

پاسخ تشریحی آزمون جامع (۱)

اختلاف نوترون و پروتون  $(n-p=A-Z-Z=A-2Z)$ ،  $20\%$  بیشتر از اختلاف نوترون و الکترون  $(n-e=A-Z-(Z+2)=A-2Z-2)$  است.

پس داریم:

$$\frac{A-2Z}{A-2Z-2} = 1/2 \xrightarrow{A-2Z=t} \frac{t}{t-2} = 1/2 \Rightarrow t = 1/2t - 2/4 \Rightarrow 1/2t = 2/4 \Rightarrow t = 12 \Rightarrow A-2Z = 12$$

$$n+p+e = A-Z+Z+Z+2 = A+Z+2 = 116 \Rightarrow A+Z = 114$$

از طرفی مجموع تعداد ذرات زیراتمی برابر است با:

$$\begin{cases} A-2Z=12 \\ A+Z=114 \end{cases} \Rightarrow Z=34, A=80$$

از حل دستگاه دو معادله، دو مجهول مقابل، داریم:

بنابراین عنصر مورد نظر  ${}_{34}^{80}\text{Se}$  است که در گروه ۱۶ و دوره ۴ جدول دوره‌ای قرار دارد.  $(16+4=20)$

با توجه به اطلاعات مسئله برای ایزوتوپ چهارم داریم:

$$F_f = 4(F_1 + F_2 + F_3) \Rightarrow F_1 + F_2 + F_3 + F_f = 100 \Rightarrow 5(F_1 + F_2 + F_3) = 100 \Rightarrow F_1 + F_2 + F_3 = 20 \Rightarrow F_f = 80$$

$$F_1 + F_2 + F_3 = 20 \xrightarrow{F_3 = F_1 + F_2} 2F_1 + 2F_2 = 20 \Rightarrow F_1 + F_2 = 10 \Rightarrow F_3 = 10$$

با توجه به اطلاعات مسئله برای ایزوتوپ سوم داریم:

درصد فراوانی ایزوتوپ اول را  $x$  و درصد فراوانی ایزوتوپ دوم را  $100-x$  را در نظر می‌گیریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3 + M_f F_f}{F_1 + F_2 + F_3 + F_f} \Rightarrow 87/66 = \frac{84x + 86(100-x) + (87 \times 10) + (88 \times 80)}{100} \Rightarrow x = 2\%$$

روش اول:

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) + \frac{F_f}{100}(M_f - M_1) \Rightarrow 87/66 = 84 + \frac{100-x}{100}(2) + \frac{10}{100}(3) + \frac{80}{100}(4) \Rightarrow x = 2\%$$

روش دوم:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{8}{2} = 4$$

بنابراین فراوانی ایزوتوپ اول و دوم به ترتیب برابر ۲ و ۸ درصد است. پس داریم:

اتم‌های کربن در اتانول قرار دارند. پس مقدار مول اتانول و سپس جرم آن را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } C_2H_5OH = 1/80 \times 10^{24} \text{ atom C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atom C}} \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_5OH}{2 \text{ mol C}} = 1/80 \text{ mol } C_2H_5OH$$

$$? \text{ g } C_2H_5OH = 1/80 \text{ mol } C_2H_5OH \times \frac{46 \text{ g } C_2H_5OH}{1 \text{ mol } C_2H_5OH} = 4.6 \text{ g } C_2H_5OH$$

پس جرم گوگرد دی‌اکسید برابر  $32(100-69) = 101$  است. حال مقدار مول این ماده را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol } SO_2 = 32 \text{ g } SO_2 \times \frac{1 \text{ mol } SO_2}{64 \text{ g } SO_2} = 0.5 \text{ mol } SO_2$$

$$SO_2 \text{ درصد مولی} = \frac{\text{مول } SO_2}{\text{مول کل}} \times 100 = \frac{0.5}{0.5 + 1.5} \times 100 = 25\%$$

درصد مولی  $SO_2$  که جرم مولی بیشتری دارد، برابر است با:

هر مول  $SO_2$  و هر مول  $C_2H_5OH$  به ترتیب دارای دو و یک اتم اکسیژن هستند، پس در این مخلوط یک مول اتم اکسیژن در  $SO_2$  و  $1/5$  مول اتم اکسیژن در اتانول وجود دارد و در مجموع  $2/5$  مول اتم اکسیژن داریم.

$$\text{مقدار مول اتم اکسیژن در مخلوط} = [1/5 \text{ mol } C_2H_5OH \times \frac{1 \text{ mol O}}{1 \text{ mol } C_2H_5OH}] + [0.5 \text{ mol } SO_2 \times \frac{2 \text{ mol O}}{1 \text{ mol } SO_2}] = 2/5 \text{ mol O}$$

یون مورد نظر را به صورت  ${}^A_Z A^-$  در نظر می‌گیریم:

$${}^A_Z A^- \begin{cases} n = A - Z \\ p = Z \\ e = Z + 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n - e = A - 2Z - 1 = 2 \\ n + p + e = A + Z + 1 = 55 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A - 2Z = 3 \\ A + Z = 54 \end{cases} \Rightarrow A = 37, Z = 17$$

$$n = A - Z = 37 - 17 = 20$$

پس تعداد نوترون‌ها برابر است با:

۵ ۳ اگر شمار الکترون‌های دو یون  $Z_Y Y^{2+}$  و  $Z_X X^{-}$  با هم برابر باشد و هم‌چنین مجموع پروتون‌های این دو گونه برابر ۳۷ باشد، داریم:

$$\begin{cases} Z_1 + 1 = Z_2 - 2 \\ Z_1 + Z_2 = 37 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_1 - Z_2 = -3 \\ Z_1 + Z_2 = 37 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_1 = 17 \\ Z_2 = 20 \end{cases}$$

پس عدد اتمی Y برابر ۲۰ است.

۶ ۳ عدد جرمی برابر مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های گونه است:

$$\begin{cases} n + p = 22 \\ n = 1/75p \end{cases} \Rightarrow 1/75p + p = 22 \Rightarrow p = 8$$

تعداد الکترون‌ها در اتم X برابر ۸۰ است؛ زیرا X گونه خنثی است.

تعداد نوترون‌های این اتم برابر ۱۴۰ ( $1/75 \times 80$ ) است و آخرین عنصر اصلی ماقبل این اتم در جدول مربوط به Ba ۵۶ است. پس داریم:

$$\frac{140}{56} = 2/5$$

۷ ۳  $F_1$  را درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر و  $F_2$  را درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر در نظر می‌گیریم:

$$\begin{cases} F_2 = F_1 - 5 \\ F_2 = F_1 - 3 \end{cases} \Rightarrow F_1 + F_2 + F_3 = 100 \Rightarrow F_1 + F_1 - 5 + F_1 - 3 = 100 \Rightarrow 3F_1 = 112 \Rightarrow F_1 = 37.33\%$$

۸ ۱ ابتدا تعداد نیم‌عمرها را محاسبه می‌کنیم:

$$n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{24h}{8h} = 3$$

روش اول:

$$m = m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n = m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{m_0}{8} \quad \text{جرم باقی‌مانده} \quad , \quad \text{جرم اولیه} = m_0 - \frac{7m_0}{8} = \frac{m_0}{8}$$

$$m_0 \xrightarrow{\text{نیم‌عمر ۱}} \frac{m_0}{2} \xrightarrow{\text{نیم‌عمر ۲}} \frac{m_0}{4} \xrightarrow{\text{نیم‌عمر ۳}} \frac{m_0}{8}$$

روش دوم:

$$m_0 - \frac{m_0}{8} = \frac{7m_0}{8} \Rightarrow \frac{\text{جرم باقی‌مانده}}{\text{جرم متلاشی‌شده}} = \frac{m_0/8}{7m_0/8} = \frac{1}{7}$$

۹ ۲ نیم‌عمر A را محاسبه می‌کنیم:

$$m_A = m_{0A} \left(\frac{1}{2}\right)^{n_A} \Rightarrow 4/5 = 72 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{n_A} \Rightarrow 2^{n_A} = 16 \Rightarrow n_A = 4$$

$$n_A = \frac{\Delta t}{T_A} \Rightarrow T_A = \frac{\Delta t}{n_A} = \frac{72 \text{ min}}{4} = 18 \text{ min}$$

نیم‌عمر B را محاسبه می‌کنیم:

$$m_B = m_{0B} \left(\frac{1}{2}\right)^{n_B} \Rightarrow 6 = 48 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{n_B} \Rightarrow 2^{n_B} = 8 \Rightarrow n_B = 3$$

$$n_B = \frac{\Delta t}{T_B} \Rightarrow T_B = \frac{72 \text{ min}}{3} = 24 \text{ min}$$

$$n'_A = \frac{\Delta t}{T_A} = \frac{54 \text{ min}}{18 \text{ min}} = 3$$

جرم متلاشی‌شده A در مدت زمان ۵۴ دقیقه برابر است با:

$$A \text{ جرم متلاشی‌شده} = m_{0A} - m_A = 72 - 72 \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 63 \text{ g}$$

$$n'_B = \frac{\Delta t}{T_B} = \frac{96 \text{ min}}{24 \text{ min}} = 4$$

جرم باقی‌مانده B در مدت زمان ۹۶ دقیقه برابر است با:

$$B \text{ جرم متلاشی‌شده} = m_B = 48 \left(\frac{1}{2}\right)^4 = 3 \text{ g}$$

$$\frac{A \text{ جرم متلاشی‌شده}}{B \text{ جرم باقی‌مانده}} = \frac{63 \text{ g}}{3 \text{ g}} = 21$$

پس داریم:

۱۰ ۳ جرم اولیهٔ رادیوایزوتوپ‌های A و B را به ترتیب  $m_{0A}$  و  $m_{0B}$  در نظر می‌گیریم:

$$A \text{ رادیوایزوتوپ}: n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{4 \times 60}{120} = 2 \Rightarrow m_A = m_{0(A)} \left(\frac{1}{2}\right)^2 \Rightarrow m_A = \frac{m_{0(A)}}{4}$$

روش اول:

$$A \text{ متلاشی‌شده} = m_{0(A)} - m_A = m_{0(A)} - \frac{m_{0(A)}}{4} = \frac{3m_{0(A)}}{4}$$

$$B \text{ رادیوایزوتوپ}: n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{4 \times 60}{80} = 3 \Rightarrow B \text{ باقی‌مانده} = m_B = m_{0(B)} \left(\frac{1}{2}\right)^3 \Rightarrow m_B = \frac{m_{0(B)}}{8}$$

اکنون نسبت مقدار اولیه رادیوایزوتوپ B به مقدار اولیه رادیوایزوتوپ A را به دست می آوریم:

$$\text{جرم B باقی مانده} = \text{جرم A متلاشی شده} \Rightarrow \frac{3m_0(A)}{4} = \frac{m_0(B)}{8} \Rightarrow \frac{m_0(B)}{m_0(A)} = 6$$

روش دوم:  $n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{4 \times 60}{120} = 2 \Rightarrow m_0(A) \xrightarrow{\text{نیم عمر ۱}} \frac{m_0(A)}{2} \xrightarrow{\text{نیم عمر ۲}} \frac{m_0(A)}{4}$

$n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{4 \times 60}{80} = 3 \Rightarrow m_0(B) \xrightarrow{\text{نیم عمر ۱}} \frac{m_0(B)}{2} \xrightarrow{\text{نیم عمر ۲}} \frac{m_0(B)}{4} \xrightarrow{\text{نیم عمر ۳}} \frac{m_0(B)}{8}$

$$\text{جرم B باقی مانده} = \text{جرم A متلاشی شده} \Rightarrow m_0(A) - \frac{m_0(A)}{4} = \frac{m_0(B)}{8} \Rightarrow \frac{3m_0(A)}{4} = \frac{m_0(B)}{8} \Rightarrow \frac{m_0(B)}{m_0(A)} = 6$$

۱۱ ۳ در اتم  ${}^{2/5}_Z X$ ، Z عدد پروتون،  $1/5 Z$  عدد نوترون و Z عدد الکترون وجود دارد. اگر جرم الکترون را  $m_e$  در نظر بگیریم، می توانیم بیان کنیم:

$$\text{جرم الکترون ها} = Z \times m_e = Z m_e$$

$${}^{2/5}_Z X \text{ جرم اتمی} = \text{جرم پروتون} + \text{جرم نوترون} + \text{جرم الکترون} = Z(2000 m_e) + 1/5 Z(2000 m_e) = 5000 Z m_e$$

می توان صرف نظر کرد

$$\frac{{}^{2/5}_Z X \text{ جرم اتم}}{\text{جرم الکترون ها}} = \frac{5000 Z m_e}{Z m_e} = 5000$$

اکنون نسبت جرم اتم  ${}^{2/5}_Z X$  را به جرم الکترون های آن به دست می آوریم:

۱۲ ۱ جرم یک اتم کربن - ۱۲ برابر ۱۲ واحد کربنی یعنی ۱۲ amu است. پس جرم یک اتم کلسیم برابر است با:

$$? g = 1 \text{ atom Ca} \times \frac{1 \text{ atom C}}{12 \text{ atom C}} \times \frac{12 \text{ amu}}{1 \text{ amu}} \times \frac{1/66 \times 10^{-24} g}{1 \text{ amu}} = 6/66 \times 10^{-23} g = 6/66 \times 10^{-n} g \Rightarrow n = 23$$

با توجه به یک اتم X، جرم آن را بر حسب amu محاسبه می کنیم:

$$? \text{ amu} = 2/66 \times 10^{-23} g \times \frac{1 \text{ amu}}{1/66 \times 10^{-24} g} = 16 \text{ amu}$$

بنابراین جرم یک مول CX برابر ۲۸ amu (۱۲+۱۶) و جرم یک مولکول CX برابر ۴۴ amu (۱۲+۲×۱۶) است. پس نسبت جرم مولکولی CX به CX برابر  $(\frac{28}{44})^{0/63}$  می باشد.

۱۳ ۴ در این سؤال از جرم الکترون ها صرف نظر می کنیم و جرم پروتون و نوترون را برابر ۱ amu فرض می کنیم.

$$\left. \begin{array}{l} 25 \text{ اتم } {}^{24}_{11}\text{Mg} \leftarrow 12 \text{ پروتون و } 12 \text{ نوترون} \\ 2 \text{ اتم } {}^{25}_{11}\text{Mg} \leftarrow 12 \text{ پروتون و } 13 \text{ نوترون} \\ 3 \text{ اتم } {}^{26}_{11}\text{Mg} \leftarrow 12 \text{ پروتون و } 14 \text{ نوترون} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{درصد جرمی پروتون ها} = \frac{\text{جرم پروتون ها}}{\text{جرم کل}} \times 100 = \frac{30 \times 12}{(25 \times 24) + (2 \times 25) + (3 \times 26)} \times 100 = 74.9$$

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(65 \times 30) + (63 \times 50)}{80} = \frac{5100}{80} = 63.75 \text{ amu}$$

۱۴ ۴

۱۵ ۱ درصد فراوانی سه ایزوتوپ  ${}^{3a+f} X$ ،  ${}^{a-3} X$  و  ${}^{a-1} X$  را  $F_1$ ،  $F_2$  و  $F_3$  در نظر می گیریم:

$$\begin{cases} {}^{3a+f} X & F_1 \\ {}^{a-3} X & F_2 \\ {}^{a-1} X & F_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} {}^{3a-1} - (3a+f) = 3 \Rightarrow a = 8 \\ F_1 - F_2 = 45 \Rightarrow F_2 = F_1 - 45 \\ F_2 = 100 - F_1 - F_3 = 100 - F_1 - (F_1 - 45) = 145 - 2F_1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 28 X & F_1 \\ 29 X & 145 - 2F_1 \\ 31 X & F_1 - 45 \end{cases}$$

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} \Rightarrow 28/75 = \frac{28 F_1 + 29(145 - 2F_1) + 31(F_1 - 45)}{100} \Rightarrow F_1 = 76.5$$

روش اول:

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100} (M_3 - M_1) \Rightarrow 28/75 = 28 + \frac{(145 - 2F_1)}{100} (1) + \frac{(F_1 - 45)}{100} (3) \Rightarrow F_1 = 76.5$$

روش دوم:

۱۶ ۲ باید جرم اتمی میانگین کربن و اکسیژن موجود در نمونه را محاسبه کنیم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2}$$

$$\bar{C} = \frac{(12 \times 3) + (13 \times 1)}{4} = 12.25 \text{ amu} \quad \bar{O} = \frac{(16 \times 80) + (17 \times 20)}{100} = 16.2 \text{ amu}$$

جرم مولکولی میانگین کربن دی اکسید موجود در نمونه برابر است با:

$$\text{CO}_2 : 12.25 + 2(16.2) = 44.7 \text{ amu}$$

$$? \text{ mol C} = 24 / 0.8 \times 10^{22} \text{ atom C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atom C}} = 0.4 \text{ mol C}$$

$$? \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 9 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 0.05 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

پس نسبت شمار مول‌های کربن به گلوکز برابر است با:

$$\frac{\text{تعداد مول‌های کربن}}{\text{تعداد مول‌های گلوکز}} = \frac{0.4}{0.05} = 8$$

$$\frac{\text{تعداد ذره}}{\text{تعداد مول}} = x \Rightarrow \frac{24 / 0.8 \times 10^{22}}{6.02 \times 10^{23}} = x \Rightarrow x = 0.4 \text{ mol C}$$

روش دوم:

$$\frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم مولی}} = y \Rightarrow \frac{9 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = y \Rightarrow y = 0.05 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

$$\frac{\text{تعداد مول‌های کربن}}{\text{تعداد مول‌های گلوکز}} = \frac{0.4}{0.05} = 8$$

پس نسبت شمار مول‌های کربن به گلوکز برابر است با:

۱۸ ۳ تعداد نوترون‌های یک مولکول آمونیاک برابر ۷ است، زیرا اتم نیتروژن دارای ۷ نوترون است و اتم‌های هیدروژن نوترون ندارند. تعداد نوترون‌ها در ۱۷/۰ گرم  $\text{NH}_3$  برابر است با:

$$? \text{ نوترون} = 17 \text{ g NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{ g NH}_3} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} \times \frac{7 \text{ نوترون}}{1 \text{ molecule NH}_3} = 42 \times 10^{21} \text{ نوترون}$$

مقدار مول اتم‌های کروم که در آن‌ها  $42 \times 10^{21}$  نوترون وجود دارد، برابر است با:

$$? \text{ mol Cr} = 42 \times 10^{21} \text{ نوترون} \times \frac{1 \text{ atom Cr}}{28 \text{ نوترون}} \times \frac{1 \text{ mol Cr}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atom Cr}} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ mol Cr}$$

۱۹ ۱ فراوانی ایزوتوپ‌های Mg به صورت مقابل است:

$$\begin{cases} 25 \text{ Mg} & F_p = 10\% \\ 26 \text{ Mg} & F_p = 11\% \\ 24 \text{ Mg} & F_1 = 100 - (F_p + F_p) = 79\% \end{cases}$$

$$M = \frac{M_1 F_1 + M_p F_p + M_p F_p}{F_1 + F_p + F_p} = \frac{(24 \times 79) + (25 \times 10) + (26 \times 11)}{100} = 24.32 \text{ amu}$$

جرم اتمی میانگین Mg را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol Mg} = 12.16 \text{ g Mg} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{24.32 \text{ g Mg}} = 0.5 \text{ mol Mg}$$

مقدار مول این نمونه ۱۲/۱۶ گرمی Mg برابر است با:

اختلاف درصد جرمی  $^{24}\text{Mg}$  و  $^{26}\text{Mg}$  برابر ۶۸٪ است، پس اختلاف تعداد اتم‌های این دو ایزوتوپ برابر است با:

$$? \text{ atom اختلاف} = 0.5 \text{ mol Mg} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom Mg}}{1 \text{ mol Mg}} \times \frac{68 \text{ atom اختلاف}}{100 \text{ atom Mg}} = 2.05 \times 10^{22} \text{ atom اختلاف}$$

۲۰ ۱ ابتدا جرم متان را x و جرم پروپان را (۱۴۰-x) گرم در نظر می‌گیریم و جرم متان را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ atom H (در متان)} = x \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{4 \text{ atom H}}{1 \text{ molecule CH}_4} = \frac{x}{4} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ (atom H)}$$

$$? \text{ atom H (در پروپان)} = (140 - x) \text{ g C}_3\text{H}_8 \times \frac{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8}{44 \text{ g C}_3\text{H}_8} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule C}_3\text{H}_8}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8} \times \frac{8 \text{ atom H}}{1 \text{ molecule C}_3\text{H}_8} = \frac{2(140 - x)}{11} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ (atom H)}$$

$$\left( \frac{x}{4} \times 6.02 \times 10^{23} \right) + \left( \frac{2(140 - x)}{11} \times 6.02 \times 10^{23} \right) = 156.52 \times 10^{23} \Rightarrow \frac{x}{4} + \frac{2(140 - x)}{11} = 26 \Rightarrow x = 8 \Rightarrow \begin{cases} 8 \text{ g CH}_4 \\ 132 \text{ g C}_3\text{H}_8 \end{cases}$$

سپس درصد جرمی متان را به دست می‌آوریم:

$$\text{CH}_4 \text{ درصد جرمی} = \frac{8}{140} \times 100 = 5.7\%$$

## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۲)

۱ ۲ در گونه  ${}^A_Z X^{2+}$  داریم:

$${}^A_Z X^{2+} \begin{cases} n = A - Z \\ p = Z \\ e = Z - 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n - e = A - Z - (Z - 2) = 27 \\ n + p + e = A - Z + Z + Z - 2 = 191 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A - 2Z = 25 \\ A + Z = 193 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 137 \\ Z = 56 \end{cases}$$

از میان گونه‌های داده شده،  ${}^{139}_{56}E$  و  ${}^{140}_{56}F$  ایزوتوپ‌های  ${}^{137}_{56}X$  هستند. توجه کنید که  ${}^{137}_{56}B$  خود  $X$  است و نباید آن را به حساب آورد.

۲ ۳ ابتدا جرم مولی  $CH_2Cl_2$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{1}{50.5 \times 10^{22}} \text{ molecule } CH_2Cl_2 \times \frac{1 \text{ mol } CH_2Cl_2}{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule } CH_2Cl_2} \times \frac{M \text{ g } CH_2Cl_2}{1 \text{ mol } CH_2Cl_2} = 2/14 \text{ g } CH_2Cl_2 \Rightarrow M = 85/6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

سپس با توجه به جرم مولی کربن و هیدروژن، برای کلر داریم:

اکنون درصد فراوانی  ${}^{35}_{17}Cl$  را  $x$  و درصد فراوانی  ${}^{37}_{17}Cl$  را  $(100-x)$  در نظر گرفته و درصد فراوانی آن‌ها را به دست می‌آوریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 35/8 = \frac{35x + 37(100-x)}{100} \Rightarrow x = 6\%$$

روش اول:

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) \Rightarrow 35/8 = 35 + \frac{100-x}{100} (37 - 35) \Rightarrow x = 6\%$$

روش دوم:

پس درصد فراوانی دو ایزوتوپ برابر  $6\%$  و  $4\%$  بوده و اختلاف آن‌ها برابر  $2\%$  است.

۳ ۱ عدد جرمی دو ایزوتوپ را  $A_1$  و  $A_2$  فرض می‌کنیم و داریم:

$${}^{A_1}_Z Y_1: A_1 - Z - Z = A_1 - 2Z = 4 \Rightarrow A_1 = 2Z + 4$$

$${}^{A_2}_Z Y_2: A_2 - Z - Z = A_2 - 2Z = 6 \Rightarrow A_2 = 2Z + 6$$

برای محاسبه درصد فراوانی این دو ایزوتوپ داریم:

$$\begin{cases} F_1 + F_2 = 100 \\ F_1 - F_2 = 68 \end{cases} \Rightarrow F_1 = 84, F_2 = 16$$

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 52/32 = \frac{(2Z+4) \times 84 + (2Z+6) \times 16}{100} \Rightarrow Z = 24$$

روش اول:

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) \Rightarrow 52/32 = 2Z + 4 + \frac{16}{100} (2) \Rightarrow Z = 24$$

روش دوم:

با توجه به آرایش الکترونی  ${}_{24}Cr: 1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 3d^5 / 4s^1$ ، تعداد الکترون‌های موجود در زیرلایه  $3d$  که  $n+l=5$  است، برابر  $5$  می‌باشد.

۴ ۲ چون دو ذره ایزوتوپ هستند پس عدد اتمی هر دو با هم برابر است.

$$\begin{cases} \Delta n + 1 = 3m + 4 \\ 8m + 1 - (\Delta n + 1) = \Delta n + 1 + 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Delta n - 3m = 3 \\ 8m - 1 \cdot n = 2 \end{cases} \Rightarrow m = 4, n = 3$$

پس حاصل عبارت داده شده برابر است با:

این عنصر دارای  $16(5(3)+1)$  پروتون است، پس عنصر مورد نظر گوگرد است. یون پایدار این اتم  $S^{2-}$  بوده و آرایش الکترونی آن به صورت  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  است.

نسبت تعداد الکترون‌های با  $l=0$  (زیرلایه  $s$ ) به الکترون‌های با  $l=1$  (زیرلایه  $p$ ) برابر  $1/5$  است.

$$n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{4 \cdot \text{min}}{10 \cdot \text{min}} = 4$$

۵ ۳ ابتدا تعداد نیم عمرها را محاسبه می‌کنیم:

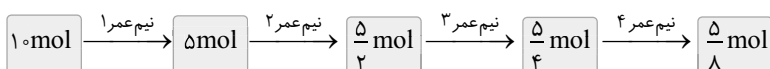
شمار مول‌های باقی‌مانده پس از  $40$  دقیقه برابر است با:

$$m = m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow m = 1 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{8} \text{ mol}$$

روش اول:

تعداد اتم‌های باقی‌مانده برابر است با:

$$? \text{ atom Rg} = \frac{1}{8} \text{ mol Rg} \times \frac{6 \times 10^{23} \text{ atom Rg}}{1 \text{ mol Rg}} = 3/75 \times 10^{23} \text{ atom Rg}$$



روش دوم:

$$\frac{\text{تعداد ذره}}{\text{تعداد مول}} \Rightarrow \frac{5}{1} = \frac{x}{6 \times 10^{23}} \Rightarrow x = 3/75 \times 10^{23} \text{ atom Rg}$$

۶ ۱ درصد فراوانی ایزوتوپ سبکتر را  $F_1$  و درصد فراوانی ایزوتوپ سنگینتر را  $F_2$  در نظر می گیریم:

$$\begin{cases} F_2 = F_1 + 6 \\ F_1 + F_2 = 100 \end{cases} \Rightarrow F_1 = 20\%, F_2 = 80\%$$

در ایزوتوپ سبکتر تعداد نوترونها  $(A-Z)$  برابر ۷۳ است. پس داریم:

$$A = 2Z + 20 \Rightarrow A - 2Z = 20 \Rightarrow \frac{A-Z}{2} - Z = 20 \Rightarrow 73 - Z = 20 \Rightarrow Z = 53$$

تعداد نوترونها

پس جرم ایزوتوپ سبکتر  $126 \text{ amu}$   $(53+73)$  است. جرم ایزوتوپ سنگینتر را محاسبه می کنیم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 126/80 = \frac{(126 \times 20) + (M_2 \times 80)}{100} \Rightarrow M_2 = 127 \text{ amu}$$

روش اول:

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) \Rightarrow 126/80 = 126 + \frac{80}{100} (M_2 - 126) \Rightarrow M_2 = 127 \text{ amu}$$

روش دوم:

پس تعداد نوترونهای ایزوتوپ سنگینتر برابر  $74$   $(127-53)$  است.

