مثال و پاسخ

مثال با توجه به معادلهٔ تولید آهن در صنعت، از واکنش ۱۰۰ تن Fe_2O_3 با مقدار کافی از کربن، انتظار می‌رود چند تن آهن تولید شود؟

$2Fe_2O_3(s)+3C(s) \xrightarrow{\Delta} 4Fe(s)+3CO_2(g)$ $(Fe=56, O=16 : g.mol^{-1})$

پاسخ

$Fe_2O_3 = 2(56)+3(16)=160\ g.mol^{-1}$

$$?\ ton\ Fe = 100\ ton\ Fe_2O_3 \times \frac{1000\ kg}{1\ ton} \times \frac{1000\ g}{1\ kg} \times \frac{1\ mol\ Fe_2O_3}{160\ g\ Fe_2O_3} \times \frac{4\ mol\ Fe}{2\ mol\ Fe_2O_3} \times \frac{56\ g\ Fe}{1\ mol\ Fe} \times \frac{1\ kg}{1000\ g} \times \frac{1\ ton}{1000\ kg}$$

$= 70$ تن Fe

دنیای واقعی واکنش‌ها

واکنش‌های شیمیایی همیشه مطابق آن‌چه انتظار می‌رود، پیش نمی‌روند؛ یعنی در برخی موارد فراوردهٔ کم‌تری تولید می‌شود، زیرا:

۱) ممکن است واکنش‌دهنده‌ها ناخالص باشند.

۲) ممکن است واکنش به طور کامل انجام نشود.

۳) گاهی هم‌زمان با آن، واکنش‌های ناخواستهٔ دیگری انجام شود.

دانشجویی، مقدار آهن مورد انتظار از واکنش ۴۰ گرم آهن (III) اکسید با مقدار کافی کربن را به صورت زیر محاسبه کرد:

$2Fe_2O_3(s)+3C(s) \xrightarrow{\Delta} 4Fe(s)+3CO_2(g)$

$$?\ g\ Fe = 40\ g\ Fe_2O_3 \times \frac{1\ mol\ Fe_2O_3}{160\ g\ Fe_2O_3} \times \frac{4\ mol\ Fe}{2\ mol\ Fe_2O_3} \times \frac{56\ g\ Fe}{1\ mol\ Fe} = 28\ g\ Fe$$

او این واکنش را در آزمایشگاه و در شرایط ایمن، سه بار انجام داد. جدول زیر نتایج آزمایش‌های او را نشان می‌دهد.

شماره آزمایش	جرم واکنش‌دهنده (Fe_2O_3)(گرم)	جرم فراورده‌ای که دانشجو به دست آورده است. (گرم)
۱	۴۰	۱۹/۵
۲	۴۰	۱۹/۶
۳	۴۰	۱۹/۷

در حالی که انتظار می‌رفت ۲۸ گرم فراورده (فلز آهن) تولید شود، اما هر بار جرمی که به دست آورده از جرم موردِ انتظار، کم‌تر است. در واقع مقدار عملی واکنش (۱۹/۶ گرم فلز آهن) از مقدار نظری واکنش (۲۸ گرم فلز آهن) کوچک‌تر است.

شاید ترازوش خراب بوده یا مثلن از این دانشجو دوزاریا بوده!

– *نه، دلیلش چیز دیگه‌ایه!* دلیل این اتفاق را می‌توانیم به دو عامل مربوط بدانیم:

۱) آهن (III) اکسید، ناخالص است. *(یعنی توی اون ۴۰ گرم Fe_2O_3، به مقدار آت‌وآشغال وجود داشته.)* بررسی این عامل به درصد خلوص مواد برمی‌گردد.

۲) همهٔ Fe_2O_3 وارد واکنش نشده یا دانشجو نتوانسته است همهٔ آهن تولیدشده را جداسازی و جمع‌آوری کند. *(یعنی مثلن یه ذره از Fe_2O_3ها به درودیوار ظرف چسبیدن و نرفتن که واکنش بدن!)* بررسی این عامل به میزان کارایی و بازده واکنش برمی‌گردد.

آزمایش‌ها و واکنش‌های زیادی شبیه این هستند، پس باید هر یک از این عوامل بالا را به طور جداگانه بررسی کنیم تا بتوانیم محاسبه‌های کمّی را دقیق و درست انجام دهیم.

درصد خلوص مواد

بیشتر مواد مورد استفاده در صنعت یا آزمایشگاه کاملاً خالص نیستند و اغلب دارای مقداری ناخالصی هستند. مثلاً آهن در طبیعت به صورت کانهٔ هماتیت (Fe_2O_3 به همراه ناخالصی) یافت می‌شود، به طوری که در هر ۱۰۰ گرم از کانهٔ هماتیت، ۷۰ گرم Fe_2O_3 وجود دارد و ۳۰ گرم باقی‌ماندهٔ آن ناخالصی *(آت‌وآشغال)* است. برای محاسبهٔ درصد خلوص یک ماده، از رابطهٔ روبه‌رو استفاده می‌کنیم:

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

در رابطهٔ بالا، صورت و مخرج باید برحسب یک واحد باشند، مثل گرم (g) یا کیلوگرم (kg) یا ... .

مثلاً، درصد خلوص Fe_2O_3 در کانهٔ هماتیت از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:

$$\text{درصد خلوص } Fe_2O_3 = \frac{70\ g}{100\ g} \times 100 = ٪70$$

دقت داشته باشید که مادهٔ ناخالص با ناخالصی متفاوت است! مادهٔ ناخالص یعنی کل ماده (*مادهٔ اصلی و آت‌وآشغال*) ولی ناخالصی یعنی *آت‌وآشغال‌های به‌درد نخور!*

مثال و پاسخ

مثال در ۱۵۰ گرم نمونهٔ آهن (II) اکسید، ۴۵ گرم FeO وجود دارد. درصد خلوص این نمونه چه‌قدر است؟

پاسخ

$$\text{درصد خلوص } FeO = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times 100 = \frac{45\ g}{150\ g} \times 100 = ٪30$$

مثال و پاسخ

مثال سیلیسیم عنصر اصلی سازندهٔ سلول‌های خورشیدی برای تولید جریان الکتریکی از نور خورشید است. مقدار ناخالصی در ۱۰۰ گرم سیلیسیم ۰/۰۰۰۱ گرم است. درصد خلوص سیلیسیم مورد استفاده در این سلول‌ها چه‌قدر است؟

پاسخ وقتی مقدار ناخالصی در ۱۰۰ گرم از این نمونه ۰/۰۰۰۱ گرم است، یعنی بقیهٔ آن $(100 - 0/0001 = 99/9999\ g)$ سیلیسیم خالص است؛ بنابراین:

$$\text{درصد خلوص سیلیسیم} = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times 100 = \frac{99/9999\ g}{100\ g} \times 100 = ٪99/9999$$

وقتی می‌گوییم درصد خلوص سدیم هیدروکسید ۴۰ است، یعنی در هر ۱۰۰ گرم نمونهٔ سدیم هیدروکسید، تنها ۴۰ گرم NaOH وجود دارد و بقیهٔ آن ناخالصی است.

بنابراین می‌توانیم به **هم‌ارزی** روبه‌رو برسیم:

$$40\ g\ NaOH \text{ خالص} \cong 100\ g\ NaOH \text{ ناخالص}$$

با داشتن درصد خلوص یک ماده، می‌توانیم جرم مادهٔ خالص موجود در یک نمونهٔ معین مادهٔ ناخالص را تعیین کنیم. برای این کار از کسر تبدیل $\frac{\text{گرم مادهٔ خالص}}{\text{گرم مادهٔ ناخالص}}$ استفاده می‌کنیم.

مثال و پاسخ

مثال در ۵۵ گرم سدیم هیدروکسید با درصد خلوص ۴۰، چند گرم NaOH وجود دارد؟

پاسخ درصد خلوص ۴۰ یعنی:

$$40\ g\ NaOH \text{ خالص} \cong 100\ g\ NaOH \text{ ناخالص}$$

$$?\ g\ NaOH \text{ خالص} = 55\ g\ NaOH \text{ ناخالص} \times \frac{40\ g\ NaOH \text{ خالص}}{100\ g\ NaOH \text{ ناخالص}} = 22\ g\ NaOH \text{ خالص}$$

هم‌چنین با داشتن درصد خلوص یک ماده، می‌توانیم جرم نمونهٔ ناخالص را برای تأمین مقدار معینی از مادهٔ خالص محاسبه کنیم. برای این کار از کسر تبدیل $\frac{\text{گرم مادهٔ ناخالص}}{\text{گرم مادهٔ خالص}}$ استفاده کنیم.

مثال و پاسخ

مثال برای داشتن ۴۰ گرم $NaNO_3$ خالص، باید چند گرم سدیم نیترات با خلوص ٪۶۰ تهیه کنیم؟

پاسخ خلوص ٪۶۰ یعنی:

$$60\ g\ NaNO_3 \text{ خالص} \cong 100\ g\ NaNO_3 \text{ ناخالص}$$

$$?\ g\ NaNO_3 \text{ ناخالص} = 40\ g\ NaNO_3 \text{ خالص} \times \frac{100\ g\ NaNO_3 \text{ ناخالص}}{60\ g\ NaNO_3 \text{ خالص}} = 66/67\ g\ NaNO_3 \text{ ناخالص}$$

از کجا بفهمیم جرمی که به ما میدن، کی جرم خالصه و کی جرم ناخالصه؟

– به نکتهٔ ظریفی اشاره کردی! توجه به این نکته ضروریه که:

وقتی برای مقداری از یک ماده درصد خلوص تعریف می‌شود، یعنی با مادهٔ ناخالص سروکار داریم. *(چه درصد خلوص رو به ما بدن و چه درصد خلوص رو از ما بخوان! خلاصه یه‌جوری بفهمیم که ماده درصد خلوص داره) مثلن تو مثال‌های بالا یه بار میگه* ۵۵ گرم سدیم هیدروکسید با درصد خلوص ۴۰، یعنی این ۵۵ گرم، نمونه‌ای ناخالص با خلوص ۴۰ درصده!

یا مثلن میگه چند گرم سدیم نیترات با خلوص ٪۶۰، *یعنی باید گرم ناخالص سدیم نیترات رو حساب کنیم که درصد خلوصش ۶۰ باشه!*

مثال و پاسخ

مثال **از آهن برای تولید فولاد استفاده می‌شود. درصد کربن در فولادهای مختلف با توجه به نوع کاربرد آن متفاوت است.**

الف **نوعی فولاد که برای ساخت بدنهٔ خودرو و در صنعت ماشین‌سازی استفاده می‌شود، دارای ۰/۲۵٪ کربن است. در ۱۰۰ گرم از این فولاد، چند گرم آهن خالص و چند گرم ناخالصی(کربن) وجود دارد؟**

ب **درصد خلوص آهن به کار رفته در بدنهٔ خودرو را ۹۹/۷۵٪ گزارش می‌دهند. این عدد به چه معنایی است؟**

پ **چاقو و چکش را از فولادی با درصد کربن بیشتر می‌سازند. اگر یک چاقو به جرم ۲۰۰ گرم دارای ۲ گرم کربن باشد، درصد خلوص آهن در این چاقو را محاسبه کنید.**

پاسخ **الف** وقتی ۰/۲۵٪ کربن (ناخالصی) دارد، یعنی خلوص آن ۹۹/۷۵٪ است. بنابراین:

$$100\ g\ \text{فولاد} \cong 99/75\ g\ Fe \cong 0/25\ g\ C$$

$$?\ g\ C = 100\ g\ \text{فولاد} \times \frac{0/25\ g\ C}{100\ g\ \text{فولاد}} = 0/25\ g\ C \qquad ?\ g\ Fe = 100\ g\ \text{فولاد} \times \frac{99/75\ g\ Fe}{100\ g\ \text{فولاد}} = 99/75\ g\ Fe$$

ب یعنی به ازای ۱۰۰ گرم فولاد، ۹۹/۷۵ گرم آهن خالص وجود دارد.

پ وقتی در ۲۰۰ گرم از آن، ۲ گرم کربن وجود دارد، یعنی ۱۹۸ گرم آهن خالص دارد:

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

$$\text{درصد خلوص آهن} = \frac{198\ g}{200\ g} \times 100 = 99\%$$

حل مسائل استوکیومتری همراه با درصد خلوص

بعضی از مسائل استوکیومتری همراه با درصد خلوص یک ماده مطرح می‌شوند. اگر در یک مسئله از درصد خلوص صحبت شده بود، مسئله به طور کلی **شبیه قبل** حل می‌شود؛ فقط باید با یک **کسر تبدیل مناسب**، جرم مادهٔ خالص یا ناخالص را به دست آوریم.

نکتهٔ بسیار مهم در کسر تبدیل جرم مولی، فقط و فقط حق داریم از گرم مادهٔ خالص استفاده کنیم!

مثلاً فرض کنید ۱ مول آهن داشته باشیم، یعنی $6/02 \times 10^{23}$ تا اتم آهن که دقیقاً می‌شود ۵۶ گرم آهن خالص، یعنی:

$$1\ mol\ Fe \cong 56\ g\ Fe \quad \text{خالص}$$

حالا فرض کنید ۵۶ گرم آهن ناخالص داشته باشیم، در این صورت جرم آهن کم‌تر از ۵۶ گرم خواهد بود و بقیه‌اش ناخالصی است؛ یعنی تعداد اتم‌های آهن کم‌تر از $6/02 \times 10^{23}$ است و برابر ۱ مول نمی‌شود یعنی:

$$1\ mol\ Fe \ncong 56\ g\ Fe \quad \text{ناخالص}$$

پس دقت کنید که: «موقع تبدیل گرم ماده به مول یا برعکس (یعنی کسر تبدیل جرم مولی) فقط و فقط حق داریم از گرم مادهٔ خالص استفاده کنیم.»

مسائل درصد خلوص را می‌توانیم به سه دسته تقسیم کنیم:

نوع اول

در این نوع مسائل **جرم یک مادهٔ ناخالص** و درصد خلوص آن را می‌دهند و **جرم یک مادهٔ دیگر** را می‌خواهند.

۱ از آن‌جایی که ناخالصی‌ها در واکنش شرکت نمی‌کنند، اول **باید جرم مادهٔ خالص** را از طریق کسر تبدیل $\frac{\text{گرم مادهٔ خالص}}{\text{گرم مادهٔ ناخالص}}$ به دست آوریم.

۲ بعد **مانند قبل**، جرم خالص مادهٔ داده‌شده را به مول، مول مادهٔ داده‌شده را به مول مادهٔ خواسته‌شده و در آخر مول مادهٔ خواسته‌شده را به جرم آن تبدیل می‌کنیم.

مثال و پاسخ

مثال **بر اثر تجزیهٔ ۲۴/۵ گرم پتاسیم کلرات ۶۰٪ خالص طبق واکنش زیر، چند گرم گاز اکسیژن تولید می‌شود؟**

$$2KClO_3(s) \rightarrow 2KCl(s) + 3O_2(g) \qquad (K\,ClO_3 = 122/5 , O_2 = 32 : g.mol^{-1})$$

پاسخ اول جرم خالص $KClO_3$ را از طریق خلوص ۶۰٪ به دست می‌آوریم؛ سپس بقیهٔ راه حل کاملاً شبیه قبل است:

$$?\ g\ O_2 = 24/5\ g\ KClO_3\ \text{ناخالص} \times \frac{60\ g\ KClO_3\ \text{خالص}}{100\ g\ KClO_3\ \text{ناخالص}} \times \frac{1\ mol\ KClO_3}{122/5\ g\ KClO_3\ \text{خالص}} \times \frac{3\ mol\ O_2}{2\ mol\ KClO_3} \times \frac{32\ g\ O_2}{1\ mol\ O_2} = 5/76\ g\ O_2$$

مثال و پاسخ

مثال فلز آهن طبق واکنش زیر با هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهد. تیغه‌ای فولادی به جرم ۱۰ گرم با خلوص ۹۸/۵٪ را در مقدار کافی محلول هیدروکلریک اسید می‌اندازیم. حجم گاز هیدروژن تولیدشده توسط دو دانش‌آموز محاسبه شده است. کدام روش درست است؟ چرا؟

$$2HCl(aq) + Fe(s) \rightarrow FeCl_2(aq) + H_2(g)$$

روش اول

$$?\,L\,H_2 = 10\,g\,Fe \times \frac{1\,mol\,Fe}{56\,g\,Fe} \times \frac{1\,mol\,H_2}{1\,mol\,Fe} \times \frac{22/4\,L\,H_2}{1\,mol\,H_2}$$

روش دوم

$$?\,L\,H_2 = 9/85\,g\,Fe \times \frac{1\,mol\,Fe}{56\,g\,Fe} \times \frac{1\,mol\,H_2}{1\,mol\,Fe} \times \frac{22/4\,L\,H_2}{1\,mol\,H_2}$$

پاسخ روش دوم درست است. *البته این راه کامل‌تره:*

$$?\,L\,H_2 = 10\,g\,Fe_{\text{ناخالص}} \times \frac{98/5\,g\,Fe_{\text{خالص}}}{100\,g\,Fe_{\text{ناخالص}}} \times \frac{1\,mol\,Fe}{56\,g\,Fe_{\text{خالص}}} \times \frac{1\,mol\,H_2}{1\,mol\,Fe} \times \frac{22/4\,L\,H_2}{1\,mol\,H_2}$$

زیرا اول باید جرم خالص Fe را به دست آوریم و بعد از جرم خالص Fe، به حجم گاز H_2 در شرایط STP برسیم.

نوع دوم

در این نوع مسائل، **جرم یک مادهٔ خالص** را می‌دهند و **جرم یک مادهٔ ناخالص** دیگر را می‌خواهند. (درصد خلوص مادهٔ ناخالص را هم می‌دهند.)

۱ برای این کار اول با کمک جرم مادهٔ خالص، **جرم مادهٔ خالص دیگر** را حساب می‌کنیم (مثل قبل).

۲ بعد به کمک درصد خلوص آن و کسر تبدیل $\frac{\text{گرم مادهٔ ناخالص}}{\text{گرم مادهٔ خالص}}$، **جرم مادهٔ ناخالص** را محاسبه می‌کنیم.

