

بنابراین:

$$\text{mol C} = 60/0 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12/0 \text{ g C}} = 5/0 \text{ mol C}$$

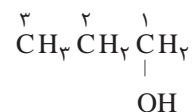
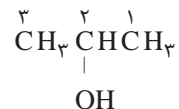
$$\text{mol H} = 13/4 \text{ g H} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1/0 \text{ g H}} = 13/4 \text{ mol H}$$

$$\text{mol O} = 26/6 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16/0 \text{ g O}} = 1/7 \text{ mol O}$$

حال برای یافتن ساده‌ترین نسبت مولی عنصرها، تعداد مول هر عنصر را به تعداد مول عنصری که مقدار آن از همه کمتر است، تقسیم می‌کنیم.

$$\left. \begin{array}{l} \text{C: } \frac{5/0 \text{ mol C}}{1/7} = 2/9 \text{ mol C} \\ \text{H: } \frac{13/4 \text{ mol H}}{1/7} = 7/9 \text{ mol H} \\ \text{O: } \frac{1/7 \text{ mol O}}{1/7} = 1 \text{ mol O} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{C}_2\text{H}_8\text{O}$$

الکل‌های راست زنجیر هم کربن را با مشخص کردن شماره اتم کربنی مشخص می‌کنند که گروه هیدروکسیل به آن متصل شده است.



۱- پروپانول و ۲- پروپانول

در فرمول شیمیایی، زیروند ۱ نوشته نمی‌شود.

هنگام انجام محاسبه برای یافتن ساده‌ترین نسبت مولی عنصرها، عددهای نهایی به دست آمده را می‌توانید حداکثر تا تقریب یک دهم گرد کنید. برای نمونه؛

$$5/09 \approx 5$$

$$4/91 \approx 5$$

## خود را بیازمایید

۱- یک ترکیب یونی که برای تولید شیشه‌های لوازم الکترونیکی به کار می‌رود، شامل ۵۶/۵٪ پتاسیم، ۸/۹٪ کربن و ۳۴/۶٪ اکسیژن است. فرمول تجربی این ترکیب را به دست آورید.

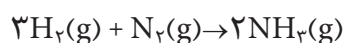
۲- ماده معطر و خوش طعم موجود در آناناس دارای ۶۲/۱٪ کربن، ۱۰/۳٪ هیدروژن و ۲۷/۶٪ اکسیژن است. اگر جرم مولی آن برابر ۱۱۶ گرم برمول باشد، فرمول مولکولی آن را به دست آورید.

۳- تجزیه عنصری نمونه‌ای از یک ماده شیمیایی نشان داد که در این نمونه ۱۲/۴g کلسیم و ۶/۴g فسفر وجود دارد. فرمول تجربی ماده شیمیایی موجود در این نمونه چیست؟

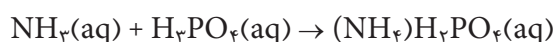
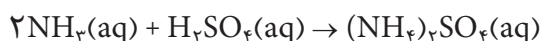
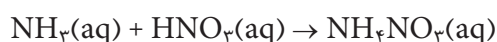
## بیشتر بدانید

برای تأمین غذای جمعیت رو به فزونی جهان، کشاورزان ناگزیرند فراورده‌های بیشتر و مغذی‌تری را تولید کنند. آنها هر سال، صدها میلیون تن کود شیمیایی را به خاک می‌افزایند تا فراورده‌های با کیفیت بالاتری به دست آورند. گیاهان برای رشد مناسب، افزون بر کربن دی‌اکسید و آب، به شش عنصر دیگر نیز نیاز دارند. این شش عنصر عبارت‌اند از N، P، K، Ca، S و Mg.

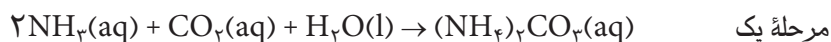
کودهای نیتروژن‌دار دارای نمک‌های نیترات (ترکیب‌های دارای یون  $\text{NO}_3^-$ )، نمک‌های آمونیوم (ترکیب‌های دارای یون  $\text{NH}_4^+$ ) و ترکیب‌های دیگر است. گیاهان می‌توانند نیتروژن را به طور مستقیم به صورت نیترات از خاک جذب کنند، اما آمونیاک ( $\text{NH}_3$ ) و نمک‌های آمونیوم ابتدا باید به وسیلهٔ باکتری‌های خاک به نیترات‌ها تبدیل شوند. آمونیاک مادهٔ اولیهٔ کودهای نیتروژن‌دار است که از واکنش بین هیدروژن و نیتروژن به دست می‌آید.



همچنین، آمونیاک را می‌توان براساس واکنش‌های زیر به آمونیوم نیترات ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )، آمونیوم سولفات ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ )، یا آمونیوم دی‌هیدروژن فسفات ( $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ ) تبدیل کرد.



از واکنش دو مرحله‌ای زیر نیز به عنوان روش دیگری برای تهیهٔ آمونیوم سولفات استفاده می‌شود:



برتری این روش نسبت به روش‌های دیگر آن است که مواد اولیهٔ آن (کچ، کربن دی‌اکسید و آب) از سولفوریک اسید ارزان‌ترند.

جدول زیر درصد جرمی نیتروژن را در برخی از کودهای شیمیایی متداول نشان می‌دهد.

درصد جرمی نیتروژن در پنج کود شیمیایی رایج

نام	فرمول شیمیایی	%N
آمونیاک	$\text{NH}_3$	۸۲/۴
آمونیوم نیترات	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	۳۵
آمونیوم سولفات	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	۲۱/۲
آمونیوم دی‌هیدروژن فسفات	$(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$	۱۲/۲
اوره	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	۴۶/۷

برای انتخاب یک کود از میان چند کود شیمیایی چند عامل مؤثر است:

(۱) قیمت مواد اولیهٔ لازم برای تهیهٔ کود

(۲) آسانی انبار کردن، حمل و نقل و به کارگیری

(۲) درصد جرمی عنصر مورد نظر

(۴) مناسب بودن ترکیب از نظر انحلال پذیری در آب یا آسانی جذب آن به وسیله گیاهان.

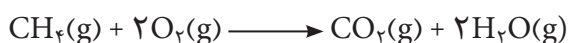
با توجه به همه این عوامل، به نظر شما کدام یک از این کودها مهم ترین کود شیمیایی نیتروژن دار

در جهان به شمار می آید؟ در این باره تحقیق کنید.

## استوکیومتری واکنش

یک معادله موازنه شده، رابطه کمی بین شمار ذره های واکنش دهنده (ها) و

فراورده (ها) را نشان می دهد. واکنش سوختن کامل گاز متان را در نظر بگیرید:



این معادله نشان می دهد که برای سوختن کامل هر مولکول متان، به دو مولکول

اکسیژن نیاز است. در این واکنش یک مولکول کربن دی اکسید و دو مولکول آب تولید

می شود. به همین ترتیب می توان گفت به ازای هر مول گاز متان به دو مول گاز اکسیژن

نیاز است و با انجام واکنش یک مول گاز کربن دی اکسید و دو مول بخار آب تولید می شود.

## خود را بیازمایید

با توجه به معادله واکنش سوختن کامل متان، نسبت های مولی زیر را کامل کنید:

$$\text{نسبت مولی اکسیژن به متان} = \frac{2 \text{ mol O}_2}{1 \text{ mol CH}_4} = 2$$

$$\text{نسبت مولی کربن دی اکسید به متان} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\text{نسبت مولی آب به کربن دی اکسید} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\text{نسبت مولی متان به آب} = \underline{\hspace{2cm}}$$

با استفاده از نسبت های مولی می توان تعداد مول فراورده (ها)ی به دست آمده از واکنش

یا تعداد مول واکنش دهنده (ها)ی مورد نیاز را به دست آورد.

## نمونه حل شده

فلز روی با هیدروکلریک اسید به صورت زیر واکنش می دهد.