۷ ۲ ابتدا جرم مولی گلوکز مورد نظر را محاسبه می کنیم:

$$C_6H_{12}O_6 = 2(12C) + 2(13C) + 2(14C) + 4(1H) + 4(2H) + 4(3H) + 2(16O) + 2(17O) + 2(18O) = 204 \text{ g.mol}^{-1}$$

سپس جرم نمونه گلوکز شامل  $36/12 \times 10^{22}$  اتم هیدروژن را به دست می آوریم:

$$? \text{ g } C_6H_{12}O_6 = 36/12 \times 10^{22} \text{ atom H} \times \frac{1 \text{ molecule } C_6H_{12}O_6}{12 \text{ atom H}} \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule } C_6H_{12}O_6} \times \frac{204 \text{ g } C_6H_{12}O_6}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} = 10/2 \text{ g } C_6H_{12}O_6$$

۸ ۱ ابتدا باید تعداد ذرات زیراتمی این گونه را محاسبه کنیم:

$$\begin{cases} n+p=78 \\ n-e=8 \end{cases} \xrightarrow{e=p+2} \begin{cases} n+p=78 \\ n-p=10 \end{cases} \Rightarrow n=44, p=34$$

روش اول:

$$\text{بار یون} + (\text{تفاوت تعداد نوترونها و الکترونها}) - \text{عدد جرمی} = \text{عدد اتمی}$$

$$\Rightarrow p = \frac{78-8-2}{2} = 34 \Rightarrow n = 44$$

روش دوم:

$$? n = 31/2 \text{ g ion} \times \frac{1 \text{ mol ion}}{78 \text{ g ion}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ ion}}{1 \text{ mol ion}} \times \frac{44 n}{1 \text{ ion}} = 1.06 \times 10^{25} n$$

سپس تعداد نوترونها در  $31/2$  گرم از این یون را به دست می آوریم:

۹ ۱ درصد فراوانی ایزوتوپ سبکتر را  $F_1$  و درصد فراوانی دو ایزوتوپ دیگر را  $F_2$  و  $F_3$  در نظر می گیریم:

$$\begin{cases} F_2 = F_3 \\ F_1 = 4(F_2 + F_3) \\ F_1 + F_2 + F_3 = 100 \end{cases} \Rightarrow F_1 = 80\%, F_2 = 10\%, F_3 = 10\%$$

پس جرم اتمی میانگین Mg برابر است با:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} = \frac{(24 \times 80) + (25 \times 10) + (26 \times 10)}{100} = 24.3 \text{ amu}$$

روش اول:

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100} (M_3 - M_1) \Rightarrow \bar{M} = 24 + \frac{10}{100} (1) + \frac{10}{100} (2) = 24.3 \text{ amu}$$

روش دوم:

$$? \text{ g } 24 \text{ Mg} = 81 \text{ g Mg} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{24/3 \text{ g Mg}} \times \frac{80 \text{ mol } 24 \text{ Mg}}{100 \text{ mol Mg}} \times \frac{24 \text{ g } 24 \text{ Mg}}{1 \text{ mol } 24 \text{ Mg}} = 64 \text{ g } 24 \text{ Mg}$$

مقدار  $24 \text{ Mg}$  موجود در نمونه را محاسبه می کنیم:

۱۰ ۲ ابتدا جرم اتمی میانگین Si را محاسبه می کنیم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} = \frac{(28 \times 92) + (29 \times 5) + (30 \times 3)}{100} = 28.11 \text{ amu}$$

روش اول:

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100} (M_3 - M_1) = 28 + \frac{5}{100} (1) + \frac{3}{100} (2) = 28.11 \text{ amu}$$

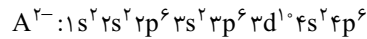
روش دوم:

سپس تعداد اتمهای موجود در  $1874$  میلی گرم سیلیسیم را به دست می آوریم:

$$? \text{ atom Si} = 1874 \times 10^{-3} \text{ g Si} \times \frac{1 \text{ mol Si}}{28.11 \text{ g Si}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom Si}}{1 \text{ mol Si}} = 4 \times 10^{19} \text{ atom Si}$$

## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۳)

۱ ۳ گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:



گزینه (۱): آرایش الکترونی  $A^{2-}$  با هشت زیرلایه پر از الکترون به صورت مقابل است:

$$n-e=4 \Rightarrow n-36=4 \Rightarrow n=40$$

پس  $A^{2-}$  دارای ۳۶ الکترون است و عدد اتمی A برابر ۳۴ است. برای تعداد نوترون‌ها داریم:

عدد جرمی این گونه برابر ۷۴ (۴۰+۳۴) است، پس  $A^{2-}$  و  $^{74}_{34}Se$  ایزوتوپ یکدیگر هستند.

گزینه (۲): در اتم  $^{79}G$  اختلاف تعداد ذرات داخل و خارج هسته برابر تعداد نوترون‌ها است، پس این اتم ۴۵ نوترون دارد و عدد اتمی آن برابر ۳۴ (۴۵-۷۹) است.

پس  $^{79}G$  و  $^{74}_{34}Se$  ایزوتوپ یکدیگر هستند.

گزینه (۳): گونه  $B^{2-}$  با ۳۶ الکترون دارای ۳۴ پروتون است. داریم:

$$p+e-(n) = 36 + 36 - n = 26 \Rightarrow n = 44$$

پس عدد جرمی این گونه برابر ۷۸ (۴۴+۳۴) است، در نتیجه  $^{78}_{34}B$  همان  $^{78}_{34}Se$  است و ایزوتوپ آن به شمار نمی‌آید.

گزینه (۴): فراوان‌ترین نافلز و فراوان‌ترین فلز تشکیل‌دهنده کره زمین به ترتیب O و Fe است. اکسیژن در گروه ۱۶ و آهن در دوره چهارم جدول دوره‌ای قرار

دارند، پس عنصری که در گروه ۱۶ و دوره ۴ باشد، دارای عدد اتمی ۳۴ است. با توجه به تعداد نوترون‌های این عنصر، عدد جرمی آن برابر ۸۰ (۴۶+۳۴) است، پس

عنصر  $X$  و  $^{80}_{34}Se$  ایزوتوپ یکدیگر هستند.

۲ ۴ از اطلاعات (I) داریم:

$$n_A = \frac{\Delta t}{T_A} = \frac{120 \text{ min}}{40 \text{ min}} = 3$$

$$n_B = \frac{\Delta t}{T_B} = \frac{200 \text{ min}}{50 \text{ min}} = 4$$

$$A \text{ جرم متلاشی شده} = \frac{Y}{10} (B \text{ جرم متلاشی شده}) \Rightarrow m_{\cdot A} - m_A \left(\frac{1}{4}\right)^3 = \frac{Y}{10} (m_{\cdot B} - m_B \left(\frac{1}{4}\right)^4) \Rightarrow m_{\cdot A} \left(1 - \frac{1}{64}\right) = \frac{Y}{10} m_{\cdot B} \left(1 - \frac{1}{16}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{Y}{8} m_{\cdot A} = \frac{Y}{10} m_{\cdot B} \left(\frac{15}{16}\right) \Rightarrow m_{\cdot A} = \frac{3}{4} m_{\cdot B} \quad (*)$$

از اطلاعات (II) داریم:

$$n'_A = \frac{\Delta t}{T_A} = \frac{200 \text{ min}}{40 \text{ min}} = 5$$

$$n'_B = \frac{\Delta t}{T_B} = \frac{300 \text{ min}}{50 \text{ min}} = 6$$

$$A \text{ جرم باقی مانده} = 0.75 + B \text{ جرم باقی مانده} \Rightarrow m_{\cdot A} \left(\frac{1}{4}\right)^5 = 0.75 + m_{\cdot B} \left(\frac{1}{4}\right)^6 \Rightarrow m_{\cdot A} \left(\frac{1}{32}\right) = \frac{3}{4} + m_{\cdot B} \left(\frac{1}{64}\right) \Rightarrow \frac{2m_{\cdot A} - m_{\cdot B}}{64} = \frac{3}{4}$$

$$\Rightarrow 2m_{\cdot A} - m_{\cdot B} = 48 \quad (**)$$

$$\begin{cases} m_{\cdot A} = \frac{3}{4} m_{\cdot B} \\ 2m_{\cdot A} - m_{\cdot B} = 48 \end{cases} \Rightarrow m_{\cdot A} = 72 \text{ g}, m_{\cdot B} = 96 \text{ g}$$

از (\*) و (\*\*): داریم:

۳ ۲

$$15/0.5 \times 10^{22} \text{ atom} = 10/35 \text{ g XeF}_n \times \frac{1 \text{ mol XeF}_n}{(131+19n) \text{ g XeF}_n} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ molecule XeF}_n}{1 \text{ mol XeF}_n} \times \frac{(1+n) \text{ atom (Xe, F)}}{1 \text{ molecule XeF}_n}$$

$$\Rightarrow \frac{10/35 \times 6/0.2 \times 10^{23} (n+1)}{131+19n} = 15/0.5 \times 10^{22} \Rightarrow n = 4$$

ترکیب مورد نظر  $XeF_4$  است، پس داریم:

$$? \text{ g XeF}_4 = 26/6 \text{ g F} \times \frac{1 \text{ mol F}}{19 \text{ g F}} \times \frac{1 \text{ mol XeF}_4}{4 \text{ mol F}} \times \frac{207 \text{ g XeF}_4}{1 \text{ mol XeF}_4} = 72/45 \text{ g XeF}_4$$

۴ ۴ برای ایزوتوپ A داریم:

$$A \begin{cases} {}^{14}A & F_1 = 78.5 \\ {}^{15}A & F_2 = 7.5 \Rightarrow \bar{M}_A = 14.75 \text{ amu} \\ X A & F_3 = 1.0 \end{cases}$$

$$\bar{M}_A = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} \Rightarrow 14.75 = \frac{(14 \times 78.5) + (15 \times 7.5) + (X \times 1.0)}{100} \Rightarrow X = 16 \text{ amu}$$

برای ایزوتوپ B داریم:

$$B \begin{cases} {}^{79}B : & F_1 = ? \\ {}^{80}B : & F_2 = ? \Rightarrow \begin{cases} F_1 + F_2 = 85 \\ F_1 - F_2 = 75 \end{cases} \Rightarrow F_1 = 80, F_2 = 5, F_3 = 15 \\ {}^{Y}B : & F_3 = ? \end{cases}$$

$$\bar{M}_B = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} \Rightarrow 79.5 = \frac{(79 \times 80) + (80 \times 5) + (Y \times 15)}{100} \Rightarrow Y = 82 \text{ amu}$$

سنگین‌ترین و سبک‌ترین مولکول  $AB_3$ :

$$\left. \begin{array}{l} \text{سبک‌ترین: } 14 + 3(79) = 251 \text{ amu} \\ \text{سنگین‌ترین: } 16 + 3(82) = 262 \text{ amu} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{اختلاف جرم سبک‌ترین و سنگین‌ترین} = 262 - 251 = 11 \text{ amu}$$

۵ ۵ جرم آهن را  $x$  گرم و جرم نقره را  $(38-x)$  گرم در نظر می‌گیریم. ابتدا تعداد مول کل اتم‌های موجود در مخلوط را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol (Fe, Ag)} = 24 / 0.8 \times 10^{23} \text{ atom (Fe, Ag)} \times \frac{1 \text{ mol (Fe, Ag)}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atom (Fe, Ag)}} = 0.4 \text{ mol}$$

تعداد مول‌های آهن و نقره را به دست آورده و مجموع آن‌ها را برابر  $0.4$  مول قرار می‌دهیم:

$$? \text{ mol Fe} = x \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} = \frac{x}{56} \text{ mol Fe}$$

$$? \text{ mol Ag} = (38-x) \text{ g Ag} \times \frac{1 \text{ mol Ag}}{108 \text{ g Ag}} = \frac{38-x}{108} \text{ mol Ag} \Rightarrow \frac{x}{56} + \frac{38-x}{108} = \frac{4}{10} \Rightarrow x = 5/6 \Rightarrow \text{مقدار مول Fe} = \frac{5/6}{56} = 0.1 \text{ mol Fe}$$

$$\text{درصد مولی Fe} = \frac{\text{تعداد مول Fe}}{\text{تعداد مول کل}} \times 100 = \frac{0.1}{0.4} \times 100 = 25\%$$

پس درصد مولی آهن برابر است با:

۶ ۲

$${}^{87}X^{2-} \Rightarrow \begin{cases} n+p=87 \\ \frac{n-e}{p} = \frac{1}{2} \end{cases} \xrightarrow{e=p+2} \begin{cases} n+p=87 \\ n-\frac{3}{2}p=2 \end{cases} \Rightarrow p=34, n=53$$

مجموع تعداد ذرات باردار اتم  $X$  برابر مجموع تعداد پروتون‌ها و الکترون‌های آن است که با توجه به خنثی بودن  $X$ ، این تعداد برابر ۶۸ است.۷ ۳ با توجه به اینکه در مدت یک ساعت، ۲۴۴ گرم رادیوایزوتوپ فروپاشیده شده، می‌توانیم مدت زمان نیم عمر  $(T)$  را برای رادیوایزوتوپ محاسبه کنیم:

$$m = m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \xrightarrow{\text{متلاشی}} 256 - 224 = 256 \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow 32 = 256 \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow n = 3$$

$$n = \frac{\Delta t}{T} \Rightarrow T = \frac{\Delta t}{n} = \frac{6h}{3} = 2h$$

اگر نسبت جرم رادیوایزوتوپ متلاشی شده به جرم رادیوایزوتوپ باقی‌مانده ۵۱۱ باشد، خواهیم داشت:

$$m = m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \xrightarrow{\text{متلاشی}} \frac{m_0 + m}{m} = 2^n \Rightarrow 1 + \frac{m}{m_0} = 2^n \Rightarrow 1 + 511 = 2^n \Rightarrow n = 9$$

اکنون مدت زمانی که نسبت جرم رادیوایزوتوپ متلاشی شده به جرم رادیوایزوتوپ باقی‌مانده برابر ۵۱۱ می‌شود را محاسبه می‌کنیم و یک ساعت اولیه را از آن کم می‌کنیم:

$$n = \frac{\Delta T}{T} \Rightarrow 9 = \frac{\Delta t}{2h} \Rightarrow \Delta t = 18h$$

مدت زمان لازم برای ۷ نیم‌عمر پس از یک ساعت  $= 14 - 1 = 13h$



۸ ۱ جرم اتمی میانگین نمونه طبیعی Ne را محاسبه می کنیم:

$$M = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} = \frac{(20 \times 90) + (21 \times 1) + (22 \times 9)}{100} = 20.19 \text{ amu}$$

جرم  $^{24}\text{Ne}$  را  $x$  در نظر می گیریم و مجموع مولهای این ایزوتوپها را می نویسیم:

$$\text{مول نمونه طبیعی} + \text{مول نمونه ساختگی} = \text{مول کل} \Rightarrow \frac{6/73}{20.19} + \frac{x}{24} = \frac{6/73 + x}{22/73} \Rightarrow \frac{1}{3} + \frac{x}{24} = \frac{6/73 + x}{22/73} \Rightarrow \frac{8+x}{24} = \frac{6/73 + x}{22/73}$$

$$\Rightarrow 22/73x + 181/84 = 161/52 + 24x \Rightarrow 1/27x = 20/32 \Rightarrow x = 16$$

۹ ۴ جرم متان را  $x$  گرم و جرم آمونیاک را  $(10-x)$  گرم در نظر می گیریم:

$$? \text{ g H} = x \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{4 \text{ mol H}}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{1 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} = \frac{x}{4} \text{ g H}$$

جرم هیدروژن در متان:

$$? \text{ g H} = (10-x) \text{ g NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{ g NH}_3} \times \frac{3 \text{ mol H}}{1 \text{ mol NH}_3} \times \frac{1 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} = \frac{3}{17} (10-x) \text{ g H}$$

جرم هیدروژن در آمونیاک:

$$\frac{x}{4} + \frac{3}{17} (10-x) = 2 \Rightarrow x = 3/2 \text{ g}$$

با توجه به اینکه مجموع جرم اتمهای هیدروژن موجود در این مخلوط برابر ۲ گرم است، خواهیم داشت:

پس  $6/8$  ( $10 - 3/2$ ) گرم آمونیاک داریم:

$$? \text{ atom N} = 6/8 \text{ g NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{ g NH}_3} \times \frac{1 \text{ mol N}}{1 \text{ mol NH}_3} \times \frac{6/8 \times 10^{23} \text{ atom N}}{1 \text{ mol N}} = 2/4 \times 10^{23} \text{ atom N}$$

مقدار مول متان و آمونیاک برابر است با:

$$? \text{ mol CH}_4 = 3/2 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} = 0/2 \text{ mol CH}_4$$

$$? \text{ mol NH}_3 = 6/8 \text{ g NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{ g NH}_3} = 0/4 \text{ mol NH}_3$$

درصد مولی گاز سبکتر یعنی متان برابر است با:

$$\text{درصد مولی متان} = \frac{\text{مول متان}}{\text{مول کل}} \times 100 = \frac{0/2}{0/2 + 0/4} \times 100 = 33/3 \%$$

۱۰ ۴ برای دو گونه  ${}_{Z_1}^{A_1} X^+$  و  ${}_{Z_2}^{127} Y^{2-}$  تعداد الکترونها برابر است: پس:

$$\begin{cases} e_X = Z_1 - 1 \\ e_Y = Z_2 + 2 \end{cases} \Rightarrow Z_1 - 1 = Z_2 + 2 \Rightarrow Z_1 = Z_2 + 3$$

$$\begin{cases} n_X = A_1 - Z_1 \\ n_Y = 127 - Z_2 \end{cases} \Rightarrow A_1 - Z_1 = 127 - Z_2 + 2$$

$$A_1 - Z_1 = 129 - Z_2 \xrightarrow{Z_1 = Z_2 + 3} A_1 - Z_2 - 3 = 129 - Z_2 \Rightarrow A_1 = 132$$

تعداد نوترونهای  $X$ ، دو واحد بیشتر از تعداد نوترونهای  $Y$  است:

## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۱)

۱ ۱ در لایه تروپوسفر با افزایش ارتفاع به اندازه یک کیلومتر، دما به اندازه  $6^{\circ}\text{C}$  کاهش می‌یابد.

$$\Delta\theta = -6h \Rightarrow \theta_p - 14 = -6 \times 2 \Rightarrow \theta_p = 2^{\circ}\text{C}$$

$$T_p(\text{K}) = \theta_p(^{\circ}\text{C}) + 273 = 2 + 273 = 275\text{K}$$

دما در این ارتفاع در مقیاس کلونین برابر است با:

$$T_p = T_p - 0/2 T_p = 275 - 0/2(275) = 220\text{K}$$

$$\Rightarrow \Delta T = -6h \Rightarrow T_p - T_p = -6h \Rightarrow 220 - 275 = -6h \Rightarrow h = 9/167\text{km}$$

بنابراین بالن پس از تقریباً  $9167$  متر صعود از ارتفاع  $2$  کیلومتری، دما را با  $20\%$  کاهش در مقیاس کلونین گزارش می‌کند.

۲ ۴ ابتدا ارتفاع نقطه‌ای از لایه تروپوسفر با دمای  $272/6\text{K}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$T_1(\text{K}) = \theta_1(^{\circ}\text{C}) + 273 = 14 + 273 = 287\text{K}$$

$$\Delta T = -6h \Rightarrow T_p - T_1 = -6h_p \Rightarrow 272/6 - 287 = -6h_p \Rightarrow h_p = 2/4\text{km}$$

سپس ارتفاع نقطه‌ای از لایه تروپوسفر با دمای  $22^{\circ}\text{C}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta\theta = -6h \Rightarrow \theta_p - \theta_1 = -6h_p \Rightarrow -22 - 14 = -6h_p \Rightarrow h_p = 6\text{km}$$

$$\Delta h = h_p - h_p = 6 - 2/4 = 3/6\text{km}$$

اکنون اختلاف ارتفاع و اختلاف فشار گاز اکسیژن در این دو نقطه را به دست می‌آوریم:

با توجه به جدول داده شده در صورت تست، فشار گاز اکسیژن در ارتفاع‌های  $2/4$  و  $6$  کیلومتری از سطح زمین به ترتیب برابر  $15/4 \times 10^{-2}$  و  $9/7 \times 10^{-2}$  اتمسفر است، پس اختلاف فشار گاز اکسیژن در این دو ارتفاع برابر است با:

$$\begin{cases} P_p = 15/4 \times 10^{-2} \text{ atm} \\ P_p = 9/7 \times 10^{-2} \text{ atm} \end{cases} \Rightarrow |\Delta P| = |P_p - P_p| = 5/7 \times 10^{-2} \text{ atm}$$

۳ ۳ حجم مکعبی با طول اضلاع  $a$  برابر  $a^3$  و حجم مکعبی با طول اضلاع  $2a$  برابر  $8a^3$  است.

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \xrightarrow{\text{نایت } P, n} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{a^3}{-173 + 273} = \frac{8a^3}{T_p} \Rightarrow T_p = 80^{\circ}\text{K}$$

$$\Delta\theta = \Delta T = T_p - T_1 = 80 - (-173 + 273) = 70^{\circ}\text{K یا } 70^{\circ}\text{C}$$

۴ ۲ تعداد مول‌گازها را در هریک از بادکنک‌ها محاسبه می‌کنیم:

$$\text{A بادکنک: } \frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{1 \times 273} = \frac{2 \times 44/8}{n_p \times (273 + 273)} \Rightarrow n_p = 2 \text{ mol O}_2$$

$$\text{B بادکنک: } \frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{1 \times 273} = \frac{0/5 \times 33/6}{n_p \times 409/5} \Rightarrow n_p = 0/5 \text{ mol SO}_2$$

$$? \text{ atom O} = 2 \text{ mol O}_2 \times \frac{N_A \text{ molecule O}_2}{1 \text{ mol O}_2} \times \frac{2 \text{ atom O}}{1 \text{ molecule O}_2} = 4 N_A \text{ atom O}$$

تعداد اتم‌های اکسیژن در بادکنک A برابر است با:

$$? \text{ molecule SO}_2 = 0/5 \text{ mol SO}_2 \times \frac{N_A \text{ molecule SO}_2}{1 \text{ mol SO}_2} = 0/5 N_A \text{ molecule SO}_2$$

تعداد مولکول‌های  $\text{SO}_2$  در بادکنک B برابر است با:

نسبت تعداد اتم‌های موجود در بادکنک A به تعداد مولکول‌های موجود در بادکنک B برابر است با:

$$\frac{\text{تعداد اتم‌های موجود در بادکنک A}}{\text{تعداد مولکول‌های موجود در بادکنک B}} = \frac{4 N_A}{0/5 N_A} = 8$$

طبق رابطه موجود میان چگالی دو گاز داریم:

$$\frac{P_1 M_p}{d_p T_p} = \frac{P_2 M_p}{d_p T_p} \Rightarrow \frac{d_{\text{O}_2}}{d_{\text{SO}_2}} = \frac{P_{\text{O}_2} M_{\text{O}_2} T_{\text{SO}_2}}{P_{\text{SO}_2} M_{\text{SO}_2} T_{\text{O}_2}} = \frac{2 \times 32 \times 409/5}{0/5 \times 64 \times (273 + 273)} = 1/5$$

پس چگالی گاز اکسیژن در بادکنک A بیشتر از چگالی گاز  $\text{SO}_2$  در بادکنک B است.

قسمت اول: ابتدا با استفاده از حجم مخلوط گازی در شرایط STP، مقدار مول‌های مخلوط گازی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{گاز mol} = \frac{\text{گاز mol}}{22.4 \text{ L}} \times 112 \text{ L} = 5 \text{ mol}$$

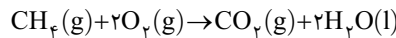
سپس مقدار مول‌های گاز متان را x و مقدار مول‌های گاز نئون را (5-x) در نظر می‌گیریم و با توجه به اینکه جرم مخلوط گازی برابر 92 گرم است، x را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g CH}_4 = x \text{ mol CH}_4 \times \frac{16 \text{ g CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} = 16x \text{ g CH}_4 \quad ? \text{ g Ne} = (5-x) \text{ mol Ne} \times \frac{20 \text{ g Ne}}{1 \text{ mol Ne}} = 20(5-x) \text{ g Ne}$$

$$\text{جرم مخلوط گازی} = 16x + 20(5-x) = 92 \Rightarrow x = 2 \text{ mol}$$

$$\text{انکون درصد مولی نئون در مخلوط گازی را محاسبه می‌کنیم:} \quad \frac{5-x}{5} \times 100 = \frac{3}{5} \times 100 = 60\%$$

قسمت دوم: در اثر سوختن این مخلوط فقط متان با اکسیژن واکنش می‌دهد. معادله موازنه شده سوختن متان به صورت زیر است:



در شرایط STP فقط کربن دی‌اکسید به صورت گازی تولید می‌شود.

