



**وزارت آموزش و پرورش**  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

شیمی (۱) - پایه دهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۰۲۱۰

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

حسن حنرخانی، علیرضا علیدین، شریف کلمیایی، نعمت‌الله ارشدی، سیدالله جلیلی، غابد پدیریان، راضیه بتکدارسخی، معصومه شادمحمدی اردبیلی و منصور مختاری (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

حسن حنرخانی، علیرضا علیدین، حسین زمانی سیفی کار و معصومه شادمحمدی اردبیلی (اعضای گروه تألیف) - نعمت‌الله ارشدی (پیش‌نویس فصل ۱)، راضیه بتکدارسخی و سیدالله جلیلی (پیش‌نویس فصل ۲)، منصور مختاری، دوست محمد سیمیه، فرشاد صیوفی زاده، فیروزه منتظری و محمدامین نظامی (اعضای گروه مشاورتی) - حسن حنرخانی (دوراستار علمی) - محمد دانشگر (دوراستار ادبی)

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ)، - مجید ذاکری پونسی (مدیر هنری) - مهدیه صفایی‌نیا (طراح گرافیک و صفحه‌آرا) - مریم کیوان (طراح جلد) - مریم دهقان زاده، فاطمه باقری‌مهر، کبری اجایی، زهرا رشیدی مقدم، فرشته ازجمنده، فریاداسو، ناهید خیام‌نایی (امور آماده‌سازی)

تهران - خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)  
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۲۵۹  
وبسایت: www.chap.sch.ir و www.intextbook.ir

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داریوش) - تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»  
چاپ دوم ۱۴۰۲

نام کتاب:

پدیدآورنده:

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

مدیریت آماده‌سازی هنری:

شناسه افزوده آماده‌سازی:

نشانی سازمان:

ناشر:

چاپخانه:

سال انتشار و نوبت چاپ:

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۷۳۲-۰  
ISBN: 978\_964\_05\_2732\_0



**وزارت آموزش و پرورش**  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

شیمی (۱) - پایه دهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۰۲۱۰

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

حسن حنرخانی، علیرضا علیدین، شریف کلمیایی، نعمت‌الله ارشدی، سیدالله جلیلی، غابد پدیریان، راضیه بتکدارسخی، معصومه شادمحمدی اردبیلی و منصور مختاری (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

حسن حنرخانی، علیرضا علیدین، حسین زمانی سیفی کار و معصومه شادمحمدی اردبیلی (اعضای گروه تألیف) - نعمت‌الله ارشدی (پیش‌نویس فصل ۱)، راضیه بتکدارسخی و سیدالله جلیلی (پیش‌نویس فصل ۲)، منصور مختاری، دوست محمد سیمیه، فرشاد صیوفی زاده، فیروزه منتظری و محمدامین نظامی (اعضای گروه مشاورتی) - حسن حنرخانی (دوراستار علمی) - محمد دانشگر (دوراستار ادبی)

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ)، - مجید ذاکری پونسی (مدیر هنری) - مهدیه صفایی‌نیا (طراح گرافیک و صفحه‌آرا) - مریم کیوان (طراح جلد) - مریم دهقان زاده، فاطمه باقری‌مهر، کبری اجایی، زهرا رشیدی مقدم، فرشته ازجمنده، فریاداسو، ناهید خیام‌نایی (امور آماده‌سازی)

تهران - خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)  
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۲۵۹  
وبسایت: www.chap.sch.ir و www.intextbook.ir

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داریوش) - تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»  
چاپ دوم ۱۴۰۲

نام کتاب:

پدیدآورنده:

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

مدیریت آماده‌سازی هنری:

شناسه افزوده آماده‌سازی:

نشانی سازمان:

ناشر:

چاپخانه:

سال انتشار و نوبت چاپ:

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۷۳۲-۰  
ISBN: 978\_964\_05\_2732\_0

## ..... فهرست

مقدمه

فصل اول: کیهان زادگاه عناصر ..... ۱



فصل دوم: رد پای گازها در زندگی ..... ۴۷



فصل سوم: آب، آهنگ زندگی ..... ۸۵



واژه‌نامه ..... ۱۲۳

منابع ..... ۱۲۶

## ..... فهرست

مقدمه

فصل اول: کیهان زادگاه عناصرها ..... ۱



فصل دوم: رد پای گازها در زندگی ..... ۴۷



فصل سوم: آب، آهنگ زندگی ..... ۸۵



واژه‌نامه ..... ۱۲۳

منابع ..... ۱۲۶

## فصل ۱ کیهان زادگاه عناصر



••• «هُوَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ فِي سِتَّةِ أَيَّامٍ» آیه ۴، سوره حدید •••  
او کسی است که آسمان‌ها و زمین را در شش روز آفرید.

..... شاید شما هم یکی از شیفتگان آسمان پرستاره شبانه‌ای باشید؛ سقفی زیبا و آکنده از اسرار و پرسش‌های بی‌شماری که از گذشته تاکنون ذهن کنجکاو انسان‌های هوشمند را مجذوب خویش ساخته است. در این فضای بی‌کران، ستارگان پرفروغ با نوری که می‌تابانند، پیوسته با ما سخن می‌گویند و پیام آگاه‌باش می‌فرستند؛ پیامی که از گذشته‌های دور، روایت می‌کند؛ از اینکه جهان هستی چگونه پدید آمده است؟ دره‌های سازنده جهان هستی طی چه فرایندی و چگونه به وجود آمده‌اند؟ پرسش‌هایی که یافتن پاسخ آنها بسیار دشوار است. زمین در برابر عظمت آفرینش همانند آزمایشگاه بسیار کوچکی است که دانشمندان با آزمایش‌های گوناگون در آن، در تلاش برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها هستند. شیمی‌دان‌ها با مطالعه خواص و رفتار ماده، همچنین برهم کنش نور با ماده در این راستا سهم بسزایی داشته‌اند.



## فصل ۱ کیهان زادگاه عناصر



••• «هُوَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ فِي سِتَّةِ أَيَّامٍ» آیه ۴، سوره حدید •••  
او کسی است که آسمان‌ها و زمین را در شش روز آفرید.

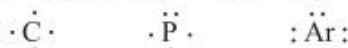
..... شاید شما هم یکی از شیفتگان آسمان پرستاره شبانه‌ای باشید؛ سقفی زیبا و آکنده از اسرار و پرسش‌های بی‌شماری که از گذشته تاکنون ذهن کنجکاو انسان‌های هوشمند را مجذوب خویش ساخته است. در این فضای بی‌کران، ستارگان پرفروغ با نوری که می‌تابانند، پیوسته با ما سخن می‌گویند و پیام آگاه‌باش می‌فرستند؛ پیامی که از گذشته‌های دور، روایت می‌کند؛ از اینکه جهان هستی چگونه پدید آمده است؟ دره‌های سازنده جهان هستی طی چه فرایندی و چگونه به وجود آمده‌اند؟ پرسش‌هایی که یافتن پاسخ آنها بسیار دشوار است. زمین در برابر عظمت آفرینش همانند آزمایشگاه بسیار کوچکی است که دانشمندان با آزمایش‌های گوناگون در آن، در تلاش برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها هستند. شیمی‌دان‌ها با بررسی ساختار و رفتار ماده، همچنین برهم کنش نور با ماده در این راستا سهم بسزایی داشته‌اند.



در لایه ظرفیت این اتم‌ها، هشت الکترون وجود دارد (به جز هلیوم که در تنها لایه الکترونی خود، دو الکترون دارد)؛ با این توصیف می‌توان نتیجه گرفت که بین پایداری و آرایش الکترونی لایه ظرفیت اتم‌ها باید رابطه‌ای باشد به طوری که اگر لایه ظرفیت اتمی، همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب بوده یا هشت تایی<sup>۱</sup> باشد، آن اتم واکنش‌پذیری چندانی ندارد؛ به دیگر سخن اگر لایه ظرفیت اتمی چنین نباشد، آن اتم واکنش‌پذیر است.

لوویس برای توضیح و پیش‌بینی رفتار اتم‌ها، آرایشی به نام آرایش الکترون - نقطه‌ای<sup>۲</sup> ارائه کرد که در آن الکترون‌های ظرفیت هر اتم، پیرامون نماد شیمیایی آن با نقطه نمایش داده می‌شود؛ برای نمونه، آرایش الکترون - نقطه‌ای سدیم به صورت  $\text{Na} \cdot$  است.

برای رسم آرایش الکترون - نقطه‌ای هر اتم، می‌توان نقطه‌گذاری را از یک سمت مانند سمت راست نماد شیمیایی عنصر آغاز کرد و نقطه‌های بعدی را در زیر، سمت چپ و بالای آن قرار داد. الکترون پنجم و پس از آن را باید طوری پیرامون نماد شیمیایی عنصر قرار داد که هر یک به صورت جفت نقطه درآید؛ برای نمونه آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌های کربن، فسفر و آرگون به صورت زیر است:



#### خود را بیازمایید

(آ) جدول زیر را کامل کنید.

| عنصر                    | $_{11}\text{Li}$  | $_{12}\text{Be}$ | $_{13}\text{B}$  | $_{14}\text{C}$  | $_{15}\text{N}$ | $_{16}\text{O}$ | $_{17}\text{F}$  | $_{18}\text{Ne}$ |
|-------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| آرایش الکترونی فشرده    |                   |                  |                  |                  |                 |                 |                  |                  |
| شمار الکترون ظرفیت      |                   |                  |                  |                  |                 |                 |                  |                  |
| آرایش الکترون - نقطه‌ای |                   |                  |                  |                  |                 |                 |                  |                  |
| عنصر                    | $_{11}\text{Na}$  | $_{12}\text{Mg}$ | $_{13}\text{Al}$ | $_{14}\text{Si}$ | $_{15}\text{P}$ | $_{16}\text{S}$ | $_{17}\text{Cl}$ | $_{18}\text{Ar}$ |
| آرایش الکترونی فشرده    |                   |                  |                  |                  |                 |                 |                  |                  |
| شمار الکترون ظرفیت      |                   |                  |                  |                  |                 |                 |                  |                  |
| آرایش الکترون - نقطه‌ای | $\text{Na} \cdot$ |                  |                  |                  |                 |                 |                  |                  |

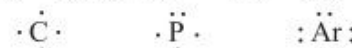
(ب) آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم عنصرهای یک گروه چه شباهتی دارد؟ توضیح دهید.

(پ) بین شماره گروه و آرایش الکترون - نقطه‌ای چه رابطه‌ای هست؟ توضیح دهید.

در لایه ظرفیت این اتم‌ها، هشت الکترون وجود دارد (به جز هلیوم که در تنها لایه الکترونی خود، دو الکترون دارد)؛ با این توصیف می‌توان نتیجه گرفت که بین پایداری و آرایش الکترونی لایه ظرفیت اتم‌ها باید رابطه‌ای باشد به طوری که اگر لایه ظرفیت اتمی، همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب بوده یا هشت تایی<sup>۱</sup> باشد، آن اتم واکنش‌پذیری چندانی ندارد؛ به دیگر سخن اگر لایه ظرفیت اتمی چنین نباشد، آن اتم واکنش‌پذیر است.

لوویس برای توضیح و پیش‌بینی رفتار اتم‌ها، آرایشی به نام آرایش الکترون - نقطه‌ای<sup>۲</sup> ارائه کرد که در آن الکترون‌های ظرفیت هر اتم، پیرامون نماد شیمیایی آن با نقطه نمایش داده می‌شود؛ برای نمونه، آرایش الکترون - نقطه‌ای سدیم به صورت  $\text{Na} \cdot$  است.

برای رسم آرایش الکترون - نقطه‌ای هر اتم، می‌توان نقطه‌گذاری را از یک سمت مانند سمت راست نماد شیمیایی عنصر آغاز کرد و نقطه‌های بعدی را در زیر، سمت چپ و بالای آن قرار داد. الکترون پنجم و پس از آن را باید طوری پیرامون نماد شیمیایی عنصر قرار داد که هر یک به صورت جفت نقطه درآید؛ برای نمونه آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌های کربن، فسفر و آرگون به صورت زیر است:



#### خود را بیازمایید

(آ) جدول زیر را کامل کنید.

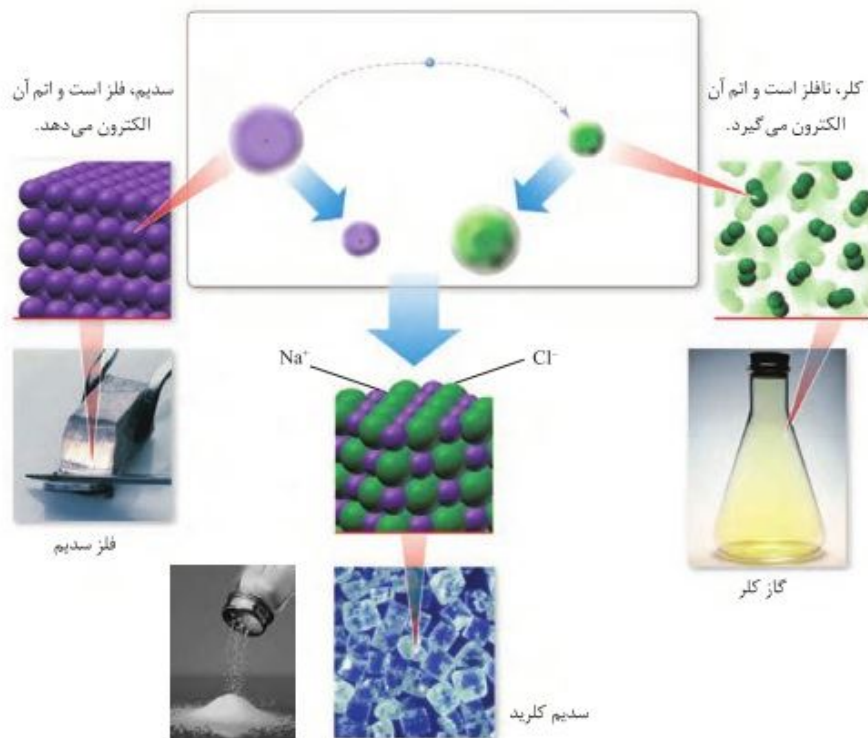
| عنصر                    | $_{11}\text{Li}$  | $_{12}\text{Be}$ | $_{13}\text{B}$  | $_{14}\text{C}$  | $_{15}\text{N}$ | $_{16}\text{O}$ | $_{17}\text{F}$  | $_{18}\text{Ne}$ |
|-------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| آرایش الکترونی فشرده    |                   |                  |                  |                  |                 |                 |                  |                  |
| شمار الکترون ظرفیت      |                   |                  |                  |                  |                 |                 |                  |                  |
| آرایش الکترون - نقطه‌ای |                   |                  |                  |                  |                 |                 |                  |                  |
| عنصر                    | $_{11}\text{Na}$  | $_{12}\text{Mg}$ | $_{13}\text{Al}$ | $_{14}\text{Si}$ | $_{15}\text{P}$ | $_{16}\text{S}$ | $_{17}\text{Cl}$ | $_{18}\text{Ar}$ |
| آرایش الکترونی فشرده    |                   |                  |                  |                  |                 |                 |                  |                  |
| شمار الکترون ظرفیت      |                   |                  |                  |                  |                 |                 |                  |                  |
| آرایش الکترون - نقطه‌ای | $\text{Na} \cdot$ |                  |                  |                  |                 |                 |                  |                  |

(ب) آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم عنصرهای یک گروه چه شباهتی دارد؟ توضیح دهید.

(پ) بین شماره گروه و آرایش الکترون - نقطه‌ای چه رابطه‌ای هست؟ توضیح دهید.

رفتار شیمیایی هر اتم به شمار الکترون‌های ظرفیت آن بستگی دارد به طوری که می‌توان دستیابی به آرایش گاز نجیب را مبنای رفتار آنها دانست. در واقع اتم‌ها می‌توانند با دادن الکترون، گرفتن الکترون و نیز به اشتراک گذاشتن آن به آرایش یک گاز نجیب برسند یا هشت‌تایی شوند تا پایدارتر گردند. در درس علوم آموختید که هرگاه اتم‌های سدیم و کلر کنار یکدیگر قرار گیرند، اتم سدیم با از دست دادن یک الکترون به یون سدیم و اتم کلر با گرفتن یک الکترون به یون کلرید تبدیل شده و در این واکنش سدیم کلرید (نمک خوراکی) تولید می‌شود (شکل ۲۵).

● از دست دادن، گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون نشانه‌ای از رفتار شیمیایی اتم است.



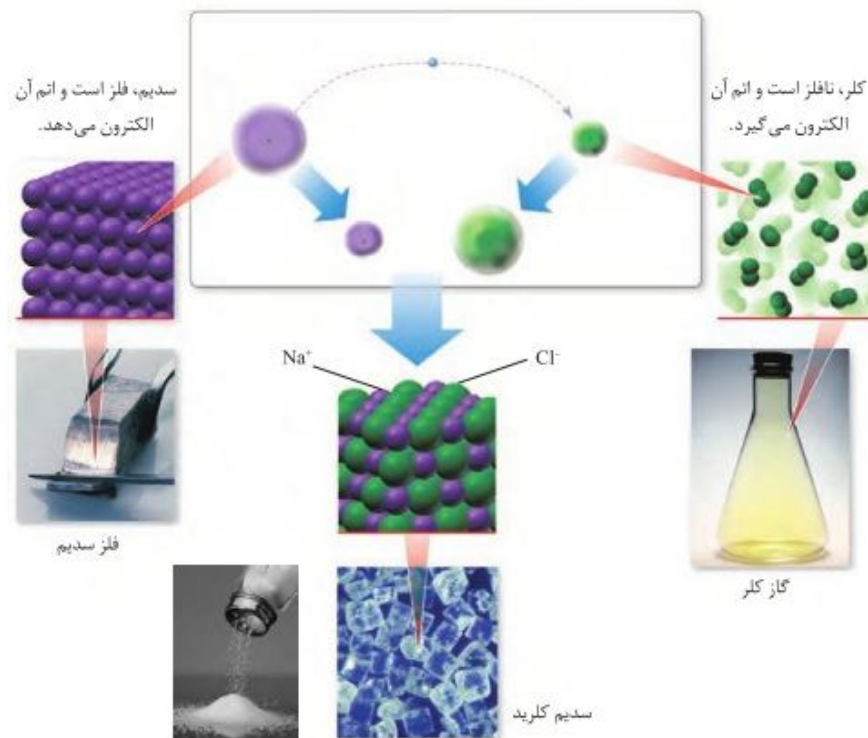
شکل ۲۵. واکنش اتم‌های سدیم با کلر، دادوستد الکترون و تشکیل سدیم کلرید

شکل نشان می‌دهد که اتم‌های سدیم با از دست دادن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود (نئون) و اتم‌های کلر با گرفتن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب هم‌دوره خود (آرگون) می‌رسند.