ا) از واکنش ۲ mol ° فلز روی با هیدروکلریک اسید، چند مول گاز هیدروژن تولید می شود؟

ب) برای تولید ۳ mol ° روی کلرید به چند مول هیدروکلریک اسید نیاز است؟

پاسخ:

مرحله ۱:

به دست آوردن نسبت های مولی از روی معادله موازنه شده واکنش

$$\text{نسبت مولی گاز هیدروژن به فلز روی} = \frac{1 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol Zn}}$$

$$\text{نسبت مولی هیدروکلریک اسید به روی کلرید} = \frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol ZnCl}_2}$$

مرحله ۲:

به دست آوردن تعداد مول های ماده خواسته شده از روی تعداد مول ماده داده شده

با استفاده از نسبت های مولی به دست آمده

پاسخ قسمت آ:

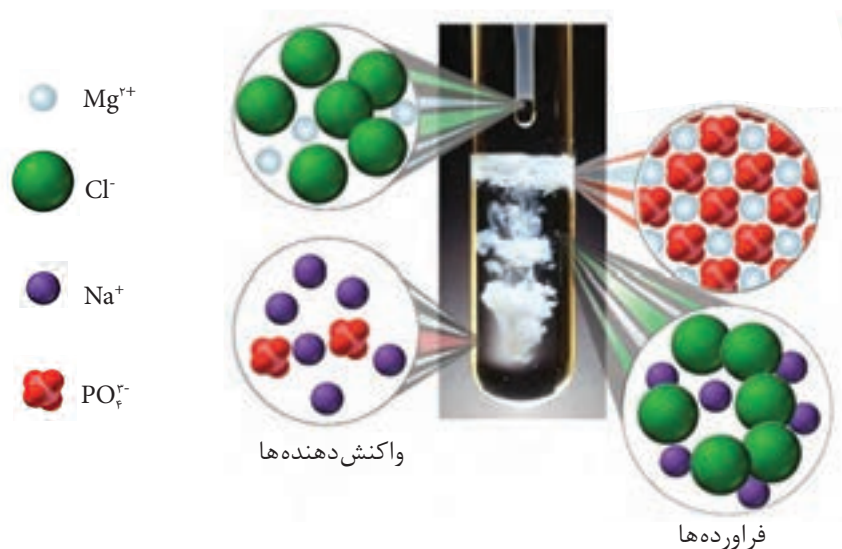
$$? \text{ mol H}_2 = \underbrace{0.2 \text{ mol Zn}}_{\text{تعداد مول ماده داده شده}} \times \underbrace{\frac{1 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol Zn}}}_{\text{نسبت مولی}} = \underbrace{0.2 \text{ mol H}_2}_{\text{تعداد مول ماده خواسته شده}}$$

پاسخ قسمت ب:

$$? \text{ mol HCl} = \underbrace{0.3 \text{ mol ZnCl}_2}_{\text{تعداد مول ماده داده شده}} \times \underbrace{\frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol ZnCl}_2}}_{\text{نسبت مولی}} = \underbrace{0.6 \text{ mol HCl}}_{\text{تعداد مول ماده خواسته شده}}$$

## خود را بیازمایید

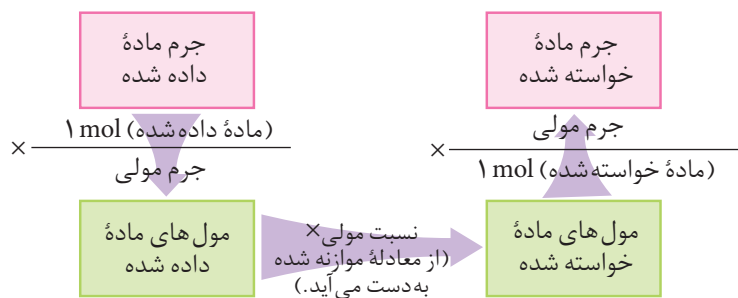
آ) با توجه به شکل زیر، معادله واکنش شیمیایی انجام شده را بنویسید و موازنه کنید.



ب) از واکنش  $5/^\circ$  مول سدیم فسفات با منیزیم کلرید کافی، چند مول منیزیم فسفات جامد تولید می‌شود؟

## روابط جرمی - جرمی در محاسبه‌های استوکیومتری

همان گونه که می‌دانید جرم مولی میانگین هر ترکیب، از جمع جرم اتمی میانگین اتم‌های تشکیل دهنده آن به دست می‌آید. برای مثال جرم مولی میانگین آب و کربن دی‌اکسید به ترتیب  $18/^\circ$  و  $44/^\circ$  گرم بر مول است. برای محاسبه مقدار جرم فراورده(ها)ی حاصل از یک واکنش یا جرم مورد نیاز از واکنش دهنده(ها) برای تولید جرم مشخصی از یک فراورده، می‌توان از روابط استوکیومتری استفاده کرد. در چنین مواردی، معادله شیمیایی موازنه شده واکنش مبنای محاسبه‌های کمی قرار می‌گیرد. استوکیومتری واکنش‌ها برحسب مول تفسیر می‌شود، بنابراین ابتدا باید با استفاده از جرم مولی، جرم ماده داده شده را به مول تبدیل کرد. سپس با استفاده از نسبت‌های مولی، تعداد مول ماده داده شده را به تعداد مول ماده خواسته شده تبدیل کرد. سرانجام می‌توان با استفاده از جرم مولی ماده خواسته شده، مقدار جرم آن را محاسبه کرد. شکل ۸، روند حل بسیاری از مسائل استوکیومتری را نشان می‌دهد.

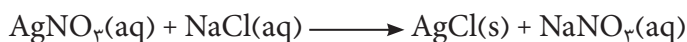


شکل ۸ بسیاری از مسائل استوکیومتری، تبدیل جرم به مول و برعکس و استفاده از نسبت مولی در واکنش‌های شیمیایی را در بر می‌گیرد.

## نمونه حل شده

از واکنش  $17/^\circ$  g نقره نیترات با مقدار کافی محلول سدیم کلرید چند گرم نقره کلرید به دست می‌آید؟

۱- نوشتن معادله موازنه شده



۲- محاسبه تعداد مول‌های ماده داده شده (نقره نیترات) با استفاده از جرم مولی آن

$$\text{جرم مولی نقره نیترات (g)} \times \frac{\text{نقره نیترات } 1 \text{ mol}}{\text{جرم نقره نیترات (g)}} = \text{تعداد مول نقره نیترات}$$

$$? \text{ mol AgNO}_3 = 17/0 \text{ g AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol AgNO}_3}{170 \text{ g AgNO}_3} = 0/100 \text{ mol AgNO}_3$$

۳- محاسبه تعداد مول های ماده خواسته شده (نقره کلرید) با استفاده از نسبت مولی به دست آمده از معادله موازنه شده

نسبت مولی  $\times$  تعداد مول نقره نیترات = تعداد مول نقره کلرید

$$? \text{ mol AgCl} = 0/100 \text{ mol AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol AgCl}}{1 \text{ mol AgNO}_3} = 0/100 \text{ mol AgCl}$$

۴- تبدیل تعداد مول ماده خواسته شده (نقره کلرید) به جرم با استفاده از جرم مولی آن

$$\text{جرم مولی نقره کلرید (g)} \times \text{تعداد مول نقره کلرید} = \text{جرم نقره کلرید (g)}$$

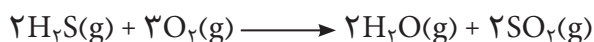
$$? \text{ g AgCl} = 0/100 \text{ mol AgCl} \times \frac{143/5 \text{ g AgCl}}{1 \text{ mol AgCl}} = 14/4 \text{ g AgCl}$$

همان گونه که ملاحظه کردید در هر گام با استفاده از یک ضریب تبدیل مناسب، یک عدد با یکای معین به عدد دیگری با یکای معین تبدیل می شود. به عبارتی در هر گام با یک تبدیل عددی - ابعادی روبه رو هستیم و به این ترتیب یک گام به حل نهایی (عددی با یکای دلخواه) نزدیک می شویم.

