ی خارجی و هسته‌ی داخلی تقسیم‌بندی می‌شوند.

اهداف / پیامد

در پایان این درس انتظار می‌رود دانش‌آموزان بتوانند:

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

سطح ۲: برخی از ویژگی‌های لایه‌های تشکیل‌دهنده‌ی زمین را از روی مدل توضیح دهند.

سطح ۳: براساس مدل ساخته‌شده، 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 ی ریز

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

شکل برشی از لایه‌های زمین

الف) از دیدگاه شیمیایی: در این دیدگاه، ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی مواد سازنده‌ی 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 لایه‌ی کره‌ی زمین که به‌صورت قشر نسبتاً نازکی گوشته‌ی زمین را دربر گرفته است، پوسته می‌گویند. پوسته‌ی زمین به دو بخش قاره‌ای و اقیانوسی تقسیم می‌شود.

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

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

از نظر ترکیب سنگ‌شناسی، پوسته‌ی قاره‌ای بیشتر از سنگ آذرین اسیدی تا حد واسط مانند گرانیت و آندزیت تشکیل شده است.

سن پوسته‌ی اقیانوسی جوانتر از پوسته‌ی قاره‌ای است؛ به‌طوری که سن پوسته‌ی اقیانوسی حداکثر ۲۰۰ میلیون سال است در حالی که سن پوسته‌ی قاره‌ای تا حدود ۳/۸ میلیارد سال می‌رسد.
گوشته:

این لایه در زیر پوسته قرار گرفته است که از طریق ناپیوستگی موهو از پوسته جدا می‌شود و تا عمق حدود ۲۹۰۰ کیلومتری ادامه دارد. چگالی گوشته از پوسته بیشتر است به‌طوری که مقدار آن در گوشته‌ی بالایی حدود

$3/3 \text{ gr/cm}^3$ است و در گوشته‌ی زیرین به حدود $5/5 \text{ gr/cm}^3$ می‌رسد.

ترکیب سنگ‌شناسی گوشته عمدتاً شامل سنگ‌های آذرین فوق بازی مانند پریدوتیت، پیروکسنیت و... می‌باشد.
هسته:

این لایه، داخلی‌ترین لایه‌ی زمین است که از طریق ناپیوستگی گوتنبرگ از گوشته جدا می‌شود و تا مرکز زمین (عمق ۶۳۶۸ Km) ادامه دارد. چگالی آن بیشتر از گوشته است به‌طوری که مقدار آن از حدود $5/5 \text{ gr/cm}^3$ شروع و در قسمت‌های مرکز زمین به حدود 11 gr/cm^3 می‌رسد.
ترکیب شیمیایی آن بیشتر از عناصر فلزی و سنگین مانند آهن و نیکل تشکیل شده است.

شکل برشی از لایه‌های زمین

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

سنگ کره (Lithosphere):

سنگ کره، شامل پوسته به علاوه‌ی 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 کره‌ی 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.

گوشته‌ی زیرین (Lower Mantel):

این قسمت از زمین که حالت جامد دارد از زیر آستنوسفر (عمق حدود ۳۵۰ کیلومتر) شروع و تا مرز گوتنبرگ (عمق حدود ۲۹۰۰ کیلومتر) ادامه دارد.

هسته‌ی خارجی (Outer Core):

این لایه از زمین که حالت مایع دارد از مرز گوتنبرگ (عمق حدود ۲۹۰۰ کیلومتر) شروع و تا مرز لمان (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.

هسته‌ی داخلی (Inner Core):

این لایه حالت جامد دارد و از مرز لمان شروع و تا مرکز زمین (عمق حدود ۶۴۰۰ کیلومتر) ادامه دارد. ترکیب شیمیایی این لایه نیز همانند هسته‌ی خارجی می‌باشد اما چگالی (وزن مخصوص) آن بیشتر از هسته‌ی خارجی است.

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

به نظر شما دانشمندان چگونه به اطلاعات فوق دست یافتند؟

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

الف) روش مستقیم: در این روش، به‌طور مستقیم از قسمت‌های درونی زمین نمونه‌برداری می‌کنند؛ مانند:

۱- حفاری در پوسته‌ی زمین و برداشت نمونه از عمق‌های مختلف جهت مطالعه. البته عمیق‌ترین حفاری انجام‌شده در حدود 13 Km عمق دارد.

۲- استفاده از مواد مذاب آتشفشانی که این مواد گاهی به همراه خود قطعاتی از بخش‌های عمیق پوسته را به سطح زمین می‌آورند و از طریق بررسی آنها به خصوصیات بخش‌های درونی زمین (گوشته‌ی فوقانی و پوسته) پی می‌برند.

ب) روش غیرمستقیم: در این روش از امواج لرزه‌ای استفاده می‌شود؛ به‌طوری که سرعت این امواج در بخش‌های مختلف زمین متفاوت است. یعنی در قسمت پرتراکم و چگال، سرعت امواج زیاد (بیش از Km/s 10) و در بخش‌های کم‌تراکم، سرعت این امواج، کم (کمتر از Km/s 6) است.