۳۶

رفتار شیمیایی هر اتم به شمار الکترون‌های ظرفیت آن بستگی دارد به طوری که می‌توان دستیابی به آرایش الکترونی پایدارتر را مبنای رفتار آنها دانست. در واقع اتم‌ها می‌توانند با دادن و گرفتن الکترون به آرایش گاز نجیب برسند یا به اشتراک گذاشتن الکترون، هشت‌تایی شوند تا پایدارتر گردند. در درس علوم آموختید که هرگاه اتم‌های سدیم و کلر کنار یکدیگر قرار گیرند، اتم سدیم با از دست دادن یک الکترون به یون سدیم و اتم کلر با گرفتن یک الکترون به یون کلرید تبدیل شده و در این واکنش سدیم کلرید (نمک خوراکی) تولید می‌شود (شکل ۲۵).

● از دست دادن، گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون نشانه‌ای از رفتار شیمیایی اتم است.



شکل ۲۵. واکنش اتم‌های سدیم با کلر، دادوستد الکترون و تشکیل سدیم کلرید

شکل نشان می‌دهد که اتم‌های سدیم با از دست دادن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود (نئون) و اتم‌های کلر با گرفتن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب هم‌دوره خود (آرگون) می‌رسند.

۳۶

### با هم ببیند پیشیم

۱- جدول زیر را در نظر بگیرید:

|    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ۱  | ۲  | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ |
| H  |    |    |    |    |    |    | He |
| Li | Be | B  | C  | N  | O  | F  | Ne |
| Na | Mg | Al | Si | P  | S  | Cl | Ar |

(آ) آرایش الکترون - نقطه ای اتم های داده شده را با اتم های نجیب، مقایسه و پیش بینی کنید هر یک از این اتم ها در واکنش های شیمیایی چه رفتاری خواهد داشت؟  
(ب) بررسی ها نشان می دهد که اغلب این اتم ها در طبیعت به صورت یون در ترکیب های گوناگون یافت می شود. جدول زیر یون های شناخته شده از این اتم ها را نشان می دهد. اکنون با توجه به آن، درستی پیش بینی های خود را بررسی کنید.

|                 |                  |                  |    |                 |                 |                 |    |
|-----------------|------------------|------------------|----|-----------------|-----------------|-----------------|----|
| ۱               | ۲                | ۱۳               | ۱۴ | ۱۵              | ۱۶              | ۱۷              | ۱۸ |
|                 |                  |                  |    |                 |                 |                 | He |
| Li <sup>+</sup> |                  |                  |    | N <sup>3-</sup> | O <sup>2-</sup> | F <sup>-</sup>  | Ne |
| Na <sup>+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> |    | P <sup>3-</sup> | S <sup>2-</sup> | Cl <sup>-</sup> | Ar |
| K <sup>+</sup>  | Ca <sup>2+</sup> |                  |    |                 |                 | Br <sup>-</sup> | Kr |

۲- با توجه به جدول در هر مورد با خط زدن واژه نادرست، عبارت داده شده را کامل کنید.  
(آ) اگر شمار الکترون های ظرفیت اتمی کمتر یا برابر یا  $\frac{سه}{چهار}$  باشد، آن اتم در شرایط مناسب تمایل دارد که شماری از الکترون های ظرفیت خود را از دست بدهد و به  $\frac{کاتیون}{انیون}$  تبدیل شود.  
(ب) اتم عنصرهای گروه ۱ و ۲ در شرایط مناسب با  $\frac{از دست دادن}{گرفتن}$  الکترون به  $\frac{کاتیون}{انیون}$  تبدیل می شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب  $\frac{پیش}{پس}$  از خود را دارند.

### آیا می دانید

گیلبرت نیوتن لوویس  
(۱۸۷۵-۱۹۴۶)

یکی از پیشگازان دانش شیمی و بنیان گذار نظریه تشکیل پیوند شیمیایی و نظریه الکترونی اسید-باز بود. او واژه فوتون را برای ذره های سازنده نور پیشنهاد کرد.



این شیمی فیزیکدان آمریکایی ۳۵ بار نامزد دریافت جایزه نوبل شد اما هیچ گاه این جایزه را دریافت نکرد. این ناکامی هیچ چیز از ارزشمندی، ماندگاری و تأثیرگذاری کارهای علمی لوویس کم نمی کند.

### با هم ببیند پیشیم

۱- جدول زیر را در نظر بگیرید:

|    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ۱  | ۲  | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ |
| H  |    |    |    |    |    |    | He |
| Li | Be | B  | C  | N  | O  | F  | Ne |
| Na | Mg | Al | Si | P  | S  | Cl | Ar |

(آ) آرایش الکترون - نقطه ای اتم های داده شده را با اتم های نجیب، مقایسه و پیش بینی کنید هر یک از این اتم ها در واکنش های شیمیایی چه رفتاری خواهد داشت؟  
(ب) بررسی ها نشان می دهد که اغلب این اتم ها در طبیعت به صورت یون در ترکیب های گوناگون یافت می شود. جدول زیر یون های شناخته شده از این اتم ها را نشان می دهد. اکنون با توجه به آن، درستی پیش بینی های خود را بررسی کنید.

|                 |                  |                  |    |                 |                 |                 |    |
|-----------------|------------------|------------------|----|-----------------|-----------------|-----------------|----|
| ۱               | ۲                | ۱۳               | ۱۴ | ۱۵              | ۱۶              | ۱۷              | ۱۸ |
|                 |                  |                  |    |                 |                 |                 | He |
| Li <sup>+</sup> |                  |                  |    | N <sup>3-</sup> | O <sup>2-</sup> | F <sup>-</sup>  | Ne |
| Na <sup>+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> |    | P <sup>3-</sup> | S <sup>2-</sup> | Cl <sup>-</sup> | Ar |
| K <sup>+</sup>  | Ca <sup>2+</sup> |                  |    |                 |                 | Br <sup>-</sup> | Kr |

۲- با توجه به جدول در هر مورد با خط زدن واژه نادرست، عبارت داده شده را کامل کنید.  
(آ) اگر شمار الکترون های ظرفیت اتمی کمتر یا برابر یا  $\frac{سه}{چهار}$  باشد، آن اتم در شرایط مناسب تمایل دارد که شماری از الکترون های ظرفیت خود را از دست بدهد و به  $\frac{کاتیون}{انیون}$  تبدیل شود.  
(ب) اتم عنصرهای گروه ۱ و ۲ در شرایط مناسب با  $\frac{از دست دادن}{گرفتن}$  الکترون به  $\frac{کاتیون}{انیون}$  تبدیل می شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب  $\frac{پیش}{پس}$  از خود را دارند.

### آیا می دانید

گیلبرت نیوتن لوویس  
(۱۸۷۵-۱۹۴۶)

یکی از پیشگازان دانش شیمی و بنیان گذار نظریه تشکیل پیوند شیمیایی و نظریه الکترونی اسید-باز بود. او واژه فوتون را برای ذره های سازنده نور پیشنهاد کرد.



این شیمی فیزیکدان آمریکایی ۳۵ بار نامزد دریافت جایزه نوبل شد اما هیچ گاه این جایزه را دریافت نکرد. این ناکامی هیچ چیز از ارزشمندی، ماندگاری و تأثیرگذاری کارهای علمی لوویس کم نمی کند.

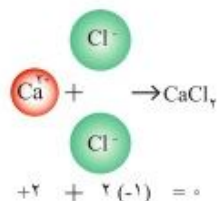
پ) اتم‌های گروه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ در شرایط مناسب با  $\frac{\text{از دست دادن}}{\text{به دست آوردن}}$  الکترون به کاتیون‌هایی تبدیل می‌شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب هم دوره خود را دارد.

۳- پیش‌بینی کنید اتم هریک از عنصرهایی که به ترتیب در خانه‌های شماره ۷ و ۱۲ جدول دوره‌ای جای دارد، در شرایط مناسب به چه یونی تبدیل می‌شود؟

• یون تک‌اتمی، کاتیون یا آنیون است که تنها از یک اتم تشکیل شده است؛ برای نمونه هریک از یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  تک اتمی هستند.

### تبدیل اتم‌ها به یون‌ها

اتم اکسیژن برای رسیدن به آرایش گاز نجیب پس از خود باید دو الکترون بگیرد در حالی که اتم کلسیم باید دو الکترون ظرفیت خود را از دست بدهد تا به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود برسد؛ به دیگر سخن هرگاه اتم‌های این دو عنصر در شرایط مناسب، کنار هم قرار گیرند، با هم واکنش می‌دهند به طوری که با دادوستد الکترون به یون‌های  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{O}^{2-}$  تبدیل می‌شوند. میان یون‌های تولید شده به دلیل وجود بارهای الکتریکی ناهمنام، نیروی جاذبه بسیار قوی برقرار می‌شود؛ نیروی جاذبه‌ای که پیوند یونی نامیده می‌شود. ترکیب حاصل از این واکنش، کلسیم اکسید نام دارد که آن را با فرمول شیمیایی  $\text{CaO}$  نشان می‌دهند. این فرمول شیمیایی نشان می‌دهد که کلسیم و اکسیژن دو عنصر سازنده این ترکیب‌اند و نسبت یون‌های سازنده آن ۱ به ۱ است. ترکیب‌هایی از این دست که ذره‌های سازنده آنها یون است، ترکیب یونی نام دارند.



• فرمول شیمیایی کلسیم کلرید نشان می‌دهد که نسبت کاتیون به آنیون سازنده آن، ۱ به ۲ است.

### با هم ببیندیشیم

هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است؛ زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها با مجموع بار الکتریکی آنیون‌ها برابر است. از این ویژگی می‌توان برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب‌های یونی دوتایی بهره برد؛ برای نمونه به چگونگی تشکیل سدیم سولفید و آلومینیم اکسید و نوشتن فرمول شیمیایی آنها توجه کنید.

۱- Ionic Bond      ۲- Ionic Compound

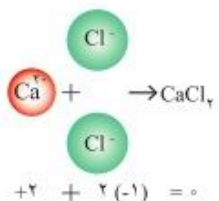
پ) اتم‌های گروه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ در شرایط مناسب با  $\frac{\text{از دست دادن}}{\text{به دست آوردن}}$  الکترون به کاتیون‌هایی تبدیل می‌شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب هم دوره خود را دارد.

۳- پیش‌بینی کنید اتم هریک از عنصرهایی که به ترتیب در خانه‌های شماره ۷ و ۱۲ جدول دوره‌ای جای دارد، در شرایط مناسب به چه یونی تبدیل می‌شود؟

• یون تک‌اتمی، کاتیون یا آنیون است که تنها از یک اتم تشکیل شده است؛ برای نمونه هریک از یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  تک اتمی هستند.

### تبدیل اتم‌ها به یون‌ها

اتم اکسیژن برای رسیدن به آرایش گاز نجیب پس از خود باید دو الکترون بگیرد در حالی که اتم کلسیم باید دو الکترون ظرفیت خود را از دست بدهد تا به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود برسد؛ به دیگر سخن هرگاه اتم‌های این دو عنصر در شرایط مناسب، کنار هم قرار گیرند، با هم واکنش می‌دهند به طوری که با دادوستد الکترون به یون‌های  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{O}^{2-}$  تبدیل می‌شوند. میان یون‌های تولید شده به دلیل وجود بارهای الکتریکی ناهمنام، نیروی جاذبه بسیار قوی برقرار می‌شود؛ نیروی جاذبه‌ای که پیوند یونی نامیده می‌شود. ترکیب حاصل از این واکنش، کلسیم اکسید نام دارد که آن را با فرمول شیمیایی  $\text{CaO}$  نشان می‌دهند. این فرمول شیمیایی نشان می‌دهد که کلسیم و اکسیژن دو عنصر سازنده این ترکیب‌اند و نسبت یون‌های سازنده آن ۱ به ۱ است. ترکیب‌هایی از این دست که ذره‌های سازنده آنها یون است، ترکیب یونی نام دارند.



• فرمول شیمیایی کلسیم کلرید نشان می‌دهد که نسبت کاتیون به آنیون سازنده آن، ۱ به ۲ است.

### با هم ببیندیشیم

هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است؛ زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها با مجموع بار الکتریکی آنیون‌ها برابر است. از این ویژگی می‌توان برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب‌های یونی دوتایی بهره برد؛ برای نمونه به چگونگی تشکیل سدیم سولفید و آلومینیم اکسید و نوشتن فرمول شیمیایی آنها توجه کنید.

۱- Ionic Bond      ۲- Ionic Compound

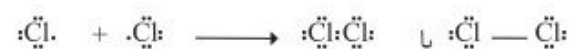
## تبدیل اتم‌ها به مولکول‌ها

### آیا می‌دانید

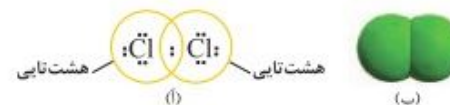
آیا همه اتم‌ها هنگام ترکیب با یکدیگر، الکترون دادوستد می‌کنند؟ در درس علوم آموختید که بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی در ساختار خود هیچ یونی ندارند و ذره‌های سازنده آنها مولکول‌ها هستند. حال این پرسش مطرح است که رفتار کدام اتم‌ها سبب تشکیل مولکول‌ها خواهد شد؟ آیا در تشکیل مولکول‌ها رسیدن به آرایش هشت‌تایی ملاکی برای رفتار اتم‌هاست؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها به آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم کلر توجه کنید.



گاز کلر که خاصیت رنگ‌بری و گندزدایی دارد از مولکول‌های دو اتمی ( $\text{Cl}_2$ ) تشکیل شده است. با توجه به آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم کلر می‌توان تشکیل این مولکول را به صورت زیر نشان داد:



با این توصیف هر اتم کلر، تک الکترون خود را با دیگری به اشتراک می‌گذارد به طوری که دو الکترون موجود بین دو اتم در آرایش الکترون - نقطه‌ای به هر دوی آنها تعلق دارد. در این وضعیت هر یک از اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده است (شکل ۲۶).



شکل ۲۶- نمایش مولکول کلر (آ) آرایش هشت‌تایی اتم‌ها در مولکول و (ب) مدل فضا پرکن

جفت الکترون اشتراکی میان دو اتم کلر در مولکول  $\text{Cl}_2$  نشان‌دهنده یک پیوند اشتراکی (کووالانسی)<sup>۱</sup> است؛ پیوندی که سبب اتصال دو اتم به یکدیگر در مولکول شده است؛ به دیگر سخن اتم نافلزها در شرایط مناسب با تشکیل پیوندهای اشتراکی می‌توانند مولکول‌های دو یا چند اتمی را بسازند (جدول ۴).

● مواد شیمیایی خالصی که در ساختار خود مولکول دارند، مواد مولکولی نامیده می‌شوند.

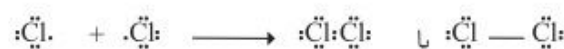
## تبدیل اتم‌ها به مولکول‌ها

### آیا می‌دانید

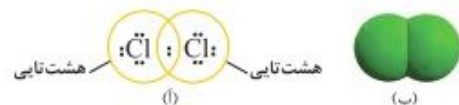
آیا همه اتم‌ها هنگام ترکیب با یکدیگر، الکترون دادوستد می‌کنند؟ در درس علوم آموختید که بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی در ساختار خود هیچ یونی ندارند و ذره‌های سازنده آنها مولکول‌ها هستند. حال این پرسش مطرح است که رفتار کدام اتم‌ها سبب تشکیل مولکول‌ها خواهد شد؟ آیا در تشکیل مولکول‌ها رسیدن به آرایش هشت‌تایی ملاکی برای رفتار اتم‌هاست؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها به آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم کلر توجه کنید.



گاز کلر که خاصیت رنگ‌بری و گندزدایی دارد از مولکول‌های دو اتمی ( $\text{Cl}_2$ ) تشکیل شده است. با توجه به آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم کلر می‌توان تشکیل این مولکول را به صورت زیر نشان داد:



با این توصیف هر اتم کلر، تک الکترون خود را با دیگری به اشتراک می‌گذارد به طوری که دو الکترون موجود بین دو اتم در آرایش الکترون - نقطه‌ای به هر دوی آنها تعلق دارد. در این وضعیت هر یک از اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده است (شکل ۲۶).

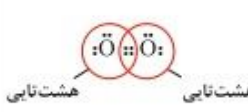


شکل ۲۶- نمایش مولکول کلر (آ) آرایش هشت‌تایی اتم‌ها در مولکول و (ب) مدل فضا پرکن

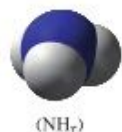
جفت الکترون اشتراکی میان دو اتم کلر در مولکول  $\text{Cl}_2$  نشان‌دهنده یک پیوند اشتراکی (کووالانسی)<sup>۱</sup> است؛ پیوندی که سبب اتصال دو اتم به یکدیگر در مولکول شده است؛ به دیگر سخن اتم نافلزها در شرایط مناسب با تشکیل پیوندهای اشتراکی می‌توانند مولکول‌های دو یا چند اتمی را بسازند (جدول ۴).

● مواد شیمیایی خالصی که در ساختار خود مولکول دارند، مواد مولکولی نامیده می‌شوند.

جدول ۴- چگونگی تشکیل و نمایش مولکول‌های اکسیژن و آب

| تشکیل مولکول از اتم‌ها                                                                                                                                      | نمایش مولکول‌های اکسیژن و آب                                                                                                                                                                                         | نمایش مولکول‌های اکسیژن و آب |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| $\begin{array}{c} \text{O} \cdot + \cdot \text{O} \\ \downarrow \quad \downarrow \\ \text{O}::\text{O} \quad \text{یا} \quad \text{O}=\text{O} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{H} \cdot + \cdot \text{O} \cdot + \cdot \text{H} \\ \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ \text{H}:\text{O}:\text{H} \quad \text{یا} \quad \text{H}-\text{O}-\text{H} \end{array}$ |                              |
|  <p>هشت تایی هشت تایی</p>                                                  |  <p>دو تایی هشت تایی دو تایی</p>                                                                                                    |                              |
|                                                                            |                                                                                                                                     |                              |
| $\text{O}_2$                                                                                                                                                | $\text{H}_2\text{O}$                                                                                                                                                                                                 | فرمول مولکولی                |

• به فرمول شیمیایی که افزون بر نوع عنصرهای سازنده، شمار اتم‌های هر عنصر را در مولکول نشان می‌دهد، فرمول مولکولی می‌گویند.



