درسنامه ۵

درصد خلوص و بازده درصدی

دنیای واقعی واکنش‌ها

واکنش‌های شیمیایی همیشه مطابق آن‌چه انتظار می‌رود پیش نمی‌روند و مقدار عملی واکنش، معمولاً از مقدار نظری واکنش کم‌تر است که می‌تواند به خاطر دلایل زیر باشد:

۱- واکنش‌دهنده‌ها ناخالصی داشته باشند.

۲- واکنش به طور کامل انجام نشده باشد.

۳- هم‌زمان واکنش‌های ناخواستهٔ دیگری انجام شده باشد.

۴- فراورده‌ها به طور کامل جداسازی و جمع‌آوری نشده باشند.

برای رفع این مشکل، شیمی‌دان‌ها با بیان درصد خلوص و بازده درصدی واکنش، برآنند تا محاسبه‌های کمی را دقیق و درست انجام دهند.

درصد خلوص مواد

- مواد مورد استفاده در آزمایشگاه یا صنعت کاملاً خالص نیستند و معمولاً مقادیر مختلفی ناخالصی به همراه دارند. جرم مادهٔ ناخالص مصرفی به دلیل دارا بودن مقداری ناخالصی، بیش از جرم ماده خالص محاسبه‌شده در معادلهٔ واکنش است.
- مقادیری که از محاسبات استوکیومتری به‌دست می‌آیند بر حسب مادهٔ خالص می‌باشند. به این منظور از کمیتی به نام درصد خلوص ماده استفاده می‌کنیم.

$$\text{درصد خلوص ماده} = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص (نمونه)}} \times ۱۰۰$$

- درصد خلوص یک ماده نشان می‌دهد که در ۱۰۰ گرم از نمونهٔ مورد نظر چند گرم از آن ماده وجود دارد. به عنوان نمونه اگر درصد خلوص اسید ۹۸٪ باشد، یعنی در ۱۰۰ گرم محلول اسید، مقدار ۹۸ گرم اسید وجود دارد و ۲ گرم ناخالصی (آب) دارد.

مثال

در ۲۵۰ گرم از نمونه‌ای حاوی پتاسیم‌هیدروکسید مقدار ۶۳ گرم پتاسیم‌هیدروکسید موجود است. درصد خلوص آن را محاسبه کنید.

پاسخ:

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times ۱۰۰ = \frac{۶۳}{۲۵۰} \times ۱۰۰ = ٪۲۵/۲$$

مثال

در ۶۵ گرم $NaNO_3$ با درصد خلوص ۴۰٪، چند گرم $NaNO_3$ وجود دارد؟

پاسخ:

$$?g\ NaNO_3\ \text{خالص} = ۶۵g\ NaNO_3\ \text{ناخالص} \times \frac{۴۰g\ NaNO_3\ \text{خالص}}{۱۰۰g\ NaNO_3\ \text{ناخالص}} = ۲۶g\ NaNO_3\ \text{خالص}$$

یادآوری: استوکیومتری

برای محاسبات استوکیومتری از روابط زیر استفاده می‌کنیم.

$$\left.\begin{array}{l}(\text{A جرم})g \times \frac{۱mol\ A}{M_A\ g\ A} \\ (\text{A حجم گاز})L \times \frac{۱mol\ A}{۲۲/۴\ L\ A} \\ (\text{A حجم محلول})L \times \frac{(\text{غلظت مولی})mol\ A}{۱L\ A}\end{array}\right\} (\text{A مادهٔ})mol \rightarrow (\text{B مادهٔ})mol \left\{\begin{array}{l}\times \frac{M_B\ g\ B}{۱mol\ B}(\text{B جرم})g \\ \times \frac{۲۲/۴\ L\ B}{۱mol\ B}(\text{B حجم گاز})L \\ \times \frac{۱L\ B}{(\text{غلظت مولی})mol\ B}(\text{B حجم محلول})L\end{array}\right.$$

درسنامه ۵

مثال

آهن (III) اکسید طبق واکنش زیر با محلول هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهد:

$Fe_2O_3(s) + 6HCl(aq) \rightarrow 2FeCl_3(aq) + 3H_2O(l)$

برای واکنش کامل ۷۹/۸۵g آهن (III) اکسید با درصد خلوص ۶۰٪، به چند مول هیدروکلریک اسید (HCl) نیاز است؟ $(Fe_2O_3 = 159/7 g.mol^{-1})$ (امتحان کشوری)

پاسخ:

روش اول:

$$\text{درصد خلوص ماده} = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times 100 \Rightarrow 60 = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{79/85} \times 100$$

$$\text{جرم مادهٔ خالص} = \frac{60 \times 79/85}{100} = 47/91 g$$

$$?mol HCl = 47/91 g Fe_2O_3 \times \frac{1 mol Fe_2O_3}{159/7 g Fe_2O_3} \times \frac{6 mol HCl}{1 mol Fe_2O_3} = 1/8 mol HCl$$

روش دوم:

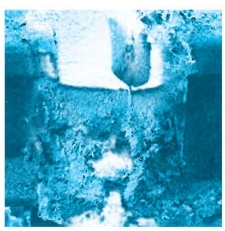
$$?mol HCl = 79/85 g \text{ ناخالص } Fe_2O_3 \times \frac{60 g \text{ خالص } Fe_2O_3}{100 g \text{ ناخالص } Fe_2O_3} \times \frac{1 mol Fe_2O_3}{159/7 g Fe_2O_3} \times \frac{6 mol HCl}{1 mol Fe_2O_3} = 1/8 mol HCl$$

واکنش ترمیت

یکی از واکنش‌هایی که در صنعت جوشکاری از آن استفاده می‌شود واکنش آلومینیم با آهن (III) اکسید است که به واکنش ترمیت معروف است.

