

## هدف کلی کتاب

آشنایی هنرجویان رشته‌ی معدن هنرستان‌های فنی با مبانی، فرایندهای درونی و بیرونی، مواد تشکیل دهنده‌ی زمین شامل: کانی‌ها، سنگ‌ها و دامنه‌ی کاربرد منابع معدنی در زندگی بشر که با عملیات میدانی و فعالیت‌های آزمایشگاهی مهارت‌های لازم نیز به فراگیران انتقال داده می‌شود.

# بخش اول

## علوم زمین



### کلیات علم زمین‌شناسی

- هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:
- ۱- دانش زمین‌شناسی و چگونگی پرداختن بشر به آن را، شرح دهد.
  - ۲- علم زمین‌شناسی را تعریف کند.
  - ۳- تقسیمات علم زمین‌شناسی را بیان نماید.
  - ۴- اهمیت و کاربرد زمین‌شناسی در زمینه‌ی اکتشاف و استخراج منابع معدنی و زیرزمینی را شرح دهد.
  - ۵- ارتباط علم زمین‌شناسی با سایر علوم واسطه را بیان کند.



## کلیات علم زمین‌شناسی

### مقدمه

برای رفع نیازهای زندگی مادی خود از آن بهره‌بردار؛ هم‌چنین برای پی‌بردن به ماهیت رویدادهای ویرانگر طبیعی نظیر زلزله، طوفان، سیل و مانند آن، بتواند با آن‌ها مقابله کند؛ از همین رو، با گذشت زمان دانش زمین‌شناسی کاربرد وسیع‌تری در عرصه‌های مختلف زندگی بشر پیدا می‌کند و بدون آن بسیاری از طرح‌ها و پروژه‌های صنعتی، عمرانی، کشاورزی و نظایر آن تحقق نمی‌یابد.

### تعریف علم زمین‌شناسی

«زمین‌شناسی» علمی است که درباره‌ی زمین و مسائل گوناگون آن از جمله طرز تشکیل، ساختمان فیزیکی و شیمیایی، ساخت‌های سطحی و شکل‌های مختلف آن، جایگاه زمین در فضای بی‌کران، تحولات و رویدادهای تاریخ زمین و فرایندهای درونی و بیرونی کره‌زمین بحث می‌کند.

### تقسیمات علم زمین‌شناسی

دانش زمین‌شناسی را از دیدگاه‌های گوناگون می‌توان به روش‌های مختلفی تقسیم‌بندی نمود، اما آن چه حائز اهمیت است این که تمام شعبات این علم به‌گونه‌ای وابسته به هم بوده از طرفی شاخه‌های دانش زمین‌شناسی بسیار گسترده و وسیع هستند؛ به‌همین دلیل در این جا به چند نمونه از آن اشاره می‌کنیم: زمین‌شناسی معدنی: علمی است که با آن، چگونگی، تشکیل اکتشاف و برآورد ذخایر معدنی مختلف، مطالعه می‌شود. زمین‌شناسی نفت: در این علم، درباره‌ی اکتشاف ذخایر نفتی بحث می‌شود.

زمین‌شناسی اقتصادی: این بخش از زمین‌شناسی مربوط به بررسی معادن و طرز تشکیل آن‌ها است.

زمین‌شناسی آب‌های زیرزمینی: این علم درباره‌ی ذخایر آب‌های زیرزمینی است.

زمین‌شناسی ساختمانی: این علم مربوط به ساختمان زمین و تغییراتی است که در سطح آن، در نتیجه‌ی عوامل داخلی، رخ می‌دهد؛ مانند گسل، چین‌خوردگی و نظایر آن.

زمین‌شناسی مهندسی: در این علم، مسائل زیربنایی

بشر بر روی زمین زندگی می‌کند و این سیاره‌ی خاکی زیستگاه اوست که بدون شک یکی از شگفتی‌های جهان خلقت نیز به شمار می‌رود. شکل خارجی و داخلی زمین، مواد مختلفی که جنس آن را تشکیل می‌دهند، تحولات و فرایندهای گوناگونی که در درون و بیرون آن همواره صورت می‌گیرد و علل و چگونگی وقوع آن‌ها، هم‌چنین تاریخ و منشأ زمین از دیرباز زمینه‌ی تحقیق و تفکر بسیاری از دانشمندان بوده که در نتیجه، با مطالعات و بررسی‌های آنان درباره‌ی مقولات ذکر شده، دانش گسترده‌ای به‌نام «زمین‌شناسی» شکل گرفته است. با پیشرفت بشر در طول تاریخ، علم زمین‌شناسی نیز توسعه پیدا کرده و از بسیاری از ابهامات و پیچیدگی‌هایی که همواره ذهن انسان را به خود مشغول داشته بود پرده برداشته است. با این همه و به رغم تمام پیشرفت‌های علمی و فن‌آوری، هنوز هم مسائل فراوانی درباره‌ی زمین بدون پاسخ باقی مانده است؛ از این رو، پژوهشگران و متخصصان می‌کوشند تا تصویر روشن‌تری از نحوه‌ی عملکرد و واقعیت‌های موجود کره زمین به دست آورند. کسب اطلاعات لازم برای مطالعه‌ی زمین نیز اغلب به سادگی امکان‌پذیر نیست و جهت گردآوری معلومات برای هر قسمت از آن ابزارهای خاصی مورد نیاز است. زمین‌شناسان مانند پژوهشگران دیگر از روش علمی برای مطالعه‌ی زمین بهره می‌گیرند که بر «مشاهده کردن»، «فرضیه ساختن»، «آزمایش کردن» و «نتیجه‌گیری» استوار است. کاربرد روش علمی درباره‌ی برخی از مسائل مرتبط با زمین مؤثر است، اما در زمینه‌ی بسیاری از پدیده‌های زمین‌شناسی — به سبب مشکلات اجرای آزمایش‌ها و عدم امکان عمومیت دادن به بعضی از نتایج و تفسیرها در مقیاس واقعی، آن هم در پهنه‌ی وسیع زمین — نمی‌توان عیناً آن را به کاربرد. امروزه با تکیه بر دانش موجود بشری، ضمن بهره‌گیری از کلیه‌ی روش‌های علمی و شناخته شده اعم از مستقیم یا غیرمستقیم، از ابزارها و وسایل تحقیقاتی، نیز از تجهیزات پیچیده و فن‌آوری‌های نوین نظیر کامپیوتر، ماهواره، صنعت هوا و فضا و نظایر آن برای مطالعه‌ی زمین استفاده می‌شود تا به کمک علم زمین‌شناسی انسان بتواند

کارهای مهندسی مربوط به زمین‌شناسی، نظیر مقاومت زمین‌های مختلف، پایداری دامنه‌ها، وضع آب‌های زیرزمینی، حفر تونل و تراشه... بحث می‌شود.

## اهمیت و کاربرد زمین‌شناسی در زمینه‌ی اکتشاف و استخراج منابع معدنی و زیرزمینی

انسان قسمت اصلی مواد مورد نیاز خود را از درون زمین استخراج می‌کند که از آن جمله است: فلزات، مصالح ساختمانی، نفت گاز و زغال‌سنگ. علم زمین‌شناسی، عامل مؤثری در پیدا کردن محل این منابع در نقاط مختلف زمین است. با مطالعه‌ی انواع مختلف سنگ‌ها و ساخت‌های زمین‌شناسی و مطالعات چینه‌شناسی، هم‌چنین با به کارگیری روش‌های پی‌جویی و اکتشاف می‌توان در زمینه‌ی وجود منابع زیرزمینی به اطلاعات لازم دسترسی پیدا کرد؛ سپس درباره‌ی امکان استخراج، و اقتصادی بودن فعالیت‌های معدن‌کاری ارزیابی نمود.

به‌طور خلاصه، کاربرد زمین‌شناسی در زمینه‌های اکتشاف و استخراج معادن، عبارت‌اند از:

الف - حفر تونل‌های زیرزمینی،

ب - تعیین جنس و استحکام سنگ‌های اطراف تونل‌های

زیرزمینی،

ج - تعیین موقعیت گسل‌ها، درزه‌ها و شکستگی‌ها،

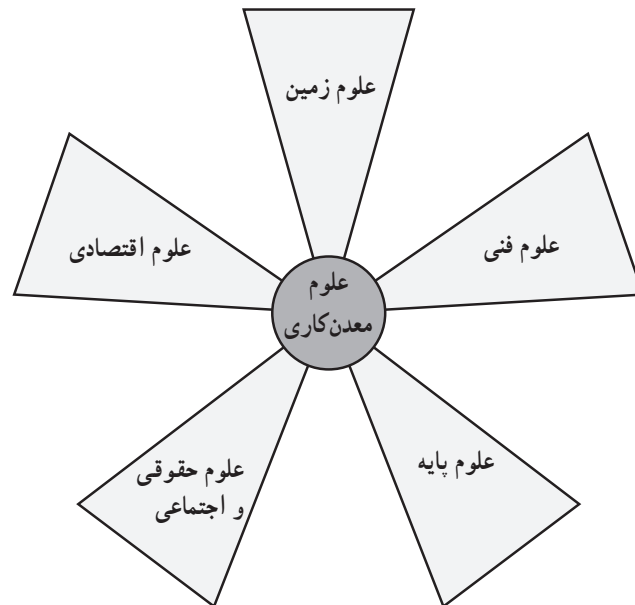
د - بررسی احتمال ریزش سقف، بررسی لغزش سنگ‌ها

و دیواره‌ی تونل‌ها و پله‌های معادن روباز،

ه - تعیین محدوده‌ی کانسارها و ذخایر معدنی،

و - جهت‌یابی لایه‌های مواد معدنی.

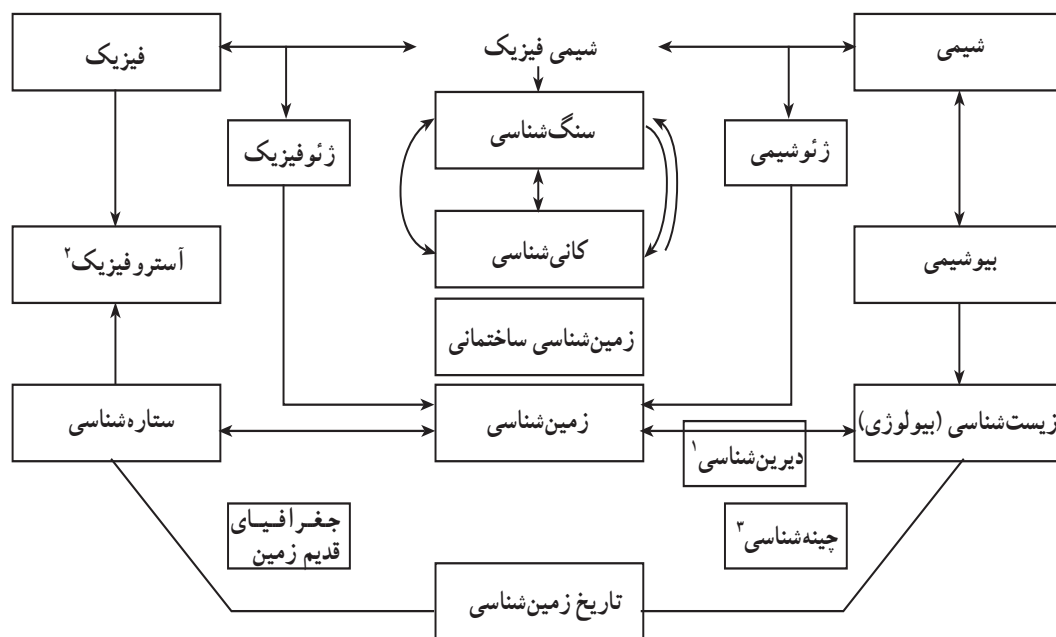
بدیهی است بدون در نظر گرفتن معیارهای علمی و دانش زمین‌شناسی، موفقیت در فعالیت‌های معدن‌کاری، چندان میسر نخواهد بود. زمین‌شناسان با در اختیار داشتن عکس‌های هوایی و فضایی که از طریق هواپیما یا ماهواره‌ها گرفته می‌شوند، بررسی‌های ژئوفیزیکی را از هوا یا در سطح و زیرزمین آغاز می‌کنند؛ هم‌چنین با نمونه‌برداری و مطالعات ژئوشیمیایی و سنگ‌شناسی و از همه مهم‌تر، با بررسی‌های محلی زمین‌شناسی صحرائی، منابع معدنی را شناسایی می‌کنند، پس نقشه‌های زمین‌شناسی را تهیه می‌کنند و بدین وسیله، در فعالیت‌های اکتشافی و تعیین ذخیره‌ی کانسار، نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند، بنابراین مطالعات زمین‌شناسی پایه و اساس کارهای مربوط به استخراج معادن به شمار می‌رود. در شکل ۱-۱ ارتباط بین علوم زمین و سایر علوم در فعالیت‌های معدن‌کاری مشاهده می‌شود.