### خود را بیازمایید

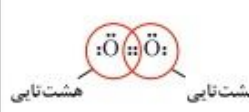
- ۱- آرایش الکترون - نقطه‌ای را برای هر یک از مولکول‌های زیر رسم کنید.  
 (آ) هیدروژن کلرید (HCl)  
 (ب) آمونیاک (NH<sub>3</sub>)  
 (پ) متان (CH<sub>4</sub>)

۲- جرم مولی هر یک از ترکیب‌های داده شده در پرسش بالا را با استفاده از داده‌های جدول دوره‌ای به‌دست آورید.

• مدل فضا پرکن برای برخی مولکول‌ها

راهنمایی: جرم مولی یک ماده با مجموع جرم مولی اتم‌های سازنده آن برابر است. برای نمونه، جرم مولی آب برابر است با:  $2 \times 1/008 + 16/00 = 18/016 \text{ g mol}^{-1}$

جدول ۴- چگونگی تشکیل و نمایش مولکول‌های اکسیژن و آب

| تشکیل مولکول از اتم‌ها                                                                                                                                      | نمایش مولکول‌های اکسیژن و آب                                                                                                                                                                                         | نمایش مولکول‌های اکسیژن و آب |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| $\begin{array}{c} \text{O} \cdot + \cdot \text{O} \\ \downarrow \quad \downarrow \\ \text{O}::\text{O} \quad \text{یا} \quad \text{O}=\text{O} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{H} \cdot + \cdot \text{O} \cdot + \cdot \text{H} \\ \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ \text{H}:\text{O}:\text{H} \quad \text{یا} \quad \text{H}-\text{O}-\text{H} \end{array}$ |                              |
|  <p>هشت تایی هشت تایی</p>                                                |  <p>دو تایی هشت تایی دو تایی</p>                                                                                                  |                              |
|                                                                          |                                                                                                                                   |                              |
| $\text{O}_2$                                                                                                                                                | $\text{H}_2\text{O}$                                                                                                                                                                                                 | فرمول مولکولی                |

• به فرمول شیمیایی که افزون بر نوع عنصرهای سازنده، شمار اتم‌های هر عنصر را در مولکول نشان می‌دهد، فرمول مولکولی می‌گویند.



### خود را بیازمایید

- ۱- آرایش الکترون - نقطه‌ای را برای هر یک از مولکول‌های زیر رسم کنید.  
 (آ) هیدروژن کلرید (HCl)  
 (ب) آمونیاک (NH<sub>3</sub>)  
 (پ) متان (CH<sub>4</sub>)

۲- جرم مولی هر یک از ترکیب‌های داده شده در پرسش بالا را با استفاده از داده‌های جدول دوره‌ای به‌دست آورید.

• مدل فضا پرکن برای برخی مولکول‌ها

راهنمایی: جرم مولی یک ماده با مجموع جرم مولی اتم‌های سازنده آن برابر است. برای نمونه، جرم مولی آب برابر است با:  $2 \times 1/008 + 16/00 = 18/016 \text{ g mol}^{-1}$



(آ) موقعیت هر عنصر را در جدول دوره‌ای تعیین کنید.

(ب) کدام اتم(ها) تمایلی به انجام واکنش و ترکیب شدن ندارد؟ چرا؟

(پ) آرایش الکترون - نقطه‌ای (۲) و (۳) را رسم و پیش‌بینی کنید هریک از این اتم‌ها در واکنش با فلوئور چه رفتاری دارد؟

(ت) در اتم (۴) چند زیر لایه به‌طور کامل از الکترون‌ها پر شده است؟ توضیح دهید.

۱۰ - دانش‌آموزی با استفاده از مدل فضاپرکن کربن دی‌اکسید

مطابق شکل روبه‌رو توانست، جرم یک مولکول از آن را برحسب amu

به‌درستی محاسبه کند.

(آ) روش کار او را توضیح دهید.

(ب) جرم یک مول از مولکول نشان داده شده چند گرم است؟ چرا؟

(پ) جرم مولی کربن دی‌اکسید را با استفاده از داده‌ها در جدول

دوره‌ای به‌دست آورید.

(ت) با استفاده از داده‌های جدول دوره‌ای عناصرها، جرم مولی هریک از ترکیب‌های زیر را برحسب  $\text{g mol}^{-1}$  به‌دست

آورید.  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$

۱۱ - به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

(آ) پتاسیم سه ایزوتوپ با نمادهای  $^{39}\text{K}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{41}\text{K}$  دارد، با توجه به جرم اتمی میانگین پتاسیم در جدول دوره‌ای عناصرها،

مشخص کنید که بیشترین درصد فراوانی مربوط به کدام ایزوتوپ است؟

(ب) برم دو ایزوتوپ با نمادهای  $^{79}\text{Br}$  (با جرم اتمی  $78.9183 \text{ amu}$ ) و  $^{81}\text{Br}$  (با جرم اتمی  $80.9163 \text{ amu}$ ) دارد و جرم اتمی

میانگین آن برابر با  $79.904 \text{ amu}$  است. آیا نتیجه‌گیری زیر درست است؟ چرا؟

«درصد فراوانی ایزوتوپ‌های برم تقریباً برابر است.»

۱۲ - با مراجعه به جدول دوره‌ای عناصرها، فرمول چند ترکیب یونی دوتایی را بنویسید که فرمول عمومی آنها به شکل زیر

باشد (X و Y می‌توانند نماینده عناصرهای گوناگون باشند) (توجه: برای پاسخ دادن به این پرسش، ۱۸ عنصر اول جدول

دوره‌ای عناصرها به‌جز بریلیم (Be)، بور (B) و آلومینیم (Al) را در نظر بگیرید.)

(آ)  $\text{XY}$

(ب)  $\text{X}_2\text{Y}$

(پ)  $\text{XY}_2$

(ت)  $\text{X}_2\text{Y}_2$

(آ) موقعیت هر عنصر را در جدول دوره‌ای تعیین کنید.

(ب) کدام اتم(ها) تمایلی به انجام واکنش و ترکیب شدن ندارد؟ چرا؟

(پ) آرایش الکترون - نقطه‌ای (۲) و (۳) را رسم و پیش‌بینی کنید هریک از این اتم‌ها در واکنش با فلوئور چه رفتاری دارد؟

(ت) در اتم (۴) چند زیر لایه به‌طور کامل از الکترون‌ها پر شده است؟ توضیح دهید.

۱۰ - دانش‌آموزی با استفاده از مدل فضاپرکن کربن دی‌اکسید

مطابق شکل روبه‌رو توانست، جرم یک مولکول از آن را برحسب amu

به‌درستی محاسبه کند.

(آ) روش کار او را توضیح دهید.

(ب) جرم یک مول از مولکول نشان داده شده چند گرم است؟ چرا؟

(پ) جرم مولی کربن دی‌اکسید را با استفاده از داده‌ها در جدول

دوره‌ای به‌دست آورید.

(ت) با استفاده از داده‌های جدول دوره‌ای عناصرها، جرم مولی هریک از ترکیب‌های زیر را برحسب  $\text{g mol}^{-1}$  به‌دست

آورید.  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$

۱۱ - به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

(آ) پتاسیم سه ایزوتوپ با نمادهای  $^{39}\text{K}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{41}\text{K}$  دارد، با توجه به جرم اتمی میانگین پتاسیم در جدول دوره‌ای عناصرها،

مشخص کنید که بیشترین درصد فراوانی مربوط به کدام ایزوتوپ است؟

(ب) برم دو ایزوتوپ با نمادهای  $^{79}\text{Br}$  (با جرم اتمی  $78.9183 \text{ amu}$ ) و  $^{81}\text{Br}$  (با جرم اتمی  $80.9163 \text{ amu}$ ) دارد و جرم اتمی

میانگین آن برابر با  $79.904 \text{ amu}$  است. آیا نتیجه‌گیری زیر درست است؟ چرا؟

«درصد فراوانی ایزوتوپ‌های برم تقریباً برابر است.»

۱۲ - با مراجعه به جدول دوره‌ای عناصرها، فرمول چند ترکیب یونی دوتایی را بنویسید که فرمول عمومی آنها به شکل زیر

باشد (X و Y می‌توانند نماینده عناصرهای گوناگون باشند) (توجه: برای پاسخ دادن به این پرسش، ۱۸ عنصر اول جدول

دوره‌ای عناصرها به‌جز بریلیم (Be)، بور (B) و آلومینیم (Al) را در نظر بگیرید.)

(آ)  $\text{XY}$

(ب)  $\text{X}_2\text{Y}$

(پ)  $\text{XY}_2$

(ت)  $\text{X}_2\text{Y}_2$

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  $^{\circ}\text{C} -78$  (صفر درجهٔ سلسیوس)، رطوبت هوا به صورت یخ از آن جدا می‌شود (چرا؟). در دمای  $^{\circ}\text{C} -78$ ، گاز کریه دی اکسید هوا نیز به حالت جامد در می‌آید. با سرد کردن بیشتر تا دمای  $^{\circ}\text{C} -200$ ، مخلوط بسیار سردی از چند مایع پدید می‌آید که به آن **هوای مایع**<sup>۱</sup> می‌گویند. در پایان، با عبور هوای مایع از یک ستون تقطیر، گازهای سازنده جداسازی و در ظرف‌های جدا ذخیره می‌شوند.



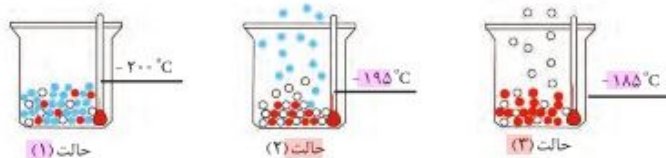
● **آرگون** گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است. واژهٔ آرگون به معنای تنبل است؛ زیرا واکنش‌پذیری ناچیزی دارد. این گاز در پتروشیمی شیراز از تقطیر جزء به جزء هوای مایع با خلوص بسیار زیاد تهیه می‌شود. آرگون به عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود.

### با هم ببیندیشیم

۱- با توجه به جدول روبه‌رو به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:  
(آ) نمونه‌ای از هوای مایع با دمای  $^{\circ}\text{C} -200$  تهیه شده است، اگر این نمونه تقطیر شود، ترتیب جداسازی گازها را مشخص کنید.

| گاز     | نقطه جوش ( $^{\circ}\text{C}$ ) |
|---------|---------------------------------|
| نیتروژن | $-196$                          |
| اکسیژن  | $-183$                          |
| آرگون   | $-186$                          |
| هلیوم   | $-269$                          |

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



(پ) در دمای  $^{\circ}\text{C} -8$ ، اجزای سازندهٔ هوای مایع به کدام شکل وجود دارند؟ چرا؟



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

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  $^{\circ}\text{C} -78$  (صفر درجهٔ سلسیوس)، رطوبت هوا به صورت یخ از آن جدا می‌شود (چرا؟). در دمای  $^{\circ}\text{C} -78$ ، گاز کریه دی اکسید هوا نیز به حالت جامد در می‌آید. با سرد کردن بیشتر تا دمای  $^{\circ}\text{C} -200$ ، مخلوط بسیار سردی از چند مایع پدید می‌آید که به آن **هوای مایع**<sup>۱</sup> می‌گویند. در پایان، با عبور هوای مایع از یک ستون تقطیر، گازهای سازنده جداسازی و در ظرف‌های جدا ذخیره می‌شوند.



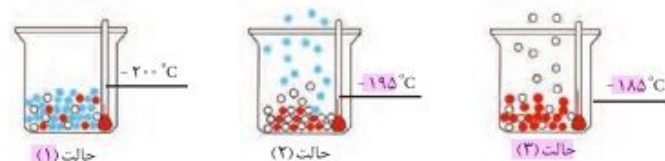
● **آرگون** گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است. واژهٔ آرگون به معنای تنبل است؛ زیرا واکنش‌پذیری ناچیزی دارد. این گاز در پتروشیمی شیراز از تقطیر جزء به جزء هوای مایع با خلوص بسیار زیاد تهیه می‌شود. آرگون به عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود.

### با هم ببیندیشیم

۱- با توجه به جدول به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:  
(آ) جدول را کامل کنید.  
(ب) نمونه‌ای از هوای مایع با دمای  $^{\circ}\text{C} -200$  تهیه شده است، اگر این نمونه تقطیر شود، ترتیب جداسازی گازها را مشخص کنید.

| گاز     | نقطه جوش ( $^{\circ}\text{C}$ ) | نقطه جوش (K) |
|---------|---------------------------------|--------------|
| نیتروژن | $-196$                          | ...          |
| اکسیژن  | $-183$                          | ...          |
| آرگون   | $-186$                          | ...          |
| هلیوم   | $-269$                          | ...          |

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



(ت) در دمای  $^{\circ}\text{C} -8$ ، اجزای سازندهٔ هوای مایع به کدام شکل وجود دارند؟ چرا؟



(ث) 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.



۲-آ) هرگاه یک لوله آزمایش خشک و سرد را مطابق شکل‌های زیر درون یک مایع با دمای  $-20^{\circ}\text{C}$  قرار دهیم، مایع بی‌رنگی درون لوله آزمایش جمع می‌شود. این مایع چگونه تشکیل شده است؟ توضیح دهید.



ب) اگر لوله آزمایش را از درون این مایع بسیار سرد بیرون آورده و در هوای اتاق قرار دهیم و بلافاصله یک کبریت شعله‌ور را به دهانه آن نزدیک کنیم، شعله خاموش می‌شود. از این مشاهده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

پ) اگر پس از گذشت چند دقیقه کبریت نیمه افروخته را به دهانه لوله نزدیک کنیم، کبریت شعله‌ور می‌شود. چرا؟



• (برای مشاهده آزمایش به این رمزیننه سریع پاسخ مراجعه کنید.)

### پیوند با صنعت

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

هلیوم به عنوان سبک‌ترین گاز نجیب، بی‌رنگ و بی‌بو است که کاربردهای فراوانی در زندگی دارد (شکل ۵).



شکل ۵: هلیوم، 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<sup>۱</sup> استفاده می‌شود.

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

هلیوم 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

۱ - Magnetic Resonance Imaging

۲-آ) هرگاه یک لوله آزمایش خشک و سرد را مطابق شکل‌های زیر درون یک مایع با دمای  $-20^{\circ}\text{C}$  قرار دهیم، مایع بی‌رنگی درون لوله آزمایش جمع می‌شود. این مایع چگونه تشکیل شده است؟ توضیح دهید.



ب) اگر لوله آزمایش را از درون این مایع بسیار سرد بیرون آورده و در هوای اتاق قرار دهیم و بلافاصله یک کبریت شعله‌ور را به دهانه آن نزدیک کنیم، شعله خاموش می‌شود. از این مشاهده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

پ) اگر پس از گذشت چند دقیقه کبریت نیمه افروخته را به دهانه لوله نزدیک کنیم، کبریت شعله‌ور می‌شود. چرا؟



• (برای مشاهده آزمایش به این رمزیننه سریع پاسخ مراجعه کنید.)

### پیوند با صنعت

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

هلیوم به عنوان سبک‌ترین گاز نجیب، بی‌رنگ و بی‌بو است که کاربردهای فراوانی در زندگی دارد (شکل ۵).



شکل ۵: هلیوم، 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<sup>۱</sup> استفاده می‌شود.

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

هلیوم 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 در برخی منابع گاهی

۱ - Magnetic Resonance Imaging



از مخلوط گاز طبیعی را هلیوم تشکیل می‌دهد. البته مقدار هلیوم در میدان‌های گازی گوناگون، متفاوت است (شکل ۶). هلیوم را می‌توان افزون بر هوای مایع، از تقطیر جزء به جزء گاز طبیعی نیز به دست آورد. تهیه این گاز از کدام روش مقرون به صرفه‌تر است؟ چرا؟

شکل ۶ هلیوم موجود در گاز طبیعی به همراه سایر فراورده‌های سوختن بدون مصرف وارد هوا گره می‌شود.

جداسازی هلیوم از گاز طبیعی به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد. متخصصان کشورمان تاکنون موفق به جداسازی و تهیه آن نشده‌اند و همچنان، هلیوم 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، بهره مناسب ببریم.

### اکسیژن، گازی واکنش‌پذیر در هوا گره

اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل‌دهنده هوا گره است که زندگی روی زمین به وجود آن گره خورده است. به‌طوری که بسیاری از واکنش‌های شیمیایی مانند فرسایش سنگ و صخره، زنگ‌زدن، فساد مواد غذایی و... که پیوسته پیرامون ما رخ می‌دهند به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای انجام واکنش است. این عنصر در آب گره، در ساختار مولکول‌های آب و در زیست گره در ساختار همه مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها یافت می‌شود. در هوا گره نیز این گاز به‌طور عمده به شکل مولکول‌های دو اتمی وجود دارد؛ هرچند مقدار این گاز در لایه‌های گوناگون هوا گره با هم تفاوت دارد.

### خود را بیازمایید

در جدول زیر، فشار گاز اکسیژن هوا در ارتفاع‌های مختلف از سطح زمین داده شده است:

| ارتفاع از سطح زمین (km)                | ۰     | ۰.۲   | ۰.۴   | ۰.۶   | ۰.۸   | ۱.۰   | ۱.۲   | ۱.۴   | ۱.۶   | ۱.۸   | ۲.۰   | ۲.۲   | ۲.۴   | ۲.۶   | ۲.۸   | ۳.۰   | ۳.۲   | ۳.۴   | ۳.۶   | ۳.۸   | ۴.۰   | ۴.۲   | ۴.۴   | ۴.۶   | ۴.۸   | ۵.۰   |
|----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| فشار گاز اکسیژن (۱۰ <sup>-۱</sup> atm) | ۰.۲۰۹ | ۰.۲۰۷ | ۰.۲۰۵ | ۰.۲۰۳ | ۰.۲۰۱ | ۰.۱۹۹ | ۰.۱۹۷ | ۰.۱۹۵ | ۰.۱۹۳ | ۰.۱۹۱ | ۰.۱۸۹ | ۰.۱۸۷ | ۰.۱۸۵ | ۰.۱۸۳ | ۰.۱۸۱ | ۰.۱۷۹ | ۰.۱۷۷ | ۰.۱۷۵ | ۰.۱۷۳ | ۰.۱۷۱ | ۰.۱۶۹ | ۰.۱۶۷ | ۰.۱۶۵ | ۰.۱۶۳ | ۰.۱۶۱ | ۰.۱۵۹ |

آ نمودار فشار گاز اکسیژن را بر حسب ارتفاع، روی کاغذ میلی‌متری داده شده رسم کنید.