$2Al(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(l)$

از آهن مذاب تولیدشده در واکنش ترمیت برای جوش دادن ریل‌های راه‌آهن استفاده می‌شود.



نکته

آلومینیم واکنش‌پذیری بیش‌تری نسبت به آهن دارد، لذا می‌تواند در واکنش ترمیت، آهن را از ترکیب اکسید آن جدا کند.

مثال

مطابق واکنش ترمیت برای تولید ۱۱۲ گرم آهن، چند گرم آلومینیم با خلوص ۸۰ درصد لازم است؟ $(Fe = 56 \ , \ Al = 27 \ g.mol^{-1})$

$2Al(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(l)$

پاسخ:

روش اول:

$$?g Al = 112 g Fe \times \frac{1 mol Fe}{56 g Fe} \times \frac{2 mol Al}{2 mol Fe} \times \frac{27 g Al}{1 mol Al} = 54 g \text{ خالص } Al$$

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

$$80 = \frac{54 g}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times 100 \Rightarrow \text{جرم مادهٔ ناخالص} = \frac{54 \times 100}{80} = 67/5 g \text{ ناخالص } Al$$

روش دوم:

$$?g Al \text{ ناخالص} = 112 g Fe \times \frac{1 mol Fe}{56 g Fe} \times \frac{2 mol Al}{2 mol Fe} \times \frac{27 g Al \text{ خالص}}{1 mol Al} \times \frac{100 g Al \text{ ناخالص}}{80 g Al \text{ خالص}} = 67/5 g \text{ ناخالص } Al$$

درسنامه ۵

به تفاوت دو مثال قبلی توجه کنید. در مثال اول درصد خلوص آهن (III) اکسید داده شده بود و با توجه به آن مقدار خالص را محاسبه کردیم و سپس محاسبات واکنش را ادامه دادیم. اما در مثال دوم ابتدا مسئله را حل کردیم، سپس در انتها با استفاده از درصد خلوص آلومینیم مقدار ناخالص آن را محاسبه کردیم.

در مثال بعدی برخلاف دو مثال قبلی در انتها بایستی درصد خلوص را به‌دست آورید.

مثال

اگر از تجزیهٔ گرمایی ۱۷۱/۰۱g آلومینیم‌سولفات $Al_2(SO_4)_3$ طبق واکنش زیر ۲۵/۲۰ لیتر گاز SO_3 در شرایط STP تولید شده باشد، درصد خلوص آلومینیم‌سولفات را محاسبه کنید. $(Al_2(SO_4)_3 = 342/02\ g.mol^{-1})$ (امتحان کشوری)

$$Al_2(SO_4)_3(s) \xrightarrow{\Delta} Al_2O_3(s) + 3SO_3(g)$$

پاسخ: ابتدا محاسبه می‌کنیم که از تجزیهٔ چند گرم آلومینیم‌سولفات ۲۵/۲۰ لیتر گاز SO_3 تولید می‌شود.

$$?g\ Al_2(SO_4)_3 = 25/2\ L\ SO_3 \times \frac{1\ mol\ SO_3}{22/4\ L\ SO_3} \times \frac{1\ mol\ Al_2(SO_4)_3}{3\ mol\ SO_3} \times \frac{342/02\ g\ Al_2(SO_4)_3}{1\ mol\ Al_2(SO_4)_3} = 128/26\ g\ Al_2(SO_4)_3$$

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times 100 = \frac{128/26\ g}{171/01\ g} \times 100 = \%75$$

بازده درصدی واکنش

در بسیاری از واکنش‌های شیمیایی، مقدار فراورده‌ای که در عمل تولید می‌شود (مقدار عملی) کم‌تر از مقداری است که از محاسبه‌های استوکیومتری (مقدار نظری) به‌دست می‌آید.

مقدار عملی: مقدار فراورده‌ای که در عمل تولید می‌شود.

مقدار نظری: مقدار فراورده‌های مورد انتظار از محاسبه‌های استوکیومتری را گویند.

شیمی‌دان‌ها برای محاسبهٔ مقدار واقعی فراوردهٔ تولید شده در یک واکنش، از مفهومی به نام بازده درصدی استفاده می‌کنند که از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.

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

بازده درصدی: به نسبت مقدار عملی واکنش به مقدار نظری واکنش ضرب در ۱۰۰، بازده درصدی گفته می‌شود.

نکته

بازده درصدی، کمیتی است که کارایی یک واکنش را نشان می‌دهد.

مثال

از واکنش ۲/۴۵ گرم آمونیوم‌نیترات $(NH_4NO_3(s))$ مطابق معادلهٔ زیر، ۰/۵۳ لیتر گاز N_2O در شرایط STP تولید شده است. با محاسبه، مقدار نظری و بازده درصدی واکنش را به‌دست آورید. $(1\ mol\ NH_4NO_3 = 80/03\ g)$ (امتحان کشوری)

$$NH_4NO_3(s) \xrightarrow{\Delta} N_2O(g) + 2H_2O(g)$$

پاسخ:

$$?L\ N_2O = 2/45\ g\ NH_4NO_3 \times \frac{1\ mol\ NH_4NO_3}{80/03\ g\ NH_4NO_3} \times \frac{1\ mol\ N_2O}{1\ mol\ NH_4NO_3} \times \frac{22/4\ L\ N_2O}{1\ mol\ N_2O} = 0/69\ L\ N_2O$$ مقدار نظری

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow \text{بازده درصدی واکنش} = \frac{0/53\ L\ N_2O}{0/69\ L\ N_2O} \times 100 = \%76/8$$

درسنامه ۵

سوخت سبز: یکی از راه‌های تهیهٔ سوخت سبز، استفاده از بقایای گیاهانی مانند نیشکر، سیب‌زمینی و ذرت است. واکنش بی‌هوازی تخمیر گلوکز، از جمله واکنش‌هایی است که در این فرایند رخ می‌دهد و اتانول تولید می‌شود.

$$C_6H_{12}O_6(aq) \rightarrow 2C_2H_5OH(aq) + 2CO_2(g)$$

- امروزه مزارع زیادی را برای تهیهٔ سوخت سبز، روغن و خوراک دام به کشت ذرت اختصاص می‌دهند.

