

نمونه‌ی حل شده

جرم $3/5^\circ \text{mol}$ مس چند گرم است؟

۱- فهرست داده‌های مسأله را بنویسید.

* تعداد مول‌های مس: $3/5^\circ \text{mol}$

* جرم مولی مس: $63/55 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ یعنی: $\frac{63/55 \text{gCu}}{1 \text{mol Cu}}$

۲- با یافتن ضریب تبدیل مناسب، محاسبه را انجام دهید.

$$? \text{ gCu} = 3/5^\circ \text{mol Cu} \times \frac{63/55 \text{gCu}}{1 \text{mol Cu}} = 222/4 \text{gCu}$$

ضریب تبدیل

خود را بیازمایید

۱- $83/5 \text{g}$ مس چند مول مس است؟

۲- $128/9 \text{g}$ کربن دی‌اکسید چند مول است؟

۳- $55/5 \text{mol}$ آب چند لیتر آب است؟ (چگالی آب را $1 \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ در نظر بگیرید).

استوکیومتری فرمولی

می‌دانید که فرمول مولکولی هر ترکیب نشان‌دهنده‌ی نوع و تعداد اتم‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن است. برای مثال فرمول مولکولی کربن دی‌اکسید، CO_2 ، نشان می‌دهد که هر مولکول CO_2 از یک اتم کربن و دو اتم اکسیژن تشکیل شده است. به همین ترتیب در هر مول CO_2 یک مول اتم کربن و دو مول اتم اکسیژن وجود دارد. از این رو می‌توان نسبت تعداد اتم‌ها (یا مول‌ها)ی کربن به اکسیژن را به صورت زیر نشان داد:

$$\frac{\text{تعداد اتم‌های C در یک مولکول CO}_2}{\text{تعداد اتم‌های O در یک مولکول CO}_2} = \frac{\text{تعداد مول‌های C در یک مول CO}_2}{\text{تعداد مول‌های O در یک مول CO}_2} = \frac{1}{2}$$

خود را بیازمایید

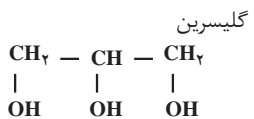
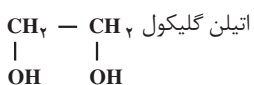
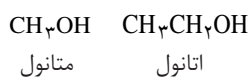
در هر مورد نسبت عنصرهای تشکیل‌دهنده‌ی ترکیب‌های داده شده را به دست آورید.

(ا) NH_3 (ب) C_2H_6 (پ) SO_3

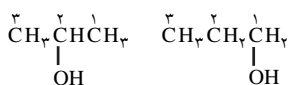
در سال گذشته با مفهوم فرمول تجربی آشنا شدید. آموختید که این فرمول افزون بر

نوع و تعداد عنصرهای سازنده‌ی مولکول، ساده‌ترین نسبت اتم‌های موجود در آن را نیز مشخص می‌کند. اما این پرسش که چگونه این فرمول به دست می‌آید؟ بی‌پاسخ ماند. فرمول تجربی هر ترکیب شیمیایی از طریق تجزیه‌ی عنصری آن ترکیب در آزمایشگاه به دست می‌آید. تجزیه‌ی عنصری روشی است که طی آن نوع عنصرهای تشکیل دهنده و درصد جرمی هریک از آن‌ها در ترکیب شیمیایی یاد شده، معین می‌شود. با کمک این درصدهای جرمی و جرم مولی عنصرهای سازنده، فرمول تجربی آن ترکیب به آسانی از راه محاسبه به دست می‌آید.

الکل‌ها دسته‌ای از ترکیب‌های آلی هستند که یک یا تعداد بیش‌تری گروه عاملی هیدروکسیل ($-OH$) روی زنجیر کربنی خود دارند. برخی الکل‌ها مانند متانول (الکل چوب - در غیاب اکسیژن با گرم کردن چوب تا دمای $400^\circ C$ به حالت بخار به دست می‌آید.) و اتانول (الکل میوه - بر اثر تخمیر قندها و کربوهیدرات‌های موجود در مواد غذایی و برخی میوه‌ها توسط آنزیم‌ها تولید می‌شود.) یک گروه $-OH$ دارند و برخی مانند اتیلن گلیکول (۱، ۲- اتان دی‌آل) و گلیسرین (۱، ۲، ۳- پروپان تری‌آل) به ترتیب دو و سه گروه عاملی هیدروکسیل دارند.



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



۱- پروپانول (پروپیل الکل)
۲- پروپانول (ایزوپروپیل الکل)

نمونه‌ی حل شده

تجزیه‌ی عنصری پروپیل الکل (۱- پروپانول) نشان می‌دهد که این ترکیب آلی از 60% کربن (C)، $13/4\%$ هیدروژن (H) و $26/6\%$ اکسیژن (O) تشکیل شده است. فرمول تجربی آن را به دست آورید.

۱- فهرست داده‌های مسأله را بنویسید.

$$* 60\% C \text{ یعنی در هر } 100 \text{ g ترکیب، } 60 \text{ g کربن وجود دارد.}$$

$$* 13/4\% H \text{ یعنی در هر } 100 \text{ g ترکیب، } 13/4 \text{ g هیدروژن وجود دارد.}$$

$$* 26/6\% O \text{ یعنی در هر } 100 \text{ g ترکیب، } 26/6 \text{ g اکسیژن وجود دارد.}$$

$$* \text{جرم مولی } C: 12 \text{ g mol}^{-1}$$

$$* \text{جرم مولی } H: 1 \text{ g mol}^{-1}$$

$$* \text{جرم مولی } O: 16 \text{ g mol}^{-1}$$

۲- جرم هر عنصر را به مول تبدیل کنید.

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

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

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

۳- نسبت مولی عنصرها را به دست آورید.

برای این کار تعداد مول‌های هر عنصر را بر تعداد مول‌های عنصری تقسیم کنید که مقدار آن از همه کم‌تر است.

$1/7$ کوچک‌ترین مقدار است.

$$\frac{1/7 \text{ mol O}}{1/7} = 1 \text{ mol O} = 1 \text{ mol O}$$

$$\frac{5/00 \text{ molC}}{1/7} = 2/9 \text{ molC} \approx 3 \text{ molC}$$

$$\frac{13/4 \text{ molH}}{1/7} = 7/9 \text{ molH} \approx 8 \text{ molH}$$

به ازای هر ۱ mol اکسیژن، ۳ mol کربن و ۸ mol هیدروژن وجود دارد.

به دیگر سخن: ۱O:۳C:۸H

بنابراین، فرمول تجربی پروپیل الکل باید C_3H_8O باشد.



ابوبکر محمدبن زکریای رازی
(۳۰۹-۲۴۳ هجری شمسی)
(۹۳۰-۸۶۴ میلادی)

شیمی دان، ریاضی دان، فیلسوف، ستاره شناس و پزشک ایرانی؛ وی ترکیب های شیمیایی متعددی را تهیه کرد که از آن میان می توان به اتانول اشاره کرد. با مراجعه به شبکه ی جهانی وب درباره ی این شخصیت برجسته ی ایرانی- اسلامی اطلاعات جمع آوری کرده نتیجه را به صورت روزنامه ی دیواری در کلاس ارایه دهید.

خود را بیازمایید

۱- فرمول تجربی ترکیبی را به دست آورید که شامل ۲۶/۵۶٪ پتاسیم، ۳۵/۴۱٪ کروم و ۳۸/۰۳٪ اکسیژن است.