شکل ۱-۱- دامنه‌ی علوم معدن‌کاری و جایگاه علوم زمین در آن

ارتباط علم زمین‌شناسی با سایر علوم و اسطه  
 اصولاً مطالعه‌ی جنبه‌های مختلف مربوط به زمین از طریق  
 برقراری ارتباط بین شاخه‌های گوناگون علوم امکان‌پذیر می‌گردد.  
 زمین‌شناسان در حقیقت با به خدمت گرفتن دانش‌های پایه‌ای

نظیر فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی، ستاره‌شناسی نه تنها موفق به  
 حل بسیاری از مسائل ناشناخته زمین شده‌اند بلکه رشته‌ها و  
 شعبات تخصصی خاصی را نیز در علوم زمین به وجود آورده‌اند.



شکل ۱-۲-۱- رابطه‌ی زمین‌شناسی با علوم دیگر\*

- ۱- دیرین‌شناسی یا علم مطالعه‌ی فسیل‌ها، رشته‌ای است که با زیست‌شناسی رابطه‌ی نزدیک دارد.
  - ۲- آستروفیزیک، علم مطالعه‌ی کیفیات و مشخصات فیزیکی ستارگان و اجرام آسمانی است.
  - ۳- چینه‌شناسی علمی است درباره‌ی ترکیب تشکیلات، ترتیب و تطبیق زمانی رسوبات پوسته‌ی زمین.
- \* این نمودار صرفاً به منظور درک و انتقال مفاهیم علمی و ارتباط آن‌ها با یک‌دیگر درج گردیده از این رو ترسیم آن جزء برنامه‌ی هنرجویان نیست.

## خودآزمایی

- ۱- زمین‌شناسان برای مطالعه‌ی زمین از چه روشی استفاده می‌کنند؟ این روش بر چه مبنایی استوار است؟
- ۲- چرا و چگونه روش علمی برای مطالعه‌ی زمین در عمل با مشکلاتی روبه‌رو می‌شود؟
- ۳- زمین‌شناسی را تعریف کنید.
- ۴- زمین‌شناسی معدنی چگونه علمی است و چه تفاوتی با زمین‌شناسی نفتی دارد؟
- ۵- زمین‌شناسی مهندسی چیست؟
- ۶- از چه طریق و براساس چه روش‌هایی می‌توان به وجود منابع زیرزمینی و معدنی پی‌برد؟
- ۷- در معدن‌کاری چه مسائلی با علم زمین‌شناسی ارتباط نزدیک و تنگاتنگ دارد؟
- ۸- با ترسیم شکل، جایگاه علوم زمین را در رابطه با معدن‌کاری و سایر علوم مرتبط نشان دهید.
- ۹- چهار دانش پایه‌ای که به خدمت علم زمین‌شناسی درآمده را نام ببرید.
- ۱۰- آستروفیزیک و بیوشیمی از کدام دانش‌ها تلفیق شده‌اند؟

## مشخصات زمین

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- مشخصات زمین را شرح دهد.
- ۲- منظومه‌ی شمسی را توضیح دهد.
- ۳- نظریه‌های زمین مرکزی و خورشید مرکزی را بیان کند.
- ۴- ابعاد و اندازه‌های زمین را ذکر نماید.
- ۵- حرکات زمین شامل حرکت وضعی، حرکت انتقالی و تأثیر آن را شرح دهد.
- ۶- کره‌ی ماه و حرکت‌های وضعی و انتقالی آن را توضیح دهد.
- ۷- پدیده‌های جزرومد ماه را بیان کند.



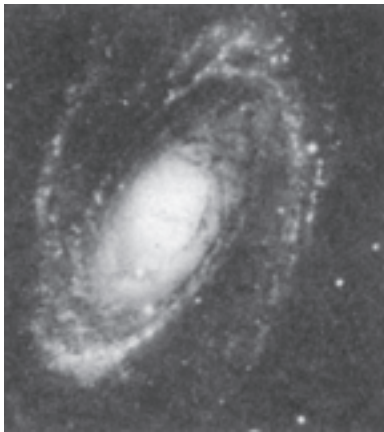


## مشخصات زمین

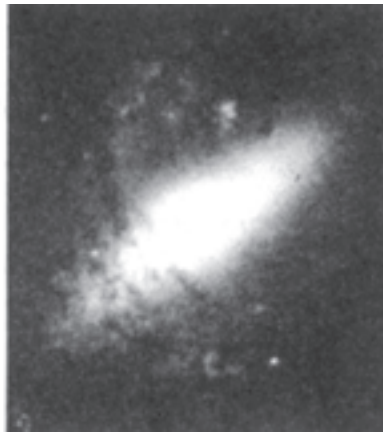
### وضعیت و جایگاه زمین در فضا

به چشم می‌خورد. کهکشان راه‌شیری در طولی بین  $80^\circ$  تا  $90^\circ$  هزار سال نوری امتداد یافته است و چهارصد میلیارد ستاره در آن وجود دارد. از نظر شکل ظاهری بیش از  $60\%$  درصد کهکشان‌ها بیضی‌گون،  $30\%$  درصد آن‌ها به شکل مارپیچ و بقیه نامنظم هستند. وجود وسایل و تجهیزات پیشرفته مانند تلسکوپ‌های قوی، رادیوتلسکوپ‌ها و سفینه‌های فضایی زمینه‌ی اکتشافات جدیدی را در علم ستاره‌شناسی و نجوم فراهم ساخته است.

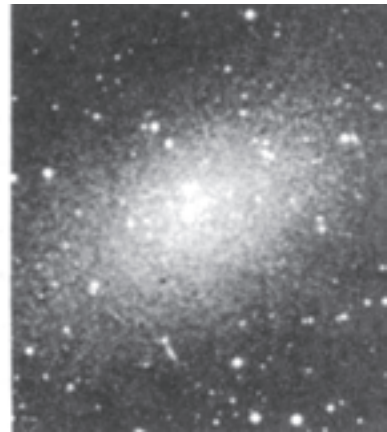
کیهان یا عالم<sup>۱</sup>، فضای بی‌پایانی است که میلیارد‌ها میلیارد کرات آسمانی در آن به شکل معلق و در حال حرکت معین قرار دارند. براساس برخی از محاسبات، کیهان فضایی دارای شعاع حداقل ۵ میلیارد سال نوری<sup>۲</sup> است که در آن اجزای کوچک‌تری به نام «کهکشان»<sup>۳</sup> وجود دارد. کره‌ی زمین در کهکشانی به نام «راه‌شیری»<sup>۴</sup> قرار دارد که در شب‌های صاف و بدون ابر که ماه در آسمان نباشد به صورت خطی عریض و روشن در پهنه‌ی آسمان



مارپیچ

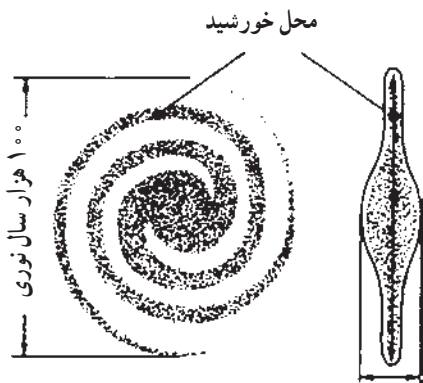


بیضی‌گون



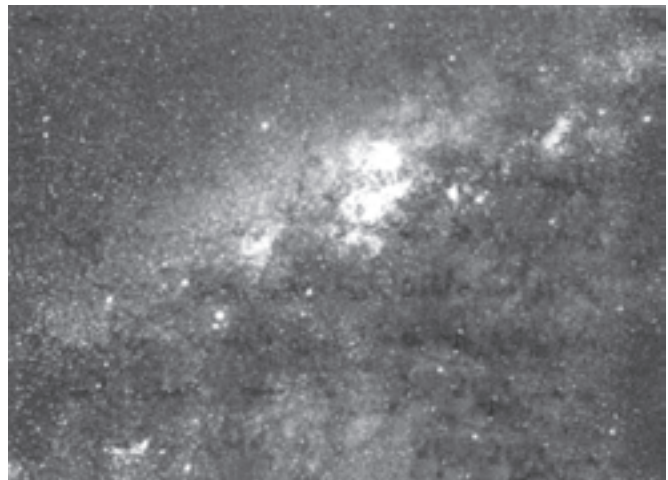
نامنظم

شکل ۱-۲- چند نوع کهکشان



۱۰ هزار سال نوری

شکل ۲-۲- کهکشان راه‌شیری



۱- Universe

۲- هر سال نوری برابر فاصله‌ای است که نور در طول یک سال می‌پیماید.

۳- Galaxy

۴- Milky way

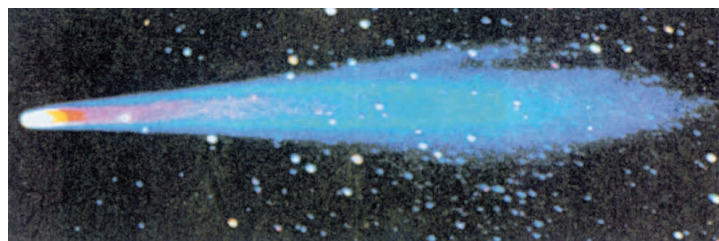


شکل ۳-۲- یک تلسکوپ رادیویی، صفحه‌ی گردان این گیرنده حدود ۴۶ متر قطر دارد و می‌تواند امواج رادیویی دریافت کند.

### منظومه‌ی شمسی<sup>۱</sup>

دور سیارات خود در مدارهای تقریباً دایره‌ای شکل می‌چرخند. در منظومه‌ی شمسی تعداد زیادی «شبه سیاره<sup>۲</sup>» (سیارک) دنباله‌دار<sup>۳</sup> و شهاب‌سنگ<sup>۴</sup> نیز وجود دارند. شبه سیاره‌ها دارای قطر کم‌تر از ۸۰۰ کیلومتر هستند. دنباله‌دارها به مجموعه‌ای از سنگ ریزه، غبار و گازهای منجمد معلق در فضا می‌گویند و شهاب‌سنگ‌ها نیز به قطعات سرگردان در فضا گفته می‌شود که در صورت برخورد با جو بالایی زمین، در نتیجه‌ی حرارت حاصل از اصطکاک با هوا می‌سوزند و به‌صورت نواری نورانی در آسمان ظاهر می‌شوند.

به مجموعه‌ی خورشید و سیاراتی که تحت تأثیر نیروی جاذبه‌ی آن در یک مدار دایره‌ای تا بیضی شکل در حال گردش هستند، منظومه‌ی شمسی می‌گویند. زمین نیز یکی از سیارات منظومه‌ی شمسی است. سیاره‌های این منظومه به ترتیب نزدیکی به خورشید عبارت‌اند از: عطارد، زهره، زمین، مریخ، مشتری، زحل، اورانوس، نپتون و پلوتن. این سیاره‌ها به غیر از عطارد، زهره و پلوتون در مجموع دارای ۴۵ قمر هستند. این قمرها به



شکل ۴-۲- شهاب‌سنگ در برخورد با زمین

۱- Solar System

۲- Astroid

۳- Comet

۴- Meteorite



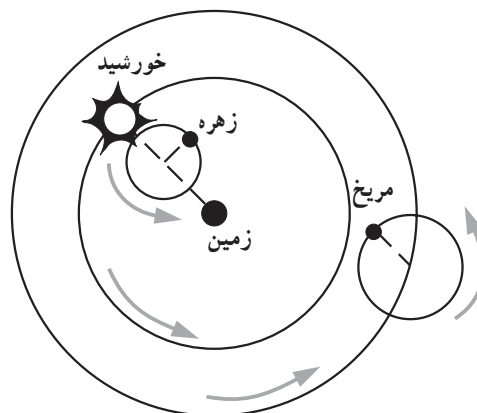
شکل ۵-۲- موقعیت زمین در منظومه‌ی شمسی

## مطالعه‌ی آزاد

### نظریه‌هایی تاریخی درباره‌ی وضعیت زمین در منظومه‌ی شمسی

**نظریه‌ی زمین مرکزی:** دانشمندان قدیم از جمله بطلمیوس اخترشناس و ریاضی‌دان اهل اسکندریه در قرن دوم میلادی، معتقد بودند کره‌ی زمین در مرکز منظومه‌ی شمسی واقع است و ماه، خورشید و سایر سیارگان به گرد آن می‌چرخند. این نظریه را بعدها «کوپرنیک» - ستاره‌شناس لهستانی - رد کرد.

