فصل ۲

# ردِّ پای گازها در زندگی

«اَللّهُ الَّذی یُرْسِلُ الرِّیاحَ فَتُثیرُ سَحاباً فَیَبْسُطُهُ فِی السَّماءِ کَیْفَ یَشاءُ و . . .» آیهٔ ۴۸، سورهٔ روم

**خداوند همان کسی است که بادها را می‌فرستد تا ابرها را به حرکت درآورد سپس آنها را در پهنهٔ آسمان آن گونه که بخواهد می گستراند و ...**

زمین در فضا همانندگویی فیروزه‌ای درون هاله‌ای از گازها با شکوه فراوان در چرخش است؛ هاله‌ای که سرشار از هوای پاک است؛ گرمای خورشید را در خود نگه می‌دارد؛ ساکنان زمین را از پرتوهای خطرناک کیهانی محافظت و آب را در سرتاسر سیارهٔ ما توزیع می کند. بدین‌ترتیب زمین با چرخش خود، زندگی را دوام می‌بخشد. تداوم زندگی سالم و پایدار در این سیاره در گروِ رفتار منطقی ما با ساکنان آن است؛ رفتاری که هماهنگ و سازگار با طبیعت باشد و نظم آن را برهم نزند.

علم شیمی کمک می کند تا با بررسی خواص، رفتار و برهم کنش گازهای این پوشش آبی رنگ، راه‌های تداوم زندگی سالم را بیابیم؛ باشد که رد پایی سنگین روی این سیارهٔ زیبا برجای نگذاریم.

در میان سیاره‌های سامانهٔ خورشیدی، تنها زمین، اتمسفری دارد که امکان زندگی را روی آن فراهم می‌کند. این اتمسفر، مخلوطی از گازهای گوناگون است که تا فاصله ۵۰۰ کیلومتری از سطح زمین امتداد یافته است به‌طوری که می‌توان گفت ما در کف اقیانوسی از مولکول‌های گازی زندگی می‌کنیم. جاذبهٔ زمین این گازها را پیرامون خود نگه می‌دارد و مانع از خروج آنها از اتمسفر می‌شود (شکل ۱). از سوی دیگر، انرژی گرمایی مولکول‌ها سبب می‌شود تا پیوسته آنها درحال جنبش باشند و در سرتاسر **هواکره**[۱] توزیع شوند.

**آیا می‌دانید**

جرم کل هواکره در حدود $۵/۳ \times ۱۰^{۱۵}$ تن و نزدیک به ۰/۰۰۰۰۰۱ جرم زمین است.

اگر زمین را به سیب تشبیه کنیم، ضخامت هواکره نسبت به زمین به نازکی پوست سیب می‌ماند.