مثال

از تخمیر ۲/۵ تن گلوکز موجود در پسماندهای گیاهی، چند تن سوخت سبز (اتانول) تولید می‌شود. بازده واکنش را ۷۰ درصد در نظر بگیرید. $(C_2H_5OH = 46\,g,\ C_6H_{12}O_6 = 180\,g.mol^{-1})$ $C_6H_{12}O_6(aq) \rightarrow 2C_2H_5OH(aq) + 2CO_2(g)$ (امتحان کشوری)

پاسخ:

$$?\,ton\,C_2H_5OH = 2/5\,ton\,C_6H_{12}O_6 \times \frac{1000\,kg}{1\,ton} \times \frac{1000\,g}{1\,kg} \times \frac{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}{180\,g\,C_6H_{12}O_6} \times \frac{2\,mol\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_6H_{12}O_6} \times \frac{46\,g\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_2H_5OH}$$

$$\times \frac{1\,kg}{1000\,g} \times \frac{1\,ton}{1000\,kg} = 1/28\,ton\,C_2H_5OH$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 70 = \frac{x}{1/28} \times 100 \Rightarrow x = 0/896\,ton\,C_2H_5OH$$

توجه: چون در واکنش، گلوکز بر حسب تن داده شده و اتانول هم بر حسب تن خواسته شده، می‌توانیم برای سادگی محاسبه بدون این‌که تبدیل‌های تن به کیلوگرم و گرم را انجام دهیم مقدار اتانول را حساب کنیم.

$$?\,ton\,C_2H_5OH = 2/5\,ton\,C_6H_{12}O_6 \times \frac{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}{180\,g\,C_6H_{12}O_6} \times \frac{2\,mol\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_6H_{12}O_6} \times \frac{46\,g\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_2H_5OH} = 1/28\,ton\,C_2H_5OH$$

مثال

در صورتی‌که بازده واکنش زیر، برابر ۷۰ درصد باشد، برای تهیهٔ ۳۵۰ گرم آمونیاک (NH_3) به چند گرم گاز هیدروژن (H_2) نیاز است؟ $(NH_3 = 17\,g.mol^{-1})$ $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ (امتحان کشوری)

پاسخ:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 70 = \frac{350\,g\,NH_3}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow \text{مقدار نظری} = 500\,g\,NH_3$$

$$?\,g\,H_2 = 500\,g\,NH_3 \times \frac{1\,mol\,NH_3}{17\,g\,NH_3} \times \frac{3\,mol\,H_2}{2\,mol\,NH_3} \times \frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2} = 88/24\,g\,H_2$$

نکته

آهن (III) اکسید به عنوان رنگ قرمز در نقاشی به کار می‌رود.

- یکی از روش‌های بیرون کشیدن فلز از لابه‌لای خاک، استفاده از گیاهان است. در این روش در معدن یا خاک دارای فلز، گیاهانی را می‌کارند که می‌توانند آن فلز را جذب کنند. سپس گیاه را برداشت می‌کنند، می‌سوزانند و از خاکستر حاصل، فلز را جداسازی می‌کنند.

نکته

این روش برای فلزاتی مانند طلا و مس که درصد فلز در سنگ معدن آن‌ها کم است مقرون به صرفه است. اما برای فلزاتی مانند نیکل و روی که درصد آن‌ها در سنگ معدن بیش‌تر است، به صرفه نمی‌باشد.

سـؤالات امـتـحـانی

۶۰. عبارت‌های زیر را با انتخاب کلمهٔ مناسب کامل کنید.

آ) برای تأمین مقدار معینی از یک مادهٔ خالص همواره باید مقدار (کم‌تری ـ بیش‌تری) از مادهٔ ناخالص را به کار برد. (امتحان کشوری)

ب) درصد خلوص، مقدار (مول ـ گرم) مادهٔ خالص موجود در ۱۰۰ گرم مادهٔ ناخالص را مشخص می‌کند.

پ) مواد مورد استفاده در آزمایشگاه کاملاً خالص (هستند ـ نیستند).

ت) مقدار فراورده‌های مورد انتظار از محاسبهٔ استوکیومتری مقدار (نظری ـ عملی) واکنش نامیده می‌شود. (امتحان کشوری)

ث) از فلز (آلومینیم ـ آهن) مذاب تولیدشده در واکنش ترمیت برای جوش دادن ریل‌های آهن استفاده می‌شود.

ج) فعالیت شیمیایی آلومینیم (بیش‌تر ـ کم‌تر) از آهن است؛ لذا می‌تواند در واکنش ترمیت آهن را از ترکیب (آهن (II) اکسید ـ آهن (III) اکسید) جدا کند.

چ) بر اثر واکنش (هوازی ـ بی‌هوازی) تخمیر گلوکز، (متانول ـ اتانول) تولید می‌شود.