**نظریه‌ی خورشید مرکزی:** طبق نظریه‌ی کوپرنیک، خورشید در مرکز منظومه‌ی شمسی قرار داشت و سیارات روی مدارهای دایره‌ای شکل به دور آن گردش می‌کردند.



شکل ۶-۲- نظریه‌ی زمین مرکزی

## ابعاد و اندازه‌های زمین<sup>۱</sup>

مبنای گاه‌شماری و تدوین تقویم قرار گرفته و از نظر زندگی انسان دارای اهمیت است:

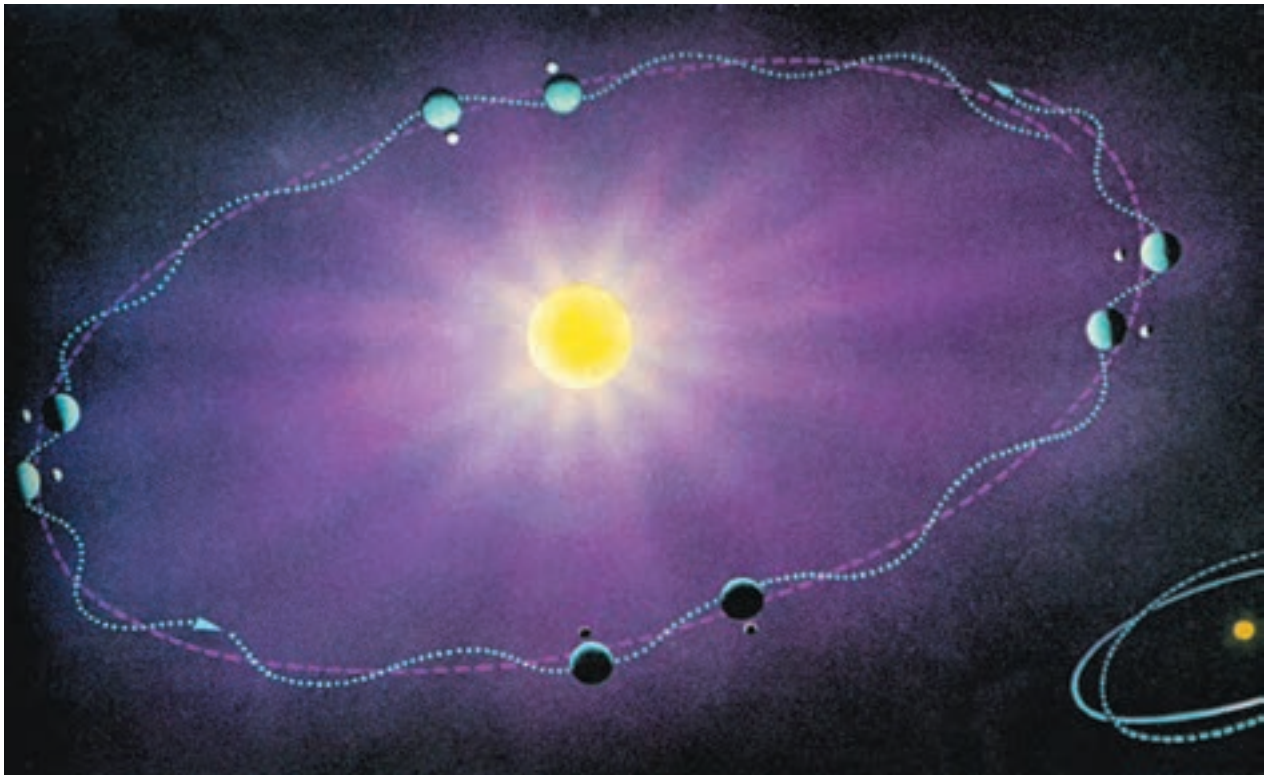
۱- **حرکت وضعی:** که به آن حرکت چرخشی نیز می‌گویند، حرکت زمین به دور محور قطب‌های خود است که بر اثر آن شب و روز پدید می‌آید. طول مدت یک دور چرخش کامل زمین حول محورش ۲۴ ساعت است. هر نقطه از زمین به توالی در مقابل خورشید واقع می‌شود و سپس در تاریکی قرار می‌گیرد.

۲- **حرکت انتقالی:** یا حرکت مداری زمین عبارت است از حرکتی که زمین هم‌زمان با حرکت وضعی خود در فضا به دور خورشید انجام می‌دهد. مسیر این حرکت «مدار زمین به دور خورشید» نامیده می‌شود مدار زمین بیضی شکل است و زمین با سرعتی حدود  $30^\circ$  کیلومتر در ثانیه آن را طی می‌کند. زمان یک دور کامل گردش زمین به دور خورشید ۳۶۵ روز و ۶ ساعت به طول می‌انجامد.

زمین که سومین سیاره‌ی منظومه‌ی شمسی است حدود ۴ تا ۵ میلیارد سال قدمت دارد و هم‌زمان با سایر کرات عالم از تراکم گازها و ذرات کیهانی به وجود آمده است. دانشمندان حجم کره‌ی زمین را  $1083$  میلیارد کیلومتر مکعب، وزن آن را  $510 \times 975$  تن و سطح زمین را  $510$  میلیون کیلومتر مربع برآورد کرده‌اند. شعاع زمین در منطقه‌ی استوا  $6378$  کیلومتر و در قطب‌ها  $6357$  کیلومتر است. وزن مخصوص نسبی زمین  $5/52$  است که از کلیه‌ی سیارات منظومه‌ی شمسی بیش‌تر نشان می‌دهد.

## حرکات زمین

زمین سیاره‌ای است که دایم در حال حرکت است. مهم‌ترین حرکات آن عبارت‌اند از «حرکت وضعی» و «حرکت انتقالی» که



شکل ۲-۷- حرکات زمین (وضعی و انتقالی)

۱- هنرجویان ملزم به حفظ کردن اعداد و ارقام ارائه شده نیستند.

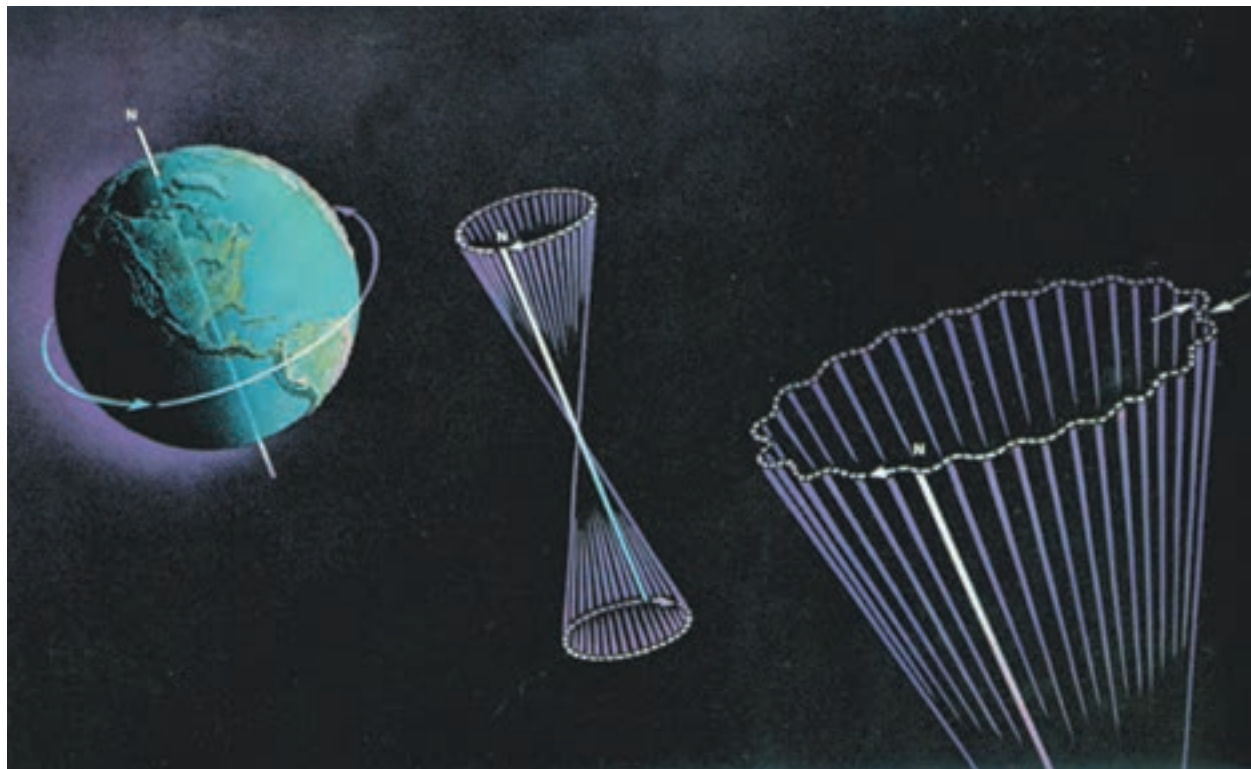
می‌سازد. این انحراف محور زمین باعث می‌گردد که طول روز و شب در اوقات مختلف سال در یک نقطه یا در یک زمان در مدارهای مختلف نامساوی باشد.

به همین سبب، در آخرین روز خرداد ماه در نیم‌کره‌ی شمالی و از جمله در ایران شاهد طولانی‌ترین روز سال هستیم که در مقابل در نیم‌کره‌ی جنوبی کوتاه‌ترین روز سال است. دلیل این موضوع آن است که قطب شمال به دلیل انحراف  $23/5$  درجه‌ی محور قطبی زمین با سطح مدار گردش خورشیدی آن، این قطب، بیش از هر زمان دیگر به سوی خورشید متمایل باشد و در مقابل، در روز آخر آذرماه که خلاف این وضعیت رخ می‌دهد در نیم‌کره‌ی شمالی طولانی‌ترین شب سال (شب یلدا) پدید می‌آید و در نیم‌کره‌ی جنوبی نیز طولانی‌ترین روز سال پدیدار خواهد شد. به زمان‌هایی که خورشید در مسیر ظاهری سالیانه‌ی خود دارای بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع است «انقلابین» می‌گویند که شامل انقلاب تابستانی (اول تیرماه) و انقلاب زمستانی (اول دی‌ماه) است.

**حرکات زمین:** هر دو حرکت وضعی و انتقالی که مهم‌ترین حرکات زمین هستند از جهات مختلف بر زندگی انسان و پدیده‌های موجود در سطح کره‌ی زمین تأثیر می‌گذارند. اگر زمین به دور محور قطبی خود نمی‌چرخید یک طرف آن همیشه در مقابل تابش نور خورشید قرار داشت و از گرما و روشنایی آن استفاده می‌کرد و طرف دیگر همواره در تاریکی و سرما به سر می‌برد در نتیجه اختلاف دمای زیادی که بین این دو نیم‌کره‌ی روشن و تاریک به وجود می‌آمد طوفان‌های شدیدی احتمالاً وزیدن می‌گرفت و زندگی در قسمت‌هایی از زمین ناممکن می‌شد.

از سوی دیگر، چنان‌چه زمین به دور خورشید نمی‌چرخید اختلاف فصلی هم به وجود نمی‌آمد و طول روز و شب در همه جای زمین در تمام مدت سال ثابت بود.