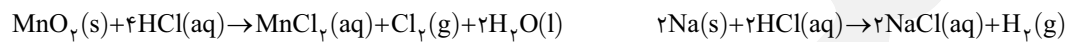
$$? \text{ L CO}_2 = 2 \text{ mol CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{22.4 \text{ L CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 44.8 \text{ L CO}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{مول متان}}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر CO}_2}{1 \times 22.4} \Rightarrow 2 = \frac{x \text{ L CO}_2}{1 \times 22.4} \Rightarrow x = 44.8 \text{ L CO}_2$$

روش دوم (تناسب):

معادله‌های موازنه شده واکنش‌ها: ۱ ۶



ابتدا با استفاده از حجم گاز کلر تولید شده، جرم  $\text{MnO}_2$  موجود در مخلوط را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g MnO}_2 = 11.2 \text{ L Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{22.4 \text{ L Cl}_2} \times \frac{1 \text{ mol MnO}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{87 \text{ g MnO}_2}{1 \text{ mol MnO}_2} = 43.5 \text{ g MnO}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{جرم Na موجود در مخلوط اولیه} = 78 - 43.5 = 34.5 \text{ g Na}$$

پس جرم سدیم در مخلوط اولیه برابر است با:

$$? \text{ g H}_2 = 34.5 \text{ g Na} \times \frac{1 \text{ mol Na}}{23 \text{ g Na}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol Na}} \times \frac{2 \text{ g H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = 1.5 \text{ g H}_2$$

انکون جرم گاز هیدروژن آزاد شده را به دست می‌آوریم:

روش دوم (تناسب): جرم  $\text{MnO}_2$  موجود در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم MnO}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم Cl}_2}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x \text{ g MnO}_2}{1 \times 87} = \frac{11.2}{1 \times 22.4} \Rightarrow x = 43.5 \text{ g MnO}_2$$

$$\text{جرم Na موجود در مخلوط اولیه} = 78 - 43.5 = 34.5 \text{ g Na}$$

سپس جرم Na موجود در مخلوط اولیه را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم Na}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم H}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{34.5}{2 \times 23} = \frac{x \text{ g H}_2}{1 \times 2} \Rightarrow x = 1.5 \text{ g H}_2$$

در انتها، جرم گاز هیدروژن تولید شده را محاسبه می‌کنیم:



معادله موازنه شده واکنش: ۳ ۷

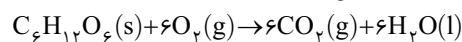
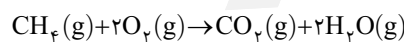
کاهش جرم مواد جامد درون ظرف واکنش ناشی از خروج گاز  $\text{SO}_2$  است. پس کافی است جرم گاز تولیدی را محاسبه کنیم:

$$? \text{ g SO}_2 = 17.1 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times \frac{1 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3}{342 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{3 \text{ mol SO}_2}{1 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{64 \text{ g SO}_2}{1 \text{ mol SO}_2} = 12 \text{ g SO}_2$$

$$\text{درصد کاهش جرم} = \frac{\text{جرم گاز خروجی}}{\text{جرم اولیه}} \times 100 = \frac{12}{17.1} \times 100 = 70.2\%$$

درصد کاهش جرم مواد جامد درون ظرف واکنش برابر است با:

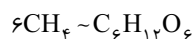
معادله موازنه شده واکنش‌ها: ۴ ۸



روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ L CH}_4 = 54 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{6 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{16 \text{ g CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{1 \text{ L CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} = 48 \text{ L CH}_4$$

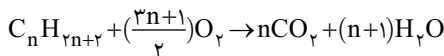
روش دوم (تناسب): باید ضرایب ماده مشترک، یعنی  $\text{CO}_2$  را در دو واکنش یکسان کرده و میان مواد داده شده و خواسته شده تناسب را برقرار کنیم. به این منظور



معادله واکنش سوختن متان را در عدد 6 ضرب می‌کنیم و خواهیم داشت:

$$\frac{\text{چگالی} \times \text{حجم CH}_4}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{16 \times x}{6 \times 16} = \frac{54}{1 \times 180} \Rightarrow x = 48 \text{ L CH}_4$$

۲ ۹ معادله کلی واکنش سوختن کامل هیدروکربن سیرشده با فرمول  $C_n H_{2n+2}$  به صورت زیر است:



روش اول (کسر تبدیل): ابتدا به کمک حجم گاز  $CO_2$  و جرم  $H_2O$  تولید شده، فرمول شیمیایی هیدروکربن را تعیین می‌کنیم:

$$44/8L CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{22/4L CO_2} \times \frac{(n+1) \text{ mol } H_2O}{n \text{ mol } CO_2} \times \frac{18g H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 43/2g H_2O \Rightarrow n=5$$

پس هیدروکربن مورد نظر پنتان ( $C_5H_{12}$ ) است. اکنون تعداد مولکول‌های اکسیژن لازم برای سوختن کامل ۱۸ گرم  $C_5H_{12}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ molecule } O_2 = 18g C_5H_{12} \times \frac{1 \text{ mol } C_5H_{12}}{72g C_5H_{12}} \times \frac{6 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_5H_{12}} \times \frac{6/2 \times 10^{23} \text{ molecule } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 1/2 \times 6 \times 10^{24} \text{ molecule } O_2$$

روش دوم (تناسب): ابتدا به کمک حجم گاز  $CO_2$  و جرم  $H_2O$  تولید شده، فرمول شیمیایی هیدروکربن را تعیین می‌کنیم:

$$\frac{\text{لیتر } CO_2 \text{ (STP)}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم مولی } H_2O}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{44/8}{n \times 22/4} = \frac{43/2}{(n+1) \times 18} \Rightarrow n=5 \Rightarrow \text{فرمول مولکولی هیدروکربن } C_5H_{12}$$

سپس تعداد مولکول‌های اکسیژن لازم برای سوختن کامل ۱۸ گرم  $C_5H_{12}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{C_5H_{12} \text{ جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد مولکول‌های } O_2}{N_A \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{18}{1 \times 72} = \frac{x}{8 \times 6/2 \times 10^{23}} \Rightarrow x = 1/2 \times 6 \times 10^{24} \text{ molecule } O_2$$

۳ ۱۰ اگر جرم هریک از واکنش‌دهنده‌ها ( $H_2O$  و  $Ca$ ) را برابر  $x$  گرم در نظر بگیریم، با توجه به اطلاعات مسئله می‌توان دریافت که  $x$  گرم کلسیم با

$$x g Ca = (x-12)g H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18g H_2O} \times \frac{1 \text{ mol } Ca}{2 \text{ mol } H_2O} \times \frac{40g Ca}{1 \text{ mol } Ca} \Rightarrow x = 120g Ca$$

پس  $x$  برابر است با:

$$? \text{ mol } H_2 = 120g Ca \times \frac{1 \text{ mol } Ca}{40g Ca} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol } Ca} = 3 \text{ mol } H_2$$

مقدار مول گاز هیدروژن تولیدی برابر است با:

$$? g N_2 = 3 \text{ mol } H_2 \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{3 \text{ mol } H_2} \times \frac{28g N_2}{1 \text{ mol } N_2} = 28g N_2$$

حال مقدار گاز نیتروژن لازم برای واکنش با ۳ مول گاز هیدروژن را محاسبه می‌کنیم:

## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۲)

۳ ۱ ابتدا باید حجم مولی گازها را در ارتفاع ۱۰ کیلومتری از سطح زمین محاسبه کنیم:

$$\Delta\theta = -gh \Rightarrow \theta_2 - 14 = -9.8 \times 10 \Rightarrow \theta_2 = -46^\circ C \Rightarrow T_2 = -46^\circ C + 273 = 227K$$

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{1 \times 273} = \frac{0/28 \times V_2}{1 \times 227} \Rightarrow V_2 = 66/5 L \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{سیس چگالی گاز اوزون را در این ارتفاع به دست می‌آوریم:} \quad \text{چگالی گاز اوزون} = \frac{O_3 \text{ جرم مولی}}{O_3 \text{ حجم مولی}} = \frac{48 (g \cdot \text{mol}^{-1})}{66/5 (L \cdot \text{mol}^{-1})} = 0/72 g \cdot L^{-1}$$

۲ ۱ قسمت اول: ابتدا مقدار مول گاز تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$2KClO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2KCl(s) + 3O_2(g)$$

$$? \text{ mol } O_2 = 24/5g KClO_3 \times \frac{1 \text{ mol } KClO_3}{122/5g KClO_3} \times \frac{3 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } KClO_3} = 0/3 \text{ mol } O_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{KClO_3 \text{ جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{O_2 \text{ مول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{24/5}{2 \times 122/5} = \frac{x \text{ mol } O_2}{3} \Rightarrow x = 0/3 \text{ mol } O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{1 \times 273} = \frac{2 \times V_2}{0/3 \times (91 + 273)} \Rightarrow V_2 = 4/48L$$

سپس با استفاده از قانون گازها، حجم گاز را در شرایط داده شده محاسبه می‌کنیم:

قسمت دوم: محاسبه جرم  $O_3$  تولیدی:

$$? g O_3 = 0/3 \text{ mol } O_2 \times \frac{100}{100} \times \frac{1 \text{ mol } O_3}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{48g O_3}{1 \text{ mol } O_3} = 10/08g O_3$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{O_3 \text{ مول}}{\text{ضریب}} = \frac{O_3 \text{ جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0/3 \times 100}{1} = \frac{x g O_3}{48} \Rightarrow x = 10/08g O_3$$

روش دوم (تناسب):

۲ ۳ در اثر تجزیه گرمایی دو مول سدیم هیدروژن کربنات، در حالت اول دو مول گاز (بخار آب و کربن دی‌اکسید) و در شرایط STP فقط یک مول گاز (کربن دی‌اکسید) تولید می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \xrightarrow{\text{ثابت } P} \frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2 T_2}{n_1 T_1} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{1 \times 273}{2 \times (117 + 273)} = 0.35$$

۴ ۴ ابتدا مقدار مول گاز کربن دی‌اکسید تولید شده در واکنش تجزیه کلسیم کربنات را به دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mol CO}_2 = 5.0 \text{ g CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100.0 \text{ g CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 0.05 \text{ mol CO}_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم CaCO}_3}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مول CO}_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{5.0}{1 \times 100} = \frac{x \text{ mol CO}_2}{1} \Rightarrow x = 0.05 \text{ mol CO}_2$$

سپس حجم این گاز را با استفاده از قانون گازها در شرایط داده شده محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{1 \times 273} = \frac{3/5 \times V_2}{0.05 \times (273 + 273)} \Rightarrow V_2 = 6/4 \text{ L}$$

حال حجم گاز اکسیژن تولید شده در واکنش تجزیه سدیم نیترات که دما و فشار آن داده نشده را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{حجم گاز CO}_2}{\text{حجم گاز O}_2} = 1/6 \Rightarrow \text{حجم گاز O}_2 = \frac{6/4}{1/6} = 4 \text{ L}$$

انکون چگالی گاز اکسیژن را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$34 \text{ g NaNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaNO}_3}{85 \text{ g NaNO}_3} \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol NaNO}_3} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} \times \frac{1 \text{ L O}_2}{d \text{ g O}_2} = 4 \text{ L O}_2 \Rightarrow d = 1/6 \text{ g.L}^{-1}$$

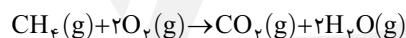
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم NaNO}_3}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{چگالی} \times \text{لیتر O}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{34}{2 \times 85} = \frac{4 \times d}{1 \times 32} \Rightarrow d = 1/6 \text{ g.L}^{-1}$$

۲ ۵ ابتدا مقدار اولیه گاز متان موجود در سیلندر را به دست می‌آوریم:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \xrightarrow{\text{ثابت } P} \frac{V_1}{m_1 T_1} = \frac{V_2}{m_2 T_2} \Rightarrow \frac{\pi r^2 \times 20}{m_1 \times (27 + 273)} = \frac{\pi r^2 \times 40}{(m_1 + 8) \times (27 + 273)} \Rightarrow m_1 = 4.0 \text{ g}$$

پس جرم کل گاز متان داخل سیلندر برابر ۴۸ (۴+۸) گرم است. انکون مقدار گاز اکسیژن لازم برای سوختن این مقدار متان را به دست می‌آوریم:



معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g O}_2 = 48 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{2 \text{ mol O}_2}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 192 \text{ g O}_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم CH}_4}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{48}{1 \times 16} = \frac{x \text{ g O}_2}{2 \times 32} \Rightarrow x = 192 \text{ g O}_2$$

۴ ۶ ابتدا باید حجم مولی گازها را محاسبه کنیم، اگر حجم مولی را V در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

$$2/5 \text{ L C}_2\text{H}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{V \text{ L C}_2\text{H}_6} \times \frac{6 \times 10^{23} \text{ molecule C}_2\text{H}_6}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} \times \frac{12 \text{ atom (C, H)}}{1 \text{ molecule C}_2\text{H}_6} = 1/8 \times 10^{24} \text{ atom (C, H)} \Rightarrow V = \frac{5}{3} \text{ L}$$

پس حجم مولی گازها در این شرایط برابر  $\frac{5}{3}$  لیتر بر مول است، پس برای اوزون خواهیم داشت:

$$x \text{ L O}_3 = 14/4 \times 10^{23} \text{ atom O} \times \frac{1 \text{ molecule O}_3}{3 \text{ atom O}} \times \frac{1 \text{ mol O}_3}{6 \times 10^{23} \text{ molecule O}_3} \times \frac{5}{3} \text{ L O}_3 = \frac{4}{3} \text{ L O}_3 = 13/33 \text{ L O}_3$$

چگالی گاز اوزون در این شرایط برابر است با:

$$\text{چگالی O}_3 = \frac{\text{جرم مولی O}_3}{\text{حجم مولی O}_3} = \frac{48 \text{ g.mol}^{-1}}{5/3 \text{ L.mol}^{-1}} = 28.8 \text{ g.L}^{-1}$$

چگالی گاز  $N_2$  و  $C_2H_8$  در شرایط برابر STP را محاسبه می‌کنیم: **۱ ۷**

$$d_{N_2} = \frac{N_2 \text{ جرم مولی } 28 \text{ g}}{N_2 \text{ حجم مولی } 22.4 \text{ L}} = 1.25 \text{ g.L}^{-1}$$

$$d_{C_2H_8} = \frac{C_2H_8 \text{ جرم مولی } 56 \text{ g}}{C_2H_8 \text{ حجم مولی } 22.4 \text{ L}} = 2.5 \text{ g.L}^{-1}$$

اگر یک لیتر مخلوط این گازها را داشته باشیم، فرض می‌کنیم این مخلوط دارای  $x$  لیتر گاز  $N_2$  و  $(1-x)$  لیتر گاز  $C_2H_8$  است.

$$? \text{ g } N_2 = x \text{ L } N_2 \times \frac{1.25 \text{ g } N_2}{1 \text{ L } N_2} = 1.25x \text{ g } N_2$$

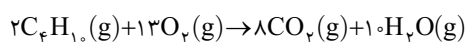
$$? \text{ g } C_2H_8 = (1-x) \text{ L } C_2H_8 \times \frac{2.5 \text{ g } C_2H_8}{1 \text{ L } C_2H_8} = 2.5 - 2.5x \text{ g } C_2H_8$$

$$\text{مجموع جرم این مخلوط گازی با توجه به چگالی برابر است با:} \Rightarrow \text{مجموع مخلوط} = \frac{\text{مجموع جرم}}{\text{حجم مخلوط}} \Rightarrow 1.75 \text{ g.L}^{-1} = \frac{m_{\text{کل}}}{1 \text{ L}} \Rightarrow m_{\text{کل}} = 1.75 \text{ g}$$

$$\text{جرم کل} = N_2 \text{ جرم} + C_2H_8 \text{ جرم} \Rightarrow 1.75 = 1.25x + 2.5 - 2.5x \Rightarrow x = 0.6 \text{ L}$$

پس داریم:

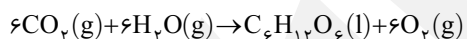
در نتیجه  $0.6$  لیتر گاز  $N_2$  و  $0.4$  لیتر گاز  $C_2H_8$  در مخلوط وجود داشته است. درصد جرمی  $N_2$  برابر است با:  $\frac{0.6 \times 1.25}{1.75} \times 100 = 42.86\%$  درصد جرمی  $N_2$



**۱ ۸** واکنش سوختن کامل بوتان:

در این واکنش هر  $15$  لیتر از واکنش‌دهنده‌ها،  $18$  لیتر از فراورده‌ها را تولید می‌کند. به عبارتی به ازای تولید  $8$  لیتر گاز کربن دی‌اکسید،  $3$  لیتر افزایش حجم داریم، پس:

$$? \text{ L } CO_2 = (126 - 105) \text{ L} \times \frac{8 \text{ L } CO_2}{3 \text{ L افزایش حجم}} = 56 \text{ L } CO_2$$



مقدار مول گاز کربن دی‌اکسید را از واکنش فتوسنتز محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol } CO_2 = 300 \text{ g } C_6H_{12}O_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180 \text{ g } C_6H_{12}O_6} \times \frac{6 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} = 10 \text{ mol } CO_2$$

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22.4}{1 \times 273} = \frac{P_2 \times 56}{10 \times (136/5 + 273)} \Rightarrow P_2 = 6 \text{ atm}$$

طبق قوانین گازها داریم:

### پاسخ تشریحی آزمون جامع (۳)

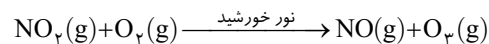
**۱ ۱** ابتدا دما و فشار را در ارتفاع  $5$  کیلومتری از سطح زمین محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta\theta = -\epsilon h \Rightarrow \theta_p - 17 = -6 \times 5 \Rightarrow \theta_p = -13^\circ C = 260 \text{ K}$$

$$1 \text{ atm} \xrightarrow{1 \text{ km}} 0.9 \text{ atm} \xrightarrow{1 \text{ km}} 0.81 \text{ atm} \xrightarrow{1 \text{ km}} 0.729 \text{ atm} \xrightarrow{1 \text{ km}} 0.6561 \text{ atm} \xrightarrow{1 \text{ km}} 0.59049 \text{ atm} (\approx 0.6 \text{ atm})$$

سپس حجم مولی گازها را در این شرایط به دست می‌آوریم:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \xrightarrow{\text{ثابت } n} \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22.4}{273} = \frac{0.6 \times V_2}{260} \Rightarrow V_2 = 35/55 \text{ L.mol}^{-1}$$



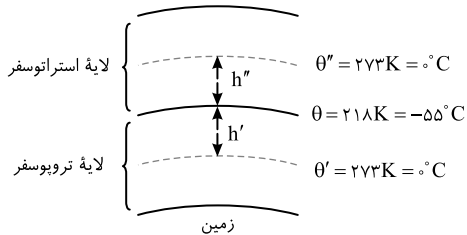
اکنون حجم گاز  $NO_2$  مصرفی در واکنش تولید اوزون تروپوسفری را به دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ L } NO_2 = 6/4 \text{ g } O_3 \times \frac{1 \text{ mol } O_3}{48 \text{ g } O_3} \times \frac{1 \text{ mol } NO_2}{1 \text{ mol } O_3} \times \frac{35/55 \text{ L } NO_2}{1 \text{ mol } NO_2} = 4/74 \text{ L } NO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{لیتر } NO_2}{\text{جرم مولی } \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } O_3}{\text{جرم مولی } \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x \text{ L } NO_2}{1 \times 35/55} = \frac{6/4}{1 \times 48} \Rightarrow x = 4/74 \text{ L } NO_2$$



۱ ۲ با توجه به توضیحات مسئله، می‌توانیم شکل مقابل را رسم کنیم. برای تغییرات دما در لایه تروپوسفر از رابطه  $\Delta\theta = -\epsilon h'$  و برای تغییرات دما در لایه استراتوسفر از رابطه  $\Delta\theta = 1/\epsilon h''$  استفاده می‌کنیم.

لایه تروپوسفر: برای محاسبه ارتفاعی از لایه تروپوسفر که دما در آن برابر  $0^\circ\text{C}$  است، باید از دمای ابتدای لایه استراتوسفر (یعنی  $218\text{K}$ ) استفاده کنیم:  $\Delta\theta = -\epsilon h' \Rightarrow -55 - 0 = -\epsilon h' \Rightarrow h' = 9/17\text{km}$   
 لایه استراتوسفر:  $\Delta\theta = 1/\epsilon h'' \Rightarrow 0 - (-55) = 1/\epsilon h'' \Rightarrow h'' = 34/375\text{km}$

پس تفاوت ارتفاع دو نقطه از هواکره در دو لایه تروپوسفر و استراتوسفر که دما در آن نقاط  $0^\circ\text{C}$  است، برابر است با:

$$\Delta h = 9/17 + 34/375 = 43/545\text{km} = 43/5\text{km}$$

۳ ۲ ابتدا جرم گاز نیتروژن را  $x$  گرم و جرم گاز هیدروژن را  $(6-x)$  گرم در نظر می‌گیریم و مقدار مول هر یک از گازها را در مخلوط اولیه به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } N_2 = x \text{ g } N_2 \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{28 \text{ g } N_2} = \frac{x}{28} \text{ mol } N_2, \quad ? \text{ mol } H_2 = (6-x) \text{ g } H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ g } H_2} = \frac{(6-x)}{2} \text{ mol } H_2$$

سپس مقدار مول هیدروژن اضافه شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol } H_2 = 2 \text{ g } H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ g } H_2} = 1 \text{ mol } H_2$$

در ادامه، مقدار مول مخلوط اولیه و ثانویه را محاسبه کرده و با قرار دادن در رابطه قانون گازها،  $x$  را محاسبه می‌کنیم:

$$n_1 = \left(\frac{x}{28} + \frac{6-x}{2}\right) \text{mol}, \quad n_2 = \left(\frac{x}{28} + \frac{6-x}{2} + 1\right) \text{mol}$$

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \xrightarrow{\text{ثابت } P, T} \frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \Rightarrow \frac{V_1}{\frac{x}{28} + \frac{6-x}{2}} = \frac{1/25 V_1}{\frac{x}{28} + \frac{6-x}{2} + 1} \Rightarrow x = 56 \text{g}$$

توجه: با استفاده از قوانین کسرهای می‌توانیم رابطه بالا را به صورت زیر بنویسیم:

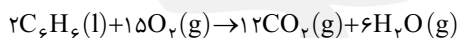
$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2}{n_1} \xrightarrow{\text{تفاضل منفرجه از صورت}} \frac{V_2 - V_1}{V_1} = \frac{n_2 - n_1}{n_1} \Rightarrow \frac{\Delta V}{V_1} = \frac{\Delta n}{n_1} \Rightarrow \frac{1/25 V_1 - V_1}{V_1} = \frac{n_2 - n_1}{n_1} \Rightarrow 0/25 = \frac{1}{\frac{x}{28} + \frac{6-x}{2}} \Rightarrow x = 56 \text{g}$$

اکنون مقدار مول اولیه هر کدام از گازها را محاسبه کرده و درصد مولی گاز  $N_2$  را در مخلوط اولیه به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } N_2 (\text{در مخلوط اولیه}) = \frac{x}{28} = \frac{56}{28} = 2 \text{ mol } N_2, \quad ? \text{ mol } H_2 (\text{در مخلوط اولیه}) = \frac{6-x}{2} = \frac{6-56}{2} = 2 \text{ mol } H_2$$

$$N_2 \text{ درصد مولی} = \frac{N_2 \text{ مول}}{\text{مول کل}} \times 100 = \frac{2}{2+2} \times 100 = 50\%$$

۴ ۴ معادله واکنش سوختن کامل بنزن:



ابتدا مقدار مول گاز اکسیژن لازم برای سوختن  $31/2$  گرم بنزن را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol } O_2 = 31/2 \text{ g } C_6H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_6}{78 \text{ g } C_6H_6} \times \frac{15 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } C_6H_6} = 3 \text{ mol } O_2$$

اگر  $x$  مول  $O_2$  در واکنش (I) تولید شود،  $(3-x)$  مول  $O_2$  در واکنش (II) تولید می‌شود، پس خواهیم داشت:

$$? \text{ g } KClO_3 = x \text{ mol } O_2 \times \frac{2 \text{ mol } KClO_3}{3 \text{ mol } O_2} \times \frac{122/5 \text{ g } KClO_3}{1 \text{ mol } KClO_3} = \frac{245}{3} x \text{ g } KClO_3$$

$$? \text{ g } NaNO_3 = (3-x) \text{ mol } O_2 \times \frac{2 \text{ mol } NaNO_3}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{85 \text{ g } NaNO_3}{1 \text{ mol } NaNO_3} = 170(3-x) \text{ g } NaNO_3$$

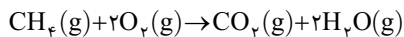
از مجموع جرم این دو ماده داریم:

$$\frac{245}{3} x + 170(3-x) = 271/5 \Rightarrow 245x + 510(3-x) = 814/5 \Rightarrow 245x + 1530 - 510x = 814/5 \Rightarrow 265x = 715/5 \Rightarrow x = 2/7$$

پس در واکنش (II) مقدار  $3 - (2/7) = 19/7$  مول اکسیژن تولید شده است. اکنون جرم  $NaNO_3$  تولید شده برابر است با:

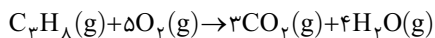
$$? \text{ g } NaNO_3 = 19/7 \text{ mol } O_2 \times \frac{2 \text{ mol } NaNO_3}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{85 \text{ g } NaNO_3}{1 \text{ mol } NaNO_3} = 41/4 \text{ g } NaNO_3$$

۴ ۵

جرم پروپان را  $x$  گرم و جرم متان را  $(x+10)$  گرم در نظر می‌گیریم:

سوختن متان:

$$? \text{ g CO}_2 = (x+10) \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = \frac{11(x+10)}{4} \text{ g CO}_2$$



سوختن پروپان:

$$? \text{ g CO}_2 = x \text{ g C}_3\text{H}_8 \times \frac{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8}{44 \text{ g C}_3\text{H}_8} \times \frac{3 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 3x \text{ g CO}_2$$

با توجه به اینکه مجموع جرم کربن دی‌اکسید تولید شده برابر ۱۵۴ گرم است، مقدار  $x$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{11(x+10)}{4} + 3x = 154 \Rightarrow x = 22 \text{ g}$$

حال مقدار مول گازهای متان و پروپان در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

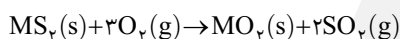
$$? \text{ mol CH}_4 = 32 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} = 2 \text{ mol CH}_4$$

$$? \text{ mol C}_3\text{H}_8 = 22 \text{ g C}_3\text{H}_8 \times \frac{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8}{44 \text{ g C}_3\text{H}_8} = 0.5 \text{ mol C}_3\text{H}_8$$

اکنون درصد مولی گاز متان در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد مولی CH}_4 = \frac{\text{مول CH}_4}{\text{مول کل}} \times 100 = \frac{2}{2.5} \times 100 = 80\%$$

۴ ۶ معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم مولی  $M$  را  $x$  در نظر گرفته و آن را محاسبه می‌کنیم:

$$11/7 \text{ g MS}_2 \times \frac{1 \text{ mol MS}_2}{(x+64) \text{ g MS}_2} \times \frac{1 \text{ mol MO}_2}{1 \text{ mol MS}_2} \times \frac{(x+32) \text{ g MO}_2}{1 \text{ mol MO}_2} = (11/7 - 2/4) \text{ g MO}_2 \Rightarrow x = 92 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

اکنون با توجه به معادله واکنش، حجم گاز  $\text{SO}_2$  تولیدی برابر است با:

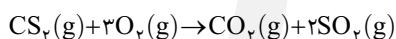
$$? \text{ L SO}_2 = 11/7 \text{ g MS}_2 \times \frac{1 \text{ mol MS}_2}{156 \text{ g MS}_2} \times \frac{2 \text{ mol SO}_2}{1 \text{ mol MS}_2} \times \frac{22/4 \text{ L SO}_2}{1 \text{ mol SO}_2} = 3/36 \text{ L SO}_2$$

روش دوم (تناسب): ابتدا جرم مولی  $M$  را  $x$  در نظر گرفته و آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم MS}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم MO}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{11/7}{1 \times (x+64)} = \frac{11/7 - 2/4}{1 \times (x+32)} \Rightarrow x = 92 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

اکنون با توجه به معادله واکنش، حجم گاز  $\text{SO}_2$  تولیدی برابر است با:

$$\frac{\text{جرم MS}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر SO}_2(\text{STP})}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{11/7}{1 \times 156} = \frac{x \text{ L SO}_2}{2 \times 22/4} \Rightarrow x = 3/36 \text{ L SO}_2$$

۳ ۷ معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل  $\text{CS}_2$  به صورت زیر است:اگر مقدار مول  $\text{O}_2$  اضافی را  $x$  در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

$$\text{واکنش دهنده} \times \frac{3 \text{ mol فراورده}}{4 \text{ mol واکنش دهنده}} + x = 3/1$$

مقدار مول  $\text{O}_2$  اضافی + مجموع مقدار مول فراورده‌ها = مقدار مول‌ها در پایان واکنش

$$\Rightarrow x = 0/4 \text{ mol O}_2$$

اکنون با استفاده از مقدار مول اولیه واکنش دهنده‌ها و مقدار مول گاز اکسیژن اضافی، جرم  $\text{CS}_2$  موجود در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

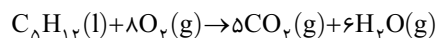
$$? \text{ mol CS}_2 = (4 - 0/4) \text{ mol واکنش دهنده} \times \frac{1 \text{ mol CS}_2}{4 \text{ mol واکنش دهنده}} \times \frac{76 \text{ g CS}_2}{1 \text{ mol CS}_2} = 68/4 \text{ g CS}_2$$



۳ ۸ تعداد مول گازهای وارد شده به محفظه واکنش برابر است با:

$$? \text{ mol } N_2 = 25 \text{ mol هوا} \times \frac{8}{100} = 2 \text{ mol } N_2$$

$$? \text{ mol } O_2 = 25 \text{ mol هوا} \times \frac{20}{100} = 5 \text{ mol } O_2$$



پنتان با گاز اکسیژن مطابق واکنش مقابل می‌سوزد، اما با گاز نیتروژن وارد واکنش نمی‌شود:

مقدار مول  $O_2$  مصرفی برابر است با:

$$? \text{ mol } O_2 = 36 \text{ g } C_5H_{12} \times \frac{1 \text{ mol } C_5H_{12}}{72 \text{ g } C_5H_{12}} \times \frac{8 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_5H_{12}} = 4 \text{ mol } O_2$$

پس ۴ مول اکسیژن برای سوختن کامل پنتان مصرف می‌شود و یک مول اکسیژن اضافی در ظرف باقی می‌ماند. تعداد مول‌های بخار آب و کربن دی‌اکسید تولیدی را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } CO_2 = 4 \text{ mol } O_2 \times \frac{5 \text{ mol } CO_2}{8 \text{ mol } O_2} = 2.5 \text{ mol } CO_2$$

$$? \text{ mol } H_2O = 4 \text{ mol } O_2 \times \frac{6 \text{ mol } H_2O}{8 \text{ mol } O_2} = 3 \text{ mol } H_2O$$

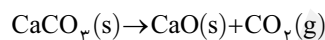
بنابراین، گازهای درون ظرف در انتهای واکنش عبارتند از:

$$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ mol } N_2 \\ 1 \text{ mol } O_2 \\ 2.5 \text{ mol } CO_2 \\ 3 \text{ mol } H_2O \end{array} \right\} \text{ در انتهای واکنش} \Rightarrow 26/5 \text{ mol گاز}$$

اکنون درصد مولی بخار آب در مخلوط گازهای نهایی را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد مولی } H_2O = \frac{\text{مقدار مول } H_2O}{\text{مقدار مول کل}} \times 100 = \frac{3}{26/5} \times 100 = 57.7\%$$