چرا هواپیماها یا خود اتاقکی از گاز اکسیژن حمل می‌کنند؟



حدود ۷ درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیوم تشکیل می‌دهد. البته مقدار هلیوم در میدان‌های گازی گوناگون، متفاوت است (شکل ۶). هلیوم را می‌توان افزون بر هوای مایع، از تقطیر جزء به جزء گاز طبیعی نیز به دست آورد. تهیه این گاز از کدام روش مقرون به صرفه‌تر است؟ چرا؟

شکل ۶ هلیوم موجود در گاز طبیعی به همراه سایر فراورده‌های سوختن بدون مصرف وارد هوا گره می‌شود.

جداسازی هلیوم از گاز طبیعی به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد. متخصصان کشورمان تاکنون موفق به جداسازی و تهیه آن نشده‌اند و همچنان، هلیوم 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، بهره مناسب ببریم.

### اکسیژن، گازی واکنش‌پذیر در هوا گره

اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل‌دهنده هوا گره است که زندگی روی زمین به وجود آن گره خورده است. به‌طوری که بسیاری از واکنش‌های شیمیایی مانند فرسایش سنگ و صخره، زنگ‌زدن، فساد مواد غذایی و... که پیوسته پیرامون ما رخ می‌دهند به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای انجام واکنش است. این عنصر در آب گره، در ساختار مولکول‌های آب و در زیست گره در ساختار همه مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها یافت می‌شود. در هوا گره نیز این گاز به‌طور عمده به شکل مولکول‌های دو اتمی وجود دارد؛ هرچند مقدار این گاز در لایه‌های گوناگون هوا گره با هم تفاوت دارد.

### خود را بیازمایید

در جدول زیر، فشار گاز اکسیژن هوا در ارتفاع‌های مختلف از سطح زمین داده شده است:

| ارتفاع از سطح زمین (km)                | ۰     | ۰.۲   | ۰.۴   | ۰.۶   | ۰.۸   | ۱.۰   | ۱.۲   | ۱.۴   | ۱.۶   | ۱.۸   | ۲.۰   | ۲.۲   | ۲.۴   | ۲.۶   | ۲.۸   | ۳.۰   | ۳.۲   | ۳.۴   | ۳.۶   | ۳.۸   | ۴.۰   | ۴.۲   | ۴.۴   | ۴.۶   | ۴.۸   | ۵.۰   |
|----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| فشار گاز اکسیژن (۱۰ <sup>-۱</sup> atm) | ۰.۲۰۹ | ۰.۲۰۷ | ۰.۲۰۵ | ۰.۲۰۳ | ۰.۲۰۱ | ۰.۱۹۹ | ۰.۱۹۷ | ۰.۱۹۵ | ۰.۱۹۳ | ۰.۱۹۱ | ۰.۱۸۹ | ۰.۱۸۷ | ۰.۱۸۵ | ۰.۱۸۳ | ۰.۱۸۱ | ۰.۱۷۹ | ۰.۱۷۷ | ۰.۱۷۵ | ۰.۱۷۳ | ۰.۱۷۱ | ۰.۱۶۹ | ۰.۱۶۷ | ۰.۱۶۵ | ۰.۱۶۳ | ۰.۱۶۱ | ۰.۱۵۹ |

آ نمودار فشار گاز اکسیژن را بر حسب ارتفاع، روی کاغذ میلی‌متری داده شده رسم کنید.



چرا هواپیماها یا خود اتاقکی از گاز اکسیژن حمل می‌کنند؟

نام شیمیایی این ماده، الگویی برای نام گذاری این نوع ترکیب ها است. بدین ترتیب که نخست، شمار و نام عنصری گفته می شود که در سمت چپ فرمول شیمیایی نوشته شده است. سپس شمار و نام عنصر دوم با پسوند « ید » بیان می شود.

### خود را بیازمایید

نام ترکیب ها در ستون نخست و فرمول شیمیایی ترکیب ها در ستون دوم را بنویسید.

|                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| NO <sub>2</sub> (ا)   | ج) دی نیتروژن تری اکسید |
| CO (ب)                | چ) کربن دی سولفید       |
| SO <sub>2</sub> (پ)   | ح) گوگرد تری اکسید      |
| PCl <sub>3</sub> (ت)  | خ) کربن تترا کلرید      |
| SiBr <sub>4</sub> (ث) | د) نیتروژن تری فلوئورید |



SO<sub>2</sub>



CO<sub>2</sub>



CO

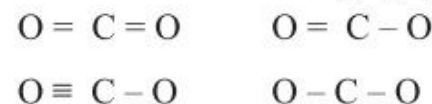
• مدل فضا پرکن چند مولکول

### با هم بیندیشیم

در آرایش الکترون - نقطه ای (ساختار لوویس)، الکترون های لایه ظرفیت اتم ها طوری کنار آنها چیده می شوند که همه اتم های سازنده ترکیب از قاعده هشت تایی پیروی کنند. اینک با توجه به آرایش الکترون - نقطه ای کربن دی اکسید و بررسی موارد زیر، روشی برای رسم ساختار لوویس مولکول ها بیابید.

$$\ddot{\text{O}} = \text{C} = \ddot{\text{O}}$$

۱- شمار کل الکترون های لایه ظرفیت اتم های سازنده را حساب کنید. برای این کار، شمار الکترون های لایه ظرفیت اتم های سازنده را با هم جمع کنید.  
۲- ساختارهای ممکن که در آنها، اتم های کربن و اکسیژن با یک، دو یا سه پیوند اشتراکی به هم متصل شده اند به صورت زیر است:



۳- الکترون های ناپیوندی روی اتم ها را با جفت نقطه نشان دهید، به طوری که پیرامون هر اتم در مجموع، هشت الکترون (پیوندی + ناپیوندی) وجود داشته باشد.

• اگر در فرمول مولکولی یک ترکیب، تنها یک اتم از عنصر سمت چپ وجود داشته باشد، از به کار بردن پیشوند مونو پیش از نام این عنصر چشم پوشی می شود.

• در فرمول مولکولی، اتمی که سمت چپ نوشته می شود (به جز اتم هیدروژن)، اتم مرکزی است و اتم های دیگر با یک، دو یا سه پیوند اشتراکی به آن متصل می شوند.

نام شیمیایی این ماده، الگویی برای نام گذاری این نوع ترکیب ها است. بدین ترتیب که نخست، شمار و نام عنصری گفته می شود که در سمت چپ فرمول شیمیایی نوشته شده است. سپس شمار و نام عنصر دوم با پسوند « ید » بیان می شود.

### خود را بیازمایید

نام ترکیب ها در ستون نخست و فرمول شیمیایی ترکیب ها در ستون دوم را بنویسید.

|                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| NO <sub>2</sub> (ا)   | ج) دی نیتروژن تری اکسید |
| CO (ب)                | چ) کربن دی سولفید       |
| SO <sub>2</sub> (پ)   | ح) گوگرد تری اکسید      |
| PCl <sub>3</sub> (ت)  | خ) کربن تترا کلرید      |
| SiBr <sub>4</sub> (ث) | د) نیتروژن تری فلوئورید |



SO<sub>2</sub>



CO<sub>2</sub>



CO

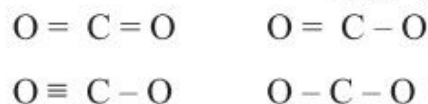
• مدل فضا پرکن چند مولکول

### با هم بیندیشیم

در آرایش الکترون - نقطه ای (ساختار لوویس)، الکترون های لایه ظرفیت اتم ها طوری کنار آنها چیده می شوند که همه اتم های سازنده ترکیب از قاعده هشت تایی پیروی کنند. اینک با توجه به آرایش الکترون - نقطه ای کربن دی اکسید و بررسی موارد زیر، روشی برای رسم ساختار لوویس مولکول ها بیابید.



۱- شمار کل الکترون های لایه ظرفیت اتم های سازنده را حساب کنید. برای این کار، شمار الکترون های لایه ظرفیت اتم های سازنده را با هم جمع کنید.  
۲- ساختارهای ممکن که در آنها، اتم های کربن و اکسیژن با یک، دو یا سه پیوند اشتراکی به هم متصل شده اند به صورت زیر است:



۳- الکترون های ناپیوندی روی اتم ها را با جفت نقطه نشان دهید، به طوری که پیرامون هر اتم در مجموع، هشت الکترون (پیوندی + ناپیوندی) وجود داشته باشد.

• اگر در فرمول مولکولی یک ترکیب، تنها یک اتم از عنصر سمت چپ وجود داشته باشد، از به کار بردن پیشوند مونو پیش از نام این عنصر چشم پوشی می شود.

• در فرمول مولکولی، اتمی که سمت چپ نوشته می شود (به جز اتم هیدروژن)، اتم مرکزی است و اتم های دیگر با یک، دو یا سه پیوند اشتراکی به آن متصل می شوند.

اینک می‌توان گفت سوختن، واکنشی شیمیایی است که در آن، یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود. افزون بر برخی عناصر؛ دیگر مواد از جمله سوخت‌های فسیلی نیز در شرایط مناسب می‌سوزند. برای نمونه، زغال سنگ در حضور اکسیژن می‌سوزد و افزون بر تولید گازهای  $CO_2$ ،  $SO_2$  و بخار آب، مقدار زیادی انرژی آزاد می‌کند (شکل ۱۱).

نور و گرما + کربن دی‌اکسید + گوگرد دی‌اکسید + بخار آب → اکسیژن + زغال سنگ



(ا)



(ب)

شکل ۱۲- (آ) رنگ زرد شعله، نشان‌دهنده سوخت ناقص است و (ب) رنگ آبی شعله، نشان می‌دهد که وسیله گازسوز به درستی کار می‌کند و اکسیژن کافی در محیط واکنش وجود دارد.

## ۸ آیا می‌دانید

براساس گزارش‌های رسمی کشور، سالانه در حدود ۱۰۰۰ نفر بر اثر گاز گرفتگی، جان خود را از دست می‌دهند. از این رو، ضروری است همه شهروندان درباره راه‌های جلوگیری از گاز گرفتگی در مکان‌های گوناگون، اطلاعات کافی مناسب و کارآمد داشته باشند.



شکل ۱۱- سوختن زغال سنگ در هوا

نوع فرآورده‌ها در واکنش سوختن سوخت‌های فسیلی، به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد؛ به طوری که اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل<sup>۱</sup> انجام می‌شود و گاز کربن دی‌اکسید و بخار آب تولید می‌گردد. اما اگر مقدار اکسیژن کم باشد، گاز کربن مونوکسید به همراه فرآورده‌ها تولید خواهد شد؛ در این حالت گفته می‌شود سوختن ناقص<sup>۲</sup> است (شکل ۱۲).

**کربن مونوکسید<sup>۳</sup>**، گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است. چگالی این گاز کمتر از هوا و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است؛ به طوری که به سرعت در همه فضای اتاق پخش می‌شود.

از آنجا که میل ترکیبی هموگلوبین خون با این گاز بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است، مولکول‌های آن پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کنند. این ویژگی باعث مسمومیت می‌شود و سامانه عصبی را فلج می‌کند به طوری که قدرت هرگونه اقدامی را از فرد مسموم می‌گیرد و بدین ترتیب باعث مرگ می‌شود.

اینک می‌توان گفت سوختن، واکنشی شیمیایی است که در آن، یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود. افزون بر برخی عناصر؛ دیگر مواد از جمله سوخت‌های فسیلی نیز در شرایط مناسب می‌سوزند. برای نمونه، زغال سنگ در حضور اکسیژن می‌سوزد و افزون بر تولید گازهای  $CO_2$ ،  $SO_2$  و  $NO_2$  و بخار آب، مقدار زیادی انرژی (به شکل نور و گرما) آزاد می‌کند (شکل ۱۱).



(ا)



(ب)

شکل ۱۲- (آ) رنگ زرد شعله، نشان‌دهنده سوخت ناقص است و (ب) رنگ آبی شعله، نشان می‌دهد که وسیله گازسوز به درستی کار می‌کند و اکسیژن کافی در محیط واکنش وجود دارد.

## ۸ آیا می‌دانید

براساس گزارش‌های رسمی کشور، سالانه در حدود ۱۰۰۰ نفر بر اثر گاز گرفتگی، جان خود را از دست می‌دهند. از این رو، ضروری است همه شهروندان درباره راه‌های جلوگیری از گاز گرفتگی در مکان‌های گوناگون، اطلاعات کافی مناسب و کارآمد داشته باشند.



شکل ۱۱- سوختن زغال سنگ در هوا

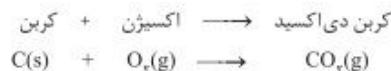
نوع فرآورده‌ها در واکنش سوختن سوخت‌های فسیلی، به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد؛ به طوری که اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل<sup>۱</sup> انجام می‌شود و گاز کربن دی‌اکسید و بخار آب تولید می‌گردد. اما اگر مقدار اکسیژن کم باشد، گاز کربن مونوکسید به همراه فرآورده‌ها تولید خواهد شد؛ در این حالت گفته می‌شود سوختن ناقص<sup>۲</sup> است (شکل ۱۲).

**کربن مونوکسید<sup>۳</sup>**، گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است. چگالی این گاز کمتر از هوا و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است؛ به طوری که به سرعت در همه فضای اتاق پخش می‌شود.

از آنجا که میل ترکیبی هموگلوبین خون با این گاز بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است، مولکول‌های آن پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کنند. این ویژگی باعث مسمومیت می‌شود و سامانه عصبی را فلج می‌کند به طوری که قدرت هرگونه اقدامی را از فرد مسموم می‌گیرد و بدین ترتیب باعث مرگ می‌شود.

## واکنش‌های شیمیایی و قانون پایستگی جرم

در هر تغییر شیمیایی مانند سوختن مواد، فساد مواد غذایی و... از یک یا چند ماده شیمیایی، ماده (مواد) تازه‌ای تولید می‌شود. هر تغییر شیمیایی می‌تواند شامل یک یا چند واکنش شیمیایی باشد که هر یک از آنها را با یک معادله نشان می‌دهند. در این معادله، واکنش‌دهنده‌ها در سمت چپ و فراورده‌ها در سمت راست نوشته می‌شوند؛ برای مثال، سوختن کربن را به صورت زیر نمایش می‌دهند:

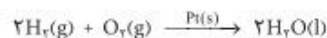


تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزاد سازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد.



هنگامی که به شکر گرم داده می‌شود، دچار تغییر شیمیایی می‌شود و رنگ آن تغییر می‌کند.

معادله نخست، نوشتاری<sup>۱</sup> و معادله دوم، نمادی<sup>۲</sup> نامیده می‌شود. معادله نمادی، افزون بر نمایش فرمول شیمیایی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها می‌تواند حالت فیزیکی آنها و اطلاعاتی درباره شرایط واکنش نیز ارائه کند؛ برای نمونه، معادله شیمیایی زیر بیان می‌کند که این واکنش در حضور کاتالیزگر پلاتین انجام می‌شود:



یکی از ویژگی‌های مهم واکنش‌های شیمیایی این است که همه آنها از قانون پایستگی جرم<sup>۳</sup> پیروی می‌کنند.

### با هم ببیندیشیم

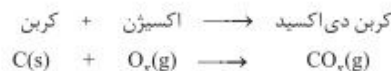
۱- دو دانش آموز با استفاده از قطعه‌های پلاستیکی، دو دست سازه به شکل‌های زیر درست کرده‌اند. درباره جرم این دو دست سازه گفت و گو کنید و شرط برابری جرم آنها را بنویسید.



نمادهای به کاررفته برای نمایش حالت فیزیکی مواد در معادله‌های شیمیایی.

## واکنش‌های شیمیایی و قانون پایستگی جرم

در هر تغییر شیمیایی مانند سوختن مواد، فساد مواد غذایی و... از یک یا چند ماده شیمیایی، ماده (مواد) تازه‌ای تولید می‌شود. هر تغییر شیمیایی می‌تواند شامل یک یا چند واکنش شیمیایی باشد که هر یک از آنها را با یک معادله نشان می‌دهند. در این معادله، واکنش‌دهنده‌ها در سمت چپ و فراورده‌ها در سمت راست نوشته می‌شوند؛ برای مثال، سوختن کربن را به صورت زیر نمایش می‌دهند:

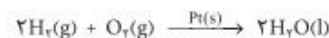


تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزاد سازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد.



هنگامی که به شکر گرم داده می‌شود، دچار تغییر شیمیایی می‌شود و رنگ آن تغییر می‌کند.

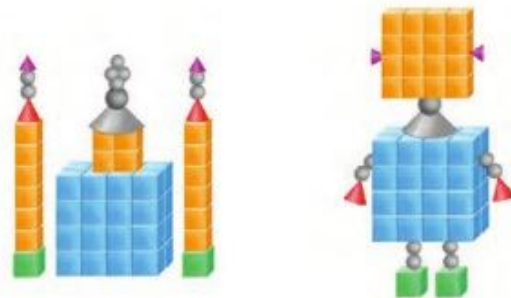
واکنش نخست، نوشتاری<sup>۱</sup> و واکنش دوم، نمادی<sup>۲</sup> نامیده می‌شود. واکنش نمادی، افزون بر نمایش فرمول شیمیایی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها می‌تواند حالت فیزیکی آنها و اطلاعاتی درباره شرایط واکنش نیز ارائه کند؛ برای نمونه، معادله شیمیایی زیر بیان می‌کند که این واکنش در حضور کاتالیزگر پلاتین انجام می‌شود:



یکی از ویژگی‌های مهم واکنش‌های شیمیایی این است که همه آنها از قانون پایستگی جرم<sup>۳</sup> پیروی می‌کنند.

### با هم ببیندیشیم

۱- دو دانش آموز با استفاده از قطعه‌های پلاستیکی، دو دست سازه به شکل‌های زیر درست کرده‌اند. درباره جرم این دو دست سازه گفت و گو کنید و شرط برابری جرم آنها را بنویسید.



نمادهای به کاررفته برای نمایش حالت فیزیکی مواد در معادله‌های شیمیایی.