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

امواج P از تمام حالت‌های مواد (جامد، مایع و خمیری) عبور می‌کنند اما امواج S فقط از جامدات عبور می‌کنند؛ به‌طوری که در هنگام آزادشدن امواج لرزه‌ای، موج P از تمام بخش‌های زمین عبور می‌کند در حالی که سرعت آن در بخش‌های مختلف، متفاوت است؛ به‌عنوان مثال، در پوسته، سرعت کم است و به‌تدریج که به بخش‌های عمیق‌تر گشته و در نهایت هسته می‌رسد، سرعت آن نیز افزایش می‌یابد.

امواج S که فقط از جامدات عبور می‌کنند، 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 (آستنوسفر) سرعت آن کاهش می‌یابد، پس از عبور از آستنوسفر مجدداً سرعت آنها افزایش می‌یابد و در نهایت در مرز گوتنبرگ، متوقف می‌گردد که علت این امر، مایع‌بودن هسته‌ی خارجی می‌باشد.

نکات آموزشی

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، درباره‌ی داستان ژول ورن، گفت‌وگو 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 به‌دست می‌آورند؟

۳- به نظر شما چگونه می‌توانیم به مطالعه‌ی ساختمان درونی زمین بپردازیم؟

۴- ضرورت مطالعه‌ی 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 وسیله‌ی 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 بخواهید که آن را مشاهده نمایند. در هنگام مشاهده سعی شود دانش‌آموزان از تمام خواص 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 مطالعه‌ی زمین تویط امواج لرزه بپردازند و درباره‌ی لایه‌های زمین و تراکم آنها با توجه به دانسته‌های قبلی خود بحث کنند. دانش‌آموزان برای کمک به بحث می‌توانند از تصاویر داخل کتاب نیز استفاده نمایند.

همان‌طور که می‌دانید پوسته‌ی 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 تشکیل‌دهنده‌ی زمین ارائه شد، در یک جلسه یا زنگ علوم از دانش‌آموزان خواسته شود که مدل ساختمان درونی زمین را بسازند و پس از تهیه‌ی 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

جدول ارزشیابی ملاک‌ها و سطوح عملکرد			
نام لایه	اهمیت	سطح ۱	سطح ۲
پوسته	خاک، رشد گیاهان، ساختمان‌سازی، آب‌های سطحی و زیرزمینی، منابع نفت و گاز، معادن فلزی و غیرفلزی	لایه‌های مختلف زمین را با نمایش و ساخت مدل نشان دهند.	برخی از ویژگی‌های لایه‌های تشکیل‌دهنده زمین را از روی مدل توضیح دهند.
گوشته	منشأ گدازه‌های آتشفشانی و منشأ بعضی زمین‌لرزه‌ها در گوشته است.	مواردی از ارزش و اهمیت پوسته‌ی زمین در زندگی جانداران را بیان نمایند.	به نقش و تأثیر لایه‌های درونی زمین در بروز پدیده‌های طبیعی مانند آتشفشان، مغناطیس زمین، زمین‌لرزه و... اشاره نمایند.
هسته	تعادل کره‌ی زمین در منظومه خاصیت مغناطیسی		

از ارزشیابی مستمر می‌توان بیشتر به صورت کیفی (ارزشیابی عملکردی) و استفاده نمود. برای این منظور، در انجام فعالیت‌های درسی مهارت‌های مختلف فرایند یاددهی و یادگیری به همراه دانش و نگرش از روش تهیه‌ی سیاهه رفتار (چک‌لیست) استفاده شود. به این ترتیب، معلم می‌تواند براساس بازخوردی که دریافت می‌کند فرایند یاددهی-یادگیری را هدایت نماید.

ارزشیابی پایانی: این ارزشیابی معمولاً به صورت کمی صورت می‌گیرد و می‌توان در این ارزشیابی علاوه بر سؤالاتی که براساس دانستنی مطرح می‌شوند موارد مربوط به اهداف مهارتی و نگرشی را نیز ارزشیابی نمود.

ذخایر و معادن زمین

با توجه به پیشرفت تکنولوژی در عصر حاضر، استفاده از ذخایر و منابع طبیعی رو به افزایش است. این امر در کشورهای پیشرفته که قبل از ما این راه را پیموده اند با گستردگی زیادی به چشم می‌خورد. ولی تفاوت در این است که در این کشورها استفاده از این منابع با توجه به محیط زیست و در نظر گرفتن عواقب و نتایج استفاده از منابع انجام می‌شود.

نظر به اینکه کشور ما جزو کشورهایی است که ذخایر و منابع غنی دارد و در آغاز راه توسعه می‌باشد؛ باید نسبت به ذخایر و منابع آن توجه بیشتری گردد. هر چند که کشورهای دیگر در امر شناخت و بهره برداری از ذخایر از ما پیشی گرفته اند، ولی بر عهده ی ما است که با بالا بردن آگاهی و شناخت بیشتر این عوامل علاوه بر جلوگیری از مصرف منابع توسط دیگران، خود به فکر حفظ ذخایر و منابع کشورمان باشیم که پشتوانه ی اقتصادی مهمی برای ما و نسل های آینده این سرزمین است