۲- فرمول تجربی ترکیبی را به دست آورید که شامل ۵/۷۲g اکسیژن و ۴/۴۳g فسفر است.

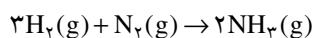
۳- فرمول تجربی ترکیبی را به دست آورید که شامل ۳۲/۳۸٪ سدیم، ۲۲/۶۵٪ گوگرد و ۴۴/۹۷٪ اکسیژن است.

۴- فرمول مولکولی ترکیبی را به دست آورید که جرم مولی آن $92/01 \text{ g.mol}^{-1}$ است و دارای ۶۱g نیتروژن و ۱۳۹g اکسیژن است.

بیش تر بدانید

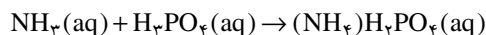
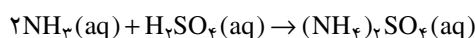
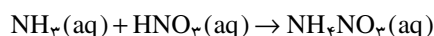
برای تأمین غذای جمعیت رو به فزونی جهان، کشاورزان ناگزیرند فراورده های بیش تر و مغذی تری تولید کنند. هر سال، آن ها صدها میلیون تُن کود شیمیایی را به خاک میفزایند تا فراورده های با کیفیت بالاتری به دست آورند. گیاهان برای آن که به طور مناسب تری رشد کنند، افزون بر کربن دی اکسید و آب، به شش عنصر دیگر نیز نیاز دارند. این شش عنصر عبارت اند از Mg و S، Ca، K، P، N.

کودهای نیتروژن دار دارای نمک های نیترات (ترکیب های دارای یون NO_3^-)، نمک های آمونیوم (ترکیب های دارای یون NH_4^+) و ترکیب های دیگر است. گیاهان می توانند نیتروژن را به طور مستقیم به صورت نیترات از خاک جذب کنند، اما آمونیاک (NH_3) و نمک های آمونیوم ابتدا باید به وسیله ی باکتری های خاک به نیترات ها تبدیل شوند. آمونیاک ماده ی اولیه ی کودهای نیتروژن دار است که از واکنش بین هیدروژن و نیتروژن به دست می آید.

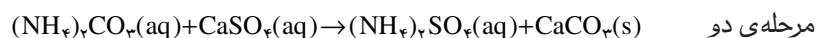


آمونیاک مایع را می توان به طور مستقیم به خاک تزریق کرد.

هم چنین، آمونیاک را می توان براساس واکنش های زیر به آمونیوم نیترات (NH_4NO_3)، آمونیوم سولفات ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)، یا آمونیوم دی هیدروژن فسفات ($(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$) تبدیل کرد:



از واکنش دو مرحله ای زیر نیز به عنوان روش دیگری برای تهیه ی آمونیوم سولفات استفاده می شود:



برتری این روش آن است که مواد اولیه ی آن (گچ، کربن دی اکسید و آب) از سولفوریک اسید ارزان ترند.

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

درصد جرمی نیتروژن در پنج کود شیمیایی رایج

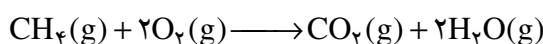
نام	فرمول شیمیایی	%N
آمونیاک	NH_3	۸۲/۴
آمونیم نیترات	NH_4NO_3	۲۵
آمونیم سولفات	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	۲۱/۲
آمونیم دی هیدروژن فسفات	$(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$	۱۲/۲
اوره	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	۴۶/۷

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

- (۱) قیمت مواد اولیه ی لازم برای تهیه ی کود
 - (۲) آسانی انبار کردن، حمل و نقل و به کارگیری
 - (۳) درصد جرمی عنصر موردنظر
 - (۴) مناسب بودن ترکیب از نظر انحلال پذیری در آب یا آسانی جذب به وسیله ی گیاهان.
- با توجه به همه ی 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 ی موازنه شده، رابطه ی 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. طی این واکنش یک مولکول کربن دی اکسید و دو مولکول آب نیز تولید می شود. به همین ترتیب می توان گفت به ازای هر مول متان به دو مول اکسیژن نیاز است و بر اثر انجام واکنش یک مول کربن دی اکسید و دو مول آب تولید می شود.

خود را بیازمایید

با توجه به معادله ی واکنش سوختن کامل متان، جدول نسبت های مولی زیر را کامل

کنید:

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

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

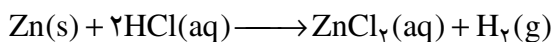
$$\text{نسبت مولی آب به کربن دی اکسید} = \underline{\hspace{2cm}}$$

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

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. هم چنین می توان تعداد مول واکنش دهنده (ها)ی لازم را برای تولید تعداد مول مشخصی از فراورده (ها) محاسبه کرد.

نمونه ی حل شده

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



آ. 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؟

مرحله ی ۱:

به دست آوردن نسبت های مولی از روی معادله ی موازنه شده ی 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 ی ۲:

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

شده با استفاده از نسبت های مولی به دست آمده

پاسخ قسمت آ:

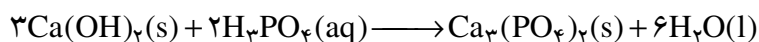
$$? \text{ mol H}_2 = \underbrace{0 / 2 \text{ mol Zn}}_{\text{تعداد مول ماده‌ی داده شده}} \times \underbrace{\frac{1 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol Zn}}}_{\text{نسبت مولی}} = \underbrace{0 / 2 \text{ mol H}_2}_{\text{تعداد مول ماده‌ی خواسته شده}}$$

پاسخ قسمت ب:

$$? \text{ mol HCl} = \underbrace{0 / 3 \text{ mol ZnCl}_2}_{\text{تعداد مول ماده‌ی داده شده}} \times \underbrace{\frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol ZnCl}_2}}_{\text{نسبت مولی}} = \underbrace{0 / 6 \text{ mol HCl}}_{\text{تعداد مول ماده‌ی خواسته شده}}$$

خود را بیازمایید

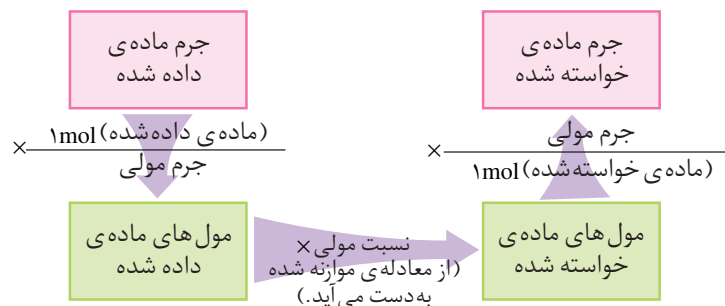
بر طبق واکنش زیر برای تولید هر 2 mol کلسیم فسفات به چند مول کلسیم هیدروکسید نیاز است؟



روابط جرمی - جرمی در محاسبه‌های استوکیومتری

همان گونه که می‌دانید جرم مولی میانگین هر ترکیب، از جمع جرم اتمی میانگین اتم‌های تشکیل دهنده‌ی آن به دست می‌آید. برای مثال جرم مولی میانگین آب و کربن دی‌اکسید به ترتیب $18/0$ و $44/0$ گرم بر مول است.