۱ ۹ معادله موازنه شده واکنش‌ها:



ابتدا حجم مولی گازها را در شرایط آزمایش محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \xrightarrow{\text{ثابت } n} \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{2 \times V_2}{702 + 273} \Rightarrow V_2 = 4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

با توجه به اینکه ۱۰ لیتر گاز با نسبت‌های ۱، ۲ و ۵ به ترتیب برای گازهای کربن دی‌اکسید ( $CO_2$ )، نیتروژن ( $N_2$ ) و اکسیژن ( $O_2$ ) تولید شده است، جرم

جامدهای اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } CaCO_3 = 10 \text{ L گاز} \times \frac{1 \text{ mol گاز}}{40 \text{ L گاز}} \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol گاز}} \times \frac{1 \text{ mol } CaCO_3}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{100 \text{ g } CaCO_3}{1 \text{ mol } CaCO_3} = 3/125 \text{ g } CaCO_3$$

$$? \text{ g } KNO_3 = 10 \text{ L گاز} \times \frac{1 \text{ mol گاز}}{40 \text{ L گاز}} \times \frac{5 \text{ mol } (N_2, O_2)}{8 \text{ mol گاز}} \times \frac{4 \text{ mol } KNO_3}{5 \text{ mol } (N_2, O_2)} \times \frac{101 \text{ g } KNO_3}{1 \text{ mol } KNO_3} = 12/625 \text{ g } KNO_3$$

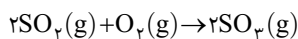
$$12/625 - 3/125 = 9/5 \text{ g}$$

در انتها، اختلاف جرم دو جامد اولیه را به دست می‌آوریم:

۳ ۱۰ به کمک قانون گازها مقدار مول ثانویه را به دست می‌آوریم:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \xrightarrow{\text{ثابت } T, V} \frac{P_1}{n_1} = \frac{P_2}{n_2} \Rightarrow \frac{P_1}{1} = \frac{0.9 P_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = 0.9 \text{ mol}$$

در ادامه به کمک جدول مقابل، ابتدا مقدار مول و سپس جرم  $SO_3$  تولید شده را به دست می‌آوریم:



مول اولیه	۱	۰
تغییر مول	-۳x	+۲x
مول نهایی	۱-۳x	۰+۲x

$$(1-3x) + (0+2x) = 0.9 \Rightarrow x = 0.1$$

$$\text{مجموع مقدار مول گازها در پایان واکنش} = (1-3x) + (0+2x) = 0.9 \Rightarrow x = 0.1$$

$$? \text{ g } SO_3 = 0.2 \text{ mol } SO_3 \times \frac{80 \text{ g } SO_3}{1 \text{ mol } SO_3} = 16 \text{ g } SO_3$$

پاسخ تشریحی آزمون جامع (۱)

۱ ۴ روش اول: ابتدا جرم محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{محلول } 6\text{L} = \frac{10^3 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ mL}} = 6000 \text{ g}$$

سپس جرمی از یون‌های  $\text{Br}^-$  که در این محلول وجود دارد را به دست می‌آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 400 = \frac{x(\text{g})}{6000(\text{g})} \times 10^6 \Rightarrow x = 0.24 \text{ g Br}^-$$

از جرم یون‌های  $\text{Br}^-$ ، جرم کلسیم برمید ( $\text{CaBr}_2$ ) مورد نیاز را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CaBr}_2 = 0.24 \text{ g Br}^- \times \frac{1 \text{ mol Br}^-}{80 \text{ g Br}^-} \times \frac{1 \text{ mol CaBr}_2}{2 \text{ mol Br}^-} \times \frac{200 \text{ g CaBr}_2}{1 \text{ mol CaBr}_2} = 0.3 \text{ g CaBr}_2$$

روش دوم: مراحل بالا را می‌توان به صورت خلاصه نوشت:

$$? \text{ g CaBr}_2 = 6\text{L} \times \frac{10^3 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ mL}} \times \frac{40 \text{ g Br}^-}{10^6 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ mol Br}^-}{80 \text{ g Br}^-} \times \frac{1 \text{ mol CaBr}_2}{2 \text{ mol Br}^-} \times \frac{200 \text{ g CaBr}_2}{1 \text{ mol CaBr}_2} = 0.3 \text{ g CaBr}_2$$

۲ ۲ ابتدا جرم یون هیدروکسید حاصل از حل شدن سدیم هیدروکسید و پتاسیم هیدروکسید را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g OH}^- = 8 \times 10^{-3} \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol NaOH}} \times \frac{17 \text{ g OH}^-}{1 \text{ mol OH}^-} = 3.4 \times 10^{-3} \text{ g OH}^-$$

$$? \text{ g OH}^- = 28 \times 10^{-3} \text{ g KOH} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} \times \frac{1 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol KOH}} \times \frac{17 \text{ g OH}^-}{1 \text{ mol OH}^-} = 8.5 \times 10^{-3} \text{ g OH}^-$$

سپس به کمک رابطه ppm، جرم محلول را به دست می‌آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 59.5 = \frac{(3.4 \times 10^{-3}) + (8.5 \times 10^{-3})}{x(\text{g})} \times 10^6 \Rightarrow x = 200 \text{ g}$$

$$? \text{ mL} = 200 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mL}}{1 \text{ g}} = 200 \text{ mL}$$

اکنون به کمک چگالی محلول، حجم آن را محاسبه می‌کنیم:

۳ ۲ در هر واحد فرمولی از نمک پتاسیم سولفات ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )، ۲ یون  $\text{K}^+$  و یک یون  $\text{SO}_4^{2-}$  وجود دارد. برای حل تست ابتدا جرم یون‌های پتاسیم را

محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g K}_2\text{SO}_4 = 9.03 \times 10^{22} \text{ ion} \times \frac{1 \text{ mol ion}}{6.02 \times 10^{23} \text{ ion}} \times \frac{2 \text{ mol K}^+}{3 \text{ mol ion}} \times \frac{39 \text{ g K}^+}{1 \text{ mol K}^+} = 3.9 \text{ g K}^+$$

سپس غلظت ppm این محلول نسبت به یون‌های  $\text{K}^+$  را به دست می‌آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{3.9 \text{ g}}{78 \times 10^3 \text{ g}} \times 10^6 = 50 \text{ ppm}$$

۴ ۲ ابتدا درصد جرمی محلول سدیم کلرید را محاسبه می‌کنیم. جرم محلول سدیم کلرید برابر است با:

$$? \text{ g} = 50 \text{ mL} \times \frac{1.2 \text{ g}}{1 \text{ mL}} = 60 \text{ g}$$

درصد جرمی محلول سدیم کلرید برابر است با:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{12 \text{ g}}{60 \text{ g}} \times 100 = 20\%$$

سپس مقدار مول یون هیدروکسید موجود در ۲۵۰ گرم محلول سدیم هیدروکسید با درصد جرمی ۲۰٪ را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol NaOH} = 250 \text{ g} \times \frac{20 \text{ g NaOH}}{100 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol NaOH}} = 1.25 \text{ mol OH}^-$$

قسمت اول: ابتدا جرم لیتیم سولفات موجود در محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم حل شونده} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{درصد جرمی}} \times 100 \Rightarrow 12 = \frac{x(g)}{450g} \times 100 \Rightarrow x = 54g$$

سپس جرم لیتیم سولفات اضافه شده به محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$? g Li_2SO_4 = \frac{110g Li_2SO_4}{1 mol Li_2SO_4} \times \frac{1}{2} mol Li_2SO_4 = 22g Li_2SO_4$$

اکنون درصد جرمی لیتیم سولفات در محلول جدید را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{54+22}{450+22} \times 100 = 16.1\%$$

قسمت دوم: جرم آب لازم را  $m$  گرم در نظر می‌گیریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 12 = \frac{54+22}{450+22+m} \times 100 \Rightarrow m = 161/3g$$

ابتدا جرم محلول ۲۰٪ جرمی کلسیم کلرید را محاسبه می‌کنیم:

$$? g \text{ محلول } = 120 \text{ mL محلول} \times \frac{1/25g \text{ محلول}}{1 \text{ mL محلول}} = 150g \text{ محلول}$$

سپس جرم کلسیم کلرید موجود در این محلول را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 20 = \frac{x(g)}{150(g)} \times 100 \Rightarrow x = 30g$$

اگر جرم محلول اضافه شده را  $y$  گرم در نظر بگیریم، جرم کلسیم کلرید موجود در این محلول برابر است با:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 50 = \frac{z(g)}{y(g)} \times 100 \Rightarrow z = 0.5y g$$

در اثر اضافه نمودن یک محلول غلیظ به یک محلول رقیق، درصد جرمی محلول رقیق افزایش می‌یابد، پس برای اینکه درصد جرمی محلول به ۲۵٪ (۲۰+۵) برسد،

خواهیم داشت:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 25 = \frac{30+0.5y}{150+y} \times 100 \Rightarrow y = 30g \text{ محلول}$$

گلوکومتر مقدار میلی‌گرم گلوکز را در دسی‌لیتر (۱۰۰ میلی‌لیتر) خون نشان می‌دهد.

$$? mg C_6H_{12}O_6 = 1 dL \text{ خون} \times \frac{10^{-1} L \text{ خون}}{1 dL \text{ خون}} \times \frac{5 \times 10^{-3} mol C_6H_{12}O_6}{1 L \text{ خون}} \times \frac{180g C_6H_{12}O_6}{1 mol C_6H_{12}O_6} \times \frac{10^3 mg C_6H_{12}O_6}{1 g C_6H_{12}O_6} = 90 mg C_6H_{12}O_6$$

پس گلوکومتر عدد ۹۰ را نشان می‌دهد.

قسمت اول: ابتدا غلظت محلول را در مرحله رقیق‌سازی اولیه محاسبه می‌کنیم:

$$M_{\text{غلظت}} \times V_{\text{غلظت}} = M_{\text{رقیق}} \times V_{\text{رقیق}} \Rightarrow 0.2 \times 150 = M_{\text{رقیق}} \times 250 \Rightarrow M_{\text{رقیق}} = 0.12 mol.L^{-1}$$

حال غلظت محلول نهایی که حاصل اضافه کردن ۵۰ میلی‌لیتر محلول رقیق شده به ۷۰ میلی‌لیتر محلول اولیه است را پس از رساندن حجم محلول به ۲۰۰ میلی‌لیتر محاسبه می‌کنیم:

$$M_1 V_1 + M_2 V_2 = M_3 V_3 \Rightarrow 0.12 \times 50 + 0.2 \times 70 = M_3 \times 200 \Rightarrow M_3 = 0.1 mol.L^{-1}$$

قسمت دوم: به کمک رابطه زیر، از غلظت مولی محلول، درصد جرمی آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{100 \times \text{درصد جرمی}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow 0.1 = \frac{100 \times \text{درصد جرمی}}{98} \Rightarrow 9.8\%$$

ابتدا حجم محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$? L \text{ محلول} = 630g \text{ محلول} \times \frac{1 mL \text{ محلول}}{1.26g \text{ محلول}} \times \frac{1 L \text{ محلول}}{10^3 mL \text{ محلول}} = 0.5 L \text{ محلول}$$

اگر غلظت این محلول را  $M_1$  فرض کنیم، خواهیم داشت:

$$M_1 V_1 + M_2 V_2 = M_3 V_3 \Rightarrow (0.5 \times M_1) + (1 \times 2) = 1/6 \times (200/5) \Rightarrow M_1 = 4 mol.L^{-1}$$

اکنون به کمک رابطه مقابل، درصد جرمی محلول نهایی را به دست می‌آوریم:

$$M = \frac{100 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow 4 = \frac{100 \times a \times 1.26}{63} \Rightarrow a = 2\%$$

در دمای  $20^\circ C$  در  $100$  گرم آب مقدار  $30$  گرم پتاسیم نیترات حل شده و  $130$  گرم محلول سیرشده آن تولید می‌شود. مقدار نمک و آب موجود در  $520$  گرم محلول در این دما را به دست می‌آوریم:

$$? g KNO_3 = 520g \text{ محلول} \times \frac{30g KNO_3}{130g \text{ محلول}} = 120g KNO_3 \quad \text{جرم آب} = 520g - 120g = 400g H_2O$$

با اضافه کردن  $210$  گرم نمک و  $100$  گرم آب به محلول، مقدار پتاسیم نیترات و آب در ظرف به ترتیب برابر  $330$  گرم و  $500$  گرم می‌شود. اکنون محاسبه می‌کنیم که

در دمای  $40^\circ C$  برای حل شدن  $330$  گرم نمک به چند گرم آب نیاز داریم:

$$? g \text{ آب} = 330g KNO_3 \times \frac{100g \text{ آب}}{60g KNO_3} = 550g \text{ آب}$$

پس حداقل  $50$  گرم آب باید به این ظرف اضافه کنیم تا کل پتاسیم نیترات در آب حل شود.

**۱۱ ۳ قسمت اول:** انحلال پذیری پتاسیم کلرید در دماهای  $75^{\circ}\text{C}$  و  $30^{\circ}\text{C}$  به ترتیب برابر  $50$  و  $35$  گرم در  $100$  گرم آب است؛ بنابراین با کاهش دمای  $15^{\circ}$  گرم محلول سیرشده پتاسیم کلرید از دمای  $75^{\circ}\text{C}$  تا  $30^{\circ}\text{C}$ ،  $15$  گرم رسوب تشکیل می شود.

جرم رسوب پتاسیم کلرید حاصل از کاهش دما برابر است با:

$$\text{رسوب } 15\text{g KCl} = \frac{\text{رسوب } 15\text{g KCl}}{150\text{g محلول}} \times \text{محلول } 360\text{g} = 36\text{g رسوب KCl} ?$$

می خواهیم جرم محلول حاصل از سرد کردن مقداری محلول سدیم نترات از دمای  $35^{\circ}\text{C}$  تا  $10^{\circ}\text{C}$  برابر  $360$  گرم شود. اگر مقدار رسوب را  $x$  گرم در نظر بگیریم، پس محلول اولیه  $(360+x)$  گرم داشته است.

انحلال پذیری سدیم نترات در دماهای  $35^{\circ}\text{C}$  و  $10^{\circ}\text{C}$  به ترتیب  $100$  و  $80$  گرم در  $100$  گرم آب است. پس  $200$  گرم محلول سیرشده این نمک با سرد شدن از دمای  $35^{\circ}\text{C}$  تا  $10^{\circ}\text{C}$ ،  $20$  گرم رسوب تولید می کند.

رسوب  $20\text{g NaNO}_3$  در دمای  $35^{\circ}\text{C}$  برابر  $40\text{g}$  است.

$$\text{رسوب } 20\text{g NaNO}_3 = x \text{ g NaNO}_3 \Rightarrow x = 40\text{g NaNO}_3$$

$$\text{رسوب } 20\text{g NaNO}_3 = \frac{\text{رسوب } 20\text{g NaNO}_3}{200\text{g محلول}} \times \text{محلول } (360+x)\text{g}$$

**قسمت دوم:** درصد جرمی نهایی محلول های سیرشده از هر نمک را محاسبه می کنیم و اختلاف آن ها را به دست می آوریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} 10^{\circ}\text{C} \text{ در دمای } : \text{درصد جرمی} = \frac{80}{100+80} \times 100 = 44/4 \\ 35^{\circ}\text{C} \text{ در دمای } : \text{پتاسیم کلرید در دمای } : \text{درصد جرمی} = \frac{35}{100+35} \times 100 = 25/9 \end{array} \right. \Rightarrow \text{اختلاف} = 44/4 - 25/9 = 118/5$$

**۱۲ ۳** برابر بودن درصد جرمی محلول سیرشده این دو نمک به معنای برابری مقدار انحلال پذیری آن ها است. برای حل مسئله ابتدا معادله انحلال پذیری دو نمک A و B را به دست می آوریم:

نمک A:  $S - S_1 = \frac{\theta - \theta_1}{S_p - S_1} \Rightarrow \frac{S - 24/5}{S_p - S_1} = \frac{\theta - 50}{22 - 24/5} = \frac{\theta - 50}{60 - 50} \Rightarrow S = -\frac{\theta}{4} + 37$

نمک B:  $S - S_1 = \frac{\theta - \theta_1}{S_p - S_1} \Rightarrow \frac{S - 44}{53 - 44} = \frac{\theta - 40}{55 - 40} \Rightarrow S = \frac{6}{10}\theta + 20$

سپس با برابر قرار دادن معادله های انحلال پذیری این دو نمک، دمایی که انحلال پذیری آن ها با هم برابر است را محاسبه می کنیم:

$$S_A = S_B \Rightarrow -\frac{\theta}{4} + 37 = \frac{6}{10}\theta + 20 \Rightarrow 0.85\theta = 17 \Rightarrow \theta = 20^{\circ}\text{C}$$

اکنون پس از محاسبه انحلال پذیری یکی از نمک ها در دمای  $20^{\circ}\text{C}$ ، درصد جرمی محلول را به دست می آوریم:

$$S_A = -\frac{20}{4} + 37 = 32\text{g} \quad \text{در دمای } 20^{\circ}\text{C}$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{32}{132} \times 100 = 24/2$$

**۱۳ ۳** انحلال پذیری گازها با فشار آن ها رابطه خطی و مستقیم دارد. پس انحلال پذیری گاز کلر در دماهای  $20^{\circ}\text{C}$  و  $50^{\circ}\text{C}$  در فشار  $1\text{atm}$ ،  $\frac{1}{4}$  برابر انحلال پذیری آن در فشار  $4\text{atm}$  بوده و به ترتیب برابر  $7/3$  و  $37/5$  گرم در  $100$  گرم آب است.

جرم گاز کلر حل شده در  $2$  لیتر آب در دمای  $50^{\circ}\text{C}$  و فشار  $1\text{atm}$  برابر است با:

$$? \text{ g Cl}_2 = 2\text{L آب} \times \frac{10^3 \text{ mL آب}}{1 \text{ L آب}} \times \frac{1 \text{ g آب}}{1 \text{ mL آب}} \times \frac{7/3 \text{ g Cl}_2}{100 \text{ g آب}} = 14/3 \text{ g Cl}_2$$

جرم گاز کلر حل شده در  $2$  لیتر آب در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  و فشار  $1\text{atm}$  برابر است با:

$$? \text{ g Cl}_2 = 2\text{L آب} \times \frac{10^3 \text{ mL آب}}{1 \text{ L آب}} \times \frac{1 \text{ g آب}}{1 \text{ mL آب}} \times \frac{37/5 \text{ g Cl}_2}{100 \text{ g آب}} = 148/5 \text{ g Cl}_2$$

پس مقدار  $7/1\text{g}$  ( $14/6 - 7/5$ ) گاز کلر اضافی را می توان در  $2$  لیتر محلول در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  حل نمود تا به محلول سیرشده آن تبدیل شود. اکنون حجم این مقدار گاز  $\text{Cl}_2$  را در شرایط آزمایش محاسبه می کنیم:

$$? \text{ mL Cl}_2 = 7/1 \text{ g Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{71 \text{ g Cl}_2} \times \frac{24000 \text{ mL Cl}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} = 2400 \text{ mL Cl}_2$$

**۱۴ ۴** غلظت محلول غلیظ اولیه را  $M_1$  و غلظت محلول رقیق نهایی را  $M_2$  در نظر می گیریم:

روش اول (کسر تبدیل): مقدار مول سدیم هیدروکسید مصرف شده در واکنش را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ mol NaOH} = 4 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} \times \frac{2 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} = 0.08 \text{ mol NaOH}$$

این مقدار سدیم هیدروکسید در  $100$  میلی لیتر از محلول با غلظت  $M_2$  وجود دارد. پس غلظت  $M_2$  برابر است با:

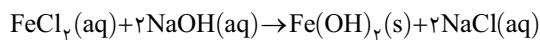
$$M_2 = \frac{\text{تعداد مول حل شده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{0.08 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$$

از رابطه رقیق سازی برای  $M_1$  و  $M_2$  داریم:

$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{حجم مولی}}{\text{ضرب}} = \frac{\text{غلظت مولی} \times \text{حجم مولی}}{\text{ضرب}} \Rightarrow \frac{0.8 \times 100}{100} = \frac{M_1 \times 25}{25} \Rightarrow M_1 = 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$$

از رابطه رقیق سازی برای  $M_1$  و  $M_2$  داریم:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \Rightarrow M_1 \times 25 = 0.8 \times 25 \Rightarrow M_1 = 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$$



۱۵ معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g Fe}(\text{OH})_3 = 200 \text{ g FeCl}_3 \times \frac{280 \text{ g Fe}^{2+}}{106 \text{ g FeCl}_3} \times \frac{1 \text{ mol Fe}^{2+}}{56 \text{ g Fe}^{2+}} \times \frac{1 \text{ mol FeCl}_3}{1 \text{ mol Fe}^{2+}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}(\text{OH})_3}{1 \text{ mol FeCl}_3} \times \frac{90 \text{ g Fe}(\text{OH})_3}{1 \text{ mol Fe}(\text{OH})_3} = 0.9 \text{ g Fe}(\text{OH})_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{Fe}^{2+} \text{ جرم محلول} \times \text{ppm}}{10^6 \times \text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{Fe}(\text{OH})_3 \text{ جرم}}{10^6 \times 1 \times 56} \Rightarrow \frac{200 \times 280}{10^6 \times 1 \times 56} = \frac{x \text{ g Fe}(\text{OH})_3}{1 \times 90} \Rightarrow x = 0.9 \text{ g Fe}(\text{OH})_3$$

۱۶ X گرم آب و X گرم نمک سدیم نیترات در دمای 35°C با یکدیگر مخلوط شده و محلول سیر شده‌ای را پدید آورده‌اند. در اثر سرد کردن محلول تا دمای

0°C مقدار 84 گرم رسوب تشکیل شده است. یعنی در این دما در X گرم آب مقدار (X-84) گرم نمک حل می‌شود. با توجه به اینکه انحلال پذیری سدیم نیترات

در دمای 0°C برابر 72 گرم در 100 گرم آب است، داریم:

$$(x-84) \text{ g NaNO}_3 = x \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{72 \text{ g NaNO}_3}{100 \text{ g H}_2\text{O}} \Rightarrow x = 300 \text{ g}$$

پس محلول در این دما شامل 300 گرم آب و 216g (300-84) سدیم نیترات است، در نتیجه جرم محلول برابر 516 گرم است.

۱۷ جرم منیزیم کربنات موجود در محلول برابر است با:

$$? \text{ g MgCO}_3 = 5 \text{ L محلول} \times \frac{2/1 \text{ mol MgCO}_3}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{84 \text{ g MgCO}_3}{1 \text{ mol MgCO}_3} = 882 \text{ g MgCO}_3$$

اگر چگالی محلول اولیه را d گرم بر میلی‌لیتر در نظر بگیریم، جرم محلول برابر است با:

$$\text{محلول } 5000 \text{ g} = \frac{\text{محلول } d \text{ g}}{1 \text{ mL محلول}} \times \frac{1000 \text{ mL محلول}}{1 \text{ L محلول}} = 5 \text{ L محلول} \Rightarrow \text{جرم محلول اولیه}$$

اکنون با توجه به انحلال پذیری این نمک، چگالی محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{25 \text{ g حل شونده}}{125 \text{ g محلول}} = \frac{472/5 + 882}{d} \Rightarrow d = 1/26 \text{ g mL}^{-1}$$

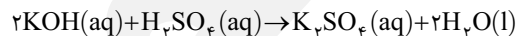
۱۸ قسمت اول: ابتدا مقدار مول پتاسیم هیدروکسید برابر است با:

$$? \text{ mol KOH} = 42 \text{ g KOH} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} = 0.75 \text{ mol KOH}$$

سپس جرم محلول پتاسیم هیدروکسید را با توجه به غلظت مولی و چگالی محلول محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g محلول KOH} = 0.75 \text{ mol KOH} \times \frac{1 \text{ L KOH محلول}}{2/5 \text{ mol KOH}} \times \frac{10^3 \text{ mL محلول}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ g KOH محلول}}{1 \text{ mL KOH محلول}} = 330 \text{ g محلول KOH}$$

قسمت دوم: معادله موازنه شده واکنش:



$$? \text{ L H}_2\text{SO}_4 = 42 \text{ g KOH} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol KOH}} \times \frac{1 \text{ L H}_2\text{SO}_4 \text{ محلول}}{0.5 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} = 0.75 \text{ L H}_2\text{SO}_4$$

۱۹ ابتدا حجم محلول غلیظ را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mL محلول} = 83 \text{ g محلول} \times \frac{1 \text{ mL محلول}}{1/66 \text{ g محلول}} = 50 \text{ mL محلول}$$

سپس غلظت محلول غلیظ را از فرمول زیر محاسبه می‌کنیم:

$$M = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow M = \frac{10 \times 50 \times 1/66}{332} \Rightarrow M = 2/5 \text{ mol L}^{-1}$$

اکنون به کمک رابطه رقیق سازی، حجم محلول رقیق را به دست می‌آوریم:

$$M_{\text{غلیظ}} \times V_{\text{غلیظ}} = M_{\text{رقیق}} \times V_{\text{رقیق}} \Rightarrow 2/5 \times 50 = 1 \times V_{\text{رقیق}} \Rightarrow V_{\text{رقیق}} = 1250 \text{ mL}$$

در نتیجه باید 1200 mL (1250-50) آب که معادل 1200g است به محلول اولیه اضافه شود.

۱ ۲۰ ابتدا با توجه به غلظت مولار و جرم حل‌شونده  $\text{FeCl}_x$ ،  $x$  را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g FeCl}_x = \frac{0.5 \text{ L}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol FeCl}_x}{(1+x) \text{ mol ion}} \times \frac{(56+35/5x) \text{ g FeCl}_x}{1 \text{ mol FeCl}_x} = 38/1 \text{ g FeCl}_x \Rightarrow 0.9(56+35/5x) = 38/1(1+x) \Rightarrow x=2$$

سپس جرم محلول را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g} = \frac{1/2 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} \times 50.0 \text{ mL محلول} = 60.0 \text{ g محلول}$$

سپس جرم یون آهن ( $\text{Fe}^{2+}$ ) موجود در محلول را محاسبه می‌کنیم:

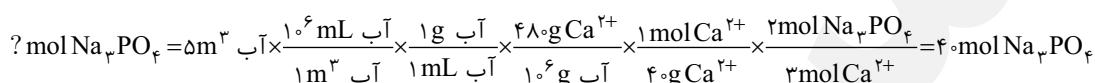
$$? \text{ g Fe}^{2+} = 38/1 \text{ g FeCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol FeCl}_2}{127 \text{ g FeCl}_2} \times \frac{1 \text{ mol Fe}^{2+}}{1 \text{ mol FeCl}_2} \times \frac{56 \text{ g Fe}^{2+}}{1 \text{ mol Fe}^{2+}} = 16/8 \text{ g Fe}^{2+}$$

اکنون درصد جرمی یون آهن در محلول را به دست می‌آوریم:

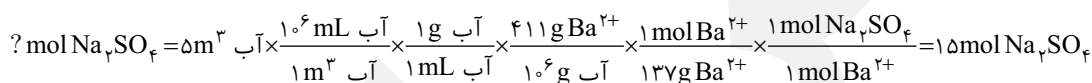
$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{16/8 \text{ g}}{60.0 \text{ g}} \times 100 = 26.7\%$$

## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۲)

۱ ۲ معادله واکنش یون کلسیم ( $\text{Ca}^{2+}$ ) با محلول سدیم فسفات:



واکنش یون باریوم ( $\text{Ba}^{2+}$ ) با محلول سدیم سولفات:



پس در مجموع  $55 \text{ mol}$  ( $40+15$ ) از نمک‌های سدیم فسفات و سدیم سولفات نیاز است.

۲ ۲ ابتدا محاسبه می‌کنیم که با استفاده از این مقدار محلول کلردار، چند متر مکعب آب استخر را می‌توان ضدعفونی کرد:

$$? \text{ m}^3 \text{ آب} = 1000 \text{ m}^3 \times \frac{1 \text{ mL آب}}{10^{-6} \text{ g آب}} \times \frac{10^{-6} \text{ g آب}}{1 \text{ kg آب}} \times \frac{500 \text{ g کلر}}{1000 \text{ g آب}} \times \frac{10^{-3} \text{ g محلول}}{1 \text{ kg محلول}} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ آب}$$

با توجه به اینکه حجم استخر  $100 \text{ m}^3$  است، با استفاده از این مقدار محلول، می‌توان  $10$  مرتبه استخر را ضدعفونی نمود.