### خود را بیازمایید

۱- کدام یک از گزینه های زیر جرم آب تولید شده از واکنش  $3/2$  مول گاز اکسیژن با

گاز هیدروژن سولفید کافی را به درستی نشان می دهد؟



$$3/2 \text{ mol O}_2 \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{2 \text{ mol H}_2\text{O}} \quad (\text{آ})$$

$$3/2 \text{ mol O}_2 \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{32 \text{ g O}_2} \quad (\text{ب})$$

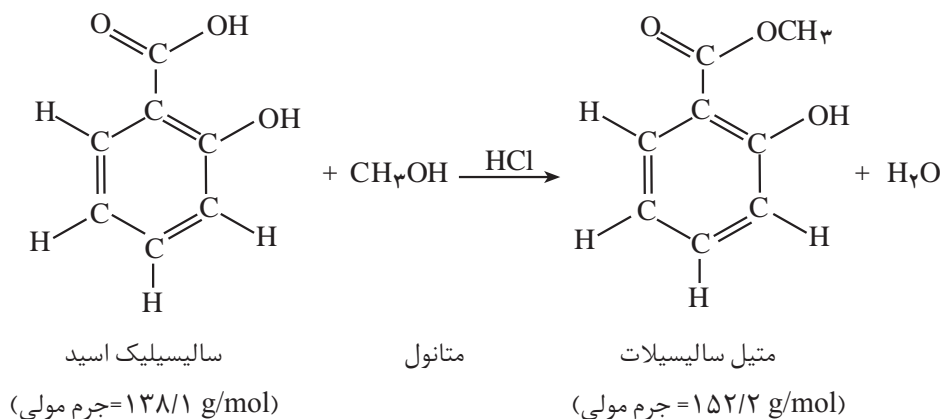
$$3/2 \text{ mol O}_2 \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{3 \text{ mol O}_2} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \quad (\text{پ})$$

حفظ کردن واکنش های شیمیایی و اطلاعات داده شده در صورت پرسش ها، جزء هدف های کتاب درسی نیست و طرح سؤال از این موارد مجاز نیست.

$$\left( \frac{3}{2} \text{ mol } O_2 \times \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{2 \text{ mol } H_2O}{3 \text{ mol } O_2} \right) \quad \text{ت}$$

۲- متیل سالیسیلات به عنوان طعم دهنده در مواد غذایی و دارویی، استفاده می شود.

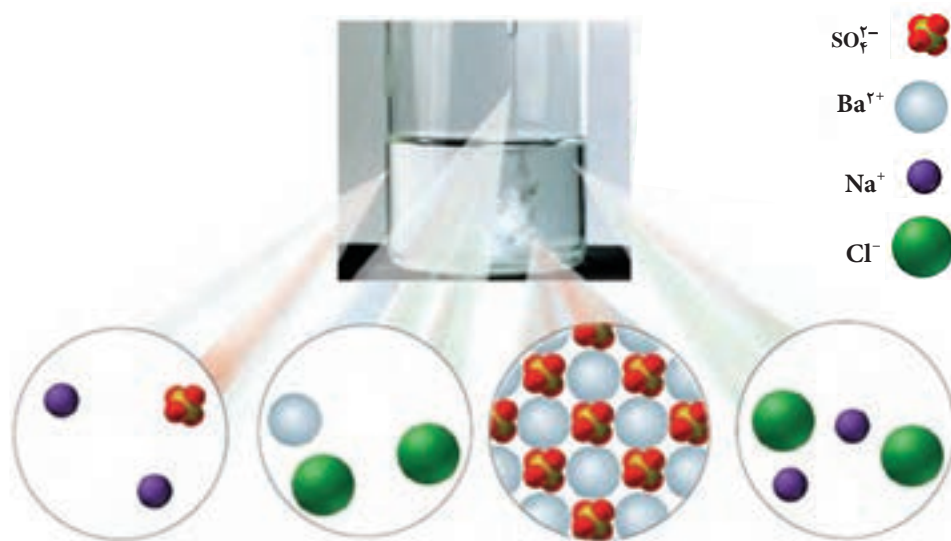
این ماده از واکنش متانول با سالیسیلیک اسید به دست می آید:



چند گرم سالیسیلیک اسید برای تولید  $325^\circ \text{C}$  متیل سالیسیلات لازم است؟

۳- شکل زیر واکنش بین محلول های سدیم سولفات و باریم کلرید را نشان می دهد.

آ) معادله واکنش شیمیایی را بنویسید و موازنه کنید.



ب) از واکنش  $104/1$  گرم از باریم کلرید با مقدار اضافی از سدیم سولفات، چند گرم

باریم سولفات رسوب می دهد؟

## درصد خلوص مواد

در شکل زیر، دو نمونه گندم برداشت شده از زمین های کشاورزی را مشاهده می کنید. به نظر شما برای تهیه مقدار معین و یکسانی از آرد گندم، از کدام نمونه باید مقدار بیشتری برداریم؟ چرا؟



ب) گندم ناخالص



آ) گندم خالص

شکل ۹

همان طور که مشاهده می کنید، یکی از این نمونه ها دارای ناخالصی است. در صنعت و آزمایشگاه نیز، اغلب واکنش دهنده ها ناخالص اند. به بیان دیگر، افزون بر ماده شیمیایی مورد نظر، برخی ترکیب های دیگر نیز در آنها وجود دارند. برای نمونه، سدیم کلرید (نمک خوراکی) در طبیعت به صورت کانه ها لیت یافت می شود. به طوری که در هر ۲۰۰ گرم از این نمونه، ۱۹۵ گرم سدیم کلرید وجود دارد. ۵ گرم باقی مانده برای این کانه، ناخالصی به شمار می رود، شکل ۱۰. به نظر شما درصد خلوص برای این هالیت چند است؟

کانه هالیت، یک نمونه ناخالص از سدیم کلرید است.



ب) نمک خوراکی



آ) کانه هالیت

شکل ۱۰

شیمی دان ها برای بیان میزان خلوص یک نمونه، از درصد خلوص استفاده می کنند. بنابراین، در حین کار در آزمایشگاه و صنعت برای تأمین مقدار معینی از یک ماده خالص، همواره باید مقدار بیشتری از ماده ناخالص را به کار برد.



با استفاده از رابطه درصد خلوص و محاسبات کمی، می‌توان مقادیر مورد نیاز از ماده ناخالص را به دست آورد.

$$\text{جرم ماده خالص} = \frac{\text{جرم نمونه ناخالص}}{\text{درصد خلوص}} \times 100$$

### نمونه حل شده

یکی از روش‌های تولید گاز کلر در آزمایشگاه، واکنش دادن هیدروکلریک اسید با منگنز (IV) اکسید طبق معادله زیر است:



برای تهیه ۲۰٪ گاز کلر، به چند گرم نمونه ناخالص منگنز (IV) اکسید با خلوص ۹۰٪ نیاز است؟ فرض کنید که این ناخالصی‌ها بی‌اثرند و در واکنش شرکت نمی‌کنند.

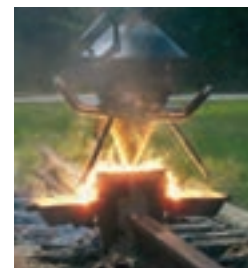
**پاسخ:** ابتدا باید جرم منگنز (IV) اکسید خالص مورد نیاز را محاسبه کرد. سپس با استفاده از درصد خلوص، جرم منگنز (IV) اکسید ناخالص را به دست آورد.

$$? \text{ mol Cl}_2 = 20\% \text{ g Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{70.9 \text{ g Cl}_2} = 0.282 \text{ mol Cl}_2$$

$$? \text{ mol MnO}_2 = 0.282 \text{ mol Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol MnO}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} = 0.282 \text{ mol MnO}_2$$

$$\text{جرم MnO}_2 \text{ خالص مورد نیاز} = 0.282 \text{ mol MnO}_2 \times \frac{86.9 \text{ g MnO}_2}{1 \text{ mol MnO}_2} = 24.5 \text{ g MnO}_2$$

$$\text{جرم MnO}_2 \text{ ناخالص مورد نیاز} = 24.5 \text{ g MnO}_2 \times \frac{100\% \text{ g خالص}}{90\% \text{ g MnO}_2} = 27.2 \text{ g}$$

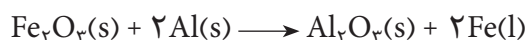


از واکنش ترمیت برای جوش دادن خطوط راه آهن استفاده می‌شود.

### خود را بیازمایید

در واکنش آلومینیم با آهن (III) اکسید (واکنش ترمیت)، آهن مذاب تولید می‌شود. از آهن مذاب تولید شده برای جوشکاری استفاده می‌کنند.