برای محاسبه‌ی مقدار جرم فراورده (ها) حاصل از یک واکنش یا جرم مورد نیاز از واکنشگر (ها) برای تولید جرم مشخصی از یک فراورده، می‌توان از روابط استوکیومتری استفاده کرد. در چنین مواردی، معادله‌ی شیمیایی موازنه شده‌ی واکنش مبنای محاسبه‌های کمی قرار می‌گیرد. استوکیومتری واکنش‌ها برحسب مول تفسیر می‌شود، بنابراین ابتدا باید با استفاده از جرم مولی، جرم ماده‌ی داده شده را به مول تبدیل کرد. سپس با استفاده از نسبت‌های مولی، تعداد مول ماده‌ی داده شده را به تعداد مول ماده‌ی خواسته شده تبدیل کرد. سرانجام می‌توان با استفاده از جرم مولی ماده‌ی خواسته شده، مقدار جرم آن را محاسبه کرد. شکل ۷ روند حل بسیاری از مسایل استوکیومتری را نشان می‌دهد.

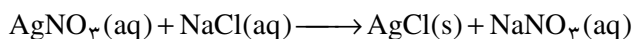


شکل ۷ بسیاری از مسایل استوکیومتری، تبدیل جرم به مول و برعکس و استفاده از نسبت مولی در واکنش‌های شیمیایی را در بر می‌گیرد.

نمونه‌ی حل شده

از واکنش 171 g نقره نیترات با مقدار اضافی محلول سدیم کلرید چند گرم نقره کلرید به دست می‌آید؟

۱- نوشتن معادله‌ی موازنه شده



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

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

$$? \text{ mol AgNO}_3 = 171\text{ g AgNO}_3 \times \frac{1\text{ mol AgNO}_3}{170\text{ g AgNO}_3} = 0.100\text{ mol AgNO}_3$$

۳- محاسبه‌ی تعداد مول‌های ماده‌ی خواسته شده (نقره کلرید) با استفاده از نسبت مولی به دست آمده از معادله‌ی 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 ماده‌ی خواسته شده (نقره کلرید) به جرم با استفاده از جرم مولی آن

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

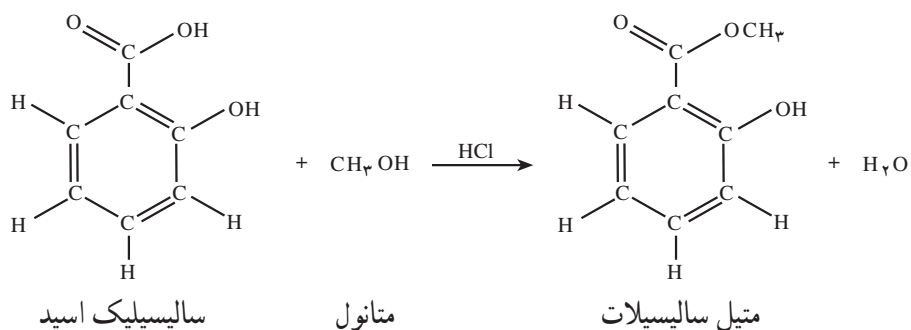
$$? \text{ g AgCl} = 0.100\text{ mol AgCl} \times \frac{143.5\text{ g AgCl}}{1\text{ mol AgCl}} = 14.4\text{ g AgCl}$$

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 می‌شود. به عبارتی در هر گام با یک تبدیل عددی - ابعادی روبه‌رو هستیم و به این ترتیب یک گام به حل نهایی (عددی با یکای دلخواه) نزدیک می‌شویم.

خود را بیازمایید

متیل سالیسیلات به عنوان طعم‌دهنده به مواد غذایی و دارویی مورد استفاده قرار

می‌گیرد. این ماده از واکنش متانول با سالیسیلیک اسید به دست می‌آید:



(جرم مولی = 138/13 g/mol)

(جرم مولی = 152/16 g/mol)

چند گرم سالیسیلیک اسید برای تولید 325g متیل سالیسیلات لازم است؟

درصد خلوص مواد

مواد مورد استفاده در آزمایشگاه یا صنعت کاملاً خالص نیستند و معمولاً مقادیر مختلفی ناخالصی به همراه دارند. خلوص مواد معمولاً به صورت درصد بیان می شود، برای مثال سدیم کلرید 99/8٪. از آن جا که درصد خلوص، مقدار گرم ماده ی خالص موجود در 100 گرم ماده ی ناخالص را مشخص می کند، این مثال بیان می کند که هر 100g سدیم کلرید مورد نظر شامل 99/8g سدیم کلرید خالص و 0/2g ناخالصی است. از این رو، در حین کار در آزمایشگاه و بویژه در صنعت برای تأمین مقدار معینی از یک ماده ی خالص همواره باید مقدار بیش تری از ماده ی ناخالص در دسترس را به کار برد. با وارد کردن درصد خلوص در محاسبه ها می توان مقادیر مورد نیاز از ماده ی ناخالص را به دست آورد.

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

به عبارت دیگر:

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

نمونه ی حل شده

یکی از روش های تولید گاز کلر در آزمایشگاه، واکنش دادن هیدروکلریک اسید با منگنز (IV) اکسید طبق معادله ی زیر است.



برای تهیه ی 200g گاز کلر، به چند گرم نمونه ی ناخالص منگنز دی اکسید با خلوص 90٪ نیاز است؟ فرض کنید که این ناخالصی ها بی اثرند و در واکنش شرکت نمی کنند.

پاسخ: ابتدا باید جرم منگنز دی اکسید خالص مورد نیاز را محاسبه کرد و سپس با

استفاده از درصد خلوص، جرم منگنز دی اکسید ناخالص مورد نیاز را به دست آورد.

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

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

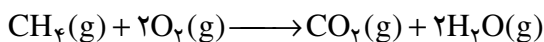
$$\text{جرم MnO}_2 \text{ خالص مورد نیاز} = 0.282 \text{ mol MnO}_2 \times \frac{86.9 \text{ g MnO}_2}{1 \text{ mol MnO}_2} = 24.5 \text{ g MnO}_2$$

$$\text{نمونه‌ی ناخالص} = 24.5 \text{ g MnO}_2 \times \frac{10\% \text{ ناخالص}}{9\% \text{ MnO}_2} = 27.2 \text{ g}$$

روابط حجمی گازها در محاسبه‌های استوکیومتری

محاسبه‌های حجمی در گازها بر پایه‌ی کارهای ژوزف لویی گی لوساک شیمی‌دان و فیزیک‌دان فرانسوی بنا شده است. نتایج آزمایش‌های او به معرفی **قانون نسبت‌های ترکیبی** بینجامید. برطبق این قانون:

در دما و فشار ثابت، گازها در نسبت‌های حجمی معینی با هم واکنش می‌کنند. این نسبت‌ها به طور مستقیم با نسبت ضریب‌های آن‌ها در معادله‌ی موازنه‌شده‌ی واکنش متناسب است. برای مثال، واکنش سوختن متان را در نظر بگیرید.



اگر همه‌ی مواد شرکت‌کننده در واکنش در حالت گازی و در فشار و دمای یکسانی قرار داشته باشند، می‌توان گفت که یک حجم گاز CH_4 با دو حجم گاز O_2 واکنش می‌دهد و یک حجم گاز CO_2 و دو حجم گاز H_2O تشکیل می‌شود، شکل ۸.

از بررسی معادله‌ی تصویری نمایش داده شده در شکل ۸ می‌توان چنین نتیجه گرفت که: **در فشار و دمای ثابت 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.

همان‌گونه که می‌دانید حجم گازها تابعی از فشار و دمای آن‌ها است. از این رو معمولاً حجم گازها را در دمای 0°C (273K) و فشار ۱ اتمسفر (760 mmHg) بیان می‌کنند. در این شرایط که به شرایط استاندارد (STP) معروف است هر مول گاز، حجمی برابر 22.4 L را اشغال می‌کند. این مقدار را **حجم مولی گازها در شرایط STP** می‌نامند، شکل ۹.