۳ ۴ تغییرات جرم تیغه به این صورت است که مقداری آهن خورده می‌شود و مقداری مس روی تیغه می‌نشیند. اگر غلظت محلول مس (II) سولفات را  $M$  فرض

کنیم؛ خواهیم داشت:

$$? \text{ g Fe} = 250 \text{ mL CuSO}_4 \times \frac{1 \text{ L محلول}}{10^3 \text{ mL محلول}} \times \frac{M \text{ mol CuSO}_4}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{1 \text{ mol CuSO}_4} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 14M \text{ g Fe}$$

$$? \text{ g Cu} = 250 \text{ mL CuSO}_4 \times \frac{1 \text{ L محلول}}{10^3 \text{ mL محلول}} \times \frac{M \text{ mol CuSO}_4}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{1 \text{ mol CuSO}_4} \times \frac{64 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 16M \text{ g Cu}$$

سپس معادله تغییر جرم تیغه را نوشته و  $M$  را به دست می‌آوریم:

$$1000 \text{ g} - 14M + 16M = 1000 \text{ g} \Rightarrow 2M = 0 \Rightarrow M = 1/4 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون به کمک رابطه مقابل، درصد جرمی این محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$M = \frac{10 \times a \times d}{160} \Rightarrow 1/4 = \frac{10 \times a \times 1/12}{160} \Rightarrow a = 20$$

۴ ابتدا جرم مس (II) کلرید ( $\text{CuCl}_2$ ) موجود در  $12$  کیلوگرم آب دریاچه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 27/1 = \frac{x(\text{g})}{12 \times 10^3 \text{ g}} \times 10^6 \Rightarrow x = 0.3252 \text{ g}$$

سپس جرم مولی این ترکیب را به دست می‌آوریم:

$$2/4 \times 10^{-3} \text{ mol CuCl}_2 \times \frac{M \text{ g CuCl}_2}{1 \text{ mol CuCl}_2} = 0.3252 \text{ g CuCl}_2 \Rightarrow M = 135/5 \text{ g.mol}^{-1}$$

پس جرم مولی عنصر  $\text{Cu}$  برابر است با:

مس دارای دو ایزوتوپ طبیعی  $^{63}\text{Cu}$  و  $^{65}\text{Cu}$  است. درصد فراوانی  $^{63}\text{Cu}$  و  $^{65}\text{Cu}$  را به ترتیب  $F_1$  و  $F_2 = 100 - F_1$  در نظر می‌گیریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 64/5 = \frac{63 F_1 + 65(100 - F_1)}{100} \Rightarrow F_1 = 25\%$$

۱ ۵ منیزیم کلرید دارای فرمول شیمیایی  $MgCl_2$  است و در حالت محلول هر مول از این ترکیب، ۳ مول یون آبپوشیده تولید می‌کند، پس اگر غلظت کل یون‌های آبپوشیده در این محلول ۹/۶ مولار باشد، غلظت منیزیم کلرید برابر  $3/2 \times (9/6)$  مول بر لیتر است.

حال اگر انحلال‌پذیری این نمک در این شرایط برابر ۲۵ گرم در ۱۰۰ گرم آب باشد، پس درصد جرمی این محلول برابر است با:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{25}{100+25} \times 100 = 20\%$$

اکنون به کمک فرمول مقابل می‌توانیم چگالی این محلول را به دست آوریم:

$$M = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow 3/2 = \frac{10 \times 20 \times d}{95} \Rightarrow d = 1.52 \text{ g.mL}^{-1}$$

۳ ۶ معادله موازنه شده واکنش:



روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم هیدروکلریک اسید مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g HCl} = 200 \text{ mL MnO}_2 \text{ محلول} \times \frac{1 \text{ L MnO}_2 \text{ محلول}}{10^3 \text{ mL MnO}_2 \text{ محلول}} \times \frac{3 \times 10^{-3} \text{ mol MnO}_2}{1 \text{ L MnO}_2 \text{ محلول}} \times \frac{4 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol MnO}_2} \times \frac{36.5 \text{ g HCl}}{1 \text{ mol HCl}} = 876 \times 10^{-4} \text{ g HCl}$$

سپس غلظت ppm محلول هیدروکلریک اسید را به دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{876 \times 10^{-4}}{365} \times 10^6 = 240 \text{ ppm}$$

روش دوم (تناسب):

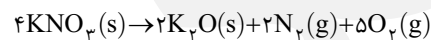
$$\frac{V \text{ mL}}{1 \times 22400} = \frac{\text{غلظت ppm} \times \text{جرم محلول HCl}}{\text{جرم محلول MnO}_2 \times \text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول MnO}_2} = \frac{365 \times \text{غلظت ppm}}{10^6 \times 4 \times 36.5/5} \Rightarrow \frac{365 \times \text{غلظت ppm}}{10^6 \times 4 \times 36.5/5} = \frac{22400 \times 1}{22400}$$

$$\Rightarrow \text{غلظت ppm} = 240, x = 13/44 \text{ mL}$$

۲ ۷ انحلال‌پذیری پتاسیم نیترات در دماهای  $20^\circ\text{C}$  و  $40^\circ\text{C}$  به ترتیب برابر  $30$  و  $60$  گرم در  $100$  گرم آب است؛ بنابراین اگر  $160$  گرم محلول سیرشده را از دمای  $40^\circ\text{C}$  تا  $20^\circ\text{C}$  سرد کنیم، مقدار  $30$  گرم پتاسیم نیترات رسوب می‌کند. به این ترتیب جرم  $KNO_3$  حاصل را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g KNO}_3 \text{ رسوب} = 8 \text{ g محلول} \times \frac{30 \text{ g رسوب}}{160 \text{ g محلول}} = 1.5 \text{ g KNO}_3 \text{ رسوب}$$

سپس جرم  $O_2$  حاصل از تجزیه گرمایی  $1/5$  گرم  $KNO_3$  را به دست می‌آوریم:



معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g O}_2 = 1.5 \text{ g KNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 \text{ g KNO}_3} \times \frac{5 \text{ mol O}_2}{4 \text{ mol KNO}_3} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 0.6 \text{ g O}_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم O}_2}{\text{جرم محلول KNO}_3} = \frac{\text{جرم O}_2}{\text{جرم محلول KNO}_3} \Rightarrow \frac{1.5}{4 \times 101} = \frac{x}{5 \times 32} \Rightarrow x = 0.6 \text{ g}$$

با توجه به نمودار نشان داده شده، در دمای  $35^\circ\text{C}$  و فشار  $1 \text{ atm}$  مقدار  $2/5 \times 10^{-3}$  گرم گاز اکسیژن در  $100$  گرم آب حل می‌شود، پس در دمای  $35^\circ\text{C}$  و فشار  $2 \text{ atm}$  مقدار  $5 \times 10^{-3}$  گرم گاز اکسیژن در  $100$  گرم آب حل می‌شود. اکنون حجمی از آب با دمای  $35^\circ\text{C}$  و فشار  $2 \text{ atm}$  که این مقدار گاز  $O_2$  در آن حل می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ L آب} = 0.6 \text{ g} \times \frac{100 \text{ g آب}}{5 \times 10^{-3} \text{ g O}_2} \times \frac{1 \text{ mL آب}}{1 \text{ g آب}} \times \frac{1 \text{ L آب}}{10^3 \text{ mL آب}} = 12 \text{ L آب}$$

۳ ۸ از آنجا که محلول  $H_2S$  رقیق است، جرم محلول را می‌توان برابر جرم آب در نظر گرفت.

$$? \text{ g H}_2\text{S محلول} = 5/46 \text{ g Na}_2\text{S} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{S}}{78 \text{ g Na}_2\text{S}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{S}}{1 \text{ mol Na}_2\text{S}} \times \frac{34 \text{ g H}_2\text{S}}{1 \text{ mol H}_2\text{S}} \times \frac{100 \text{ g H}_2\text{S محلول}}{34 \text{ g H}_2\text{S}} = 700 \text{ g H}_2\text{S محلول}$$

قسمت اول: ابتدا جرمی از NO که در ۱۰۰ گرم محلول ۰/۲ مولار آن وجود دارد را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g NO} = 100 \text{ g آب} \times \frac{1 \text{ mL آب}}{1 \text{ g آب}} \times \frac{1 \text{ L آب}}{10^3 \text{ mL آب}} \times \frac{2 \times 10^{-2} \text{ mol NO}}{1 \text{ L آب}} \times \frac{30 \text{ g NO}}{1 \text{ mol NO}} = 0.6 \text{ g NO}$$

سپس با توجه به رابطه خطی انحلال پذیری گازها با فشار آنها در دمای ثابت (قانون هنری)، اگر در فشار ۳ atm مقدار ۰/۲ گرم NO در ۱۰۰ گرم آب حل شود، پس برای حل شدن ۰/۶ گرم از این گاز در ۱۰۰ گرم آب باید فشار ۳ برابر، یعنی ۹ atm شود:

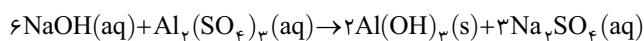
$$\text{درصد افزایش فشار} = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100 = \frac{9 - 3}{3} \times 100 = 200\%$$

قسمت دوم: ابتدا جرمی از گاز NO که در ۱۰۰ گرم محلول سیر شده در حالت دوم وجود دارد را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g NO} = 100 \text{ g آب} \times \frac{1 \text{ mL آب}}{1 \text{ g آب}} \times \frac{1 \text{ L آب}}{10^3 \text{ mL آب}} \times \frac{0.5 \text{ g NO}}{5 \text{ L آب}} = 0.1 \text{ g NO}$$

با توجه به رابطه خطی انحلال پذیری گازها با فشار آنها در دمای ثابت، از آنجا که در فشار ۳ atm حداکثر مقدار ۰/۲ گرم NO در ۱۰۰ گرم آب حل می‌شود، پس برای حل شدن ۰/۱ گرم گاز NO در همین دما در ۱۰۰ گرم آب و ایجاد محلول سیر شده، فشار باید ۱/۵ atm باشد.

معادله موازنه شده واکنش:



با توجه به انحلال پذیری NaOH می‌توان نتیجه گرفت که در هر ۲۲۰ گرم محلول از این ترکیب، ۱۲۰ گرم NaOH حل شده است:

$$? \text{ L Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 560 \text{ mL NaOH محلول} \times \frac{1375 \text{ g NaOH محلول}}{1 \text{ mL NaOH محلول}} \times \frac{120 \text{ g NaOH}}{220 \text{ g NaOH محلول}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3}{6 \text{ mol NaOH}}$$

$$\times \frac{1 \text{ L Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ محلول}}{0.5 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3} = 3 / 5 \text{ L Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ محلول}$$

$$? \text{ g Al(OH)}_3 = 3 / 5 \text{ L Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ محلول} \times \frac{0.5 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3}{1 \text{ L Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ محلول}} \times \frac{2 \text{ mol Al(OH)}_3}{1 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{78 \text{ g Al(OH)}_3}{1 \text{ mol Al(OH)}_3} = 237 \text{ g Al(OH)}_3$$

### پاسخ تشریحی آزمون جامع (۳)

جرم منیزیم سولفات را x گرم و جرم منیزیم کلرید را (۵-x) گرم در نظر می‌گیریم و جرم منیزیم را در این مخلوط محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g Mg}^{2+} = x \text{ g MgSO}_4 \times \frac{1 \text{ mol MgSO}_4}{120 \text{ g MgSO}_4} \times \frac{1 \text{ mol Mg}^{2+}}{1 \text{ mol MgSO}_4} \times \frac{24 \text{ g Mg}^{2+}}{1 \text{ mol Mg}^{2+}} = \frac{x}{5} \text{ g Mg}^{2+}$$

$$? \text{ g Mg}^{2+} = (5-x) \text{ g MgCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol MgCl}_2}{95 \text{ g MgCl}_2} \times \frac{1 \text{ mol Mg}^{2+}}{1 \text{ mol MgCl}_2} \times \frac{24 \text{ g Mg}^{2+}}{1 \text{ mol Mg}^{2+}} = \frac{24(5-x)}{95} \text{ g Mg}^{2+}$$

از مقدار غلظت ppm داریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 120 = \frac{y \text{ g Mg}^{2+}}{10 \times 10^3 \text{ g}} \times 10^6 \Rightarrow y = 120 \text{ g} \Rightarrow \frac{x}{5} + \frac{24(5-x)}{95} = 120 \Rightarrow x = 120$$

پس ۱/۲ گرم منیزیم سولفات و ۳/۸ گرم منیزیم کلرید در آب حل شده است:

$$? \text{ mol MgSO}_4 = 120 \text{ g MgSO}_4 \times \frac{1 \text{ mol MgSO}_4}{120 \text{ g MgSO}_4} = 1 \text{ mol MgSO}_4$$

$$? \text{ mol MgCl}_2 = 3/8 \text{ g MgCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol MgCl}_2}{95 \text{ g MgCl}_2} = 0.4 \text{ mol MgCl}_2$$

پس نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{\text{مقدار مول MgCl}_2}{\text{مقدار مول MgSO}_4} = \frac{0.4}{1} = 0.4$$



۳ ۲ ابتدا مقدار مول آمونیوم نیترات را  $n_1$  و مقدار مول کلسیم نیترات را  $n_2$  در نظر می‌گیریم و جرم هر یک از یون‌های موجود در محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{محلول آمونیوم نیترات:} \quad \text{مول حل شونده} = \frac{\text{غلظت مولار}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 1/5 = \frac{n_1}{a} \Rightarrow n_1 = 1/5a \text{ mol}$$

$$? \text{ g NH}_4^+ = 1/5a \text{ mol NH}_4\text{NO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_4^+}{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3} \times \frac{18 \text{ g NH}_4^+}{1 \text{ mol NH}_4^+} = 27a \text{ g NH}_4^+$$

$$? \text{ g NO}_3^- = 1/5a \text{ mol NH}_4\text{NO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NO}_3^-}{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3} \times \frac{62 \text{ g NO}_3^-}{1 \text{ mol NO}_3^-} = 93a \text{ g NO}_3^-$$

محلول کلسیم نیترات:

$$\text{مول حل شونده} = \frac{\text{غلظت مولی}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 2/25 = \frac{n_2}{b} \Rightarrow n_2 = 2/25b \text{ mol}$$

$$? \text{ g Ca}^{2+} = 2/25b \text{ mol Ca(NO}_3)_2 \times \frac{1 \text{ mol Ca}^{2+}}{1 \text{ mol Ca(NO}_3)_2} \times \frac{40 \text{ g Ca}^{2+}}{1 \text{ mol Ca}^{2+}} = 90b \text{ g Ca}^{2+}$$

$$? \text{ g NO}_3^- = 2/25b \text{ mol Ca(NO}_3)_2 \times \frac{2 \text{ mol NO}_3^-}{1 \text{ mol Ca(NO}_3)_2} \times \frac{62 \text{ g NO}_3^-}{1 \text{ mol NO}_3^-} = 279b \text{ g NO}_3^-$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{آنیون‌ها: } 93a + 279b = 93 \\ \text{کاتیون‌ها: } 27a + 90b = 28.8 \end{array} \right. \Rightarrow a = 0.4, b = 0.2$$

سپس با توجه به مجموع جرم آنیون‌ها و کاتیون‌ها در محلول، نسبت  $\frac{a}{b}$  را به دست می‌آوریم:

پس نسبت  $\frac{a}{b}$  برابر  $\frac{2}{1}$  است.

۴ ۳ درصد جرمی این محلول برابر است با:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \frac{11/2}{28.0} \times 100 = 39.3\%$$

$$\text{از فرمول روبه‌رو جرم مولی این حل شونده را محاسبه می‌کنیم:} \quad \text{جرم مولی} = 224 \text{ g.mol}^{-1} \Rightarrow \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 4 \times 1/4}{224} \Rightarrow 0.25$$

$$\text{جرم مولی MBr}_x = M + x(80) = 224$$

پس داریم:

اگر  $x$  برابر ۱ باشد، جرم مولی  $M$  برابر ۱۴۴ است و اگر  $x$  برابر ۲ باشد، جرم مولی  $M$  برابر ۶۴ است که با توجه به داده‌های مسئله فرمول  $\text{CuBr}_2$  برای این ترکیب به دست می‌آید. اکنون جرم آنیون  $(\text{Br}^-)$  موجود در محلول را محاسبه و درصد جرمی آنیون موجود در محلول را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g Br}^- = 1/2 \text{ g CuBr}_2 \times \frac{1 \text{ mol CuBr}_2}{224 \text{ g CuBr}_2} \times \frac{2 \text{ mol Br}^-}{1 \text{ mol CuBr}_2} \times \frac{80 \text{ g Br}^-}{1 \text{ mol Br}^-} = 8 \text{ g Br}^-$$

$$\text{درصد جرمی آنیون در محلول} = \frac{8}{28.0} \times 100 = 28.6\%$$

۴ ۲ قسمت اول: جرم اولیه تیغه آهنی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم تیغه آهنی} = 0.56 \text{ cm}^3 \text{ Fe} \times \frac{7.8 \text{ g Fe}}{1 \text{ cm}^3 \text{ Fe}} = 4.368 \text{ g}$$

حجم محلول نقره نیترات را  $V$  لیتر در نظر می‌گیریم:

$$\text{جرم آهن مصرف شده: } ? \text{ g Fe} = V \text{ L AgNO}_3 \text{ محلول} \times \frac{0.45 \text{ mol AgNO}_3}{1 \text{ L AgNO}_3 \text{ محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{2 \text{ mol AgNO}_3} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 12.6V \text{ g Fe}$$

$$\text{جرم نقره تولید شده: } ? \text{ g Ag} = V \text{ L AgNO}_3 \text{ محلول} \times \frac{0.45 \text{ mol AgNO}_3}{1 \text{ L AgNO}_3 \text{ محلول}} \times \frac{2 \text{ mol Ag}}{2 \text{ mol AgNO}_3} \times \frac{108 \text{ g Ag}}{1 \text{ mol Ag}} = 48.6V \text{ g Ag}$$

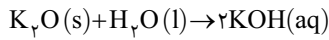
معادله تغییر جرم تیغه را با توجه به این که ۷۰ درصد نقره تولید شده روی تیغه آهنی قرار می‌گیرد، می‌نویسیم:

$$\text{جرم نقره قرار گرفته روی سطح تیغه} + \text{جرم آهن مصرف شده} - \text{جرم اولیه تیغه} = \text{جرم نهایی تیغه}$$

$$8/652 = 4/368 - 12/6V + \frac{70}{100} (48/6V) \Rightarrow V = 0.2 \text{ L} = 200 \text{ mL}$$

قسمت دوم: درصد جرمی نقره در تیغه نهایی برابر است با:

$$\text{درصد جرمی نقره در تیغه} = \frac{\text{جرم نقره}}{\text{جرم کل تیغه نهایی}} \times 100 = \frac{\frac{70}{100} \times (48/6 \times 0.2)}{8/652} \times 100 = 78.6\%$$

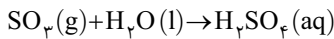


بشر شماره (۱):

$$? \text{ mol KOH} = 28/2 \text{ g } K_2O \times \frac{1 \text{ mol } K_2O}{94 \text{ g } K_2O} \times \frac{2 \text{ mol KOH}}{1 \text{ mol } K_2O} = 0.6 \text{ mol KOH}$$

$$(M_1) \text{ غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0.6 \text{ (mol)}}{0.25 \text{ (L)}} = 2.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

غلظت محلول تولید شده:

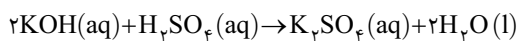


بشر شماره (۲):

$$? \text{ mol } H_2SO_4 = 8 \text{ L } SO_3 \times \frac{2/5 \text{ g } SO_3}{1 \text{ L } SO_3} \times \frac{1 \text{ mol } SO_3}{80 \text{ g } SO_3} \times \frac{1 \text{ mol } H_2SO_4}{1 \text{ mol } SO_3} = 0.25 \text{ mol } H_2SO_4$$

$$(M_2) \text{ غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0.25 \text{ (mol)}}{0.2 \text{ (L)}} = 1.25 \text{ mol.L}^{-1}$$

غلظت محلول تولید شده:



معادله موازنه شده واکنش نهایی:

روش اول (کسر تبدیل): حجم محلول سولفوریک اسید مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mL } H_2SO_4 \text{ محلول} = 100 \times 10^{-3} \text{ L KOH محلول} \times \frac{2/4 \text{ mol KOH}}{1 \text{ L KOH محلول}} \times \frac{1 \text{ mol } H_2SO_4}{2 \text{ mol KOH}} \times \frac{1 \text{ L } H_2SO_4 \text{ محلول}}{1/25 \text{ mol } H_2SO_4} \times \frac{1000 \text{ mL محلول}}{1 \text{ L محلول}} = 96 \text{ mL } H_2SO_4 \text{ محلول}$$

غلظت مولی نمک تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol } K_2SO_4 = 100 \text{ mL KOH محلول} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} \times \frac{2/4 \text{ mol KOH}}{1 \text{ L KOH محلول}} \times \frac{1 \text{ mol } K_2SO_4}{2 \text{ mol KOH}} = 0.12 \text{ mol } K_2SO_4$$

$$\text{غلظت مولی پتاسیم سولفات} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0.12}{0.1+0.096} = 0.61 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{\text{غلظت } K_2SO_4 \times \text{حجم کل}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت } H_2SO_4 \times \text{حجم محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت } KOH \times \text{حجم محلول}}{\text{ضریب}}$$

روش دوم (تناسب):

$$\Rightarrow \frac{0.1 \times 2/4}{2} = \frac{V \times 1/25}{1} = \frac{M \times \text{حجم کل}}{1} \Rightarrow V = 0.96 \text{ L} = 96 \text{ mL} \Rightarrow \text{حجم کل محلول} = 0.196 \text{ L}$$

$$\text{غلظت مولی پتاسیم سولفات} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0.12}{0.1+0.096} = 0.61 \text{ mol.L}^{-1}$$

درصد جرمی سدیم نیترات در محلول سیرشده در دمای  $35^\circ\text{C}$  را از فرمول زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \gamma = \frac{10 \times a \times 1/19}{85} \Rightarrow a = 7.5\%$$

$$35^\circ\text{C} \text{ انحلال پذیری این نمک در این دما برابر است با: } 100 \text{ g آب} \times \frac{5 \text{ g } NaNO_3}{5 \text{ g آب}} = 100 \text{ g } NaNO_3$$

انحلال پذیری این نمک در دمای  $20^\circ\text{C}$  را  $S$  در نظر می‌گیریم و  $1800$  گرم محلول سیرشده آن را از دمای  $35^\circ\text{C}$  تا  $20^\circ\text{C}$  سرد می‌کنیم. اگر  $200$  گرم محلول سیرشده را از دمای  $35^\circ\text{C}$  تا  $20^\circ\text{C}$  سرد کنیم، مقدار  $(100-S)$  گرم رسوب تشکیل می‌شود، پس داریم:

$$? \text{ g } NaNO_3 \text{ رسوب} = 180 \text{ g } NaNO_3 \text{ محلول} \times \frac{(100-S) \text{ g } NaNO_3 \text{ رسوب}}{200 \text{ g } NaNO_3 \text{ محلول}} = 9(100-S) \text{ g } NaNO_3 \text{ رسوب}$$

با توجه به اطلاعات مسئله این مقدار  $20$  گرم از میزان انحلال پذیری بیشتر است، داریم:

$$9(100-S) = S + 20 \Rightarrow 900 - 9S = S + 20 \Rightarrow 10S = 880 \Rightarrow S = 88 \text{ g } / 100 \text{ g } H_2O$$

پس انحلال پذیری سدیم نیترات در دمای  $35^\circ\text{C}$  و  $20^\circ\text{C}$  به ترتیب  $100 \text{ g}$  و  $88 \text{ g}$  است. معادله انحلال پذیری این نمک را به دست می‌آوریم:

$$\frac{S-S_1}{S_2-S_1} = \frac{\theta-\theta_1}{\theta_2-\theta_1} \Rightarrow \frac{S-88}{100-88} = \frac{\theta-20}{35-20} \Rightarrow S = 0.8\theta + 72$$

شیب و عرض از مبدأ معادله انحلال پذیری به ترتیب برابر  $0.8$  و  $72$  است که حاصل ضرب آن‌ها برابر  $57.6$  ( $72 \times 0.8$ ) می‌باشد.

۳ ۷ جرم آهن (II) کلرید را  $x$  گرم و جرم آهن (III) کلرید را  $(83/3-x)$  گرم در نظر می‌گیریم و مجموع مول‌های موجود در این محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol ion} = x \text{ g FeCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol FeCl}_2}{127 \text{ g FeCl}_2} \times \frac{3 \text{ mol ion}}{1 \text{ mol FeCl}_2} = \frac{3x}{127} \text{ mol ion} \quad \text{آهن (II) کلرید:}$$

$$? \text{ mol ion} = (83/3-x) \text{ g FeCl}_3 \times \frac{1 \text{ mol FeCl}_3}{162/5 \text{ g FeCl}_3} \times \frac{4 \text{ mol ion}}{1 \text{ mol FeCl}_3} = \frac{4(83/3-x)}{162/5} \text{ mol ion} \quad \text{آهن (III) کلرید:}$$

با توجه به غلظت تمام یون‌ها، مجموع مول‌های موجود در این محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{\text{مول حل شونده}}{10 \text{ L}} \Rightarrow \frac{3x}{127} + \frac{4(83/3-x)}{162/5} = 2 \Rightarrow x = 50/8 \text{ g}$$

$$\% \text{FeCl}_2 = \frac{\text{جرم FeCl}_2}{\text{جرم کل}} \times 100 = \frac{50/8}{83/3} \times 100 \approx 61\% \quad \text{پس درصد جرمی آهن (II) کلرید در مخلوط اولیه برابر است با:}$$

۲ ۸ غلظت مولی محلول منیزیم کلرید برابر است با:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow M_1 = \frac{10 \times 2 \times 1/2}{95} = \frac{24}{95} \text{ mol.L}^{-1}$$

با توجه به فرمول  $\text{MgCl}_2$ ، غلظت یون منیزیم نیز  $\frac{24}{95}$  مول بر لیتر است.