مثال و پاسخ

مثال یکی از روش‌های تولید گاز کلر در آزمایشگاه، واکنش‌دادن هیدروکلریک اسید با منگنز دی‌اکسید طبق معادلهٔ زیر است. برای تهیهٔ ۲۱/۳ گرم گاز کلر مطابق واکنش زیر، به چند گرم منگنز دی‌اکسید (MnO_2) ۴۵٪ خالص نیاز است؟

$$MnO_2(s) + 4HCl(aq) \rightarrow MnCl_2(aq) + Cl_2(g) + 2H_2O(l) \qquad (MnO_2 = 87, Cl_2 = 71 : g.mol^{-1})$$

پاسخ در حل این سؤال اول به طور *کاملاً عادی!* جرم MnO_2 خالص مورد نیاز را به دست می‌آوریم و بعد با استفاده از خلوص ۴۵٪ جرم کل MnO_2 ناخالص را به دست می‌آوریم:

$$?\,g\,MnO_{2\,\text{ناخالص}} = 21/3\,g\,Cl_2 \times \frac{1\,mol\,Cl_2}{71\,g\,Cl_2} \times \frac{1\,mol\,MnO_2}{1\,mol\,Cl_2} \times \frac{87\,g\,MnO_{2\,\text{خالص}}}{1\,mol\,MnO_2} \times \frac{100\,g\,MnO_{2\,\text{ناخالص}}}{45\,g\,MnO_{2\,\text{خالص}}}$$

$$= 58\,g\,MnO_{2\,\text{ناخالص}}$$

مثال و پاسخ

مثال یکی از واکنش‌هایی که در صنعت جوشکاری از آن استفاده می‌شود، واکنش ترمیت است.

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

الف مشخص کنید کدام فلز فعال‌تر است، آلومینیم یا آهن؟ چرا؟

ب حساب کنید برای تولید ۲۷۹ گرم آهن، چند گرم آلومینیم با خلوص ۸۰ درصد لازم است؟ $(Al = 27, Fe = 56 : g.mol^{-1})$

پاسخ الف آلومینیم (Al)؛ به طور کلی در هر واکنش شیمیایی که به طور طبیعی انجام می‌شود، واکنش‌پذیری واکنش‌دهنده‌ها از فراورده‌ها بیشتر است.

ب اول جرم Al خالص مورد نیاز را از روی ۲۷۹ گرم آهن به دست می‌آوریم. بعد با استفاده از خلوص ۸۰ درصد، جرم کل Al ناخالص را حساب می‌کنیم.

$$?\,g\,Al_{\text{ناخالص}} = 279\,g\,Fe \times \frac{1\,mol\,Fe}{56\,g\,Fe} \times \frac{2\,mol\,Al}{2\,mol\,Fe} \times \frac{27\,g\,Al_{\text{خالص}}}{1\,mol\,Al} \times \frac{100\,g\,Al_{\text{ناخالص}}}{80\,g\,Al_{\text{خالص}}} = 168\,g\,Al_{\text{ناخالص}}$$

- از فلز آهن مذاب تولیدشده در واکنش ترمیت، برای جوش‌دادن خطوط راه‌آهن استفاده می‌شود.

نوع سوم

در این نوع مسائل، **درصد خلوص** یکی از واکنش‌دهنده‌ها را می‌خواهند. برای این کار:

۱) اول **جرم مادهٔ خالص** که درصد خلوص آن خواسته شده است را حساب می‌کنیم.

۲) بعد آن را در **فرمول** «درصد خلوص $= \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times ۱۰۰$» قرار داده و درصد خلوص آن را به دست می‌آوریم.

در این نوع مسائل، حتماً گرم مادهٔ ناخالص را که درصد خلوص آن خواسته شده است، می‌دهند.

مثال و پاسخ

مثال یکی از روش‌های تهیهٔ گاز اتین ($C_۲H_۲$)، واکنش کلسیم کاربید ($CaC_۲$) با آب است:

$$CaC_۲(s) + ۲H_۲O(l) \rightarrow C_۲H_۲(g) + Ca(OH)_۲(aq)$$

اگر از واکنش ۱۹/۲ گرم $CaC_۲$ با مقدار کافی آب، ۵/۲ گرم $C_۲H_۲$ تهیه شود، درصد خلوص $CaC_۲$ را محاسبه کنید.

$(CaC_۲ = ۶۴, C_۲H_۲ = ۲۶ : g.mol^{-۱})$

پاسخ اول جرم $CaC_۲$ خالص را از طریق جرم $C_۲H_۲$ به دست می‌آوریم. *(فیلیلی عادی مثل قبلنا!!!)*

$$\text{?g } CaC_۲ \text{ خالص} = ۵/۲ \text{ g } C_۲H_۲ \times \frac{۱ \text{ mol } C_۲H_۲}{۲۶ \text{ g } C_۲H_۲} \times \frac{۱ \text{ mol } CaC_۲}{۱ \text{ mol } C_۲H_۲} \times \frac{۶۴ \text{ g } CaC_۲ \text{ خالص}}{۱ \text{ mol } CaC_۲} = ۱۲/۸ \text{ g } CaC_۲ \text{ خالص}$$

بعد با استفاده از فرمول، درصد خلوص را به دست می‌آوریم: $\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times ۱۰۰ = \frac{۱۲/۸ \text{ g}}{۱۹/۲ \text{ g}} \times ۱۰۰ = ٪۶۶/۷$

مثال و پاسخ

مثال آهن (III) اکسید به عنوان رنگ قرمز در نقاشی به کار می‌رود. از واکنش ۱۰ کیلوگرم از این ماده با گاز کربن مونواکسید طبق معادلهٔ زیر، ۵۲۰۰ گرم آهن به دست آمده است. درصد خلوص آهن (III) اکسید را به دست آورید.

$$Fe_۲O_۳ + ۳CO \rightarrow ۲Fe + ۳CO_۲$$

$(Fe = ۵۶ , O = ۱۶ : g.mol^{-۱})$

پاسخ اول جرم $Fe_۲O_۳$ خالص (به kg) را از روی جرم آهن (Fe) به دست می‌آوریم. *(درست عین قبلنا)*

$$Fe_۲O_۳ = ۲(۵۶) + ۳(۱۶) = ۱۶۰ \text{ g.mol}^{-۱}$$

$$\text{?kg } Fe_۲O_۳ \text{ خالص} = ۵۲۰۰ \text{ g Fe} \times \frac{۱ \text{ mol Fe}}{۵۶ \text{ g Fe}} \times \frac{۱ \text{ mol } Fe_۲O_۳}{۲ \text{ mol Fe}} \times \frac{۱۶۰ \text{ g } Fe_۲O_۳ \text{ خالص}}{۱ \text{ mol } Fe_۲O_۳} \times \frac{۱ \text{ kg } Fe_۲O_۳ \text{ خالص}}{۱۰۰۰ \text{ g } Fe_۲O_۳ \text{ خالص}}$$

$$= ۷/۴۲۸ \text{ kg } Fe_۲O_۳$$

بعد با استفاده از فرمول، درصد خلوص $Fe_۲O_۳$ را به دست می‌آوریم:

$$Fe_۲O_۳ \text{ درصد خلوص} = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times ۱۰۰ = \frac{۷/۴۲۸ \text{ kg}}{۱۰ \text{ kg}} \times ۱۰۰ = ٪۷۴/۲۸$$

مثال و پاسخ

مثال یکی از روش‌های بیرون‌کشیدن 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. در جدول زیر، داده‌هایی دربارهٔ این روش ارائه شده است. با توجه به آن:

نماد شیمیایی فلز	قیمت هر کیلوگرم فلز (ریال)	بیشترین مقدار فلز در یک کیلوگرم از گیاه (گرم)	درصد فلز در سنگ معدن
Au	۱۲۰۰۰۰۰۰۰	۰/۱	۰/۰۰۲
Ni	۸۲۰۰۰۰	۳۸	۲
Cu	۲۴۵۰۰۰	۱۴	۰/۵
Zn	۱۵۵۰۰۰	۴۰	۵

الف در صورتی که در پالایش طلا به کمک گیاهان، در هر هکتار بتوان ۲۰ تن گیاه برداشت کرد، حساب کنید در هر هکتار چند گرم طلا از زمین بیرون کشیده می‌شود؟

پ یک کیلوگرم از گیاهی که برای پالایش نیکل به‌کار می‌رود، ۱۵۹ گرم خاکستر می‌دهد. درصد نیکل را در این خاکستر حساب کنید.

پ چرا این روش برای استخراج فلزهای روی و نیکل مقرون به صرفه نیست؟

پاسخ **الف** جدول بالا یک هم‌ارزی به ما داده است:

$$۱\,kg\ \text{گیاه} \cong ۰/۱\,g\,Au$$

هم‌چنین صورت سؤال هم یک هم‌ارزی به ما داده است:

$$۱\ \text{هکتار} \cong ۲۰\,ton\ \text{گیاه}$$

با استفاده از هم‌ارزی‌های بالا، *به راحتی* گرم طلا را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Au = ۱\ \text{هکتار} \times \frac{۲۰\,ton\ \text{گیاه}}{۱\ \text{هکتار}} \times \frac{۱۰۰۰\,kg\ \text{گیاه}}{۱\,ton\ \text{گیاه}} \times \frac{۰/۱\,g\,Au}{۱\,kg\ \text{گیاه}} = ۲۰۰۰\,g\,Au$$

پ در جدول داریم که نیکل موجود در یک کیلوگرم از گیاه، ۳۸ گرم است؛ بنابراین جرم مادهٔ خالص (جرم نیکل)، ۳۸ گرم بوده و جرم مادهٔ ناخالص (خاکستر)، ۱۵۹ گرم است؛ بنابراین:

$$\text{درصد خلوص نیکل} = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times ۱۰۰ = \frac{۳۸\,g}{۱۵۹\,g} \times ۱۰۰ = ٪۲۳/۹$$

پ زیرا درصد خلوص این فلزها در سنگ معدن آن‌ها، مناسب است. هم‌چنین این روش هزینه‌های فراوانی داشته و آلودگی زیادی هم تولید می‌کند؛ بنابراین بهتر است فلزهایی مثل روی و نیکل را از سنگ معدن آن‌ها استخراج کنیم.

مثال و پاسخ

مثال یون کلرید موجود در ۵/۹۲ گرم از نمونه‌ای از کانهٔ هالیت را با استفاده از یون نقره، جداسازی کرده و ۱۴/۳۵ گرم نقره کلرید به دست آمده است. درصد خلوص کانهٔ هالیت برحسب یون کلرید چند است؟ $(Ag = ۱۰۸, Cl = ۳۵/۵ : g.mol^{-۱})$

پاسخ با توجه به ماده‌ها واکنش یون کلرید (Cl^-) و یون نقره (Ag^+) را که نقره کلرید $(AgCl)$ تولید می‌کند، می‌نویسیم:

$$Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$$

از روی جرم $AgCl$، جرم Cl^- را محاسبه می‌کنیم:

$$AgCl = ۱۰۸ + ۳۵/۵ = ۱۴۳/۵\,g.mol^{-۱}$$

می‌دانیم که بار الکتریکی، تأثیر خاصی روی جرم ندارد.

$$?\,g\,Cl^- = ۱۴/۳۵\,g\,AgCl \times \frac{۱\,mol\,AgCl}{۱۴۳/۵\,g\,AgCl} \times \frac{۱\,mol\,Cl^-}{۱\,mol\,AgCl} \times \frac{۳۵/۵\,g\,Cl^-}{۱\,mol\,Cl^-} = ۳/۵۵\,g\,Cl^-$$

با توجه به جرم کل مادهٔ ناخالص (کانهٔ هالیت)، درصد خلوص را برحسب Cl^- حساب می‌کنیم.

$$\text{درصد خلوص } Cl^- = \frac{\text{جرم } Cl^-}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times ۱۰۰ = \frac{۳/۵۵\,g}{۵/۹۲\,g} \times ۱۰۰ = ٪۶۰$$

سؤال‌های امتحانی

۵۳- کلمهٔ مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف) هر چه واکنش‌پذیری اتم‌های عنصری بیشتر باشد، در شرایط یکسان تمایل آن برای تبدیل‌شدن به ترکیب (بیشتر / کم‌تر) است.

ب) هر چه واکنش‌پذیری فلزی کم‌تر باشد، استخراج آن فلز (دشوارتر / ساده‌تر) است.

پ) در فولاد مبارکه (برخلاف / همانند) همهٔ شرکت‌های فولاد جهان، برای استخراج آهن از (سدیم / کربن) استفاده می‌شود.

ت) برای تأمین مقدار معینی از یک مادهٔ خالص، همواره باید مقدار (بیشتری / کم‌تری) از مادهٔ ناخالص را به کار برد.

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

۵۴- عبارت‌های زیر را با کلمهٔ مناسب کامل کنید.

الف) تمایل هر اتم به انجام واکنش شیمیایی را ..... می‌گوییم.

ب) از فلز آهن مذاب تولیدشده در واکنش ترمیت برای ..... استفاده می‌شود.

پ) روند جداسازی فلز از سنگ معدن و آماده‌شدن آن برای استفاده را، ..... می‌نامیم.

ت) وقتی درصد خلوص ماده‌ای ۶۰ باشد، یعنی به ازای ۱۰۰ گرم از مادهٔ ناخالص، ..... گرم ناخالصی داریم.

۵۵- درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید و شکل صحیح عبارت‌های نادرست را بنویسید.

الف) هر چه فلز فعال‌تر باشد، میل بیشتری به ایجاد ترکیب دارد و از ترکیب‌هایش پایدارتر است.

ب) فلزها از جمله هدایای زمینی هستند که همگی در طبیعت به شکل سنگ معدن یافت می‌شوند.

پ) وقتی به ازای ۶۰ گرم از ماده‌ای ناخالص، ۲۰ گرم مادهٔ خالص داشته باشیم، درصد خلوص آن ماده ۳ / ۳۳٪ خواهد بود.

ت) درصد خلوص ماده‌ای که در هر ۲۵۰ گرم آن ۲۲۰ گرم ناخالصی وجود دارد، ۸۸ درصد است.

۵۶- با استفاده از کدام‌یک از عنصرهای زیر می‌توان فلز Fe را از Fe_2O_3 استخراج کرد؟

۱) Na ۲) Cu

۵۷- معادلهٔ واکنشی که در شرکت‌های فولاد منجر به تولید آهن می‌شود را نوشته و موازنه کنید.

۵۸- یکی از واکنش‌هایی که در صنعت جوشکاری استفاده می‌شود، واکنش ترمیت است، معادلهٔ مربوط به آن را نوشته و موازنه کنید.

۵۹- سه عاملی که باعث می‌شود واکنش‌های شیمیایی براساس پیش‌بینی‌ها پیش نرود، کدام است؟

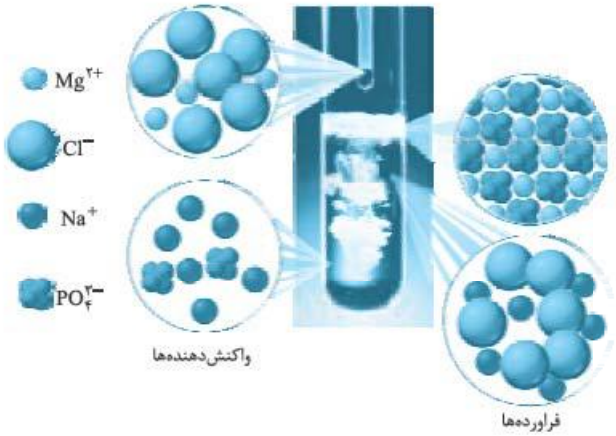
۶۰- با توجه به معادلهٔ واکنش سوختن کامل گاز اتان:

$$2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 6H_2O(g)$$

الف) بر اثر سوختن ۲ / ۰ مول اتان، چند مول کربن دی‌اکسید تولید می‌شود؟

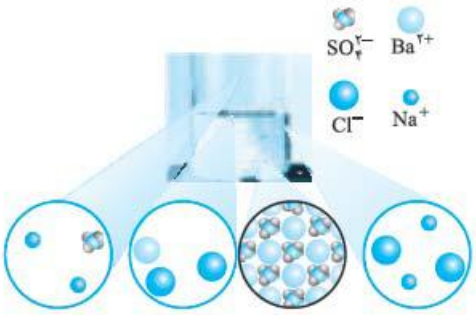
ب) اگر ۳ / ۰ مول آب تولید شده باشد، چند مول اکسیژن مصرف شده است؟

۶۱- با توجه به شکل روبه‌رو، از واکنش ۵ / ۰ مول سدیم فسفات با منیزیم کلرید کافی، چند مول منیزیم فسفات جامد تولید می‌شود؟



۶۲- از واکنش لیتیم نیترید با آب، به عنوان محصول واکنش، آمونیاک و لیتیم هیدروکسید تولید می‌شود. از واکنش کامل سه مول لیتیم نیترید چند مول آمونیاک تولید می‌شود؟

۶۳- شکل روبه‌رو واکنش بین محلول‌های سدیم سولفات و باریم کلرید را نشان می‌دهد.



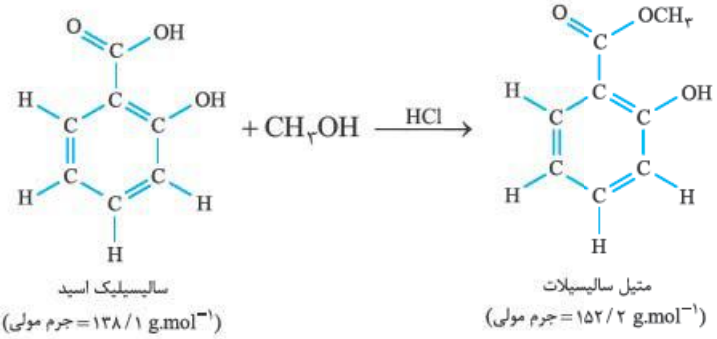
الف) معادلهٔ واکنش شیمیایی را بنویسید و موازنه کنید.