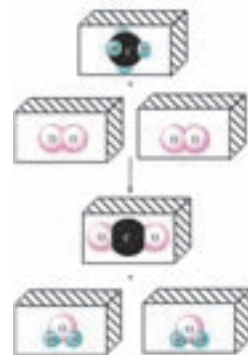


گاز هیدروژن، گاز اکسیژن، گاز کربن دی‌اکسید

شکل ۹ حجم مولی چند گاز در شرایط استاندارد



ژوزف گی لوساک
(۱۷۷۸ – ۱۸۵۰)



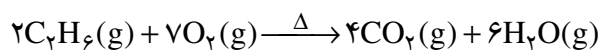
شکل ۸ معادله‌ی حجمی ترکیب شدن متان و اکسیژن. هر مکعب ۱ L از آن گاز را نشان می‌دهد.

STP کوتاه‌شده‌ی *Standard Temperature and Pressure* است.

در حل بعضی مسایل استوکیومتری مربوط به گازها می توان با استفاده از قانون نسبت های حجمی، ضریب تبدیل حجمی - حجمی مناسب را از روی معادله ی موازنه شده ی واکنش پیدا کرد.

نمونه ی حل شده

حجم اکسیژن مورد نیاز و نیز حجم های CO_2 و H_2O تولید شده در هنگام سوختن کامل $1/5^\circ\text{L}$ گاز اتان (C_2H_6) را محاسبه کنید.



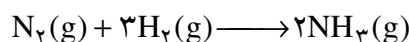
پاسخ: $\text{حجم O}_2 \text{ مورد نیاز} = 1/5^\circ\text{L C}_2\text{H}_6 \times \frac{7\text{L O}_2}{2\text{L C}_2\text{H}_6} = 5/25\text{L O}_2$

$\text{حجم CO}_2 \text{ تولید شده} = 1/5^\circ\text{L C}_2\text{H}_6 \times \frac{4\text{L CO}_2}{2\text{L C}_2\text{H}_6} = 3/10\text{L CO}_2$

$\text{حجم H}_2\text{O} \text{ تولید شده} = 1/5^\circ\text{L C}_2\text{H}_6 \times \frac{6\text{L H}_2\text{O}}{2\text{L C}_2\text{H}_6} = 4/50\text{L H}_2\text{O}$

خود را بیازمایید

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



در فشار ثابت برای واکنش کامل $1/1^\circ\text{L}$ نیتروژن، به چند لیتر هیدروژن نیاز است؟

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

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

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

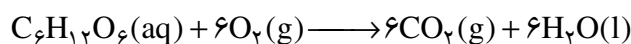
محاسبه کرد.

نمونه ی حل شده

بدن انسان در هر شبانه روز به طور متوسط 445g گلوکوز مصرف می کند. در این

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

گلوکوز نیاز دارد؟



پاسخ: ابتدا تعداد مول های گلوکوز را از روی جرم مولی آن ($180/\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$) حساب

می کنیم:

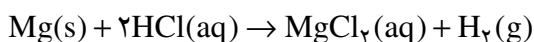
$$? \text{ mol } C_6H_{12}O_6 = 44.5 \text{ g } C_6H_{12}O_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180.16 \text{ g } C_6H_{12}O_6} = 2.47 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$$

حال با استفاده از ضرایب معادله‌ی موازنه‌شده‌ی واکنش و حجم مولی گازها ($22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$) حجم گاز اکسیژن مورد نیاز را حساب می‌کنیم.

$$\text{حجم } O_2 \text{ مورد نیاز} = 2.47 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{6 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{22.4 \text{ L } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 332 \text{ L } O_2$$

خود را بیازمایید

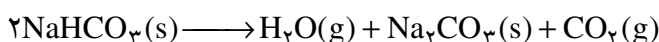
در شرایط استاندارد چند لیتر گاز H_2 از واکنش g $4/8$ منیزیم با مقدار اضافی هیدروکلریک اسید تولید می‌شود؟



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.

نمونه‌ی حل شده

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



از گرم کردن g $1/5$ سدیم هیدروژن کربنات چند میلی لیتر گاز CO_2 آزاد می‌شود؟ در دمای واکنش چگالی CO_2 ، $1.977 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ است.

پاسخ: ابتدا تعداد مول‌های سدیم هیدروژن کربنات را با استفاده از جرم مولی آن ($84.01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) حساب می‌کنیم.

$$\begin{aligned} \text{تعداد مول های } NaHCO_3 &= 1.5 \text{ g } NaHCO_3 \times \frac{1 \text{ mol } NaHCO_3}{84.01 \text{ g } NaHCO_3} \\ &= 1.79 \times 10^{-2} \text{ mol } NaHCO_3 \end{aligned}$$

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

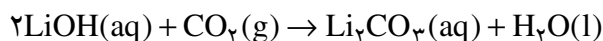
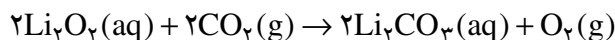
$$\begin{aligned} ? \text{ g } CO_2 &= 1.79 \times 10^{-2} \text{ mol } NaHCO_3 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } NaHCO_3} \times \frac{44.01 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} \\ &= 0.393 \text{ g } CO_2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} ? \text{ mL } \text{CO}_2 &= 0.393 \text{ g } \text{CO}_2 \times \frac{1 \text{ L } \text{CO}_2}{1.10 \text{ g } \text{CO}_2} \times \frac{1000 \text{ mL } \text{CO}_2}{1 \text{ L } \text{CO}_2} \\ &= 357 \text{ mL } \text{CO}_2 \end{aligned}$$

خود را بیازمایید

برای تصفیه‌ی هوای درون فضاپیماها مطابق واکنش‌های زیر از تأثیر کربن دی‌اکسید بر لیتیم پراکسید (Li_2O_2) یا لیتیم هیدروکسید (LiOH) استفاده می‌شود:



هر فضاورد در شبانه‌روز به طور متوسط 20% مول CO_2 تولید می‌کند.

۱- اگر از واکنش اول برای تصفیه‌ی هوا استفاده شود و در این واکنش همه‌ی کربن دی‌اکسید تولید شده به مصرف برسد، مقدار اکسیژن تولید شده در یک شبانه‌روز چند لیتر خواهد بود؟ (چگالی اکسیژن را 1.4 g.L^{-1} در نظر بگیرید.)

۲- به نظر شما استفاده از کدام واکنش برای تصفیه‌ی هوای درون فضاپیما مناسب‌تر است؟ این موضوع را در کلاس به بحث بگذارید.

استوکیومتری در محلول‌ها

غلظت مولی

بیش‌تر واکنش‌های شیمیایی در حالت محلول انجام می‌شود. واکنش‌های زیست‌شیمیایی بسیاری مانند فرایندهایی که در بدن ما صورت می‌گیرند در محلول‌ها روی می‌دهد. در صنعت و آزمایشگاه نیز معمولاً ابتدا واکنش‌دهنده‌ها را در یک حلال مناسب حل می‌کنند و سپس محلول‌های به دست آمده را به هم می‌افزایند.