ح) امروزه مزارع زیادی را برای تهیهٔ سوخت سبز، روغن و خوراک دام به کشت (آفتاب‌گردان ـ ذرت) اختصاص می‌دهند.

خ) از (آهن (III) ـ آهن (II)) اکسید در نقاشی به عنوان رنگ (آبی ـ قرمز) استفاده می‌شود.

د) کمیتی که کارایی یک واکنش را نشان می‌دهد (بازده درصدی ـ درصد خلوص) است.

۶۱. درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کنید. دلیل نادرستی یا شکل درست عبارت‌های نادرست را بنویسید.

آ) واکنش‌های شیمیایی همیشه مطابق آن‌چه انتظار می‌رود پیش نمی‌روند و مقدار عملی واکنش معمولاً از مقدار نظری واکنش بیش‌تر است.

ب) جرم مادهٔ ناخالص مصرفی، بیش‌تر از جرم مادهٔ خالص محاسبه‌شده در معادلهٔ واکنش است.

پ) یکی از روش‌های بیرون کشیدن نافلز از لابه‌لای خاک، استفاده از گیاهان است.

ت) روش پالایش فلزات به کمک گیاهان برای فلزاتی مانند طلا و مس مقرون به صرفه است.

۶۲. هر یک از مفاهیم زیر را تعریف کنید.

آ) مقدار نظری: ب) مقدار عملی: پ) بازده درصدی: ت) درصد خلوص:

۶۳. چرا مقدار عملی واکنش از مقدار نظری واکنش کم‌تر است؟

۶۴. چگونه می‌توان به کمک گیاهان، یک فلز را از خاک، جداسازی یا استخراج کرد؟

۶۵. یکی از روش‌های بیرون کشیدن فلز از لابه‌لای خاک، استفاده از گیاهان است. با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

نماد شیمیایی فلز	قیمت هر کیلوگرم فلز (ریال)	بیش‌ترین مقدار فلز در یک کیلوگرم از گیاه (گرم)	درصد فلز در سنگ معدن
Au	۱۲۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۱	۰/۰۰۲
Ni	۸۲۰۰۰۰	۳۸	۲
Cu	۲۴۵۰۰۰	۱۴	۰/۵
Zn	۱۵۵۰۰۰	۴۰	۵

آ) اگر در پالایش طلا به کمک گیاهان، در هر هکتار بتوان ۲۰ تن گیاه برداشت کرد، در ۵ هکتار چه مقدار طلا می‌توان از زمین استخراج کرد؟

ب) از یک کیلوگرم از گیاهی که برای پالایش نیکل به کار می‌رود، ۱۵۹ گرم خاکستر تولید می‌شود، درصد نیکل را در این خاکستر محاسبه کنید.

پ) این روش برای استخراج کدام فلزها مقرون به صرفه است؟

۶۶. در ۱۰۰ گرم سیلیسیم مقدار ۰/۰۰۱ گرم ناخالصی وجود دارد. درصد خلوص آن چقدر است؟

۶۷. یون سولفات موجود در ۲/۴۵g از نمونه‌ای کود شیمیایی را با استفاده از یون باریم، جداسازی کرده و ۲/۱۸g باریم‌سولفات به‌دست آمده است. درصد خلوص کود شیمیایی بر حسب یون سولفات چقدر است؟ ($Ba = ۱۳۷ ، S = ۳۲ ، O = ۱۶ \ g.mol^{-1}$)

۶۸. از واکنش ۲۴g نقره نیترات با مقدار اضافی محلول سرب (II) یدید، ۲۸g رسوب AgI تولید شده است. مقدار نظری و بازده درصدی واکنش را محاسبه کنید. ($1mol\,AgI = 234/76g$ ، $1mol\,AgNO_3 = 169/83g$) (امتحان کشوری)

$$2AgNO_3(aq) + PbI_2(aq) \rightarrow 2AgI(s) + Pb(NO_3)_2(aq)$$

۶۹. با توجه به واکنش زیر چند گرم کلسیم هیدرید (CaH_2) با درصد خلوص ۷۳٪ برای تهیهٔ ۲/۵۷ لیتر گاز هیدروژن در شرایط STP، لازم است؟ ($1mol\,CaH_2 = 42/09g$) $CaH_2(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(aq) + 2H_2(g)$ (امتحان کشوری)

۷۰. یک روش سادهٔ آزمایشگاهی برای تولید گاز استیلن (C_2H_2) افزودن آب به کلسیم‌کربید طبق واکنش زیر است:

$$CaC_2(s) + 2H_2O(l) \rightarrow C_2H_2(g) + Ca(OH)_2(aq)$$

در یک آزمایش ۳۲/۵g گاز استیلن تولید شده است. برای تولید این مقدار گاز استیلن، چند گرم نمونهٔ ناخالص کلسیم‌کربید (CaC_2) با خلوص ۸۴٪ مصرف شده است؟ ($Ca = 40/80$ ، $C = 12/01$ ، $H = 1/01\ g.mol^{-1}$) (امتحان کشوری)

۷۱. واکنش زیر را در نظر بگیرید.

$$MnO_2(s) + 4HCl(aq) \rightarrow MnCl_2(aq) + Cl_2(g) + 2H_2O(l)$$

برای تهیهٔ ۳۷۴ میلی‌لیتر گاز کلر (Cl_2) در شرایط استاندارد، اگر از یک نمونهٔ منگنز دی‌اکسید با خلوص ۷۵٪ استفاده کنیم، چند گرم از آن مصرف می‌شود؟ ($1mol\,MnO_2 = 86/91g$) (امتحان کشوری)