**شکل ۱ـ** لایهٔ فیروزه‌ای پیرامون زمین، اتمسفر زمین یا همان هواکره است که اغلب هوا نامیده می‌شود.

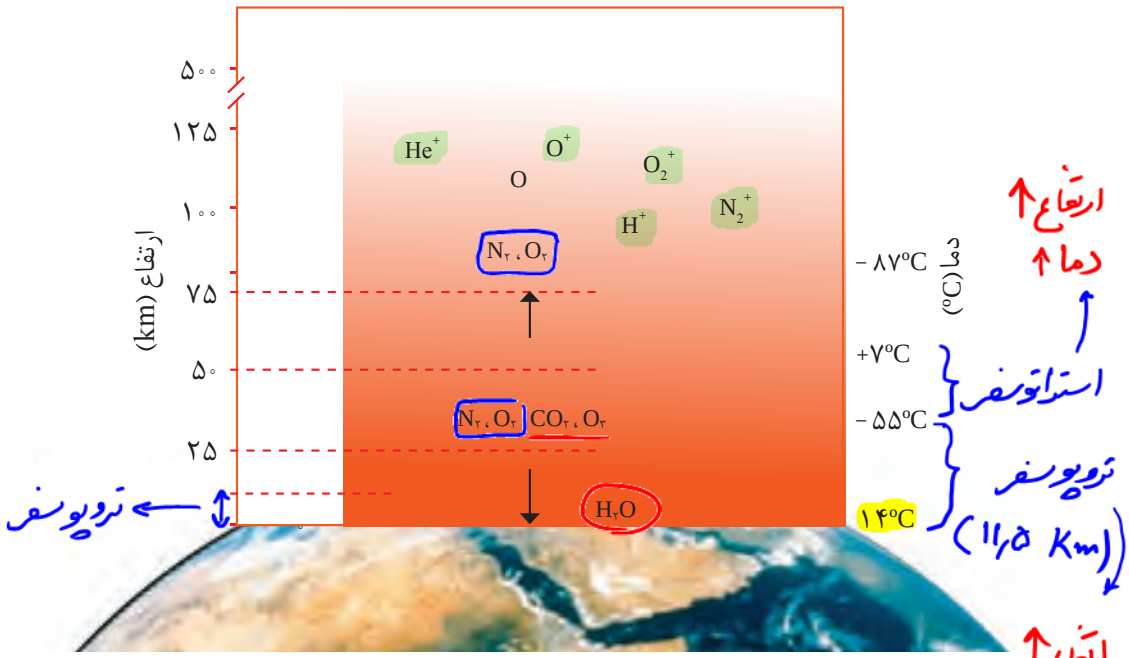
اغلب گازها نامرئی هستند به‌طوری که ما هوا را نمی‌توانیم ببینیم و به‌طور معمول وجود آن را در پیرامون خود حس نمی‌کنیم، مگر روزهایی که باد می‌وزد یا در مکان‌هایی که هوا به‌خوبی در جریان است. میان گازهای هوا، واکنش‌های شیمیایی گوناگونی رخ می‌دهد که اغلب آنها برای ساکنان این سیاره سودمند هستند، اما برخی از این واکنش‌ها مفید نبوده و فراورده‌هایی تولید می‌کنند که دلخواه و مطلوب ساکنان سیارهٔ خاکی نیست.

اینک این پرسش‌ها مطرح می‌شود که مواد اصلی پیرامون زمین چیست؟ تا کجاها یافت می‌شود؟ گازها به‌عنوان بخش عمدهٔ این مواد چه رفتارهایی دارند؟ چه واکنش‌هایی میان گازهای هوا رخ می‌دهد؟ این واکنش‌ها بر زندگی ساکنان این سیارهٔ خاکی چه اثری می‌گذارد؟ رفتار انسان‌ها تا چه اندازه بر هواکره و ویژگی‌های آن تأثیر دارد؟ و پرسش‌های دیگری که ممکن است ذهن شما را به خود مشغول کرده باشد. برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها با ما در این فصل همراه باشید.

۱- Atmosphere

## با هم بیندیشیم

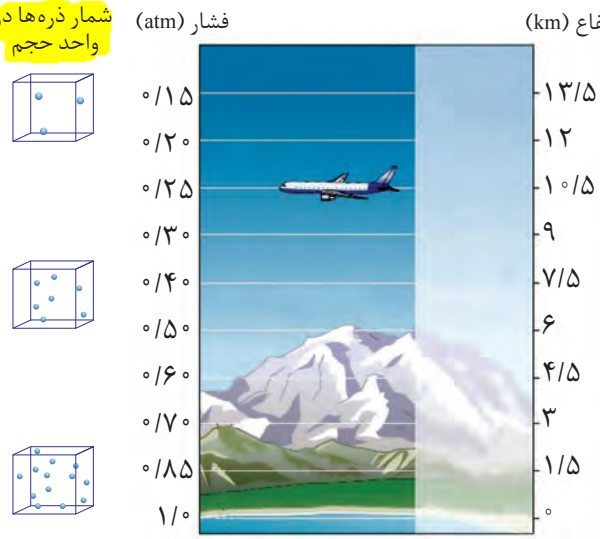
۱ـ در شکل زیر، تغییر دما و برخی اجزای سازندهٔ هواکره برحسب ارتفاع از سطح زمین نشان داده شده است. با توجه به آن:




آ) آیا روند تغییر دما در هواکره را می‌توان دلیلی بر لایه‌ای بودن آن دانست؟ توضیح دهید.

ب) آیا به جز اتم و مولکول، ذره‌های دیگری هم در این لایه‌ها هست؟ علت ایجاد آنها را توضیح دهید.