بسیاری از واکنش‌های شیمیایی در محلول‌های آبی انجام می‌شود. محلول‌هایی که در آن‌ها آب به عنوان حلال به کار می‌رود. مقدار هر واکنش‌دهنده در حالت محلول به حجم به کار رفته و نیز غلظت آن ماده در محلول بستگی دارد. غلظت هر محلول، معرف مقدار ماده‌ی حل شده در حجم مشخصی از محلول است.

از آن‌جا که استوکیومتری واکنش‌ها نیز برحسب مول مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد، بنابراین در محاسبه‌های استوکیومتری محلول‌ها، از **غلظت مولی** یا مولار استفاده می‌شود. **غلظت مولی** تعداد مول‌های حل شده از یک ماده در یک لیتر محلول است و



یک فضاورد در حال تعویض قوطی‌های تصفیه‌ی هوای فضاپیما است.

با یکای mol.L^{-1} بیان می شود.

برای نمونه محلولی که دارای $2/00$ مول NaCl در $10/0$ لیتر محلول است

$$\text{غلظتی معادل } \text{mol.L}^{-1} \text{ یا } \frac{\text{mol}}{\text{L}} = \frac{2/00 \cdot \text{mol NaCl}}{10/0 \cdot \text{L}} \text{ دارد.}$$

نمونه‌ی حل شده

برای تهیه‌ی $2/00$ لیتر محلول سدیم کلرید $0/10$ مول در لیتر چه قدر سدیم کلرید

خالص نیاز است؟

پاسخ:

$$\text{جرم NaCl} = \frac{0/10 \cdot \text{mol NaCl}}{1 \text{ L NaCl محلول}} \times 2/00 \cdot \text{L NaCl محلول}$$

$$\times \frac{58/44 \text{ g NaCl}}{1 \text{ mol NaCl}} = 11/7 \text{ g NaCl}$$

آزمایش کنید

۱- تصویرهای زیر مراحل تهیه‌ی محلولی از یک ماده را با غلظت مولی مشخص در

آزمایشگاه نشان می دهد. در هر مورد بر مبنای دستور کار معرفی شده و با محاسبه‌ی مقدار

حل شونده‌ی مورد نیاز، محلول‌های زیر را در آزمایشگاه تهیه کنید.

آ. 100 mL محلول سدیم کلرید 2 mol.L^{-1}

ب. 250 mL محلول مس (II) سولفات $0/5 \text{ mol.L}^{-1}$



مراحل تهیه‌ی محلولی با غلظت معین. این محلول با استفاده از حل کردن جرم مشخصی از یک ماده در بالون حجمی تهیه می شود.

۱- اندازه‌گیری جرم ماده

۲- حل کردن ماده در آب

۳- انتقال محلول به درون بالون حجمی و افزایش آب به آن

۴- افزودن آب بیش تر و تکان دادن بالون به منظور همگن سازی محلول

۵- افزودن آب به درون بالون تا رسیدن سطح آب به خط نشانه (به حجم رساندن)

۲- برای تهیه‌ی محلول‌های رقیق می توان از رقیق کردن محلول‌های غلیظ تر استفاده

کرد.

با دقت به تصویرهای زیر نگاه کنید. در هر مورد بر مبنای دستور کار معرفی شده و با محاسبه‌ی حجم مورد نیاز از محلول غلیظ داده شده، محلول‌های زیر را در آزمایشگاه تهیه کنید.

آ. 25 mL 0.04 mol.L^{-1} / 0.2 mol.L^{-1} پتاسیم دی کرومات از محلول 0.2 mol.L^{-1} آن

ب. 100 mL 0.1 mol.L^{-1} سدیم کلرید از محلول 0.2 mol.L^{-1} آن

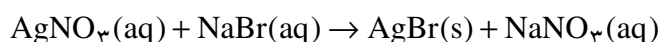


محاسبه‌های استوکیومتری در واکنش‌های انجام شده در حالت محلول

وقتی حجم‌های مشخصی از محلول‌های دو واکنش دهنده با غلظت معین به هم اضافه می‌شود، با این کار تعداد مول مشخصی از هریک از آن‌ها در مجاورت هم قرار می‌گیرد. برای محاسبه‌ی تعداد مول هر واکنش دهنده بایستی حجم محلول (برحسب لیتر) را در غلظت آن (برحسب مول در لیتر) ضرب کرد. با تعیین این کمیت ادامه‌ی محاسبه‌ها به مانند محاسبه‌های قبلی خواهد بود. به عبارت دیگر با استفاده از رابطه‌ی حجم - غلظت، تعداد مول واکنش دهنده‌ها محاسبه می‌شود و با استفاده از نسبت‌های مولی به دست آمده از معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش، تعداد مول فراورده‌(ها) محاسبه می‌شود.

نمونه‌ی حل شده

نقره برومید یکی از ترکیب‌های به کار رفته در ساخت فیلم‌های عکاسی است. این ترکیب شیمیایی را می‌توان از واکنش محلول‌های آبی نقره نیترات و سدیم برومید به دست آورد.



چند میلی لیتر محلول 0.125 mol.L^{-1} NaBr برای واکنش با 25 mL از محلول

0.115 mol.L^{-1} AgNO_3 لازم است؟

پاسخ:

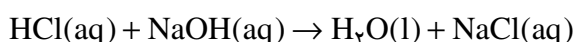
$$\text{NaBr محلول حجم} = 25.0 \text{ mL AgNO}_3 \text{ محلول} \times \frac{0.115 \text{ mol AgNO}_3}{1 \text{ L AgNO}_3 \text{ محلول}}$$

$$\times \frac{1 \text{ mol NaBr}}{1 \text{ mol AgNO}_3} \times \frac{1 \text{ L NaBr محلول}}{0.125 \text{ mol NaBr}} = 23.0 \text{ mL NaBr محلول}$$

خود را بیازماید

چند میلی لیتر محلول HCl 0.556 mol.L^{-1} برای واکنش کامل با 25.0 mL از

محلول NaOH 0.458 mol.L^{-1} لازم است؟



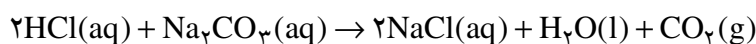
در مثال‌های بالا نسبت استوکیومتری در واکنش دهنده‌ها یک به یک است، اما در

مواردی هم این نسبت می‌تواند متفاوت باشد.

نمونه‌ی حل شده

برطبق واکنش زیر چند میلی لیتر محلول HCl 0.112 mol.L^{-1} برای واکنش کامل

با 21.2 mL از محلول Na_2CO_3 0.150 mol.L^{-1} لازم است؟



پاسخ:

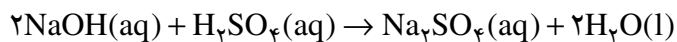
$$\text{HCl محلول حجم} = 21.2 \text{ mL Na}_2\text{CO}_3 \text{ محلول} \times \frac{0.150 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3}{1 \text{ L Na}_2\text{CO}_3}$$

$$\times \frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3} \times \frac{1 \text{ L HCl محلول}}{0.112 \text{ mol HCl}} = 56.8 \text{ mL HCl محلول}$$