در پایان، چون شمار اتم‌های اکسیژن در سمت راست، تعیین شده و برابر با ۱۰ اتم است، اگر به اکسیژن در سمت چپ، ضریب ۵ بدهید، شمار اتم‌های همهٔ عناصرها در دو سوی معادله برابر می‌شوند.

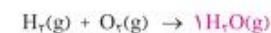


همان‌طور که مشاهده کردید، هنگام موازنه کردن، نباید زیروندها را در فرمول شیمیایی واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها تغییر داد. همچنین توجه به این نکته ضروری است که هریک از ضریب‌ها در معادله موازنه شده، باید کوچک‌ترین عدد طبیعی ممکن باشد.

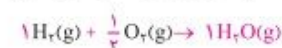
برای نمونه به روش موازنهٔ معادلهٔ واکنش سوختن گاز هیدروژن دقت کنید.



در اینجا برای موازنه به  $\text{H}_2\text{O}$ ، ضریب ۱ می‌دهیم.



حال شمار اتم‌های H و O در سمت راست معادله مشخص شده است. اگر به  $\text{H}_2$  ضریب ۱ و به  $\text{O}_2$  ضریب  $\frac{1}{2}$  بدهیم، شمار اتم‌های هر دو عنصر در دو سوی معادله برابر می‌شود.

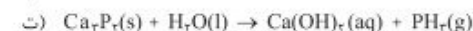
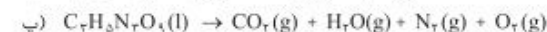
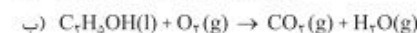
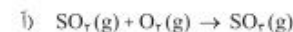


در پایان برای از بین بردن ضریب کسری اکسیژن، همهٔ ضریب‌ها را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم.



### خود را بیازمایید

معادلهٔ واکنش‌های زیر را موازنه کنید:



در پایان، چون شمار اتم‌های اکسیژن در سمت راست، تعیین شده و برابر با ۱۰ اتم است، اگر به اکسیژن در سمت چپ، ضریب ۵ بدهید، شمار اتم‌های همهٔ عناصرها در دو سوی معادله برابر می‌شوند.



همان‌طور که مشاهده کردید، هنگام موازنه کردن، نباید زیروندها را در فرمول شیمیایی واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها تغییر داد. همچنین توجه به این نکته ضروری است که هریک از ضریب‌ها در معادله موازنه شده، باید کوچک‌ترین عدد طبیعی ممکن باشد.

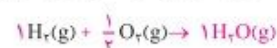
برای نمونه به روش موازنهٔ معادلهٔ واکنش سوختن گاز هیدروژن دقت کنید.



در اینجا برای موازنه به  $\text{H}_2\text{O}$ ، ضریب ۱ می‌دهیم.



حال شمار اتم‌های H و O در سمت راست معادله مشخص شده است. اگر به  $\text{H}_2$  ضریب ۱ و به  $\text{O}_2$  ضریب  $\frac{1}{2}$  بدهیم، شمار اتم‌های هر دو عنصر در دو سوی معادله برابر می‌شود.

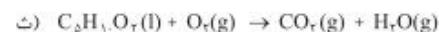
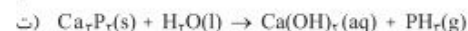
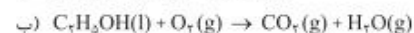
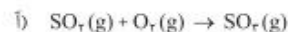


در پایان برای از بین بردن ضریب کسری اکسیژن، همهٔ ضریب‌ها را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم.



### خود را بیازمایید

معادلهٔ واکنش‌های زیر را موازنه کنید:



● معادلهٔ شیمیایی موازنه شده، به دو صورت خوانده می‌شود؛ برای نمونه:

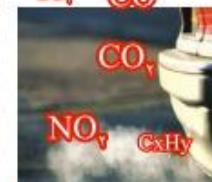
۱- دو مول گاز هیدروژن با یک مول گاز اکسیژن واکنش می‌دهد و دو مول بخار آب تولید می‌کند.  
۲- دو مولکول هیدروژن با یک مولکول اکسیژن واکنش می‌دهد و دو مولکول آب تولید می‌کند.

## چه بر سر هواکره می‌آوریم؟

سبک زندگی انسان، نوع وسایلی که در زندگی استفاده می‌کند و رفتارهایی که در شرایط مختلف محیطی انجام می‌دهد، روی هواکره تأثیر می‌گذارد؛ برای مثال، نوع وسیله نقلیه‌ای که برای رفتن به مدرسه، محل کار، سفر و ... استفاده می‌کنیم، غذایی که می‌خوریم، وسایل گرمایشی و حتی مدت زمانی که موهای خود را با ششوار خشک می‌کنیم به دلیل مصرف انرژی الکتریکی، مقداری کربن دی‌اکسید وارد هواکره می‌کند و درصد گازهای هواکره را تغییر می‌دهد، در واقع سبک زندگی می‌تواند بیانگر میزان اثرگذاری هر یک از انسان‌ها بر کره زمین و هواکره باشد. ردپا اصطلاحی است که به این اثر نسبت داده‌اند، یکی از این ردپاها، ردپای کربن دی‌اکسید است. برای اینکه مقدار کربن دی‌اکسید در هواکره از مقدار طبیعی آن فراتر نرود، باید مقدار اضافی کربن دی‌اکسید به وسیله گیاهان یا دیگر پدیده‌های طبیعی مصرف شود، حال هر چه مقدار کربن دی‌اکسید وارد شده به طبیعت زیاده‌تر باشد، ردپای ایجاد شده سنگین‌تر و اثر آن ماندگارتر خواهد بود؛ زیرا زمان لازم برای تعدیل این اثر به وسیله پدیده‌های طبیعی طولانی‌تر است.



شکل ۱۷- سوزاندن سوخت فسیلی در هواپیماها، حجم انبوهی کربن دی‌اکسید تولید می‌کند.



• در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی، انواع آلاینده‌ها وارد هواکره می‌شود.

• کربن دی‌اکسیدی که وارد هواکره شده، در آن جابه‌جا می‌شود و می‌تواند هوای شهرهای دیگر را نیز آلوده کند. بنابراین هر رفتار ما بر زندگی همه مردمان جهان اثر خواهد گذاشت.



• هوای آلوده بوی بدی دارد و چهره شهر را زشت می‌کند. این هوا باعث سوزش چشم، سردرد، تهوع و به وجود آمدن انواع بیماری‌های تنفسی مانند سرطان ریه می‌شود. وظیفه ما در برابر کاهش و از بین بردن این آلودگی‌ها چیست؟

(آ) ستون‌های سه، چهار و پنج جدول را کامل کنید.

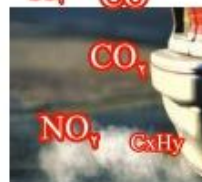
(ب) استفاده از کدام منبع برای تولید برق، کربن دی‌اکسید بیشتری تولید خواهد کرد؟  
(پ) چرا میزان کربن دی‌اکسید تولید شده از منابع گوناگون انرژی با هم تفاوت دارد؟ توضیح دهید.

## چه بر سر هواکره می‌آوریم؟

سبک زندگی انسان، نوع وسایلی که در زندگی استفاده می‌کند و رفتارهایی که در شرایط مختلف محیطی انجام می‌دهد، روی هواکره تأثیر می‌گذارد؛ برای مثال، نوع وسیله نقلیه‌ای که برای رفتن به مدرسه، محل کار، سفر و ... استفاده می‌کنیم، غذایی که می‌خوریم، وسایل گرمایشی و حتی مدت زمانی که موهای خود را با ششوار خشک می‌کنیم به دلیل مصرف انرژی الکتریکی، مقداری کربن دی‌اکسید وارد هواکره می‌کند و درصد گازهای هواکره را تغییر می‌دهد، در واقع سبک زندگی می‌تواند بیانگر میزان اثرگذاری هر یک از انسان‌ها بر کره زمین و هواکره باشد. ردپا اصطلاحی است که به این اثر نسبت داده‌اند، یکی از این ردپاها، ردپای کربن دی‌اکسید است. برای اینکه مقدار کربن دی‌اکسید در هواکره از مقدار طبیعی آن فراتر نرود، باید مقدار اضافی کربن دی‌اکسید به وسیله گیاهان یا دیگر پدیده‌های طبیعی مصرف شود، حال هر چه مقدار کربن دی‌اکسید وارد شده به طبیعت زیاده‌تر باشد، ردپای ایجاد شده سنگین‌تر و اثر آن ماندگارتر خواهد بود؛ زیرا زمان لازم برای تعدیل این اثر به وسیله پدیده‌های طبیعی طولانی‌تر است.



شکل ۱۷- سوزاندن سوخت فسیلی در هواپیماها، حجم انبوهی کربن دی‌اکسید تولید می‌کند.



• در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی، انواع آلاینده‌ها وارد هواکره می‌شود.

• کربن دی‌اکسیدی که وارد هواکره شده، در آن جابه‌جا می‌شود و می‌تواند هوای شهرهای دیگر را نیز آلوده کند. بنابراین هر رفتار ما بر زندگی همه مردمان جهان اثر خواهد گذاشت.



• هوای آلوده بوی بدی دارد و چهره شهر را زشت می‌کند. این هوا باعث سوزش چشم، سردرد، تهوع و به وجود آمدن انواع بیماری‌های تنفسی مانند سرطان ریه می‌شود. وظیفه ما در برابر کاهش و از بین بردن این آلودگی‌ها چیست؟

## با هم ببیندیشیم

در جدول زیر روش به دست آوردن مقدار کربن دی‌اکسید وارد شده به هواکره برحسب برق مصرفی نشان داده شده است. با این فرض که برق خانگی شما را می‌توان به روش‌های گوناگون تأمین کرد (لازمی‌ان برق مصرفی خانه شما را نشان می‌دهد که از روی قبض برق می‌توانید آن را مشخص کنید). فرض کنید مصرف برق سالانه در خانه شما ۴۸۰۰ کیلووات ساعت است.

| ستون ۱                          | ستون ۲         | ستون ۳                                         | ستون ۴                                         | ستون ۵                              |
|---------------------------------|----------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------|
| برق مصرفی در سال (کیلووات ساعت) | منبع تولید برق | مقدار کربن دی‌اکسید تولید شده در سال (کیلوگرم) | مقدار کربن دی‌اکسید تولید شده در ماه (کیلوگرم) | شمار درخت لازم برای پاک‌سازی هواکره |
| y=۴۸۰۰                          | زغال سنگ       | $0.9 \times y = \dots\dots\dots$               | $\dots\dots\dots$                              | $\dots\dots\dots$                   |
|                                 | نفت خام        | $0.7 \times y = \dots\dots\dots$               | $\dots\dots\dots$                              | $\dots\dots\dots$                   |
|                                 | گاز طبیعی      | $0.39 \times y = \dots\dots\dots$              | $\dots\dots\dots$                              | $\dots\dots\dots$                   |
|                                 | باد            | $0.1 \times y = \dots\dots\dots$               | $\dots\dots\dots$                              | $\dots\dots\dots$                   |
|                                 | گرمای زمین     | $0.3 \times y = \dots\dots\dots$               | $\dots\dots\dots$                              | $\dots\dots\dots$                   |
|                                 | انرژی خورشید   | $0.5 \times y = \dots\dots\dots$               | $\dots\dots\dots$                              | $\dots\dots\dots$                   |

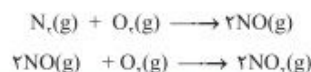
(آ) ستون‌های سه، چهار و پنج جدول را کامل کنید.

(ب) استفاده از کدام منبع برای تولید برق، کربن دی‌اکسید بیشتری تولید خواهد کرد؟  
(پ) چرا میزان کربن دی‌اکسید تولید شده از منابع گوناگون انرژی با هم تفاوت دارد؟ توضیح دهید.

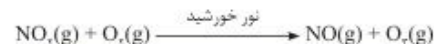
### آیا می‌دانید ۸

شیمی‌دان **هواکره**، متخصصی است که ترکیب شیمیایی هواکره را می‌شناسد؛ همچنین از برهم‌کنش گازها، مایع‌ها و جامدهای موجود در هواکره با سطح زمین و موجودات زنده‌ای که روی آن زندگی می‌کنند، آگاه است.

در هوایی که تنفس می‌کنیم، سبب سوزش چشمان و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود. به دیگر سخن در تروپوسفر با نقش زیانبار و مضر اوزون مواجه هستیم در حالی که در استراتوسفر، نقش مفید و محافظتی اوزون آشکار است. اکنون این پرسش مطرح است که اوزون تروپوسفری از کجا می‌آید؟ گاز نیتروژن به عنوان اصلی‌ترین جزء سازنده هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و در طبیعت تنها هنگام رعد و برق با گاز اکسیژن ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شوند (شکل ۲۰).



شکل ۲۰. جایی که رعد و برق ایجاد شده، دما به اندازه‌ای بالاست که اکسیدهای نیتروژن تشکیل می‌شوند. از سوی دیگر در هوای آلوده شهرهای صنعتی و بزرگ، به مقدار قابل توجهی اکسیدهای نیتروژن وجود دارد. در واقع این گازها از واکنش میان گازهای نیتروژن و اکسیژن درون موتور خودرو در دمای بالا پدید می‌آیند. از آنجا که گاز نیتروژن دی‌اکسید به رنگ قهوه‌ای است، هوای آلوده کلان‌شهرها اغلب به رنگ قهوه‌ای روشن دیده می‌شود (شکل ۲۱). در این هوای آلوده و در حضور نور خورشید، واکنش زیر رخ می‌دهد و مقداری گاز اوزون تولید می‌گردد. این اوزون، همان اوزون تروپوسفری است.



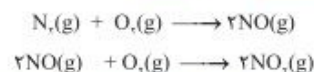
شکل ۲۱- نمایی از هوای آلوده شهر تهران

برای شناخت بهتر هواکره و یافتن راه حل‌های مناسب برای محافظت از آن باید رفتار و ویژگی‌های ذره‌های سازنده هوا کره و واکنش میان آنها را به خوبی مطالعه کرد.

### آیا می‌دانید ۸

شیمی‌دان **هواکره**، متخصصی است که ترکیب شیمیایی هواکره را می‌شناسد؛ همچنین از برهم‌کنش گازها، مایع‌ها و جامدهای موجود در هواکره با سطح زمین و موجودات زنده‌ای که روی آن زندگی می‌کنند، آگاه است.

در هوایی که تنفس می‌کنیم، سبب سوزش چشمان و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود. به دیگر سخن در تروپوسفر با نقش زیانبار و مضر اوزون مواجه هستیم در حالی که در استراتوسفر، نقش مفید و محافظتی اوزون آشکار است. اکنون این پرسش مطرح است که اوزون تروپوسفری از کجا می‌آید؟ گاز نیتروژن به عنوان اصلی‌ترین جزء سازنده هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و به‌طور معمول با اکسیژن واکنش نمی‌دهد. تنها هنگام رعد و برق این دو گاز در هوا ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شوند (شکل ۲۰).



شکل ۲۰. جایی که رعد و برق ایجاد شده، دما به اندازه‌ای بالاست که اکسیدهای نیتروژن تشکیل می‌شوند. از سوی دیگر در هوای آلوده شهرهای صنعتی و بزرگ، به مقدار قابل توجهی اکسیدهای نیتروژن وجود دارد. در واقع این گازها از واکنش گازهای نیتروژن و اکسیژن درون موتور خودرو در دمای بالا به‌وجود می‌آیند. از آنجا که گاز نیتروژن دی‌اکسید به رنگ قهوه‌ای است، هوای آلوده کلان‌شهرها اغلب به رنگ قهوه‌ای روشن دیده می‌شود (شکل ۲۱). در این هوای آلوده و در حضور نور خورشید، واکنش زیر رخ می‌دهد و مقداری گاز اوزون تولید می‌گردد. این اوزون، همان اوزون تروپوسفری است.



شکل ۲۱- نمایی از هوای آلوده شهر تهران

برای شناخت بهتر هواکره و یافتن راه حل‌های مناسب برای محافظت از آن باید رفتار و ویژگی‌های ذره‌های سازنده هوا کره و واکنش میان آنها را به خوبی مطالعه کرد.

● به واکنش آرام مواد با اکسیژن که با تولید انرژی همراه است، واکنش اکسایش می‌گویند.

معادله واکنش اکسایش گلوکز برای تولید انرژی در بدن به صورت زیر است:



(آ) بدن انسان در هر شبانه روز به طور میانگین ۲/۵ مول گلوکز مصرف می‌کند. برای مصرف این مقدار گلوکز به چند مول اکسیژن نیاز است؟

ب) این مقدار اکسیژن هم ارز با چند لیتر گاز اکسیژن در STP است؟  
راهنمایی: برای حل می‌توان یکی از عامل‌های تبدیل زیر را به کار برد:

$$\frac{1 \text{ mol } O_2}{22.4 \text{ LO}_2} \quad \text{و} \quad \frac{22.4 \text{ LO}_2}{1 \text{ mol } O_2}$$

پ) این مقدار اکسیژن هم ارز با چند گرم اکسیژن است؟

راهنمایی: برای حل می‌توان یکی از عامل‌های تبدیل زیر را به کار برد:

$$\frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} \quad \text{و} \quad \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2}$$

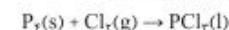
ت) دانش‌آموزی برای یافتن جرم آب تولید شده از اکسایش ۲/۵ مول گلوکز از عامل‌های تبدیل در روند زیر استفاده کرده است. هر یک از جاهای خالی را با کمیت مناسب پر کنید.

$$? \text{ g } H_2O = 2/5 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 270 \text{ g } H_2O$$

ث) گاز حاصل از اکسایش کامل این مقدار گلوکز در STP چند لیتر حجم دارد؟

### خود را بیازمایید

فسفر تری کلرید یک ماده تجاری مهم است که در تهیه حشره‌کش‌ها کاربرد فراوانی دارد. این ترکیب مطابق واکنش شیمیایی زیر تهیه می‌شود.



(آ) واکنش شیمیایی را موازنه کنید.

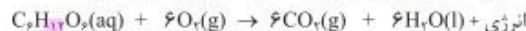
ب) از واکنش ۹۹۲ گرم فسفر ( $P_4$ ) با مقدار کافی از گاز کلر، چند گرم فسفر تری کلرید به دست می‌آید؟

پ) برای واکنش کامل ۶۲ گرم فسفر ( $P_4$ ) چند لیتر گاز کلر در STP نیاز است؟

A+

● به واکنش آرام مواد با اکسیژن که با تولید انرژی همراه است، واکنش اکسایش می‌گویند.