حساب کنید برای تولید ۲۷۹ گرم آهن، چند گرم آلومینیم با درصد خلوص ۸۰٪ لازم است تا با مقدار کافی از آهن (III) اکسید واکنش بدهد؟

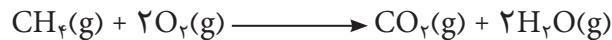


### روابط حجمی گازها در محاسبه‌های استوکیومتری

محاسبه‌های حجمی در گازها بر پایه کارهای ژوزف لویی گی لوساک شیمی دان و فیزیک دان فرانسوی بنا شده است. نتایج آزمایش‌های او به معرفی قانون نسبت‌های

ترکیبی منجر شد. برطبق این قانون:

در دما و فشار ثابت، گازها با نسبت‌های حجمی معینی با هم واکنش می‌دهند. این نسبت‌ها به طور مستقیم با نسبت ضریب‌های آنها در معادله موازنه شده واکنش متناسب هستند. برای مثال، واکنش سوختن کامل متان را در نظر بگیرید.



اگر همه مواد شرکت‌کننده در واکنش به حالت گازی و در فشار و دمای یکسانی قرار داشته باشند، می‌توان گفت که یک حجم گاز  $\text{CH}_4$  با دو حجم گاز  $\text{O}_2$  واکنش می‌دهد و یک حجم گاز  $\text{CO}_2$  و دو حجم گاز  $\text{H}_2\text{O}$  تشکیل می‌شود، شکل ۱۱.

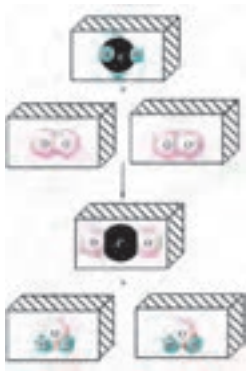
از بررسی معادله تصویری نمایش داده شده در شکل ۱۱ می‌توان چنین نتیجه گرفت که:

**در فشار و دمای یکسان، یک مول از گازهای مختلف حجم ثابت و برابری دارند.**

این همان نتیجه‌ای است که نخستین بار آووگادرو در سال ۱۸۱۱ به آن دست یافت.

فرضیه‌ای که بعدها به **قانون آووگادرو** معروف شد.

همان گونه که می‌دانید حجم گازها تابعی از فشار و دمای آنها است. از این رو معمولاً حجم گازها را در دمای  $0^\circ\text{C}$  ( $273\text{K}$ ) و فشار ۱ اتمسفر ( $760\text{mmHg}$ ) بیان می‌کنند. در این شرایط که به شرایط استاندارد (STP) معروف است، هر مول گاز حجمی برابر با  $22.4\text{L}$  را اشغال می‌کند. این مقدار را **حجم مولی گازها در شرایط STP** می‌نامند، شکل ۱۲.



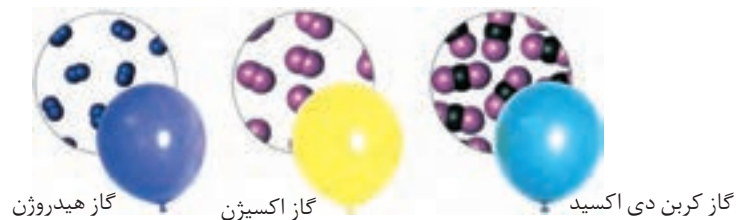
شکل ۱۱ معادله حجمی ترکیب شدن متان و اکسیژن. هر مکعب ۱ L از آن گاز را نشان می‌دهد.

STP کوتاه شده

Standard Temperatur and Pressure است.



ژوزف گی لوساک  
(۱۷۷۸ - ۱۸۵۰)



گاز هیدروژن      گاز اکسیژن      گاز کربن دی‌اکسید

شکل ۱۲ حجم مولی چند گاز در شرایط استاندارد

در حل بعضی مسائل استوکیومتری مربوط به گازها می‌توان با استفاده از قانون

نسبت‌های حجمی، ضریب تبدیل حجمی - حجمی مناسب را از روی معادله موازنه شده واکنش پیدا کرد.

### نمونه حل شده

حجم اکسیژن مورد نیاز و نیز حجم‌های  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  تولید شده در هنگام سوختن

کامل  $1/5\text{L}$  گاز اتان ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) را در دما و فشار ثابت محاسبه کنید.



پاسخ:

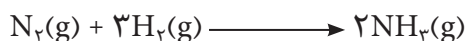
$$\text{حجم مورد نیاز } O_2 = 1/50 \text{ L } C_2H_6 \times \frac{7 \text{ L } O_2}{2 \text{ L } C_2H_6} = 5/25 \text{ L } O_2$$

$$\text{حجم تولید شده } CO_2 = 1/50 \text{ L } C_2H_6 \times \frac{4 \text{ L } CO_2}{2 \text{ L } C_2H_6} = 3/50 \text{ L } CO_2$$

$$\text{حجم تولید شده } H_2O = 1/50 \text{ L } C_2H_6 \times \frac{6 \text{ L } H_2O}{2 \text{ L } C_2H_6} = 4/50 \text{ L } H_2O$$

### خود را بیازمایید

گاز نیتروژن با گاز هیدروژن طبق معادله زیر واکنش می دهد و گاز آمونیاک تولید می کند:



در دما و فشار ثابت برای واکنش کامل  $10^{\circ} \text{ L}$  نیتروژن، به چند لیتر هیدروژن نیاز

است؟ در این شرایط چند لیتر آمونیاک به دست می آید؟

در حل برخی دیگر از مسائل استوکیومتری گازها، می توان با استفاده از حجم مولی،

ضرایب تبدیل مولی - حجمی مناسب را به دست آورد و از روی آن مقدار ماده مورد نظر را

محاسبه کرد.

### نمونه حل شده

بدن انسان در هر شبانه روز به طور متوسط  $445 \text{ g}$  گلوکز مصرف می کند. در این

مدت هر انسان به طور متوسط در شرایط استاندارد به چند لیتر گاز اکسیژن برای اکسایش

گلوکز نیاز دارد؟



پاسخ: ابتدا تعداد مول های گلوکز را از روی جرم مولی آن ( $180^{\circ} \text{ g.mol}^{-1}$ )

حساب می کنیم:

$$? \text{ mol } C_6H_{12}O_6 = 445 \text{ g } C_6H_{12}O_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180^{\circ} \text{ g } C_6H_{12}O_6} = 2/47 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$$

حال با استفاده از ضرایب معادله موازنه شده واکنش و حجم مولی گازها

( $22/4 \text{ L.mol}^{-1}$ ) حجم گاز اکسیژن مورد نیاز را حساب می کنیم.

$$\text{حجم مورد نیاز } O_2 = 2/47 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{6 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{22/4 \text{ L } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 332 \text{ L } O_2$$

## خود را بیازمایید

در شرایط استاندارد چند لیتر گاز  $H_2$  از واکنش  $4/8^{\circ} g$  منیزیم با مقدار اضافی هیدروکلریک اسید تولید می‌شود؟



در مواردی که واکنش در شرایطی غیر از STP انجام می‌شود می‌توان با استفاده از چگالی گازها، مقدار جرم آنها را به حجم یا برعکس تبدیل کرد.

## نمونه حل شده

سدیم هیدروژن کربنات مطابق واکنش زیر در اثر گرما تجزیه می‌شود.



از گرم کردن  $1/5^{\circ} g$  سدیم هیدروژن کربنات چند میلی لیتر گاز  $CO_2$  آزاد می‌شود؟ چگالی  $CO_2$  در دمای واکنش،  $1/1^{\circ} g.L^{-1}$  است.