خود را بیازماید

چند میلی لیتر محلول NaOH 0.124 mol.L^{-1} برای واکنش کامل با 15.4 mL

از محلول H_2SO_4 0.108 mol.L^{-1} بر طبق واکنش زیر لازم است؟

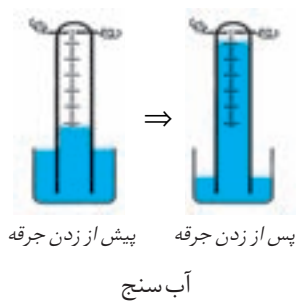


واکنش دهنده‌ی محدود کننده و واکنش دهنده‌ی اضافی

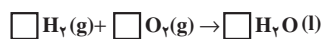
در هنگام اجرای واکنش‌های شیمیایی در صنعت یا طبیعت، بسیار نادر است که واکنش دهنده‌ها درست به اندازه‌ی نسبت‌های استوکیومتری در مجاورت یک دیگر قرار بگیرند. معمولاً یکی از واکنش دهنده‌ها به مقداری کم‌تر از مقدار استوکیومتری وجود دارد. بنابراین واکنش دهنده‌ی موردنظر در جریان واکنش زودتر از واکنش دهنده‌ی دیگر به مصرف می‌رسد و از این طریق مقدار پیشرفت واکنش و مقدار فراورده‌های تولید شده را با محدودیت روبه‌رو می‌کند. این واکنش دهنده را **محدود کننده** می‌نامند. واکنش دهنده‌ی دیگر را که به مقدار بیش‌تری در ظرف واکنش وجود دارد و پس از پایان واکنش نیز مقداری از آن در ظرف واکنش باقی می‌ماند، **واکنش دهنده‌ی اضافی** می‌نامند.

فکر کنید

۲۱° مول هیدروژن و ۲۱° مول اکسیژن در یک دستگاه آب‌سنج در مجاورت هم قرار گرفته‌اند. با زدن یک جرقه‌ی الکتریکی این دو گاز با هم واکنش می‌کنند. با کامل کردن جدول زیر واکنش دهنده‌ی محدودکننده را در این واکنش معین کنید. درضمن از کدام واکنش دهنده به چه مقدار باقی می‌ماند؟



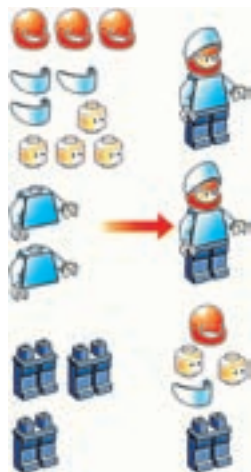
پیش از زدن جرقه
پس از زدن جرقه
آب‌سنج



معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش

تعداد مول‌های واکنش دهنده‌ها و فراورده پیش از انجام واکنش

تعداد مول‌های واکنش دهنده‌ها و فراورده پس از انجام واکنش



در این تصویر کدام قطعه، ساخت آدمک کامل را با محدودیت روبه‌رو کرده است؟

قیمت مواد شیمیایی یک عامل بسیار مهم در انتخاب واکنش دهنده‌ی محدودکننده است. در صنعت برای به دست آوردن بیش‌ترین مقدار ممکن از یک فراورده همواره واکنش دهنده‌های ارزان قیمت‌تر را به عنوان واکنش دهنده‌ی اضافی به کار می‌برند. در این صورت، تبدیل واکنش دهنده‌ی گران قیمت کامل‌تر خواهد شد. برای تشخیص واکنش دهنده‌ی محدودکننده در مسایل، می‌توان به شیوه‌های گوناگونی عمل کرد. یکی از این روش‌هایی را که طی سه مرحله به اجرا درمی‌آید با هم بررسی می‌کنیم.

گام نخست: تبدیل جرم یا حجم واکنش دهنده‌ها به تعداد مول آن‌ها

گام دوم: یکی از واکنش دهنده‌ها به عنوان محدودکننده فرض می‌شود.

با استفاده از نسبت (های) مولی در معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش، تعداد مول‌های

لازم از واکنش دهنده (های) دیگر محاسبه می‌شود.

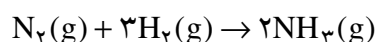
گام سوم: مقایسه‌ی مقدار (های) موردنیاز محاسبه شده از دیگر واکنش دهنده (ها)

با مقدار (های) داده شده در مسأله.

اگر مقدار محاسبه شده‌ی موردنیاز برای هریک از واکنش دهنده‌ها کم‌تر از مقدار داده شده در مسأله باشد، انتخاب واکنش دهنده‌ی محدودکننده درست بوده است. در صورتی که برای یکی از واکنش دهنده‌ها مقدار داده شده در مسأله کم‌تر از مقدار محاسبه شده‌ی موردنیاز باشد، این واکنش دهنده محدودکننده است و باید محاسبه‌ها را بر پایه‌ی آن انجام داد.

نمونه‌ی حل شده

برای تولید آمونیاک، $25/0 \text{ kg}$ نیتروژن و $5/0 \text{ kg}$ هیدروژن با یک دیگر مخلوط شده واکنش می‌دهند. در این فرآیند آ) واکنش دهنده‌ی محدودکننده کدام است؟ ب) چه مقدار آمونیاک به دست می‌آید؟



پاسخ

آ.

گام نخست: تبدیل جرم واکنش دهنده‌ها به مول

$$\begin{aligned} \text{تعداد مول های نیتروژن} &= 25/0 \text{ kg N}_2 \times \frac{1 \text{ kg N}_2}{28/0 \text{ g N}_2} \times \frac{1 \text{ mol N}_2}{28/0 \text{ g N}_2} \\ &= 8/93 \times 10^2 \text{ mol N}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{تعداد مول های هیدروژن} &= 5/0 \text{ kg H}_2 \times \frac{1 \text{ kg H}_2}{2/02 \text{ g H}_2} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2/02 \text{ g H}_2} \\ &= 2/48 \times 10^3 \text{ mol H}_2 \end{aligned}$$

گام دوم: انتخاب یک واکنش دهنده به عنوان واکنش دهنده‌ی محدودکننده‌ی فرضی و محاسبه‌ی مقدار لازم از واکنش دهنده‌های دیگر.

فرض می‌کنیم نیتروژن واکنش دهنده‌ی محدودکننده است. از آن جا که به ازای هر 1 mol N_2 ، 3 mol H_2 لازم است، تعداد مول های هیدروژن موردنیاز برای واکنش کامل با این مقدار نیتروژن را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{aligned} \text{تعداد مول های موردنیاز از H}_2 &= 8/93 \times 10^2 \text{ mol N}_2 \times \frac{3 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol N}_2} \\ &= 2/68 \times 10^3 \text{ mol H}_2 \end{aligned}$$

گام سوم: مقایسه‌ی مقدار موردنیاز محاسبه شده از واکنش دهنده‌ی دیگر با مقدار داده شده در مسأله.

مقدار موردنیاز محاسبه شده برای H_2 بیش از مقدار موجود آن ($2/48 \times 10^3 \text{ mol}$)

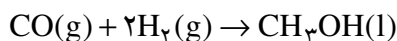
است. بنابراین انتخاب N_2 به عنوان واکنش دهنده ی محدودکننده درست نبوده است و در واقع H_2 واکنش دهنده ی محدودکننده است.

ب. اکنون مقدار آمونیاک را با استفاده از واکنش دهنده ی محدودکننده یعنی H_2 محاسبه می کنیم.

