

با نام و یاد خدا

کتاب

زمین شناسی

کلاس یازدهم

تهیه شده توسط وبسایت [بتافایل](#)



فصل ۱: آفرینش کیهان و تکوین زمین

«وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ وَالْأَرْضَ فَرَشْنَاهَا فَنِعْمَ الْمَاهِدُونَ» (سوره ذاریات / آیه‌های ۴۷ و ۴۸)

و آسمان را با قدرتی وصف‌ناپذیر بنا کردیم و آن را گسترش دادیم و زمین را گسترانیدیم، پس چه نیکو گسترش دهنده‌ایم.



ذهن کنج‌کاو بشر، همواره به دنبال کشف اسرار شگفت‌انگیز جهان هستی است. مشاهده منظره زیبای آسمان شب یا رصد آن، توجه آدمی را به مطالعه و شناخت اجرام و پدیده‌های آسمانی جلب می‌کند. در کیهان، پدیده‌های متنوعی مانند کهکشان‌ها، منظومه‌ها، ستاره‌ها، سیاره‌ها و ... وجود دارد. ستاره‌ها و سیاره‌هایی که در آسمان شب می‌توان دید، تنها، تعداد اندکی از میلیاردها جرم آسمانی در کهکشان راه شیری هستند.

برخی از اجرام و پدیده‌های آسمانی به وسیله کاوشگران شناسایی شده‌اند و برخی دیگر، تاکنون حتی رصد هم نشده‌اند و اطلاعی از آنها در دست نیست. اندازه‌گیری‌های نجومی نشان می‌دهند که کیهان در حال گسترش است و کهکشان‌ها در حال دور شدن از یکدیگر هستند. در این زمینه، پرسش‌هایی نظیر: گسترش کیهان از چه زمانی آغاز شده است؟ آینده کیهان، چگونه خواهد بود؟ سرنوشت منظومه شمسی و تکوین زمین چیست؟ سازوکار تشکیل اقیانوس‌ها چگونه است؟ و... مطرح می‌شود.



آفرینش کیهان

دانشمندان بر این باورند که خداوند، جهان هستی را بر اساس اصول و قوانین آفریده است. آنها با مطالعه و شناخت نظام حاکم بر آفرینش کیهان، به دنبال کشف رازهای خلقت هستند.

جمع‌آوری اطلاعات (صفحه ۱۰ کتاب درسی)

در سال گذشته خواندید که دانشمندان پیدایش جهان را با نظریه‌ی مه بانگ توضیح می‌دهند. در این باره، اطلاعات بیشتری جمع‌آوری و درباره‌ی پیدایش اجرام آسمانی با هم گفت‌وگو کنید.

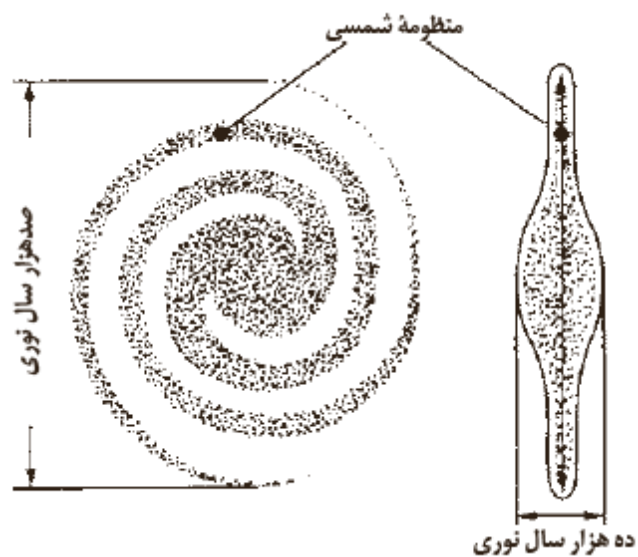
این نظریه بیان می‌کند که گیتی از یک وضعیت بسیار چگال (متراکم) و داغ نخستین آغاز شده و در گذر زمان انبساط یافته است. اگر در زمان به عقب برگردیم، به نقطه‌ای در گذشته می‌رسیم که در آن قوانین فیزیکی شناخته شده کارایی خود را از دست می‌دهند و نقطه تکینگی نام دارد. این نقطه، نقطه پیدایش گیتی است و بر اساس اندازه‌گیری‌های جدید، این لحظه تقریباً $13/8$ میلیارد سال پیش رخ داده است. پس از انبساط اولیه گیتی به اندازه کافی سرد شد که امکان پیدایش ذرات زیر اتمی و بعدها اتم‌های ساده، پدید آید. به هم پیوستن ابرهای غول پیکر از عناصر اولیه بر اثر نیروی گرانش، باعث پیدایش ستارگان و کهکشان‌ها شد.

کهکشان راه شیری

در کیهان، صدها میلیارد کهکشان وجود دارد. کهکشان‌ها، از تعداد زیادی ستاره، سیاره و فضای بین ستاره‌ای (اغلب گاز و گرد و غبار) تشکیل شده‌اند که تحت تأثیر نیروی گرانش متقابل، یکدیگر را نگه داشته‌اند.

اگر در شب‌های صاف و بدون ابر، در مکانی که آلودگی نوری ندارد، به آسمان نگاه کنید، نواری مه مانند و کم نور، شامل انبوهی از اجرام می‌بینید. این نوار که کهکشان راه شیری (Milky Way Galaxy) نام دارد، یکی از

بزرگ‌ترین کهکشان‌های شناخته شده است. کهکشان راه شیری، شکلی مارپیچی دارد که منظومه شمسی ما، در لبه یکی از بازوهای آن قرار دارد.



شکل ۱-۱- طرح شماتیک یک کهکشان مارپیچ مانند

کهکشان راه شیری

پیوند با عکاسی

عکس زیر بخشی از کهکشان راه شیری در آسمان شب است که از رصدگاه کویر خارا در اصفهان تهیه شده است. شما هم در مکانی مناسب، از کهکشان راه شیری و سایر اجرام آسمانی، عکس بگیرید و آن را به کلاس ارائه کنید.



منظومه شمسی

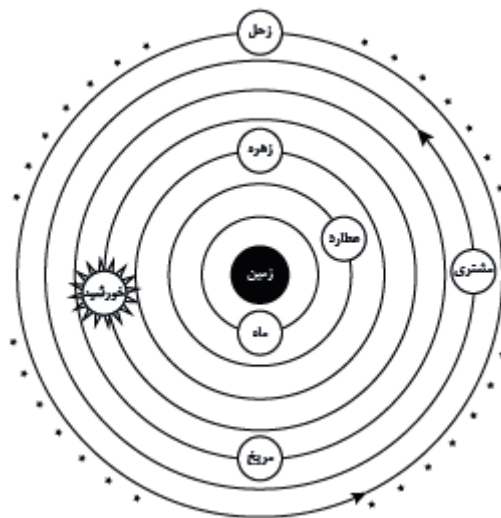
در سال‌های گذشته با برخی از ویژگی‌های منظومه شمسی و اجزای آن آشنا شدید. حرکت ظاهری خورشید از شرق به غرب است؛ بنابراین آیا زمین، مرکز جهان است و سایر اجرام به دور آن می‌گردند؟ از هزاران سال قبل،

بشر برای پاسخ به این پرسش و پرسش‌های مشابه آن، در جست‌وجو و کاوشگری بوده است. در این زمینه، دو نظریه زیر مطرح شده است:

نظریه زمین مرکزی:

بطلمیوس، دانشمند یونانی بیش از دو هزار سال پیش، با مشاهده حرکت ظاهری ماه و خورشید، به این نتیجه رسید که زمین، در مرکز عالم قرار دارد و اجرام آسمانی دیگر به دور آن می‌گردند.

بر اساس این نظریه، که نظریه زمین مرکزی نام‌گذاری شد، زمین، ثابت است و ماه و خورشید و پنج سیاره شناخته شده آن روزگار، یعنی عطارد، زهره، مریخ، مشتری و زحل، در مدارهایی دایره‌ای به دور زمین می‌گردند.



شکل ۱-۲- نمایش نظریه زمین مرکزی

برخی دانشمندان ایرانی مانند ابوسعید سجزی و خواجه نصیرالدین طوسی، با اندازه‌گیری‌های دقیق و تفسیر درست یافته‌های علمی، ایرادهایی بر نظریه زمین مرکزی وارد کردند. این نظریه در اروپا نیز مخالفانی داشت؛ ولی تا حدود قرن ۱۶ میلادی مطرح بود.