ب) از واکنش ۱۰۴ / ۱ گرم باریم کلرید با مقدار اضافی سدیم سولفات، چند گرم باریم سولفات رسوب می‌دهد؟

$(Ba = 137, Cl = 35/5, S = 32, O = 16 : g.mol^{-1})$

۶۴- متیل سالیسیلات به عنوان طعم‌دهنده در مواد غذایی و دارویی، استفاده می‌شود. این ماده از واکنش متانول با سالیسیلیک اسید به دست می‌آید:

چند گرم سالیسیلیک اسید برای تولید ۳۲۵ گرم متیل سالیسیلات لازم است؟



سالیسیلیک اسید
(جرم مولی = ۱۳۸ / ۱ $g.mol^{-1}$)

متیل سالیسیلات
(جرم مولی = ۱۵۲ / ۲ $g.mol^{-1}$)

۶۵- یک مول کلسیم، دو مول سدیم و یک مول از اتم‌های گوگرد داریم. اگر محصول سوختن آن‌ها CaO، Na_2O و SO_2 باشد، جمعاً چند مول اکسیژن (O_2) برای سوختن آن‌ها لازم داریم؟

۶۶- برای تهیهٔ ۴۰/۰ گرم گاز هیدروژن طبق واکنش زیر به چند گرم پودر آلومینیم با خلوص ۸۵٪ نیاز داریم؟
(فرض کنید این ناخالصی‌ها بی‌اثرند و در واکنش شرکت نمی‌کنند.) $(Al = 27, H = 1 : g.mol^{-1})$

$$2Al(s) + 6HCl(aq) \rightarrow 2AlCl_3(aq) + 3H_2(g)$$

۶۷- در واکنش آلومینیم با آهن (III) اکسید (واکنش ترمیت)، آهن مذاب تولید می‌شود. از آهن مذاب تولیدشده برای جوشکاری استفاده می‌کنند. حساب کنید برای تولید ۲۱۰ گرم آهن، چند گرم آلومینیم با درصد خلوص ۷۵ لازم است تا با مقدار کافی از آهن (III) اکسید واکنش دهد؟

$$Fe_2O_3(s) + 2Al(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(l) \qquad (Fe = 56, Al = 27 : g.mol^{-1})$$

۶۸- ۸ گرم سدیم ناخالص را بر آب اثر می‌دهیم. اگر در این واکنش ۰/۲ گرم گاز هیدروژن تولید شود، درصد خلوص سدیم را حساب کنید.

$$2Na(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g) \qquad (Na = 23, H = 1 : g.mol^{-1})$$

۶۹- از واکنش یک گرم کلسیم با مقدار کافی هیدروبرمیک اسید، چند گرم کلسیم برمید با خلوص ۸۰ درصد به دست می‌آید؟

$$Ca(s) + 2HBr(aq) \rightarrow CaBr_2(aq) + H_2(g) \qquad (Ca = 40, Br = 80 : g.mol^{-1})$$

۷۰- واکنش مقابل را در نظر بگیرید و به ۲ پرسش زیر پاسخ دهید.

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

الف) برای تهیهٔ ۳۷۴ میلی‌لیتر گاز کلر (Cl_2) در شرایط استاندارد، به چند گرم منگنز دی‌اکسید (MnO_2) خالص نیاز است؟
$(MnO_2 = 87\ g.mol^{-1})$

ب) برای تهیهٔ همین مقدار گاز، اگر از یک نمونه منگنز دی‌اکسید با خلوص ۷۵٪ استفاده کنیم، چند گرم از آن مصرف می‌شود؟

۷۱- از واکنش ۳ گرم فلز آلومینیم با خلوص ۹۰٪ با محلول نقره نیترات اضافی، چند گرم فلز نقره به دست می‌آید؟

$$Al(s) \rightarrow 3AgNO_3(aq) \rightarrow 3Ag(s) + Al(NO_3)_3(aq) \qquad (Ag = 108, Al = 27 : g.mol^{-1})$$

۷۲- از واکنش ۹ گرم فلز آلومینیم (۴۰٪ ناخالصی دارد) با محلول مس (II) سولفات کافی، چند گرم فلز مس به دست می‌آید؟

$$2Al(s) + 3CuSO_4(aq) \rightarrow 3Cu(s) + Al_2(SO_4)_3(aq) \qquad (Cu = 64, Al = 27 : g.mol^{-1})$$

۷۳- از واکنش ۰/۵۰ گرم پتاسیم کلرید ناخالص با مقدار اضافی از نقره نیترات، ۰/۷۲ گرم نقره کلرید تولید می‌شود. درصد خلوص پتاسیم کلرید را محاسبه کنید. $(AgCl = 143/5, KCl = 74/5 : g.mol^{-1})$

$$KCl(aq) + AgNO_3(aq) \rightarrow AgCl(s) + KNO_3(aq)$$

۷۴- برای تهیهٔ ۱۴/۲ گرم گاز کلر ناخالص با خلوص ۸۱٪، چند گرم منگنز (IV) اکسید ناخالص با خلوص ۹۰٪ لازم داریم؟

$$MnO_2(s) + 4HCl(aq) \rightarrow MnCl_2(aq) + Cl_2(g) + 2H_2O(l) \qquad (Mn = 55, Cl = 35/5, O = 16 : g.mol^{-1})$$

۷۵- یون سولفات موجود در ۲/۴۵ g از نمونه‌ای کود شیمیایی را با استفاده از یون باریم جداسازی کرده و ۲/۱۸ گرم باریم سولفات به دست آمده است. درصد خلوص کود شیمیایی برحسب یون سولفات چند است؟ $(Ba = 137, S = 32, O = 16 : g.mol^{-1})$

۷۶- از واکنش ۸/۱ گرم فلز آلومینیم با خلوص ۹۰ درصد با محلول مس (II) سولفات مطابق واکنش زیر، چند گرم فلز مس آزاد می‌شود؟

$$2Al(s) + 3CuSO_4(aq) \rightarrow 3Cu(s) + Al_2(SO_4)_3(aq) \qquad (Cu = 63/5, Al = 27 : g.mol^{-1})$$

۷۷- سیلیسیم عنصر اصلی سازندهٔ سلول‌های خورشیدی است که از واکنش زیر تهیه می‌شود:

$$SiO_2(s) + 2C(s) \xrightarrow{3000\ ^\circ C} Si(l) + 2CO(g)$$

الف) واکنش‌پذیری کربن با سیلیسیم را مقایسه کنید.

ب) مقدار ناخالصی در ۱۰۰ گرم سیلیسیم حاصل ۰/۰۰۰۱ گرم است. درصد خلوص سیلیسیم را حساب کنید.

۵ صفحه‌های ۲۳ تا ۲۸ کتاب درسی

بازده واکنش‌های شیمیایی

برای محاسبهٔ مقدار واقعی فراوردهٔ تولیدشده در یک واکنش از مفهومی به نام بازده درصدی استفاده می‌کنیم. کمیتی که کارایی یک واکنش را نشان می‌دهد. در بسیاری از واکنش‌های شیمیایی که برای تهیهٔ مواد شیمیایی به کار می‌روند، مقدار فراورده‌های به دست آمده کم‌تر از مقدار محاسبه شده است. مثلاً واکنش $Zn(s) + Cl_2(g) \rightarrow ZnCl_2(s)$ را در نظر بگیرید.

مطابق معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش، ۱ مول روی ($65\ g\ Zn$) با ۱ مول کلر ($71\ g\ Cl_2$) واکنش داده و ۱ مول روی کلرید ($136\ g\ ZnCl_2$) تولید می‌شود. اما در بیشتر موارد، این مقدار به دست نمی‌آید و کم‌تر از ۱۳۶ گرم (مثلاً ۱۲۰ گرم) روی کلرید تولید می‌شود، بنابراین مقدار فراوردهٔ مورد انتظار ما (مقدار نظری) ۱۳۶ گرم بوده و در عمل و آزمایش (مقدار عملی) ۱۲۰ گرم تولید شده است.

مقدار نظری: به مقدار فراورده‌ای که مورد انتظار ماست و از **محاسبه‌های استوکیومتری** به دست می‌آید، مقدار نظری می‌گوییم. مثلاً مقدار نظری در واکنش بالا، ۱۳۶ گرم است.

به بیان دیگر مقدار نظری واکنش، مقدار فراورده‌ای است که با مصرف کامل یک یا تمام واکنش‌دهنده‌ها، تولید می‌شود و در واقع **بیشترین مقدار** فراوردهٔ قابل انتظار از یک واکنش موازنه‌شده است.

مقدار عملی: به مقدار فراورده‌ای که در عمل و طی آزمایش تولید می‌شود، مقدار عملی می‌گوییم. مثلاً مقدار عملی در واکنش بالا، ۱۲۰ گرم است.

- مقدار نظری یا عملی **فقط برای فراوردهٔ** یک واکنش تعریف می‌شود.
- در اغلب موارد، مقدار عملی در یک واکنش، کم‌تر از مقدار نظری است.
- مقدار عملی یا نظری در یک واکنش، می‌تواند برحسب گرم، مول، لیتر یا میلی لیتر باشد ولی هر دو مقدار عملی و نظری باید برحسب یک واحد باشند.

بازده درصدی واکنش: به نسبت مقدار عملی به مقدار نظری فراوردهٔ تولیدشده در یک واکنش ضرب‌در ۱۰۰، بازده درصدی واکنش گفته می‌شود:

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

بازده اغلب واکنش‌ها کم‌تر از ۱۰۰٪ است، زیرا فراوردهٔ تولیدشده در شرایط واقعی آزمایش، اغلب از مقدار مورد انتظار ما کم‌تر است.

مثال و پاسخ

مثال **با توجه به داده‌های جدول زیر که مربوط به تولید آهن (Fe) از آهن (III) اکسید (Fe_2O_3) است، بازده درصدی واکنش را حساب کنید.**

نماد شیمیایی ماده	مقدار ماده (گرم)
Fe_2O_3 (واکنش‌دهنده)	$40\ g\ Fe_2O_3$
Fe (فراورده‌ای که دانشجو به دست آورده است.)	$19/6\ g\ Fe$
Fe (فراورده‌ای که انتظار داشتیم به دست آید.)	$28\ g\ Fe$

پاسخ مقدار نظری در این آزمایش $28\ g\ Fe$ بوده و مقدار عملی $19/6\ g\ Fe$ است؛ بنابراین:

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{19/6\ g\ Fe}{28\ g\ Fe} \times 100 = ٪70$$

مثال و پاسخ

مثال **محاسبه نشان می‌دهد که بر اثر انجام واکنش معینی باید ۷۵ گرم فراورده تولید شود، اما در عمل تنها ۴۵ گرم فراورده تولید می‌شود. بازده درصدی این واکنش را محاسبه کنید.**

پاسخ مقدار نظری مورد انتظار ما ۷۵ گرم بوده ولی مقدار عملی و واقعی ۴۵ گرم است؛ بنابراین:

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{45\ g}{75\ g} \times 100 = ٪60$$

حل مسائل مربوط به بازده درصدی واکنش

قبل از بررسی سؤال‌های بازده درصدی، ذهنمن هواستون به چندتا نکته باشه:

۱ مقدار نظری یا عملی فقط برای فراورده تعریف می‌شود.

۲ مقدار نظری در محاسبات استوکیومتری کاربرد دارد.

۳ مقدار عملی فقط و فقط در فرمول بازده درصدی کاربرد دارد.

۴ در واکنش‌هایی که بازده دارند، اگر در صورت سؤال صحبت از مقدار فراورده شود، آن مقدار، مقدار عملی است.

نوع اول

در این نوع مسائل، مقدار یکی از **واکنش‌دهنده‌ها** و مقدار **فراوردهٔ** تولیدشده (مقدار عملی) را می‌دهند و **بازده درصدی** واکنش را می‌خواهند. برای حل این مسائل:

۱) اول با کمک مقدار واکنش‌دهندهٔ داده‌شده، مقدار فراوردهٔ مورد انتظار که باید تولید شود را محاسبه کنیم (مقدار نظری).

۲) بعد از طریق فرمول «$\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰ =$ بازده درصدی واکنش»، بازده درصدی واکنش را به دست آوریم.

مثال و پاسخ

مثال **در صنعت، دی‌اتیل اتر ($C_۲H_۵OC_۲H_۵$) را از واکنش تراکمی اتانول ($C_۲H_۵OH$) تهیه می‌کنند:**

اگر شیمی‌دانی، واکنش را با ۰/۵ مول اتانول شروع کند و بتواند ۰/۲ مول دی‌اتیل اتر تهیه کند، بازده درصدی واکنش را حساب کنید.

$$۲C_۲H_۵OH \rightarrow C_۲H_۵OC_۲H_۵ + H_۲O$$

پاسخ ۱) محاسبهٔ مقدار نظری: (چون مقدار عملی برحسب مول است، مقدار نظری را هم برحسب مول به دست می‌آوریم.)

$$?\,mol\,C_۲H_۵OC_۲H_۵\ \text{نظری} = ۰/۵\,mol\,C_۲H_۵OH \times \frac{۱\,mol\,C_۲H_۵OC_۲H_۵}{۲\,mol\,C_۲H_۵OH} = ۰/۲۵\,mol\,C_۲H_۵OC_۲H_۵\ \text{نظری}$$

۲) از طریق فرمول، بازده درصدی واکنش را حساب می‌کنیم: $\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰ = \frac{۰/۲\,mol}{۰/۲۵\,mol} \times ۱۰۰ = ٪۸۰$

مثال و پاسخ

مثال **در واکنش میان ۳۶/۰ گرم روی با مقدار کافی گوگرد، ۴۲/۵ گرم روی سولفید (ZnS) به دست آمده است. بازده درصدی واکنش را حساب کنید.** $(Zn = ۶۵, S = ۳۲ : g.mol^{-۱})$

$$Zn(s) + S(s) \rightarrow ZnS(s)$$

پاسخ ۱) اول محاسبهٔ مقدار نظری:

$$ZnS = ۱(۶۵) + ۱(۳۲) = ۹۷\ g.mol^{-۱}$$

$$?\,g\,ZnS\ \text{نظری} = ۳۶/۰\,g\,Zn \times \frac{۱\,mol\,Zn}{۶۵\,g\,Zn} \times \frac{۱\,mol\,ZnS}{۱\,mol\,Zn} \times \frac{۹۷\,g\,ZnS}{۱\,mol\,ZnS} = ۵۳/۷۲\,g\,ZnS\ \text{نظری}$$

۲) محاسبهٔ بازده درصدی از طریق فرمول: $\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰ = \frac{۴۲/۵\,g\,ZnS}{۵۳/۷۲\,g\,ZnS} \times ۱۰۰ = ٪۷۹/۱$

در بعضی از مسائل، بازده درصدی واکنش با واکنش‌دهندهٔ دارای درصد خلوص (مثلاً ۷۰ درصد) ادغام می‌شود. این سؤال‌ها تفاوت خاصی با سؤال‌های قبل ندارد، فقط هنگام محاسبهٔ مقدار نظری باید مقدار واکنش‌دهندهٔ ناخالص را با کسر تبدیل مناسب $\frac{\text{خالص } ۷۰\,g}{\text{ناخالص } ۱۰۰\,g}$ به خالص تبدیل کرده و بقیهٔ محاسبات را انجام دهیم.

مثال و پاسخ

مثال **معدن مس سرچشمهٔ کرمان، یکی از بزرگ‌ترین مجتمع‌های صنعتی معدنی جهان محسوب می‌گردد و بزرگ‌ترین تولیدکنندهٔ مس ایران است. تهیهٔ مس خام از سنگ معدن آن، توسط واکنش مقابل انجام می‌شود:**

$$CuS + O_۲ \rightarrow Cu + SO_۲$$

از واکنش ۴۰۰ کیلوگرم مس (II) سولفید ناخالص با خلوص ٪۸۵ مقدار ۱۹۰/۵۴ کیلوگرم مس خام تهیه می‌شود. بازده درصدی واکنش را حساب کنید. $(Cu = ۶۴, S = ۳۲ : g.mol^{-۱})$

پاسخ ۱) محاسبهٔ مقدار نظری: چون مقدار عملی برحسب کیلوگرم است (۱۹۰/۵۴ کیلوگرم مس)، پس مقدار نظری را هم باید برحسب کیلوگرم مس به دست بیاوریم.

هم‌چنین خلوص CuS، ٪۸۵ است، یعنی: $\text{خالص } ۸۵\,g\,CuS \cong \text{ناخالص } ۱۰۰\,g\,CuS$

$$CuS = ۱(۶۴) + ۱(۳۲) = ۹۶\ g.mol^{-۱}$$

$$?\,kg\,Cu\ \text{نظری} = ۴۰۰\,kg\,CuS_{\text{ناخالص}} \times \frac{۱۰۰۰\,g\,CuS_{\text{ناخالص}}}{۱\,kg\,CuS_{\text{ناخالص}}} \times \frac{۸۵\,g\,CuS_{\text{خالص}}}{۱۰۰\,g\,CuS_{\text{ناخالص}}} \times \frac{۱\,mol\,CuS}{۹۶\,g\,CuS_{\text{خالص}}}$$

$$\times \frac{۱\,mol\,Cu}{۱\,mol\,CuS} \times \frac{۶۴\,g\,Cu}{۱\,mol\,Cu} \times \frac{۱\,kg\,Cu}{۱۰۰۰\,g\,Cu} = ۲۲۶/۶۷\,kg\,Cu\ \text{نظری}$$

۲) محاسبهٔ بازده درصدی واکنش از طریق فرمول: $\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰ = \frac{۱۹۰/۵۴\,kg}{۲۲۶/۶۷\,kg} \times ۱۰۰ = ٪۸۴/۰۶$

نوع دوم

در این نوع مسائل، **مقدار واکنش‌دهنده** و **بازده درصدی واکنش** را می‌دهند و مقدار فراورده (**مقدار عملی واکنش**، یعنی مقدار فراورده‌ای که در عمل و طی آزمایش تولید می‌شود) را می‌خواهند. برای حل این مسائل:

۱) اول با کمک مقدار واکنش‌دهندهٔ داده‌شده، مقدار فراورده‌ای که باید تولید شود را حساب می‌کنیم (مقدار نظری).

۲) بعد با استفاده از فرمول بازده درصدی مقدار عملی واکنش را حساب می‌کنیم.