پاسخ: ابتدا تعداد مول‌های سدیم هیدروژن کربنات را با استفاده از جرم مولی آن

( $84/0^{\circ} g.mol^{-1}$ ) حساب می‌کنیم.

$$\begin{aligned} \text{تعداد مول های } NaHCO_3 &= 1/5^{\circ} g \cancel{NaHCO_3} \times \frac{1 \text{ mol } NaHCO_3}{84/0^{\circ} g \cancel{NaHCO_3}} \\ &= 1/79 \times 10^{-2} \text{ mol } NaHCO_3 \end{aligned}$$

سپس تعداد مول‌های  $CO_2$  تولید شده را از روی نسبت مولی به دست آمده از معادله موازنه شده محاسبه کرده، با استفاده از جرم مولی، تعداد مول را به جرم تبدیل می‌کنیم:

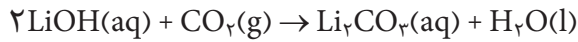
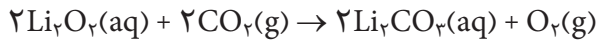
$$\begin{aligned} ? \text{ g } CO_2 &= 1/79 \times 10^{-2} \text{ mol } \cancel{NaHCO_3} \times \frac{1 \text{ mol } \cancel{CO_2}}{2 \text{ mol } \cancel{NaHCO_3}} \times \frac{44/0^{\circ} g \text{ } CO_2}{1 \text{ mol } \cancel{CO_2}} \\ &= 0/393 \text{ g } CO_2 \end{aligned}$$

جرم  $CO_2$  تولید شده را با استفاده از چگالی آن به حجم تبدیل می‌کنیم:

$$\begin{aligned} ? \text{ mL } CO_2 &= 0/393 \text{ g } \cancel{CO_2} \times \frac{1 \text{ L } \cancel{CO_2}}{1/1^{\circ} g \cancel{CO_2}} \times \frac{1000 \text{ mL } CO_2}{1 \text{ L } \cancel{CO_2}} \\ &= 357 \text{ mL } CO_2 \end{aligned}$$

## خود را بیازمایید

برای تصفیه هوای درون فضاپیماها مطابق واکنش‌های زیر از تأثیر کربن دی‌اکسید بر لیتیم پراکسید ( $\text{Li}_2\text{O}_2$ ) یا لیتیم هیدروکسید ( $\text{LiOH}$ ) استفاده می‌شود:



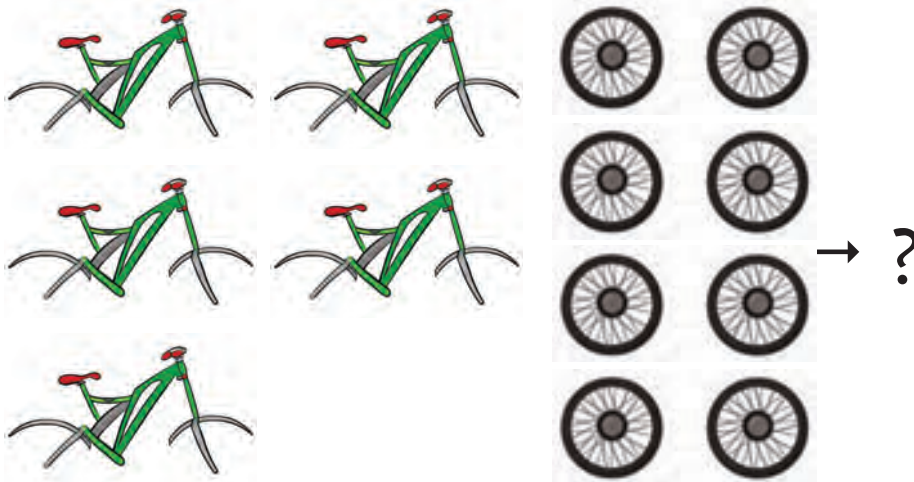
هر فضاورد در شبانه‌روز به طور متوسط  $2\% / \text{mol}$   $\text{CO}_2$  تولید می‌کند. (آ) اگر از واکنش اول برای تصفیه هوا استفاده شود و در این واکنش همه کربن دی‌اکسید تولید شده به مصرف برسد، مقدار اکسیژن تولید شده در یک شبانه‌روز چند لیتر خواهد بود؟ (چگالی اکسیژن را  $1/4 \text{ g.L}^{-1}$  در نظر بگیرید.) (ب) به نظر شما استفاده از کدام واکنش برای تصفیه هوای درون فضاپیما مناسب‌تر است؟ این موضوع را در کلاس به بحث بگذارید.



یک فضاورد در حال تعویض قوطی‌های تصفیه هوای فضاپیما است.

## واکنش دهنده محدود کننده

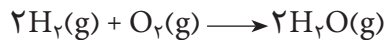
همان‌طور که می‌دانید برای تولید هر دوچرخه به یک عدد بدنه و دو حلقه چرخ نیاز است. حال اگر ۸ حلقه چرخ و ۵ عدد بدنه در اختیار داشته باشید، چند عدد دوچرخه می‌توانید بسازید؟ شکل ۱۳.



شکل ۱۳ برای تولید دوچرخه، تعداد بدنه‌ها کمتر است یا چرخ‌ها؟

برای ساختن دوچرخه پنجم، به دو حلقه چرخ دیگر نیاز داریم. به بیان دیگر در این مثال تعداد دوچرخه‌های تولید شده، به تعداد بدنه‌های موجود بستگی ندارد؛ بلکه به تعداد چرخ‌ها بستگی دارد.

در واکنش‌های شیمیایی نیز چنین است. برای نمونه، در واکنش سوختن هیدروژن همواره ۲ مول گاز هیدروژن با ۱ مول گاز اکسیژن به طور کامل ترکیب می‌شود.



حال اگر در یک آزمایش، ۲ مول هیدروژن را با ۲ مول اکسیژن واکنش دهیم، انتظار دارید که کدام یک از واکنش‌دهنده‌ها به طور کامل مصرف شوند؟

به واکنش‌دهنده‌ای که به طور کامل مصرف می‌شود، **واکنش‌دهنده محدودکننده** می‌گویند؛ بنابراین در آزمایش بالا، گاز  $\text{H}_2$ ، محدودکننده است. هر چند نسبت‌های مولی مواد در واکنش‌های شیمیایی از قانون پایستگی جرم به دست می‌آید؛ اما، در آزمایشگاه و صنعت می‌توانیم به طور اختیاری مقدار یکی از واکنش‌دهنده‌ها را کمتر از مقدار استوکیومتری آن به کار ببریم تا از مصرف کامل آن اطمینان حاصل کنیم.

انتخاب محدودکننده در صنعت به عوامل متعددی مانند قیمت، سهولت کاربرد و... بستگی دارد.

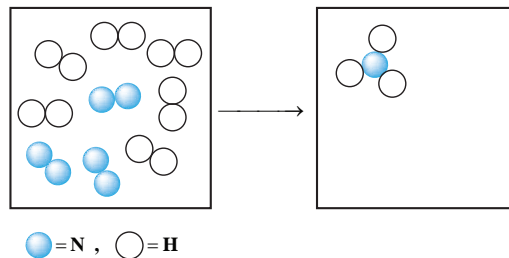
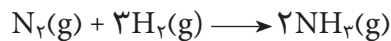
برای نمونه، برای تولید ۴۰۰ مول آهن از سنگ معدن آن، می‌توان ۲۰۰ مول  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  را با ۳۰۰ مول C واکنش داد.



اما از آنجا که کربن ارزان‌تر است و جداسازی تمام آهن از سنگ معدن آن اهمیت فراوانی دارد، مقدار کربن را بیشتر از ۳۰۰ مول (برای نمونه ۳۳۰ مول) به کار می‌برند. از این رو در این واکنش،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  محدودکننده است و تمام آن مصرف می‌شود.

## فکر کنید

۱- آمونیاک را می‌توان از واکنش گاز  $\text{H}_2$  با گاز  $\text{N}_2$  به صورت زیر به دست آورد:

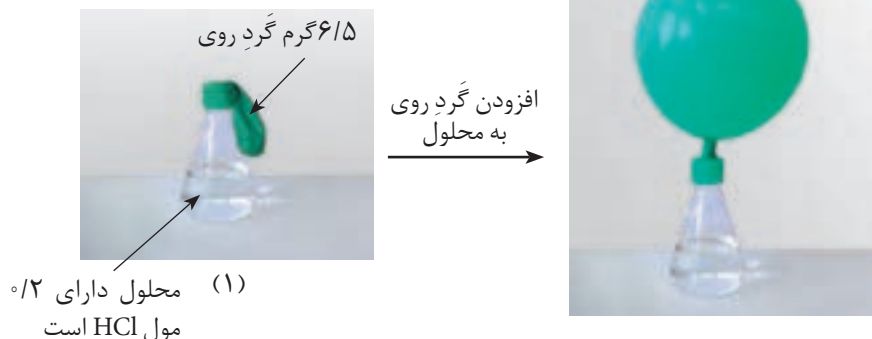


هرگاه مقداری از این دو گاز را مطابق شکل روبه‌رو در یک ظرف دربسته بریزیم و اجازه بدهیم با یکدیگر واکنش دهند: (آ) تعداد مولکول‌های فرآورده را تعیین و شکل سمت راست را کامل کنید.