نظریه خورشید مرکزی:

نیکولاس کوپرنیک، ستاره‌شناس لهستانی که با علم ریاضی نیز به خوبی آشنا بود، با مطالعه حرکت سیارات در زمان‌های مختلف، نظریه خورشید مرکزی را به شرح زیر بیان کرد:

- زمین همراه با ماه، مانند دیگر سیاره‌ها در مدار دایره‌ای و مخالف حرکت عقربه‌های ساعت به دور خورشید می‌گردد.

- حرکت روزانه خورشید در آسمان، ظاهری و نتیجه چرخش زمین به دور محور خود است.

پس از آنکه کوپرنیک، نظریه خورشید مرکزی را مطرح کرد، یوهانس کپلر، به بررسی دقیق یادداشت‌های ستاره‌شناسان پرداخت و دریافت که سیارات در مدارهای بیضوی، به دور خورشید در حرکت می‌باشند. او با ارائه سه قانون زیر، نظریه خورشید مرکزی را اصلاح نمود.

قانون اول: هر سیاره در مداری بیضوی، چنان به دور خورشید می‌گردد که خورشید همواره، در یکی از دو کانون آن قرار دارد.

دانشمندان علوم زمین

ابوسعید سجزی (۴۱۴-۳۳۰ ه.ق)، ریاضیدان و ستاره‌شناس برجسته ایرانی در سیستان به دنیا آمد و در خراسان و شیراز به علم‌آموزی و مطالعه پرداخت.

سجزی، نوعی اسطرلاب ساخت و کتاب «ترکیب الافلاک»، «رسالة فی کیفیت صنع آلات النجومیه» و همچنین «رسالة الاسطرلاب» از تألیفات او در ستاره‌شناسی و ریاضیات هستند که هر کدام دارای نوآوری‌ها و یافته‌های علمی فراوان می‌باشند.

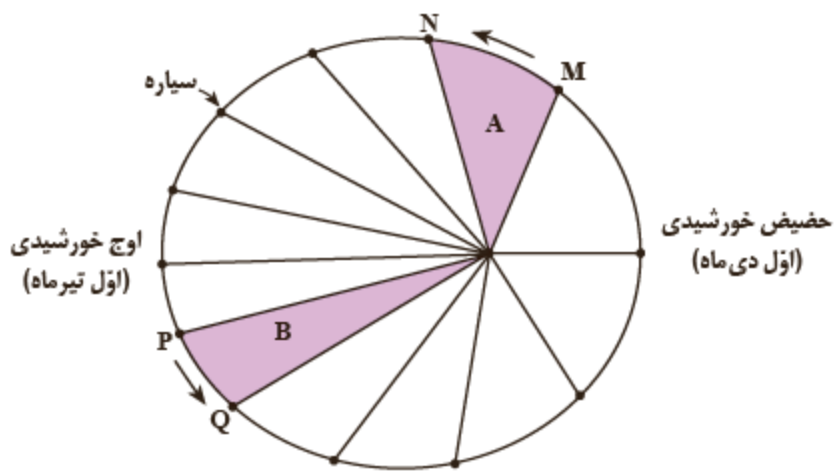
یادآوری (صفحه ۱۲ کتاب درسی)

- با توجه به اینکه، نور خورشید حدود $\frac{3}{8}$ دقیقه نوری طول می‌کشد تا به زمین برسد فاصله متوسط زمین تا خورشید چند کیلومتر است؟

هر ثانیه نوری 300000 کیلومتر است و هر دقیقه نوری 18 میلیون کیلومتر. با ضرب عدد $\frac{3}{8}$ در 18 میلیون کیلومتر نتیجه عدد 149400000 کیلومتر می‌شود که فاصله زمین تا خورشید است.

- به این فاصله در اصطلاح ستاره‌شناسی چه گفته می‌شود؟ سال نجومی (واحد نجومی)

قانون دوم: هر سیاره، چنان به دور خورشید می‌گردد که خط فرضی که سیاره را به خورشید وصل می‌کند، در مدت زمان‌های مساوی، مساحت‌های مساوی ایجاد می‌کند.



شکل ۳-۱- نمایش قانون دوم کپلر

قانون سوم: زمان گردش یک دور سیاره به دور خورشید (p)، با افزایش فاصله از خورشید (d) افزایش می‌یابد، به طوری که مربع زمان گردش سیاره به دور خورشید، معادل مکعب فاصله آن سیاره تا خورشید است $(p^2 \propto d^3)$. در این رابطه، p بر حسب سال زمینی و d بر حسب واحد نجومی است.

پیوند با ریاضی (صفحه ۱۲ کتاب درسی)

اگر مدار سیاره‌ای در فاصله $۱۰۶ \times ۱۰۶ \times ۱۰۶$ کیلومتری خورشید قرار داشته باشد، زمان گردش آن به دور خورشید چند سال است؟

هر واحد نجومی برابر است با $۱۰۶ \times ۱۰۶ \times ۱۰۶$ کیلومتر بنابراین داریم:

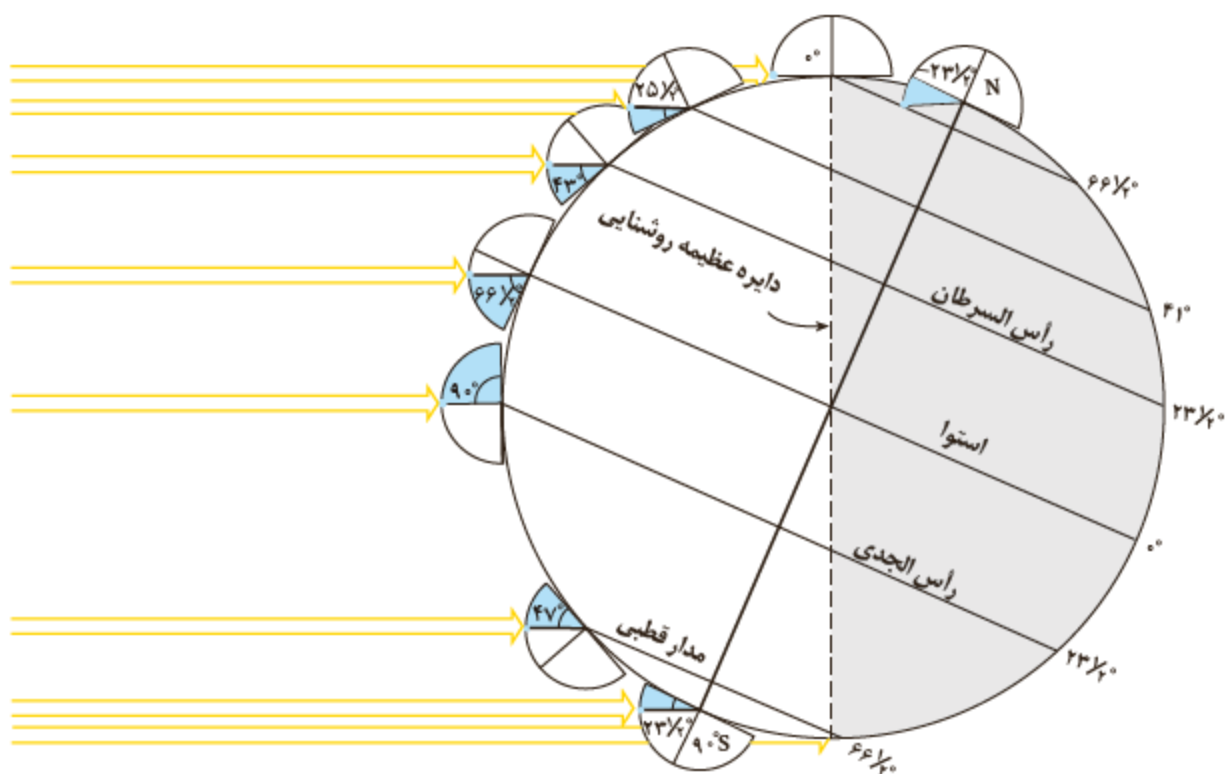
$$D = ۱۰۶ \times ۱۰۶ \times ۱۰۶ = ۴ \quad D = ۱۰۶ \times ۱۰۶ \times ۱۰۶ = ۴$$

$$P^2 = D^3 \rightarrow P^2 = ۴^3 = ۶۴ \rightarrow P = \sqrt{۶۴} = ۸ \quad P^2 = D^3 \rightarrow P^2 = ۴^3 = ۶۴ \rightarrow P = ۶۴ = ۸$$