غلظت محلول منیزیم سولفات اولیه  $5\%$  مولار است، پس با توجه به فرمول  $\text{MgSO}_4$ ، غلظت یون  $\text{Mg}^{2+}$  نیز برابر  $5\%$  مول بر لیتر است.

$$M_2 = 0.05 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{غلظت مولار} = \frac{\text{ppm} \times d}{1000 \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow M_3 = \frac{466 \times 1/3}{1000 \times 24} = 0.02 \text{ mol.L}^{-1}$$

غلظت مولار یون  $\text{Mg}^{2+}$  در محلول نهایی برابر است با:

پس با توجه به رابطه قانون پایستگی مول داریم:

$$n_1 + n_2 = n_3 \Rightarrow M_1 V_1 + M_2 V_2 = M_3 V_3 \Rightarrow \frac{24}{95} \times 76 \times 10^{-3} + 0.05 V_2 = 0.02 \times 3 \Rightarrow V_2 = 0.816 \text{ L} = 816 \text{ mL}$$

۱ ۹ انحلال‌پذیری پتاسیم دی‌کرومات در دماهای  $70^\circ\text{C}$  و  $50^\circ\text{C}$  به ترتیب  $50$  و  $30$  گرم در  $100$  گرم آب است و انحلال‌پذیری پتاسیم کلرات در دماهای

$70^\circ\text{C}$  و  $50^\circ\text{C}$  به ترتیب  $30$  و  $15$  گرم در  $100$  گرم آب است. پس در دمای  $70^\circ\text{C}$  و  $50^\circ\text{C}$  به ترتیب  $80$  و  $45$  گرم از این دو نمک در  $100$  گرم آب حل می‌شود و با سرد کردن  $180$  گرم محلول سیر شده از این دو نمک از دمای  $70^\circ\text{C}$  به  $50^\circ\text{C}$ ، مقدار  $35$  گرم رسوب تشکیل می‌شود و  $145$  گرم محلول باقی می‌ماند که  $45$  گرم آن نمک و  $100$  گرم آب است. پس درصد جرمی آب در این محلول در دمای  $50^\circ\text{C}$  برابر است با:

$$\% \text{جرم آب} = \frac{100}{145} \times 100 = 69\%$$

۳ ۱۰ غلظت مولار محلول در شاخه سمت راست برابر است با:

$$\text{غلظت مولار} = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 32 \times \frac{4}{3}}{160} = \frac{8}{3} \text{ mol.L}^{-1}$$

غلظت مولار محلول در شاخه سمت چپ را باید به دست آوریم:

$$? \text{ mol CuSO}_4 = 10.8 \text{ g CuSO}_4 \times \frac{1 \text{ mol CuSO}_4}{160 \text{ g CuSO}_4} = 3 \text{ mol CuSO}_4$$

$$? \text{ L CuSO}_4 = 10.8 \text{ g CuSO}_4 \times \frac{1 \text{ mL CuSO}_4 \text{ محلول}}{1/8 \text{ g CuSO}_4 \text{ محلول}} \times \frac{1 \text{ L CuSO}_4 \text{ محلول}}{1000 \text{ mL CuSO}_4 \text{ محلول}} = 0.6 \text{ L CuSO}_4$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{3 \text{ (mol)}}{0.6 \text{ (L)}} = 5 \text{ mol.L}^{-1}$$

با توجه به فرایند اسمز باید غلظت دو شاخه با هم برابر شود و آب از سمت محلول رقیق‌تر به سمت محلول غلیظ‌تر برود:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_R = 450 \text{ mL} \\ M_R = \frac{8}{3} \text{ mol.L}^{-1} \\ n_R = 1/2 \text{ mol} \end{array} \right. \quad \text{لوله راست} \quad \left\{ \begin{array}{l} V_L = 600 \text{ mL} \\ M_L = 5 \text{ mol.L}^{-1} \\ n_L = 3 \text{ mol} \end{array} \right. \quad \text{لوله چپ}$$

$$\Rightarrow M'_R = M'_L \Rightarrow \frac{n_R}{V_R - x} = \frac{n_L}{V_L + x} \Rightarrow \frac{1/2}{450 - x} = \frac{3}{600 + x} \Rightarrow 720 + 1/2x = 1350 - 3x \Rightarrow 4/2x = 630 \Rightarrow x = 150 \text{ mL}$$

پس  $150$  میلی‌لیتر آب از شاخه سمت راست به شاخه سمت چپ می‌رود و اختلاف حجم محلول در شاخه‌ها به  $450$  میلی‌لیتر می‌رسد. با توجه به رابطه حجم استوانه،

$$\Delta V = \pi r^2 \Delta h \Rightarrow 450 = 3 \times 2^2 \times \Delta h \Rightarrow \Delta h = 37.5 \text{ cm}$$

اختلاف ارتفاع در دو شاخه برابر است با:

پاسخ تشریحی آزمون جامع (۱)

۱ ۱ حداکثر مقدار فلز مس موجود در ۲۰ تن گیاه برابر است با:

$$? \text{ kg Cu} = 20 \text{ ton گیاه} \times \frac{10^3 \text{ kg گیاه}}{1 \text{ ton گیاه}} \times \frac{14 \text{ g Cu}}{1 \text{ kg گیاه}} \times \frac{1 \text{ kg Cu}}{10^3 \text{ g Cu}} = 280 \text{ kg Cu}$$

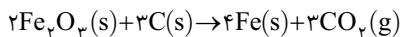
$$? \text{ g Cu} = 5 \text{ kg گیاه} \times \frac{14 \text{ g Cu}}{1 \text{ kg گیاه}} = 70 \text{ g Cu}$$

مقدار فلز مس موجود در ۵ کیلوگرم گیاه برابر است با:

$$\text{درصد جرمی فلز مس در خاکستر حاصل از ۵ کیلوگرم گیاه را محاسبه می‌کنیم:}$$

$$\text{خاکستر} = \frac{70 \text{ g Cu}}{800 \text{ g}} \times 100 = 8.75\%$$

درصد جرمی فلز مس در خاکستر حاصل از ۵ کیلوگرم گیاه را محاسبه می‌کنیم:



۳ ۲ معادله موازنه شده واکنش:

$$? \text{ g Fe} = \frac{1}{6} \times 10^3 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 (\text{خالص}) \times \frac{75 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 (\text{خالص})}{100 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 (\text{ناخالص})} \times \frac{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3}{160 \text{ g Fe}_2\text{O}_3} \times \frac{4 \text{ mol Fe}}{2 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 840 \text{ g Fe}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{100} = \frac{\text{جرم آهن}}{2 \times 160} \Rightarrow \frac{1}{6} \times 10^3 \times \frac{75}{100} = \frac{x \text{ g Fe}}{4 \times 56} \Rightarrow x = 840 \text{ g Fe}$$

روش دوم (تناسب):

۴ ۳ معادله موازنه شده واکنش: (در شرایط STP فقط کربن دی‌اکسید گاز است و آب حالت مایع یا جامد دارد)



روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم کلسیم کربنات خالص را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CaCO}_3 (\text{خالص}) = 1792 \text{ mL CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{22400 \text{ mL CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 8 \text{ g CaCO}_3 (\text{خالص})$$

$$\text{درصد خلوص کلسیم کربنات برابر است با:}$$

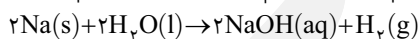
$$\text{درصد خلوص کلسیم کربنات} = \frac{\text{جرم CaCO}_3 \text{ خالص}}{\text{جرم CaCO}_3 \text{ ناخالص}} \times 100 = \frac{8}{10} \times 100 = 80\%$$

درصد خلوص کلسیم کربنات برابر است با:

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{100} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{1 \times 100} \Rightarrow \frac{10 \times \frac{P}{100}}{22400 \times \text{ضریب}} = \frac{1792}{1 \times 22400} \Rightarrow P = 80\%$$

روش دوم (تناسب):

۴ ۴ جرم مخلوط اولیه برابر ۱۰۰ گرم است. در اثر انجام واکنش مقداری گاز هیدروژن تولید شده و از جرم مخلوط اولیه کم می‌شود. پس باید جرم گاز تولید شده را محاسبه کرده و از ۱۰۰ گرم کم کنیم. معادله موازنه شده واکنش:



شده را محاسبه کرده و از ۱۰۰ گرم کم کنیم. معادله موازنه شده واکنش:

$$? \text{ g H}_2 = 5 \text{ g Na} (\text{ناخالص}) \times \frac{92 \text{ g Na} (\text{خالص})}{100 \text{ g Na} (\text{ناخالص})} \times \frac{1 \text{ mol Na}}{23 \text{ g Na}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol Na}} \times \frac{2 \text{ g H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = 0.2 \text{ g H}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

پس جرم مخلوط باقی مانده برابر ۹۹/۸g (۱۰۰-۰/۲) است.

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{100} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{2 \times 23} \Rightarrow \frac{5 \times \frac{92}{100}}{2 \times 23} = \frac{x \text{ g H}_2}{1 \times 2} \Rightarrow x = 0.2 \text{ g H}_2$$

روش دوم (تناسب):

پس جرم مخلوط باقی مانده برابر ۹۹/۸g (۱۰۰-۰/۲) است.

۴ ۵ با توجه به اطلاعات داده شده در مسئله، کاهش جرم مربوط به تبدیل گوگرد موجود در  $\text{Cu}_2\text{S}$  به گوگرد دی‌اکسید است.

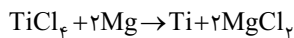
$$? \text{ g Cu}_2\text{S} (\text{خالص}) = 4.16 \text{ g S} \times \frac{1 \text{ mol S}}{32 \text{ g S}} \times \frac{1 \text{ mol Cu}_2\text{S}}{1 \text{ mol S}} \times \frac{160 \text{ g Cu}_2\text{S}}{1 \text{ mol Cu}_2\text{S}} = 20.8 \text{ g Cu}_2\text{S} (\text{خالص})$$

ابتدا جرم مس (I) سولفید را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{Cu}_2\text{S} \text{ درصد خلوص} = \frac{\text{جرم Cu}_2\text{S} \text{ خالص}}{\text{جرم Cu}_2\text{S} \text{ ناخالص}} \times 100 = \frac{20.8 \text{ (g)}}{65 \text{ (g)}} \times 100 = 32\%$$

سپس درصد خلوص مس (I) سولفید را به دست می‌آوریم:

پس این ترکیب دارای ۶۸ درصد ناخالصی است.



۳ ۶ معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل):

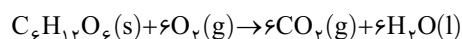
$$? \text{ kg Mg} = 200 \times 10^3 \text{ g TiCl}_4 \times \frac{76 \text{ g TiCl}_4 (\text{خالص})}{100 \text{ g TiCl}_4 (\text{خالص})} \times \frac{1 \text{ mol TiCl}_4}{190 \text{ g TiCl}_4} \times \frac{2 \text{ mol Mg}}{1 \text{ mol TiCl}_4} \times \frac{24 \text{ g Mg}}{1 \text{ mol Mg}} \times \frac{1 \text{ kg Mg}}{10^3 \text{ g Mg}} = 38/4 \text{ kg Mg}$$

$$? \text{ kg Ti} = 200 \times 10^3 \text{ g TiCl}_4 \times \frac{76 \text{ g TiCl}_4 (\text{خالص})}{100 \text{ g TiCl}_4 (\text{خالص})} \times \frac{1 \text{ mol TiCl}_4}{190 \text{ g TiCl}_4} \times \frac{1 \text{ mol Ti}}{1 \text{ mol TiCl}_4} \times \frac{48 \text{ g Ti}}{1 \text{ mol Ti}} \times \frac{100 \text{ g Ti}}{96 \text{ g Ti}} \times \frac{1 \text{ kg Ti}}{1000 \text{ g Ti}} = 4000 \text{ g Ti} = 4 \text{ kg Ti}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{100} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{100} \Rightarrow \frac{200 \times 10^3 \times \frac{76}{100}}{1 \times 190} = \frac{x \times 10^3 \text{ g Mg}}{2 \times 24} = \frac{y \times 10^3 \text{ g Ti}}{1 \times 48}$$

$$\Rightarrow x = 38/4 \text{ kg Mg}, y = 40 \text{ kg Ti}$$



۲ ۷ معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ L CO}_2 = 15 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{6 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{22/4 \text{ L CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 11/2 \text{ L CO}_2$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی CO}_2}{\text{مقدار نظری CO}_2} \times 100 = \frac{6/72 \text{ (L)}}{11/2 \text{ (L)}} \times 100 = 60\%$$

$$? \text{ g H}_2\text{O} = 15 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{6 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{60}{100} = 5/4 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{100} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{100} \Rightarrow \frac{15 \times \frac{R}{100}}{1 \times 180} = \frac{6/72}{6 \times 22/4} = \frac{x \text{ g H}_2\text{O}}{6 \times 18} \Rightarrow R = 60\%, x = 5/4 \text{ g H}_2\text{O}$$



۱ ۸ معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g MnO}_2 = 30 \text{ L Cl}_2 \times \frac{1/4 \times 71 \text{ g Cl}_2}{71 \text{ g Cl}_2} \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{1 \text{ mol MnO}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{87 \text{ g MnO}_2}{1 \text{ mol MnO}_2} \times \frac{100}{58} = 90 \text{ g MnO}_2$$

$$\frac{\text{MnO}_2 \text{ گرام} \times \frac{R}{100}}{100} = \frac{\text{جگالی} \times \text{ضریب}}{100} \Rightarrow \frac{x \text{ g MnO}_2 \times \frac{58}{100}}{1 \times 87} = \frac{30 \times 1/4 \times 71}{1 \times 71} \Rightarrow x = 90 \text{ g MnO}_2$$

روش دوم (تناسب):



۴ ۹ معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mL SO}_3 = 5/13 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times \frac{1 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3}{342 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{3 \text{ mol SO}_3}{1 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{22400 \text{ mL SO}_3}{1 \text{ mol SO}_3} \times \frac{80}{100} = 806/4 \text{ mL SO}_3$$

$$\frac{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ گرام} \times \frac{R}{100}}{100} = \frac{\text{میلی لیتر SO}_3 \times \text{ضریب}}{100} \Rightarrow \frac{5/13 \times \frac{80}{100}}{1 \times 342} = \frac{x \text{ mL SO}_3}{3 \times 22400} \Rightarrow x = 806/4 \text{ mL SO}_3$$

روش دوم (تناسب):

۳ ۱۰ درصد تجزیه آمونیوم دی کرومات را R در نظر بگیریم، مقدار فراورده جامد تولیدی و واکنش دهنده باقی مانده را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ g Cr}_2\text{O}_3 = 75/6 \text{ g (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times \frac{1 \text{ mol (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{252 \text{ g (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \times \frac{1 \text{ mol Cr}_2\text{O}_3}{1 \text{ mol (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \times \frac{152 \text{ g Cr}_2\text{O}_3}{1 \text{ mol Cr}_2\text{O}_3} \times \frac{R}{100} = 0/456R \text{ g Cr}_2\text{O}_3$$

با توجه به درصد تجزیه آمونیوم دی کرومات، اگر 75/6 گرم آمونیوم دی کرومات به میزان R درصد تجزیه شود، پس  $(75/6 \times \frac{100-R}{100})$  گرم از واکنش دهنده باقی

$$\frac{\text{جرم فراورده جامد (Cr}_2\text{O}_3)}{\text{جرم واکنش دهنده باقی مانده (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{0/456R}{75/6 \times \frac{100-R}{100}} = 2 \Rightarrow R = 76/8$$

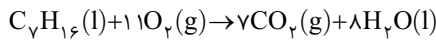
می ماند؛ بنابراین خواهیم داشت:

۴ ۱۱

ابتدا باید فرمول هیدروکربن سیرشده خطی (آلکان) مورد نظر را تعیین کنیم: (فرمول کلی آلکان‌ها به صورت  $C_nH_{2n+2}$  است.)

$$درصد\ جرمی\ اتم\ های\ هیدروژن\ در\ آلکان = \frac{2n+2}{14n+2} \times 100 = 16 \Rightarrow n=7$$

پس هیدروکربن مورد نظر  $C_7H_{16}$  بوده و معادله واکنش سوختن کامل آن در شرایط STP به صورت مقابل است:



پس برای سوختن کامل هر مول از این هیدروکربن به ۱۱ مول گاز اکسیژن نیاز است.

حال جرم گاز حاصل از سوختن کامل آن را در شرایط STP را محاسبه می‌کنیم:

$$? g CO_2 = 1 \text{ mol } C_7H_{16} \times \frac{7 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_7H_{16}} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 308 \text{ g } CO_2$$

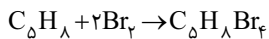
روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{C_7H_{16} \text{ مول}}{\text{ضریب}} = \frac{CO_2 \text{ گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1}{7 \times 44} = \frac{x}{308} \Rightarrow x = 308 \text{ g } CO_2$$

روش دوم (تناسب):

۲ ۱۲ فرمول کلی آلکین‌ها به صورت  $C_nH_{2n-2}$  است، پس خواهیم داشت:

$$\frac{2n-2}{n} = 1/6 \Rightarrow n=5$$



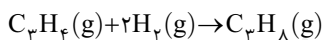
پس فرمول هیدروکربن مورد نظر  $C_5H_8$  است. معادله واکنش سیر شدن با برم:

$$? g Br_2 = 17 \text{ g } C_5H_8 \times \frac{1 \text{ mol } C_5H_8}{68 \text{ g } C_5H_8} \times \frac{2 \text{ mol } Br_2}{1 \text{ mol } C_5H_8} \times \frac{160 \text{ g } Br_2}{1 \text{ mol } Br_2} = 80 \text{ g } Br_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{C_5H_8 \text{ گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Br_2 \text{ گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{17}{1 \times 68} = \frac{x}{2 \times 160} \Rightarrow x = 80 \text{ g } Br_2$$

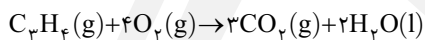
روش دوم (تناسب):



۲ ۱۳ معادله موازنه شده واکنش هیدروژن‌دار پروپین:

$$? g C_3H_4 = 12/22 \text{ L } C_3H_4 \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_4}{22/4 \text{ L } C_3H_4} \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_8}{1 \text{ mol } C_3H_4} \times \frac{40 \text{ g } C_3H_8}{1 \text{ mol } C_3H_8} \times \frac{100}{80} = 27/5 \text{ g } C_3H_4$$

اگر جرم اولیه گاز پروپین و گاز اکسیژن را  $y$  گرم در نظر بگیریم، مقدار  $(y-27/5)$  گرم گاز پروپین با  $y$  گرم گاز اکسیژن واکنش می‌دهد، پس داریم:

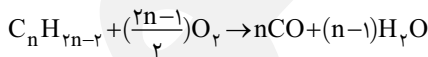


معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل گاز پروپین در شرایط STP:

$$(y-27/5) \text{ g } C_3H_4 \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_4}{40 \text{ g } C_3H_4} \times \frac{4 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_3H_4} \times \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = y \text{ g } O_2 \Rightarrow y = 40 \text{ g}$$

در نتیجه حجم گاز  $CO_2$  تولیدی در شرایط STP برابر است با:

$$? L CO_2 = (40-27/5) \text{ g } C_3H_4 \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_4}{40 \text{ g } C_3H_4} \times \frac{3 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_3H_4} \times \frac{22/4 \text{ L } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 21 \text{ L } CO_2$$



۱ ۱۴ معادله موازنه شده واکنش سوختن ناقص یک آلکین:

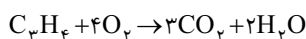
$$100/8 \text{ L } CO \times \frac{1 \text{ mol } CO}{22/4 \text{ L } CO} \times \frac{(n-1) \text{ mol } H_2O}{n \text{ mol } CO} \times \frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 54 \text{ g } H_2O \Rightarrow n=3$$

ابتدا با محاسبه مقدار  $n$ ، فرمول مولکولی آلکین را تعیین می‌کنیم:

پس فرمول مولکولی آلکین مورد نظر  $C_3H_4$  است.

از آنجا که جرم آب حاصل از سوختن کامل و ناقص هیدروکربن‌ها ثابت است، به کمک جرم آب به دست آمده در واکنش سوختن ناقص  $C_3H_4$ ، حجم گاز اکسیژن

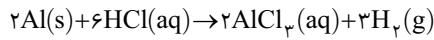
لازم برای سوختن کامل این هیدروکربن و جرم کربن‌دی‌اکسید حاصل را محاسبه می‌کنیم:



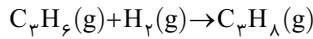
معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل این هیدروکربن:

$$? L O_2 = 54 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} \times \frac{4 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } H_2O} \times \frac{22/4 \text{ L } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 134/4 \text{ L } O_2$$

$$? g CO_2 = 54 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} \times \frac{3 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } H_2O} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 198 \text{ g } CO_2$$



۱۵ ۲ معادله موازنه شده واکنش‌ها:

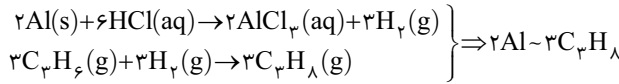


$$? g Al(\text{خالص}) = 99g C_3H_8 \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_8}{44g C_3H_8} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol } C_3H_8} \times \frac{2 \text{ mol } Al}{3 \text{ mol } H_2} \times \frac{27g Al}{1 \text{ mol } Al} = 40/5g Al(\text{خالص})$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$Al \text{ درصد خلوص} = \frac{\text{جرم } Al \text{ خالص}}{\text{جرم } Al \text{ ناخالص}} \times 100 = \frac{40/5 (g)}{50 (g)} \times 100 = 80\%$$

روش دوم (تناسب): ضرایب گاز هیدروژن را در دو واکنش یکسان می‌کنیم:



$$\frac{\text{جرم } Al \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{50 \times \frac{P}{100}}{2 \times 27} = \frac{99}{3 \times 44} \Rightarrow P = 80\%$$

### پاسخ تشریحی آزمون جامع (۲)

۱ ۱ روش اول (کسر تبدیل):

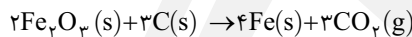
$$? kg Cu = 200 \times 10^3 g Cu_2S(\text{ناخالص}) \times \frac{80g Cu_2S(\text{خالص})}{100g Cu_2S(\text{ناخالص})} \times \frac{1 \text{ mol } Cu_2S}{160g Cu_2S} \times \frac{2 \text{ mol } Cu}{1 \text{ mol } Cu_2S} \times \frac{64g Cu}{1 \text{ mol } Cu} \times \frac{1kg Cu}{10^3g Cu} \times \frac{75}{100} = 96kg Cu$$

بازده درصدی

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } Cu_2S \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } Cu}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{200 \times 10^3 \times \frac{80}{100} \times \frac{75}{100}}{1 \times 160} = \frac{x g Cu}{2 \times 64} \Rightarrow x = 96 \times 10^3 g = 96kg Cu$$

۲ ۴ معادله موازنه شده واکنش:



روش اول (کسر تبدیل): ابتدا مقدار نظری گاز کربن دی‌اکسید تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? L CO_2(\text{نظری}) = 15kg \text{ سنگ معدن} \times \frac{480g Fe_2O_3}{1kg \text{ سنگ معدن}} \times \frac{1 \text{ mol } Fe_2O_3}{160g Fe_2O_3} \times \frac{3 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } Fe_2O_3} \times \frac{22/4L CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 1512L CO_2(\text{نظری})$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{1134(L)}{1512(L)} \times 100 = 75\%$$

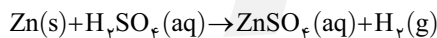
سپس با استفاده از مقدار عملی، بازده درصدی واکنش را به دست می‌آوریم:

$$? g Fe = 1134L CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{22/4L CO_2} \times \frac{4 \text{ mol } Fe}{3 \text{ mol } CO_2} \times \frac{56g Fe}{1 \text{ mol } Fe} = 3780g Fe = 3/78kg Fe$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } Fe_2O_3 \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر } CO_2(\text{STP})}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{15 \times 480 \times \frac{R}{100}}{2 \times 160} = \frac{1134}{3 \times 22/4} = \frac{x \times 10^3}{4 \times 56} \Rightarrow R = 75\%, x = 3/78kg Fe$$

۳ ۲ معادله موازنه شده واکنش:



روش اول (کسر تبدیل):

$$? g Zn(\text{ناخالص}) = 120mL H_2 \times \frac{1L H_2}{1000mL H_2} \times \frac{2g H_2}{1L H_2} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2g H_2} \times \frac{1 \text{ mol } Zn}{1 \text{ mol } H_2} \times \frac{65g Zn}{1 \text{ mol } Zn} \times \frac{100g Zn(\text{ناخالص})}{78g Zn(\text{خالص})} \times \frac{100}{50} = 5g Zn(\text{ناخالص})$$

بازده درصدی

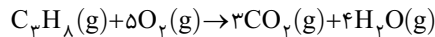
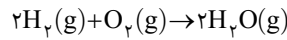
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } Zn \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{چگالی} \times \text{لیتر}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x g Zn(\text{ناخالص}) \times \frac{78}{100} \times \frac{50}{100}}{1 \times 65} = \frac{120 \times 2}{1 \times 2} \Rightarrow x = 5g Zn(\text{ناخالص})$$





۲ ۷ معادله موازنه شده واکنش‌ها:



روش اول (کسر تبدیل): با توجه به اینکه گاز کربن دی‌اکسید فقط در واکنش سوختن پروپان تولید می‌شود، می‌توانیم مقدار مول پروپان و مقدار بخار آب تولید شده در این واکنش را به دست آوریم:

$$? \text{ mol } C_3H_8 = 52/18 \text{ g } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_8}{3 \text{ mol } CO_2} \times \frac{100}{18} = 0/5 \text{ mol } C_3H_8$$

بازده درصدی

$$? \text{ g } H_2O = 52/18 \text{ g } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} \times \frac{4 \text{ mol } H_2O}{3 \text{ mol } CO_2} \times \frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 28/18 \text{ g } H_2O$$

پس مقدار بخار آب تولید شده در واکنش سوختن هیدروژن برابر ۲۷g (۵۵/۸-۲۸/۸) است.

$$? \text{ mol } H_2 = 27 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} \times \frac{2 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol } H_2O} \times \frac{100}{2} = 2/5 \text{ mol } H_2$$

بازده درصدی

اکنون درصد مولی پروپان در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد مولی پروپان} = \frac{0/5}{2/5 + 0/5} \times 100 = 16/67$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول پروپان} \times \frac{R_2}{100}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم کربن دی‌اکسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم بخار آب حاصل از واکنش سوختن پروپان}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}$$

$$\Rightarrow \frac{x \times 0/18}{1} = \frac{52/18}{3 \times 44} = \frac{y(g)}{4 \times 18} \Rightarrow x = 0/5 \text{ mol } C_3H_8, y = 28/18 \text{ g } H_2O$$

(حاصل از واکنش سوختن پروپان)

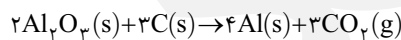
پس مقدار بخار آب تولید شده در واکنش سوختن هیدروژن برابر ۲۷g (۵۵/۸-۲۸/۸) است. اکنون مقدار مول گاز هیدروژن را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{مول هیدروژن} \times \frac{R_1}{100}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم بخار آب}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{z \text{ mol } H_2 \times \frac{60}{100}}{2} = \frac{27}{2 \times 18} \Rightarrow z = 2/5 \text{ mol } H_2$$

درصد مولی پروپان در مخلوط اولیه برابر است با:

$$\text{درصد مولی پروپان} = \frac{0/5}{2/5 + 0/5} \times 100 = 16/67$$

۳ ۸ معادله موازنه شده واکنش:



روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g } C (\text{ناخالص}) = 10 \times 10^3 \text{ g } Al_2O_3 (\text{خالص}) \times \frac{51 \text{ g } Al_2O_3 (\text{خالص})}{100 \text{ g } Al_2O_3 (\text{ناخالص})} \times \frac{1 \text{ mol } Al_2O_3}{102 \text{ g } Al_2O_3} \times \frac{3 \text{ mol } C}{2 \text{ mol } Al_2O_3} \times \frac{12 \text{ g } C}{1 \text{ mol } C} \times \frac{100 \text{ g } C (\text{ناخالص})}{60 \text{ g } C (\text{خالص})} = 1500 \text{ g } C (\text{ناخالص})$$

$$? \text{ g } Al (\text{ناخالص}) = 10 \times 10^3 \text{ g } Al_2O_3 (\text{خالص}) \times \frac{51 \text{ g } Al_2O_3 (\text{خالص})}{100 \text{ g } Al_2O_3 (\text{ناخالص})} \times \frac{1 \text{ mol } Al_2O_3}{102 \text{ g } Al_2O_3} \times \frac{4 \text{ mol } Al}{2 \text{ mol } Al_2O_3} \times \frac{27 \text{ g } Al}{1 \text{ mol } Al} \times \frac{100 \text{ g } Al (\text{ناخالص})}{90 \text{ g } Al (\text{خالص})} \times \frac{75}{100}$$

بازده درصدی

$$= 2250 \text{ g } Al (\text{ناخالص}) = 2/25 \text{ kg } Al (\text{ناخالص})$$

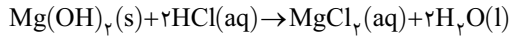
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{P_1} = \frac{\text{جرم کربن ناخالص}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{10 \times 10^3 \times 51}{2 \times 10^2} = \frac{x \text{ g } C (\text{ناخالص}) \times \frac{60}{100}}{3 \times 12} \Rightarrow x = 1500 \text{ g } C (\text{ناخالص})$$