۲ـ دما و فشار هواکره، از جمله عوامل مهم در تعیین ویژگی‌های آن است. با توجه به شکل زیر مشخص کنید با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار هوا چه تغییری می کند؟ توضیح دهید.




## آیا می‌دانید

آب و هوا نتیجهٔ برهم‌کنش میان زمین، هواکره، آب و خورشید است. تغییر آب و هوا تا فاصلهٔ ۱۲ـ۱۰ کیلومتری از سطح زمین (لایهٔ تروپوسفر) رخ می‌دهد.

● فشار هر گاز، ناشی از برخورد مولکول‌های آن با دیوارهٔ ظرف است. هواکره نیز به‌دلیل داشتن گازهای گوناگون فشار دارد. این فشار در همهٔ جهت‌ها بر بدن ما و به میزان یکسان وارد می‌شود.

۲) $\Delta\theta = ۱۴ - (-۵۵) = ۶۹^\circ C$ اختلاف دمای ابتدا و انتهای تروپوسفر

$۶۹^\circ C \times \frac{۱ km}{۶^\circ C} = ۱۱٫۵ km$

## پیوند با ریاضی

تغییر آب و هوای زمین در **لایهٔ تروپوسفر**[۱] رخ می‌دهد. در این لایه با افزایش ارتفاع به ازای هر کیلومتر، دما در حدود $۶^\circ C$ افت می‌کند و در انتهای لایه به حدود $-۵۵^\circ C$ (۲۱۸ کلوین) می‌رسد. اگر میانگین دما در سطح زمین در حدود $۱۴^\circ C$ (۲۸۷ کلوین) در نظر گرفته شود:

آ) ارتفاع تقریبی لایهٔ تروپوسفر را حساب کنید.

ب) رابطه‌ای برای تبدیل دما، بر حسب درجهٔ سلسیوس به دما بر حسب کلوین پیدا کنید.

$T = \theta + ۲۷۳$

(K) (°C)

## هوا معجونی ارزشمند

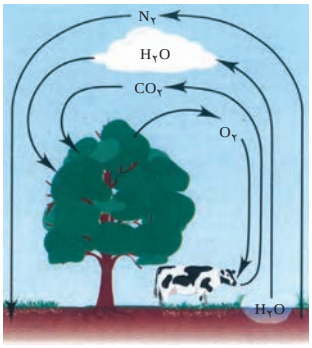
شاید تجربه کرده باشید که گاهی مغز گردو، بادام، آفتابگردان و ... بو و مزهٔ کهنگی می‌دهد که دلیل این ویژگی، ماندن آنها در هوای آزاد به مدت طولانی است. امروزه در صنعت با بسته‌بندی مناسب، می‌توان زمان ماندگاری مواد غذایی را افزایش داد. جالب است بدانید در بسته‌بندی برخی مواد خوراکی از گاز نیتروژن استفاده می‌شود. افزون بر این، گاز نیتروژن کاربردهای دیگری نیز دارد (شکل ۲).

(آ) (ب) (پ)

**شکل ۲ـ** از گاز نیتروژن، آ) برای پرکردن تایر خودروها، ب) در صنعت سرماسازی برای انجماد مواد غذایی و پ) برای نگهداری نمونه‌های بیولوژیک در پزشکی استفاده می‌شود.

نیتروژن، اکسیژن و کربن دی‌اکسید از جمله گازهای هواکره هستند که در زندگی روزانه نقش حیاتی دارند (شکل ۳).

اکنون این پرسش مطرح است که آیا هواکره می‌تواند منبع ارزشمندی برای تهیهٔ برخی گازها باشد؟ حدود ۷۵ درصد از جرم هواکره، در نزدیک‌ترین لایه به زمین (تروپوسفر) قرار دارد. این بخش از هوا کره، همان بخشی است که ما در آن زندگی می‌کنیم. پس از تروپوسفر،




**شکل ۳ـ** برهم کنش هواکره با زیست‌کره. زندگی جانداران گوناگون در **زیست‌کره** با گازهای موجود در هوا، گره خورده است. گیاهان با بهره‌گیری از نور خورشید و مصرف کربن دی‌اکسید هواکره، اکسیژن مورد نیاز جانداران را تولید می‌کنند. جانداران ذره‌بینی، گاز نیتروژن هواکره را برای مصرف گیاهان در خاک تثبیت می‌کنند.