حرکات زمین

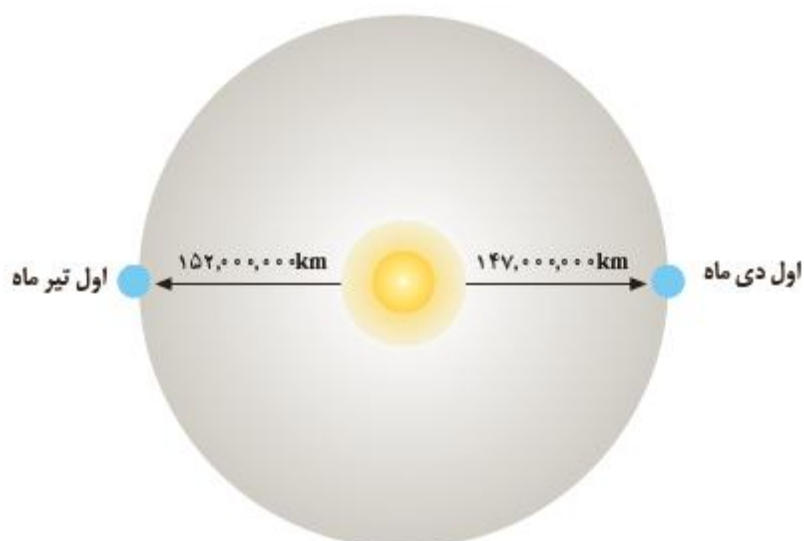
کره زمین دارای حرکت وضعی و انتقالی است. چرخش زمین به دور محورش را **حرکت وضعی** می‌گویند. این چرخش در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت است و در مدت زمان حدود ۲۴ ساعت انجام می‌شود.

شب و روز بر اثر حرکت وضعی به وجود می‌آید. انحراف $5/23^\circ$ درجه‌ای محور زمین، نسبت به خط عمود بر سطح مدار گردش زمین به دور خورشید، سبب ایجاد اختلاف مدت زمان روز و شب در عرض‌های جغرافیایی مختلف می‌شود. به صورتی که به جز در مدار استوا «مدار صفر درجه»، که طول مدت شب و روز در تمام مدت سال با هم برابر و ۱۲ ساعت است، در سایر نقاط با افزایش عرض جغرافیایی این اختلاف ساعت بیشتر می‌شود. به گردش زمین بر روی مدار بیضوی به دور خورشید، **حرکت انتقالی** گفته می‌شود که در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت انجام می‌شود.



شکل ۴-۱-

مقدار انحراف محور زمین و تأثیر آن در مقدار زاویه تابش خورشید در عرض‌های جغرافیایی مختلف میانگین فاصله خورشید از زمین، حدود ۱۵۰ میلیون کیلومتر است که به آن، **یک واحد نجومی** می‌گویند. البته این مقدار در اول تیر ماه به حداکثر مقدار خود، یعنی ۱۵۲ میلیون کیلومتر و در اول دی ماه به حداقل خود، یعنی حدود ۱۴۷ میلیون کیلومتر می‌رسد.



شکل ۵-۱- فاصله زمین نسبت به خورشید در

طول سال یکسان نیست.

تحقیق کنید (صفحه ۱۳ کتاب درسی)

با توجه به فاصله حداکثر زمین تا خورشید در اول تیر و فاصله حداقلی در اول دی ماه، علت گرمای تیرماه و سرمای دی ماه چیست؟

آنچه که مشخص می‌کند تابستان یا زمستان است فاصله زمین از خورشید نیست بلکه ارتفاع مسیر خورشید در آسمان است. در حقیقت، زمین در دی‌ماه (ژانویه) در نیمکره شمالی به نزدیکترین فاصله خود با خورشید می‌رسد. حدوداً ۳ درصد نزدیکتر از تیرماه (ژوئیه)، زمانی که دورترین فاصله قرار دارد. آنچه منجر به نوسانات فصلی دمای هوا می‌شود، تغییرات در چگونگی گرم شدن زمین است. این فرآیند بستگی به زاویه‌ای دارد که نور خورشید از آنجا به نقطه‌ای از زمین که ما در آن هستیم می‌تابد. منظور از خورشید فروردین زمستانی این است که آفتاب از زاویه‌ای بسته به زمین می‌تابد و پس از برخورد شیب‌دار، بر روی زمین گسترده می‌شود، در نتیجه گرما کافی نیست و هوا سردتر می‌شود. در تابستان مسیر فرازین خورشیدی در ارتفاع بالاتر، آفتاب مستقیم و گرمای بیشتری را فراهم می‌آورد.

شرق جهت طلوع‌هاست. دو مسیری که خورشید را در انقلاب تابستانی (چپ) و انقلاب زمستانی (راست) نشان می‌دهد، در این موقعیت، خورشید هیچگاه در نقطه شمالی‌تر (چپ) و یا جنوبی‌تر (راست) از محل‌هایی که در ابتدای انقلاب‌ها در افق دیده می‌شود، طلوع نمی‌کند، در میانه این مسیر و بین این دو منتهی‌الیه، خورشید در

شرق یعنی در اعتدالین طلوع می‌کند. انعکاس این الگوی سالیانه طلوع خورشید، در غرب و در غروب آن نیز ظاهر می‌شود. دگرباره حدود حرکت سالیانه خورشید در دو مسیر نزولی انقلاب زمستانی (چپ و جنوب) و تابستانی (راست و شمال) مشخص می‌شوند. غروب‌های زمان اعتدالین در غرب رخ می‌دهند.

ارتفاع مسیر فصل به فصل تغییر می‌کند، زیرا محور دورانی زمین در فضا، میل پیدا می‌کند، در یک سوی مدار زمین، خورشید به طور مستقیم‌تری بر نیمکره شمالی می‌تابد و طلوع و غروب آن نیز در شمال دیده می‌شود. در سوی دیگر مدار زمین، میل زمین باعث می‌شود نیمکره جنوبی در معرض آفتاب بیشتری قرار بگیرد. در زیر خط استوا تابستان است اما در شمال، طلوع و غروب خورشید در جنوب دیده می‌شود و زمستان است، یعنی تمام تغییرات فصلی که ما تجزیه می‌کنیم نتایج چگونگی آرایش زمین فضا است.

پیدایش فصل‌ها، حاصل حرکت انتقالی زمین و انحراف $5/23$ درجه‌ای محور زمین است؛ به علت کروی بودن زمین، زاویه تابش خورشید در عرض‌های جغرافیایی مختلف، در یک زمان، متفاوت است. همچنین به علت انحراف محور زمین، زوایای تابش خورشید در یک عرض جغرافیایی نیز در طول سال تفاوت دارد. این تفاوت زاویه، سبب ایجاد فصل‌ها در نقاط مختلف کره زمین شده است (شکل ۱-۶).

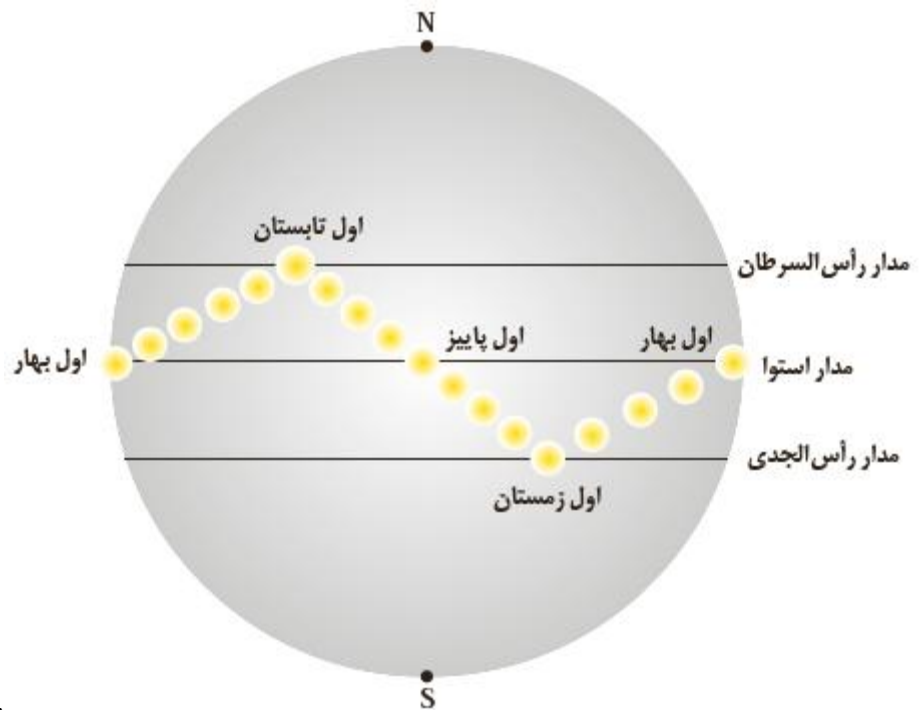
حرکت زمین و زاویه انحراف محور آن به گونه‌ای است که می‌توان موقعیت خورشید را نسبت به زمین به صورت شکل ۱-۶ تصوّر کرد.