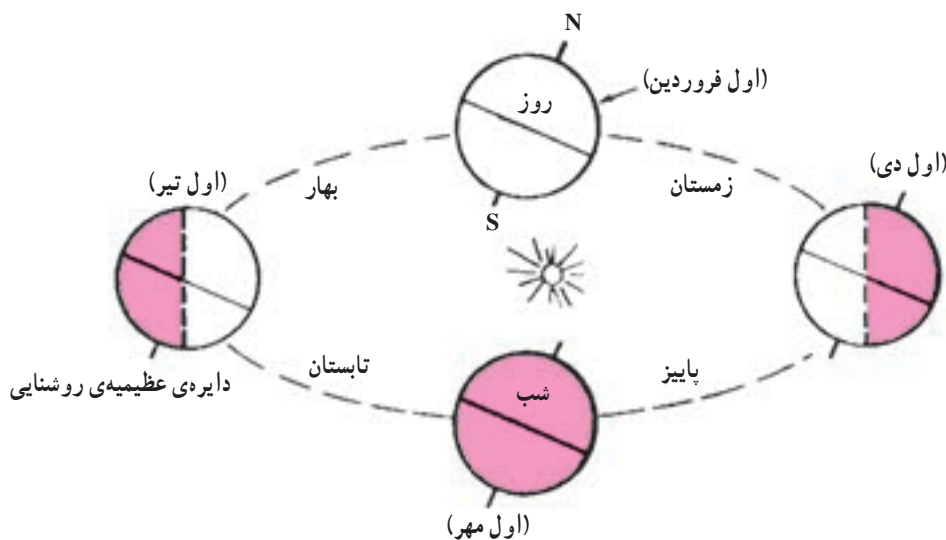
آیا تاکنون توجه کرده‌اید که در ایام مختلف سال طول روز و شب مساوی نیست؟ علت این اختلاف زمان، آن است که محور زمین که از قطب‌ها می‌گذرد بر سطح مدار گردش آن به دور خورشید عمود نیست، بلکه با آن زاویه‌ای معادل  $23/5$  درجه



شکل ۸-۲- چرخش محور زمین

در نتیجه، دو پدیده‌ی اعتدال بهاری و اعتدال پاییزی را مشاهده خواهیم کرد. در اعتدال بهاری، قطب شمال به مدت ۶ ماه دارای آسمان روشن و روز خواهد بود و به عکس، در قطب جنوب به مدت ۶ ماه شب خواهد بود.

در روزهای اول فروردین ماه و اول مهرماه هر سال نیز طول روز و شب در تمام نقاط کره‌ی زمین یکسان و برابر با ۱۲ ساعت است. این دو روز استثنایی از سال را که مدت زمان شبانه‌روز در همه جای زمین مساوی است «اعتدالین» می‌نامند.



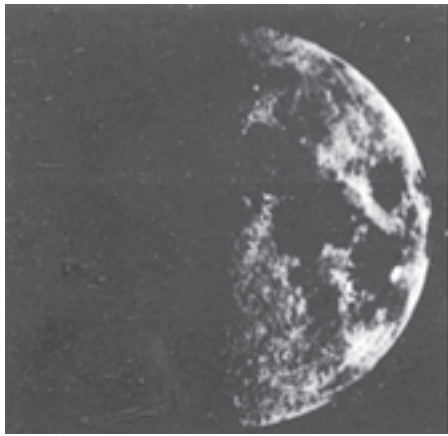
شکل ۹-۲- موقعیت زمین نسبت به خورشید در طول سال

## کره‌ی ماه

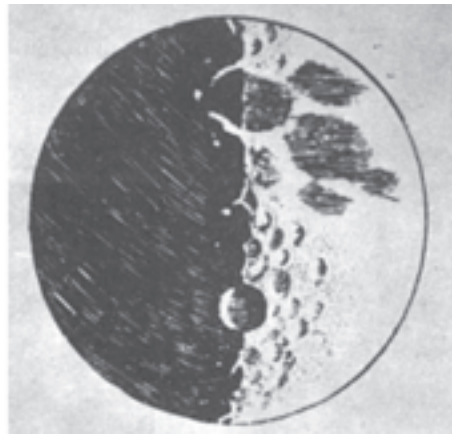
عکس‌ها و فیلم‌های تلویزیونی، اطلاعات جالبی را در اختیار انسان قرار دادند. در سال ۱۹۶۹ دانشمندان با پرتاب موشک غول‌پیکر «ساتورن ۵» سفینه‌ی «آپولو ۱۱» را با سه نفر سرنشین به سوی ماه هدایت کردند. دو ساعت پس از آغاز پرتاب، سفینه‌ی آپولو ۱۱ از ساتورن جدا شد و سرنشینان آپولو بعد از چهار روز مسافرت فضایی بر روی سطح کره‌ی ماه فرود آمدند.

هم‌چنان که در تصاویر مشاهده می‌شود سطح کره‌ی ماه از حفره‌های کوچک و بزرگ بی‌شماری تشکیل شده است. برخی از دانشمندان اعتقاد دارند که این حفره‌ها در نتیجه‌ی آتش‌فشان در سطح ماه به وجود آمده است، اما اکثر آنان معتقدند که سقوط سنگ‌های آسمانی فراوان بر روی پوسته‌ی نازک و نرمی از گردهای خاکستری رنگ سطح ماه، در طول میلیاردها سال، موجب پیدایش حفره‌ها شده است.

کره‌ی ماه از تمام اجرام آسمانی به زمین نزدیک‌تر بوده به خودی خود، کره‌ای سرد و تاریک است که با پرتو خورشید گرم و درخشان می‌شود. ماه از جهت غرب به شرق در روی مداری بیضی شکل به دور کره‌ی زمین می‌چرخد و همواره یک طرف آن به طرف زمین واقع شده و طرف دیگر از نظرها پنهان است. قطر کره‌ی ماه ۳۴۷۶ کیلومتر و جرم آن حدود  $\frac{1}{81}$  وزن کره‌ی زمین است. کره‌ی ماه از دیرباز مورد توجه دانشمندان بوده است. از سال ۱۹۰۶ که «گالیه» نخستین تلسکوپ را به کار برد تا سال ۱۹۵۹ که روسیه‌ی شوروی برای نخستین بار ماهواره‌ی «لونای ۳» را در مدار قرار داد و بیش‌تر دانستنی‌های بشر از طریق تلسکوپ و فرضیه‌های علمی به دست می‌آمد، ماهواره‌ی «لونای ۳» و سپس ماهواره‌های آمریکایی «اوربیتور» و «آپولو» با ارسال



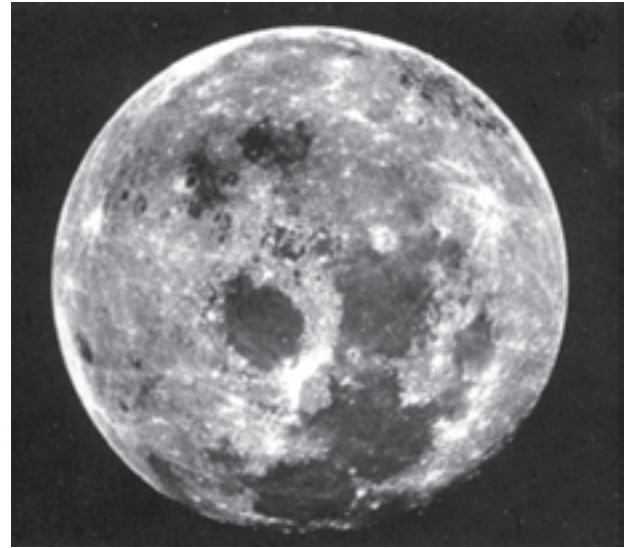
تصویری از کره‌ی ماه که به وسیله‌ی دوربین عکاسی از همان بخشی که گالیله ترسیم کرده برداشته شده است.



تصویری که گالیله با مشاهده‌ی کره‌ی ماه در تلسکوپ ترسیم نموده است.



تصویری ارسالی از آپولو ۱۱، پستی و بلندی‌های نیمه‌ی پنهان ماه که هرگز از زمین دیده نمی‌شود. گودال بزرگ وسط تصویر حدود ۸۰ کیلومتر قطر دارد.



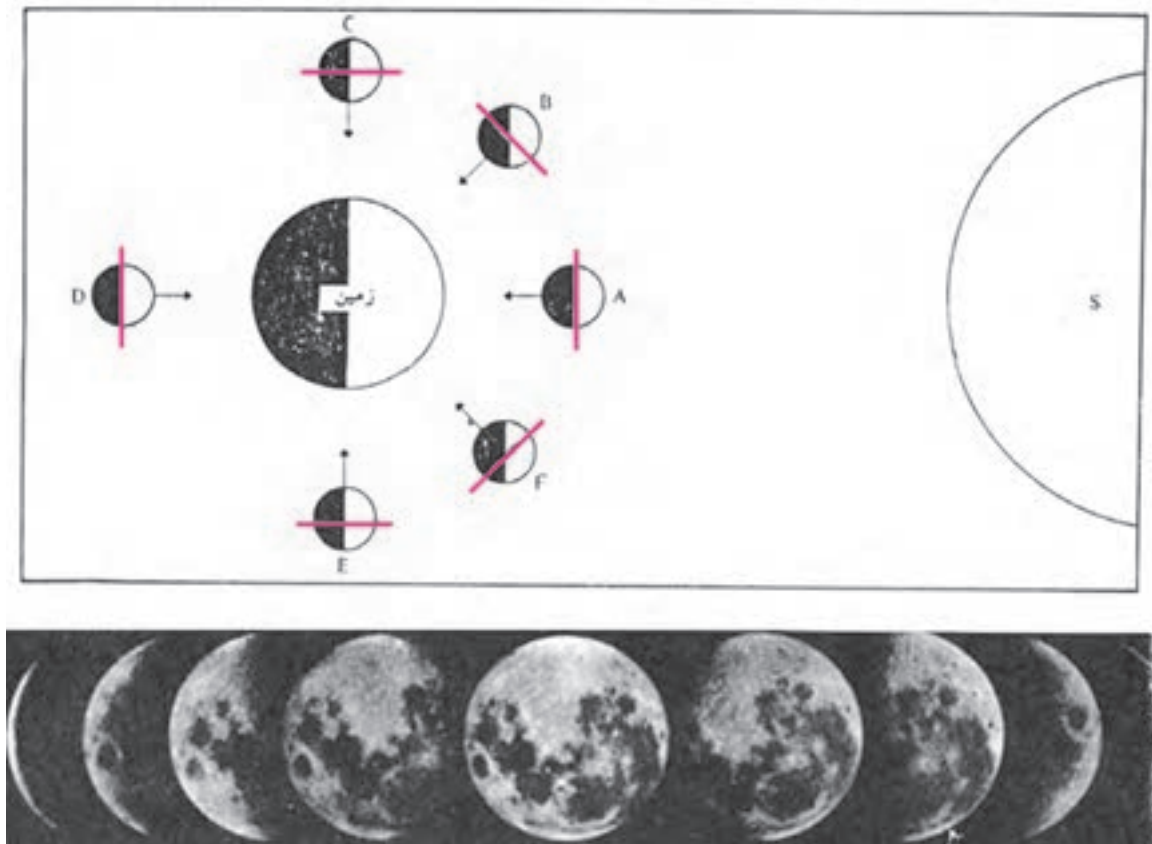
تصویری از کره‌ی ماه در حالت بدر کامل یا در شب چهاردهم که به حد اکثر درخشش خود رسیده است.



فضانورد آپولو ۱۱ که در کره‌ی ماه فرود آمده و تخته‌سنگی از سطح آن را آزمایش می‌کند.

زمین همیشه تنها یک نیمه از کره‌ی ماه مشاهده می‌شود و نیمه‌ی دیگر را هرگز نمی‌توان دید. با توجه به این که کره‌ی ماه به دور زمین در گردش است، زاویه‌ی دید نیمه روشن آن مدام در حال تغییر است؛ از این رو، اشکال گوناگونی را از هلال باریک تا قرص کامل می‌توان رؤیت کرد.

**حرکات وضعی و انتقالی ماه:** همان‌گونه که گفته شد ماه در مداری بیضی شکل به دور کره‌ی زمین می‌چرخد و مانند زمین دارای دو حرکت وضعی و انتقالی است، با این تفاوت که مدت زمان حرکت وضعی و انتقالی آن هر دو مساوی و معادل  $27\frac{1}{3}$  روز است؛ یعنی، در طی این مدت، ماه یک دور به دور خود و یک دور به دور زمین می‌چرخد. به همین سبب، از طرف کره‌ی



شکل ۱۱-۲- اهلای قمر

زمین انکار ناپذیر است، زیرا کره‌ی ماه در مقایسه با دیگر ستارگان به اندازه‌ای به زمین نزدیک است<sup>۱</sup> که اثر نیروی جاذبه‌ی آن را به خوبی در زمین احساس می‌کنیم. تأثیر نیروی جاذبه‌ی ماه عامل مهمی است که آب‌های قسمتی از کره‌ی زمین که به طرف این کره

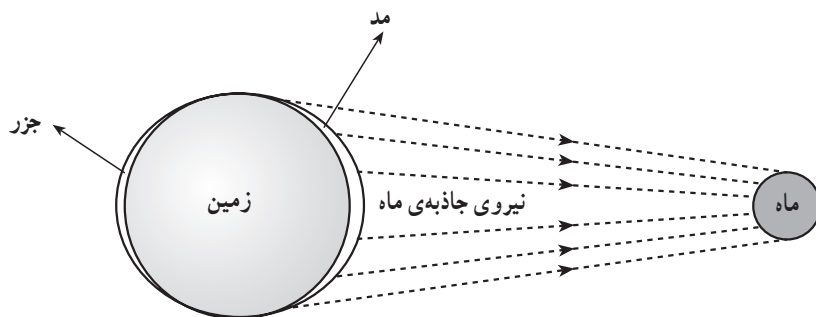
پدیده‌ی جزرومد ماه: بشر از روزگاران قدیم بر این عقیده بوده است که صورت‌های مختلف شکل ماه در زندگی او تأثیر فراوانی دارد. اگر چه بسیاری از عقایدی که در این زمینه وجود دارد ظاهراً خرافاتی به نظر می‌رسد اما تأثیر جاذبه‌ی ماه بر

۱- فاصله‌ی زمین و کره‌ی ماه، ۳۸۴۰۰۰ کیلومتر است.