۷۲. برای تهیهٔ ۵۳/۹۳g فلز نقره بر طبق واکنش زیر، چند گرم فلز روی با درجهٔ خلوص ۸۰٪ مورد نیاز است؟ (ناخالصی‌ها بی‌اثرند و در واکنش شرکت نمی‌کنند. ($Ag = 107/87$ ، $Zn = 65/39g.mol^{-1}$) $Zn(s) + 2AgNO_3(aq) \rightarrow Zn(NO_3)_2(aq) + 2Ag(s)$ (امتحان کشوری)

۷۳. واکنش زیر با مخلوط کردن ۲۰ گرم گاز هیدروژن و مقدار اضافی گاز کربن مونواکسید در شرایط مناسب انجام شد. (امتحان کشوری)

$$CO(g) + 2H_2(g) \rightarrow CH_3OH(l)$$

چند گرم متانول ($CH_3OH(l)$) با خلوص ۶۴/۰۲ درصد تولید می‌شود.

($1mol\,CH_3OH = 32/01g$ ، $1mol\,H_2 = 2g$ ، $1mol\,CO = 28/01g$)

۷۴. معادلهٔ شیمیایی واکنش آلومینیم‌نیترات ($Al(NO_3)_3$) و هیدروژن‌سولفید (H_2S) به‌صورت زیر است: (امتحان کشوری)

$$2Al(NO_3)_3(aq) + 3H_2S(g) \rightarrow Al_2S_3(s) + 6HNO_3(aq)$$

($Al_2S_3 = 150/17g.mol^{-1}$ ، $Al(NO_3)_3 = 213$)

در یک آزمایش از واکنش ۰/۲ مول آلومینیم‌نیترات با مقدار اضافی هیدروژن‌سولفید، ۱۲g آلومینیم‌سولفید (Al_2S_3) تولید شده است. بازده درصدی واکنش را حساب کنید.

۷۵. سدیم‌آزید را می‌توان با استفاده از واکنش زیر تهیه کرد: (امتحان کشوری)

$$2NaNH_2 + N_2O \rightarrow NaN_3 + NaOH + NH_3$$

($NaN_3 = 65/02g.mol^{-1}$ ، $NaNH_2 = 39/01$)

در یک آزمایش ۲۸/۰۶ گرم سدیم‌آمید ($NaNH_2$) با مقدار اضافی دی‌نیتروژن اکسید (N_2O) وارد واکنش گردید و ۱۲/۹ گرم سدیم‌آزید (NaN_3) به‌دست آمد، بازده درصدی واکنش را محاسبه کنید.

۷۶. در یک آزمایش از واکنش میان ۰/۰۴۸ مول روی خالص ($Zn(s)$)، با مقدار اضافی نیتریک‌اسید ($HNO_3(aq)$)، ۰/۷۲ گرم آمونیوم‌نیترات (NH_4NO_3) به‌دست آمده است. بازده درصدی واکنش را به‌دست آورید. (امتحان کشوری)

$$4Zn(s) + 10HNO_3(aq) \rightarrow 4Zn(NO_3)_2(aq) + NH_4NO_3(aq) + 3H_2O(l)$$

($1mol\,NH_4NO_3 = 79/97g$)

۷۷. از واکنش ۵/۶ لیتر گاز نیتروژن در شرایط استاندارد با مقدار اضافی از فلز منیزیم، طبق واکنش زیر، ۱۵ گرم منیزیم‌نیترید (Mg_3N_2) به‌دست آمده است. بازده درصدی واکنش را حساب کنید. ($1mol\,Mg_3N_2 = 100/9g$) (امتحان کشوری)

$$3Mg(s) + N_2(g) \xrightarrow{\Delta} Mg_3N_2(s)$$

۷۸. گازهای هیدروژن و اکسیژن با زدن جرقهٔ الکتریکی با هم واکنش دادند. (امتحان کشوری)

$$2H_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{\text{جرقه}} 2H_2O(g)$$

اگر بازده درصدی واکنش ۹۲/۰۰٪ باشد، با محاسبه مشخص کنید چند گرم بخار آب از واکنش ۶۴۰ گرم گاز اکسیژن (O_2) با مقدار اضافی گاز هیدروژن به‌وجود می‌آید؟ ($1mol\,H_2O = 18g$ ، $1mol\,O_2 = 32g$)

۷۹. با توجه به این‌که بازده درصدی واکنش شیمیایی زیر ۸۸٪ است، محاسبه کنید چند گرم روی‌کلرید ($ZnCl_2$) از واکنش ۳۵/۵g گرد فلز خالص روی (Zn) با مقدار اضافی از گاز کلر (Cl_2) به‌وجود می‌آید؟ ($1mol\,Zn = 65/39g$ ، $1mol\,ZnCl_2 = 136/29g$) (امتحان کشوری)

$$Zn(s) + Cl_2(g) \rightarrow ZnCl_2(s)$$

۸۰. اگر ۳۵ لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP، از تجزیهٔ گرمایی ۳۰۰ گرم پتاسیم‌کلرات ($KClO_3$) ناخالص تولید شود، درصد خلوص پتاسیم‌کلرات ($KClO_3$) را محاسبه کنید. ($1mol\,KClO_3 = 122/55g$) (امتحان کشوری)