خود را بیازمایید (صفحه ۱۴ کتاب درسی)

-وضعیت فصل‌ها در نیمکره شمالی و جنوبی را مقایسه کنید. در زمانی که در نیمکره شمالی فصل تابستان است در نیمکره جنوبی فصل زمستان است که به آن آهنگ فصلی گفته می‌شود.

-جهت تشکیل سایه، در نیمکره شمالی و جنوبی چه تفاوتی دارد؟ جهت سایه در هنگام ظهر در نیمکره شمالی به طرف شمال است و هم زمان در نیمکره جنوبی جهت سایه شاخص به طرف جنوب است یعنی عکس نیمکره شمالی.

-در طول یک سال، خورشید در چه روزهایی بر استوا عمود می‌تابد؟ بر طبق شکل پایین فقط در دو روز خورشید بر استوا عمود می‌تابد یعنی اول فروردین و اول مهر ماه.



شکل ۶-۱- موقعیت فرضی تابش عمود

نور خورشید نسبت به مدارهای مختلف زمین (بر اساس نیمکره شمالی) بر اساس شکل بالا در ابتدای بهار، خورشید بر مدار استوا عمود می‌تابد و در طول بهار بر عرض‌های جغرافیایی بالاتر در نیمکره شمالی عمود می‌تابد به طوری که، در آخر خرداد و اول تیرماه حداکثر بر مدار رأس السرطان، تابش قائم دارد. سپس در طول تابستان بر مدارهای کمتر از $5/23$ درجه شمالی، قائم است و مجدداً اول پاییز بر استوا و در ادامه در شش ماه دوم سال، بر عرض‌های جغرافیایی صفر تا $5/23$ درجه جنوبی قائم می‌تابد.

تکوین زمین و آغاز زندگی در آن

حدود ۶ میلیارد سال قبل، با نخستین تجمعات ذرات کیهانی، شکل‌گیری منظومه شمسی آغاز شد و در حدود $6/4$ میلیارد سال قبل، سیاره زمین به صورت کره‌ای مذاب، تشکیل و در مدار خود قرار گرفت. با گذشت زمان و سرد شدن این گوی مذاب، حدود ۴ میلیارد سال قبل، سنگ‌های آذرین به عنوان نخستین اجزای **سنگ کره** تشکیل شدند؛ سپس با فوران آتشفشان‌های متعدد، گازهایی که از داخل زمین خارج شدند، به تدریج گازهای مختلف مانند اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن، **هوا کره** را به وجود آوردند. در ادامه، کره زمین سردتر شد و بخار آب به صورت مایع در آمد و آب کره تشکیل شد. با تشکیل اقیانوس‌ها و تحت تأثیر انرژی خورشید، شرایط برای تشکیل **زیست کره** فراهم و زندگی انواع تک یاخته‌ها در دریاها کم عمق آغاز شد.

به وجود آمدن چرخه آب، باعث فرسایش سنگ‌ها، تشکیل رسوبات و سنگ‌های رسوبی گردید. در ادامه، با حرکت ورقه‌های سنگ کره و ایجاد فشار و گرمای زیاد در مناطق مختلف، سنگ‌های دگرگونی به وجود آمدند. دانشمندان معتقدند شرایط محیط زیست فعلی به تدریج و در طی صدها میلیون سال مهیا شده است.

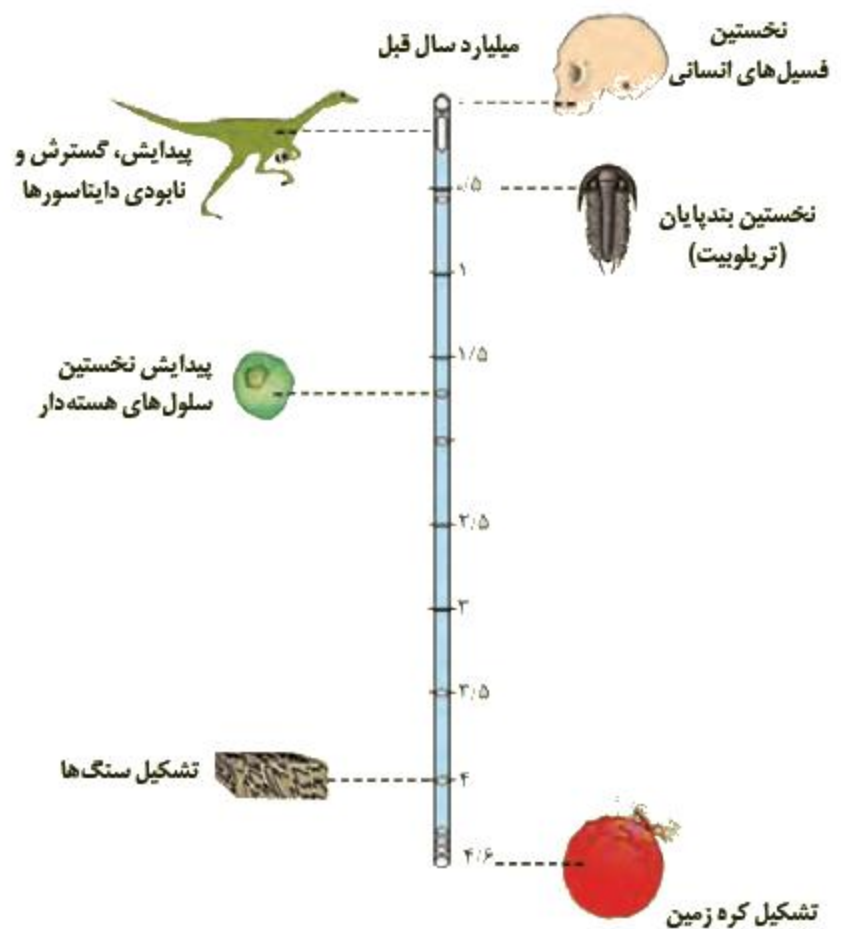
با توجه به شواهد زمین شناسی، دانشمندان دریافتند که خداوند در آفرینش جهان، ابتدا شرایط محیط زیست را مهیا کرده و سپس جانداران را از ساده تا پیچیده آفریده است. در دوران‌های مختلف، شرایط آب و هوایی و محیط زیست تغییرات فراوانی داشته‌اند و بر این اساس، گونه‌های مختلف جانداران در سطح زمین ظاهر و منقرض شده‌اند. به عنوان مثال، خزندگان در دوره کربونیفر، ظاهر و در طی ۸۰-۷۰ میلیون سال، جثه آنها بزرگ شد و در کره زمین گسترش یافتند. با نامساعد شدن شرایط محیط زیست و عدم توانایی دایناسورها برای سازگاری با تغییرات محیطی، این موجودات حدود ۶۵ میلیون سال پیش منقرض شدند.

تفسیر کنید (صفحه ۱۵ کتاب درسی)

با توجه به شکل زیر، ترتیب تشکیل هوا کره، سنگ کره، زیست کره و آب کره را از قدیم به جدید ذکر کنید.

به ترتیب سنگ کره - هوا کره - آب کره - زیست کره

۴میلیارد سال پیش از سرد شدن سطح کره مذاب زمین، پوسته یا سنگ کره به وجود آمد، سپس با فعالیت‌های داخل زمین و وقوع آتشفشان‌ها، هوا کره به وجود آمد و با ادامه فعالیت‌های زمین و ترکیب هیدروژن و اکسیژن، ابرهای باران‌زا موجب ریزش باران زیادی در سطح زمین شدند و اقیانوس‌های بزرگ را به وجود آوردند و به این ترتیب آب کره به وجود آمد و از تعامل سه محیط سنگ کره، هوا کره و آب کره محیط دیگری به وجود آمد که زیست کره نام دارد.