مثال و پاسخ

مثال **گازهای هیدروژن و اکسیژن با زدن جرقهٔ الکتریکی با هم واکنش دادند:** $2H_2(g)+O_2(g) \xrightarrow{\text{جرقه}} 2H_2O(g)$

اگر بازده درصدی واکنش ۹۲/۰۰٪ باشد، با محاسبه مشخص کنید چند گرم بخار آب از واکنش ۶۴۰ گرم گاز اکسیژن با مقدار اضافی گاز هیدروژن به وجود می‌آید؟ $(O_2=32, H_2O=18 : g.mol^{-1})$ (شهریور ۹۱)

پاسخ ۱) محاسبهٔ مقدار نظری:

$$?\,g\,H_2O_{\text{نظری}} = 640\,g\,O_2 \times \frac{1\,mol\,O_2}{32\,g\,O_2} \times \frac{2\,mol\,H_2O}{1\,mol\,O_2} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} = 720\,g\,H_2O_{\text{نظری}}$$

۲) محاسبهٔ مقدار عملی با استفاده از فرمول:

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 92 = \frac{x}{720\,g\,H_2O} \times 100 \Rightarrow x = 662/4\,g\,H_2O$$

مثال و پاسخ

مثال **گاز متان را می‌توان از واکنش زغال‌سنگ با بخار آب بسیار داغ تهیه کرد.** $2C(s)+2H_2O(g) \rightarrow CH_4(g)+CO_2(g)$

در صورتی که بازده درصدی واکنش ۸۵/۰٪ باشد، چند کیلوگرم متان از واکنش ۲/۰۰ کیلوگرم زغال‌سنگ با مقدار اضافی بخار آب به وجود می‌آید؟ $(CH_4=16, C=12 : g.mol^{-1})$

پاسخ ۱) کیلوگرم زغال‌سنگ (C) را به گرم C تبدیل کرده، گرم C را به مول C تبدیل کرده (جرم مولی C)، مول C را به مول CH_4 تبدیل کرده (نسبت مولی)، مول CH_4 را به گرم CH_4 تبدیل کرده (جرم مولی CH_4) و گرم CH_4 را به کیلوگرم CH_4 تبدیل می‌کنیم.

$$?\,kg\,CH_4\,\text{نظری} = 2\,kg\,C \times \frac{1000\,g\,C}{1\,kg\,C} \times \frac{1\,mol\,C}{12\,g\,C} \times \frac{1\,mol\,CH_4}{2\,mol\,C} \times \frac{16\,g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4} \times \frac{1\,kg\,CH_4\,\text{نظری}}{1000\,g\,CH_4}$$

$$= 1/33\,kg\,CH_4\,\text{نظری}$$

۲) مقدار عملی با استفاده از فرمول:

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 85 = \frac{x}{1/33\,kg\,CH_4} \times 100 \Rightarrow x = 1/13\,kg\,CH_4$$

مثال و پاسخ

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

حساب کنید از تخمیر ۱/۵ تن گلوکز موجود در پسماندهای گیاهی، چند تن سوخت سبز (اتانول) تولید می‌شود؟ بازده واکنش را ۶۰ درصد در نظر بگیرید. $(O=16, C=12, H=1 : g.mol^{-1})$

پاسخ $C_6H_{12}O_6 = 6(12)+12(1)+6(16) = 180\,g.mol^{-1}$ ، $C_2H_5OH = 2(12)+6(1)+1(16) = 46\,g.mol^{-1}$

نخست با توجه به معادلهٔ واکنش، باید محاسبه شود چند تن فراورده مورد انتظار است. (مقدار نظری)

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

$$\times \frac{2\,mol\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_6H_{12}O_6} \times \frac{46\,g\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_2H_5OH} \times \frac{1\,kg}{1000\,g} \times \frac{1\,ton}{1000\,kg} = 0/77\,ton\,C_2H_5OH\,\text{نظری}$$

اینک:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 60 = \frac{x}{0/77\,ton\,C_2H_5OH} \times 100 \Rightarrow x = 0/46\,ton\,C_2H_5OH$$

نوع سوم

در این نوع مسائل، **بازده درصدی واکنش** و **مقدار عملی فراورده** را می‌دهند و مقدار یکی از **واکنش‌دهنده**‌های مصرف‌شده را می‌خواهند. برای حل این مسائل:

۱) اول با کمک فرمول بازده درصدی، مقدار نظری واکنش (مقدار نظری فراورده) را به دست می‌آوریم.

۲) بعد مانند مسائل قبل، با کمک مقدار فراورده، مقدار واکنش‌دهندهٔ مصرف‌شده را حساب می‌کنیم.

مثال و پاسخ

مثال در صورتی که بازده واکنش زیر، برابر ۷۰ درصد باشد، برای تهیهٔ ۳۵۰ گرم آمونیاک (NH_3) به چند گرم گاز هیدروژن (H_2) نیاز است؟ ($NH_3 = 17 , H_2 = 2 : g.mol^{-1}$) (دی ۹۱)

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

پاسخ ۱) محاسبهٔ مقدار نظری با استفاده از فرمول:

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

۲) محاسبهٔ واکنش‌دهندهٔ مصرفی با استفاده از مقدار نظری:

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

مثال و پاسخ

مثال گاز هیدروژن به عنوان سوخت پاک پیشنهاد می‌شود، زیرا با انجام واکنش زیر فقط بخار آب تولید می‌شود، اگر بازده این واکنش ۹۸/۸٪ باشد، چند گرم گاز هیدروژن می‌تواند ۸۵/۰۰ کیلوگرم آب تولید کند؟ ($H_2O = 18 , H_2 = 2 : g.mol^{-1}$)

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$$

پاسخ ۱) محاسبهٔ مقدار نظری با استفاده از فرمول:

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 98/8 = \frac{85\ kg\ H_2O}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow \text{مقدار نظری} = 86/03\ kg\ H_2O$$

۲) محاسبهٔ گرم H_2 با استفاده از مقدار نظری:

$$?\ g\ H_2 = 86/03\ kg\ H_2O \times \frac{1000\ g\ H_2O}{1\ kg\ H_2O} \times \frac{1\ mol\ H_2O}{18\ g\ H_2O} \times \frac{2\ mol\ H_2}{2\ mol\ H_2O} \times \frac{2\ g\ H_2}{1\ mol\ H_2} = 9558/88\ g\ H_2$$

گنج‌های اعماق دریا

بستر اقیانوس‌ها منبعی غنی از منابع فلزی گوناگون است؛ منابعی که تازه کشف کرده‌ایم. نیاز روزافزون جهان به منابع شیمیایی و کاهش میزان این منابع در سنگ‌کره، ما را مجبور کرد که به دنبال منابع تازه باشیم. این جست‌وجو از رازی پرده برداشت که نشان می‌داد گنجی عظیم در اعماق دریاها نهفته است.

منظورتون گنج‌هایی نیست که با کشتی‌ها غرق‌شده؟ یا مثلن مروارید و مرجان و اینا؟

– نه! ساده نباش! در اقیانوس‌ها منابع غنیِ فلزی وجود دارد *که خودش یه گنج بزرگه!*

این گنج در برخی مناطق دارای سولفید چندین فلز واسطه و در برخی مناطق دیگر به صورت کلوخه‌ها و پوسته‌هایی غنی از فلزهایی مثل منگنز (Mn)، کبالت (Co)، آهن (Fe)، نیکل (Ni)، مس (Cu) و ... وجود دارد.

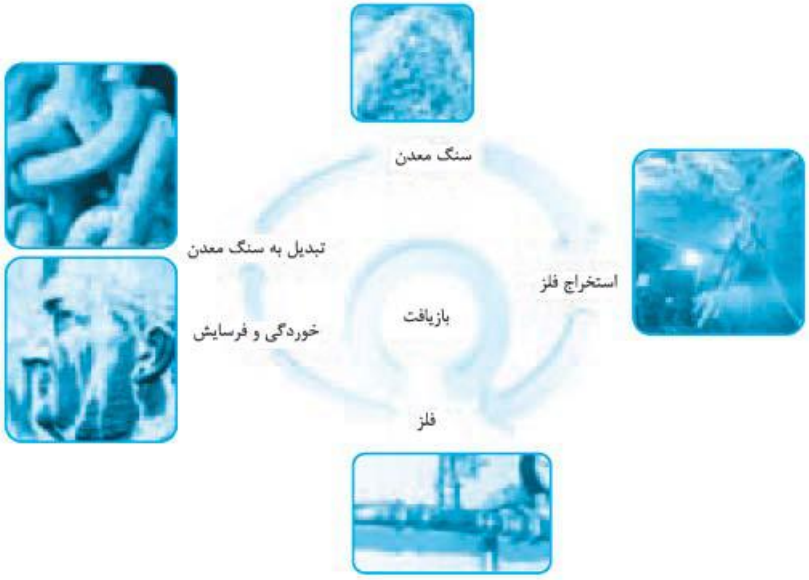
غلظت بیشتر گونه‌های فلزی موجود در کف اقیانوس‌ها نسبت به ذخایر زمینی، بهره‌برداری از این منابع را نوید می‌دهد.

جریان فلزبین محیط‌زیست و جامعه

طبیعت، منشأ و منبع هدایای گران‌بهایی است که ما انسان‌ها برای برآورده‌کردن نیازهای خود به شکل‌های گوناگون از آن‌ها استفاده می‌کنیم. *یکی از این روش‌ها*، استخراج فلز از سنگ معدن آن است. سالانه صدها میلیون تن فلز از دل زمین استخراج می‌کنیم و از این فلزها، ابزار، وسایل و مواد گوناگون تولید می‌کنیم.

تو شیمی دهم یادگرفتیم که براساس توسعهٔ پایدار، در تولید یک ماده یا عرضهٔ خدمات، باید همهٔ هزینه‌ها و ملاحظه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را در نظر بگیریم به طوری که اگر مجموع هزینه‌های بهره‌برداری از یک معدن با در نظر گرفتن این ملاحظه‌ها، کم‌ترین مقدار ممکن باشد، در آن صورت در مسیر پیشرفت پایدار حرکت می‌کنیم؛ یعنی رفتارهای ما، آسیب کم‌تری به محیط زیست وارد می‌کند و ردپای زیست‌محیطی ما را کاهش می‌دهد.

در شکل روبه‌رو فرایند استخراج فلز از طبیعت و برگشت آن به طبیعت نشان داده شده است.



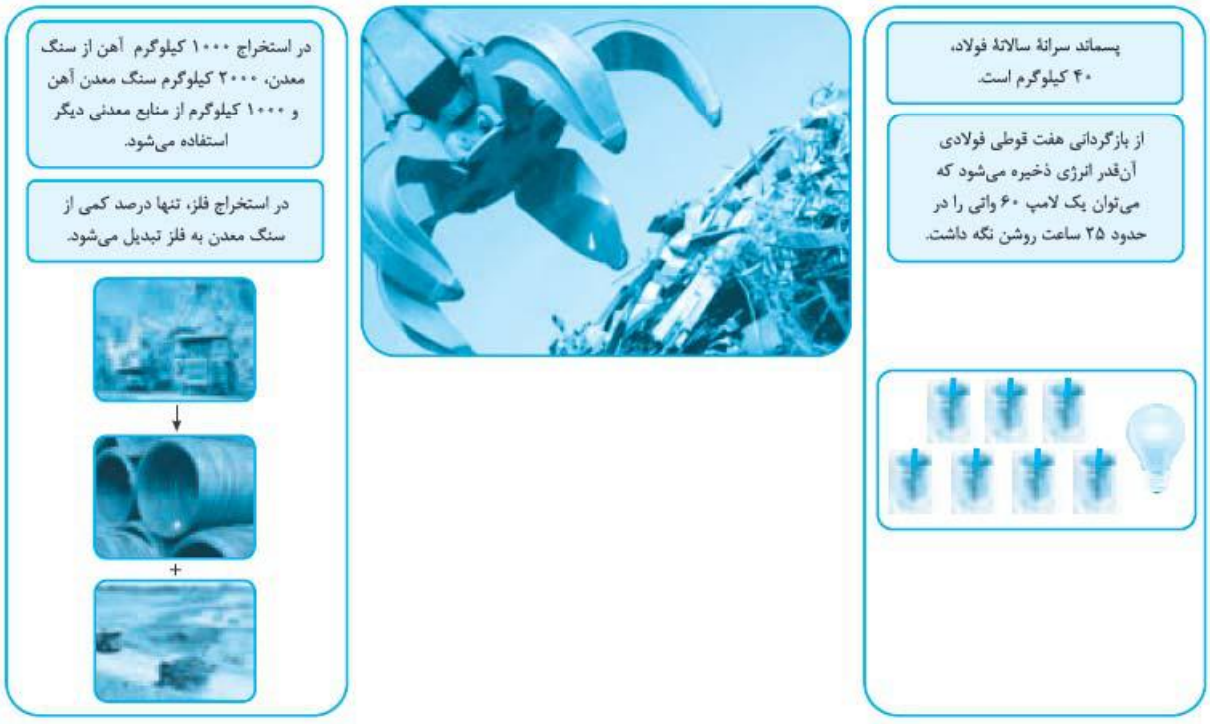
با بررسی این شکل، متوجه می‌شویم که آهنگ مصرف و استخراج فلز بسیار بیشتر از آهنگ برگشت فلز به طبیعت به شکل سنگ معدن است.

چرا؟

– *مشقمه دیگه، چون* سرعت خوردگی و فرسایش فلزها و تبدیل آن‌ها به سنگ معدن خیلی کم است. *ولی ما با سرعت خفنی داریم از معدن‌ها فلز استخراج میکنیم.*

در واقع سرعت برداشت ما از منابع فلزی بسیار بیشتر از سرعت خوردگی و فرسایش فلزها و تبدیل دوبارهٔ آن‌ها به سنگ معدن است؛ به همین دلیل فلزها منابع تجدیدناپذیر محسوب می‌شوند.

به شکل زیر دقت کنید:



با توجه به این شکل می‌بینیم که استخراج آهن، آسیب‌های جدی به محیط زیست می‌رساند و کلی پسماند ایجاد می‌کند؛ چون:

۱ در استخراج ۱۰۰۰ کیلوگرم آهن از سنگ معدن، ۲۰۰۰ کیلوگرم سنگ معدن آهن و ۱۰۰۰ کیلوگرم از منابع معدنی دیگر استفاده می‌شود.

خب پس معلوم میشه که بقیه‌شو به صورت زباله! میریزیم دور!

۲ در استخراج فلز، تنها درصد کمی از سنگ معدن به فلز تبدیل می‌شود.

۳ پسماند سرانهٔ سالانهٔ فولاد ۴۰ کیلوگرم است؛ *یعنی تولید فولاد به ازای هر نفر در جهان، در طول یک سال ۴۰ کیلوگرم پسماند ایجاد میکنه!*

اما یکی از راه‌هایی که باهاش میتونیم جلوی این اتفاقات رو بگیریم، بازیافت فلزهاس. بازیافت کلن خیلی خوبه! مثلن از بازگردانی هفت قوطی فولادی آن‌قدر انرژی ذخیره می‌شود که می‌توان یک لامپ ۶۰ واتی را در حدود ۲۵ ساعت روشن نگه داشت.

بازیافت فلزها و از جمله فلز آهن، مزایای زیادی دارد. از جمله:

۱) ردپای کربن دی‌اکسید (CO_2) را کاهش می‌دهد.

بی‌خیال! انصافن بازیافت چه ربطی به ردپای کربن دی‌اکسید داره؟

- ربط داره دیگه! اگه یادت باشه تو فرایند استخراج آهن، کربن دی‌اکسید (CO_2) تولید میشد. اگه فلزها رو بازیافت کنیم، کم‌تر نیاز میشه که استخراج کنیم، پس (CO_2) کم‌تری هم تولید میشه!

۲) سبب کاهش سرعت گرمایش جهانی می‌شود.

اگه یادتون باشه CO_2 یک گاز گلخانه‌ایه! وقتی تولید CO_2 کم‌تر بشه، سرعت گرمایش جهانی هم کم‌تر میشه.

۳) گونه‌های زیستی کم‌تری را از بین می‌برد.

بازیافت فلز باعث میشه که آلودگی (زباله) کم‌تر بشه، آلودگی هم که کم‌تر بشه، گونه‌های زیستی کم‌تری از بین میرن.

۴) به توسعهٔ پایدار کشور کمک می‌کند.

هم کلی انرژی ذخیره میکنیم، هم زبالهٔ کم‌تری تولید میکنیم و لازم نیست بعدن کلی هزینه واسه اونا بکنیم.

سؤال‌های امتحانی

۷۸- کلمهٔ مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف) مقدار فراورده‌ای که با مصرف کامل یک یا تمام واکنش‌دهنده‌ها تولید شود و در واقع بیشترین مقدار فراوردهٔ قابل انتظار از یک واکنش موازنه‌شده، (مقدار عملی / مقدار نظری) است.

ب) به مقدار فراورده‌ای که در عمل و طی آزمایش تولید شود، (مقدار عملی / مقدار نظری) گفته می‌شود.

پ) بازیافت منابع فلزی، انتشار گازهای گلخانه‌ای را (کاهش / افزایش) می‌دهد.

ت) فلزها منابع (تجدیدپذیر / تجدیدناپذیر) هستند؛ این جمله به این معنی است که مقدار فلزهای گوناگون در طبیعت (محدود / نامحدود) است.

۷۹- عبارت‌های زیر را با کلمهٔ مناسب کامل کنید.

الف) در شیمی، اختلاف بین مقدار نظری و مقدار عملی، با محاسبهٔ ..... بیان می‌شود.

ب) غلظت گونه‌های فلزی موجود در کف اقیانوس نسبت به ذخایر زمینی، ..... است.

پ) پسماند سرانهٔ سالانهٔ فولاد ..... کیلوگرم است.

ت) از بازگردانی هفت قوطی فولادی آن‌قدر انرژی ذخیره می‌شود که می‌توان یک لامپ ..... واتی را در حدود ۲۵ ساعت روشن نگه داشت.

۸۰- درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید و شکل صحیح عبارت‌های نادرست را بنویسید.

الف) در صورت رعایت‌کردن ملاحظه‌های توسعهٔ پایدار، آسیب کم‌تری به محیط زیست وارد می‌شود.

ب) با توجه به این‌که فلزها در نهایت به طبیعت باز می‌گردند، منابع تجدیدپذیر محسوب می‌شوند.

پ) در استخراج فلز درصد بالایی از سنگ معدن به فلز تبدیل می‌شود.

ت) مقدار عملی همواره از مقدار نظری کم‌تر بوده و بازده درصدی واکنش از صد کم‌تر است.

۸۱- بازده درصدی یک واکنش از کدام رابطهٔ زیر به دست می‌آید؟

۱) $\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰$ ۲) $\frac{\text{مقدار نظری}}{\text{مقدار عملی}} \times ۱۰۰$

۸۲- واکنش سوختن کربن در هوای کافی را در نظر بگیرید. در این فرایند علاوه بر کربن دی‌اکسید، مقداری گاز کربن مونواکسید نیز تشکیل می‌شود. در واقع این دو واکنش به طور هم‌زمان رخ می‌دهند و اندکی از اتم‌های کربن به CO و عمدهٔ آن‌ها به CO_2 تبدیل می‌شوند. برای تولید کربن دی‌اکسید، مقداری زغال را طبق معادلهٔ زیر در هوا می‌سوزانیم: ($CO_2 = ۴۴ , C = ۱۲ : g.mol^{-1}$)

$$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$$

الف) اگر قطعه‌ای زغال به جرم ۶ گرم طبق واکنش بالا بسوزد، انتظار دارید چند گرم گاز کربن دی‌اکسید تولید شود؟

ب) اگر جرم کربن دی‌اکسید تولیدشده در عمل (مقدار عملی) از مقدار محاسبه‌شده (مقدار نظری)، کم‌تر و مقدار آن ۲۰ گرم باشد، علت این تفاوت را توضیح دهید.