آب نشان می‌دهد و حتی در تغییر ارتفاع خشکی‌های زمین نیز اثر می‌گذارد؛ برای مثال، در خلیجی در شرق کانادا آب گاهی تا ۲۰ متر بالا و پایین می‌رود. بر اساس آزمایش‌هایی که صورت گرفته سطح آب‌های قاره‌ی آمریکای شمالی هنگامی که ماه بر فراز آن قرار می‌گیرد حدود ۱۰ سانتی‌متر بالا می‌آید.

است به سمت بالا بیاید که در این حالت، پدیده‌ی «مد» اتفاق می‌افتد. در عوض، در طرف مخالف زمین نسبت به ماه نیروی جاذبه‌ی کم‌تری وارد می‌شود و حالت «جزر» در آن رخ می‌دهد. این دو پدیده هر ۶ ساعت و ۱۳ دقیقه تکرار می‌شود. تأثیر جاذبه‌ی کره‌ی ماه آن‌چنان است که سطح اقیانوس‌ها را به سان کوهی از



شکل ۱۲-۲- نقش ماه در پدیده‌ی جزر و مد آب دریاها

## خودآزمایی

- ۱- کهکشان چیست؟ انواع آن را نام ببرید.
- ۲- منظومه‌ی شمسی شامل چه مجموعه‌ای است؟
- ۳- تفاوت دنباله‌دارها و شهاب سنگ‌ها چیست؟
- ۴- به نظر شما برای مطالعات فضایی، سطح کره‌ی زمین مناسب‌تر است یا کره‌ی ماه؟ چرا؟
- ۵- بر اثر حرکت وضعی و انتقالی زمین، کدام واحدهای زمانی تعیین شده‌اند؟ رابطه‌ی بین آن‌ها چیست؟
- ۶- در صورتی که حرکات وضعی و انتقالی زمین وجود نداشت چه وضعیتی بر زمین حاکم می‌شد؟
- ۷- انقلابین و زمان‌های مربوط به آن را شرح دهید.
- ۸- اعتدالین و مدت مربوط به آن را بیان کنید.
- ۹- چرا همواره یک طرف ماه از زمین دیده نمی‌شود؟
- ۱۰- دانشمندان در مورد حفره‌های کوچک و بزرگ سطح ماه چه نظریه‌هایی دارند؟
- ۱۱- حرکت وضعی و انتقالی کره‌ی ماه و زمین چه تفاوتی با یک دیگر دارند؟
- ۱۲- پدیده‌ی جزر و مد چه تأثیری در آب‌ها و خشکی‌های زمین برجا می‌گذارد؟

### هوا کره (آتمسفر)

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- هوا کره و اهمیت آن را توضیح دهد.
- ۲- ترکیب هوا کره را تشریح کند.
- ۳- ساختار لایه‌ای هوا کره را توضیح دهد.
- ۴- یونسفر و مگنتوسفر را شرح دهد.
- ۵- لایه‌ی اوزن را از لحاظ اهمیت حیاتی آن شرح دهد.
- ۶- فشار و دمای هوا را شرح دهد.
- ۷- اثر گلخانه‌ای را تشریح کند.
- ۸- جریان هوا، شامل باد و گرد باد و طوفان را بیان کند.
- ۹- رعد و برق و صاعقه را شرح دهد.
- ۱۰- نسیم دریا و نسیم خشکی را شرح دهد.
- ۱۱- رطوبت هوا و انواع رطوبت را بیان کند.
- ۱۲- ابرها و انواع آن‌ها را توضیح دهد.
- ۱۳- آب و هوا و انواع آن را شرح دهد.



## هوا کره<sup>۱</sup> (آتمسفر)

### مقدمه

به نظر برسد و رنگ آبی آسمانی، مشاهده نگردد. قسمت آبی رنگ نور خورشید بیش تر از رنگ های دیگر در آتمسفر ظاهر می شود.

### ترکیب هوا کره

جو زمین از ذرات نامرئی گازهایی مانند نیتروژن، اکسیژن، بخار آب، دود، غبار و نظایر آن پدید آمده که زمین را تا ارتفاع بسیاری احاطه کرده است؛ هم چنین مقادیر اندکی گازهای خنثی، مانند آرگون، نئون، دی اکسید کربن و سایر گازهای دیگر در آن وجود دارد. هر یک از این ذرات و گازها نقش و اهمیت ویژه ای دارند. نیتروژن گازی است که تقریباً  $78/1$  درصد حجم هوا را تشکیل می دهد و هیچ گونه نقش فعالی در تنفس جانداران و عمل سوختن اجسام ندارد. اکسیژن نیز در حالت عادی  $20/9$  درصد حجم هوا را شامل می شود و گازی است که به علت گرایش ترکیبی زیاد، با تعداد بسیاری از عناصر موجود در طبیعت، به ویژه به وسیله ی حرارت، ترکیب می شود. اکسیژن موجب زنگ زدگی فلزات شده نیز به راحتی با کانی ها ترکیب می گردد و موجب تخریب و تجزیه ی سنگ ها می شود. به همین دلیل، در فرایندهای زمین شناسی نقش بسیار مهمی ایفا می کند.

بخار آب در هوا به صورت ذرات بسیار ریزی پراکنده است. انرژی اشعه ی خورشید روزانه میلیون ها متر مکعب از آب دریاها و اقیانوس ها را تبخیر می کند و به آتمسفر پیرامون خود وارد می سازد. حدود نصف انرژی تابیده شده ی خورشید به سطح آب منحصرأ صرف بخار کردن آن می شود؛ از این رو، می توان به حجم عظیم بخار آبی که تولید می شود پی برد. هر یک از ذرات بخار آب حجمی حدود یکصد هزارم میلی متر مکعب دارند و به علت سبکی در هوا معلق می مانند. بخار آب نیز به سهم خود تأثیر بسیاری در پدیده های زمین شناسی و مطبوع بودن هوا باقی می گذارد. تشکیل مه، ابر و باران به وجود میزان بخار آب در هوا بستگی دارد.

هوا گازی است بی رنگ، بی بو و بی طعم که به مقدار اندکی در آب حل می شود. وجود هوا برای انسان و کلبه ی جانداران ضروری است و زندگی بدون آن امکان پذیر نیست. پوشش ضخیمی از هوا اطراف کره ی زمین را در بر گرفته سبب می شود تا وضعیت لازم برای زیستن موجودات زنده در سیاره ی خاکی ما فراهم باشد. این پوشش هوای پیرامون زمین را «آتمسفر» یا «جو» می نامند. از طرفی، چون آتمسفر یا جو بر اثر کشش گرانشی در اطراف زمین جذب می شود و تابع شکل کروی زمین است به آن «هوا کره» نیز می گویند.

تا چندی پیش که آگاهی انسان از زمین و فضا محدود بود تصور می شد که هوا کره تنها از گازهایی تشکیل شده که برای تنفس انسان، رویش گیاهان و سایر اشکال زندگی سودمند است؛ در حالی که از طریق پژوهش های فضایی ثابت شده که جو مانند سپری نامرئی کره ی زمین را در پناه خود قرار داده است و تشعشعات مرگبار کیهانی را که از خورشید یا فضای خارجی به سوی زمین می آیند و گاه دارای بار الکتریسیته نیز هستند، خنثی می کند.

هوا کره هم چنین اغلب سنگ های آسمانی و شهاب سنگ ها را به حالت گداخته و سپس به صورت خاکستر در می آورد؛ طبق برخی برآوردها در هر شبانه روز حدود یک صد میلیارد عدد شهاب سنگ بر زمین فرو می ریزد. این سپر محافظ، افزون بر آن، مانند عایقی مانع از رسیدن سرمای فضای خارج به سطح زمین می شود و در عین حال، گرمای خورشید را در خود ذخیره می سازد و در مجموع، وضعیت مطلوبی برای زندگی در روی کره ی زمین به وجود می آورد. اگر پوشش هوا سیاره ی خاکی ما را در بر نمی گرفت امکان باریدن باران و برف و رویش گیاهان وجود نداشت، جریان بادی وزیدن نمی گرفت و ابرها چهره ی آسمان را تغییر نمی دادند. فقدان آتمسفر در اطراف کره ی زمین باعث می شد که آسمان تیره و مرده

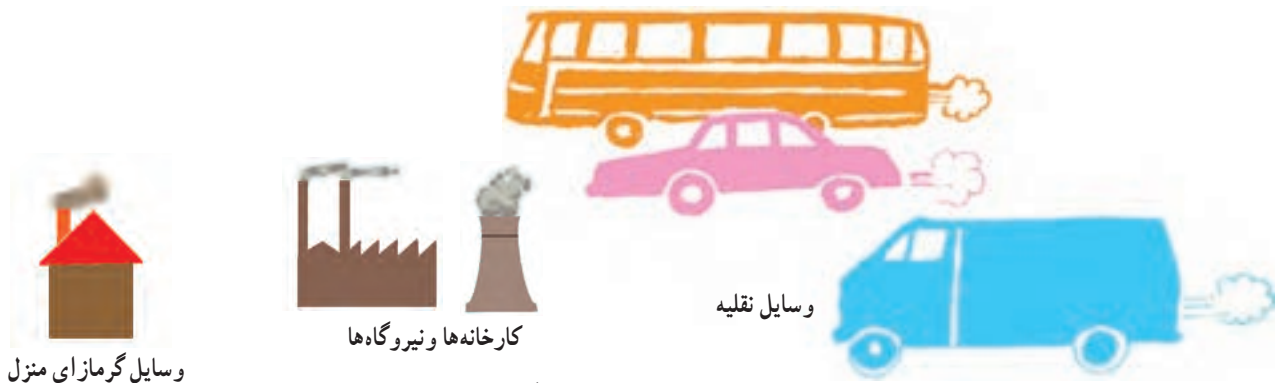
واکنش‌ها هم‌چنان تکرار می‌شود. در مطالعه‌ی ساختار لایه‌ای هوا، به‌طور جداگانه، از لایه‌ی اوزن بحث خواهد شد. گازهای دیگری که تحت عنوان گازهای خنثی یا کمیاب در آتمسفر زمین به مقدار بسیار کم وجود دارند عبارت‌اند از آرگون، نئون، هلیوم، کریپتون، گزنون و رادون که هیچ‌گونه نقش فعالی در محیط ندارند.

قسمتی از گرد و غبارهای موجود در هوا نیز از سطح زمین وارد هوا کره می‌شوند که فعالیت‌های آتش‌فشانی، وزش بادهای در نواحی خشک و بیابانی عامل آن هستند یا آن که از طریق برخورد شهاب‌سنگ‌ها با هوا کره ایجاد می‌شوند. مقدار گرد و غبار در هوای سطح زمین در نقاط گوناگون متفاوت است. بر اساس تحقیقات، حتی هوای کاملاً پاکیزه‌ی نقاط مرتفع کوهستانی نیز دارای گرد و غبار بوده مقدار آن از ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ذره گرد و غبار در هر سانتی‌متر مکعب متغیر است پژوهش‌های علمی دیگر حاکی از آن است که مقداری از ذرات رادیواکتیو ناشی از انفجارات هسته‌ای نیز در حال حاضر در هوای کره موجود هستند.