سن زمین

از آغاز پیدایش کره زمین تاکنون، مدت زمان بسیار زیادی می گذرد و در این مدت، حوادث و وقایع فراوانی در آن رخ داده است. آیا می دانید سن زمین و حوادث و وقایع گذشته را چگونه تعیین می کنند؟ تعیین سن سنگ ها و پدیده های مختلف، از نظر بررسی تاریخچه زمین، اکتشاف ذخایر و منابع موجود در زمین، پیش بینی حوادث احتمالی آینده و... اهمیت زیادی دارد.

در زمین شناسی، سن سنگ ها و پدیده ها را به دو روش نسبی و مطلق تعیین می کنند.

یادآوری (صفحه ۱۶ کتاب درسی)

در کتاب علوم پایه نهم با روش تعیین سن نسبی و اصول آن آشنا شدید. با توجه به آن، در شکل زیر، ترتیب وقایع را از قدیم به جدید شماره گذاری کنید.



۱: M ۲: B ۳: Q ۴: N ۵: P ۶: W

۷: چین خوردگی ناودیس

۸: توده‌ی مذاب X

۹: گسل F

در تعیین سن نسبی، ترتیب تقدم، تأخر و هم زمانی وقوع پدیده‌ها، نسبت به یکدیگر مشخص می‌شود. در تعیین سن مطلق (پرتوسنجی)، سن واقعی نمونه‌ها با استفاده از عناصر پرتوزا اندازه‌گیری می‌شود. عناصر پرتوزا به‌طور مداوم، با سرعت ثابت در حال واپاشی هستند. این عناصر پس از واپاشی به عنصر پایدار تبدیل می‌شوند. مدت زمانی که نیمی از یک عنصر پرتوزا به عنصر پایدار تبدیل می‌شود را، نیم عمر آن عنصر می‌گویند. در تعیین سن مطلق با استفاده از رابطه زیر می‌توان سن مطلق نمونه‌هایی مانند (سنگ، چوب، استخوان و...) را تعیین کرد.

سن نمونه = تعداد نیم عمر $\times$ نیم عمر

پیوند با ریاضی (صفحه ۱۶ کتاب درسی)

در جدول زیر، نیم عمر برخی از عناصر پرتوزا و عنصر پایدار حاصل از آنها نشان داده شده است. با استفاده از اطلاعات موجود در آن، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱- برای تعیین سن نخستین سنگ‌هایی که در کره زمین تشکیل شده‌اند، استفاده از کدام عنصر پرتوزا مناسب‌تر است؟ اورانیوم ۲۳۸ چرا؟ نیمه عمر این ماده ۵/۴ میلیارد سال است.

۲- برای تعیین سن فسیل ماموت و یا جمجمه انسان اولیه، از کربن ۱۴ استفاده می‌شود. دلیل آن را توضیح دهید.

چون تنها ماده رادیو اکتیو در بدن جانداران کربن ۱۴ است که از طریق زنجیره غذایی جذب می‌شود. بعد از مرگ جانداران این ماده فروپاشی کرده و به نیتروژن ۱۴ تبدیل می‌شود و به کمک این ماده می‌توان سن مطلق فسیل‌ها را به دست آورد.

۳- اگر مقدار کربن ۱۴ باقی مانده در یک نمونه استخوان قدیمی حدود ۱۸۱۸ مقدار اولیه آن باشد، سن استخوان را محاسبه کنید.

ماده اولیه را همیشه یک واحد در نظر

می‌گیریم: $\leftarrow 1 \div 2 \rightarrow 112 \div 2 \rightarrow 214 \div 2 \rightarrow 318 \leftarrow 1 \rightarrow 1 \div 212 \rightarrow$

$2 \div 214 \rightarrow 3 \div 218$ مقدار ماده اولیه

سپس آن قدر بر عدد ۲ تقسیم می‌کنیم تا به مقدار باقی مانده برسیم. تعداد تقسیم‌ها را می‌شماریم که همان تعداد نیمه عمر است. سپس آن مقدار را در نیمه عمر ماده رادیو اکتیو داده شده ضرب می‌کنیم.

سن فسیل ماموت $3 \times 5730 = 17190$ $3 \times 5730 = 17190$

نیم عمر برخی از عناصر پرتوزا		
عنصر پایدار	نیم عمر (تقریبی)	عنصر پرتوزا
سرب ۲۰۶	۴/۵ میلیارد سال	اورانیوم ۲۳۸
سرب ۲۰۷	۷۱۳ میلیارد سال	اورانیوم ۲۳۵

نیم عمر برخی از عناصر پرتوزا		
عنصر پایدار	نیم عمر (تقریبی)	عنصر پرتوزا
سرب ۲۰۸	۱۴/۱ میلیارد سال	توریم ۲۳۲
نیتروژن ۱۴	۵۷۳۰ میلیارد سال	کربن ۱۴
آرگون ۴۰	۱/۳ میلیارد سال	پتاسیم ۴۰

زمان در زمین شناسی

مفهوم زمان در مقیاس‌های مختلفی به کار می‌رود. شما با واحدهای زمان مانند: ثانیه، دقیقه، ساعت، شبانه‌روز، هفته، ماه، سال، دهه، سده (قرن) و هزاره آشنا هستید؛ اما، واحدهای بزرگ‌تر زمان نیز وجود دارند که در زندگی روزمره ما، کاربرد زیادی ندارند، ولی در علوم زمین بسیار مهم‌اند. مانند عهد، دوره، دوران و اِئون (آبردوران) که واحدهای زمانی مورد استفاده در زمین شناسی هستند. معیار تقسیم‌بندی این واحدهای زمانی مختلف، به حوادث مهمی همچون پیدایش یا انقراض گونه خاصی از جانداران، حوادث کوهزایی، پیشروی یا پسروی جهانی دریاها، عصرهای یخبندان و... بستگی دارد (شکل ۱-۷).

میلیون سال قبل		رویدادهای زیستی		دوره	دوران	اثون	
فلوروزویک	سنوزویک	انسان	تنوع پستانداران	کواترنری	سنوزویک		
				نئوزن			
				پالئوزن			
	مزوزویک	انقراض دایناسورها	نخستین گیاهان گل دار	کرتاسه			
		نخستین پرنده		ژوراسیک			
		نخستین پستاندار		تریاس			
	پالئوزویک	انقراض گروهی	نخستین خزنده	پرمین	پالئوزویک		
		نخستین دوزیست		کربنیفر			
		نخستین گیاهان آونددار		دونین			
		نخستین ماهی ها	نخستین تریلوبیت	سپلورین			
				اردوویسین			
				کامبرین			
پراکامبرین	پروتروزویک					پراکامبرین	
	آرکین						
	هادن						

شکل ۷-۱- مقیاس زمان

زمین شناسی و رویدادهای مهم آن

پیدایش اقیانوس ها

در سال‌های گذشته، با مفهوم سنگ‌کره و سازوکار حرکت ورقه‌ها آشنا شدید. ورقه‌های سنگ‌کره، به دو نوع قاره‌ای و اقیانوسی تقسیم می‌شوند. البته گاهی ممکن است بخشی از یک ورقه، جنس قاره‌ای و در بخش دیگر از جنس اقیانوسی باشد (مانند ورقه هند) و یا در همه جا از آب پوشیده شده و از جنس اقیانوسی باشد (مانند ورقه اقیانوس آرام). سنگ‌کره قاره‌ای، نسبت به سنگ‌کره اقیانوسی ضخامت بیشتر و چگالی کمتری دارد. از طرفی سن ورقه‌های قاره‌ای زیاد و حدود ۸/۳ میلیارد سال بوده و در حالی که سنگ‌های بستر اقیانوس‌ها حداکثر ۲۰۰ میلیون سال قدمت دارند.

یادآوری (صفحه ۱۸ کتاب درسی)

در فصل زمین ساخت ورقه‌ای کتاب علوم نهم، در مورد حرکت ورقه‌های سنگ‌کره و پیامدهای آن مطالبی آموختید. در این باره به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱- علت حرکت ورقه‌های سنگ‌کره چیست؟ به دلیل حرکت هم رفتی مواد خمیری نرم کره و گوشته داغ فوقانی

۲- انواع حرکت ورقه‌ها را بیان کنید ۱- دو ورقه از یک دیگر دور می‌شوند (واگرا) ۲- دو ورقه به هم برخورد

می‌کنند (هم‌گرا) ۳- دو ورقه در کنار هم می‌لغزند (امتداد لغز)

۳- پیامدهای حاصل از حرکت ورقه‌ها را ذکر کنید.