پ) آیا در عمل، تمام ۶ گرم کربن، به گاز کربن دی‌اکسید تبدیل شده است؟ چرا؟

ت) دانشمندان معتقدند که «اغلب واکنش‌ها، بازده ۱۰۰٪ ندارند.» این عبارت به چه معنایی است؟

ث) بازده درصدی هر واکنش، نسبت مقدار عملی به مقدار نظری تولیدشده از هر فراورده ضرب‌در ۱۰۰ را نشان می‌دهد. بازده درصدی تولید کربن دی‌اکسید در واکنش بالا را محاسبه کنید.

۸۳- تیتانیم فلزی محکم، سبک و مقاوم در برابر خوردگی است. یکی از کاربردهای آن، استفاده در بدنهٔ دوچرخه است. این فلز از واکنش تیتانیم (IV) کلرید با منیزیم مذاب طبق معادلهٔ زیر تهیه می‌کنند.

$TiCl_4(g) + 2Mg(l) \rightarrow Ti(s) + 2MgCl_2(l)$ $(Ti = 48 , Cl = 35/5 : g.mol^{-1})$

اگر در کارخانه‌ای $3/54 \times 10^7$ گرم تیتانیم (IV) کلرید مصرف شود و $7/91 \times 10^6$ گرم فلز تیتانیم به دست آید، بازده درصدی واکنش را حساب کنید.

۸۴- در یک آزمایش از حرارت‌دادن ۲۵۰ گرم کلسیم کربنات ($CaCO_3$) در یک کورهٔ آزمایشگاهی، ۱۱۹ گرم کلسیم اکسید (CaO) طبق واکنش زیر تولید شده است. بازده درصدی واکنش را محاسبه کنید.

$CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$ $(1\,mol\,CaCO_3 = 100\,g\,CaCO_3 , 1\,mol\,CaO = 56\,g\,CaO)$

۸۵- با توجه به معادلهٔ واکنش روبه‌رو، پاسخ دهید: $(O = 16, N = 14, H = 1 : g.mol^{-1})$

$NH_4NO_3(s) \rightarrow N_2O(g) + 2H_2O(g)$

الف) از واکنش ۴/۰ گرم آمونیوم نیترات، چند لیتر گاز N_2O در شرایط استاندارد تولید می‌شود؟

ب) اگر در پایان این واکنش تنها ۰/۴۴۸ لیتر گاز N_2O تولید شده باشد، بازده درصدی واکنش را حساب کنید.

۸۶- ۳۵/۵ گرم از گرد فلز روی خالص با مقدار اضافی گاز کلر واکنش می‌دهد. پس از پایان واکنش، ۶۵/۲ گرم روی کلرید به دست می‌آید. بازده درصدی این واکنش را حساب کنید. $(Zn = 65/38 , Cl = 35/45 : g.mol^{-1})$

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

۸۷- از واکنش ۵/۶ لیتر گاز نیتروژن در شرایط استاندارد با مقدار اضافی از فلز منیزیم طبق واکنش زیر، ۱۵ گرم منیزیم نیترید (Mg_3N_2) به دست آمده است. بازده درصدی واکنش را حساب کنید. $(1\,mol\,Mg_3N_2 = 100\,g\,Mg_3N_2)$

$3Mg(s) + N_2(g) \rightarrow Mg_3N_2(s)$

۸۸- در صورتی که در معادلهٔ شیمیایی $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$، بازده درصدی واکنش ۸۰ باشد، از واکنش ۰/۸ مول NH_3 چند مول آب تولید می‌شود؟

۸۹- از واکنش ۲۶ گرم فلز روی با هیدروکلریک اسید کافی، با بازدهی ۹۰ درصد، در شرایط STP، چند لیتر فراوردهٔ گازی به دست می‌آید؟ $(Zn = 65\,g.mol^{-1})$

$Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$

۹۰- اگر در واکنش ۲۰ گرم کلسیم کربنات با مقدار کافی هیدروکلریک اسید، مقدار ۴/۲ لیتر گاز کربن دی‌اکسید در شرایط STP به دست آید، بازده این واکنش چند درصد است؟ $(Ca = 40, O = 16, C = 12 : g.mol^{-1})$

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

۹۱- واکنش $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ با بازده ۵۰٪ انجام می‌گیرد. برای تهیهٔ ۰/۵ مول آمونیاک چند مول نیتروژن نیاز است؟

۹۲- چند گرم پتاسیم کلرات با خلوص ۸۰٪ لازم است تا ۳۳/۶ لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP حاصل شود به شرطی که بازده درصدی واکنش ۹۸٪ باشد؟ $(K = 39, O = 16, Cl = 35/5 : g.mol^{-1})$

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

۹۳- ۱۴۰ گرم پتاسیم کلرات با خلوص ۷۰٪ را گرما می‌دهیم تا تجزیه شود. اگر بازده درصدی واکنش برابر ۸۰٪ باشد، حجم گاز تولیدشده در شرایط STP چند میلی‌لیتر است؟ $(KClO_3 = 122/5\,g.mol^{-1})$

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

۹۴- درصورتی که بازده درصدی واکنش زیر (پس از موازنه معادلهٔ آن)، برابر ۸۰ درصد باشد، از واکنش ۹/۲ گرم اتانول (CH_3CH_2OH)، چند گرم دی‌اتیل اتر ($CH_3CH_2OCH_2CH_3$) به دست می‌آید؟ $(O = 16 , C = 12 , H = 1 : g.mol^{-1})$

$CH_3CH_2OH \xrightarrow[\text{گرما}]{\text{کاتالیزگر}} CH_3CH_2OCH_2CH_3 + H_2O$

۹۵- ۸۴ گرم سدیم هیدروژن کربنات با خلوص ۲۰٪ تجزیه شده است. چنان‌چه ۱/۱ گرم کربن دی‌اکسید حاصل شده باشد، بازده درصدی واکنش چه‌قدر است؟ $(Na = 23 , O = 16 , C = 12 , H = 1 : g.mol^{-1})$

$2NaHCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3(s) + H_2O(g) + CO_2(g)$

۹۶- در صورتی که بازده درصدی واکنش $2C(s) + H_2(g) \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} C_2H_2(g)$ برابر ۸۰٪ باشد، چند کیلوگرم زغال کُک خالص برای تهیهٔ ۵۲ کیلوگرم گاز اتین (C_2H_2) لازم است؟ $(C = 12, H = 1 : g.mol^{-1})$

۹۷- در تصفیهٔ هوای سفینه‌های فضایی، به ازای مصرف ۴۶۰ گرم لیتیم پراکسید، با بازدهی ۹۰ درصد، چند لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP آزاد می‌شود؟ $(O = 16 , Li = 7 : g.mol^{-1})$

$2Li_2O_2(aq) + 2CO_2(g) \rightarrow 2Li_2CO_3(aq) + O_2(g)$

۹۸- اگر گاز CO_2 حاصل از سوزاندن ۵/۲ g اتین (C_2H_2)، در محلول کلسیم‌اکسید کافی وارد شود، چند گرم کلسیم کربنات به دست می‌آید؟ (در صورتی که درصد بازده واکنش برابر ۹۰ درصد باشد.) $(Ca=40, O=16, C=12, H=1 : g.mol^{-1})$

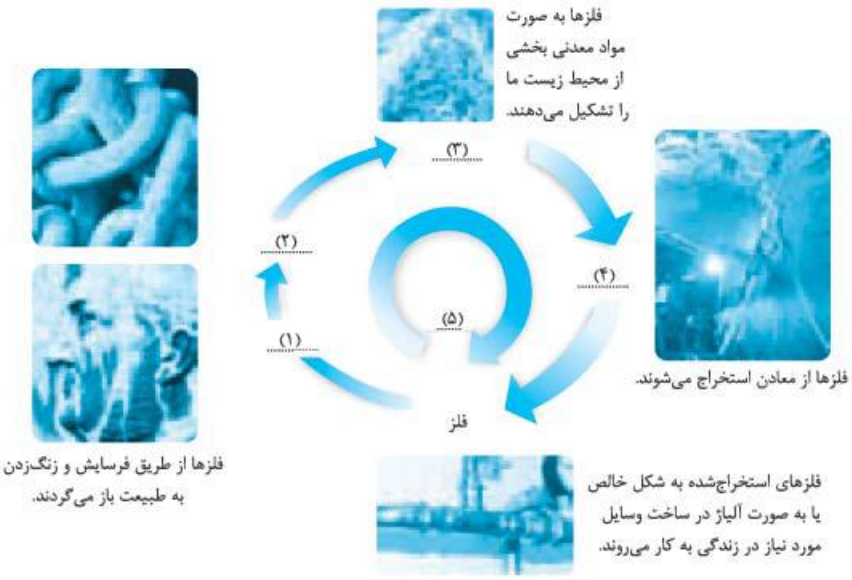
۱) $2C_2H_2(g)+5O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g)+2H_2O$

۲) $CO_2(g)+CaO(g) \rightarrow CaCO_3(s)$

۹۹- از تجزیهٔ ۸۰۰ گرم کلسیم کربنات ۹۵ درصد خالص، چند مول گاز کربن دی‌اکسید آزاد می‌شود، در صورتی که بازده درصدی واکنش برابر ۸۵ درصد باشد؟ $(Ca=40, O=16, C=12 : g.mol^{-1})$

$CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s)+CO_2(g)$

۱۰۰- شکل زیر چرخهٔ جریان فلز از طبیعت به طبیعت را نشان می‌دهد. جاهای خالی را پر کنید.



۱۰۱- جریان فلزها به محیط زیست توسط طبیعت و انسان، چه مشکلاتی را فراهم می‌آورد؟ نام ببرید.

۱۰۲- چرا شیمی‌دان‌ها به فکر جست‌وجوی منابع تازه در اعماق دریاها هستند؟

۱۰۳- چه عنصرهایی به صورت کلوخه و پوسته‌های غنی، در کف اقیانوس‌ها یافت می‌شوند؟

۱۰۴- براساس توسعهٔ پایدار، در تولید یک ماده یا عرضهٔ خدمات، چه ملاحظاتی را باید در نظر گرفت؟ توضیح دهید.

۱۰۵- چهار مورد از مزایای بازیافت فلزها از جمله آهن را نام ببرید.

۶ صفحه‌های ۲۸ تا ۳۶ کتاب درسی

نفت، هدیه‌ای شگفت‌انگیز

در اواخر قرن ۱۸ میلادی ماده‌ای کشف شد که رفتارش شبیه به هیچ‌کدام از ماده‌های شناخته‌شده تا آن زمان نبود. ماده‌ای که بعدها نفت خام نامیده شد. نفت خام یکی از انواع سوخت‌های فسیلی است که به شکل مایع غلیظ سیاه‌رنگ یا قهوه‌ای متمایل به سبز از دل زمین بیرون کشیده می‌شود.

یکی از شیمیدان‌های قرن اون زمان رابع به این مایع ناشناخته گفته: «نفت خام مثل جنگلی سیاه و ترسناک است که ورود به آن بسیار مخاطره‌آمیز و شاید ناممکن باشد.» *(البته بعدن معلوم شد که خیلی هم درست نمیگه!)* *مثل کسی که نمیدونه تو یه جنگل ناشناخته و تاریک، چه موجوداتی زندگی میکنن و میترسه واردش بشه، چون هر لحظه ممکنه با یه موجود خطرناک، سمی و یا اتفاق بدی روبه‌رو بشه! (فیلم The Revenant ـ از گوربرخاسته ـ رو که حتمن دیدید!)*

ولی بالاخره بعضی از شیمی‌دان‌ها *دلو زدن به دریا و* با بررسی نفت خام، موفق به شناسایی برخی مواد سازندهٔ آن، ساختار و رفتار آن‌ها شدند. *از اون به بعد کلی اتفاق خوب افتاد،* حل مشکل حمل‌ونقل از شهری به شهر دیگر یا از کشوری به کشور دیگر و ساخت داروهای تازه برای درمان بیماری‌های

گوناگون از جملهٔ آن‌ها بود. *این‌طوری شد که* آن مایع سیاه، نه تنها ترسناک و ناشناخته نماند، بلکه به کیمیایی شگفت‌انگیز تبدیل شد. *(دیدید گفتم درست نمیگفت!)*. امروزه این هدیهٔ زمینی ارزشمند را طلای سیاه می‌نامیم.

طلای سیاه؟ یا الماس سیاه؟

- الماس سیاه که به مواهم پرسپولیس، گادوین منشا میگن! بگذریم...

نفت خام در دنیای کنونی دو نقش اساسی ایفا می‌کند.

نقش اول: منبع تأمین انرژی است.

نقش دوم: مادهٔ اولیه برای تهیهٔ بسیاری از مواد و کالاهایی است که در صنایع گوناگون از آن استفاده می‌شود.

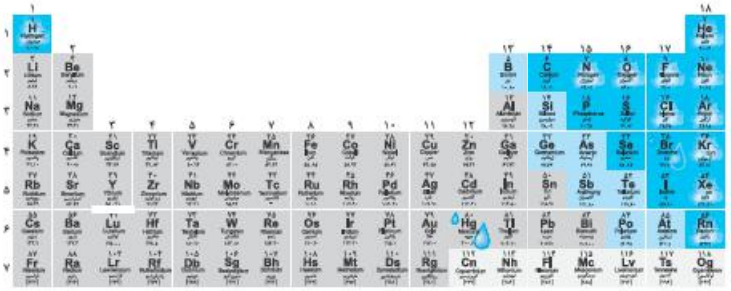
موارد مصرف طلای سیاه

● هر بشکه نفت خام هم‌ارز با ۱۵۹ لیتر است.

نفت خام، مخلوطی از هزاران ترکیب شیمیایی است که بخش عمدهٔ آن را هیدروکربن‌های گوناگون تشکیل می‌دهند. هیدروکربن‌ها فقط شامل عنصرهای هیدروژن و کربن هستند. از آن‌جا که عنصر اصلی سازندهٔ نفت خام، کربن است، برای بررسی ویژگی‌ها و خواص مواد سازندهٔ نفت خام، اول باید با رفتارها و ویژگی‌های اتم کربن آشنا شویم.

کربن، اساس استخوان‌بندی هیدروکربن‌ها

عنصر کربن (C) در خانهٔ شمارهٔ ۶ در دورهٔ دوم و گروه چهاردهم جدول دوره‌ای قرار داشته و اتم آن در لایهٔ ظرفیت خود چهار الکترون دارد. این اتم رفتارهای فوق‌العاده منحصربه‌فردی دارد به طوری که هیچ‌کدام از اتم دیگر عنصرهای جدول شبیه به آن نیستند. ترکیب‌های شناخته‌شده از اتم کربن، از مجموع ترکیب‌های شناخته‌شده از بقیهٔ عنصرهای جدول دوره‌ای بیشتر است.



۶
C
Carbon
کربن
۱۲/۰۱

مثال و پاسخ

مثال **الف** آرایش الکترونی اتم کربن را بنویسید.

ب آرایش الکترون نقطه‌ای اتم کربن را رسم کنید.

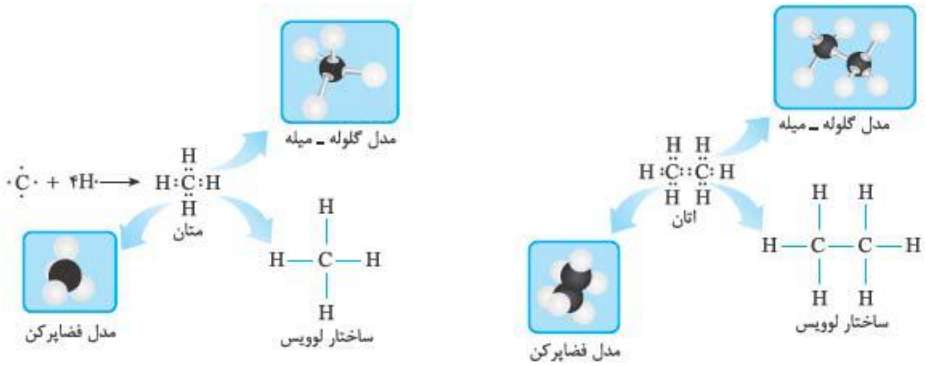
پ اتم کربن برای رسیدن به آرایش هشت‌تایی، چند پیوند اشتراکی یگانه، دوگانه یا سه‌گانه می‌تواند تشکیل دهد؟

پاسخ **الف** $_{6}C: 1s^2\ 2s^2\ 2p^2$ یا $[He]\ 2s^2\ 2p^2$

ب اتم کربن، چهار الکترون در لایهٔ ظرفیت خود دارد. در نتیجه: $\cdot\dot{C}\cdot$

پ مجموعاً چهار پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهد.

اتم کربن می‌تواند الکترون‌های خود را با اتم‌های دیگر به اشتراک بگذارد و با رسیدن به آرایش هشت‌تایی، پایدار شود.



پیوندهای اشتراکی یگانهٔ اتم کربن در مولکول‌های متان و اتان و شیوه‌های گوناگون نمایش آن‌ها.