معادله واکنش اکسایش گلوکز برای تولید انرژی در بدن به صورت زیر است:



(آ) بدن انسان در هر شبانه روز به طور میانگین ۲/۵ مول گلوکز مصرف می‌کند. برای مصرف این مقدار گلوکز به چند مول اکسیژن نیاز است؟

ب) این مقدار اکسیژن هم ارز با چند لیتر گاز اکسیژن در STP است؟  
راهنمایی: برای حل می‌توان یکی از عامل‌های تبدیل زیر را به کار برد:

$$\frac{1 \text{ mol } O_2}{22.4 \text{ LO}_2} \quad \text{و} \quad \frac{22.4 \text{ LO}_2}{1 \text{ mol } O_2}$$

پ) این مقدار اکسیژن هم ارز با چند گرم اکسیژن است؟

راهنمایی: برای حل می‌توان یکی از عامل‌های تبدیل زیر را به کار برد:

$$\frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} \quad \text{و} \quad \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2}$$

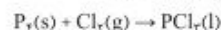
ت) دانش‌آموزی برای یافتن جرم آب تولید شده از اکسایش ۲/۵ مول گلوکز از عامل‌های تبدیل در روند زیر استفاده کرده است. هر یک از جاهای خالی را با کمیت مناسب پر کنید.

$$? \text{ g } H_2O = 2/5 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 270 \text{ g } H_2O$$

ث) گاز حاصل از اکسایش کامل این مقدار گلوکز در STP چند لیتر حجم دارد؟

### خود را بیازمایید

فسفر تری کلرید یک ماده تجاری مهم است که در تهیه حشره‌کش‌ها کاربرد فراوانی دارد. این ترکیب مطابق معادله شیمیایی زیر تهیه می‌شود.



(آ) معادله شیمیایی را موازنه کنید.

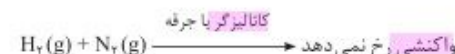
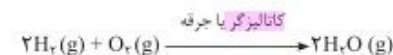
ب) از واکنش ۹۹۲ گرم فسفر ( $P_4$ ) با مقدار کافی از گاز کلر، چند گرم فسفر تری کلرید به دست می‌آید؟

پ) برای واکنش کامل ۶۲ گرم فسفر ( $P_4$ ) چند لیتر گاز کلر در شرایط STP نیاز است؟

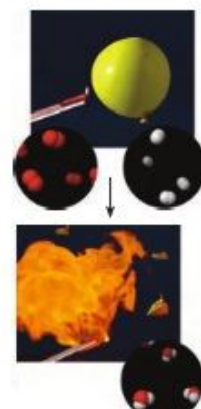
A+

## تولید آمونیاک، کاربرد آن و واکنش گازها در صنعت

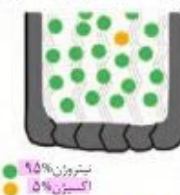
گاز نیتروژن فراوانترین جزء سازنده هوا کره بوده که در مقایسه با اکسیژن از نظر شیمیایی غیرفعال و واکنش ناپذیر است؛ برای نمونه مخلوطی از گازهای اکسیژن و هیدروژن در حضور کاتالیزگر یا جرقه در یک واکنش سریع و شدید، منفجر می شود و آب تولید می کند (شکل ۲۴) اما در مخلوطی از گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه، هیچ واکنشی رخ نمی دهد.



از این رو گاز نیتروژن به جو بی اثر شهرت یافته و در محیط هایی که گاز اکسیژن، عامل ایجاد تغییر شیمیایی است به جای آن از گاز نیتروژن استفاده می کنند.



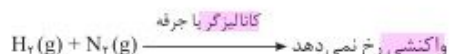
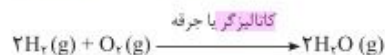
شکل ۲۴- سوختن گاز هیدروژن



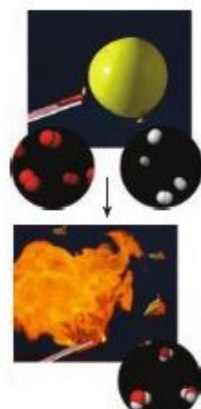
• در درس علوم دیدید که کشاورزان کودهای شیمیایی نیتروژن دار را به خاک می افزایند. یکی از این کودها، آمونیاک است که به طور مستقیم به خاک تزریق می شود.

## تولید آمونیاک، کاربرد آن و واکنش گازها در صنعت

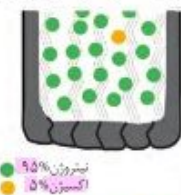
گاز نیتروژن فراوانترین جزء سازنده هوا کره بوده که در مقایسه با اکسیژن از نظر شیمیایی غیرفعال و واکنش ناپذیر است؛ برای نمونه مخلوطی از گازهای اکسیژن و هیدروژن در حضور کاتالیزگر یا جرقه در یک واکنش سریع و شدید، منفجر می شود و آب تولید می کند (شکل ۲۴) اما در مخلوطی از گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه، هیچ واکنشی رخ نمی دهد.



از این رو گاز نیتروژن به جو بی اثر شهرت یافته و در محیط هایی که گاز اکسیژن، عامل ایجاد تغییر شیمیایی است به جای آن از گاز نیتروژن استفاده می کنند.



شکل ۲۴- سوختن گاز هیدروژن



• در درس علوم دیدید که کشاورزان کودهای شیمیایی نیتروژن دار را به خاک می افزایند. یکی از این کودها، آمونیاک است که به طور مستقیم به خاک تزریق می شود.

### خود را بیازمایید

- ۱- شاید دیده باشید که برای پر کردن و تنظیم باد تایر خودرو به جای هوا مطابق شکل روبه رو از گاز نیتروژن استفاده می کنند. توضیح دهید استفاده از این گاز به جای هوا چه فایده ای دارد؟
- ۲- گاز نیتروژن دارای مولکول های دو اتمی است. ساختار لوویس مولکول آن را رسم کنید.

هر چند گاز نیتروژن واکنش پذیری ناچیزی دارد؛ اما امروزه در صنعت، مواد گوناگونی از آن تهیه می کنند که آمونیاک یکی از مهم ترین آنهاست. اکنون این پرسش مطرح است که از نیتروژن با واکنش پذیری ناچیز، چگونه شیمی دان ها آمونیاک و ترکیب های دیگر را تهیه می کنند. یافتن پاسخ این پرسش به اندازه ای اهمیت داشت که دانشمندی به نام فریتس هابر در سال ۱۹۱۸ میلادی به دلیل تهیه آمونیاک از گازهای  $H_2$  و  $N_2$  برنده جایزه نوبل شیمی شد. هابر واکنش زیر را مبنای پژوهش های خود قرار داد:



بزرگترین چالش هابر، یافتن شرایط بهینه برای انجام این واکنش بود، به طوری که:

- واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی شد.
- هابر واکنش میان گازهای هیدروژن و نیتروژن را بارها در دماها و فشارهای گوناگون انجام داد تا بتواند شرایط بهینه آن را پیدا کند. سرانجام دریافت که اگر مخلوط این گازها از روی یک ورقه آهنی (کاتالیزگر) در دما و فشار مناسب عبور داده شود با انجام واکنش، مقدار قابل

### خود را بیازمایید

- ۱- شاید دیده باشید که برای پر کردن و تنظیم باد تایر خودرو به جای هوا مطابق شکل روبه رو از گاز نیتروژن استفاده می کنند. توضیح دهید استفاده از این گاز به جای هوا چه فایده ای دارد؟
- ۲- گاز نیتروژن دارای مولکول های دو اتمی است. ساختار لوویس مولکول آن را رسم کنید.

هر چند گاز نیتروژن واکنش پذیری ناچیزی دارد؛ اما امروزه در صنعت، مواد گوناگونی از آن تهیه می کنند که آمونیاک یکی از مهم ترین آنهاست. اکنون این پرسش مطرح است که از نیتروژن با واکنش پذیری ناچیز، چگونه شیمی دان ها آمونیاک و دیگر ترکیب ها را تهیه می کنند؟ یافتن پاسخ این پرسش به اندازه ای اهمیت داشت که دانشمندی به نام فریتس هابر در سال ۱۹۱۸ میلادی به دلیل تهیه آمونیاک از گازهای  $H_2$  و  $N_2$  برنده جایزه نوبل شیمی شد. هابر واکنش زیر را مبنای پژوهش های خود قرار داد:



بزرگترین چالش هابر، یافتن شرایط بهینه برای انجام این واکنش بود، در شیمی (۳) با فرایند هابر و شرایط بهینه واکنش آشنا خواهید شد؛ فرایندی که منجر به تولید آمونیاک در مقیاس صنعتی شد.

توجهی آمونیاک تولید می‌شود؛ اما همه واکنش دهنده‌ها به فراورده تبدیل نخواهد شد؛ زیرا این واکنش برگشت‌پذیر است؛ با این توصیف در ظرف واکنش مخلوطی از سه گاز هیدروژن، نیتروژن و آمونیاک وجود دارد. اکنون هابر با مشکل دیگری روبه‌رو بود:

• چگونه می‌توان فراورده واکنش (آمونیاک) را از مخلوط واکنش جدا کرد.

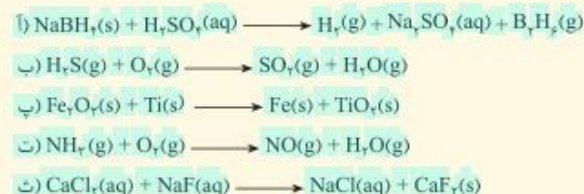
او با بررسی نقطه جوش این مواد، راه حلی را برای جداسازی آمونیاک پیدا کرد. طرح زیر، راه حل هابر را نشان می‌دهد (نمودار ۲).



## تمرین‌های دوره‌ای

- ۱- برای هر جمله زیر دلیلی بنویسید.
- (ا) در ساختار لوویس NOCl، همه اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده‌اند.
- (ب) همه واکنش‌های شیمیایی از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند.
- (پ) SO<sub>3</sub> بر خلاف CaO، یک اکسید اسیدی به شمار می‌رود.
- (ت) هر چه شمار مولکول‌های یک گاز در دما و حجم ثابت بیشتر باشد، فشار گاز بیشتر است.

۲- واکنش‌های زیر را موازنه کنید.



۳- جدول زیر را کامل کنید.

| نام             | فرمول             | نام                 | فرمول           |
|-----------------|-------------------|---------------------|-----------------|
| ...             | NO                | نیتروژن تری کلرید   | ...             |
| ...             | FeBr <sub>2</sub> | ...                 | OF <sub>2</sub> |
| سلیسیم دی‌اکسید | ...               | کروم (III) فلوئورید | ...             |

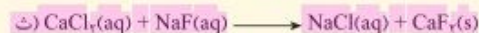
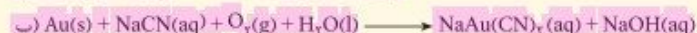
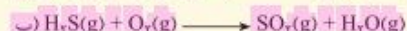
۴- معادله موازنه شده واکنش تولید آمونیاک به صورت زیر است:



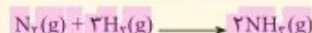
- (ا) برای تهیه ۴۲/۵ کیلوگرم آمونیاک به چند مول گاز هیدروژن نیاز است؟
- (ب) برای تولید ۳۳۶ لیتر آمونیاک در STP به چند کیلوگرم گاز نیتروژن نیاز است؟

### تمرین های دوره ای

۱- واکنش های زیر را موازنه کنید.



۲- معادله موازنه شده واکنش تولید آمونیاک به صورت زیر است:

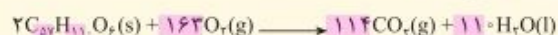


ا) برای تهیه ۴۲/۵ کیلوگرم آمونیاک به چند مول گاز هیدروژن نیاز است؟

ب) برای تولید ۳۳۶۰ لیتر آمونیاک در STP به چند گرم گاز هیدروژن و چند گرم گاز نیتروژن نیاز است؟

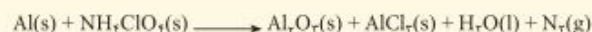


۳- شتر جانوری است که می تواند چندین روز را بدون نوشیدن آب در هوای گرم بیابان سپری کند. در این شرایط، چربی ذخیره شده در کوهان این جانور مطابق واکنش زیر اکسایش یافته و افزون بر تولید انرژی، آب مورد نیاز جانور را نیز تأمین می کند:



جرم آب تولید شده از اکسایش یک کیلوگرم چربی را حساب کنید.

۴- واکنش آلومینیم با آمونیوم پرکلرات مطابق معادله شیمیایی زیر انجام می شود.



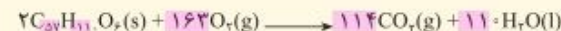
(معادله شیمیایی، موازنه نشده است.)

ا) از واکنش ۲/۱۶ کیلوگرم آلومینیم با مقدار کافی از آمونیوم پرکلرات چند لیتر گاز نیتروژن در STP تولید می شود؟

ب) نسبت جرمی آلومینیم کلرید تولید شده به آلومینیم اکسید تولید شده چند است؟

۵- شتر جانوری است که می تواند چندین روز را بدون نوشیدن آب در هوای گرم بیابان سپری کند. در این شرایط، چربی

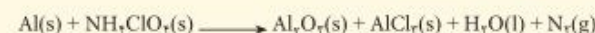
ذخیره شده در کوهان آن مطابق واکنش زیر اکسایش می یابد و افزون بر انرژی، آب مورد نیاز جانور را نیز تأمین می کند.



جرم آب تولید شده از اکسایش یک کیلوگرم چربی را حساب کنید.



۶- واکنش آلومینیم با نمکی از آمونیوم به صورت زیر انجام می شود.



(واکنش شیمیایی، موازنه نشده است.)

ا) با مصرف ۲/۱۶ کیلوگرم فلز آلومینیم چند لیتر گاز در STP تولید می شود؟

ب) نسبت جرمی آلومینیم کلرید به آلومینیم اکسید تولید شده را حساب کنید.

۷- گاز شهری به طور عمده از متان تشکیل شده و در محیطی که اکسیژن کم است، ناقص می سوزد و بخار آب، کربن مونوکسید،

نور و گرما تولید می کند.

ا) واکنش نمادی سوختن ناقص متان را بنویسید و موازنه کنید.

ب) چند لیتر گاز CO از سوختن ناقص ۴۸ گرم متان در STP تولید می شود؟

۸- در برخی کشورها از اتانول ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) به عنوان سوخت سبز به جای سوخت های فسیلی استفاده می شود.

ا) واکنش نمادی سوختن کامل اتانول را بنویسید و موازنه کنید.

ب) استفاده از اتانول به جای سوخت های فسیلی چه اثری بر میزان آلاینده هایی دارد که به هوا کره وارد می شود؟ توضیح دهید.

۵- گاز شهری به‌طور عمده از متان تشکیل شده و در محیطی که اکسیژن کم است به‌صورت ناقص می‌سوزد و بخار آب، کربن مونوکسید، نور و گرما تولید می‌کند.

(ا) معادله واکنش سوختن ناقص متان را بنویسید و موازنه کنید.

(ب) حجم گاز CO حاصل از سوختن ناقص ۴۸ گرم متان در STP چند لیتر است؟

۶- در برخی کشورها از اتانول ( $C_2H_5OH$ ) به‌عنوان سوخت سبز به‌جای سوخت‌های فسیلی استفاده می‌شود.

(ا) معادله واکنش سوختن کامل اتانول را بنویسید و موازنه کنید.

(ب) استفاده از اتانول به‌جای سوخت‌های فسیلی چه اثری بر میزان آلاینده‌هایی دارد که به هوا کره وارد می‌شود؟ توضیح دهید.

۷- جدول زیر داده‌هایی را درباره خودروهای یک کشور توسعه یافته نشان می‌دهد.

| برچسب<br>آلاینده‌گی خودرو                                     | A           | B       | C       | D       | E       | F       | G            |
|---------------------------------------------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|
| گستره انتشار گاز کربن دی‌اکسید (گرم)<br>به‌ازای طی یک کیلومتر | کمتر از ۱۲۰ | ۱۲۰-۱۴۰ | ۱۴۰-۱۵۵ | ۱۵۵-۱۷۰ | ۱۷۰-۱۹۰ | ۱۹۰-۲۲۵ | بیشتر از ۲۲۵ |

(ا) نوعی خودرو در این کشور به‌ازای طی یک کیلومتر، ۱۵۰ گرم گاز کربن دی‌اکسید منتشر می‌کند. برچسب این خودرو را تعیین کنید.

(ب) هر خودرو به‌طور میانگین سالانه مسافتی حدود ۱۸۰۰۰ کیلومتر طی می‌کند. حساب کنید سالانه چند کیلوگرم گاز کربن دی‌اکسید بر اثر استفاده از هر خودرو وارد هوا کره می‌شود؟

(پ) فرض کنید این کشور در راستای توسعه پایدار سالانه دو نوع مالیات از مالکان خودرو دریافت می‌کند. مالیات سالانه برابر با ۱۰۰ یورو و مالیات متغیر که به میزان گاز کربن دی‌اکسید تولید شده از خودرو بستگی دارد. اگر خودروهای دارای برچسب A از پرداخت مالیات متغیر معاف باشند، خودرو با برچسب E سالانه چند یورو مالیات می‌پردازد؟ (راهنمایی: هر خودرو به‌ازای تولید هر صد کیلوگرم  $CO_2$  اضافی دو یورو مالیات متغیر می‌پردازد).

۹- جدول زیر داده‌هایی را درباره خودروهای یک کشور توسعه یافته نشان می‌دهد.

| برچسب<br>آلاینده‌گی خودرو                                     | A           | B       | C       | D       | E       | F       | G            |
|---------------------------------------------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|
| گستره انتشار گاز کربن دی‌اکسید (گرم)<br>به‌ازای طی یک کیلومتر | کمتر از ۱۲۰ | ۱۲۰-۱۴۰ | ۱۴۰-۱۵۵ | ۱۵۵-۱۷۰ | ۱۷۰-۱۹۰ | ۱۹۰-۲۲۵ | بیشتر از ۲۲۵ |

(ا) نوعی خودرو در این کشور به‌ازای طی یک کیلومتر، ۱۵۰ گرم گاز کربن دی‌اکسید منتشر می‌کند، برچسب این خودرو را تعیین کنید.