$$2KClO_3(s) \rightarrow 2KCl(s) + 3O_2(g)$$

۸۱. نمونه‌ای به جرم ۵ گرم از سنگ آهک را در مقدار کافی هیدروکلریک‌اسید (HCl) حل می‌کنیم. اگر درصد خلوص کلسیم‌کربنات ($CaCO_3$) در این نمونه ۷۲٪ باشد، با توجه به واکنش زیر محاسبه کنید در این فرایند چند میلی‌لیتر گاز کربن دی‌اکسید (CO_2) در شرایط استاندارد تولید می‌شود؟ ($1mol\,CaCO_3 = 100/09g$) (امتحان کشوری)

$$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

۸۲. $25g\,MnO_2(s)$ با درصد خلوص ۸۵٪ با مقدار اضافی محلول HCl واکنش داده است. محاسبه کنید چند لیتر گاز کلر تولید شده است؟ (چگالی گاز کلر در شرایط آزمایش $2/795g.L^{-1}$ است. $1mol\,MnO_2 = 86/936g$ ، $1mol\,Cl_2 = 70/904g$) (امتحان کشوری)

$$MnO_2(s) + 4HCl(aq) \rightarrow MnCl_2(aq) + Cl_2(g) + 2H_2O(l)$$

۸۳. اگر بازده درصدی واکنش زیر ۲۵٪ باشد، حجم گاز هیدروژن لازم برای تولید ۰/۵ کیلوگرم آمونیاک را در شرایط استاندارد، بر حسب لیتر محاسبه کنید. ($NH_3 = 17/03g.mol^{-1}$) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ (امتحان کشوری)

۸۴. در واکنش تولید آمونیاک، ۲۵L آمونیاک تولید شده است. اگر بازده واکنش ۸۰٪ باشد، چند گرم هیدروژن مصرف شده است؟ (چگالی آمونیاک در دمای آزمایش را $1/5g.L^{-1}$ در نظر بگیرید. $H = 1/01$ ، $N = 14/01\ g.mol^{-1}$) (امتحان کشوری)

پاسخ‌های تشریحی

۶۰ آ) بیش‌تری
ب) گرم
پ) نیستند
ت) نظری
ث) آهن
ج) بیش‌تر ـ آهن (III) اکسید
چ) بی‌هوازی ـ اتانول
ح) ذرت
خ) آهن (III) ـ قرمز
د) بازده درصدی

۶۱ آ) نادرست، مقدار عملی واکنش از مقدار نظری واکنش **کم‌تر** است.
ب) درست
پ) نادرست، یکی از روش‌های بیرون کشیدن **فلز** از لابه‌لای خاک، استفاده از گیاهان است.
ت) درست

۶۲ آ) مقدار نظری: به مقدار فراورده‌های مورد انتظار از محاسبه‌های استوکیومتری، مقدار نظری واکنش گفته می‌شود.
ب) مقدار عملی: به مقدار فراورده‌ای که در عمل تولید می‌شود، گفته می‌شود.
پ) بازده درصدی: به نسبت مقدار عملی واکنش به مقدار نظری آن ضرب در ۱۰۰ گفته می‌شود.

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

ت) درصد خلوص: به مقدار گرم ماده خالص موجود در ۱۰۰ گرم ماده ناخالص گفته می‌شود.

۶۳ این امر می‌تواند به خاطر دلایل زیر باشد:
۱- واکنش‌دهنده‌ها ناخالصی داشته باشند.
۲- واکنش به طور کامل انجام نشده باشد.
۳- فراورده‌ها به طور کامل جداسازی و جمع‌آوری نشده باشند.
۴- واکنش‌های ناخواسته انجام شده باشد.

---

۶۴ در معدن یا خاک دارای فلز، گیاهانی را می‌کارند که بتوانند آن فلز را جذب کند. سپس گیاه را برداشت کرده، می‌سوزانند و از خاکستر حاصل، فلز را جداسازی می‌کنند.

---

۶۵ آ)

$$?\,g\ \text{طلا} = ۵\ \text{هکتار} \times \frac{۲۰\,ton}{۱\ \text{هکتار}} \times \frac{۱۰۰۰\,kg}{۱\,ton} \times \frac{۰/۱\,g\ \text{طلا}}{۱\,kg\ \text{گیاه}}$$

$$= ۱۰۰۰۰\,g = ۱۰\,kg\ \text{طلا}$$

ب) در یک کیلوگرم گیاه طبق جدول، مقدار ۳۸ گرم نیکل وجود دارد. بنابراین داریم:

$$\text{درصد نیکل در خاکستر} = \frac{۳۸\,g}{۱۵۹\,g} \times ۱۰۰ = ٪۲۳/۹$$

پ) طلا و مس، چون مقدار این فلزها در سنگ معدن آن‌ها کم می‌باشد.

۶۶

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times ۱۰۰$$

$$= \frac{۱۰۰ - ۰/۰۰۱}{۱۰۰} \times ۱۰۰ = ٪۹۹/۹۹۹$$

---

۶۷ بایستی مقدار یون سولفات در ۲/۴۵ g از کود را محاسبه کنیم. برای محاسبهٔ آن از مقدار سولفات در باریم سولفات کمک می‌گیریم.

$$?\,g(SO_4^{۲-}) = ۲/۱۸\,g\,BaSO_4 \times \frac{۹۶\,g\,SO_4^{۲-}}{۲۳۳\,g\,BaSO_4} = ۰/۹\,g\,SO_4^{۲-}$$

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم سولفات}}{\text{جرم کود}} \times ۱۰۰ = \frac{۰/۹}{۲/۴۵} \times ۱۰۰ = ٪۳۶/۷۳$$

۶۸

$$?\,g\,AgI = ۲۴\,g\,AgNO_3 \times \frac{۱\,mol\,AgNO_3}{۱۶۹/۸۳\,g\,AgNO_3} \times \frac{۲\,mol\,AgI}{۲\,mol\,AgNO_3} \times \frac{۲۳۴/۷۶\,g\,AgI}{۱\,mol\,AgI} = ۳۳/۱۸\,g\,AgI$$ مقدار نظری