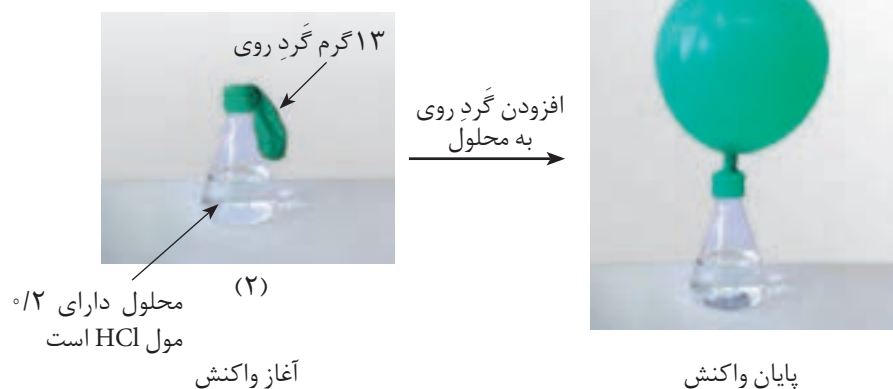
(ب) کدام واکنش‌دهنده، محدودکننده است؟

مقدار فرآورده تولید شده به مقدار محدودکننده بستگی دارد.

۲- شکل‌های زیر، واکنش گرد فلز روی با محلول هیدروکلریک اسید را در دو آزمایش متفاوت نشان می‌دهد (دما  $25^{\circ}\text{C}$  است).



آزمایش دوم:



آ) با بررسی شکل‌ها و بدون محاسبه توضیح دهید، چرا حجم گاز تولید شده در دو آزمایش برابر است؟

ب) با محاسبه تعداد مول‌های روی و با استفاده از ضرایب استوکیومتری، مشخص کنید که در آزمایش دوم کدام واکنش‌دهنده، محدودکننده است؟

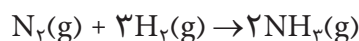
برای تشخیص واکنش‌دهنده محدودکننده در مسائل، می‌توان به شیوه‌های گوناگونی عمل کرد. یکی از این روش‌هایی را که طی دو مرحله به اجرا درمی‌آید با هم بررسی می‌کنیم.

**گام نخست:** جرم یا حجم واکنش‌دهنده‌ها را به تعداد مول آنها تبدیل کنید.

**گام دوم:** تعداد مول هر یک از واکنش دهنده‌ها را به ضریب استوکیومتری آن تقسیم کنید. سپس، هر واکنش دهنده‌ای که این «نسبت» برای آن عدد کوچک‌تری باشد، محدود کننده است.

### نمونه حل شده

برای تولید آمونیاک،  $25/00 \text{ kg}$  نیتروژن و  $5/00 \text{ kg}$  هیدروژن با یکدیگر مخلوط شده، واکنش می‌دهند. در این فرایند (آ) واکنش دهنده محدود کننده کدام است؟ (ب) چه مقدار آمونیاک به دست می‌آید؟



پاسخ:

(آ)

**گام نخست:** تبدیل جرم واکنش دهنده‌ها به مول

$$\begin{aligned} ? \text{ mol N}_2 &= 25/00 \text{ kg N}_2 \times \frac{10^3 \text{ g N}_2}{1 \text{ kg N}_2} \times \frac{1 \text{ mol N}_2}{28/00 \text{ g N}_2} \\ &= 8/93 \times 10^2 \text{ mol N}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ? \text{ mol H}_2 &= 5/00 \text{ kg H}_2 \times \frac{10^3 \text{ g H}_2}{1 \text{ kg H}_2} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2/02 \text{ g H}_2} \\ &= 2/48 \times 10^3 \text{ mol H}_2 \end{aligned}$$

**گام دوم:** انتخاب واکنش دهنده محدود کننده

<div style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></div> مول ماده	}	$\text{N}_2 : \frac{8/93 \times 10^2 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 8/93 \times 10^2$
ضریب استوکیومتری ماده	}	$\text{H}_2 : \frac{2/48 \times 10^3 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} = 8/27 \times 10^2$

بنابراین  $\text{H}_2$  محدود کننده است.

**گام سوم:** اکنون مقدار آمونیاک را با استفاده از واکنش دهنده محدود کننده یعنی

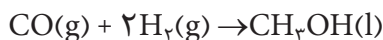
$\text{H}_2$  محاسبه می‌کنیم.

$$\begin{aligned} ? \text{ g NH}_3 &= 2/48 \times 10^3 \text{ mol H}_2 \times \frac{2 \text{ mol NH}_3}{3 \text{ mol H}_2} \times \frac{17/03 \text{ g NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} \\ &\times \frac{1 \text{ kg NH}_3}{10^3 \text{ g NH}_3} = 28/2 \text{ kg NH}_3 \end{aligned}$$



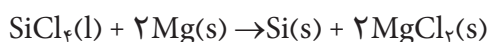
## خود را بیازمایید

۱- متانول ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) به عنوان یک حلال و واکنش دهنده مناسب برای تولید بسیاری از مواد شیمیایی در صنعت شناخته می شود. به تازگی نیز در برخی کشورها به عنوان یک سوخت تمیز برای خودروها کاربرد یافته است. متانول را می توان از واکنش گازهای کربن مونواکسید و هیدروژن به دست آورد:



از واکنش کامل  $356 \text{ g CO}$  با  $65 \text{ g H}_2$  چند گرم متانول به دست می آید؟

۲- سیلیسیم خالصی را که در تراشه های الکترونیکی و نیز در سلول های خورشیدی به کار می برند، از واکنش سیلیسیم تتراکلرید مایع و منیزیم خالص، طبق واکنش زیر تهیه می کنند:



چند گرم سیلیسیم خالص از واکنش کامل  $225 \text{ g SiCl}_4$  و  $225 \text{ g Mg}$  به دست

می آید؟

## بازده واکنش های شیمیایی

در بسیاری از واکنش های شیمیایی که برای تهیه مواد شیمیایی به کار می روند، مقدار فراورده های به دست آمده کمتر از مقدار محاسبه شده است. مقدار فراورده های مورد انتظار از محاسبه های استوکیومتری، **مقدار نظری** واکنش است، در حالی که **مقدار عملی** یعنی مقدار فراورده ای که در عمل تولید می شود، اغلب کمتر از مقدار نظری است.

بازده درصدی یک واکنش نسبت این دو مقدار است و به صورت زیر تعریف می شود:

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100$$

شیمی دان ها همواره برای افزایش بازده درصدی فرایندهای صنعتی و آزمایشگاهی

تلاش می کنند، با این حال بازده اغلب واکنش ها کمتر از صد درصد است.

بازده درصدی واکنش را می توان با استفاده از روش گام به گام زیر به دست آورد:

۱- تعیین واکنش دهنده محدود کننده

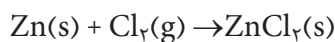
۲- محاسبه مقدار نظری (بیشترین مقدار ممکن فراورده) با استفاده از مقدار

واکنش دهنده محدود کننده

۳- محاسبه بازده درصدی واکنش با استفاده از رابطه بالا

## نمونه حل شده

g ۳۵/۵ از گرد فلز روی خالص با مقدار اضافی گاز کلر واکنش می دهد. پس از پایان واکنش g ۶۵/۲ روی کلرید به دست می آید. بازده درصدی این واکنش را حساب کنید.



۱- پیدا کردن واکنش دهنده محدود کننده

گاز کلر به مقدار اضافی وجود دارد، پس فلز روی واکنش دهنده محدود کننده است.

۲- محاسبه مقدار نظری واکنش با استفاده از مقدار واکنش دهنده محدود کننده

$$? \text{ mol Zn} = \cancel{35/5 \text{ g Zn}} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{\cancel{65/38 \text{ g Zn}}} = 0/543 \text{ mol Zn}$$

$$\begin{aligned} ? \text{ mol ZnCl}_2 &= 0/543 \text{ mol Zn} \times \frac{1 \text{ mol ZnCl}_2}{1 \text{ mol Zn}} \\ &= 0/543 \text{ mol ZnCl}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{مقدار نظری واکنش} &= 0/543 \text{ mol ZnCl}_2 \times \frac{136/28 \text{ g ZnCl}_2}{1 \text{ mol ZnCl}_2} \\ &= 74/0 \text{ g ZnCl}_2 \end{aligned}$$

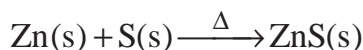
۳- محاسبه بازده درصدی واکنش

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{65/2 \text{ g ZnCl}_2}{74/0 \text{ g ZnCl}_2} \times 100 = 88/1\%$$

## خود را بیازمایید

۱- برای تولید روی سولفید از واکنش دادن روی و گوگرد طبق معادله زیر استفاده

می کنند.