(ب) هر خودرو به‌طور میانگین سالانه مسافتی حدود ۱۸۰۰۰ کیلومتر طی می‌کند، حساب کنید سالانه چند کیلوگرم گاز کربن دی‌اکسید بر اثر استفاده از هر خودرو وارد هوا کره می‌شود؟

(پ) فرض کنید این کشور در راستای توسعه پایدار سالانه دو نوع مالیات از مالکان خودرو دریافت می‌کند. مالیات سالانه برابر با ۱۰۰ یورو و مالیات متغیر که به میزان گاز کربن دی‌اکسید تولید شده از خودرو بستگی دارد. اگر خودروهای دارای برچسب A از پرداخت مالیات متغیر معاف باشند، خودرو با برچسب E سالانه چند یورو مالیات می‌پردازد؟ (راهنمایی: هر خودرو به‌ازای تولید هر صد کیلوگرم  $CO_2$  اضافی دو یورو مالیات متغیر می‌پردازد).

• همه ساله خانه خدا را با گلاب ناب کاشان تست و شومی دهند.

### محلول و مقدار حل شونده ها

محلول<sup>۱</sup>، مخلوطی همگن از دو یا چند ماده بوده که حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است. محلول ها کاربردهای فراوانی در زندگی ما دارند (شکل ۷).

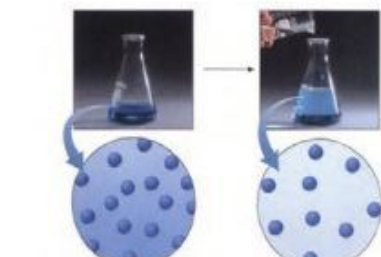


شکل ۷- برخی محلول ها و کاربرد آنها. (آ) هوای پاک که تنفس می کنیم، محلولی از گازهاست، (ب) سرم فیزیولوژی محلول نمک در آب است، (پ) ضد یخ، محلول اتیلن گلیکول در آب است و (ت) گلاب مخلوطی همگن از چند ماده آلی در آب است.

برخی محلول ها مانند سرم فیزیولوژی رقیق و برخی مانند گلاب دو آتشه غلیظ هستند. هنگامی که گفته می شود محلولی غلیظ است یعنی مقدار حل شونده (ها) در آن زیاد است (شکل ۸). برای مثال شاید امروز صبح هنگام خوردن صبحانه گفته باشید که جای شیرین من خیلی غلیظ است. این گفته نشان می دهد که یا مقدار شکر موجود در جای شما زیاد بوده یا جای شما بسیار پررنگ بوده است (شکل ۹).



شکل ۹- در جای غلیظ، شمار ذره های حل شونده در واحد حجم بیشتر است.



شکل ۸- نمای ذره ای از محلول آبی رقیق و غلیظ مس (II) سولفات

۱- Solution

• همه ساله خانه خدا را با گلاب ناب کاشان تست و شومی دهند.

### محلول و مقدار حل شونده ها

محلول<sup>۱</sup>، مخلوطی همگن از دو یا چند ماده بوده که حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است. محلول ها کاربردهای فراوانی در زندگی ما دارند (شکل ۷).

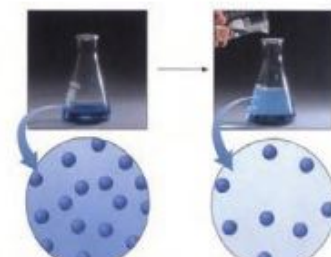


شکل ۷- برخی محلول ها و کاربرد آنها. (آ) هوای پاک که تنفس می کنیم، محلولی از گازهاست، (ب) سرم فیزیولوژی محلول نمک در آب است، (پ) ضد یخ، محلول اتیلن گلیکول در آب است و (ت) گلاب مخلوطی همگن از چند ماده آلی در آب است.

برخی محلول ها مانند سرم فیزیولوژی رقیق و برخی مانند گلاب دو آتشه غلیظ هستند. هنگامی که گفته می شود محلولی غلیظ است یعنی مقدار حل شونده (ها) در آن زیاد است (شکل ۸). برای مثال شاید امروز صبح هنگام خوردن صبحانه گفته باشید که جای شیرین من خیلی غلیظ است. این گفته نشان می دهد که یا مقدار شکر موجود در جای شما زیاد بوده یا جای شما بسیار پررنگ بوده است (شکل ۹).



شکل ۹- در جای غلیظ، شمار ذره های حل شونده در واحد حجم بیشتر است.



شکل ۸- نمای ذره ای از محلول آبی رقیق و غلیظ مس (II) سولفات

۱- Solution

## آیا می دانید

دریاچه ارومیه دومین دریاچه شور دنیاست که در هر کیلوگرم از آب آن، بیش از ۲۰۰ گرم از انواع حل شونده‌ها وجود دارد. چگالی آب دریاچه ارومیه در زمان پر آبی ۱/۱۲۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب و با pH=۷/۵ گزارش شده است.

کاتیون‌های موجود در آب این دریاچه به طور عمده شامل  $\text{Na}^+$ ،  $\text{Li}^+$ ،  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{K}^+$  و آنیون‌های موجود در آن به طور عمده شامل  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{SO}_4^{2-}$  و  $\text{HCO}_3^-$  است. مقدار  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  در آب دریاچه ارومیه حدود چهار برابر آب دریاهای آزاد است. به همین علت آن را می‌توان منبعی غنی برای تولید نمک خوراکی دانست. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که متأسفانه این حوزه آبی دچار خشکی شده است و اگر این روند ادامه یابد، خسارت‌های جبران‌ناپذیر و ردیابی سنگینی بر زیست بوم منطقه برجای خواهد گذاشت.

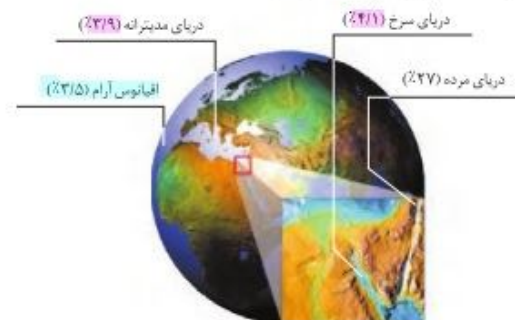


## قسمت در میلیون

هر گاه ۵/۵ گرم مس (II) سولفات را در ۹۹/۵ گرم آب حل کنید، محلولی زیبا به رنگ آبی به دست می‌آید. حال اگر این محلول را با افزودن آب، چندین مرتبه رقیق تر کنیم، محلولی

۹۴ ۲. Solute ۱. Solvent

مقدار نمک‌های حل شده در آب دریاهای گوناگون نیز با هم تفاوت دارد (شکل ۱۰). برای نمونه در هر ۱۰۰ گرم از آب دریای مرده (بحرالمیت)، حدود ۲۷ گرم حل شونده (انواع نمک‌ها) وجود دارد؛ از این رو آب این دریا محلول غلیظی است که انسان می‌تواند به راحتی روی آن شناور بماند. دریاچه ارومیه نیز یکی از دریاچه‌های شور دنیاست که مقدار نمک‌های حل شده در آن بسیار زیاد است. محلول آبی این دریاچه نیز بسیار غلیظ است؛ از این رو دریاچه ارومیه منبع غنی از مواد شیمیایی گوناگون به شمار می‌آید.



شکل ۱۰- مقدار نمک‌های حل شده در آب دریاهای گوناگون

در درس علوم آموختید که هر محلول از دو جزء، **حلال** و **حل شونده** تشکیل شده است. درواقع، حلال جزئی از محلول است که حل شونده را در خود حل می‌کند و شمار مول‌های آن بیشتر است. خواص محلول‌ها به خواص حلال، حل شونده و مقدار هر یک از آنها بستگی دارد. بنابراین دانستن اینکه چه مقدار حل شونده در یک محلول وجود دارد، می‌تواند به درک خواص، رفتار و کاربرد آن محلول کمک کند.

شیمی دان‌ها غلظت یک محلول را مقدار حل شونده در مقدار معینی از حلال یا محلول تعریف می‌کنند. آنها در آزمایشگاه با محلول‌های گوناگونی سروکار دارند که مقدار حل شونده در آنها در گستره‌ای از مقدار بسیار کم تا مقدار بسیار زیاد متغیر است. از این رو غلظت محلول‌ها را به روش‌های گوناگون بیان می‌کنند. در اینجا سه مورد از انواع غلظت محلول‌ها بررسی می‌شود.

## آیا می دانید

دریاچه ارومیه دومین دریاچه شور دنیاست که در هر کیلوگرم از آب آن، بیش از ۲۰۰ گرم از انواع حل شونده‌ها وجود دارد. چگالی آب دریاچه ارومیه در زمان پر آبی ۱/۱۲۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب و با pH=۷/۵ گزارش شده است.

کاتیون‌های موجود در آب این دریاچه به طور عمده شامل  $\text{Na}^+$ ،  $\text{Li}^+$ ،  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{K}^+$  و آنیون‌های موجود در آن به طور عمده شامل  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{SO}_4^{2-}$  و  $\text{HCO}_3^-$  است. مقدار  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  در آب دریاچه ارومیه حدود چهار برابر آب دریاهای آزاد است. به همین علت آن را می‌توان منبعی غنی برای تولید نمک خوراکی دانست. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که متأسفانه این حوزه آبی دچار خشکی شده است و اگر این روند ادامه یابد، خسارت‌های جبران‌ناپذیر و ردیابی سنگینی بر زیست بوم منطقه برجای خواهد گذاشت.

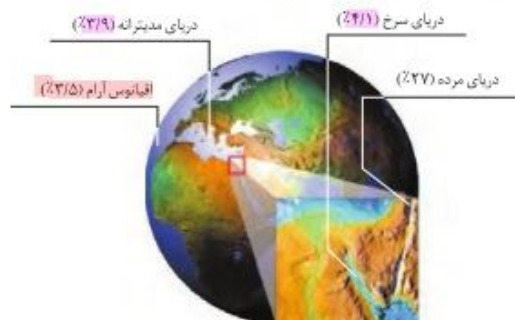


## قسمت در میلیون

هر گاه ۵/۵ گرم مس (II) سولفات را در ۹۹/۵ گرم آب حل کنید، محلولی زیبا به رنگ آبی به دست می‌آید. حال اگر این محلول را با افزودن آب، چندین مرتبه رقیق تر کنیم، محلولی

۹۴ ۲. Solute ۱. Solvent

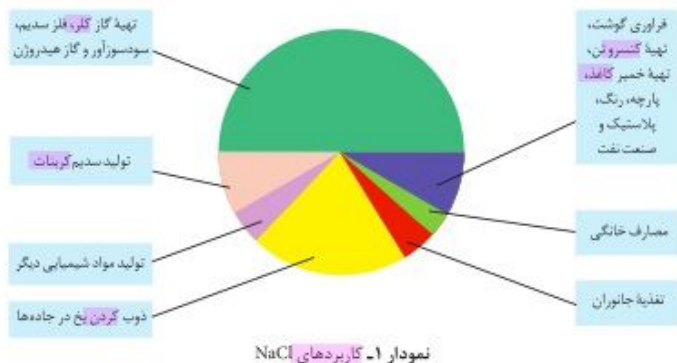
مقدار نمک‌های حل شده در آب دریاهای گوناگون نیز با هم تفاوت دارد (شکل ۱۰). برای نمونه در هر ۱۰۰ گرم از آب دریای مرده (بحرالمیت)، حدود ۲۷ گرم حل شونده (انواع نمک‌ها) وجود دارد؛ از این رو آب این دریا محلول غلیظی است که انسان می‌تواند به راحتی روی آن شناور بماند. دریاچه ارومیه نیز یکی از دریاچه‌های شور دنیاست که مقدار نمک‌های حل شده در آن بسیار زیاد است. محلول آبی این دریاچه نیز بسیار غلیظ است؛ از این رو دریاچه ارومیه منبع غنی از مواد شیمیایی گوناگون به شمار می‌آید.



شکل ۱۰- مقدار نمک‌های حل شده در آب دریاهای گوناگون

در درس علوم آموختید که هر محلول از دو جزء، **حلال** و **حل شونده** تشکیل شده است. درواقع، حلال جزئی از محلول است که حل شونده را در خود حل می‌کند و شمار مول‌های آن بیشتر است. خواص محلول‌ها به خواص حلال، حل شونده و مقدار هر یک از آنها بستگی دارد. بنابراین دانستن اینکه چه مقدار حل شونده در یک محلول وجود دارد، می‌تواند به درک خواص، رفتار و کاربرد آن محلول کمک کند.

شیمی دان‌ها غلظت یک محلول را مقدار حل شونده در مقدار معینی از حلال یا محلول تعریف می‌کنند. آنها در آزمایشگاه با محلول‌های گوناگونی سروکار دارند که مقدار حل شونده در آنها در گستره‌ای از مقدار بسیار کم تا مقدار بسیار زیاد متغیر است. از این رو غلظت محلول‌ها را به روش‌های گوناگون بیان می‌کنند. در اینجا سه مورد از انواع غلظت محلول‌ها بررسی می‌شود.



فلز منیزیم ماده ارزشمند دیگری است که در تهیه آلیاژها، شربت معده و ... کاربرد دارد. یکی از منابع تهیه این فلز آب دریا است. منیزیم در آب دریا به شکل  $Mg^{2+}(aq)$  وجود دارد. برای استخراج و جداسازی آن، در مرحله نخست منیزیم را به صورت ماده جامد و نامحلول  $Mg(OH)_2$  رسوب می دهند، سپس آن را به منیزیم کلرید تبدیل می کنند. در پایان با استفاده از جریان برق، منیزیم کلرید مذاب را به عنصرهای سازنده آن تجزیه می کنند.



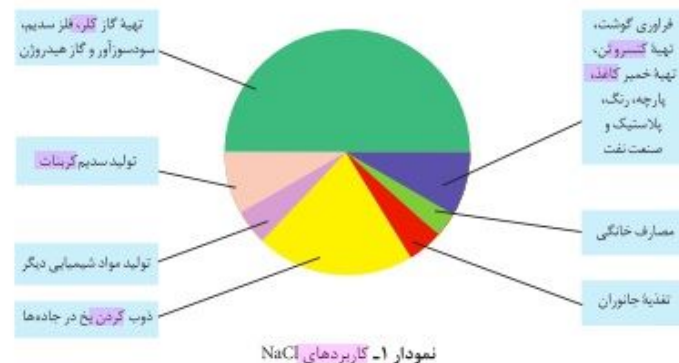
### غلظت مولی (مولار)

غلظت بسیاری از محلول ها در صنعت، پزشکی، داروسازی، کشاورزی و زندگی روزانه با درصد جرمی بیان می شود، برای نمونه سرکه خوراکی با خاصیت اسیدی ملایم که به عنوان چاشنی در غذاها مصرف می شود، محلول ۵ درصد جرمی استیک اسید در آب است. همچنین محلول غلیظ نیتریک اسید در صنعت با غلظت ۷۰ درصد جرمی تولید و بسته به کاربرد آن، به محلول های رقیق تر تبدیل می شود.

با این توصیف نباید چنین تصور شود که تهیه محلول ها به حالت مایع، با درصد جرمی معین کار آسانی است. تجربه نشان می دهد که اندازه گیری حجم یک مایع به ویژه در آزمایشگاه، آسان تر از جرم آن است (چرا؟).

از سوی دیگر شیمی دان ها مقدار ماده را برحسب مول بیان می کنند در واقع مبنای محاسبه های کمی در شیمی، مول است. اینک چنین به نظر می رسد بیان غلظتی از محلول پر کاربردتر خواهد بود که با مول های ماده حل شونده و حجم محلول ارتباط داشته باشد. چنین غلظتی را غلظت مولی<sup>۱</sup> (مولار) می نامند.

<sup>۱</sup> Molar Concentration



فلز منیزیم ماده ارزشمند دیگری است که در تهیه آلیاژها، شربت معده و ... کاربرد دارد. یکی از منابع تهیه این فلز آب دریا است. با استخراج آن از آب دریا در شیمی (۳) آشنا خواهید شد.

### غلظت مولی (مولار)

غلظت بسیاری از محلول ها در صنعت، پزشکی، داروسازی، کشاورزی و زندگی روزانه با درصد جرمی بیان می شود، برای نمونه سرکه خوراکی با خاصیت اسیدی ملایم که به عنوان چاشنی در غذاها مصرف می شود، محلول ۵ درصد جرمی استیک اسید در آب است. همچنین محلول غلیظ نیتریک اسید در صنعت با غلظت ۷۰ درصد جرمی تولید و بسته به کاربرد آن، به محلول های رقیق تر تبدیل می شود.

با این توصیف نباید چنین تصور شود که تهیه محلول ها به حالت مایع، با درصد جرمی معین کار آسانی است. تجربه نشان می دهد که اندازه گیری حجم یک مایع به ویژه در آزمایشگاه، آسان تر از جرم آن است (چرا؟).

از سوی دیگر شیمی دان ها مقدار ماده را برحسب مول بیان می کنند در واقع مبنای محاسبه های کمی در شیمی، مول است. اینک چنین به نظر می رسد بیان غلظتی از محلول پر کاربردتر خواهد بود که با مول های ماده حل شونده و حجم محلول ارتباط داشته باشد. چنین غلظتی را غلظت مولی<sup>۱</sup> (مولار) می نامند.

<sup>۱</sup> Molar Concentration

## پیوند با ریاضی

۱- دانش آموزی از منابع علمی، انحلال پذیری (S) سدیم نیترات را در دماهای گوناگون ( $\theta$ ) مطابق جدول زیر استخراج کرده است.

| $\theta(^{\circ}\text{C})$                           | ۰  | ۱۰ | ۲۰ | ۳۰ |
|------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| $S(\frac{\text{g NaNO}_3}{100\text{g H}_2\text{O}})$ | ۷۲ | ۸۰ | ۸۸ | ۹۶ |

او توانست با استفاده از داده های این جدول، معادله  $S = 0.8\theta + 72$  را به دست آورد.  
(آ) توضیح دهید او چگونه به این معادله دست یافته است؟  
(ب) انحلال پذیری سدیم نیترات را در  $70^{\circ}\text{C}$  پیش بینی کنید.

۲- با توجه به جدول زیر، معادله ای برای انحلال پذیری پتاسیم کلرید بر حسب دما به دست آورید.

| $\theta(^{\circ}\text{C})$                        | ۰  | ۲۰ | ۴۰ | ۶۰ |
|---------------------------------------------------|----|----|----|----|
| $S(\frac{\text{g KCl}}{100\text{g H}_2\text{O}})$ | ۲۷ | ۳۳ | ۳۹ | ۴۶ |

۳- با مقایسه دو معادله به دست آمده برای سدیم نیترات و پتاسیم کلرید:  
(آ) تأثیر دما بر انحلال پذیری این دو ماده را مقایسه کنید.