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{۲۸\,g\,AgI}{۳۳/۱۸\,g\,AgI} = ٪۸۴/۳۹$$

۶۹

$$?\,g\,CaH_2\ \text{ناخالص} = ۲/۵۷\,L\,H_2 \times \frac{۱\,mol\,H_2}{۲۲/۴\,L\,H_2} \times \frac{۱\,mol\,CaH_2\ \text{خالص}}{۲\,mol\,H_2} \times \frac{۴۲/۰۹\,g\,CaH_2\ \text{خالص}}{۱\,mol\,Ca\,H_2\ \text{خالص}}$$

$$\times \frac{۱۰۰\,g\,CaH_2\ \text{ناخالص}}{۷۳\,g\,CaH_2\ \text{خالص}} = ۳/۳۱\,g\,CaH_2\ \text{ناخالص}$$

۷۰

$$CaC_2 = ۴۰/۰۸ + ۲(۱۲/۰۱) = ۶۴/۱۰\,g.mol^{-۱}$$

$$C_2H_2 = ۲(۱۲/۰۱) + ۲(۱/۰۱) = ۲۶/۰۴\,g.mol^{-۱}$$

$$?\,g\,CaC_2\ \text{ناخالص} = ۳۲/۵\,g\,C_2H_2 \times \frac{۱\,mol\,C_2H_2}{۲۶/۰۴\,g\,C_2H_2} \times \frac{۱\,mol\,CaC_2\ \text{خالص}}{۱\,mol\,C_2H_2} \times \frac{۶۴/۱۰\,g\,CaC_2\ \text{خالص}}{۱\,mol\,CaC_2\ \text{خالص}}$$

$$\times \frac{۱۰۰\,g\,CaC_2\ \text{ناخالص}}{۸۴\,g\,CaC_2\ \text{خالص}} = ۹۵/۲۴\,g\,CaC_2\ \text{ناخالص}$$

۷۱

$$?\,g(MnO_2)\ \text{ناخالص} = ۳۷۴\,mL\,Cl_2 \times \frac{۱\,mol\,Cl_2}{۲۲۴۰۰\,mL\,Cl_2} \times \frac{۱\,mol\,MnO_2\ \text{خالص}}{۱\,mol\,Cl_2} \times \frac{۸۶/۹۱\,g\,MnO_2\ \text{خالص}}{۱\,mol\,MnO_2\ \text{خالص}}$$

$$\times \frac{۱۰۰\,g\,MnO_2\ \text{ناخالص}}{۷۵\,g\ MnO_2\ \text{خالص}} = ۱/۹۳\,g\,MnO_2\ \text{ناخالص}$$

۷۲

$$?\,g\ Zn\ \text{ناخالص} = ۵۳/۹۳\,g\,Ag \times \frac{۱\,mol\,Ag}{۱۰۷/۸۷\,g\,Ag} \times \frac{۱\,mol\,Zn\ \text{خالص}}{۲\,mol\,Ag} \times \frac{۶۵/۳۹\,g\,Zn\ \text{خالص}}{۱\,mol\,Zn\ \text{خالص}}$$

$$\times \frac{۱۰۰\,g\,Zn\ \text{ناخالص}}{۸۰\,g\,Zn\ \text{خالص}} = ۲۰/۴۳\,g\,Zn\ \text{ناخالص}$$

۷۳

$$?\,g\,CH_3OH = ۲۰\,g\,H_2 \times \frac{۱\,mol\,H_2}{۲\,g\,H_2} \times \frac{۱\,mol\,CH_3OH}{۲\,mol\,H_2} \times \frac{۳۲/۰۱\,g\,CH_3OH\ \text{خالص}}{۱\,mol\,CH_3OH} \times \frac{۱۰۰\,g\,CH_3OH\ \text{ناخالص}}{۶۴/۰۲\,g\,CH_3OH\ \text{خالص}} = ۲۵۰\,g\,CH_3OH\ \text{ناخالص}$$

۷۴

$$?\,g\,Al_2S_3 = ۰/۲\,mol\,Al(NO_3)_3 \times \frac{۱\,mol\,Al_2S_3}{۲\,mol\,Al(NO_3)_3} \times \frac{۱۵۰/۱۷\,g\,Al_2S_3}{۱\,mol\,Al_2S_3} = ۱۵/۰۱۷\,g\,Al_2S_3$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{۱۲\,g\,Al_2S_3}{۱۵/۰۱۷\,g\,Al_2S_3} \times ۱۰۰ \Rightarrow \text{بازده} = ٪۷۹/۹$$

۷۵

$$?g\,NaN_3 = ۲۸/۰۶g\,NaNH_2 \times \frac{1mol\,NaNH_2}{۳۹/۰۱g\,NaNH_2}$$

$$\times \frac{1mol\,NaN_3}{2mol\,NaNH_2} \times \frac{۶۵/۰۲g\,NaN_3}{1mol\,NaN_3} = ۲۳/۳۸g\,NaN_3$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{۱۲/۹g\,NaN_3}{۲۳/۳۸g\,NaN_3} \times ۱۰۰ \Rightarrow ٪۵۵/۱۸$$

۷۶

$$?g\,NH_4NO_3 = ۰/۰۴۸mol\,Zn \times \frac{1mol\,NH_4NO_3}{4mol\,Zn}$$

$$\times \frac{۷۹/۹۷g\,NH_4NO_3}{1mol\,NH_4NO_3} = ۰/۹۶g\,NH_4NO_3$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{۰/۷۲g\,NH_4NO_3}{۰/۹۶g\,NH_4NO_3} \times ۱۰۰ = ٪۷۵$$