اتم کربن برای رسیدن به آرایش هشت‌تایی می‌تواند چهار پیوند اشتراکی به صورت‌های زیر تشکیل دهد:

شیوه‌های گوناگون نمایش مولکول‌ها

۱- ساختار لوویس: با ساختار لوویس و نحوهٔ رسم آن در سال گذشته آشنا شدیم. *اگه هم بلدی از تون ساختار لوویس پرسیدن با همون روش سال قبل رسم کنید. (همون روش اتم‌های بامعرفت تو کتاب ماجراهای من و درسام شیمی دهم)*

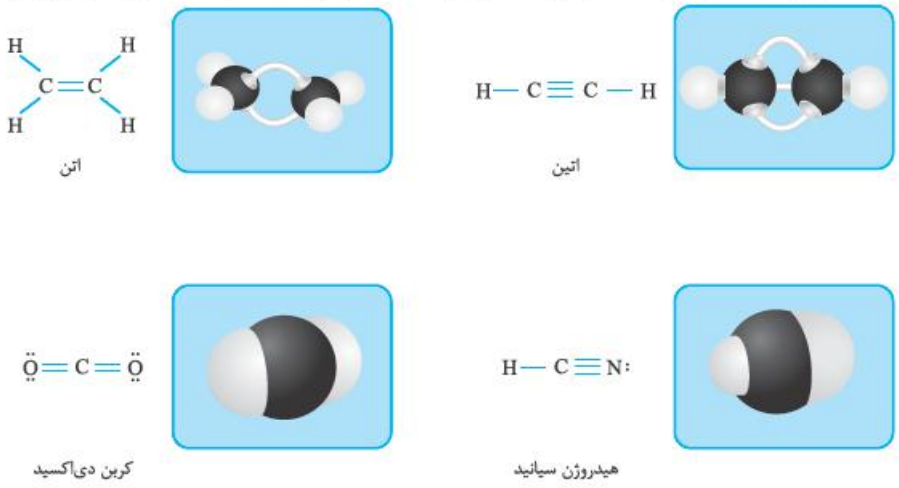
۲- مدل گلوله ـ میله: در این مدل، اتم‌ها به صورت گلوله (*همون کره*) و پیوندها به صورت میله نمایش داده می‌شوند.

۳- مدل فضاپرکن: در این مدل، اتم‌ها به صورت گوی‌هایی که فضا را اشغال می‌کنند، نمایش داده می‌شوند. این مدل به واقعیت نزدیک‌تر است و اتم‌ها کمی در هم فرو رفته‌اند.

تشکیل پیوند اشتراکی در اتم کربن مشابه رفتار دیگر نافلزها (مثل نیتروژن، فسفر، گوگرد و ...) است. مثلاً اتم نیتروژن $(_{7}N)$ سه پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهد تا به آرایش هشت‌تایی برسد. ولی تعداد ترکیب‌های شناخته‌شده از آن، محدود است.

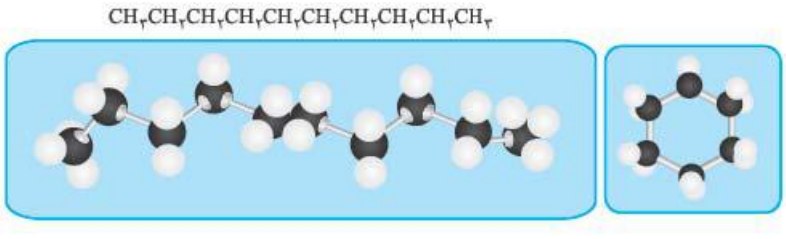
پس چرا اتم کربن میتونه میلیون‌ها ترکیب تشکیل بده؟

- *چون* اتم کربن علاوه بر تشکیل پیوند اشتراکی یگانه، توانایی تشکیل پیوندهای اشتراکی دوگانه و سه‌گانه را **با خود** و **برخی اتم‌های دیگر** دارد.

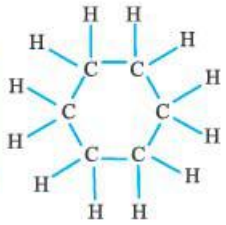


ساختار لوویس، مدل گلوله ـ میله و فضاپرکن برخی از ترکیب‌های کربن.

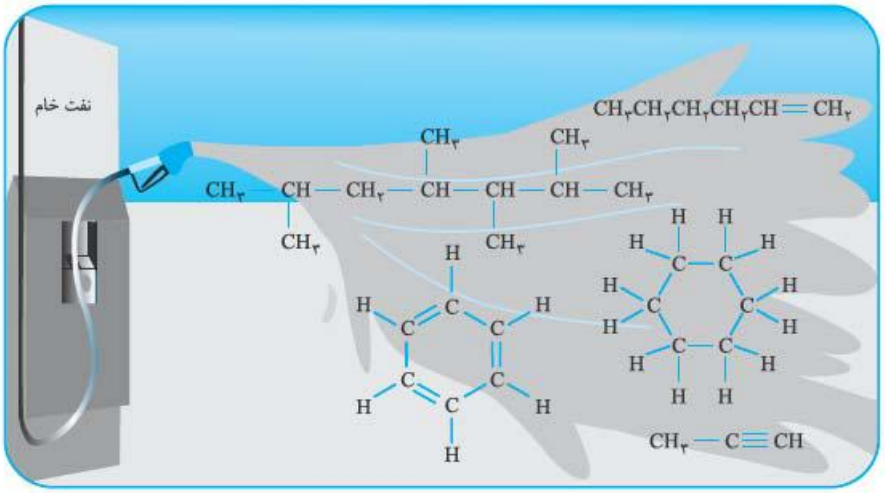
هم‌چنین کربن توانایی تشکیل زنجیر و حلقه‌های کربنی را دارد؛ در واقع اتم‌های کربن می‌توانند با پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل شوند و زنجیرها و حلقه‌هایی در اندازه‌های گوناگون بسازند.



زنجیر کربنی ده‌تایی



حلقهٔ کربنی شش‌تایی



نفت خام مخلوطی شامل انواع هیدروکربن‌ها است. همان‌طور که می‌بینیم در این شکل پنج نوع از هیدروکربن‌ها نشان داده شده است. در بعضی از آن‌ها، بین اتم‌های کربن فقط پیوندهای یگانه وجود دارد، ولی بعضی دیگر، یک پیوند سه‌گانه یا یک یا چند پیوند دوگانه دارند.

از آن‌جا که ساختار این هیدروکربن‌ها متفاوت است، پس انتظار داریم که رفتار آن‌ها هم متفاوت باشد. *جلوتر با ساختار و رفتار بعضی از هیدروکربن‌ها آشنا میشیم.*

اتم کربن می‌تواند با اتم انواع عنصرهای هیدروژن (H)، اکسیژن (O)، نیتروژن (N)، گوگرد (S) و فسفر (P) به روش‌های مختلف وصل شود و مولکول بسیاری از مواد مثل کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، آمینواسیدها، آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و ... را بسازد.

علاوه بر این، خودِ اتم‌های کربن هم می‌توانند با خودشان به روش‌های مختلف وصل شوند و دگرشکل‌های متفاوتی مثل گرافیت، الماس و ... تولید کنند. دگرشکل‌ها، ساختار و خواص متفاوتی دارند *که ایشالا سال بعد باهاشون آشنا میشیم.*

آلکان‌ها، هیدروکربن‌هایی با پیوندهای یگانه

آلکان‌ها، هیدروکربن‌هایی هستند که در آن‌ها، اتم‌های کربن با چهار پیوند یگانه به اتم‌های دیگر وصل شدند. متان (CH_4) ساده‌ترین و اولین عضو خانوادهٔ آلکان‌هاست. فرمول عمومی آلکان‌ها، C_nH_{2n+2} است که در آن n، تعداد اتم‌های کربن را نشان می‌دهد. *مثلن اگه یه آلکان، ۵ تا اتم کربن داشته باشه* $(n=5)$ *تعداد اتم‌های هیدروژن آن* $۲\times۵+۲=۱۲$ *است؛ پس فرمول این آلکان میشه* C_5H_{12}.

مثال و پاسخ

مثال در جدول زیر نام، فرمول مولکولی و شمار اتم‌های کربن و هیدروژن برای برخی اعضای خانوادهٔ آلکان‌ها داده شده است. جدول را کامل کنید و فرمول مولکولی عضو nام را بیابید.

شمارهٔ عضو	اول	دوم	سوم	چهارم	ششم	...	nاُم
نام	متان	اتان	پروپان	بوتان	هگزان	...	
شمار C						...	
شمار H						...	
فرمول	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_6H_{14}	...	

پاسخ

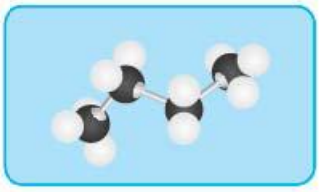
شمارهٔ عضو	اول	دوم	سوم	چهارم	ششم	...	nاُم
نام	متان	اتان	پروپان	بوتان	هگزان	...	
شمار C	۱	۲	۳	۴	۶	...	n
شمار H	۴	۶	۸	۱۰	۱۴	...	$2n+2$
فرمول	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_6H_{14}	...	C_nH_{2n+2}

فرمول عمومی آلکان‌ها C_nH_{2n+2} است.

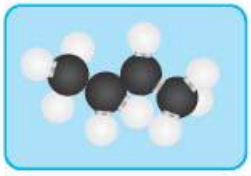
سوخت فندک‌ها معمولا گاز بوتان (C_4H_{10}) است که تحت فشار پر می‌شوند.

براساس نوع اتصال اتم‌های کربن به یکدیگر، دو نوع آلکان داریم:

۱- آلکان راست‌زنجیر: در این آلکان‌ها، اتم‌های کربن پشت‌سرهم و مثل یک زنجیر به هم وصل شده‌اند.



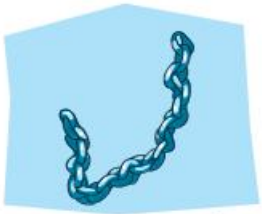
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$



$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$

دقت کنید که دو آلکان بالا کاملاً مشابه هستند، *در آلکان‌های راست‌زنجیر مهم اینه که کربن‌ها پشت سر هم به هم وصل باشن، دیگه جهت وصل‌شدنش (بالا، پایین، چپ یا راست) اهمیت نداره!*

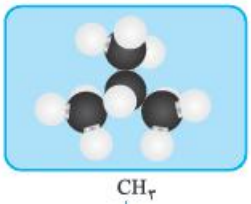
در واقع در هر آلکان راست‌زنجیر، هر اتم کربن به یک یا دو اتم کربن دیگر وصل شده است.



این یک زنجیر طلای بدون شاخه است، دیگه کج و صاف بودنش مهم نیست!

$$\begin{matrix} & & C & & \\ & & | & & \\ C & - & C & - & C \\ | & & & & \\ C & & & & \end{matrix} \qquad CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$$

۲- آلکان شاخه‌دار: در این آلکان‌ها، بعضی از اتم‌های کربن به صورت شاخهٔ جانبی به زنجیر وصل شده‌اند.



$$\begin{matrix} & CH_3 & \\ & | & \\ CH_3 & C & CH_3 \end{matrix}$$

در واقع در آلکان شاخه‌دار، بعضی کربن‌ها به سه یا چهار اتم کربن دیگر وصل شده‌اند.

این یک زنجیر طلای شاخه‌دار است، یعنی این پلاک مثل شاخهٔ فرعی به زنجیر اصلی وصل شده.

$$\begin{matrix} & CH_3 & & CH_3 & \\ & | & & | & \\ CH_3 & - & C & - & CH & - & CH_3 \\ & & | & & & & \\ & & CH_3 & & & & \end{matrix} \qquad \begin{matrix} & & C & & \\ & & | & & \\ C & - & C & - & C & - & C \\ & & | & & & & \\ & & C & & & & \end{matrix}$$

این اتم کربن به ۴ اتم کربن دیگر وصل شده است.

این اتم کربن به ۳ اتم کربن دیگر وصل شده است.

هر کدام از ساختارهای بالا، فرمول ساختاری آلکان مورد نظر را نشان می‌دهند.

فرمول ساختاری: فرمولی که در آن تعداد و چگونگی اتصال اتم‌های کربن و هیدروژن نمایش داده می‌شود. *چون همه میدونن که هیدروژن همیشه پیوند یگانه تشکیل میده، پس پیوندهای «C — H» رو نمیکشیم.*

فرمول ساختاری ترکیب‌های آلی را می‌توانیم به صورت فشرده هم نمایش دهیم، به صورتی که پیوندهای یگانهٔ کربن ـ کربن نشان داده نمی‌شود ولی نمایش پیوندهای دوگانه و سه‌گانهٔ کربن ـ کربن ضروری است.

$CH_3CH_2CH_2CH_3 \xrightarrow{\text{یعنی}} CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ ، $CH_2=CHCH_2CH_3 \xrightarrow{\text{یعنی}} CH_2=CH-CH_2-CH_3$

در این روش، اگر هر یک از کربن‌های وسط زنجیر، شاخهٔ فرعی داشته باشد، شاخهٔ فرعی را داخل پرانتز گذاشته و کنار کربن موردنظر می‌نویسیم.

$CH_3CH(CH_3)_2 \xrightarrow{\text{یعنی}} CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-CH_3$

فرمول ساختاری فشرده — فرمول ساختاری گسترده

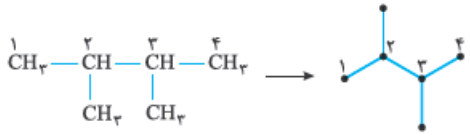
$CH_3CH(CH_3)C(CH_3)_2CH_2CH_3 \xrightarrow{\text{یعنی}} CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}}-CH_2-CH_3$

فرمول ساختاری فشرده — فرمول ساختاری گسترده

یکی از روش‌های ساده‌تر نمایش ترکیب‌های آلی، فرمول نقطه ـ خط است. در این روش، اتم‌های کربن را با نقطه و پیوند بین آن‌ها را با خط تیره نشان می‌دهیم، اتم‌های هیدروژن را هم نمی‌نویسیم. *واسه این‌که تداخل خطوط! پیش نیاد، خط‌های پیوند رو با زاویه رسم میکنیم.*

فرمول ساختاری: $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

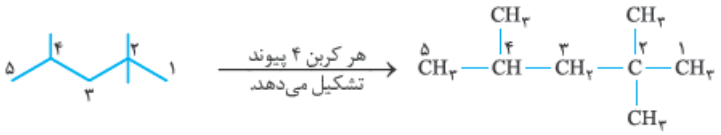
فرمول نقطه ـ خط:



فرمول ساختاری — فرمول نقطه ـ خط

البته در فرمول نقطه ـ خط اگر اتمی به غیر از کربن و هیدروژن در ساختار ترکیب آلی وجود داشته باشد، نماد آن نوشته می‌شود.

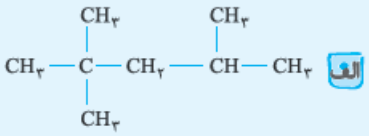
اگر خواستیم از فرمول نقطه ـ خط به فرمول ساختاری برسیم، با توجه به این‌که هر کربن باید چهار پیوند تشکیل دهد، به هر کربن به تعداد مورد نیاز اتم هیدروژن وصل می‌کنیم تا فرمول ساختاری آن کامل شود.



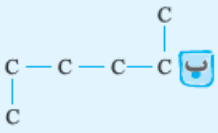
مثال و پاسخ

مثال فرمول ساختاری یا نقطه ـ خط را برای هر هیدروکربن داده‌شده رسم کنید.

الف)

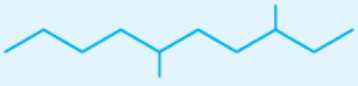


ب)



پ)

ت)

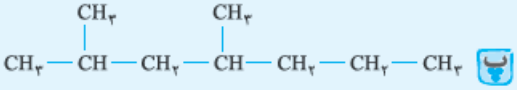


پاسخ

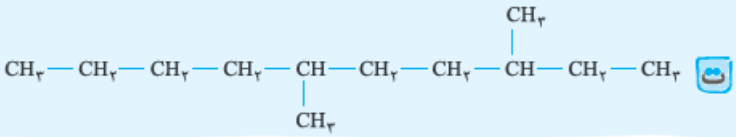
الف)

ب)

پ)



ت)



۵۰- الف) کاتیون: K^+ ،$_{19}$ آنیون: F^- $_9$

ب) $K^+, F^- \Rightarrow KF$

پ) بله، چون به ازای هر کاتیون با یک بار مثبت (K^+) یک آنیون با یک بار منفی (F^-) وجود دارد.

در کل همهٔ ترکیب‌های یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی هستند.

۵۱- الف) ۱) $TiCl_4 + 2Mg \rightarrow Ti + 2MgCl_2$ ۲) $2Fe_2O_3 + 3Ti \rightarrow 4Fe + 3TiO_2$

ب) به طور کلی در هر واکنشی که به طور طبیعی انجام می‌شود، واکنش‌پذیری واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از فراورده‌ها است؛ بنابراین در واکنش (۱) واکنش‌پذیری Mg بیشتر از Ti بوده و در واکنش (۲) واکنش‌پذیری Ti بیشتر از Fe است، پس: واکنش‌پذیری: $Mg > Ti > Fe$

پ) بله، چون واکنش‌پذیری Mg بیشتر از Fe است. با توجه به ظرفیت Mg (+۲)، محصول واکنش MgO و Fe است.

$$3Mg + Fe_2O_3 \xrightarrow{\Delta} 2Fe + 3MgO$$

۵۲- الف) ۱) $2AgNO_3 + Zn \rightarrow 2Ag + Zn(NO_3)_2$ ۲) $AgCl + Hg \rightarrow$ واکنش انجام نمی‌شود.

ب) به طور کلی در هر واکنشی که به طور طبیعی انجام می‌شود، واکنش‌پذیری واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از فراورده‌ها است؛ بنابراین چون واکنش (۱) انجام می‌شود، پس واکنش‌پذیری Zn بیشتر از Ag است و چون واکنش (۲) انجام نمی‌شود، پس واکنش‌پذیری Hg کم‌تر از Ag است؛ بنابراین: واکنش‌پذیری: $Zn > Ag > Hg$

پ) بله، چون واکنش‌پذیری Zn بیشتر از Hg است، با توجه به ظرفیت Zn (+۲) محصول واکنش، $ZnCl_2$ و Hg است.

$$HgCl_2 + Zn \xrightarrow{\Delta} Hg + ZnCl_2$$

۵۳- الف) بیشتر ب) ساده‌تر پ) همانند ـ کربن

ت) بیشتری ث) گرم ـ خالص ـ ناخالص

۵۴- الف) واکنش‌پذیری ب) جوش‌دادن خطوط راه‌آهن پ) فلزکاری (متالورژی)

ت) ۴۰؛ دقت کنید که سؤال مقدار ناخالصی را خواسته است *(یعنی اون آلت و آشغالا)*.

۵۵- الف) نادرست، هر چه فلز فعال‌تر باشد، میل بیشتری به ایجاد ترکیب دارد و **ترکیب‌هایش پایدارتر از خودش** است.

ب) نادرست، فلزها از جمله هدایای زمینی هستند که اغلب در طبیعت به شکل سنگ معدن یافت می‌شوند.