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{P_1} = \frac{\text{جرم آلومینم ناخالص}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{10 \times 10^3 \times 51 \times 75}{2 \times 10^2} = \frac{y \text{ kg } Al \times 10^3 (\text{ناخالص}) \times \frac{90}{100}}{4 \times 27} \Rightarrow y = 2/25 \text{ kg } Al (\text{ناخالص})$$

ابتدا غلظت مولار هیدروکلریک اسید را با استفاده از فرمول زیر به دست می آوریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 36 / 5 \times 1 / 5}{36 / 5} = 15 \text{ mol.L}^{-1}$$



معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل):

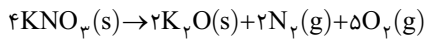
$$\begin{aligned} ? \text{ mL HCl} = 46/4 \text{ g Mg(OH)}_2 (\text{ناخالص}) \times \frac{75 \text{ g Mg(OH)}_2 (\text{خالص})}{100 \text{ g Mg(OH)}_2 (\text{ناخالص})} \times \frac{1 \text{ mol Mg(OH)}_2}{58 \text{ g Mg(OH)}_2} \times \frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol Mg(OH)}_2} \times \frac{1 \text{ L HCl}}{15 \text{ mol HCl}} \\ \times \frac{10^3 \text{ mL HCl}}{1 \text{ L HCl}} = 80 \text{ mL HCl} \end{aligned}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم Mg(OH)}_2 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت مولی اسید} \times \text{لیتر محلول هیدروکلریک اسید}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{46/4 \times \frac{75}{100} \times 15 \times \text{محلول} \times 10^3}{1 \times 58} = \frac{46/4 \times \frac{75}{100} \times x \times \text{محلول} \times 10^3}{1 \times 58}$$

$$\Rightarrow x = 0.08 \text{ L HCl} = 80 \text{ mL HCl}$$

معادله موازنه شده واکنش: ۲ ۱۰

به کمک قانون گازها، حجم مولی گازها را در دمای  $546^\circ \text{C}$  و فشار  $2 \text{ atm}$  محاسبه می کنیم:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{1 \times 273} = \frac{2 \times V_2}{n_2 \times 819} \Rightarrow \frac{V_2}{n_2} = 33/6 \text{ L.mol}^{-1}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ L گاز} = 46/4 \text{ g KNO}_3 (\text{ناخالص}) \times \frac{75 \text{ g KNO}_3 (\text{خالص})}{100 \text{ g KNO}_3 (\text{ناخالص})} \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 \text{ g KNO}_3} \times \frac{5 \text{ mol گاز}}{4 \text{ mol KNO}_3} \times \frac{33/6 \text{ L گاز}}{1 \text{ mol گاز}} = 17/64 \text{ L گاز}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی گاز}}{\text{مقدار نظری گاز}} \times 100 = \frac{8/82}{17/64} \times 100 = 50\%$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم KNO}_3 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز (غیر STP)}}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{46/4 \times \frac{75}{100} \times R}{100 \times 100} = \frac{8/82}{4 \times 101} \Rightarrow R = 50\%$$

### پاسخ تشریحی آزمون جامع (۳)

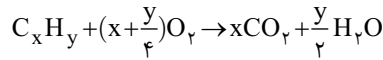
۳ ۱ جرم اولیه آمونیوم دی کرومات ناخالص را  $100$  گرم و درصد تجزیه آمونیوم دی کرومات را  $R$  در نظر می گیریم. توجه کنید که کاهش جرم مواد داخل ظرف، مربوط به خروج گازهای تولیدی است، پس باید جرم گازهای تولیدی را محاسبه کنیم:

$$? \text{ g N}_2 = 100 \text{ g (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 (\text{ناخالص}) \times \frac{63 \text{ g (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 (\text{خالص})}{252 \text{ g (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 (\text{ناخالص})} \times \frac{1 \text{ mol (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{1 \text{ mol (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \times \frac{2 \text{ mol N}_2}{1 \text{ mol (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \times \frac{28 \text{ g N}_2}{1 \text{ mol N}_2} \times \frac{R}{100} \\ = (0.07R) \text{ g N}_2$$

$$? \text{ g H}_2\text{O} = 100 \text{ g (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 (\text{ناخالص}) \times \frac{63 \text{ g (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 (\text{خالص})}{252 \text{ g (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 (\text{ناخالص})} \times \frac{1 \text{ mol (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{1 \text{ mol (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \times \frac{4 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol (NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{R}{100} \\ = (0.18R) \text{ g H}_2\text{O}$$

با توجه به اینکه جرم اولیه آمونیوم دی کرومات را  $100$  گرم در نظر گرفتیم و پس از اتمام واکنش  $80$  درصد مقدار اولیه، یعنی  $80$  گرم ماده جامد در ظرف باقی مانده، می توان نتیجه گرفت که جرم گازهای  $\text{N}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  تولید شده برابر  $20$  گرم است.

$$0.07R + 0.18R = 20 \Rightarrow R = 70\%$$

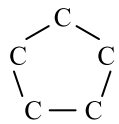


$$100L CO_2 \times \frac{1/1 g CO_2}{1 L CO_2} \times \frac{1 mol CO_2}{44 g CO_2} \times \frac{(x + \frac{y}{4}) mol O_2}{x mol CO_2} \times \frac{32 g O_2}{1 mol O_2} = 120 g O_2 \Rightarrow 1/\Delta x = x + \frac{y}{4} \Rightarrow x = \frac{y}{2}$$

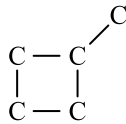
با توجه به اینکه  $y$  دو برابر  $x$  است، و هیدروکربن مورد نظر سیرشده است، می‌توان نتیجه گرفت که هیدروکربن مورد نظر یک سیکلوآلکان است. با در نظر گرفتن این که مجموع ضرایب مولی فراورده‌های واکنش سوختن کامل یک مول از این هیدروکربن برابر ۱۰ است. داریم:

$$x + \frac{y}{2} = 10 \xrightarrow{x = \frac{y}{2}} x = 5, y = 10$$

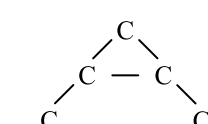
پس فرمول سیکلوآلکان مورد نظر  $C_5H_{10}$  است.



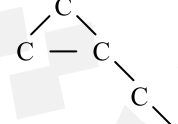
سیکلوپنتان



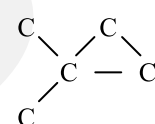
متیل سیکلو بوتان



۱، ۲ - دی متیل سیکلو پروپان

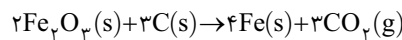


اتیل سیکلو پروپان



۱، ۱ - دی متیل سیکلو پروپان

۳ ۳ کربن فقط با آهن (III) اکسید وارد واکنش می‌شود و با سدیم اکسید واکنش نمی‌دهد.



روش اول (کسر تبدیل): جرم آهن تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

$$? g Fe = 100 g Fe_2O_3 \times \frac{160 g Fe_2O_3 \text{ (خالص)}}{100 g Fe_2O_3 \text{ (ناخالص)}} \times \frac{1 mol Fe_2O_3}{160 g Fe_2O_3} \times \frac{4 mol Fe}{2 mol Fe_2O_3} \times \frac{56 g Fe}{1 mol Fe} = 56 g Fe$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{100 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \text{ (ناخالص)} \times \frac{P_1}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{Fe گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{100 \times 0.16}{2 \times 160} = \frac{x(g)}{4 \times 56} \Rightarrow x = 56 g$$

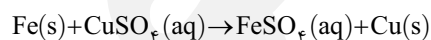
جرم ماده جامد باقی مانده در ظرف واکنش برابر با مجموع جرم سدیم اکسید خالص، جرم ناخالصی‌های موجود در آهن (III) اکسید اولیه و جرم آهن تولیدی است. جرم آهن تولید شده + جرم ناخالصی موجود در نمونه  $Fe_2O_3$  + جرم نمونه ناخالص  $Na_2O$  = جرم جامد باقی مانده در ظرف

$$= 50 g Na_2O \text{ (ناخالص)} + 100 g Fe_2O_3 \text{ (ناخالص)} \times \frac{20 g \text{ ناخالصی}}{100 g Fe_2O_3 \text{ (ناخالص)}} + 56 g Fe = 126 g$$

اکنون نسبت جرم فلز خالص تولید شده به کل جرم جامد باقی مانده در ظرف واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم فلز خالص تولید شده}}{\text{جرم ماده جامد باقی مانده}} = \frac{56 g}{126 g} = 0.44$$

۴ ۴ معادله موازنه شده واکنش:



$$? g Fe = 0.2 L CuSO_4 \text{ محلول} \times \frac{0.3 mol CuSO_4}{1 L CuSO_4 \text{ محلول}} \times \frac{1 mol Fe}{1 mol CuSO_4} \times \frac{56 g Fe}{1 mol Fe} = 3.36 g Fe$$

$$? g Cu = 0.2 L CuSO_4 \text{ محلول} \times \frac{0.3 mol CuSO_4}{1 L CuSO_4 \text{ محلول}} \times \frac{1 mol Cu}{1 mol CuSO_4} \times \frac{64 g Cu}{1 mol Cu} = 3.84 g Cu$$

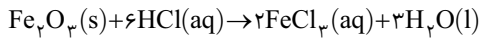
حال جرم نهایی تیغه را محاسبه می‌کنیم:  $10 - 3.36 + 3.84 = 10.48 g$  = جرم مس تولید شده + جرم آهن مصرف شده - جرم اولیه تیغه = جرم نهایی تیغه

اکنون به کمک درصد جرمی آهن در تیغه نهایی، جرم اولیه آهن را محاسبه کرده و درصد جرمی آن را در تیغه اولیه که ۱۰ g جرم داشت، به دست می‌آوریم: (جرم اولیه آهن را  $x$  در نظر می‌گیریم):

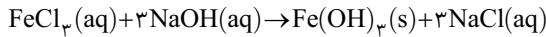
$$Fe \text{ درصد جرمی} = \frac{x - 3.36}{10.48} \times 100 = 50 \Rightarrow x = 8.6 g Fe$$

$$Fe \text{ درصد خلوص} = \frac{\text{جرم Fe خالص}}{\text{جرم Fe ناخالص}} \times 100 = \frac{8.6(g)}{10(g)} \times 100 = 86\%$$

درصد خلوص آهن در تیغه اولیه برابر است با:



۴ ۵ معادله موازنه شده واکنش:



روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  خالص را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \text{ خالص} = 214 \text{ g Fe}(\text{OH})_3 \times \frac{1 \text{ mol Fe}(\text{OH})_3}{107 \text{ g Fe}(\text{OH})_3} \times \frac{1 \text{ mol FeCl}_3}{1 \text{ mol Fe}(\text{OH})_3} \times \frac{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3}{2 \text{ mol FeCl}_3} \times \frac{160 \text{ g Fe}_2\text{O}_3}{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3} \times \frac{100}{60} \times \frac{100}{64}$$

بازده واکنش اول      بازده واکنش دوم

$$\approx 416/67 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \text{ خالص}$$

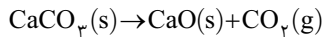
سیس درصد خلوص  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  را در نمونه اولیه محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد خلوص Fe}_2\text{O}_3 = \frac{\text{جرم Fe}_2\text{O}_3 \text{ خالص}}{\text{جرم Fe}_2\text{O}_3 \text{ ناخالص}} \times 100 = \frac{416/67}{500} \times 100 \approx 83/3$$

روش دوم (تناسب): ضریب ماده مشترک ( $\text{FeCl}_3$ ) را یکسان می‌کنیم و واکنش فرضی  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3$  را در نظر می‌گیریم:

$$\frac{\text{جرم Fe}_2\text{O}_3 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R_1}{100} \times \frac{R_2}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم Fe}(\text{OH})_3}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{500 \times \frac{P}{100} \times \frac{64}{100} \times \frac{60}{100}}{1 \times 160} = \frac{214}{2 \times 107} \Rightarrow P \approx 83/3$$

۲ ۶ معادله موازنه شده واکنش:



بازده واکنش را R درصد در نظر می‌گیریم. جرم جامد باقی مانده در طرف برابر اختلاف جرم گاز  $\text{CO}_2$  خروجی و جرم جامد اولیه است. جرم گاز خروجی را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CO}_2 = 40 \text{ g CaCO}_3 \text{ ناخالص} \times \frac{8 \text{ g CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3 \text{ ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CaCO}_3} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{R}{100} = 0/1408R \text{ g CO}_2$$

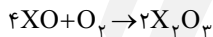
پس جرم جامد باقی مانده برابر است با:

$$\text{جرم جامد باقی مانده} = 40 - 0/1408R$$

جرم کلسیم کربنات خالص اولیه برابر  $32 \text{ g} \left(40 \times \frac{8}{100}\right)$  است که R درصد آن وارد واکنش شده و  $(100-R)$  درصد آن در ظرف باقی مانده است. پس داریم:

$$\text{جرم کلسیم کربنات خالص باقی مانده} - \text{جرم کلسیم کربنات خالص باقی مانده} = [40 - 0/1408R] - [32 \left(\frac{100-R}{100}\right)] = 21/44 \Rightarrow R = 75$$

۴ ۷ معادله موازنه شده واکنش:



جرم مولی عنصر X را M گرم بر مول در نظر می‌گیریم.

روش اول (کسر تبدیل):

$$44/4 \text{ g XO ناخالص} \times \frac{6 \text{ g XO}}{100 \text{ g XO ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol XO}}{(M+16) \text{ g XO}} \times \frac{2 \text{ mol X}_2\text{O}_3}{4 \text{ mol XO}} \times \frac{(2M+48) \text{ g X}_2\text{O}_3}{1 \text{ mol X}_2\text{O}_3} \times \frac{50}{100} = 14/76 \text{ g X}_2\text{O}_3 \Rightarrow M = 58 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

بازده درصدی

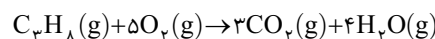
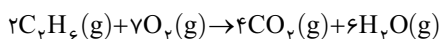
پس عنصر مورد نظر نیکل ( $^{58}_{28}\text{Ni}$ ) است.

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم XO ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم X}_2\text{O}_3}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{44/4 \times \frac{60}{100} \times \frac{50}{100}}{4 \times (M+16)} = \frac{14/76}{2(2M+48)} \Rightarrow M = 58 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

پس عنصر مورد نظر نیکل ( $^{58}_{28}\text{Ni}$ ) است.

۳ ۸ واکنش‌های موازنه شده:



جرم اتان را X گرم و جرم پروپان را Y گرم در نظر می‌گیریم و جرم بخار آب و کربن دی‌اکسید حاصل از سوختن هر یک از گازها را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CO}_2 = x \text{ g C}_2\text{H}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{30 \text{ g C}_2\text{H}_6} \times \frac{4 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol C}_2\text{H}_6} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 44x \text{ g CO}_2$$

سوختن اتان:

$$? \text{ g H}_2\text{O} = x \text{ g C}_2\text{H}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{30 \text{ g C}_2\text{H}_6} \times \frac{6 \text{ mol H}_2\text{O}}{2 \text{ mol C}_2\text{H}_6} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 1/8x \text{ g H}_2\text{O}$$

سوختن پروپان:

$$? g CO_2 = y g C_3H_8 \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_8}{44 g C_3H_8} \times \frac{3 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_3H_8} \times \frac{44 g CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 3y g CO_2$$

$$? g H_2O = y g C_3H_8 \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_8}{44 g C_3H_8} \times \frac{4 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } C_3H_8} \times \frac{18 g H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = \frac{18}{11} y g H_2O$$

سپس با تشکیل دستگاه دو معادله - دو مجهول، x و y را به دست می آوریم:

$$\begin{cases} CO_2 \text{ جرم} = \frac{44x}{11} + 3y = 149/6 \\ H_2O \text{ جرم} = 1/11x + \frac{18}{11}y = 82/11 \end{cases} \Rightarrow x = 6g, y = 44g$$

اکنون درصد جرمی گاز سنگین تر، یعنی پروپان را محاسبه می کنیم:

$$\text{درصد جرمی پروپان} = \frac{44}{44+6} \times 100 = 88\%$$

۹ ۴ در مخلوط اولیه به ازای هر ۴ اتم منیزیم، ۷ اتم کربن وجود دارد. با توجه به فرمول  $MgCO_3$  به ازای هر ۴ اتم منیزیم، ۴ اتم کربن در آن وجود دارد، پس ۳ اتم کربن دیگر مربوط به  $CaCO_3$  وجود دارد. در نتیجه نسبت مول  $MgCO_3$  به  $CaCO_3$  برابر ۴ به ۳ است. برای حل تست مقدار مول  $MgCO_3$  را  $4x$  و مقدار مول  $CaCO_3$  را  $3x$  در نظر می گیریم:

$$4x(84) + 3x(100) = 1272 \Rightarrow 636x = 1272 \Rightarrow x = 2$$

بازده واکنش (I) را  $R_1$  و بازده واکنش (II) را  $R_2$  در نظر می گیریم و جرم گاز  $CO_2$  تولیدی را محاسبه می کنیم:

$$? g CO_2 = 8 \text{ mol } MgCO_3 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } MgCO_3} \times \frac{44 g CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{R_1}{100} = \frac{8 \times 44 \times R_1}{100} g CO_2$$

$$? g CO_2 = 6 \text{ mol } CaCO_3 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } CaCO_3} \times \frac{44 g CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{R_2}{100} = \frac{6 \times 44 \times R_2}{100} g CO_2$$

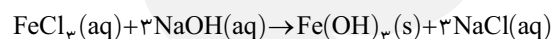
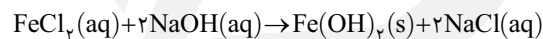
طبق اطلاعات مسئله داریم:

$$\frac{8 \times 44 \times R_1}{100} = \frac{3}{4} \times \frac{6 \times 44 \times R_2}{100} \Rightarrow 16R_1 = 9R_2 \Rightarrow R_2 = \frac{16}{9} R_1$$

مجموع بازده درصدی دو واکنش برابر ۱۰۰ است، پس:

$$R_1 + R_2 = 100 \xrightarrow{R_2 = \frac{16}{9} R_1} R_1 + \frac{16}{9} R_1 = 100 \Rightarrow \frac{25}{9} R_1 = 100 \Rightarrow R_1 = 36\%, R_2 = 64\%$$

۱۰ ۱ معادله موازنه شده واکنش ها:

رنگ رسوب  $Fe(OH)_2$  سبز و رنگ رسوب  $Fe(OH)_3$  قهوه‌ای است.

اگر نسبت مولی رسوب آهن (III) هیدروکسید به رسوب آهن (II) هیدروکسید برابر ۲ باشد، پس نسبت مولی  $FeCl_3$  به  $FeCl_2$  نیز برابر ۲ است. حال اگر مقدار مول آهن (II) کلرید را x و مقدار مول آهن (III) کلرید را 2x در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

$$x \text{ mol } FeCl_2 \times \frac{127g FeCl_2}{1 \text{ mol } FeCl_2} + 2x \text{ mol } FeCl_3 \times \frac{162/5g FeCl_3}{1 \text{ mol } FeCl_3} = 904 \Rightarrow x = 2$$

$$? \text{ mol } NaCl = 2 \text{ mol } FeCl_2 \times \frac{2 \text{ mol } NaCl}{1 \text{ mol } FeCl_2} + 4 \text{ mol } FeCl_3 \times \frac{3 \text{ mol } NaCl}{1 \text{ mol } FeCl_3} = 16 \text{ mol } NaCl$$

پس در مجموع ۱۶ مول سدیم کلرید تولید می شود.

پاسخ تشریحی آزمون جامع (۱)

۱ ۳ اگر دمای تعادل را  $\theta_p$  در نظر بگیریم داریم:

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{Cu}} = 0 \Rightarrow (mc\Delta\theta)_{\text{آب}} + (mc\Delta\theta)_{\text{Cu}} = 0 \Rightarrow 10 \times 4 / 2 \times (\theta_p - 78) + 150 \times 0 / 4 \times (\theta_p - 182) = 0 \Rightarrow \theta_p = 91^\circ \text{C}$$

$$\begin{cases} T_1 = 182^\circ \text{C} + 273 = 455 \text{K} \\ T_2 = 91^\circ \text{C} + 273 = 364 \text{K} \end{cases} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{364}{455} = 0/8$$

برای قطعه مسی داریم:

۲ ۱ متان با فرمول مولکولی  $\text{CH}_4$ ، نخستین بار از سطح مرداب‌ها جمع‌آوری شد، از این رو به گاز مرداب معروف است. برای حل تست، ابتدا جرم نمونه

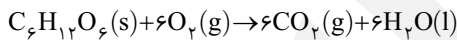
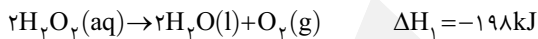
متان را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g CH}_4 = 15/0.5 \times 10^{24} \text{ atom} \times \frac{1 \text{ molecule CH}_4}{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule CH}_4} \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{16 \text{ g CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} = 80 \text{ g CH}_4$$

در شرایط STP دمای این گاز  $0^\circ \text{C}$  است. طبق رابطه  $Q = mc\Delta\theta$  دمای نهایی نمونه را به دست می‌آوریم:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow 4 / 4 \times 10^3 = 80 \times 2 / 2 \times (\theta_p - 0) \Rightarrow \theta_p = 25^\circ \text{C}$$

۳ ۲ معادله موازنه شده واکنش‌های انجام شده:



$$? \text{ kJ} = 3/6 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{6 \text{ mol O}_p}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{-198 \text{ kJ}}{1 \text{ mol O}_p} = -23/76 \text{ kJ}$$

روش اول (کسر تبدیل):

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم گلوکز}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول اکسیژن}}{1 \times 180} \Rightarrow \frac{3/6}{6} = \frac{x \text{ mol O}_p}{6} \Rightarrow x = 0/12 \text{ mol O}_p$$

اکسایش گلوکز:

$$\frac{\text{مول اکسیژن}}{\text{ضریب}} = \frac{|Q|}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{0/12}{1} = \frac{|Q|}{198} \Rightarrow |Q| = 23/76 \text{ kJ}$$

تجزیه آب اکسیژنه:

۴ ۱ فرض می‌کنیم در واکنش اول  $x$  مول اتان تولید شود. ابتدا گرمای حاصل از تشکیل  $x$  مول اتان را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ kJ} = x \text{ mol C}_2\text{H}_6 \times \frac{-136 \text{ kJ}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} = -136x \text{ kJ}$$

از آنجا که نیمی از گرمای تولید شده، در واکنش تجزیه سدیم نترات مصرف می‌شود، مقدار مول سدیم نترات تجزیه شده به وسیله این  $(\frac{-136x}{2} = -68x \text{ kJ})$

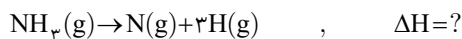
$$? \text{ mol NaNO}_3 = 68x \text{ kJ} \times \frac{2 \text{ mol NaNO}_3}{238 \text{ kJ}} = \frac{4x}{7} \text{ mol NaNO}_3$$

مقدار گرما را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم اتان تولید شده}}{\text{جرم سدیم نترات مصرفی}} = \frac{x \times 30}{\frac{4}{7} x \times 85} = 0/62$$

پس نسبت جرم اتان تولید شده ( $x \text{ mol}$ ) به جرم سدیم نترات مصرفی ( $\frac{4x}{7} \text{ mol}$ ) برابر است با:

۵ ۴ محاسبه آنتالپی پیوند (N—H):



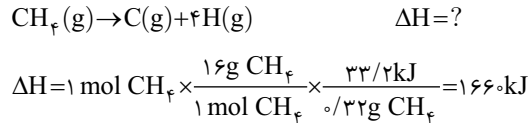
ابتدا آنتالپی واکنش تبدیل آمونیاک به اتم‌های گازی سازنده‌اش را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = 1 \text{ mol NH}_3 \times \frac{17 \text{ g NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} \times \frac{469/2 \text{ kJ}}{6/8 \text{ g NH}_3} = 1173 \text{ kJ}$$

$$\Delta H(\text{N—H}) = \frac{1173 \text{ kJ}}{3 \text{ mol}} = 391 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

طی واکنش ۳ مول پیوند N—H شکسته می‌شود، پس آنتالپی پیوند N—H برابر است با:

محاسبه آنتالپی پیوند (C—H):



ابتدا آنتالپی واکنش تبدیل متان به اتم‌های گازی سازنده‌اش را به دست می‌آوریم:

$$\Delta H(\text{C—H}) = \frac{1660 \text{ kJ}}{4 \text{ mol}} = 415 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

طی واکنش چهار مول پیوند C—H شکسته می‌شود، پس آنتالپی پیوند C—H برابر است با:

$$\Delta H(\text{C—H}) - \Delta H(\text{N—H}) = 415 - 391 = 24 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

اکنون تفاوت آنتالپی پیوندهای C—H و N—H را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H(\text{A—A}) = \Delta H(\text{B—B}) - 50 = (x - 50) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

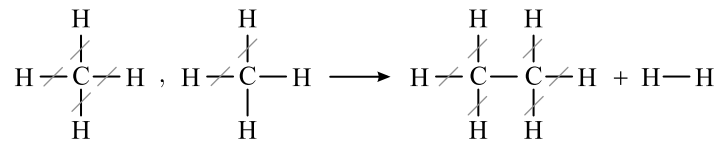
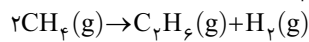
$$\Delta H(\text{A—B}) = \Delta H(\text{B—B}) + 20 = (x + 20) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H = [\Delta H(\text{A—A}) + \Delta H(\text{B—B})] - [2\Delta H(\text{A—B})] = [x - 50 + x] - [2(x + 20)] = -90 \text{ kJ}$$

برای واکنش مورد نظر داریم:

پس واکنش گرماده است و نمودار گزینه (۴) درست است.