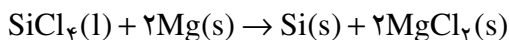
$$\text{جرم آمونیاک} = 2 / 48 \times 10^3 \text{ mol } H_2 \times \frac{2 \text{ mol } NH_3}{3 \text{ mol } H_2} \times \frac{17 / 0.3 \text{ g } NH_3}{1 \text{ mol } NH_3} \\ \times \frac{1 \text{ kg } NH_3}{10^3 \text{ g } NH_3} = 28 / 2 \text{ kg } NH_3$$

خود را بیازمایید

متانول (CH_3OH) به عنوان یک حلال و واکنش دهنده ی 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 کربن مونواکسید و هیدروژن به دست آورد:



از واکنش کامل 356 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 تتراکلریدمایع و منیزیم بسیار خالص بر 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 و واکنش های شیمیایی

در بسیاری از واکنش های شیمیایی که برای تهیه ی مواد شیمیایی به کار می روند، مقدار فراورده های به دست آمده کم تر 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 کم تر از مقدار نظری است. بازده درصدی یک واکنش نسبت این دو مقدار است و به صورت زیر تعریف می شود:

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

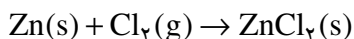
شیمی دان‌ها همواره درجهت افزایش بازده درصدی فرایندهای صنعتی و آزمایشگاهی تلاش می‌کنند، با این حال اغلب واکنش‌ها بازدهی کم‌تر از صددرصد دارند.

بازده درصدی واکنش را می‌توان با استفاده از روش گام‌به‌گام زیر به دست آورد:

- ۱- تعیین واکنش دهنده‌ی محدودکننده
- ۲- محاسبه‌ی مقدار نظری (بیش‌ترین مقدار ممکن فرآورده) با استفاده از مقدار واکنش دهنده‌ی محدودکننده.
- ۳- محاسبه‌ی بازده درصدی واکنش با استفاده از رابطه‌ی ارایه شده در صفحه‌ی پیش

نمونه‌ی حل شده

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



- ۱- پیدا کردن واکنش دهنده‌ی محدودکننده
- ۲- محاسبه‌ی مقدار نظری واکنش از روی مقدار واکنش دهنده‌ی محدودکننده

$$? \text{ mol Zn} = 35.5 \text{ g Zn} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{65.38 \text{ g Zn}} = 0.543 \text{ mol Zn}$$

$$? \text{ mol ZnCl}_2 = 0.543 \text{ mol Zn} \times \frac{1 \text{ mol ZnCl}_2}{1 \text{ mol Zn}}$$

$$= 0.543 \text{ mol ZnCl}_2$$

$$\text{مقدار نظری واکنش} = 0.543 \text{ mol ZnCl}_2 \times \frac{136.28 \text{ g ZnCl}_2}{1 \text{ mol ZnCl}_2}$$

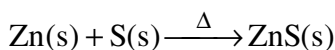
$$= 74.0 \text{ g ZnCl}_2$$

۳- محاسبه‌ی بازده درصدی واکنش

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی واکنش}}{\text{مقدار نظری واکنش}} \times 100 = \frac{65.2 \text{ g ZnCl}_2}{74.0 \text{ g ZnCl}_2} \times 100 = 88.1\%$$

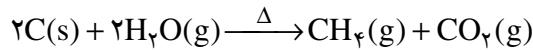
خود را بیازمایید

- ۱- برای تولید روی سولفید از واکنش دادن روی و گوگرد بر طبق معادله‌ی زیر استفاده می‌کنند.



در یک آزمایش ۳۶۱°g روی را با ۳۰۱°g گوگرد واکنش داده اند و مقدار ۴۲/۵g روی سولفید به دست آورده اند. بازده درصدی این واکنش را حساب کنید.

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

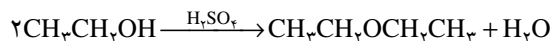


در صورتی که بازده درصدی واکنش ۸۵٪ باشد، چند کیلوگرم متان از واکنش ۲۱°kg زغال سنگ با مقدار اضافی بخار آب به وجود می آید؟



بیش تر بدانید

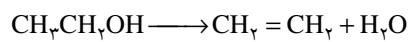
در برخی از شاخه های شیمی برای مثال شیمی تجزیه، تنها واکنش هایی سودمند هستند که بازده آن ها ۱۰۰٪ باشد. در شاخه های دیگر، به ندرت می توان به بازده ۱۰۰٪ در یک واکنش دست یافت، از این رو بهبود بازده درصدی یک واکنش اهمیت زیادی پیدا می کند. محاسبه ی بازده همواره در واکنش های سنتزی بویژه در سنتز مواد آلی بسیار مهم است. به عنوان مثال، واکنش تولید دی اتیل اتر از اتانول را در نظر بگیرید. این واکنش که یک واکنش تراکمی است (چرا؟) در حضور سولفوریک اسید غلیظ به عنوان کاتالیزگر انجام می شود.



اتانول دی اتیل اتر آب

نوشتن این واکنش روی کاغذ آسان، اما انجام آن در آزمایشگاه با تنگناهای زیادی همراه است. یکی

از مهم ترین تنگناها این است که همواره طی واکنش، مقداری اتانول به اتن تبدیل می شود.



اتانول اتن آب

بدیهی است مولکول های اتانولی که به اتن تبدیل شده اند، دیگر نمی توانند به دی اتیل اتر تبدیل

شوند؛ از این رو، بازده تولید دی اتیل اتر کاهش می یابد.

افزون بر مشکلی که به آن اشاره شد، تنگناهای عملی نیز وجود دارد. به عنوان مثال، دی اتیل اتر

خالص را از طریق تقطیر مخلوط واکنش تهیه می کنند، اما همواره مقداری دی اتیل اتر در ظرف تقطیر باقی

می ماند. هم چنین، مقداری اتانول ممکن است همراه با اتر تبخیر شود. حتی در بهترین شرایط، دست یافتن

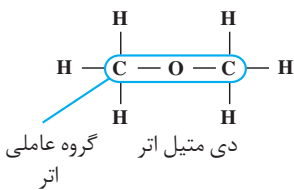
به بازده بیش تر از ۸۰ تا ۸۵ درصد دشوار است. اغلب، شیمی دان ها ناچارند به بازده ی ۵۰٪ یا حتی کم تر

از آن بسنده کنند. از این رو شیمی آلی دان ها در صدد یافتن واکنش هایی با بازده بالا هستند یا تلاش

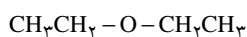
می کنند با بهینه کردن شرایط واکنش، بازده واکنش های شناخته شده را افزایش دهند. تلاش در این مسیر

زمینه ساز تحول های چشم گیری در دانش شیمی و کاربردهای آن در صنعت بوده است.

اتر به دسته ای از ترکیب های آلی گفته می شود که در ساختار آن ها یک اتم اکسیژن به دو اتم کربن متصل شده است.



دی اتیل اتر شناخته شده ترین اتر است. این مایع فرار و آتش گیر در گذشته به عنوان بی هوش کننده کاربرد گسترده ای داشت اما به دلیل آثار نامطلوب آن روی مجاری تنفسی و احتمال آتش گیری و انفجار امروزه به ندرت از آن استفاده می شود.



دی اتیل اتر



هشدار

استوکیومتری و زندگی

در این بخش با برخی کاربردهای استوکیومتری آشنا شدید. در این جا به چند کاربرد دیگر استوکیومتری بویژه در صنایع خودروسازی اشاره می کنیم. طراحان خودرو از استوکیومتری برای افزایش ایمنی و بازده موتورها و کاهش آلودگی محیط زیست استفاده می کنند. در واقع افزایش ایمنی ناشی از کاربرد کیسه های هوا در خودروها و بازده بالای ناشی از بهسوزی سوخت، آن هم با کم ترین اثرهای تخریبی روی محیط زیست، به رعایت اصول استوکیومتری وابسته است.