الف) ورقه‌های واگرا: جدایش قاره‌ها- ایجاد پوسته‌های جدید- زمین لرزه- ایجاد دره‌ها

ب) ورقه‌های همگرا: آتش‌فشان‌های انفجاری- زمین لرزه- فرورانش ورقه‌های اقیانوسی و فلز زایی- ایجاد رشته

کوه‌ها - گودال‌های عمیق اقیانوسی

پ) ورقه‌های امتداد لغز: زمین لرزه‌های مکرر- ایجاد گسل‌های متعدد

دانشمندان علوم زمین

در ادامه نظریه‌های جابه‌جایی قاره‌ها و گسترش بستر اقیانوس‌ها، **توزو ویلسون** زمین‌شناس کانادایی، نخستین بار، ایده وجود ورقه‌های تشکیل دهنده سنگ‌کره زمین و مرز آنها را عنوان کرد که منجر به ارائه نظریه زمین ساخت ورقه‌ای شد. مراحل تشکیل اقیانوس‌ها نیز، توسط وی ارائه و بعدها به چرخه ویلسون معروف شد. مطالعات علمی او، مورد تحسین جهان قرار گرفت.



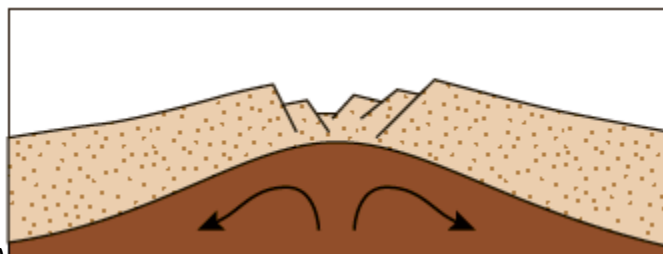
توزو ویلسون ۱۵ آوریل ۱۹۹۳ - ۲۴ اکتبر ۱۹۰۸

نخستین بار ساز و کار حرکت ورقه‌های سنگ کره توسط دانشمند کانادایی به نام توزو ویلسون در قالب چرخه‌ای به نام چرخه ویلسون مطرح شد.

خلاصه مراحل چرخه ویلسون به شرح زیر می‌باشد:

۱- مرحله بازشدگی:

تحت تأثیر جریان‌های همرفتی سست کره، بخشی از پوسته قاره‌ای شکافته می‌شود و مواد مذاب سست کره، صعود نموده و به سطح زمین می‌رسند. نمونه‌ای از آن آتشفشان‌های کنیا و کلیمانجارو در شرق آفریقا ایجاد شده است (شکل ۱-۸ الف).



شکل ۱-۸ الف) ایجاد شکاف در پوسته قاره‌ای

۲- مرحله گسترش:

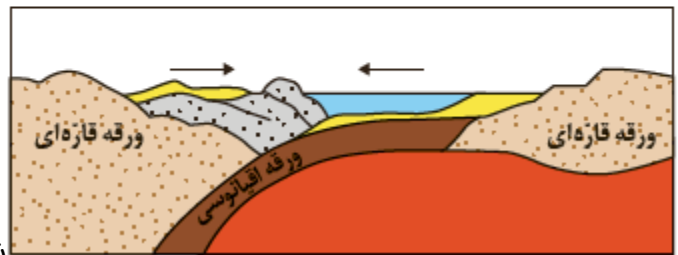
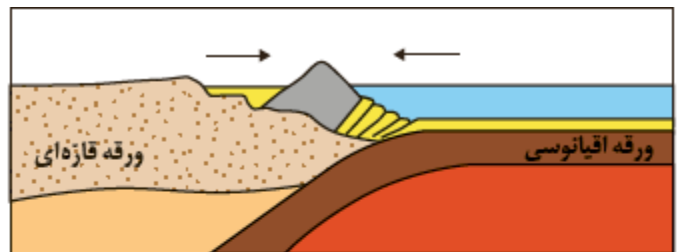
در این مرحله، در محل شکاف ایجاد شده، مواد مذاب سست کره به بستر اقیانوس رسیده و پشته‌های میان اقیانوسی تشکیل می‌شوند و پوسته جدید ایجاد شده به طرفین حرکت کرده و باعث گسترش بستر اقیانوس می‌شود مانند بستر اقیانوس اطلس (دور شدن آمریکای جنوبی از آفریقا) و دریای سرخ (دور شدن عربستان از آفریقا) (شکل ۱-۸ ب).



شکل ۸-۱ ب) ایجاد و گسترش پوسته اقیانوسی

۳- مرحله بسته شدن:

در این مرحله، ورقه اقیانوسی از حاشیه به زیر ورقه قاره‌ای مجاور خود فرو رانده می‌شود (دراز گودال اقیانوسی) و با ادامه فرورانش در نهایت اقیانوس بسته می‌شود (مانند بسته شدن اقیانوس تتیس) (شکل ۸-۱ پ).

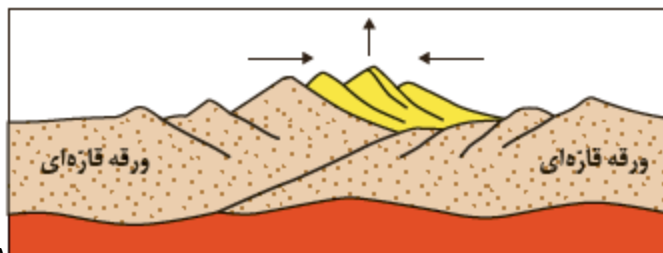


شکل ۸-۱ پ) بسته شدن حوضه اقیانوسی ایجاد شده

در برخی از اقیانوس‌ها مانند اقیانوس آرام در بخشی از آن، ورقه اقیانوسی به زیر ورقه اقیانوسی دیگر فرو رانده شده و منجر به تشکیل دراز گودال اقیانوسی و جزایر قوسی می‌شود.

۴- مرحله برخورد:

با بسته شدن اقیانوس و برخورد ورقه‌ها، رسوبات فشرده شده و رشته کوه‌هایی مانند هیمالیا (برخورد هندوستان به آسیا)، زاگرس (برخورد عربستان به ایران) و ... را به وجود می‌آورند. (شکل ۸-۱ ت)



شکل ۱-۸ ت) برخورد ورقه‌ها و ایجاد رشته کوه

پاسخ دهید (صفحه ۲۰ کتاب درسی)

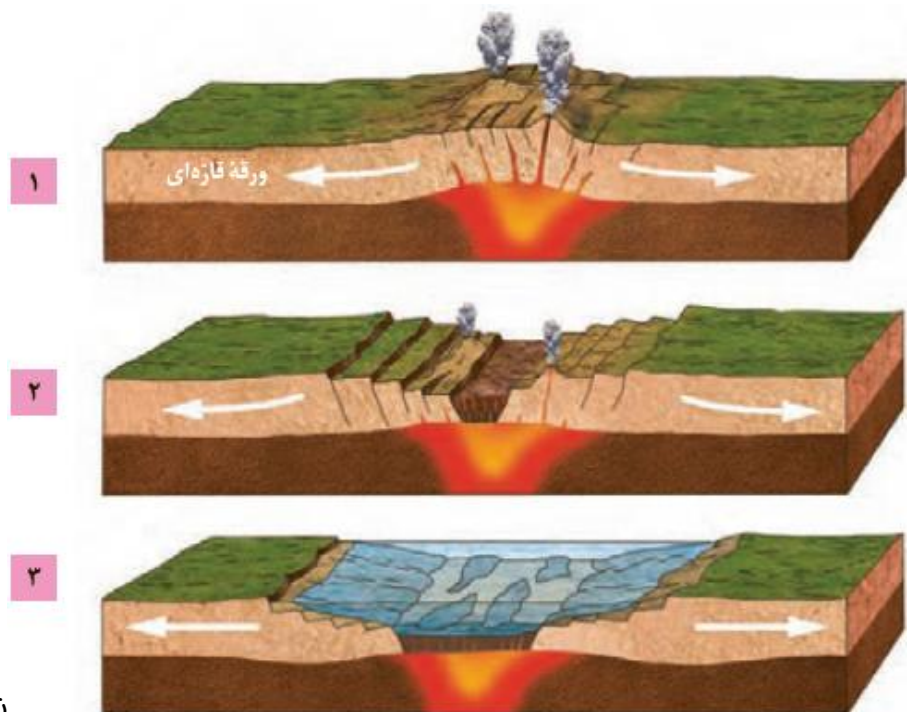
۱- عامل باز و بسته شدن اقیانوس‌ها چیست؟ فشار ماگما

۲- چرا با وجود گسترش بستر اقیانوس‌ها، وسعت سطح زمین افزایش نمی‌یابد؟ در محل برخوردها (همگرایی) ورقه‌هایی به زیر دیگر ورقه‌ها کشانده می‌شوند و به همان اندازه که باز شدن داریم به همان نسبت هم نزدیک شدن یا همگرایی ورقه‌ها را داریم که باعث می‌شود که مساحت زمین تغییر نکند.