۱ـ Troposphere Layer

هواکره رقیق و رقیق‌تر می‌شود. در جدول ۱، درصد حجمی گازهای تشکیل دهندهٔ هوای خشک و پاک در لایهٔ تروپوسفر نشان داده شده است. توجه کنید که رطوبت هوا متغیر بوده و میانگین بخار آب در هوا، حدود یک درصد است. هر چند این مقدار از جایی به جای دیگر، از روزی به روز دیگر و حتی از ساعتی به ساعت دیگر تغییر می‌کند.

**جدول ۱ـ** نام و درصد حجمی گازهای سازندهٔ هوای پاک و خشک

| نام گاز | درصد گاز در هوا |
|---|---|
| نیتروژن | ۷۹ /۰ ۷۸ |
| اکسیژن | ۲۰/۹۵۲ |
| آرگون | ۰/۹۲۸ |
| کربن دی اکسید | ۰/۰۳۸۵ |
| نئون | ۰/۰۰۱۸ |
| هلیم | ۰/۰۰۰۵ |
| کریپتون | ۰/۰۰۰۱ |
| زنون و دیگر گازها | ناچیز |

جدول ۱ نشان می‌دهد بخش عمدهٔ هواکره را دو گاز نیتروژن و اکسیژن تشکیل می‌دهد. گاز آرگون در میان اجزای هواکره در رتبهٔ سوم قرار دارد؛ بنابراین می‌توان هوا را منبعی غنی برای تهیهٔ این گازها دانست. در صنعت، این گازها را از **تقطیر جزءبه جزء**[1] هوای مایع تهیه می‌کنند (شکل ۴).

**شکل ۴ـ** نمایی از یک برج تقطیر برای جداسازی اجزای هوا در پتروشیمی ماهشهر

۱ـ Fractional Distillation

● بررسی‌های دانشمندان برای هوای به دام افتاده درون بلورهای یخ در یخچال‌های قطبی و نیز سنگ‌های آتشفشانی نشان می‌دهد که از ۲۰۰ میلیون سال پیش تاکنون، نسبت گازهای سازندهٔ هواکره تقریباً ثابت مانده است.

## آیا می‌دانید

انبیق، وسیلهٔ ساده‌ای است که **جابربن‌حیان** برای تقطیر مواد طراحی کرد. این ظرف برای گرم کردن مخلوط‌ها و نیز جمع‌آوری و هدایت بخارهای حاصل به کار می‌رفت.

مراحل تقطیر جزء به جزء هوا (۵ مرحله)

در این فرایند، نخست هوا را از صافی‌هایی عبور می‌دهند تا گرد و غبار آن گرفته شود؛ سپس با استفاده از فشار، دمای هوا را پیوسته کاهش می‌دهند. با کاهش دمای هوا تا ۰°C (صفر درجهٔ سلسیوس)، رطوبت هوا به صورت یخ از آن جدا می‌شود (چرا؟). در دمای ۷۸°C-، گاز کربن دی‌اکسید هوا نیز به حالت جامد در می‌آید. با سرد کردن بیشتر تا دمای ۲۰۰°C-، مخلوط بسیار سردی از چند مایع پدید می‌آید که به آن **هوای مایع**[1] می‌گویند. در پایان، با عبور هوای مایع از یک ستون تقطیر، گازهای سازنده جداسازی و در ظرف‌های جدا ذخیره می‌شوند.

● **آرگون** گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است. واژهٔ آرگون به معنای تنبل است؛ زیرا واکنش‌پذیری ناچیزی دارد. این گاز در پتروشیمی شیراز از تقطیر جزءبه‌جزء هوای مایع با خلوص بسیار زیاد تهیه می‌شود. آرگون به‌عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به‌کار می‌رود.