۷۷

$$?g\,Mg_3N_2 = ۵/۶L\ N_2 \times \frac{1mol\,N_2}{۲۲/۴L\ N_2}$$

$$\times \frac{1mol\,Mg_3N_2}{1mol\,N_2} \times \frac{۱۰۰/۹g\,Mg_3N_2}{1mol\,Mg_3N_2} = ۲۵/۲۳g\,Mg_3N_2$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{۱۵}{۲۵/۲۳} \times ۱۰۰ = ٪۵۹/۴۵$$

۷۸

$$?g\,H_2O = ۶۴۰g\,O_2 \times \frac{1mol\,O_2}{۳۲g\,O_2} \times \frac{2mol\,H_2O}{1mol\,O_2} \times \frac{۱۸g\,H_2O}{1mol\,H_2O}$$

$$= ۷۲۰g\,H_2O$$

$$۹۲ = \frac{\text{مقدار عملی}}{۷۲۰g\,H_2O} \times ۱۰۰ \Rightarrow \text{مقدار عملی} = ۶۶۲/۴g\,H_2O$$

۷۹

$$?g\,ZnCl_2 = ۳۵/۵g\,Zn \times \frac{1mol\,Zn}{۶۵/۳۹g\,Zn}$$

$$\times \frac{1mol\,ZnCl_2}{1mol\,Zn} \times \frac{۱۳۶/۲۹g\,ZnCl_2}{1mol\,ZnCl_2} = ۷۳/۹۹g\,ZnCl_2$$

$$۸۸ = \frac{\text{مقدار عملی}}{۷۳/۹۹g\,ZnCl_2} \times ۱۰۰ \Rightarrow \text{مقدار عملی} = ۶۵/۱۱g\,ZnCl_2$$

---

۸۰ ابتدا محاسبه می‌کنیم از تجزیهٔ چند گرم پتاسیم‌کلرات، ۳۵ لیتر گاز اکسیژن تولید می‌شود.

$$?g\,KClO_3 = ۳۵L\,O_2 \times \frac{1mol\,O_2}{۲۲/۴L\,O_2} \times \frac{2mol\,KClO_3}{3mol\,O_2}$$

$$\times \frac{۱۲۲/۵۵g\,KClO_3}{1mol\,KClO_3} = ۱۲۷/۶۵g\,KClO_3$$

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times ۱۰۰$$

$$= \frac{۱۲۷/۶۵g\,KClO_3}{۳۰۰g\,KClO_3} \times ۱۰۰ = ٪۴۲/۵۵$$

۸۱

$$?mL\,CO_2 = ۵g\ \text{سنگ آهک} \times \frac{۷۲g\,CaCO_3}{۱۰۰g\ \text{سنگ آهک}}$$

$$\times \frac{1mol\,CaCO_3}{۱۰۰/۰۹g\,CaCO_3} \times \frac{1mol\,CO_2}{1mol\,CaCO_3} \times \frac{۲۲/۴L\,CO_2}{1mol\,CO_2}$$

$$\times \frac{۱۰۰۰mL\,CO_2}{1L\,CO_2} = ۸۰۵/۶۷mL\,CO_2$$

۸۲

$$?L\,Cl_2 = ۲۵g\ MnO_2\ \text{ناخالص} \times \frac{۸۵g\ MnO_2\ \text{خالص}}{۱۰۰g\ MnO_2\ \text{ناخالص}}$$

$$\times \frac{1mol\,MnO_2\ \text{خالص}}{۸۶/۹۳۶g\,MnO_2\ \text{خالص}} \times \frac{1mol\,Cl_2}{1mol\ MnO_2\ \text{خالص}}$$

$$\times \frac{۷۰/۹۰۴g\,Cl_2}{1mol\,Cl_2} \times \frac{1L\,Cl_2}{۲/۷۹۵g\,Cl_2} = ۶/۲L\,Cl_2$$

۸۳

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۲۵ = \frac{۰/۵kg\,NH_3}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰$$

$$\Rightarrow \text{مقدار نظری} = ۲kg\,NH_3$$

$$?L\,H_2 = ۲kg\,NH_3 \times \frac{۱۰۰۰g\,NH_3}{1kg\,NH_3} \times \frac{1mol\,NH_3}{۱۷/۰۳g\,NH_3}$$

$$\times \frac{3mol\,H_2}{2mol\,NH_3} \times \frac{۲۲/۴L\,H_2}{1mol\,H_2} = ۳۹۴۵/۹۸L\,H_2$$

۸۴

$$H_2 = ۲ \times ۱/۰۱ = ۲/۰۲$$

$$NH_3 = ۱۴/۰۱ + ۳ \times ۱/۰۱ = ۱۷/۰۴$$

واکنش تولید آمونیاک به‌صورت مقابل است: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۸۰ = \frac{۲۵L\,NH_3}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰$$

$$\Rightarrow \text{مقدار نظری} = ۳۱/۲۵L\,NH_3$$

$$?g\,H_2 = ۳۱/۲۵L\,NH_3 \times \frac{۱/۵g\,NH_3}{1L\,NH_3} \times \frac{1mol\,NH_3}{۱۷/۰۴g\,NH_3}$$

$$\times \frac{3mol\,H_2}{2mol\,NH_3} \times \frac{۲/۰۲g\,H_2}{1mol\,H_2} = ۸/۳۴g\,H_2$$