از گازهای دیگر موجود در هوا دی‌اکسیدکربن است که حدود ۳٪ درصد آن را تشکیل می‌دهد. این گاز از نظر فرایند فتوسنتز و رشد پوشش گیاهی سطح زمین و تعادل دمای هوا عمل مهمی را انجام می‌دهد. دی‌اکسیدکربن در نتیجه‌ی ترکیب با آب باران، تولید اسیدکربنیک کرده سبب حل شدن سنگ‌های آهکی پوسته‌ی زمین می‌شود؛ در نتیجه، در فرایند هوازدگی و فرسایش تأثیرگذار است. گاز اوزن نیز جزو گازهایی است که در هوای تازه‌ی آتمسفر وجود دارد. مقدار اوزن در هر متر مکعب هوای آزاد  $2 \times 10^{-5}$  گرم است. پس از تخلیه‌ی الکتریکی ابرها به‌وسیله‌ی رعد و برق، همواره مقداری گاز اوزن به‌وجود می‌آید که بوی مخصوص آن در ارتفاعات بلند و کوهستان‌ها، نیز در مناطق جنگلی به مشام می‌رسد. پیدایش این گاز بر اثر تبدیل اکسیژن به اوزن، تحت تأثیر تابش اشعه‌ی ماورای بنفش و تبخیر آب نیز صورت می‌گیرد. فرایند تشکیل شدن گاز اوزن به این ترتیب است که یک فوتون پر انرژی از تابش‌های ماورای بنفش به یک مولکول اکسیژن ( $O_2$ ) برخورد می‌کند و اتم‌های آن را آزاد می‌سازد. این اتم‌ها با مولکول‌های اکسیژن مجاور ترکیب شده یک مولکول اوزن ( $O_3$ ) را به وجود می‌آورند. از خواص اوزن این است که بیش‌تر اشعه‌ی ماورای بنفشی را که از خورشید ساطع می‌شود و به زمین می‌تابد به خود جذب می‌کند و مانع از رسیدن آن‌ها به زمین می‌شود. در چنین فرایندی اوزن تحت تأثیر فوتون‌های ماورای بنفش یا نور مرئی تجزیه می‌شود. این سلسله



کوه آتش‌فشان



وسایل گرم‌سازی منزل

کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها

وسایل نقلیه

شکل ۱-۳- بعضی از منابع آلودگی آتمسفر زمین

## ساختار لایه‌ای هواکره

بنفش خورشیدی دارد، در این جا به دو لایه‌ی «یونوسفر» و لایه‌ی «اوزن» اشاره می‌شود.

لایه‌ی یونوسفر<sup>۵</sup>: لایه‌ی یونوسفر بخشی از هواکره را شامل می‌شود که ارتفاع ۶۵ تا ۱۰۰۰ کیلومتر زمین را احاطه کرده است. در این لایه - بر اثر وجود الکترون‌های آزاد یون‌های گازها که در پی تشعشع خورشیدی ایجاد می‌گردد - خاصیت هدایت الکتریکی زیاد می‌شود و یونیزاسیون این قسمت موجب می‌گردد که امواج رادیویی شکسته شود و به زمین انعکاس یابد.

لایه‌ی اوزن: همان گونه که قبلاً اشاره شد در لایه‌ی

استراتوسفر و در قسمت فوقانی آن لایه‌ای از گاز اوزن (O<sub>۳</sub>) قرار دارد که زمین را در برابر تابش اشعه‌ی ماورای بنفش محافظت می‌کند و انسان، گیاهان و جانوران را از زیان‌های ناشی از آن محفوظ نگاه می‌دارد. در سال ۱۹۸۵ آتمسفر شناسان انگلیسی گزارش شگفت‌انگیزی انتشار دادند مبنی بر آن که مقدار بهاره‌ی اوزن آسمان خلیج «هالی» از سال ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۴ بیش از ۴۰ درصد کاهش یافته است. با گزارش‌های بعدی پژوهشگران، ضمن تصدیق کاهش لایه‌ی اوزن در آن منطقه، مشخص گردید که منطقه‌ی کاهش اوزن در بالای خشکی قطب جنوب وسیع‌تر است و تقریباً تا ارتفاع ۲۴ کیلومتری زمین ادامه می‌یابد؛ هم‌چنین بیش‌تر استراتوسفر تحتانی را در بر می‌گیرد. این پدیده در واقع یک حفره در لایه‌ی اوزن محسوب می‌شود. این موضوع دانشمندان و عموم مردم را نگران ساخت، زیرا حکایت از آن داشت که لایه‌ی اوزن آتمسفر بیش از آن‌چه پیش‌بینی می‌شد در خطر است. مطالعات مربوط به حفره‌های لایه‌ی اوزن بر دو تئوری استوار بود که بر پایه‌ی یکی از آن‌ها حفره‌های لایه‌ی اوزن معلول تغییر طبیعی جریان است که در بهار نیم‌کره‌ی جنوبی هوای پر اوزن را به استراتوسفر قطبی انتقال می‌دهد، و دیگری بیانگر تأثیر آلودگی‌های زیست‌محیطی روی لایه‌ی اوزن است که بعدها پژوهشگران دانشگاه کالیفرنیا در این زمینه نسبت به مصرف ماده‌ی کلروفلوئورکربن (CFC) که به‌صورت خنک‌کننده‌ی یخچال و دستگاه‌های تهویه‌ی مطبوع، اسپری‌ها، و مواد پاک‌کننده‌ی قطعات و وسایل الکترونیکی به کار می‌رود اعلام خطر نمودند. این

امروزه هواشناسان و متخصصان امور هوا - فضا با استفاده از فن‌آوری‌های جدید و با مطالعات مستقیم و غیرمستقیم توانسته‌اند وضعیت هواکره را تا صدها کیلومتری بالای زمین مشخص کنند. این دانشمندان، جو زمین را شامل لایه‌های مختلفی می‌دانند که حد فوقانی هر یک از آن‌ها کاملاً مشخص نیست، زیرا ضخامت لایه‌ها در هر لحظه به علت وجود وضعیت آب و هوایی متفاوت و موقعیت جغرافیایی خاص منطقه فرق می‌کند. در این جا به اختصار این لایه‌ها را معرفی می‌کنیم.

۱- تروپوسفر<sup>۱</sup>: اولین لایه‌ی جو را «تروپوسفر» نامیده‌اند. حد متوسط تروپوسفر در حدود ۱۲ کیلومتر است، اما در منطقه‌ی استوا این ارتفاع بیش‌تر و در دو قطب زمین کم‌تر است؛ بنابراین، چون ابرها در تروپوسفر تشکیل می‌شوند، در اوقات گرم سال ارتفاع تروپوسفر بیش‌تر می‌شود و تغییرات وضع هوا به این لایه ارتباط پیدا می‌کند. از مهم‌ترین ویژگی‌های تروپوسفر کاهش منظم هوا با آهنگ تقریبی ۶ تا ۸ درجه‌ی سانتی‌گراد در هر کیلومتر ارتفاع است.

۲- استراتوسفر<sup>۲</sup>: لایه‌ی استراتوسفر در بالای تروپوسفر قرار گرفته است. استراتوسفر لایه‌ای شفاف و رقیق است و تقریباً بخار آب ندارد، زیرا ابرها به آن نمی‌رسند استراتوسفر در قسمت‌های پایین، سرد و در قسمت‌های بالا گرم است. لایه‌ی اوزن در سطح فوقانی استراتوسفر قرار دارد و به سبب جذب اشعه‌ی ماورای بنفش خورشید از اهمیت خاصی برخوردار است.

۳- مزوسفر<sup>۳</sup>: این لایه در قسمت فوقانی استراتوسفر قرار دارد که دمای هوا در آن کاهش می‌یابد، زیرا هیچ‌گونه فرایند حرارت‌زایی در آن صورت نمی‌گیرد.

۴- ترموسفر<sup>۴</sup>: در این لایه به علت جذب اشعه‌ی ماورای بنفش با افزایش ارتفاع، بر درجه‌ی حرارت افزوده می‌شود، به طوری که دما از مرز ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌گذرد و گاه به حدود ۱۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد.

به سبب اهمیت خاصی که هواکره از نظر انعکاس امواج رادیویی، نیز حفاظت زمین در برابر اشعه‌ی خطرناک ماورای

۱- Troposphere

۲- Stratosphere

۳- Mesosphere

۴- Thermosphere

۵- Inosphere

نقطه، در طول شبانه روز، ثابت نیست و تغییر می‌کند. بر این اساس، میزان فشار هوا در هر منطقه در فصل‌های مختلف سال نیز متغیر است. در سطح قاره‌ها در زمستان که هوا سرد است فشار هوا نسبت به تابستان بیش‌تر است. البته باید در نظر داشت که ممکن است در محل خاصی این وضعیت تغییر پیدا کند.

اندازه‌گیری فشار هوا به وسیله‌ی دستگاه‌های فشارسنج صورت می‌گیرد و چنان‌چه قرار باشد به‌طور مداوم عمل اندازه‌گیری انجام شود از دستگاه‌های فشار نگار استفاده می‌کنند.

### دمای هوا

خورشید منبع اصلی انرژی حرارتی سطح و جو کره‌ی زمین است؛ از این رو، تمام تغییرات و تحولات در هوا کره عمدتاً به سبب انرژی تابشی خورشید صورت می‌گیرد. کره‌ی زمین نیز یک منبع گرماست که از خود انرژی حرارتی به خارج منتشر می‌کند و مقدار آن در مقایسه با انرژی حرارتی خورشید بسیار اندک است.

از مجموع انرژی حرارتی خورشید که به صورت امواج الکترومغناطیسی تابش می‌کند و به کره‌ی زمین می‌رسد در حدود ۳۵ درصد آن به فضا منعکس می‌شود و جذب زمین نمی‌گردد. هوا کره نیز ۲۰ درصد انرژی خورشید را در خود نگاه می‌دارد؛ در نتیجه، ۸۰ درصد انرژی خورشیدی به سطح زمین نمی‌رسد که مجدداً به هوای پیرامون آن منتقل می‌شود. میانگین دمای سطح کره‌ی زمین با گذشت زمان تغییر چندانی پیدا نمی‌کند. اگر زمین گرمایی را که در طول زمان دریافت می‌کند در خود ذخیره می‌کرد دمای آن پس از مدتی به سرعت بالا می‌رفت. اما همان‌گونه که می‌دانید دمای زمین تقریباً ثابت است و این موضوع ناشی از نقش هوا کره، به مثابه‌ی یک تنظیم‌کننده‌ی حرارتی برای زمین، است. البته گردش کره‌ی زمین و پیدایش شب و روز نیز در ایجاد این تعادل کاملاً تأثیرگذار است.

با توجه به شکل، میزان تابش انرژی حرارتی‌ای که به آتمسفر و سطح کره‌ی زمین وارد می‌شود برابر است با میزان انرژی‌ای که مجدداً به فضا برمی‌گردد.

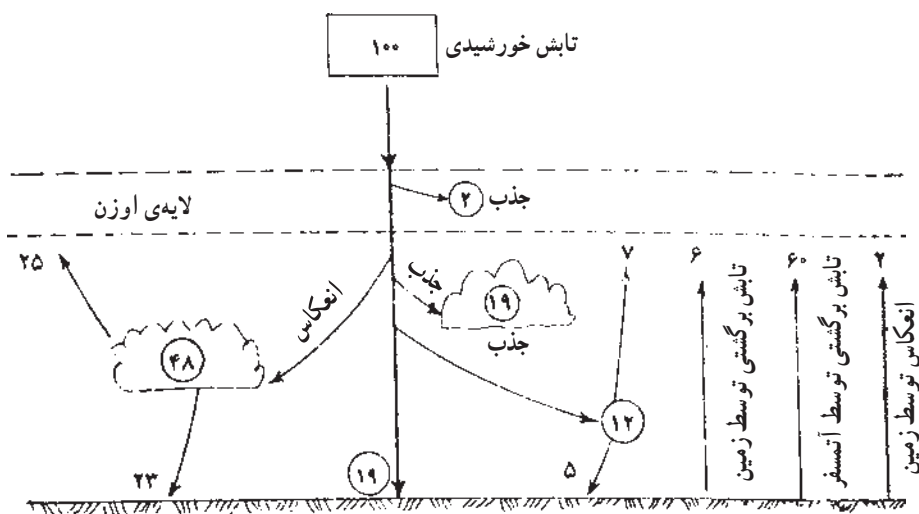
گاز با ورود خود به آتمسفر در هنگام برخورد با مولکول‌های اوزن آن‌ها را متلاشی می‌کند و اکسیژن به‌وجود می‌آورند و نابودی اوزن در آتمسفر زمین نهایتاً حفره‌های لایه‌ی اوزن را به دنبال دارد. کاهش تأثیر حفاظتی لایه‌ی اوزن، زندگی انسان و دیگر موجودات را در معرض خطرات مهلک قرار می‌دهد.