(ب) توضیح دهید چرا در هر دمایی، انحلال پذیری سدیم نیترات بیشتر از پتاسیم کلرید است؟

## رفتار آب و دیگر مولکول ها در میدان الکتریکی

آب تنها ماده ای است که به هر سه حالت جامد، مایع و گاز (بخار) در طبیعت یافت می شود. وجود و تبدیل این حالت ها به یکدیگر زندگی را در سیاره آبی ممکن و دلپذیر ساخته است. آب ویژگی های گوناگون و شگفت انگیزی دارد. از جمله آنها توانایی حل کردن اغلب مواد، افزایش حجم هنگام انجماد و داشتن نقطه جوش بالا و غیر عادی است. اما دلیل این ویژگی ها چیست و چه اثری بر زندگی موجودات زنده دارد؟ برای پاسخ به این پرسش ها، بررسی ساختار مولکولی آب ضروری به نظر می رسد.

در درس علوم با آزمایش انحراف باریکه آب به وسیله شانه یا میله شیشه ای مالش داده شده به موهای خشک آشنا شدید (شکل ۱۴)؛ آزمایشی که در آن باریکه آب از راستای طبیعی خود منحرف می شود. آیا دلیل این انحراف را به یاد دارید؟ میله شیشه ای از لحاظ بار الکتریکی خنثی است، اما بر اثر مالش به موی خشک، دارای بار الکتریکی منفی خواهد شد. در این شرایط مولکول های آب به سوی آن جذب می شوند (چرا؟).



شکل ۱۴- انحراف باریکه آب به وسیله میله شیشه ای مالش داده شده به موی سر.

۱۰۳

## پیوند با ریاضی

۱- دانش آموزی از منابع علمی، انحلال پذیری (S) سدیم نیترات را در دماهای گوناگون ( $\theta$ ) مطابق جدول زیر استخراج کرده است.

| $\theta(^{\circ}\text{C})$                           | ۰  | ۱۰ | ۲۰ | ۳۰ |
|------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| $S(\frac{\text{g NaNO}_3}{100\text{g H}_2\text{O}})$ | ۷۲ | ۸۰ | ۸۸ | ۹۶ |

او توانست با استفاده از داده های این جدول، معادله  $S = 0.8\theta + 72$  را به دست آورد.  
(آ) توضیح دهید او چگونه به این معادله دست یافته است؟  
(ب) انحلال پذیری سدیم نیترات را در  $70^{\circ}\text{C}$  پیش بینی کنید.

۲- با توجه به جدول زیر، معادله ای برای انحلال پذیری پتاسیم کلرید بر حسب دما به دست آورید.

| $\theta(^{\circ}\text{C})$                        | ۰  | ۲۰ | ۴۰ | ۶۰ |
|---------------------------------------------------|----|----|----|----|
| $S(\frac{\text{g KCl}}{100\text{g H}_2\text{O}})$ | ۲۷ | ۳۳ | ۳۹ | ۴۶ |

۳- با مقایسه دو معادله به دست آمده برای سدیم نیترات و پتاسیم کلرید:  
(آ) تأثیر دما بر انحلال پذیری این دو ماده را مقایسه کنید.

(ب) توضیح دهید چرا در هر دمایی، انحلال پذیری سدیم نیترات بیشتر از پتاسیم کلرید است؟

## رفتار آب و دیگر مولکول ها در میدان الکتریکی

آب تنها ماده ای است که به هر سه حالت جامد، مایع و گاز (بخار) در طبیعت یافت می شود. وجود و تبدیل این حالت ها به یکدیگر زندگی را در سیاره آبی ممکن و دلپذیر ساخته است. آب ویژگی های گوناگون و شگفت انگیزی دارد. از جمله آنها توانایی حل کردن اغلب مواد، افزایش حجم هنگام انجماد و داشتن نقطه جوش بالا و غیر عادی است. اما دلیل این ویژگی ها چیست و چه اثری بر زندگی موجودات زنده دارد؟ برای پاسخ به این پرسش ها، بررسی ساختار مولکولی آب ضروری به نظر می رسد.

در درس علوم با آزمایش انحراف باریکه آب به وسیله شانه یا میله شیشه ای مالش داده شده به موهای خشک آشنا شدید (شکل ۱۴)؛ آزمایشی که در آن باریکه آب از راستای طبیعی خود منحرف می شود. آیا دلیل این انحراف را به یاد دارید؟ میله شیشه ای از لحاظ بار الکتریکی خنثی است، اما بر اثر مالش به موی خشک، دارای بار الکتریکی منفی خواهد شد. در این شرایط مولکول های آب به سوی آن جذب می شوند (چرا؟).



شکل ۱۴- انحراف باریکه آب به وسیله میله شیشه ای مالش داده شده به موی سر.

۱۰۳

زنده ماندن به اکسیژن ( $O_2$ ) نیازمندند. آنها با عبور دادن آب از درون آبش خود، اکسیژن مولکولی حل شده در آب را جذب می کنند. با اینکه گاز اکسیژن به میزان کمی در آب حل می شود، اما همین مقدار کم برای زندگی آبزیان نقش حیاتی دارد. آیا می دانید انحلال پذیری گاز اکسیژن و دیگر گازها در آب به چه عواملی بستگی دارد؟

### کاوش کنید

دربارهٔ «اثر دما بر انحلال پذیری گازها در آب» کاوش کنید.

ابزار، وسایل و مواد شیمیایی مورد نیاز: ظرف پلاستیکی بزرگ، استوانهٔ مدرج، قیف، آب، یخ، قرص جوشان.

آزمایش ۱-آ) ظرف پلاستیکی را بردارید و مخلوط آب و یخ را تا نیمه درون آن بریزید.

ب) یک قرص جوشان را نصف کنید و با استفاده از تکه ای خمیربازی آن را به دیوارهٔ داخلی قیف بچسبانید.



پ) استوانهٔ مدرج را از آب پر کنید و کف دست خود را روی دهانهٔ آن قرار دهید. حال استوانه را وارونه کرده و مانند شکل، درون ظرف محتوی آب قرار دهید (استوانهٔ مدرج را با دست نگهدارید).

ت) اکنون از یکی از دوستان خود بخواهید که قیف را درون ظرف بزرگ به گونه ای قرار دهد که لولهٔ قیف در زیر دهانهٔ استوانهٔ مدرج قرار گیرد. مشاهده های خود را بنویسید.

زنده ماندن به اکسیژن ( $O_2$ ) نیازمندند. آنها با عبور دادن آب از درون آبش خود، اکسیژن مولکولی حل شده در آب را جذب می کنند. با اینکه گاز اکسیژن به میزان کمی در آب حل می شود، اما همین مقدار کم برای زندگی آبزیان نقش حیاتی دارد. آیا می دانید انحلال پذیری گاز اکسیژن و دیگر گازها در آب به چه عواملی بستگی دارد؟

### کاوش کنید

دربارهٔ «اثر دما بر انحلال پذیری گازها در آب» کاوش کنید.

ابزار، وسایل و مواد شیمیایی مورد نیاز: ظرف پلاستیکی بزرگ، استوانهٔ مدرج، قیف، آب، یخ، قرص جوشان.

آزمایش ۱-آ) ظرف پلاستیکی را بردارید و مخلوط آب و یخ را تا نیمه درون آن بریزید.

ب) یک قرص جوشان را نصف کنید و با استفاده از تکه ای خمیربازی آن را به دیوارهٔ داخلی قیف بچسبانید.



پ) استوانهٔ مدرج را از آب پر کنید و کف دست خود را روی دهانهٔ آن قرار دهید. حال استوانه را وارونه کرده و مانند شکل، درون ظرف محتوی آب قرار دهید (استوانهٔ مدرج را با دست نگهدارید).

ت) اکنون از یکی از دوستان خود بخواهید که قیف را درون ظرف بزرگ به گونه ای قرار دهد که لولهٔ قیف در زیر دهانهٔ استوانهٔ مدرج قرار گیرد. مشاهده های خود را بنویسید.

آزمایش ۲- آزمایش ۱ را با آب گرم تکرار کنید. مشاهده‌های خود را یادداشت و جدول زیر را کامل کنید.

| آزمایش  | حجم گاز جمع شده درون استوانه مدرج (میلی لیتر) |          |
|---------|-----------------------------------------------|----------|
|         | آزمایش ۱                                      | آزمایش ۲ |
| بار اول |                                               |          |
| بار دوم |                                               |          |
| بار سوم |                                               |          |
| میانگین |                                               |          |

اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

- ۱- از واکنش قرص جوشان با آب چه گازی آزاد می‌شود؟
- ۲- آیا میانگین حجم گاز آزاد شده در دو آزمایش یکسان است؟ چرا؟
- ۳- حجم گاز جمع‌آوری شده در کدام آزمایش کمتر است؟
- ۴- از مشاهده‌های خود چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.
- ۵- چه رابطه‌ای بین دمای آب و میزان انحلال‌پذیری گاز وجود دارد؟
- ۶- چرا در هوای گرم، ماهی‌ها به سطح آب می‌آیند؟

• درباره اینکه مقدار نمک موجود در آب دریا بر میزان انحلال‌پذیری گازها اثر دارد، کاوش کنید (در کاوش خود باید آزمایش طراحی و اجرا کنید و از داده‌های آن نتیجه درست و قابل اطمینان بگیرید).

#### با هم بیندیشیم

- ۱- نمودار زیر انحلال‌پذیری سه گاز را که با آب واکنش شیمیایی نمی‌دهند در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  نشان می‌دهد. با توجه به آن، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

آزمایش ۲- آزمایش ۱ را با آب گرم تکرار کنید. مشاهده‌های خود را یادداشت و جدول زیر را کامل کنید.

| آزمایش  | حجم گاز جمع شده درون استوانه مدرج (میلی لیتر) |          |
|---------|-----------------------------------------------|----------|
|         | آزمایش ۱                                      | آزمایش ۲ |
| بار اول |                                               |          |
| بار دوم |                                               |          |
| بار سوم |                                               |          |
| میانگین |                                               |          |

اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

- ۱- از واکنش قرص جوشان با آب چه گازی آزاد می‌شود؟
- ۲- آیا میانگین حجم گاز آزاد شده در دو آزمایش یکسان است؟ چرا؟
- ۳- حجم گاز جمع‌آوری شده در کدام آزمایش کمتر است؟
- ۴- از مشاهده‌های خود چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.
- ۵- چه رابطه‌ای بین دمای آب و میزان انحلال‌پذیری گاز وجود دارد؟
- ۶- چرا در هوای گرم، ماهی‌ها به سطح آب می‌آیند؟

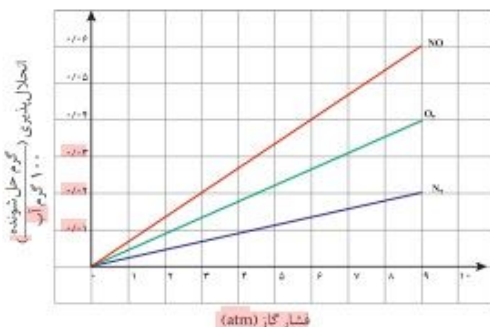
• درباره اینکه مقدار نمک موجود در آب دریا بر میزان انحلال‌پذیری گازها اثر دارد، کاوش کنید (در کاوش خود باید آزمایش طراحی و اجرا کنید و از داده‌های آن نتیجه درست و قابل اطمینان بگیرید).

#### با هم بیندیشیم

- نمودار زیر انحلال‌پذیری سه گاز را که با آب واکنش شیمیایی نمی‌دهند در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  نشان می‌دهد. با توجه به آن، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

## 8 آیا می‌دانید

هنگامی که یک غواص در عمق آب از هوای فشرده درون کیسول تنفس می‌کند، به دلیل فشار زیاد، غلظت گاز نیتروژن به میزان قابل توجهی در خون او بالا می‌رود. در این شرایط اگر غواص سریع به سطح آب بیاید، نیتروژن حل شده در خون او آزاد می‌شود. در نتیجه، حباب‌هایی در خون او تشکیل می‌شود که مانع از رسیدن اکسیژن به مغز می‌شود. این پدیده باعث ایجاد یک عارضه دردناک و گاهی کشنده می‌شود. امروزه در غواصی از کیسول محتوی اکسیژن و هلیوم استفاده می‌شود.



ا) این نمودار تأثیر چه عاملی را بر انحلال پذیری گازها نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.  
ب) نتیجه گیری از این نمودار **قانون هنری** نام دارد. آن را در یک سطر توضیح دهید.  
پ) شیب نمودار برای کدام گاز تندتر است؟ از این واقعیت چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

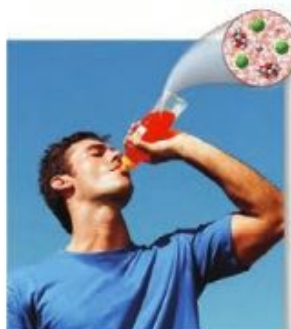
۲- با توجه به اینکه گشتاور دوقطبی  $\text{CO}_2$  برخلاف  $\text{NO}$  صفر است:

ا) پیش‌بینی کنید در دما و فشار معین، انحلال پذیری کدام گاز در آب بیشتر است؟ چرا؟

ب) آزمایش‌ها نشان می‌دهد که در فشار یک اتمسفر و در هر دمایی، انحلال پذیری گاز

$\text{CO}_2$  بیشتر از  $\text{NO}$  است. چرا؟

## پیوند با زندگی



شکل ۲۳- تأمین یون‌های مورد نیاز بدن

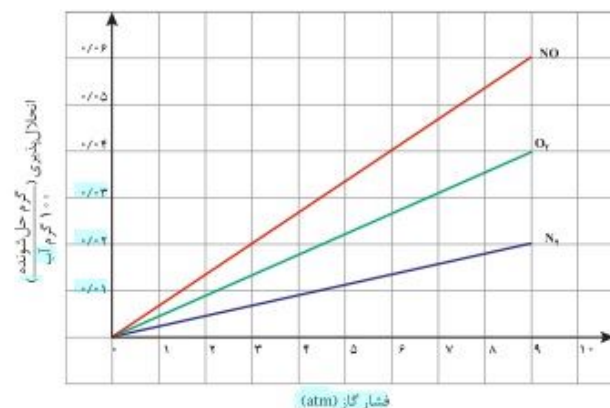
آیا تاکنون دیده یا شنیده‌اید که ورزشکاران به ویژه دوچرخه سواران و دونده‌ها پس از تمرین یا مسابقه، نوشیدنی‌های ویژه‌ای مصرف می‌کنند؟ آیا می‌دانید هر یک از این نوشیدنی‌ها حاوی چه موادی است؟ چرا نوشیدن این نوع مایع‌ها به ورزشکاران توصیه می‌شود؟

بدن ما سامانه پیچیده و متعادلی از یاخته‌ها، بافت‌ها و مایعاتی است که در هر لحظه با نظمی باور نگرانی، پیام‌های عصبی، احساسات و حرکات ما را کنترل می‌کنند. این هنگامی رخ می‌دهد که محیط شیمیایی مناسبی برای ایجاد و برقراری جریان الکتریکی فراهم شود؛ محیطی که یک محلول آبی محتوی یون‌های گوناگونی مانند  $\text{Na}^+$ ،  $\text{K}^+$ ،  $\text{Cl}^-$  و ... است.

پس از انجام یک فعالیت بدنی سنگین یا پس از مدتی دودیدن، احساس خستگی به دلیل کاهش چشمگیر این یون‌ها در مایع‌های بدن است. از این رو نوشیدن محلول‌هایی حاوی این یون‌ها ضروری است. (شکل ۲۳).

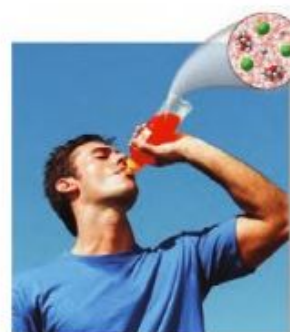
## 8 آیا می‌دانید

هنگامی که یک غواص در عمق آب از هوای فشرده درون کیسول تنفس می‌کند، به دلیل فشار زیاد، غلظت گاز نیتروژن به میزان قابل توجهی در خون او بالا می‌رود. در این شرایط اگر غواص سریع به سطح آب بیاید، نیتروژن حل شده در خون او آزاد می‌شود. در نتیجه، حباب‌هایی در خون او تشکیل می‌شود که مانع از رسیدن اکسیژن به مغز می‌شود. این پدیده باعث ایجاد یک عارضه دردناک و گاهی کشنده می‌شود. امروزه در غواصی از کیسول محتوی اکسیژن و هلیوم استفاده می‌شود.



ا) این نمودار تأثیر چه عاملی را بر انحلال پذیری گازها نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.  
ب) نتیجه گیری از این نمودار **قانون هنری** نام دارد. آن را در یک سطر توضیح دهید.  
پ) شیب نمودار برای کدام گاز تندتر است؟ از این واقعیت چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

## پیوند با زندگی



شکل ۲۳- تأمین یون‌های مورد نیاز بدن

آیا تاکنون دیده یا شنیده‌اید که ورزشکاران به ویژه دوچرخه سواران و دونده‌ها پس از تمرین یا مسابقه، نوشیدنی‌های ویژه‌ای مصرف می‌کنند؟ آیا می‌دانید هر یک از این نوشیدنی‌ها حاوی چه موادی است؟ چرا نوشیدن این نوع مایع‌ها به ورزشکاران توصیه می‌شود؟

بدن ما سامانه پیچیده و متعادلی از یاخته‌ها، بافت‌ها و مایعاتی است که در هر لحظه با نظمی باور نگرانی، پیام‌های عصبی، احساسات و حرکات ما را کنترل می‌کنند. این هنگامی رخ می‌دهد که محیط شیمیایی مناسبی برای ایجاد و برقراری جریان الکتریکی فراهم شود؛ محیطی که یک محلول آبی محتوی یون‌های گوناگونی مانند  $\text{Na}^+$ ،  $\text{K}^+$ ،  $\text{Cl}^-$  و ... است.

پس از انجام یک فعالیت بدنی سنگین یا پس از مدتی دودیدن، احساس خستگی به دلیل کاهش چشمگیر این یون‌ها در مایع‌های بدن است. از این رو نوشیدن محلول‌هایی حاوی این یون‌ها ضروری است. (شکل ۲۳).