کاربردها

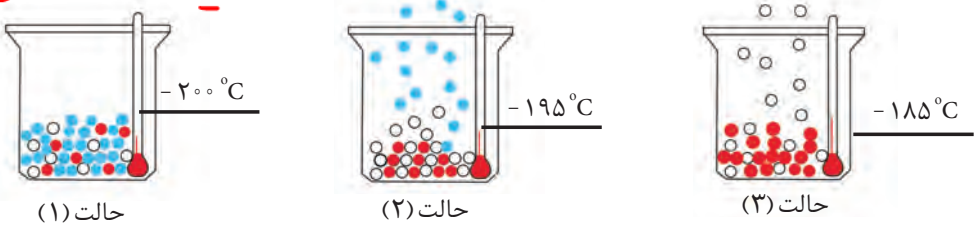
## با هم بیندیشیم

با توجه به جدول روبه‌رو به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

| گاز | نقطهٔ جوش (°C) |
|---|---|
| نیتروژن | -۱۹۶ |
| اکسیژن | -۱۸۳ |
| آرگون | -۱۸۶ |
| هلیم | -۲۶۹ |

آ) نمونه‌ای از هوای مایع با دمای ۲۰۰°C- تهیه شده است، اگر این نمونه تقطیر شود، ترتیب جداسازی گازها را مشخص کنید.

ب) دانش‌آموزی جداشدن برخی گازها را از هوای مایع مطابق شکل زیر طراحی کرده است. مشخص کنید هر گوی رنگی، نشان‌دهندهٔ کدام گاز است؟ چرا ؟




حالت (۱) حالت (۲) حالت (۳)

پ) در دمای ۸۰°C-، اجزای سازندهٔ هوای مایع به کدام شکل وجود دارند؟ چرا؟

حالت (۱) حالت (۲)

ت) توضیح دهید چرا تهیهٔ اکسیژن صددرصد خالص در این فرایند دشوار است؟

## آیا می‌دانید

هنگام ریختن هوای مایع درون یک بالن، مخلوط شروع به جوشیدن می‌کند.

۱_ Liquid Air

## پیوند با صنعت

هلیم به‌عنوان سبک‌ترین گاز نجیب، بی‌رنگ و بی‌بو است که کاربردهای فراوانی در زندگی دارد (شکل ۵).

**شکل ۵ـ** از هلیم، افزون بر پر کردن بالن‌های هواشناسی، تفریحی و تبلیغاتی در جوشکاری، کپسول غواصی و مهم‌تر از همه، برای خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI[1] استفاده می‌شود.

هلیم در کرهٔ زمین به مقدار خیلی کم یافت می‌شود؛ به‌طوری‌که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوستهٔ زمین وجود دارد؛ از این‌رو، منابع زمینی آن از هواکره سرشارتر و برای تولید هلیم در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند.

هلیم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. این گاز پس از نفوذ به لایه‌های زمین، وارد میدان‌های گازی می‌شود. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که حدود ۷ درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیم تشکیل می‌دهد. البته مقدار هلیم در میدان‌های گازی گوناگون، متفاوت است (شکل ۶).

**شکل ۶ ـ** هلیم موجود در گاز طبیعی به همراه سایر فراورده‌های سوختن بدون مصرف وارد هوا کره می‌شود.

هلیم را می‌توان افزون بر هوای مایع، از تقطیر جزءبه جزءِ گاز طبیعی نیز به دست آورد. تهیهٔ این گاز از کدام روش مقرون به صرفه‌تر است؟ چرا؟

جداسازی هلیم از گاز طبیعی به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد. متخصصان کشورمان تاکنون موفق به جداسازی و تهیهٔ آن نشده‌اند و همچنان، هلیم از دیگر کشورها وارد می‌شود. امید است گسترش دانش علوم پایه و فنی و مهندسی سبب تربیت دانش‌آموختگان و متخصصانی شود تا بتوانیم از منابع خدادادی و ثروت‌های ملی، بهرهٔ مناسب ببریم.

● مقدار گازهای نجیب در هواکره بسیار کم است. از این‌رو به گازهای کمیاب نیز معروف هستند.

### آیا می‌دانید

مجموع ذخایر هلیم در جهان ۴۰ میلیارد مترمکعب برآورد می‌شود. بیشتر این ذخایر در امریکا، الجزایر، روسیه، ایران و قطر یافت می‌شود. سالانه ۱۷۵ میلیون مترمکعب هلیم در جهان تولید می‌شود. ایران، پس از روسیه، دومین ذخایر گاز طبیعی جهان را دارد. از این‌رو کشور ما جزو کشورهایی است که از ذخیرهٔ هلیم زیادی برخوردار است.

۱ـ Magnetic Resonance Imaging