در یک آزمایش g ۳۶/۰ روی را با g ۳۰/۰ گوگرد واکنش داده اند و مقدار g ۴۲/۵

روی سولفید به دست آورده اند. بازده درصدی واکنش را حساب کنید.

۲- گاز متان را می توان از واکنش زغال سنگ با بخار آب بسیار داغ تهیه کرد.

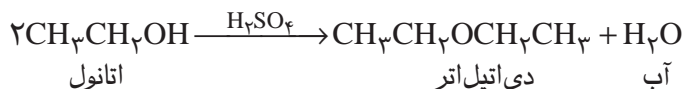


در صورتی که بازده درصدی واکنش ۸۵٪ باشد، چند کیلوگرم متان از واکنش

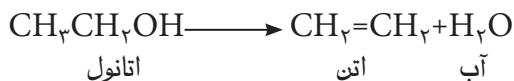
۲/۰۰ kg زغال سنگ با مقدار اضافی بخار آب به وجود می آید؟

## بیشتر بدانید

در برخی از شاخه‌های شیمی برای مثال شیمی تجزیه، تنها واکنش‌هایی سودمندند که بازده آنها ۱۰۰٪ باشد. در شاخه‌های دیگر، به ندرت می‌توان به بازده ۱۰۰٪ در یک واکنش دست یافت، از این رو بهبود بازده درصدی یک واکنش اهمیت زیادی پیدا می‌کند. محاسبهٔ بازده همواره در واکنش‌های سنتزی به‌ویژه در سنتز مواد آلی بسیار مهم است. به عنوان مثال، واکنش تولید دی‌اتیل‌اتر از اتانول را در نظر بگیرید. این واکنش که یک واکنش تراکمی است (چرا؟) در حضور سولفوریک اسید غلیظ به عنوان کاتالیزگر انجام می‌شود.



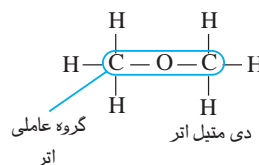
نوشتن این واکنش روی کاغذ آسان، اما انجام آن در آزمایشگاه با تنگناهای زیادی همراه است. یکی از مهم‌ترین تنگناها این است که همواره طی واکنش، مقداری اتانول به اِتن تبدیل می‌شود.



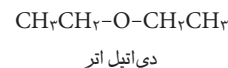
بدیهی است مولکول‌های اتانولی که به اِتن تبدیل شده‌اند، دیگر نمی‌توانند به دی‌اتیل‌اتر تبدیل شوند؛ از این رو، بازده تولید دی‌اتیل‌اتر کاهش می‌یابد.

افزون بر مشکلی که به آن اشاره شد، تنگناهای عملی نیز وجود دارد. به عنوان مثال، دی‌اتیل‌اتر خالص را از طریق تقطیر مخلوط واکنش تهیه می‌کنند، اما همواره مقداری دی‌اتیل‌اتر در ظرف تقطیر باقی می‌ماند. همچنین، مقداری اتانول ممکن است همراه با اتر تبخیر شود. حتی در بهترین شرایط، دست یافتن به بازده بیشتر از ۸۰ تا ۸۵ درصد دشوار است. اغلب، شیمی‌دان‌ها ناچارند به بازده ۵۰ درصد یا حتی کمتر از آن بسنده کنند. از این رو دانشمندان شیمی آلی در صدد یافتن واکنش‌هایی با بازده بالا هستند یا تلاش می‌کنند با بهینه کردن شرایط واکنش، بازده واکنش‌های شناخته شده را افزایش دهند. تلاش در این مسیر زمینه‌ساز تحول‌های چشمگیری در دانش شیمی و کاربردهای آن در صنعت بوده است.

اتر به دسته‌ای از ترکیب‌های آلی گفته می‌شود که در ساختار آنها یک اتم اکسیژن به دو اتم کربن متصل شده است.



دی‌اتیل‌اتر شناخته شده‌ترین اتر است. این مایع فرار و آتش‌گیر در گذشته به عنوان بی‌هوش‌کننده کاربرد گسترده‌ای داشت اما به دلیل آثار نامطلوب آن روی مجاری تنفسی و احتمال آتش‌گیری و انفجار امروزه به ندرت از آن استفاده می‌شود.



## استوکیومتری و زندگی

در این بخش با برخی کاربردهای استوکیومتری آشنا شدید. در اینجا به چند کاربرد دیگر استوکیومتری به‌ویژه در صنایع خودروسازی اشاره می‌کنیم. طراحان خودرو از استوکیومتری برای افزایش ایمنی و بازده موتورها و کاهش آلودگی محیط زیست استفاده می‌کنند. در واقع افزایش ایمنی ناشی از کاربرد کیسه‌های هوا در خودروها و بازده بالای ناشی از بهسوزی سوخت، آن‌هم با کمترین اثرهای تخریبی روی محیط زیست، به رعایت اصول استوکیومتری وابسته است.



هشدار

متأسفانه، در یک بررسی که در آن بیش از ۱۰۰ مورد گزارش تصادف ارائه شده بود نه تنها کیسه‌های هوا از تلفات جانی جلوگیری نکرده، بلکه علت اصلی مرگ نیز بوده است. بیشتر این قربانیان، نوزادان یا کودکان خردسال بوده‌اند؛ از این رو، کارشناسان توصیه می‌کنند که از نشان دادن کودکان زیر ۱۲ سال روی صندلی جلوی خودروها به ویژه خودروهایی که مجهز به کیسه‌های هوا هستند، خودداری شود. همچنین، باز شدن کیسه‌های هوا در برخی موارد موجب زخمی شدن یا حتی مرگ رانندگانی شده که فاصله آنها تا فرمان خودرو بسیار کم بوده است. حداقل این فاصله باید ۲۵ سانتی‌متر باشد. رعایت این فاصله برای رانندگان بلندقد آسان است، اما رانندگان کوتاه قد، برای آنکه پایشان به پدال گاز، ترمز و کلاچ برسد، ناچارند که بیش از اندازه، خود را به فرمان خودرو نزدیک کنند. برای حل این مشکلات به تازگی نسل جدیدی از کیسه‌های هوا به بازار آمده است که به آن **هوشمند** گفته می‌شود. سرعت باز شدن این کیسه‌ها بر حسب شدت تصادف، قد و وزن راننده و فاصله سر راننده تا فرمان خودرو تغییر می‌کند.



## کیسه‌های هوا

کیسه‌های هوا یکی از تازه‌ترین دستاوردهای صنایع خودروسازی است که در جهت افزایش ایمنی سرنشینان طراحی و تولید شده است. همان‌گونه که در شکل ۱۴ نشان داده شده است، هنگام برخورد شدید خودرو، کیسه‌هایی که در قسمت جلوی خودرو تعبیه شده‌اند، به سرعت از گاز پر می‌شوند و از برخورد سرنشینان به شیشه و قسمت جلویی اتاق، جلوگیری به عمل می‌آورند. کارایی این مجموعه به تولید گاز کافی در کمترین زمان ممکن بستگی دارد.



شکل ۱۴ باد شدن سریع کیسه‌های هوا هنگام برخورد شدید خودرو ناشی از انجام یک واکنش سریع شیمیایی است که طی آن حجم زیاد ولی کنترل شده‌ای از گاز نیتروژن تولید می‌شود.

تولید گاز در این کیسه‌ها به علت انجام سریع یک واکنش شیمیایی است. حسگرهایی در قسمت جلوی خودرو تعبیه شده‌اند که در هنگام برخورد شدید، فعال می‌شوند و باعث منفجر شدن یک کلاهک انفجاری کوچک می‌شوند. این انفجار، انرژی موردنیاز برای آغاز واکنشی را فراهم می‌آورد که **مولد گاز** نام دارد.

گازی که به سرعت کیسه‌ها را پر می‌کند، گاز نیتروژن ( $N_2$ ) است. این گاز از واکنش زیر فراهم می‌شود:



این واکنش به تنهایی نمی‌تواند باعث پر شدن ناگهانی کیسه‌ها شود. به علاوه در این واکنش سدیم فلزی نیز تولید می‌شود که ماده‌ی فعال (واکنش‌پذیر) و خطرناکی است. برای حل این مشکل از واکنش بسیار سریع آهن (III) اکسید با سدیم فلزی استفاده می‌شود.