۳- علت فرورانش ورقه اقیانوسی چیست؟ بیشتر بودن چگالی ورقه‌ی اقیانوسی نسبت به ورقه قاره‌ای است.

۴- نتیجه فرورانش ورقه اقیانوسی - قاره‌ای و اقیانوسی - اقیانوسی چیست؟

وقتی ورقه اقیانوسی به ورقه قاره‌ای برخورد می‌کند ورقه اقیانوسی که چگالی بیشتری دارد به زیر ورقه قاره‌ای می‌رود و گودال تشکیل می‌شود. ایجاد زلزله و تشکیل رشته کوه‌های آتشفشانی هم نتیجه این فرورانش است. در اثر برخورد دو ورقه اقیانوسی، ورقه‌ای که چگالی بیشتری دارد به زیر ورقه دیگر می‌رود و جزایر آتشفشانی (جزایر قوسی) تشکیل می‌شود.



شکل ۱-۹ مراحل تشکیل اقیانوس جدید

علم، زندگی، کارآفرینی

دیرینه‌شناسی

شاخه‌ای از علم زمین شناسی که به بررسی آثار و بقایای موجودات گذشته زمین در لایه‌های رسوبی می‌پردازد. بر پایه مطالعه فسیل‌ها، پیدایش و نابودی آنها می‌توان به سن نسبی لایه‌های زمین و محیط زندگی موجودات در گذشته پی برد.



سنجش از دور

علم و فن جمع‌آوری اطلاعات از عوارض سطح زمین، بدون تماس فیزیکی با آنها است. سنجش از دور شامل اندازه‌گیری و ثبت انرژی بازتابی از سطح زمین و جو پیرامون آن، از یک نقطه مناسب در بالاتر از سطح زمین است. پرتوهای بازتابی که از نوع امواج الکترومغناطیس هستند، می‌توانند دارای منابع گوناگونی مانند پرتوهای

خورشیدی، پرتوهای حرارتی اجسام یا حتی پرتوهای مصنوعی باشند. به دست آوردن اطلاعات از سطح زمین و سطح دریاها، با استفاده از تصاویر اخذ شده از فراز آنها، از بخش‌هایی از طیف الکترومغناطیس که از سطح زمین تابیده یا بازتابیده شده‌اند، انجام می‌شود. سنجش از دور، از انرژی الکترومغناطیسی بهره می‌گیرد. قوی‌ترین منبع تولیدکننده این انرژی، خورشید است که انرژی الکترومغناطیس را در تمام طول موج‌ها، تابش می‌کند. متخصصان این رشته‌ها، در مراکزی مانند سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شرکت ملی نفت ایران و... می‌توانند به کمک آن حوادثی مانند: وقوع سیل، تغییرات سطح زمین، پراکندگی ریزگردها و... را بررسی کنند و در کیفیت بخشی و بهبود اجرای پروژه‌های اکتشافی و آموزشی کمک شایانی داشته باشند.



فصل ۲: منابع معدنی و ذخایر انرژی، زیربنای تمدن و توسعه

زیربنای اقتصادی کشورهای مختلف، متنوع است. مبنای اقتصادی برخی از کشورها، صنعت، کشاورزی یا گردشگری است و برخی دیگر، اقتصاد خود را بر مبنای منابع و ذخایر معدنی بنا نهاده‌اند. مبنای اقتصاد کشور ما، کدام مورد است؟ بسیاری از کالاهایی که در زندگی روزمره از آنها استفاده می‌کنید، یا با آنها سروکار دارید، از منابع فلزی (آهن، آلومینیم، طلا و منیزیم)، غیر فلزی (رس‌ها، زغال سنگ و ...) و یا مواد نفتی و فراورده‌های پتروشیمی مانند پلاستیک، بنزین و ... به دست می‌آیند. در علم زمین شناسی با مواردی مانند نحوه تشکیل، ذخیره و اکتشاف منابع معدنی و سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز آشنا می‌شوید.



کانی گارنت



کانی کوآرتز



سکوی نفتی



مجتمع پتروشیمی

منابع معدنی در زندگی ما

بخش عمده مواد مورد نیاز برای زندگی ما، از منابع معدنی تأمین می‌شوند. مس موجود در کابل‌های برق، آهن مورد استفاده در ریل راه آهن، پلاتین استفاده شده در ساخت گوشی تلفن همراه، مدادی که با آن می‌نویسیم، از کانی گرافیت، خمیر دندان از کانی فلوئوریت و... از منابع معدنی تهیه می‌شوند. منابع معدنی پس از شناسایی توسط زمین‌شناسان، از معادن استخراج و پس از فراوری، به کالاهای مورد نیاز تبدیل می‌شوند. تعدادی از کاربردهای مواد معدنی (فلزی - غیر فلزی) در ادامه آورده شده است.

بیشتر بدانید: فراوانی و کاربرد برخی از کانی‌ها و منابع معدنی

فلزها بر اساس فراوانی

فراوان: آهن، آلومینیم، منیزیم، منگنز، تیتانیم
کمیاب: مس، سرب، روی، نیکل، کروم، طلا، نقره، قلع، تنگستن، مولیبدن، اورانیم، پلاتین و...

غیرفلزها بر اساس کاربرد

صنایع شیمیایی: هالیت، (سدیم کلرید)، فلوئوریت، (کلسیم فلوراید)
کودهای شیمیایی: آپاتیت (کلسیم فسفات)، سیلویت (پتاسیم کلرید)، گوگرد، کلسیت و سنگ آهک (کلسیم کربنات)، شوره (سدیم نیترات)
ساختمان سازی: ژئوپس (گچ ساختمانی)، سنگ آهک (سیمان)، رس (آجر و کاشی و سرامیک)، شن و ماسه، سنگ‌های تزئینی و نما، فلدسپار (کاشی و سرامیک)، سیلیس (شیشه سازی)، پوزولان و پرلیت (مصالح سبک وزن)
گوهرها و کانی‌های نیمه قیمتی: الماس، کزندوم (یاقوت)، گارنت (بیجاده)، آمتیست (کوارتز بنفش)، بریل (زرد)، فیروزه، آگات (عقیق)، الیوین (زبرجد)، اسپینل (لعل)، لاجورد، یشم و...
پزشکی و داروسازی: باریت (عکس‌برداری رادیولوژی)، انواع کانی‌های رسی (آنتی بیوتیک‌ها، ضد اسید معده)، فلوئوریت (خمیر دندان)، تالک (پودر بچه، لوازم آرایشی، کرم‌های ضد آفتاب)
کانی‌های صنعتی: بنتونیت (گل حفاری، خاک رنگ‌بر، جاذب آب و آلاینده‌ها، صنعت فولاد، سرامیک، صنایع رنگ، کاغذسازی، تصفیه آب و فاضلاب، داروسازی، تصفیه و رنگ‌بری روغن، قند، نوشیدنی‌ها و...)، کائولن (سرامیک، کاغذسازی، پرکننده و لاستیک‌سازی)، کوارتز (ساعت‌سازی، شیشه‌سازی، قطعات الکترونیکی و...)
کشاورزی: کانی زئولیت در (سبک کردن و هوارسانی به خاک و جاذب رطوبت)، دامپروری (مکمل غذای دام و

طیور)، پرورش ماهی، تصفیه آب و فاضلاب

سایر موارد: تالک (کاغذسازی، رنگ)، باریت (گل حفاری)، گرافیت (نوک مداد، پیل الکتریکی، تایر خودروها)،
ساینده (الماس، گارنت، کربندوم، کوارتز)

گفت‌وگو کنید (صفحه ۲۵ کتاب درسی)

کاربرد بعضی کانی‌ها مانند انیدریت و ژیپس، علاوه بر تهیه گچ بنایی در تشخیص آب و هوای گذشته می‌باشد.
در مورد دلیل این امر گفت‌وگو کنید.