پ) درست $\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times ۱۰۰ = \frac{۲۰\,g}{۶۰\,g} \times ۱۰۰ = ٪۳۳/۳$

ت) نادرست، درصد خلوص ماده‌ای که در هر ۲۵۰ گرم آن ۲۲۰ گرم ناخالصی وجود دارد، **۱۲** درصد است. در واقع فقط ۳۰ گرم مادهٔ خالص داریم:

$$\text{درصد خلوص} = \frac{۳۰\,g}{۲۵۰\,g} \times ۱۰۰ = ٪۱۲$$

۵۶- Na؛ چون واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به Fe دارد.

۵۷- $2Fe_2O_3(s) + 3C(s) \xrightarrow{\Delta} 4Fe(s) + 3CO_2(g)$

۵۸- $2Al(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(l)$

۵۹- ۱) واکنش‌دهنده‌ها ناخالص باشند.

۲) واکنش به طور کامل انجام نشود.

۳) در واکنش، فراورده‌های دیگری نیز تولید گردند.

۶۰- الف) $?\,mol\,CO_2 = ۰/۲\,mol\,C_2H_6 \times \frac{۴\,mol\,CO_2}{۲\,mol\,C_2H_6} = ۰/۴\,mol\,CO_2$

ب) $?\,mol\,O_2 = ۰/۳\,mol\,H_2O \times \frac{۷\,mol\,O_2}{۶\,mol\,H_2O} = ۰/۳۵\,mol\,O_2$

۶۱- ابتدا واکنش موازنه‌شده را می‌نویسیم:

$$2Na_3PO_4(aq) + 3MgCl_2(aq) \rightarrow Mg_3(PO_4)_2(s) + 6NaCl(aq)$$

سپس با استفاده از ضریب تبدیل مولی، تعداد مول سدیم فسفات (Na_3PO_4) را به تعداد مول منیزیم فسفات $(Mg_3(PO_4)_2)$ تبدیل می‌کنیم:

$$?\,mol\,Mg_3(PO_4)_2 = ۰/۵\,mol\,Na_3PO_4 \times \frac{۱\,mol\,Mg_3(PO_4)_2}{۲\,mol\,Na_3PO_4} = ۰/۲۵\,mol\,Mg_3(PO_4)_2$$

۶۲- ابتدا باید با توجه به نام مواد، واکنش مربوطه را نوشته و موازنه کنیم.

لیتیم نیترید: Li_3N ، آمونیاک: NH_3 و لیتیم هیدروکسید: $LiOH$

$$Li_3N + 3H_2O \rightarrow NH_3 + 3\,LiOH$$

$$?\,mol\,NH_3 = 3\,mol\,LiN \times \frac{1\,mol\,NH_3}{1\,mol\,Li_3N} = 3\,mol\,NH_3$$

۶۳- الف)

$$Na_2SO_4(aq) + BaCl_2(aq) \rightarrow BaSO_4(s) + 2NaCl(aq)$$

ب) ابتدا جرم مولی باریم کلرید و باریم سولفات را حساب می‌کنیم:

$$BaCl_2 = 137 + (2 \times 35/5) = 208\,g.mol^{-1}$$

$$BaSO_4 = 137 + 32 + (4 \times 16) = 233\,g.mol^{-1}$$

$$?\,g\,BaSO_4 = 104/1\,g\,BaCl_2 \times \frac{1\,mol\,BaCl_2}{208\,g\,BaCl_2} \times \frac{1\,mol\,BaSO_4}{1\,mol\,BaCl_2} \times \frac{233\,g\,BaSO_4}{1\,mol\,BaSO_4} = 116/6\,g\,BaSO_4$$

۶۴-

$$?\,g\,\text{سالیسیک اسید} = 325\,g\,\text{متیل سالیسیلات} \times \frac{1\,mol\,\text{متیل سالیسیلات}}{152/2\,g\,\text{متیل سالیسیلات}} \times \frac{1\,mol\,\text{سالیسیلیک‌اسید}}{1\,mol\,\text{متیل سالیسیلات}} \times \frac{138/1\,g\,\text{سالیسیک اسید}}{1\,mol\,\text{سالیسیک اسید}}$$

$$= 294/9\,g\,\text{سالیسیک اسید}$$

۶۵- توجه داشته باشید که در واکنش مخلوط‌ها حتماً باید!!! واکنش‌ها را به صورت جداگانه بنویسید.

۱) $2Ca(s) + O_2(g) \rightarrow 2CaO(s)$ $\quad ?\,mol\,O_2 = 1\,mol\,Ca \times \frac{1\,mol\,O_2}{2\,mol\,Ca} = 0/5\,mol\,O_2$

۲) $4Na(s) + O_2(g) \rightarrow 2Na_2O$ $\quad ?\,mol\,O_2 = 2\,mol\,Na \times \frac{1\,mol\,O_2}{4\,mol\,Na} = 0/5\,mol\,O_2$

۳) $S(s) + O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g)$ $\quad ?\,mol\,O_2 = 1\,mol\,S \times \frac{1\,mol\,O_2}{1\,mol\,S} = 1\,mol\,O_2$

بنابراین جمعاً به ۲ مول O_2 نیاز داریم.

۶۶- وقتی آلومینیم درصد خلوص دارد؛ یعنی سؤال جرم آلومینیم ناخالص را خواسته است.

$$?\,g\,Al_{\text{ناخالص}} = 40\,g\,H_2 \times \frac{1\,mol\,H_2}{2\,g\,H_2} \times \frac{2\,mol\,Al}{3\,mol\,H_2} \times \frac{27\,g\,Al_{\text{خالص}}}{1\,mol\,Al} \times \frac{100\,g\,Al_{\text{ناخالص}}}{85\,g\,Al_{\text{خالص}}} = 423/5\,g\,Al_{\text{ناخالص}}$$

۶۷- سؤال جرم آلومینیم ناخالص را خواسته است.

ت:

$$?\,g\,Al_{\text{ناخالص}} = 210\,g\,Fe \times \frac{1\,mol\,Fe}{56\,g\,Fe} \times \frac{2\,mol\,Al}{2\,mol\,Fe} \times \frac{27\,g\,Al_{\text{خالص}}}{1\,mol\,Al} \times \frac{100\,g\,Al_{\text{ناخالص}}}{75\,g\,Al_{\text{خالص}}} = 135\,g\,Al_{\text{ناخالص}}$$

۶۸- جرم سدیم ناخالص ۸ گرم است. ابتدا جرم سدیم خالص را حساب می‌کنیم.

$$?\,g\,Na = 0/2\,g\,H_2 \times \frac{1\,mol\,H_2}{2\,g\,H_2} \times \frac{2\,mol\,Na}{1\,mol\,H_2} \times \frac{23\,g\,Na_{\text{خالص}}}{1\,mol\,Na} = 4/6\,g\,Na_{\text{خالص}}$$

$$\text{درصد خلوص } Na = \frac{\text{جرم خالص}}{\text{جرم ناخالص}} \times 100 = \frac{4/6\,g}{8\,g} \times 100 = \%57/5$$

۶۹- سؤال جرم کلسیم برمید ناخالص را می‌خواهد.

$$CaBr_2 = 1(40) + 2(80) = 200\,g.mol^{-1}$$

$$?\,g\,CaBr_{2\,\text{ناخالص}} = 1\,g\,Ca \times \frac{1\,mol\,Ca}{40\,g\,Ca} \times \frac{1\,mol\,CaBr_2}{1\,mol\,Ca} \times \frac{200\,g\,CaBr_{2\,\text{خالص}}}{1\,mol\,CaBr_2} \times \frac{100\,g\,CaBr_{2\,\text{ناخالص}}}{80\,g\,CaBr_{2\,\text{خالص}}} = 6/25\,g\,CaBr_{2\,\text{ناخالص}}$$

۷۰- الف)

$$?\,g\,MnO_{2\,\text{خالص}} = 374\,mL\,Cl_2 \times \frac{1\,L\,Cl_2}{1000\,mL\,Cl_2} \times \frac{1\,mol\,Cl_2}{22/4\,L\,Cl_2} \times \frac{1\,mol\,MnO_2}{1\,mol\,Cl_2} \times \frac{87\,g\,MnO_{2\,\text{خالص}}}{1\,mol\,MnO_2} = 1/45\,g\,MnO_{2\,\text{خالص}}$$

ب)

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم خالص}}{\text{جرم ناخالص}} \times 100 \Rightarrow 75 = \frac{1/45\,g}{x} \times 100 \Rightarrow x = 1/93\,g\,MnO_{2\,\text{ناخالص}}$$

۷۱- ۳ گرم Al ناخالص است. چون درصد خلوص دارد.

$$?g\ Ag = ۳\ g\ Al_{\text{ناخالص}} \times \frac{۹۰\ g\ Al_{\text{خالص}}}{۱۰۰\ g\ Al_{\text{ناخالص}}} \times \frac{۱\ mol\ Al}{۲۷\ g\ Al_{\text{خالص}}} \times \frac{۳\ mol\ Ag}{۱\ mol\ Al} \times \frac{۱۰۸\ g\ Ag}{۱\ mol\ Ag} = ۳۲/۴\ g\ Ag$$

۷۲- وقتی Al، ۴۰٪ ناخالصی دارد؛ یعنی درصد خلوص آن ۶۰٪ است.

$$?g\ Cu = ۹\ g\ Al_{\text{ناخالص}} \times \frac{۶۰\ g\ Al_{\text{خالص}}}{۱۰۰\ g\ Al_{\text{ناخالص}}} \times \frac{۱\ mol\ Al}{۲۷\ g\ Al_{\text{خالص}}} \times \frac{۳\ mol\ Cu}{۲\ mol\ Al} \times \frac{۶۴\ g\ Cu}{۱\ mol\ Cu} = ۱۹/۲\ g\ Cu$$

۷۳- ابتدا جرم پتاسیم کلرید خالص را حساب می‌کنیم:

$$?\ g\ KCl_{\text{خالص}} = ۰/۷۲\ g\ AgCl \times \frac{۱\ mol\ AgCl}{۱۴۳/۵\ g\ AgCl} \times \frac{۱\ mol\ KCl}{۱\ mol\ AgCl} \times \frac{۷۴/۵\ g\ KCl_{\text{خالص}}}{۱\ mol\ KCl} = ۰/۳۷\ g\ KCl_{\text{خالص}}$$

$$\text{درصد خلوص } KCl = \frac{\text{جرم خالص}}{\text{جرم ناخالص}} \times ۱۰۰ = \frac{۰/۳۷\ g}{۰/۵۰\ g} \times ۱۰۰ = ٪۷۴$$

۷۴- این سؤال در واقع مخلوطی از حالت اول و حالت دوم است؛ پس ابتدا با استفاده از درصد خلوص $Cl_۲$ (٪۸۱) مقدار خالص $Cl_۲$ را حساب می‌کنیم، سپس از جرم خالص $Cl_۲$ به جرم خالص $MnO_۲$ می‌رسیم و در انتها با استفاده از درصد خلوص $MnO_۲$ (٪۹۰) به جرم ناخالص $MnO_۲$ می‌رسیم.

$$Cl_۲ = ۲(۳۵/۵) = ۷۱\ g.mol^{-۱} \quad , \quad MnO_۲ = ۵۵ + ۲(۱۶) = ۸۷\ g.mol^{-۱}$$

$$?\ g\ MnO_{۲\ \text{ناخالص}} = ۱۴/۲\ g\ Cl_{۲\ \text{ناخالص}} \times \frac{۸۱\ g\ Cl_{۲\ \text{خالص}}}{۱۰۰\ g\ Cl_{۲\ \text{ناخالص}}} \times \frac{۱\ mol\ Cl_۲}{۷۱\ g\ Cl_{۲\ \text{خالص}}} \times \frac{۱\ mol\ MnO_۲}{۱\ mol\ Cl_۲}$$

$$\times \frac{۸۷\ g\ MnO_{۲\ \text{خالص}}}{۱\ mol\ MnO_۲} \times \frac{۱۰۰\ g\ MnO_{۲\ \text{ناخالص}}}{۹۰\ g\ MnO_{۲\ \text{خالص}}} = ۱۵/۶۶\ g\ MnO_{۲\ \text{ناخالص}}$$

۷۵- با توجه به ماده‌ها، واکنش یون سولفات ($SO_۴^{۲-}$) و یون باریم ($Ba^{۲+}$) را که باریم سولفات ($BaSO_۴$) تولید می‌کند، می‌نویسیم.

$$Ba^{۲+} + SO_۴^{۲-} \rightarrow BaSO_۴$$

می‌دانیم که بار الکتریکی تأثیر خاصی روی جرم ندارد.

$$BaSO_۴ : ۱۳۷ + ۳۲ + ۴(۱۶) = ۲۳۳\ g.mol^{-۱} \quad SO_۴^{۲-} : ۳۲ + ۴(۱۶) = ۹۶\ g.mol^{-۱}$$

از روی جرم $BaSO_۴$، جرم $SO_۴^{۲-}$ را محاسبه می‌کنیم.

$$?\ g\ SO_۴^{۲-} = ۲/۱۸\ g\ BaSO_۴ \times \frac{۱\ mol\ BaSO_۴}{۲۳۳\ g\ BaSO_۴} \times \frac{۱\ mol\ SO_۴^{۲-}}{۱\ mol\ BaSO_۴} \times \frac{۹۶\ g\ SO_۴^{۲-}}{۱\ mol\ SO_۴^{۲-}} = ۰/۸۹۸\ g\ SO_۴^{۲-}$$

با توجه به جرم کل مادهٔ ناخالص (کود شیمیایی) درصد خلوص را برحسب $SO_۴^{۲-}$ حساب می‌کنیم.

$$\text{درصد خلوص } SO_۴^{۲-} = \frac{\text{جرم } SO_۴^{۲-}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times ۱۰۰ = \frac{۰/۸۹۸\ g}{۲/۴۵\ g} \times ۱۰۰ = ٪۳۶/۷$$

۷۶- اول جرم خالص Al را از طریق خلوص ۹۰ درصد به دست می‌آوریم؛ سپس بقیهٔ راه‌حل را تا رسیدن به جرم Cu ادامه می‌دهیم.

$$?\ g\ Cu = ۸/۱\ g\ Al_{\text{ناخالص}} \times \frac{۹۰\ g\ Al_{\text{خالص}}}{۱۰۰\ g\ Al_{\text{ناخالص}}} \times \frac{۱\ mol\ Al}{۲۷\ g\ Al_{\text{خالص}}} \times \frac{۳\ mol\ Cu}{۲\ mol\ Al} \times \frac{۶۳/۵\ g\ Cu}{۱\ mol\ Cu} = ۲۵/۷\ g\ Cu$$

۷۷- الف) به طور کلی در هر واکنش شیمیایی که به طور طبیعی انجام می‌شود، واکنش‌پذیری واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از فراورده‌ها است؛ بنابراین واکنش‌پذیری کربن (C) بیشتر از سیلیسیم (Si) است.

ب) وقتی مقدار ناخالصی ۰/۰۰۰۱ g باشد؛ یعنی بقیهٔ آن خالص است. $\text{جرم مادهٔ خالص} = ۱۰۰\ g - ۰/۰۰۰۱\ g = ۹۹/۹۹۹۹\ g$

$$\text{درصد خلوص سیلیسیم} = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times ۱۰۰ = \frac{۹۹/۹۹۹۹\ g}{۱۰۰\ g} = ٪۹۹/۹۹۹۹$$

۷۸- الف) مقدار نظری ب) مقدار عملی پ) کاهش ت) تجدیدناپذیر ـ محدود

۷۹- الف) بازده درصدی ب) بیشتر پ) ۴۰ ت) ۶۰

۸۰- الف) درست

ب) نادرست، فلزها به طبیعت بازمی‌گردند، ولی منابع **تجدیدناپذیر** محسوب می‌شوند.

پ) نادرست، در استخراج فلز **تنها درصد کمی** از سنگ معدن به فلز تبدیل می‌شود.

ت) درست

۸۱- از رابطهٔ (۱)

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

۸۲- الف)

$$?\,g\,CO_۲\,\text{نظری} = ۶\,g\,C \times \frac{۱\,mol\,C}{۱۲\,g\,C} \times \frac{۱\,mol\,CO_۲}{۱\,mol\,C} \times \frac{۴۴\,g\,CO_۲}{۱\,mol\,CO_۲} = ۲۲\,g\,CO_۲\,\text{نظری}$$

ب) مقداری از کربن‌ها (C) به فراورده‌های دیگر (CO) تبدیل شده است.

پ) خیر، اگر تمام کربن‌ها (C) به گاز کربن‌دی‌اکسید ($CO_۲$) تبدیل می‌شد، باید ۲۲ گرم $CO_۲$ می‌داشتیم.

ت) در اغلب موارد، مقدار فراوردهٔ تولیدشده در شرایط واقعی آزمایش (مقدار عملی)، از مقدار فراوردهٔ مورد انتظار ما (مقدار نظری) کم‌تر است.

ث)

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰ = \frac{۲۰\,g}{۲۲\,g} \times ۱۰۰ = ٪۹۰/۹$$

۸۳- ۱) محاسبهٔ مقدار نظری:

$$TiCl_۴ : ۱(۴۸) + ۴(۳۵/۵) = ۱۹۰\,g.mol^{-۱}$$

$$?\,g\,Ti\,\text{نظری} = ۳/۵۴ \times ۱۰^۷\,g\,TiCl_۴ \times \frac{۱\,mol\,TiCl_۴}{۱۹۰\,g\,TiCl_۴} \times \frac{۱\,mol\,Ti}{۱\,mol\,TiCl_۴} \times \frac{۴۸\,g\,Ti}{۱\,mol\,Ti} = ۸/۹۴ \times ۱۰^۶\,g\,Ti\,\text{نظری}$$

۲) محاسبهٔ بازده درصدی واکنش از طریق فرمول:

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰ = \frac{۷/۹۱ \times ۱۰^۶\,g}{۸/۹۴ \times ۱۰^۶\,g} \times ۱۰۰ = ٪۸۸/۴۷$$

فقط هنگام محاسبهٔ مقدار نظری، باید مقدار واکنش‌دهندهٔ ناخالص را با کسر تبدیل مناسب $\frac{\text{خالص}\,x\,g}{\text{ناخالص}\,۱۰۰\,g}$ به خالص تبدیل کرده و بقیهٔ محاسبات را انجام دهیم.