این واکنش دما را به‌طور ناگهانی تا بیش از یک صد درجه بالا می‌برد و باعث انبساط سریع گاز درون کیسه‌ها می‌شود (چرا؟). سدیم اکسید حاصل در اثر مجاورت با کربن دی‌اکسید و رطوبت هوا به سدیم هیدروژن کربنات که ماده‌ای بی‌خطر است، تبدیل می‌شود.



حجم گاز مورد نیاز برای پر کردن کیسه هوا با حجم مشخص، به چگالی گاز وابسته است که آن هم به دما بستگی دارد. برای محاسبه مقدار گاز مورد نیاز برای پر کردن کیسه های هوا، طراحان این کیسه ها باید با استوکیومتری واکنش ها و تغییر انرژی آنها (که باعث تغییر دما و بنابراین تغییر چگالی گازها می شود) به خوبی آشنا باشند.

## خود را بیازمایید

فرض کنید برای پر شدن مناسب یک کیسه هوا به ۶۵/۱ لیتر گاز N<sub>2</sub> نیاز است. برای تولید این مقدار گاز N<sub>2</sub>، دستگاه مولد گاز به چند گرم NaN<sub>3</sub>(s) نیاز دارد؟ چگالی گاز N<sub>2</sub> در دمای واکنش به طور تقریبی ۰/۹۱۶ g.L<sup>-1</sup> است.

## افزایش کارایی موتورها

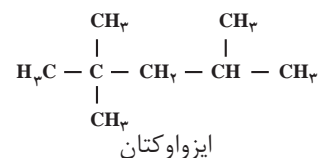
بهسوزی موتور خودرو به رعایت اصول استوکیومتری بستگی دارد. وقتی رانندگان برای افزایش سرعت، پا را بر پدال گاز می فشارند، سرعت جریان سوخت به موتور بیشتر می شود. بنابراین مقدار انرژی آزاد شده از سوختن بنزین افزایش می یابد. معادله نوشتاری زیر تولید انرژی در فرایند سوختن کامل بنزین را نشان می دهد:



در واقع این معادله نوشتاری، واکنش دهنده ها را به خوبی مشخص نمی کند، زیرا بنزین یک ماده شیمیایی ساده نیست و مخلوطی از چند هیدروکربن متفاوت با ۵ تا ۱۲ اتم کربن است. به طور میانگین می توان بنزین مورد استفاده در خودروها را ایزواوکتان خالص (با ۸ اتم کربن) در نظر گرفت و معادله سوختن را برای آن به صورت زیر نوشت:



دو واکنش دهنده باید در یک نسبت نزدیک به نسبت های مولی معادله موازنه شده واکنش با هم مخلوط شوند. فراموش نکنید که تنها حدود ۲۰ درصد از حجم هوا اکسیژن تشکیل می دهد و بنابراین راه مناسب بهسوزی موتور، تنظیم عملی نسبت هوا به سوخت است. اگر هریک از واکنش دهنده ها به مقداری بیشتر از نسبت استوکیومتری استفاده شود، موتور کارایی خوبی نخواهد داشت و حتی ممکن است خاموش شود. کارکرد نادرست موتور خودرو که به واسطه سوختن ناقص بنزین به وقوع می پیوندد، نه تنها باعث کاهش توان خودرو می شود بلکه مصرف سوخت را بالا می برد و این خود افزایش آلودگی هوا را در پی خواهد داشت.



## فکر کنید

نسبت مولی سوخت به اکسیژن در موتور خودرویی که با سرعت معمولی حرکت می‌کند، به جای نسبت استوکیومتری ۱ به ۱۲/۵ در نسبت ۱ به ۱۶ نگهداری می‌شود. این درحالی است که هنگام روشن کردن موتور این نسبت ۱ به ۱۲ و در هنگامی که موتور درجا کار می‌کند، این نسبت ۱ به ۹ است. در هر حالت واکنش دهنده محدود کننده کدام است؟



**ابوبکر محمدبن زکریای رازی**  
(۲۰۹-۲۴۲ هجری شمسی)  
(۹۲۰-۸۱۴ میلادی)  
شیمی‌دان، ریاضی‌دان، فیلسوف، ستاره‌شناس و پزشک ایرانی، وی ترکیب‌های شیمیایی متعددی را تهیه کرد که از آن میان می‌توان به اتانول اشاره کرد. با مراجعه به شبکه جهانی وب درباره این شخصیت برجسته ایرانی - اسلامی اطلاعات جمع‌آوری کرده، نتیجه را به صورت روزنامه دیواری در کلاس ارائه دهید.



این نقاشی توسط اروپایی‌های سده پانزدهم میلادی کشیده شده است.

## بیشتر بدانید

### جابر بن حیان بنیانگذار شیمی

ابوموسی جابر بن حیان کیمیاگر برجسته مسلمان در سال ۱۰۰ هجری شمسی (۷۲۱ میلادی) در شهر طوس از توابع خراسان دیده به جهان گشود. مدت کوتاهی پس از تولد جابر، پدرش که خود یک داروساز شناخته شده عرب و مسلمان پیرو اهل بیت (ع) بود به دلیل نقشی که در طرح براندازی حکومت اموی داشت دستگیر شد و به شهادت رسید. پیشه پدر و مطالعه یادداشت‌های به‌جای مانده از او نقش مهمی در علاقه‌مند شدن جابر به داروسازی و کیمیاگری داشت. با این حال با شوق فراوان به یادگیری علوم دیگر نیز می‌پرداخت. اشتیاق فراگیری قرآن مجید و بهره‌مند شدن از محضر پرفیض حضرت امام جعفر صادق (ع) سبب شد که به شهر کوفه کوچ کند. هجرتی که بی‌تردید موجبات شکوفایی استعدادهای نهفته جابر را فراهم آورد.

شهرت جابر بیشتر به دلیل سهمی است که در پیشرفت دانش شیمی داشته است. او همواره بر اجرای هدفمند و نظام‌دار فعالیت‌های تجربی تأکید داشت و تلاش بسیاری برای خرافه‌زدایی از کیمیاگری و تبدیل آن به یک علم تجربی کرد. نوآوری انواع گوناگونی از وسایل آزمایشگاهی از جمله **انبيق** به نام وی ثبت شده است. کشف مواد شیمیایی متعددی مانند هیدروکلریک اسید، نیتریک اسید، تهیه تیزاب (مخلوطی از دو اسید یاد شده که از جمله اندک موادی است که طلا را در خود حل می‌کند)، سیتریک اسید (جوهر لیمو) و استیک اسید (جوهر سرکه) همچنین معرفی فرایندهای تبلور و تقطیر که هر دو سنگ بنای شیمی امروزی به‌شمار می‌آیند همگی از نتایج تلاش خستگی‌ناپذیر این شیمی‌دان سرشناس است. وی یافته‌های زیادی درباره روش‌های استخراج و خالص‌سازی طلا، جلوگیری از زنگ زدن آهن، حکاکی روی طلا، رنگرزی و نم‌ناپذیر کردن پارچه‌ها و تجزیه مواد شیمیایی ارائه داد. همچنین بذر دسته‌بندی امروزی عناصرها به فلز و نافلز را می‌توان در دست‌نوشته‌های وی یافت.

جابر کتاب‌ها و رساله‌های بسیاری نوشت که سال‌ها بعد توجه کیمیاگران اروپایی را به خود جلب کرد. اروپایی‌ها تعدادی از این کتاب‌ها را به زبان لاتین ترجمه کردند و سال‌ها از آنها به‌عنوان منابع علمی معتبر استفاده می‌کردند. به گفته بسیاری از غربی‌ها، محتوای کتاب‌های جابر تأثیر ژرفی بر دیدگاه کیمیاگران اروپایی گذاشت و سال‌ها بعد مبدأ تحولات شگرفی در دانش شیمی شد. اگرچه

جابر بن حیان در سال ۱۹۴ هجری شمسی (۸۱۵ میلادی) - نزدیک به هزار و دویست سال پیش - در شهر کوفه در عراق چشم از جهان فرو بست ولی نام و دستاوردهای این چهرهٔ گران سنگ تاریخ تمدن اسلامی هرگز از یادها نرفت.



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