کیسه های هوا

کیسه های هوا یکی از تازه ترین دستاوردهای صنایع خودروسازی است که در جهت افزایش ایمنی سرنشینان طراحی و تولید شده است. همان گونه که در شکل ۱۰ نشان داده شده است هنگام برخورد شدید خودرو، کیسه هایی که در قسمت جلوی خودرو تعبیه شده اند به سرعت از گاز پر می شود و از برخورد سرنشینان به شیشه و قسمت جلویی اتاق جلوگیری به عمل می آورد. کارایی این مجموعه به تولید گاز کافی در کم ترین زمان ممکن بستگی دارد.



شکل ۱۰ باد شدن سریع کیسه های هوا هنگام برخورد شدید خودرو ناشی از انجام یک واکنش سریع شیمیایی است که طی آن حجم زیاد ولی کنترل شده ای از گاز نیتروژن تولید می شود.

تولید گاز در این کیسه ها به علت انجام سریع یک واکنش شیمیایی است. حسگرهایی در قسمت جلوی خودرو تعبیه شده اند که در هنگام برخورد شدید، فعال شده باعث منفجر شدن یک کلاهک انفجاری کوچک می شود. این انفجار، انرژی موردنیاز برای آغاز واکنشی را فراهم می آورد که مولد گاز نام دارد.

گازی که به سرعت کیسه ها را پر می کند، گاز نیتروژن (N_2) است. این گاز از واکنش تجزیه ای زیر فراهم می شود:

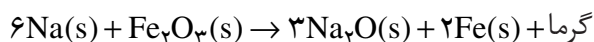


این واکنش به تنهایی نمی تواند باعث پر شدن ناگهانی کیسه ها شود. به علاوه در این واکنش سدیم فلزی نیز تولید می شود که ماده ی فعال (واکنش پذیر) و خطرناکی است. برای

متأسفانه، در یک بررسی که در آن بیش از ۱۰۰ مورد گزارش تصادف ارایه شده بود نه تنها کیسه ی هوا از تلفات جانی جلوگیری نکرده، بلکه علت اصلی مرگ نیز بوده است. بیش تر این قربانیان، نوزادان یا کودکان خردسال بوده اند؛ از این رو، کارشناسان توصیه می کنند که از نشان دادن کودکان زیر ۱۲ سال روی صندلی جلوی خودروها و بویژه آن هایی که مجهز به کیسه ی هوا هستند، خودداری شود. هم چنین، باز شدن کیسه ی هوا در برخی موارد موجب زخمی شدن یا حتی مرگ رانندگانی شده که فاصله ی آن ها تا فرمان خودرو بسیار کم بوده است. حداقل این فاصله باید ۲۵ سانتی متر باشد. رعایت این فاصله برای رانندگان بلندقد آسان است، اما رانندگان کوتاه قد، برای آن که 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 کیسه های هوا به بازار آمده است که **هوشمند** گفته می شود. سرعت باز شدن این کیسه ها بر حسب شدت تصادف، قد و وزن راننده و فاصله ی سر راننده تا فرمان خودرو تغییر می کند.



حل این مشکل از واکنش بسیار سریع آهن (III) اکسید با سدیم فلزی استفاده می شود.



این واکنش دما را به طور ناگهانی تا بیش از یک صد درجه بالا می برد و باعث انبساط سریع گاز درون کیسه ها می شود. (چرا؟) سدیم اکسید حاصل بر اثر مجاورت با کربن دی اکسید و رطوبت هوا به سدیم هیدروژن کربنات که ماده ای بی خطر است، تبدیل می شود.



حجم گاز مورد نیاز برای پر کردن کیسه ی هوا با حجم مشخص، به چگالی گاز وابسته است که آن هم به دما بستگی دارد. برای محاسبه ی مقدار گاز مورد نیاز برای پر کردن کیسه های هوا، طراحان این کیسه ها باید با استوکیومتری واکنش ها و تغییر انرژی آن ها (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 ی هوا به ۶۵/۱ لیتر گاز N_2 نیاز است. برای تولید این مقدار گاز N_2 دستگاه مولد گاز به چند گرم $\text{NaN}_3\text{(s)}$ نیاز دارد؟ چگالی گاز N_2 در دمای واکنش به طور تقریبی 1.25 g.L^{-1} است.



افزایش کارایی موتورها

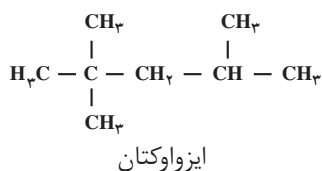
بهسوزی موتور خودرو به رعایت اصول استوکیومتری بستگی دارد. وقتی رانندگان برای افزایش سرعت پا را بر پدال گاز می فشارند، سرعت جریان سوخت به موتور بیش تر می شود و بنابراین مقدار انرژی آزاد شده از سوختن بنزین افزایش می یابد. معادله ی نوشتاری زیر تولید انرژی در فرایند سوختن کامل بنزین را نشان می دهد:



درواقع این معادله ی نوشتاری، واکنش دهنده ها را به خوبی مشخص نمی کند، زیرا بنزین یک ماده ی 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 ی نمادی سوختن بنزین را برای آن به صورت زیر نوشت:



دو واکنش دهنده باید در یک نسبت نزدیک به نسبت های مولی معادله ی موازنه شده ی واکنش با هم مخلوط شوند. فراموش نکنید که تنها حدود ۲۰٪ از حجم هوا را 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 بیش تر از نسبت استوکیومتری استفاده شود، موتور کارآیی خوبی نخواهد داشت و حتی ممکن است خاموش شود. کارکرد نادرست موتور خودرو که به واسطه ی 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 می کند به جای نسبت استوکیومتری ۱ به ۱۲/۵ در نسبت ۱ به ۱۶ نگه داری می شود. این درحالی است که در هنگام روشن کردن موتور این نسبت ۱ به ۱۲ و در هنگامی که موتور درجا کار می کند این نسبت ۱ به ۹ است. در هر حالت واکنش دهنده ی محدود کننده کدام است؟ به نظر شما این تغییرها چه اثری بر کارایی موتور خودرو دارد؟

بیش تر بدانید

هر چند با تنظیم موتور می توان تا حدود زیادی از سوختن ناقص سوخت جلوگیری کرد، اما با این حال همیشه مقداری از هیدروکربن های نسوخته، کربن مونواکسید و اکسیدهای نیتروژن نیز تولید می شود که آلودگی هوا را در پی دارد. به منظور کاهش این آلاینده ها در گازهای خروجی از آگزوز خودروها، مبدل های کاتالیزی گره گشا بوده است. درون این مبدل ها صفحه های سرامیکی پوشیده شده از فلزهایی هم چون پلاتین، پالادیم یا رودیم وجود دارد که مجاورت گازهای خروجی آگزوز با این سطوح فعال سبب می شود که آلاینده ها به موادی مانند کربن دی اکسید و نیتروژن تبدیل شود. البته وجود سرب در بنزین باعث غیرفعال شدن کاتالیزگرهای موجود در این مبدل ها می شود.



مبدل های کاتالیزی باعث تبدیل گازهای بسیار سمی تولید شده در موتور خودرو به گازهای نیتروژن و کربن دی اکسید می شود.

بیش تر بخوانید

- ۱- واکنش های شیمیایی و استوکیومتری، علی مؤیدی، عادل پیرنجفی، چاپ نخست، ۱۳۸۴، انتشارات محراب قلم.
- ۲- حل کردن مسأله ها در شیمی، ترجمه ی احمد خواجه نصیر طوسی، چاپ نخست، ۱۳۸۰، انتشارات فاطمی.