شکل ۲-۳- سوراخ شدن (نازک شدن) لایه‌ی اوزن

### فشار هوا

هوای پیرامون ما که گاه وجود آن را احساس هم نمی‌کنیم دارای وزن است و بر سطح زمین فشار زیادی نیز وارد می‌کند. هر لیتر هوا ۱/۳ گرم وزن دارد. وزن تمام توده‌ی جو که کره‌ی زمین را احاطه کرده معادل وزن ستون آبی به ارتفاع حدود ۱۰ متر یا ستون جیوه‌ای برابر با ۷۶ سانتی‌متر در سطح دریا است که اصطلاحاً یک آتمسفر خوانده می‌شود. این بدان معنی است که در کنار دریا فشار هوا قادر است جیوه را تا ارتفاع ۷۶ سانتی‌متر و آب را تا ده‌متری بالا ببرد. فشار هوا در ارتفاعات مختلف متفاوت است و هرچه از سطح زمین به طرف بالا حرکت کنیم مقدار آن کاسته می‌شود. در ارتفاع ۵/۵ کیلومتری سطح زمین فشار هوا به نصف کاهش پیدا می‌کند. فشار هوا در بلندترین نقطه‌ی سطح زمین یعنی قله اورست حدود  $\frac{1}{3}$  فشار هوا در سطح دریاست (۲۸/۴ میلی‌متر جیوه)؛ از این رو، خلبانان و کوهنوردان برای رفتن به جاهای بلند باید مجهز به دستگاه‌ها و ماسک‌های تنفسی باشند. فشار هوا در معادن زیرزمینی که زیر سطح دریاهای آزاد است بیش‌تر از ۷۶ میلی‌متر جیوه است. فشار هوا در یک



شکل ۳-۳- توازن انرژی در اتمسفر

## اثر گلخانه‌ای<sup>۱</sup>

به یقین شما نیز در سال‌های اخیر، از طریق رسانه‌های گروهی با خبر شده‌اید که پژوهشگران موضوع گرم شدن تدریجی کره‌ی زمین را در دست مطالعه دارند و نگرانی‌هایی درباره‌ی ذوب یخ‌های قطبی و یخچال‌های طبیعی و بالا آمدن سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها، هم‌چنین بروز بعضی از خشکسالی‌ها، بیان می‌کنند. واقعیت این است که استفاده‌ی بسیار گسترده‌ی بشر از منابع سوخت و انرژی مانند نفت، گاز، زغال سنگ و انهدام منابع طبیعی نظیر مراتع و جنگل‌ها و برخی عوامل دیگر در مجموع باعث گردیده که متوسط دمای کره‌ی زمین ۵/۰ درجه‌ی سانتی‌گراد نسبت به یک قرن گذشته بالا برود. اگرچه میزان این افزایش شاید چندان درخور توجه نباشد، اما چنان‌چه این روند در آینده ادامه پیدا کند حیات بشر و نسل‌صدها گونه‌ی گیاهی و جانوری از این تغییرات به مخاطره خواهد افتاد؛ از این رو به نظر می‌رسد موضوع توجه به حفاظت محیط زیست و رعایت استانداردهای زیست‌محیطی در سرتاسر کره‌ی زمین بتواند تا حدودی از بحران خطرناکی که فرا روی ما قرار دارد جلوگیری کند.

بیابان‌زایی، سیل‌های مکرر و طوفان‌های شدید نتایج گرم شدن زمین هستند.

کره‌ی زمین پس از دریافت گرمای خورشید، انرژی حرارتی خود را به صورت تشعشع حرارتی مجدداً به اطراف خود منتشر می‌کند. هرگاه در اطراف زمین، هواکره وجود نداشت این انرژی حرارتی به سرعت در فضا پراکنده می‌شد و از میان می‌رفت، اما وجود اتمسفر در پیرامون کره‌ی زمین مانع از خروج دوباره امواج گرمایی به فضا می‌شود. عامل اصلی این پدیده نیز بخار آب - به صورت ابر و رطوبت زیاد - و گاز  $CO_2$  موجود در هواست که از خروج تشعشعات حرارتی جلوگیری می‌کنند و دارای طول موج بلند<sup>۲</sup> هستند؛ یعنی در واقع آن‌ها را جذب می‌کنند و در خود نگاه می‌دارند. چنین عملی شبیه گلخانه‌هایی است که سقف آن‌ها با شیشه یا پلاستیک پوشیده شده و هوای داخل آن‌ها دم کرده و شرجی است. به همین دلیل، این پدیده به نام «اثر گلخانه‌ای» مشهور شده است. افزایش گازهای گلخانه‌ای مانند  $CO_2$  و  $CH_4$  مشکلات جدی در کره‌ی زمین به بار می‌آورد و براساس برخی مطالعات ظرف چهل سال آینده مقدار این گازها، به دلیل افزایش مصرف منابع انرژی فسیلی، ممکن است به دو برابر برسد که در این صورت، احتمالاً دمای هواکره بین ۲ تا ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت.

۱- Green house effect

۲- اشعه‌ی مادون قرمز

## جریان هوا (باد)

باعث می‌گردد که هوای گرم ناحیه‌ی استوا پس از صعود به ارتفاعات نتواند در امتداد یک خط مستقیم به سمت قطب حرکت کند، بلکه به تدریج به سمت مشرق منحرف می‌شود و پس از سرد شدن دوباره به طرف سطح زمین باز می‌گردد.

باد نیز از عوامل بسیار مهمی است که از طریق فرسایش رسوبات و سنگ‌های سطح زمین و جابه‌جا کردن ذرات ریز ماسه و انباشته کردن آن‌ها در نقاط دیگر، چهره‌ی زمین را تغییر می‌دهد و معمولاً تأثیر آن را در نواحی خشک و بیابانی بهتر و بیشتر می‌توان مشاهده کرد.

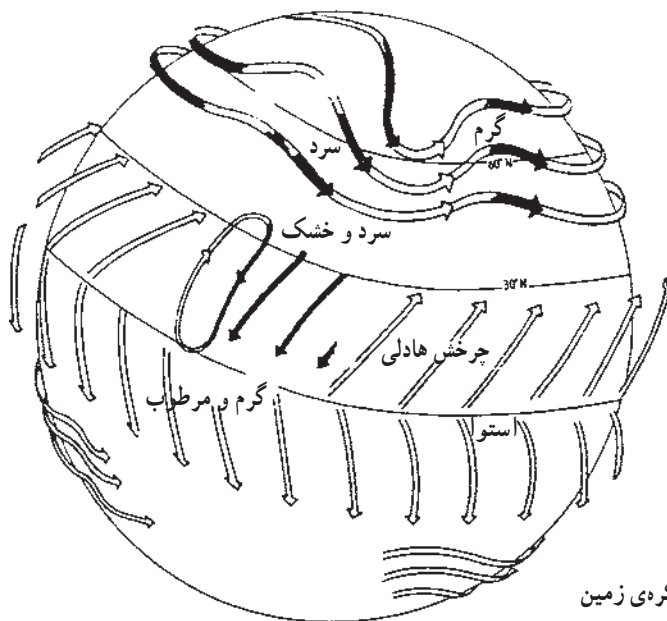
بر اثر اختلاف فشار هوا که ناشی از اختلاف حرارت آن در دو نقطه‌ی مجاور هم است جریان هوا شکل می‌گیرد که به آن «باد» می‌گوییم. در چنین وضعیتی هوای محیط سردتر که پر فشارتر است به طرف محیط گرم کم فشار جریان پیدا می‌کند و این جابه‌جا شدن هوا در جو زمین سبب پیدایش باد می‌شود.

شاید در درجه‌ی اول این تصور پیش آید که هوای گرم مناطق استوایی در سطح کره‌ی زمین باید به طرف بالا برود و جای آن را هوای سرد قطبی بگیرد. این تصور اگر زمین فاقد گردش به دور خود بود کاملاً صحت داشت، اما چرخش زمین

## مطالعه‌ی آزاد

### توزیع جهانی باد

بین عرض‌های  $30^\circ$  درجه‌ی شمالی و  $30^\circ$  درجه‌ی جنوبی هوای گرم شده در استوا به بالا صعود می‌کند و هوای سردتری که از شمال و جنوب می‌آید جای‌گزین آن می‌شود. این جریان را «چرخش هادلی<sup>۱</sup>» می‌نامند. در سطح کره‌ی زمین این جریان بدین معناست که بادهای سرد به طرف استوا می‌وزند. بین عرض‌های جغرافیایی  $30^\circ$  درجه‌ی شمالی (جنوبی) و  $70^\circ$  درجه‌ی شمالی (جنوبی) عمده‌تاً بادهای غرب در جریان هستند. این بادهای یک چرخش موجی را تشکیل می‌دهند و هوای سرد را به جنوب و هوای گرم را به شمال منتقل می‌سازند. این الگو را جریان «راسبی<sup>۲</sup>» می‌نامند.



شکل ۴-۳- جریان جهانی باد در روی کره‌ی زمین



## گردباد

الکتریکی بین ابر و زمین صورت گیرد «صاعقه» رخ خواهد داد که اصابت آن با ساختمان‌های بلند مخرب، و با انسان و حیوانات مرگ‌آور است.

«گردباد» عبارت است از کشمکش شدید حاصل از برخورد و جریان هوای نامشابه در جریان برخورد. اگر این جریان‌های جوی یکی از توده‌های هوای سرد باشد و در داخل هوای گرم نفوذ کند آن را به طرف بالا هدایت نموده خطی که این برخورد را مشخص می‌کند «جبهه‌ی سرد» نامیده می‌شود و چنان‌چه خلاف این باشد خط برخورد دو هوا را «جبهه‌ی گرم» می‌نامند. در هر صورت، نتیجه‌ی برخورد جریان‌های مذکور، طوفانی شدن هواست. جبهه‌ی سرد سبب طوفان، رعد و برق و رگبار می‌گردد و جبهه‌ی هوای گرم باران‌های ناگهانی و ابر و مه را به همراه می‌آورد.

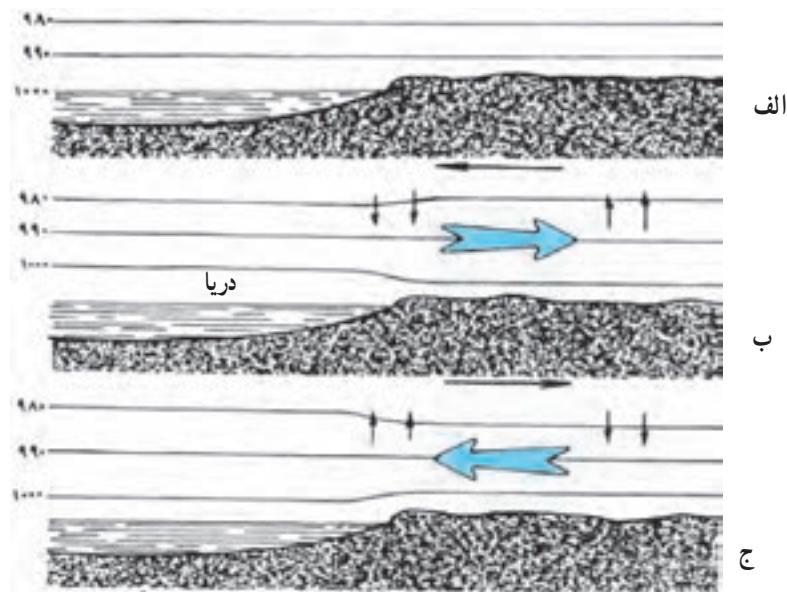
## نسیم دریا و نسیم خشکی

«نسیم» جریان ملایم و مطبوعی است که سبب لطافت هوا می‌گردد. هنگامی که در ساحل دریا قرار می‌گیرید نسیم ملایمی را از دریا به طرف خشکی و نیز از خشکی به دریا مشاهده خواهید کرد. علت این امر، آن است که سطح زمین نسبت به آب دریا زودتر گرم شده در طول روز بر اثر تابش نور خورشید به سرعت گرم می‌شود و لایه‌های هوای بالای آن منبسط می‌گردد و در نتیجه، هوای دریا به طرف خشکی جریان پیدا می‌کند که به آن نسیم دریا می‌گویند. خلاف این جریان در شب رخ می‌دهد؛ یعنی هنگامی که زمین به سرعت سرد شده لایه‌های هوای بالای آن سرد و متراکم می‌شود - در حالی که دریا هنوز گرمای خود را حفظ کرده و هوای بالای آن گرم و منبسط است - نسیم از خشکی به طرف دریا شروع به وزیدن می‌کند.