یکی از مواردی که در تشخیص آب‌وهوای گذشته می‌توان مورد بررسی قرار داد، بررسی هوازدگی است.

هوازدگی

هوازدگی به زبان ساده عبارت است از پاسخی که مواد سطح زمین در مقابل تغییر محیط از خود بروز می‌دهند و شامل از هم پاشیدن سنگ‌ها و تجزیه آنها در سطح زمین و یا نزدیک به سطح زمین است. بعد از میلیون‌ها سال، بالا آمدگی و فرسایش، سنگ‌های موجود در سقف توده‌های نفوذی از بین رفته و توده در سطح زمین رهنمون پیدا می‌کند. این توده متبلور که در دما و فشار زیاد و احتمالاً در چند کیلومتری زیر زمین تشکیل شده بود، اکنون در سطح زمین و در معرض شرایطی کاملاً متفاوت قرار دارد. در چنین وضعیتی، توده سنگ به تدریج تغییر می‌کند تا جایی که دوباره با شرایط جدید به حالت تعادل برسد به چنین تغییراتی در سنگ، هوازدگی می‌گویند. هوازدگی معمولاً به دو صورت مکانیکی و شیمیایی بررسی می‌شود ولی در طبیعت این دو همزمان عمل می‌کنند.

انواع هوازدگی: هوازدگی را با توجه به نوع تغییراتی که در سنگ صورت می‌گیرد به انواع مکانیکی و شیمیایی تقسیم می‌کنند.

هوازدگی مکانیکی:

در هوازدگی مکانیکی هیچ تغییری در ترکیب شیمیایی سنگ صورت نمی‌گیرد بلکه سنگ‌ها تحت تأثیر یک سری از عوامل فیزیکی به قطعات کوچکتر تقسیم می‌شوند. بر اثر خرد شدن سنگ‌ها سطح جانبی قطعات زیادتر شده و

در نتیجه برای این عوامل عبارتند از: یخبندان، انبساط حاصل از برداشته شدن بار فوقانی، انبساط حرارتی و فعالیت موجودات زنده.

هوازدگی شیمیایی:

در هوازدگی شیمیایی ساختمان داخلی کانی‌ها بر اثر افزایش یا کاهش عناصر تغییر می‌کند. در واقع در این نوع هوازدگی ترکیب شیمیایی سنگ‌ها تغییر می‌کند. در هوازدگی شیمیایی آب مهمترین عامل به شمار می‌رود. ولی لازم به ذکر است که آب خالص غیرفعال بوده و نمی‌تواند هیچ تغییری در سنگ‌ها ایجاد کند. افزایش مقدار کمی از مواد محلول می‌تواند آب را فعال سازد. اکسیژن و دی اکسید کربن محلول در آب باعث ایجاد تغییرات اساسی در سنگ‌ها می‌شوند.

سرعت هوازدگی:

سرعت هوازدگی سنگ‌ها به عوامل زیادی بستگی دارد از جمله این عوامل می‌توان به اندازه ذرات کانی‌های سازنده سنگ و عوامل آب و هوای محیط را نام برد. هر چقدر اندازه کانی کوچکتر باشد سطح موثر آنها زیادتر بوده و در نتیجه سریع‌تر تحت تاثیر عوامل هوازدگی، تجزیه می‌شوند. جنس کانی‌های سازنده سنگ اثر بسیار مهمی در هوازدگی دارد به عنوان مثال سنگ‌های گرانیتی بسیار مقاوم‌تر از سنگ مرمر هستند، زیرا مرمر از کلسیت ساخته شده که به آسانی حتی در محلول اسیدی ضعیفی نیز حل می‌شود.

ترتیب هوازدگی کانی‌های سیلیکاته مطابق ترتیب تبلور آن هاست. کانی‌هایی که زودتر از همه تبلور می‌نمایند یعنی در درجه حرارت و فشارهای زیادتری بوجود می‌آیند، نسبت به کانی‌هایی که بعداً تبلور می‌شوند در سطح زمین پایداری کمتری دارند. زیرا شرایط تشکیل آنها با شرایط سطح زمین بسیار متفاوت است.

عوامل آب و هوایی، به‌ویژه رطوبت اهمیت زیادی در سرعت هوازدگی سنگ‌ها دارد. بهترین محیط برای هوازدگی شیمیایی آب و هوای گرم و فراوانی رطوبت است. در نواحی قطبی و در عرض‌های جغرافیایی بالا چون برودت هوا، رطوبت مورد نیاز برای هوازدگی را به صورت یخ در می‌آورد لذا هوازدگی شیمیایی در این نواحی بی‌تاثیر است. در نواحی خشک نیز به علت وجود رطوبت کافی هوازدگی شیمیایی نقش ندارد.

هوازدگی و نهشته‌های معدنی:

هوازدگی در ایجاد بعضی از نهشته‌های معدنی مهم نقش دارد، زیرا عناصر فلزی پراکنده در سنگ مادر را در یک

جا جمع می‌کند. به چنین نقل و انتقالی غالباً غنی شدگی اطلاق می‌شود. غنی شدگی به دو طریق انجام می‌شود. در روش اول هوازدگی شیمیایی به همراه آب نفوذی موادی را که مناسب نیستند از سنگ در حال تجزیه جدا می‌کنند. لذا این عناصر مطلوبی که تراکم آنها در افق نزدیک سطح زمین کم می‌باشد به اعماق برده شده و با رسوب مجدد تمرکز آنها افزایش می‌یابد.

بوکسیت:

بوکسیت که کانی اصلی آلومینیوم می‌باشد یکی از کانسارهایی است که به روش غنی شدگی طی فرآیندهای هوازدگی بوجود آمده است. بوکسیت در آب و هوای گرمسیری بارانی همراه با لاتریت تشکیل می‌شود. وقتی سنگ منشا غنی از آلومینیوم در معرض هوازدگی شدید و طولانی قرار بگیرد بیشتر عناصر اصلی آن نظیر کلسیم و سدیم و سیلیس در نتیجه شستشو از محیط خارج می‌شود و بر میزان آلومینیوم آن افزوده می‌شود. با گذشت زمان خاکی غنی از آلومینیوم به نام بوکسیت حاصل می‌شود که می‌توان از آن آلومینیوم استخراج کرد.

نهشته‌های مس و نقره:

بسیاری از نهشته‌های مس و نقره زمانی حاصل شده‌اند که فرآیند هوازدگی عناصری را که در کانسار اولیه با عیار پایین پراکنده بودند در یک جا متمرکز کرده است. معمولاً چنین غنی شدگی در نهشته‌های پیریت‌دار (FeS) و کانی‌های سولفوری معمول انجام می‌شود. پیریت به دلیل اینکه از نظر شیمیایی به اسید سولفوریک تغییر می‌یابد، می‌تواند در آب‌های نفوذی فلزات معدنی را حل کند. با انحلال کانی‌ها مورد نظر فلزات به تدریج از خلال توده کانسار اولیه به سمت پایین مهاجرت می‌کنند تا سرانجام ته نشین شوند. ته نشینی هنگامی اتفاق می‌افتد که محلول‌های مزبور به منطقه آبدار زیرزمینی نزدیک می‌شود. در این محل تغییرات شیمیایی ته نشینی عنصر فلزی می‌شود.

غلظت عناصر در پوسته زمین

در سال ۱۹۶۴ میلادی، دو زمین‌شناس به نام‌های کلارک (Clark) و رینگ وود (Ringwood) برای تعیین ترکیب شیمیایی پوسته زمین و بررسی پراکندگی عناصر در بخش‌های مختلف آن، تعداد بسیار زیادی از انواع سنگ‌های مناطق مختلف را نمونه‌برداری و ترکیب شیمیایی آنها را تعیین کردند. امروزه، فراوانی میانگین عناصر پوسته زمین با عنوان غلظت کلارک عناصر شناخته می‌شود (جدول ۲-۲).

جدول ۲-۲- غلظت کلارک عناصر فراوان در پوسته جامد زمین

درصد بر اساس جرم	عنصر
۴۵/۲۰	اکسیژن
۲۷/۲۰	سیلیسیم
۸/۰۰	آلومینیم
۵/۸۰	آهن
۵/۰۶	کلسیم
۲/۷۷	سدیم
۲/۳۲	پتاسیم
۱/۶۸	منیزیم
۰/۸۶	تیتانیم
۰/۱۲	فسفر
۰/۱۰	منگنز
۰/۰۱۳	روی