۸۴- ۱۱۹ گرم CaO مقدار عملی است. ابتدا مقدار نظری CaO را برحسب g حساب می‌کنیم:

$$?\,g\,CaO\,\text{نظری} = ۲۵۰\,g\,CaCO_۳ \times \frac{۱\,mol\,CaCO_۳}{۱۰۰\,g\,CaCO_۳} \times \frac{۱\,mol\,CaO}{۱\,mol\,CaCO_۳} \times \frac{۵۶\,g\,CaO}{۱\,mol\,CaO} = ۱۴۰\,g\,CaO\,\text{نظری}$$

پس با استفاده از رابطه، بازده درصدی را حساب می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰ = \frac{۱۱۹\,g}{۱۴۰\,g} \times ۱۰۰ = ٪۸۵$$

۸۵- الف)

$$NH_۴NO_۳ = ۲(۱۴) + ۴(۱) + ۳(۱۶) = ۸۰\,g.mol^{-۱}$$

$$?\,L\,N_۲O = ۴\,g\,NH_۴NO_۳ \times \frac{۱\,mol\,NH_۴NO_۳}{۸۰\,g\,NH_۴NO_۳} \times \frac{۱\,mol\,N_۲O}{۱\,mol\,NH_۴NO_۳} \times \frac{۲۲/۴\,L\,N_۲O}{۱\,mol\,N_۲O} = ۱/۱۲\,L\,N_۲O$$

ب)

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰ = \frac{۰/۴۴۸\,L}{۱/۱۲\,L} \times ۱۰۰ = ٪۴۰$$

۸۶- ۱) محاسبهٔ مقدار نظری واکنش با استفاده از مقدار واکنش‌دهندهٔ Zn:

$$?\,mol\,Zn = ۳۵/۵\,g\,Zn \times \frac{۱\,mol\,Zn}{۶۵/۳۸\,g\,Zn} = ۰/۵۴۳\,mol\,Zn$$

$$?\,mol\,ZnCl_۲ = ۰/۵۴۳\,\cancel{mol\,Zn} \times \frac{۱\,mol\,ZnCl_۲}{۱\,\cancel{mol\,Zn}} = ۰/۵۴۳\,mol\,ZnCl_۲$$

$$\text{مقدار نظری واکنش} = ۰/۵۴۳\,\cancel{mol\,ZnCl_۲} \times \frac{۱۳۶/۲۸\,g\,ZnCl_۲}{۱\,\cancel{mol\,ZnCl_۲}} = ۷۴/۰\,g\,ZnCl_۲$$

۲) محاسبهٔ بازده درصدی واکنش:

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰ = \frac{۶۵/۲\,g\,ZnCl_۲}{۷۴/۰\,g\,ZnCl_۲} \times ۱۰۰ = ٪۸۸/۱$$

۸۷- ۱۵ گرم $Mg_۳N_۲$ مقدار عملی است.

$$?\,g\,Mg_۳N_۲\,\text{نظری} = ۵/۶\,L\,N_۲ \times \frac{۱\,mol\,N_۲}{۲۲/۴\,L\,N_۲} \times \frac{۱\,mol\,Mg_۳N_۲}{۱\,mol\,N_۲} \times \frac{۱۰۰\,g\,Mg_۳N_۲}{۱\,mol\,Mg_۳N_۲} = ۲۵\,g\,Mg_۳N_۲\,\text{نظری}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \frac{۱۵\,g}{۲۵\,g} \times ۱۰۰ = ٪۶۰$$

۸۸- ابتدا مقدار نظری H_2O را حساب می‌کنیم.

دقت داشته باشید واحدهای عملی و نظری باید یکسان باشند، بنابراین باید مول H_2O را حساب کنیم:

$$?\,mol\,H_2O_{\text{نظری}} = 0/8\,mol\,NH_3 \times \frac{6\,mol\,H_2O}{4\,mol\,NH_3} = 1/2\,mol\,H_2O_{\text{نظری}}$$

حالا از رابطهٔ بازده، مقدار عملی H_2O را حساب می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 80 = \frac{x}{1/2\,mol} \times 100 \Rightarrow x = 0/96\,mol\,H_2O$$

۸۹- فراوردهٔ گازی $H_2(g)$ است؛ چون سؤال مقدار عملی H_2 را برحسب لیتر خواسته، پس مقدار نظری را هم باید برحسب لیتر حساب کنیم.

$$?\,L\,H_2\,\text{نظری} = 26\,g\,Zn \times \frac{1\,mol\,Zn}{65\,g\,Zn} \times \frac{1\,mol\,H_2}{1\,mol\,Zn} \times \frac{22/4\,L\,H_2}{1\,mol\,H_2} = 8/96\,L\,H_2\,\text{نظری}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 90 = \frac{x}{8/96\,L} \times 100 \Rightarrow x = 8/06\,L\,H_2$$

۹۰- ابتدا مقدار نظری CO_2 را حساب می‌کنیم: (چون مقدار عملی برحسب لیتر است، مقدار نظری را هم برحسب لیتر حساب می‌کنیم.)

$$?L\,CO_2\,\text{نظری} = 20\,g\,CaCO_3 \times \frac{1\,mol\,CaCO_3}{100\,g\,CaCO_3} \times \frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,CaCO_3} \times \frac{22/4\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} = 4/48\,L\,CO_2\,\text{نظری}$$

سپس بازده درصدی واکنش را حساب می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{4/2\,L}{4/48\,L} \times 100 = \%93/75$$

۹۱- مقدار عملی NH_3، $0/5$ مول است. ابتدا مقدار نظری NH_3 را با استفاده از بازده درصدی حساب می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 50 = \frac{0/5\,mol\,NH_3}{x} \times 100 \Rightarrow x = 1\,mol\,NH_3$$

سپس با استفاده از مقدار نظری، مقدار واکنش‌دهنده را حساب می‌کنیم:

$$?\,mol\,N_2 = 1\,mol\,NH_3 \times \frac{1\,mol\,N_2}{2\,mol\,NH_3} = 0/5\,mol\,N_2$$

۹۲- مقدار عملی O_2، $33/6$ لیتر است.

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 98 = \frac{33/6\,L\,O_2}{x} \times 100 \Rightarrow x = 34/3\,L\,O_2$$

دقت کنید که سؤال جرم $KClO_3$ ناخالص را خواسته است.

$$KClO_3 = 39 + 35/5 + 3(16) = 122/5\,g.mol^{-1}$$

$$?\,g\,KClO_3\,\text{ناخالص} = 34/3\,L\,O_2 \times \frac{1\,mol\,O_2}{22/4\,L\,O_2} \times \frac{2\,mol\,KClO_3}{3\,mol\,O_2} \times \frac{122/5\,g\,KClO_3\,\text{خالص}}{1\,mol\,KClO_3} \times \frac{100\,g\,KClO_3\,\text{ناخالص}}{80\,g\,KClO_3\,\text{خالص}}$$

$$= 156/3\,g\,KClO_3\,\text{ناخالص}$$

۹۳- ابتدا مقدار نظری O_2 را حساب می‌کنیم. (چون مقدار عملی را برحسب میلی‌لیتر خواسته، مقدار نظری را هم برحسب میلی‌لیتر به دست می‌آوریم.)

$$?\,mL\,O_2\,\text{نظری} = 140\,g\,KClO_3\,\text{ناخالص} \times \frac{70\,g\,KClO_3\,\text{خالص}}{100\,g\,KClO_3\,\text{ناخالص}} \times \frac{1\,mol\,KClO_3}{122/5\,g\,KClO_3\,\text{خالص}} \times \frac{3\,mol\,O_2}{2\,mol\,KClO_3} \times \frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2}$$

$$\times \frac{1000\,mL\,O_2}{1\,L\,O_2} = 26880\,mL\,O_2\,\text{نظری}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 80 = \frac{x}{26880\,mL\,O_2} \times 100 \Rightarrow x = 21504\,mL\,O_2$$

۹۴- ابتدا معادلهٔ موازنه‌شده را می‌نویسیم:

$$2CH_3CH_2OH \xrightarrow[\text{گرما}]{\text{کاتالیزگر}} CH_3CH_2OCH_2CH_3 + H_2O$$

$$CH_3CH_2OH = 2(12) + 6(1) + 1(16) = 46\,g.mol^{-1}\,،\; CH_3CH_2OCH_2CH_3 = 4(12) + 10(1) + 1(16) = 74\,g.mol^{-1}$$

$$?\,g\,\text{دی‌اتیل اتر}_{\text{نظری}} = 9/2\,g\,\text{اتانول} \times \frac{1\,mol\,\text{اتانول}}{46\,g\,\text{اتانول}} \times \frac{1\,mol\,\text{دی‌اتیل‌اتر}}{2\,mol\,\text{اتانول}} \times \frac{74\,g\,\text{دی‌اتیل اتر}}{1\,mol\,\text{دی‌اتیل اتر}} = 7/4\,g\,\text{دی‌اتیل اتر}_{\text{نظری}}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 80 = \frac{x}{7/4\,g} \times 100 \Rightarrow x = 5/92\,g\,\text{دی‌اتیل اتر}$$

۹۵- ابتدا محاسبهٔ مقدار نظری CO_2:

$$NaHCO_3 = 23 + 1 + 12 + 3(16) = 84\ g.mol^{-1}$$

$$CO_2 = 12 + 2(16) = 44\ g.mol^{-1}$$

$$?\ g\ CO_2\text{نظری} = 84\ g\ NaHCO_3\text{ناخالص} \times \frac{20\ g\ NaHCO_3\text{خالص}}{100\ g\ NaHCO_3\text{ناخالص}} \times \frac{1\ mol\ NaHCO_3}{84\ g\ NaHCO_3\text{خالص}} \times \frac{1\ mol\ CO_2}{2\ mol\ NaHCO_3} \times \frac{44\ g\ CO_2}{1\ mol\ CO_2}$$

$$= 4/4\ g\ CO_2$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{1/1\ g}{4/4\ g} \times 100 = ٪25$$

۹۶- مقدار عملی استیلن (C_2H_2) ۵۲ کیلوگرم است. ابتدا با توجه به بازده درصدی، مقدار نظری آن را حساب می‌کنیم:

$$C_2H_2 = 2(12) + 2(1) = 26\ g.mol^{-1}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 80 = \frac{52\ kg\ C_2H_2}{x} \times 100 \Rightarrow x = 65\ kg\ C_2H_2$$

$$?\ kg\ C = 65\ kg\ C_2H_2 \times \frac{1000\ g\ C_2H_2}{1\ kg\ C_2H_2} \times \frac{1\ mol\ C_2H_2}{26\ g\ C_2H_2} \times \frac{2\ mol\ C}{1\ mol\ C_2H_2} \times \frac{12\ g\ C}{1\ mol\ C} \times \frac{1\ kg\ C}{1000\ g\ C} = 60\ kg\ C$$

۹۷- ابتدا مقدار نظری O_2 را حساب می‌کنیم (برحسب لیتر).

$$Li_2O_2 = 2(7) + 2(16) = 46\ g.mol^{-1}$$

$$?\ L\ O_2\text{نظری} = 460\ g\ Li_2O_2 \times \frac{1\ mol\ Li_2O_2}{46\ g\ Li_2O_2} \times \frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ Li_2O_2} \times \frac{22/4\ L\ O_2}{1\ mol\ O_2} = 112\ L\ O_2\text{نظری}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 90 = \frac{x}{112\ L\ O_2} \times 100 \Rightarrow x = 100/8\ L\ O_2$$

۹۸- گاز CO_2 از C_2H_2 حاصل شده است؛ بنابراین در حال حاضر واکنش ۲ در حال انجام است؛ یعنی بازده درصدی فقط برای واکنش ۲ است.

ابتدا مول CO_2 حاصل از C_2H_2 را حساب می‌کنیم.

$$C_2H_2 = 2(12) + 2(1) = 26\ g.mol^{-1}$$

$$CaCO_3 = 40 + 12 + 3(16) = 100\ g.mol^{-1}$$

$$?\ mol\ CO_2 = 5/2\ g\ C_2H_2 \times \frac{1\ mol\ C_2H_2}{26\ g\ C_2H_2} \times \frac{4\ mol\ CO_2}{2\ mol\ C_2H_2} = 0/4\ mol\ CO_2$$

حالا با استفاده از CO_2، مقدار نظری $CaCO_3$ را در واکنش ۲ به دست می‌آوریم:

$$?\ g\ CaCO_3\text{نظری} = 0/4\ mol\ CO_2 \times \frac{1\ mol\ CaCO_3}{1\ mol\ CO_2} \times \frac{100\ g\ CaCO_3}{1\ mol\ CaCO_3} = 40\ g\ CaCO_3\text{نظری}$$

$$\text{بازده‌درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 90 = \frac{x}{40\ g\ CaCO_3} \times 100 \Rightarrow x = 36\ g\ CaCO_3$$

۹۹-

$$CaCO_3 = 40 + 12 + 3(16) = 100\ g.mol^{-1}$$

$$?\ mol\ CO_2\text{نظری} = 800\ g\ CaCO_3\text{ناخالص} \times \frac{95\ g\ CaCO_3\text{خالص}}{100\ g\ CaCO_3\text{ناخالص}} \times \frac{1\ mol\ CaCO_3}{100\ g\ CaCO_3\text{خالص}} \times \frac{1\ mol\ CO_2}{1\ mol\ CaCO_3}$$

$$= 7/6\ mol\ CO_2\text{نظری}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 85 = \frac{x}{7/6\ mol\ CO_2} \times 100 \Rightarrow x = 6/46\ mol\ CO_2$$

۱۰۰- ۱) خوردگی و فرسایش ۲) تبدیل به سنگ معدن ۳) سنگ معدن
۴) استخراج فلز ۵) بازیافت

۱۰۱- آلودگی خاک، آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی

۱۰۲- ۱) نیاز روزافزون جهان به منابع شیمیایی ۲) کاهش میزان این منابع در سنگ‌کره

۱۰۳- عنصرهای فلزی مثل منگنز (Mn)، کبالت (Co)، آهن (Fe)، نیکل (Ni)، مس (Cu) و ...

۱۰۴- براساس توسعهٔ پایدار، باید در تولید یک ماده یا عرضهٔ خدمات، همهٔ هزینه‌ها و ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را در نظر گرفت؛ به طوری که اگر مجموع هزینه‌ها با در نظر گرفتن این ملاحظه‌ها، کم‌ترین مقدار ممکن باشد، در آن صورت در مسیر پیشرفت پایدار حرکت می‌کنیم.

۱۰۵- ۱) ردپای کربن دی‌اکسید کاهش می‌یابد. ۲) سبب کاهش سرعت گرمایش جهانی می‌شود. ۳) گونه‌های زیستی کم‌تری از بین می‌روند. ۴) به توسعهٔ پایدار کشور کمک می‌کند.

۱۰۶- الف) ۶ ـ چهار　　ب) بیشتر از　　پ) راست‌زنجیر ـ شاخه‌دار

ت) ناقطبی ـ حدود صفر　　ث) مستقیم ـ معکوس

۱۰۷- الف) نفت خام　　ب) هیدروکربن‌های گوناگون　　پ) کربن　　ت) دگرشکل‌های متفاوتی

ث) چهار　　ج) وان‌دروالسی　　چ) ۱۵۹

۱۰۸- الف) درست　　ب) نادرست، در آلکان شاخه‌دار، **برخی کربن‌ها** به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل هستند.

پ) درست　　ت) نادرست، سوخت اکثر فندک‌ها، گاز **بوتان** است که تحت فشار پر شده‌اند.

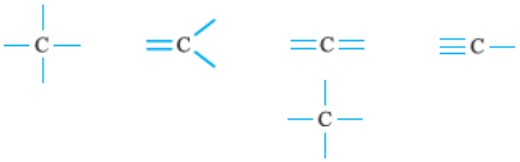
ث) نادرست، گران‌روی $C_{۱۰}H_{۲۲}$ **کم‌تر** از $C_{۱۴}H_{۳۰}$ است.

۱۰۹- ۱) منبع تأمین انرژی ۲) مادهٔ اولیه برای تهیهٔ بسیاری از مواد و کالاها در صنایع گوناگون

۱۱۰- ۱ ← حدود نیمی از　　۲ ← بخش اعظم نیم دیگر　　۳ ← کم‌تر از ده درصد از

۱۱۱- الف) ۴ پیوند اشتراکی

ب)



پ) در آلکان، همهٔ پیوندها یگانه است؛ یعنی:

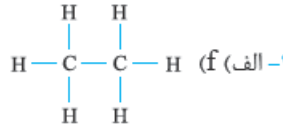
۱۱۲- الف) آلکان‌هایی که در آن‌ها برخی از اتم‌های کربن به شکل شاخهٔ جانبی به زنجیر اصلی وصل می‌شوند، در واقع در آن‌ها برخی اتم‌های کربن به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل‌اند.

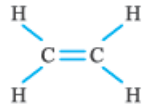
ب) فرمولی که در آن تعداد و چگونگی اتصال اتم‌های کربن و هیدروژن نمایش داده می‌شود.

پ) گران‌روی به معنای مقاومت در برابر جاری‌شدن است.

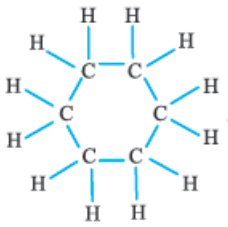
۱۱۳- ۱) ساختار لوویس　　۲) مدل گلوله و میله　　۳) مدل فضاپرکن

۱۱۴- الف) (f　　ب) (a　　پ) (d





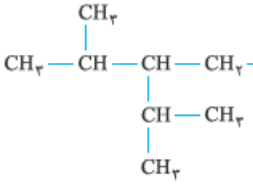
ت) (b　　ث) (c　　ج) (e



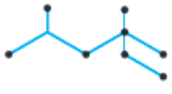
۱۱۵- ۱) راست‌زنجیر، $C_۵H_{۱۲}$　　۲) راست‌زنجیر، $C_۶H_{۱۴}$

۳) راست‌زنجیر، $C_۴H_{۱۰}$　　۴) شاخه‌دار، $C_۹H_{۲۰}$

$CH_۳-CH_۲-CH_۲-CH_۳$



۵) شاخه‌دار، $C_۷H_{۱۶}$　　۶) شاخه‌دار، $C_۹H_{۲۰}$



۱۱۶- $C_nH_{۲n+۲}: n(۱۲)+(۲n+۲)(۱)=۱۲n+۲n+۲=۱۴n+۲\ g.mol^{-۱}$