## رعد و برق و صاعقه

ابرها دارای بار الکتریکی و حامل الکتریسیته هستند. هرگاه بارهای الکتریکی مخالف از فضایی به فضای دیگر جهش کنند تخلیه‌ی الکتریکی بین ابرها به صورت ایجاد جرقه صورت می‌گیرد که صدای حاصل از آن را «رعد» و درخشش جرقه را «برق» و مجموع این پدیده را «رعد و برق» می‌نامند. هرگاه عمل تخلیه‌ی

هکتوپاسکال



شکل ۵-۳- نحوه‌ی تشکیل نسیم‌های دریا و نسیم‌های خشکی

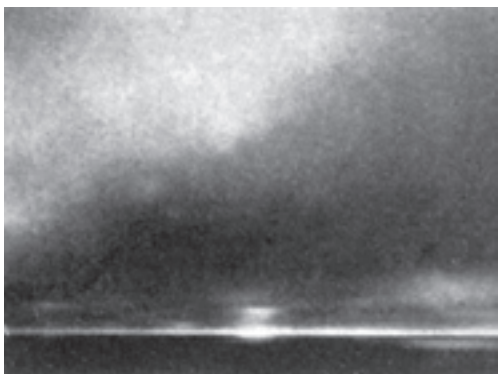
## رطوبت هوا<sup>۱</sup>

کرده‌اند. ابرهایی که در ارتفاع پایین و به صورت توده‌های ضخیم و گنبدی شکل با کناره‌های روشن‌تر دیده می‌شوند، ابرهای «کومولوس» نام دارند.



شکل ۶-۳- ابر کومولوس، نشانه‌ای از هوای خوب و ملایم

ابرهای لایه لایه که معمولاً تمام آسمان را می‌پوشانند به رنگ خاکستری، شبیه مه و بسیار نزدیک به زمین هستند ابر «استراتوس» نامیده می‌شوند.



شکل ۷-۳- ابر استراتوس ابر کم ارتفاعی، با نرمه باران احتمالی

ابر دیگری نیز به نام «سیروس» وجود دارد که در ارتفاعات بالا (بین ۷ تا ۱۳ کیلومتر) تشکیل می‌شود و پرماند است. ابرهای سیروس زرد کم‌رنگ می‌شوند و سرانجام به رنگ سفید درمی‌آیند. هنگام غروب نیز به رنگ قبل از طلوع برمی‌گردد و سپس خاکستری رنگ می‌شود.

در هوای تمام نقاط زمین همواره مقداری بخار آب وجود دارد که نقش مهمی در تحولات آب و هوایی دارد. به مقدار بخار آب موجود در هوا «رطوبت» می‌گویند. رطوبت هوا در مناطق مختلف زمین متفاوت است؛ به گونه‌ای که با دور شدن از دو قطب زمین و نزدیک شدن به خط استوا بر مقدار رطوبت هوا افزوده می‌شود. علت این امر آن است که ظرفیت نگهداری بخار آب در هوای گرم نسبت به هوای سرد زیادتر است. به منظور بیان رطوبت هوا، از دو تعریف «رطوبت مطلق» و «رطوبت نسبی» استفاده می‌شود:

**رطوبت مطلق:** مقدار بخار آب موجود در واحد حجم یا واحد جرم هوا را رطوبت مطلق می‌گویند و آن را برحسب «گرم در هر متر مکعب» بیان می‌کنند.

**رطوبت نسبی:** عبارت است از نسبت بین مقدار رطوبت موجود در هوا بر حداکثر مقدار رطوبتی که هوا می‌تواند در خود نگه دارد و به حد اشباع برسد. رطوبت نسبی را برحسب درصد نشان می‌دهند.

## ابرها

ابرها توده‌های بزرگی از ذرات بسیار ریز آب یا بلورهای یخ هستند که در ارتفاعات مختلف هواکره و در مجاورت سطح زمین پدیدار می‌گردند. هنگامی که ابرها با طبقات سرد هوا برخورد می‌کنند قطرات ریز آب متراکم‌تر و درشت‌تر می‌شوند و به صورت باران یا برف ریزش می‌کنند. آنچه به نام «مه» خوانده می‌شود نیز همان ابر است که در نزدیکی زمین یا سطح آن تشکیل می‌شود و باعث می‌گردد میدان دید افرادی که در داخل آن قرار می‌گیرند محدودتر شود.

**انواع ابرها:** ابرها به شکل‌ها و انواع مختلفی در آسمان دیده می‌شوند. شکل ابرها عموماً به جریان هوا بستگی دارد هرگاه جریان هوا افقی باشد ابرها لایه لایه می‌شوند و چنانچه جریان هوا قائم باشد ابرها توده‌ای شکل خواهند شد. بر حسب ارتفاعی که ابرها از سطح زمین دارند ابرها را به اسامی مختلفی طبقه‌بندی

## آب و هوا (اقلیم)

آب و هوا مجموعه‌ای از وضعیت غالب جوئی در یک منطقه‌ی جغرافیایی است که با مشاهدات و اندازه‌گیری‌های فراوان، در دوره‌ای طولانی از زمان، مشخص می‌شود. عواملی که در تعیین نوع آب و هوا تأثیرگذار هستند عبارت‌اند از: درجه‌ی حرارت، فشار هوا، رطوبت و ریزش‌های جوی که به وسیله‌ی دستگاه‌های مخصوص اندازه‌گیری می‌شوند و زمانی که میانگین اندازه‌گیری‌ها در سال‌های متوالی تعیین می‌گردد وضعیت آب و هوای منطقه مشخص می‌شود. آب و هوا در تجزیه‌ی سنگ‌ها و چگونگی فرسایش زمین، هم‌چنین اشکال زندگی گیاهی و جانوری نقش مؤثری دارد. اختلاف آب و هوای مناطق مختلف زمین به اختلاف طول و عرض جغرافیایی، دوری یا نزدیکی به دریاها و اقیانوس‌ها، نیز به پستی و بلندی‌های خشکی بستگی دارد.

**انواع آب و هوا:** آب و هوای نواحی مختلف کره‌ی زمین نقش مهمی را در فرایندهای زمین‌شناسی و پدیده‌های هوازدگی و فرسایش ایفا می‌کند. گونه‌های مختلف آب و هوا عبارت‌اند از:

**۱- آب و هوای گرمسیری:** این آب و هوا در دو طرف خط استوا و بین مدارهای ۲۳/۵ درجه‌ی شمالی و جنوبی قرار دارد. در مناطقی که دارای این نوع آب و هوا هستند فصل سرما وجود ندارد و هوا در تمام طول سال گرم و مرطوب است.

**۲- آب و هوای معتدل:** ویژگی مناطقی که دارای این نوع آب و هوا هستند زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم است، اما در مجموع میانگین دما در طول سال نشان دهنده‌ی معتدل بودن هوا در آن‌هاست. این نوع آب و هوا محدوده‌ی بین مدارهای ۲۳/۵ تا ۶۶/۵ درجه‌ی شمالی و جنوبی را شامل می‌شود.



شکل ۸-۳- ابر سیروس همانند لایه‌ای از پر، معرف هوای آرام و خوب است

البته ابرها گاهی به صورت مخلوط درمی‌آیند و برای نام‌گذاری اسامی ترکیبی آن‌ها «سیروکومولوس»<sup>۱</sup> «استراتوکومولوس»<sup>۲</sup> به کار برده می‌شود. هرگاه ابر قدرت بارندگی داشته باشد به آن کلمه‌ی «نیمبوس»<sup>۳</sup> اضافه می‌گردد؛ مانند «کومولونیمبوس»<sup>۴</sup> و «نیمبو استراتوس»<sup>۵</sup>.



شکل ۹-۳- ابر کومولونیمبوس، همراه با رعد و برق پیام‌آور توفانی قریب‌الوقوع



شکل ۱۰-۳- ابر نیمبو استراتوس با زمینه‌ای تیره و تار نشانه‌ای است از ریزش باران یا برف ممتد

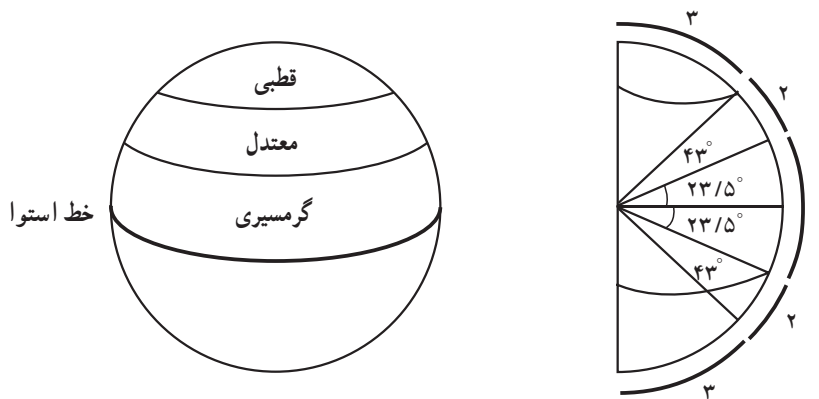
۱- Cirrocumulus  
۴- Cumulonimbus

۲- Stratocumulus  
۵- Nimbostratus

۳- Nimbus

همیشه حاکم است. سرزمین‌های بین ۶۶/۵ درجه‌ی شمالی و جنوبی، و قطب‌های زمین دارای این نوع آب و هوا هستند.

۳- آب و هوای سرد قطبی: این نوع اقلیم ویژه‌ی مناطق قطبی است که در آن‌جا قشرهای ضخیم یخ اقیانوس‌های منجمد شمالی و جنوبی وجود دارد. در آن، سرما و یخ‌بندان



شکل ۱۱-۳- زاویه‌های مختلف مداری مربوط به انواع آب و هوا

## خودآزمایی

- ۱- اگر کشش گرانشی در اطراف کره‌ی زمین وجود نداشت احتمالاً چه تأثیری را روی هواکره شاهد بودیم؟
- ۲- چهار نقش مهم هواکره را در ایجاد وضعیت ایمن و مطبوع برای زندگی جانداران ذکر کنید.
- ۳- کدام یک از گازهای موجود در هواکره نقش مهمی در فرایندهای زمین‌شناسی دارد؟ علت آن چیست؟
- ۴- تفاوت گازهای اکسیژن و دی‌اکسید کربن در فرایند هوازدگی و فرسایش، در چیست؟
- ۵- گاز اوزن چگونه تشکیل می‌شود و از لحاظ نحوه‌ی تبدیل  $O_2$  تحت چه شرایطی به  $O_3$  تبدیل می‌گردد؟
- ۶- علت این که در نوک کوه‌ها و قله‌های مرتفع برف‌ها دیرتر ذوب می‌شوند چیست؟
- ۷- لایه‌های مختلف هواکره را از پایین به بالا به ترتیب نام ببرید و ذکر کنید که بین «مزوسفر» و «ترموسفر» از لحاظ درجه‌ی حرارت چه اختلافی وجود دارد؟
- ۸- لایه‌ی اوزن که تأثیر مهمی در محافظت کره زمین در برابر تابش اشعه‌ی ماورای بنفش خورشید ایفا می‌کند امروزه در معرض چه مخاطره‌ای قرار دارد و پژوهشگران عامل آن را چه می‌دانند؟
- ۹- فشار هوای دو معدن مختلف به ترتیب در محل کارگاه‌های استخراج آن‌ها ۴۵ میلی‌متر جیوه و ۸۰ میلی‌متر جیوه است. این دو کارگاه چه موقعیتی نسبت به یک‌دیگر دارند؟
- ۱۰- می‌دانیم که کره‌ی زمین به طور دایم در معرض تابش انرژی گرمایی خورشید قرار دارد. چرا درجه‌ی حرارت آن در طول زمان به‌طور میانگین تغییر چندانی پیدا نمی‌کند؟
- ۱۱- اثر گلخانه‌ای و نقش آن در آتمسفر کره‌ی زمین چیست؟
- ۱۲- چه عواملی در سال‌های اخیر، سبب افزایش تدریجی دمای کره‌ی زمین شده است؟
- ۱۳- چرخش کره‌ی زمین به دور محور خود چه تأثیری در جریان هوا در جو زمین برجا می‌گذارد؟
- ۱۴- رعد و برق چگونه پدید می‌آید؟
- ۱۵- چه تفاوتی بین جهت وزش باد در ساحل دریا در شب و روز وجود دارد و علت آن چیست؟
- ۱۶- دلیل افزایش رطوبت هوا با دور شدن از قطب‌ها و نزدیک شدن به استوا چیست؟
- ۱۷- رطوبت مطلق و نسبی را تعریف کنید. هر یک از آن‌ها را بر حسب چه میزانی بیان می‌کنند؟
- ۱۸- چگونه ابرهای «کومولوس»، «استراتوس» و «سیروس» را از یک‌دیگر تشخیص می‌دهید؟
- ۱۹- انواع آب و هوا را نام ببرید. علت اختلاف آب و هوای گوناگون در مناطق مختلف زمین چیست؟