ابتدا باید آنتالپی واکنش مورد نظر را به دست آوریم. فرمول ساختاری مواد شرکت کننده در واکنش را رسم می‌کنیم:



$$\Delta H = [2\Delta H(\text{C—H})] - [\Delta H(\text{C—C}) + \Delta H(\text{H—H})] = [2(415)] - [348 + 436] = +46 \text{ kJ}$$

سپس گرمای لازم برای تولید ۱/۶۸ لیتر اتان در شرایط STP را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ kJ} = 1/68 \text{ L C}_2\text{H}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{22/4 \text{ L C}_2\text{H}_6} \times \frac{46 \text{ kJ}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} \times \frac{100}{75} = 4/6 \text{ kJ}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{(\text{لیتر اتان (STP)}) \times \frac{R}{100}}{\Delta H} = \frac{Q \times \frac{R}{100}}{1 \times 22/4} \Rightarrow \frac{1/68}{46} = \frac{Q \times \frac{100}{75}}{46} \Rightarrow Q = 4/6 \text{ kJ}$$

روش دوم (تناسب):

$$? \text{ g} = 300 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{200 \text{ kcal}}{1 \text{ h}} \times \frac{4/2 \text{ kJ}}{1 \text{ kcal}} \times \frac{1 \text{ g}}{21 \text{ kJ}} = 200 \text{ g}$$

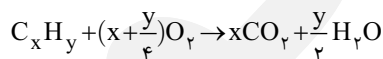
جرم بیسکوئیت لازم: ۳ ۸

با توجه به ارزش سوختی این ماده انرژی آن را محاسبه می‌کنیم و با استفاده از فرمول  $Q = mc\Delta\theta$  جرم آب را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ kcal} = 200 \text{ g} \times \frac{21 \text{ kJ}}{1 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ kcal}}{4/2 \text{ kJ}} = 1000 \text{ kcal}$$

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow 1000 \times 10^3 \text{ cal} = m \times 1 \times (72/5 - 22/5) \Rightarrow m = 25 \times 10^3 \text{ g} = 25 \text{ kg}$$

معادله کلی سوختن هیدروکربن‌ها به صورت زیر است: ۱ ۹



$$16/5 \times 10^{21} \text{ molecule O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{6 \times 10^{23} \text{ molecule O}_2} \times \frac{1 \text{ mol C}_x\text{H}_y}{(x + \frac{y}{4}) \text{ mol O}_2} \times \frac{(12x + y) \text{ g C}_x\text{H}_y}{1 \text{ mol C}_x\text{H}_y} = 0/27 \text{ g C}_x\text{H}_y$$

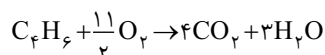
$$\Rightarrow \frac{108}{11} = \frac{12x + y}{x + \frac{y}{4}} \Rightarrow 132x + 11y = 108x + 27y \Rightarrow 3x = 2y \quad (\text{I})$$

از طرفی مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در معادله موازنه شده واکنش سوختن یک مول هیدروکربن برابر ۱۳/۵ است: (II)  $1 + x + \frac{y}{4} + x + \frac{y}{2} = 13/5 \Rightarrow 2x + \frac{3y}{4} = 12/5$

$$\begin{cases} 3x = 2y \\ 2x + \frac{3y}{4} = 12/5 \end{cases} \Rightarrow x = 4, y = 6$$

حال به کمک معادله‌های (I) و (II)،  $x$  و  $y$  را محاسبه می‌کنیم:

اکنون با محاسبه  $x$  و  $y$ ، معادله سوختن یک مول از هیدروکربن مورد نظر را نوشته و آنتالپی سوختن آن را محاسبه می‌کنیم:



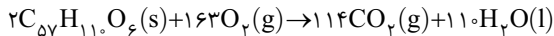
$$\Delta H = 1 \text{ mol } C_6H_6 \times \frac{\Delta fG_{C_6H_6}}{1 \text{ mol } C_6H_6} \times \frac{-12/71 \text{ kJ}}{0/27g C_6H_6} = -2542 \text{ kJ}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{C_6H_6 \text{ گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{0/27}{1 \times 54} = \frac{-12/71}{\Delta H} \Rightarrow \Delta H = -2542 \text{ kJ}$$

روش دوم (تناسب):

۱۰ ۳ معادله موازنه شده اکسایش چربی ذخیره شده در کوهان شتر:



در اثر اکسایش ۲ مول چربی شتر، ۱۱۰ مول آب که  $1980g$  ( $110 \times 18$ ) جرم دارد و ۱۱۴ مول کربن دی‌اکسید که  $5016g$  ( $114 \times 44$ ) جرم دارد، تولید می‌شود که اختلاف جرم آن‌ها برابر  $3036g$  ( $1980 - 5016$ ) است. به این ترتیب می‌توان جرم چربی مصرفی را به دست آورد:

$$?g C_{57}H_{110}O_6 = 60/72g \text{ اختلاف جرم} \times \frac{2 \text{ mol } C_{57}H_{110}O_6 \times 890g C_{57}H_{110}O_6}{3036g \text{ اختلاف جرم}} = 35/6g C_{57}H_{110}O_6$$

گرمای آزاد شده در اثر اکسایش این مقدار چربی ذخیره شده در کوهان شتر برابر است با:

$$?kJ = 35/6g C_{57}H_{110}O_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_{57}H_{110}O_6 \times -37750kJ}{890g C_{57}H_{110}O_6} = -1510kJ$$

۱۱ ۲ ابتدا جرم آب و اتانول را محاسبه می‌کنیم:

$$?g H_2O = 6 \text{ mol } H_2O \times \frac{18g H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 108g H_2O \quad ?g C_2H_5OH = 115 \text{ mL } C_2H_5OH \times \frac{0/8g C_2H_5OH}{1 \text{ mL } C_2H_5OH} = 92g C_2H_5OH$$

$$\Delta \theta = 55 - 30 = 25^\circ C$$

سپس کل گرمای حاصل از حل شدن ۹۲ گرم اتانول در آب را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{\text{کل}} = Q_{\text{آب}} + Q_{\text{اکل}} = (mc\Delta\theta)_{\text{آب}} + (mc\Delta\theta)_{\text{اکل}} = (108 \times 4/2 \times 25) + (92 \times 2/4 \times 25) = 16860J = 16/86kJ$$

اکنون آنتالپی انحلال اتانول را به یکی از دو روش زیر به دست می‌آوریم:

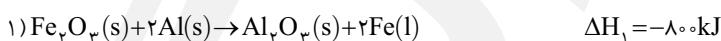
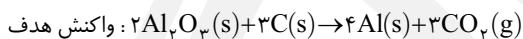
$$\Delta H = 1 \text{ mol } C_2H_5OH \times \frac{46g C_2H_5OH}{1 \text{ mol } C_2H_5OH} \times \frac{-16/86kJ}{92g C_2H_5OH} = -8/43kJ$$

روش اول (کسر تبدیل):

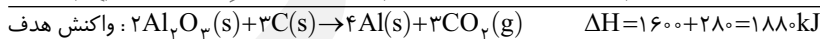
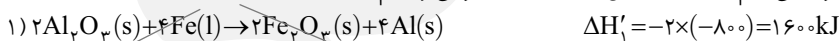
$$\frac{\text{گرم اتانول}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{92}{1 \times 46} = \frac{-16/86}{\Delta H} \Rightarrow \Delta H = -8/43kJ$$

روش دوم (تناسب):

۱۲ ۱ ابتدا آنتالپی واکنش هدف را به کمک معادله دو واکنش زیر به دست می‌آوریم:



به این منظور معادله واکنش (۱) را معکوس و در عدد ۲ ضرب می‌کنیم و معادله واکنش (۲) را بدون تغییر می‌نویسیم:



اکنون گرمای لازم برای استخراج ۵۴ گرم آلومینیم را به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌کنیم:

$$?kJ = 54g Al \times \frac{1 \text{ mol } Al}{27g Al} \times \frac{1880kJ}{4 \text{ mol } Al} = 940kJ$$

روش اول (کسر تبدیل):

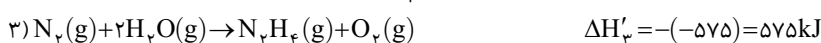
$$\frac{Al \text{ گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{54}{4 \times 27} = \frac{Q}{1880} \Rightarrow Q = 940kJ$$

روش دوم (تناسب):



۱۳ ۲ واکنش هدف:

الف) در معادله واکنش هدف  $N_2(g)$  در سمت چپ با ضریب ۱ قرار دارد، پس واکنش (۳) را معکوس می‌کنیم:



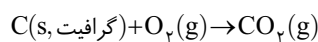
ب) در معادله واکنش هدف  $NH_3(g)$  در سمت راست با ضریب ۲ قرار دارد، پس واکنش (۲) را معکوس می‌کنیم:



پ) در معادله واکنش هدف  $H_2(g)$  در سمت چپ با ضریب ۳ قرار دارد، پس واکنش (۱) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم تا با  $H_2$  در واکنش (۲) جمع شود:



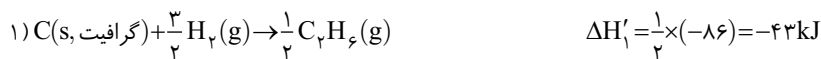




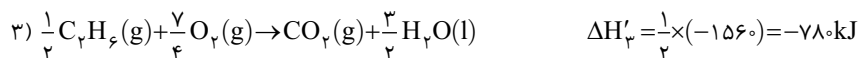
۴ ۱۴ معادله موازنه شده واکنش هدف:

ابتدا آنتالپی واکنش هدف را محاسبه می‌کنیم:

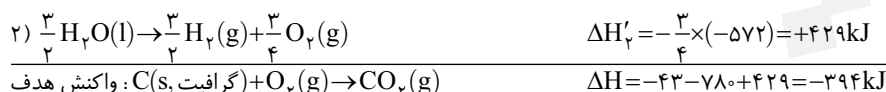
الف) در واکنش هدف، C(s) در سمت چپ با ضریب ۱ قرار دارد، پس واکنش (۱) را در  $\frac{1}{4}$  ضرب می‌کنیم:



ب) در واکنش هدف، CO<sub>2</sub>(g) در سمت راست با ضریب ۱ قرار دارد، پس واکنش (۳) را در  $\frac{1}{4}$  ضرب می‌کنیم:



پ) در واکنش هدف، O<sub>2</sub> در سمت چپ با ضریب ۱ قرار دارد، پس واکنش (۲) را معکوس کرده و در  $\frac{3}{4}$  ضرب می‌کنیم تا با اکسیژن موجود در واکنش (۳) در مجموع ۱ مول O<sub>2</sub> در سمت چپ تولید شود:



واکنش هدف: C(s, گرافیت) + O<sub>2</sub>(g) → CO<sub>2</sub>(g)

سپس گرمای آزاد شده در اثر سوختن کامل ۶۰ سانتی‌متر مکعب گرافیت را به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ kJ} = 60 \text{ cm}^3 C \times \frac{2/25 \text{ g C}}{1 \text{ cm}^3 C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12 \text{ g C}} \times \frac{-394 \text{ kJ}}{1 \text{ mol C}} = -4432/5 \text{ kJ}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{چگالی کربن} \times \text{حجم کربن}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{60 \times 2/25}{1 \times 12} = \frac{Q}{-394} \Rightarrow Q = -4432/5 \text{ kJ}$$

روش دوم (تناسب):

۲ ۱۵ نمودار داده شده مربوط به یکی از فرآورده‌ها است؛ زیرا با گذشت زمان غلظت آن افزایش یافته است. سرعت واکنش در بازه ۳ تا ۵ دقیقه بر حسب

$$R(\text{واکنش}) = 7/5 \times 10^{-3} \text{ mol.s}^{-1} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \times \frac{1}{3 \text{ L}} = 0.15 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

mol.L<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> برابر است با:

با توجه به نمودار، سرعت متوسط تولید فرآورده نمایش داده شده در بازه زمانی ۳ تا ۵ دقیقه برابر است با:

$$\bar{R}(x) = \frac{\Delta[x]}{\Delta t} = \frac{4/8 - 4/2}{2} = 0.3 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

از آنجا که در بازه زمانی معین  $\bar{R}(x)$  دو برابر  $\bar{R}$ (واکنش) است، پس ضریب استوکیومتری ماده‌ای که در نمودار نمایش داده شده برابر ۲ است. این فرآورده B است:

زیرا ضریب آن ۲ می‌باشد. غلظت اولیه A برابر  $M_{A_1} = \frac{51 \text{ mol}}{3 \text{ L}} = 17 \text{ mol.L}^{-1}$  است، غلظت نهایی A (یعنی  $M_{A_2}$ ) را محاسبه می‌کنیم. در بازه زمانی ۰ تا ۵ دقیقه

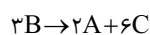
دقیقه مطابق ضرایب استوکیومتری داریم:

$$\frac{\bar{R}(B)}{2} = \frac{\bar{R}(A)}{6} \Rightarrow 3\bar{R}(B) = \bar{R}(A) \Rightarrow 3 \times \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} \Rightarrow 3\Delta[B] = -\Delta[A] \Rightarrow 3[4/8 - 0] = -[M_{A_2} - 17] \Rightarrow M_{A_2} = 2/6 \text{ mol.L}^{-1}$$

۲ ۱۶ با ضرب کردن  $\frac{1}{6}$  در هر یک از کسرهای داده شده، به شکل استاندارد می‌رسیم که به کمک آن می‌توانیم به ضرایب استوکیومتری گونه‌ها پی ببریم و

$$\frac{1}{6} \times \left( \frac{3\Delta n(A)}{\Delta t} = \frac{-2\Delta n(B)}{\Delta t} = \frac{\Delta n(C)}{\Delta t} \right) \Rightarrow \frac{\Delta n(A)}{2\Delta t} = \frac{-\Delta n(B)}{3\Delta t} = \frac{\Delta n(C)}{6\Delta t}$$

معادله واکنش را تعیین می‌کنیم:



پس معادله واکنش به صورت مقابل است:

در ادامه به کمک جدول تغییر مول، مقدار مول ثانویه گونه‌های شرکت کننده در واکنش را به دست می‌آوریم:



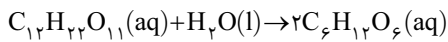
طبق اطلاعات مسئله داریم:

مول اولیه	۱۲	۰	۰
تغییر مول	-۳x	+۲x	+۶x
مول ثانویه	۱۲-۳x	۲x	۶x

$$\frac{\text{مجموع مول واکنش دهنده}}{\text{مجموع مول فرآورده‌ها}} = \frac{12-3x}{2x+6x} = 0.875 \Rightarrow 12-3x=7x \Rightarrow 12=10x \Rightarrow x=1.2$$

اکنون سرعت واکنش را از طریق سرعت تولید A محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(A)}{2} = \frac{\Delta n(A)}{2 \times V \times \Delta t} = \frac{2/4 \text{ mol}}{2 \times 2 \text{ L} \times \left(\frac{3}{60}\right) \text{ min}} = 1/2 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$



۱۷ ۳ معادله موازنه شده واکنش تبدیل مالتوز به گلوکز:

پس در جدول داده شده A مربوط به گلوکز و B مربوط به مالتوز است:

$$\bar{R}(A) = \nu \bar{R}(B) \Rightarrow \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{\nu \Delta[B]}{\Delta t} \Rightarrow \Delta[A] = -\nu \Delta[B] \Rightarrow (x - 0) = -\nu(0.15 - 0.2) \Rightarrow x = 0.15 \text{ mol.L}^{-1}$$

دقیقه اول:

$$\bar{R}_1(\text{واکنش}) = \bar{R}(B) \Rightarrow \frac{-\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{-(0.15 - 0.2) \text{ mol.L}^{-1}}{1 \text{ min}} = 0.05 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}(A) = \nu \bar{R}(B) \Rightarrow \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{\nu \Delta[B]}{\Delta t} \Rightarrow \Delta[A] = -\nu \Delta[B] \Rightarrow (0.24 - 0.18) = -\nu(0.05 - y) \Rightarrow y = 0.11 \text{ mol.L}^{-1}$$

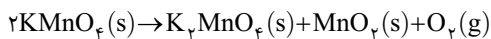
دقیقه سوم:

$$\bar{R}_3(\text{واکنش}) = \bar{R}(B) = \frac{-\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{-(0.08 - 0.11) \text{ mol.L}^{-1}}{1 \text{ min}} = 0.03 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$x + y = 0.1 + 0.11 = 0.21 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}_3(\text{واکنش})}{\bar{R}_1(\text{واکنش})} = \frac{0.03}{0.05} = 0.6$$

بنابراین خواهیم داشت:



۱۸ ۴ معادله موازنه شده واکنش:

حجم گاز اکسیژن تولید شده را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ L O}_2 = 63/2 \text{ g KMnO}_4 (\text{خالص}) \times \frac{1 \text{ mol KMnO}_4}{100 \text{ g KMnO}_4 (\text{ناخالص})} \times \frac{1 \text{ mol KMnO}_4}{158 \text{ g KMnO}_4} \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol KMnO}_4} \times \frac{22.4 \text{ L O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 3/36 \text{ L O}_2$$

$$\bar{R}(\text{O}_2) = \frac{\Delta V(\text{O}_2)}{\Delta t} = \frac{(3/36 - 0) \text{ L}}{(2 \times 60) \text{ s}} = 2.8 \times 10^{-3} \text{ L.s}^{-1}$$

سرعت متوسط تولید گاز اکسیژن در مدت زمان ۲ دقیقه برابر است با:



۱۹ ۴ معادله موازنه شده واکنش:

غلظت اولیه SO<sub>3</sub> را محاسبه می کنیم:

$$\left\{ \begin{array}{l} ? \text{ mol SO}_3 = 400 \text{ g SO}_3 \times \frac{1 \text{ mol SO}_3}{80 \text{ g SO}_3} = \Delta \text{ mol SO}_3 \Rightarrow M = \frac{\Delta \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 10 \text{ mol.L}^{-1} \\ V = 500 \text{ mL} = 0.5 \text{ L} \end{array} \right.$$

با توجه به ضرایب استوکیومتری SO<sub>3</sub>، SO<sub>2</sub> و O<sub>2</sub> که به ترتیب برابر ۲، ۲ و ۱ است، می توان نتیجه گرفت که سرعت متوسط مصرف SO<sub>3</sub> برابر سرعت متوسط

تولید SO<sub>2</sub> و دو برابر سرعت متوسط تولید O<sub>2</sub> است. ( $\bar{R}(\text{SO}_3) = \bar{R}(\text{SO}_2) = 2\bar{R}(\text{O}_2)$ )

$$\bar{R}(\text{O}_2) + \bar{R}(\text{SO}_2) = 3 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow \frac{\bar{R}(\text{SO}_2)}{2} + \bar{R}(\text{SO}_3) = 3 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow \bar{R}(\text{SO}_3) = 2 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}(\text{SO}_3) = \frac{-\Delta[\text{SO}_3]}{\Delta t} \Rightarrow 2 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = -\frac{\Delta[\text{SO}_3]}{3 \text{ min}} \Rightarrow \Delta[\text{SO}_3] = -6 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{درصد مصرف SO}_3 = \frac{\text{غلظت مصرفی SO}_3}{\text{غلظت اولیه SO}_3} \times 100 = \frac{6}{10} \times 100 = 60\%$$

از آنجا که پس از سه دقیقه، غلظت گاز SO<sub>3</sub> به ۴ مولار می رسد و این گاز با سرعت ۱/۵ mol.L<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup> مصرف می رسد، در

$$\bar{R}(\text{SO}_3) = \frac{-\Delta[\text{SO}_3]}{\Delta t} \Rightarrow 0.5 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = \frac{-(0-4) \text{ mol.L}^{-1}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 8 \text{ min}$$

ادامه زمان مصرف این مقدار را به دست می آوریم:

۲۰ ۳ برای حل ساده تر مسئله، از جدول تغییر مول استفاده می کنیم:

	۱	2NO <sub>2</sub> → 2NO + O <sub>2</sub>		
مول اولیه	۳	۰	۰	
تغییر مول	-۲x	+۲x	+x	
مول ثانویه	۳-۲x	۲x	x	

	۲	SO <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> → SO <sub>2</sub> + Cl <sub>2</sub>		
مول اولیه	۴	۰	۰	
تغییر مول	-y	+y	+y	
مول ثانویه	۴-y	y	y	

$$\text{سرعت متوسط هر دو واکنش را محاسبه می کنیم: } \bar{R}_1 + \bar{R}_2 = \frac{x}{10} + \frac{y}{10} = \frac{x+y}{10} = \frac{3/5}{10} \Rightarrow x+y = 3/5$$

سرعت متوسط هر دو واکنش را محاسبه می کنیم:

$$\bar{R}_1 = \bar{R}(\text{O}_2) = \frac{(x-0) \text{ mol}}{\Delta L \times 2 \text{ min}} = \frac{x}{10} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}_2 = \bar{R}(\text{SO}_2) = \frac{(y-0) \text{ mol}}{\Delta L \times 2 \text{ min}} = \frac{y}{10} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}_1 + \bar{R}_2 = \frac{x}{10} + \frac{y}{10} = \frac{x+y}{10} = \frac{3/5}{10} = 0.03 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۲)

۱ گرمای حاصل از واکنش و جرم هر یک از فراورده‌ها برابر است با:

$$? \text{ kJ} = 168 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{-174 \text{ kJ}}{3 \text{ mol Fe}} = -174 \text{ kJ}$$

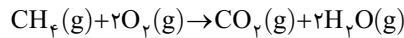
$$? \text{ g H}_2 = 168 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{4 \text{ mol H}_2}{3 \text{ mol Fe}} \times \frac{2 \text{ g H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = 18 \text{ g H}_2$$

$$? \text{ g Fe}_3\text{O}_4 = 168 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}_3\text{O}_4}{3 \text{ mol Fe}} \times \frac{232 \text{ g Fe}_3\text{O}_4}{1 \text{ mol Fe}_3\text{O}_4} = 232 \text{ g Fe}_3\text{O}_4$$

$$Q_{\text{کل}} = Q_{\text{H}_2} + Q_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = (mc\Delta\theta)_{\text{H}_2} + (mc\Delta\theta)_{\text{Fe}_3\text{O}_4}$$

با استفاده از فرمول  $Q = mc\Delta\theta$  خواهیم داشت:

$$\Rightarrow 174 \times 10^3 \text{ J} \times \frac{1}{1000} = (8 \times 14 / 5 \times 150) + (232 \times c \times 150) \Rightarrow c = 0.35 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$$

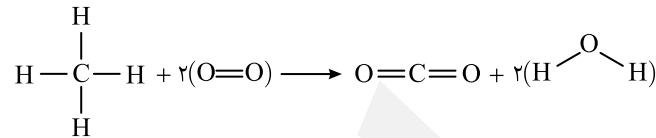


۲ ۳ معادله موازنه شده واکنش سوختن متان:

$$? \text{ mol گاز} = 224 \text{ L گاز} \times \frac{1 \text{ mol گاز}}{22.4 \text{ L گاز}} = 10 \text{ mol گاز}$$

مقدار مول اولیه گازهای موجود در داخل ظرف برابر است با:

با توجه به درصد حجمی گازهای داده شده، ظرف واکنش حاوی ۵٪ مول گاز متان و ۱ مول گاز اکسیژن و ۵٪ مول گاز نیتروژن است. ۵٪ مول گاز متان و ۱ مول گاز اکسیژن به طور کامل با هم واکنش می‌دهند (با توجه به ضرایب  $\text{CH}_4$  و  $\text{O}_2$  که به ترتیب برابر ۱ و ۲ است) و در نهایت فراورده‌های واکنش، یعنی بخار آب و گاز کربن دی‌اکسید به همراه نیتروژن اولیه داخل ظرف باقی می‌مانند. در ادامه  $\Delta H$  واکنش سوختن کامل متان را محاسبه می‌کنیم:



$$\Delta H = [4\Delta H(\text{C}-\text{H}) + 2\Delta H(\text{O}=\text{O})] - [2\Delta H(\text{C}=\text{O}) + 4\Delta H(\text{O}-\text{H})] = [4 \times 415 + 2 \times 495] - [2 \times 799 + 4 \times 463] = -800 \text{ kJ}$$

گرمای حاصل از واکنش و مقدار فراورده‌های تولیدی برابر است با:

$$? \text{ kJ} = 10 \text{ mol CH}_4 \times \frac{-800 \text{ kJ}}{1 \text{ mol CH}_4} = -8000 \text{ kJ}$$

$$? \text{ g H}_2\text{O} = 10 \text{ mol CH}_4 \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 18 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$? \text{ g CO}_2 = 10 \text{ mol CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 440 \text{ g CO}_2$$

$$? \text{ g N}_2 = 10 \text{ mol CH}_4 \times \frac{2 \text{ g N}_2}{1 \text{ mol N}_2} = 20 \text{ g N}_2$$

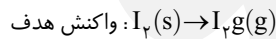
در انتها، به کمک رابطه  $Q = mc\Delta\theta$ ، دمای نهایی مخلوط واکنش را به دست می‌آوریم:

$$Q_{\text{کل}} = Q_{\text{H}_2\text{O}} + Q_{\text{CO}_2} + Q_{\text{N}_2} = (mc\Delta\theta)_{\text{H}_2\text{O}} + (mc\Delta\theta)_{\text{CO}_2} + (mc\Delta\theta)_{\text{N}_2} \Rightarrow 8000 \times 10^3 = (18 \times 2 \times \Delta\theta) + (440 \times 9 \times \Delta\theta) + (20 \times 1 \times 2 \times \Delta\theta)$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = 1172^\circ \text{C}$$

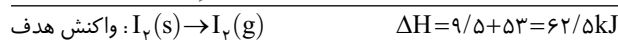
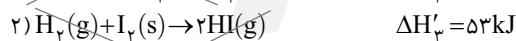
دمای اولیه در شرایط STP برابر  $0^\circ \text{C}$  است، پس دمای نهایی  $1172^\circ \text{C}$  می‌باشد.

۲ ۳ ابتدا آنتالپی واکنش تصعید یُد ( $I_2$ ) را با استفاده از واکنش‌های (۲) و (۳) به دست می‌آوریم:



$$\Delta H = ?$$

واکنش (۲) را معکوس کرده و واکنش (۳) را بدون تغییر می‌نویسیم:



سپس گرمای لازم برای تصعید  $142/24$  گرم یُد ( $I_2$ ) را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g CO}_2 = 142/24 \text{ g I}_2 \times \frac{1 \text{ mol I}_2}{254 \text{ g I}_2} \times \frac{62/5 \text{ kJ}}{1 \text{ mol I}_2} = 35 \text{ kJ}$$

اکنون محاسبه می‌کنیم که این مقدار گرما را از حل کردن چند گرم کلسیم کلرید در آب می‌توان به دست آورد:

$$? \text{ g CaCl}_2 = 35 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{84 \text{ kJ}} \times \frac{111 \text{ g CaCl}_2}{1 \text{ mol CaCl}_2} = 46/25 \text{ g CaCl}_2$$

## ۱ ۴ تعیین ظرفیت گرمایی گرماسنج و محتویات آن:

$$? \text{ kJ} = 1/6 L C_p H_f \times \frac{1/25 \text{ g } C_p H_f}{1 L C_p H_f} \times \frac{50 \text{ kJ}}{1 \text{ g } C_p H_f} = 100 \text{ kJ}$$

ابتدا گرمای حاصل از سوختن اتن را محاسبه می‌کنیم:

سپس به کمک رابطه  $Q = mc\Delta\theta = C\Delta\theta$ ، ظرفیت گرمایی گرماسنج و محتویات آن را به دست می‌آوریم:

$$Q = C\Delta\theta \Rightarrow 100 = C \times 10 \Rightarrow C = 10 \text{ kJ} \cdot \text{C}^{-1}$$

$$Q = (C\Delta\theta) = 10 \text{ kJ} \cdot \text{C}^{-1} \times 25 \text{ C} = 250 \text{ kJ}$$

سپس گرمای لازم برای بالا بردن دمای مجموعه به اندازه  $25 \text{ C}$  را محاسبه می‌کنیم:

اکنون محاسبه می‌کنیم که این گرما از سوختن کامل چند گرم سیکلو بوتان تولید می‌شود:

$$? \text{ g } C_p H_8 = 250 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } C_p H_8}{275 \text{ kJ}} \times \frac{56 \text{ g } C_p H_8}{1 \text{ mol } C_p H_8} \approx 5/1 \text{ g } C_p H_8$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{C_p H_8 \text{ جرم}}{\Delta H} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x \text{ g}}{1 \times 56} = \frac{-250}{-275} \Rightarrow x = 5/1 \text{ g } C_p H_8$$

روش دوم (تناسب):

۱ ۵ آنتالپی پیوند N—H را x کیلوژول بر مول و آنتالپی پیوند C=O را 2x کیلوژول بر مول در نظر می‌گیریم و آنتالپی واکنش‌های (۱) و (۲) را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H_1 = -[2\Delta H(C=O)] = -4x \text{ kJ}, \quad \Delta H_2 = -[3\Delta H(N-H)] = -3x \text{ kJ}$$

اگر در هر دو واکنش Q کیلوژول گرما تولید شده باشد، جرم کربن دی‌اکسید و آمونیاک تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } CO_2 = Q \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{4x \text{ kJ}} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = \frac{11Q}{x} \text{ g } CO_2 \quad ? \text{ g } NH_3 = Q \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } NH_3}{3x \text{ kJ}} \times \frac{17 \text{ g } NH_3}{1 \text{ mol } NH_3} = \frac{17Q}{3x} \text{ g } NH_3$$

$$\frac{CO_2 \text{ جرم}}{NH_3 \text{ جرم}} = \frac{11Q}{17Q} = \frac{33}{17}$$

اکنون نسبت جرم  $CO_2$  به  $NH_3$  تولید شده را به دست می‌آوریم:

۲ ۶ آب در فشار 1 atm، در دمای  $100 \text{ C}$  به جوش می‌آید. ابتدا کل گرمای لازم برای رساندن دمای 5 کیلوگرم آب  $25 \text{ C}$  به دمای  $100 \text{ C}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = mc\Delta\theta = 5 \times 10^3 \times 4/2 \times (100 - 25) = 1575 \times 10^3 \text{ J} = 1575 \text{ kJ}$$

اگر گرمای تولید شده در اثر سوختن ماده مورد نظر در دقیقه اول را Q در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

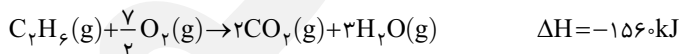
$$1575 - 1400 = 175 \text{ kJ} \quad \text{سپس محاسبه می‌کنیم که برای رساندن دمای این نمونه آب به } 100 \text{ C} \text{ به چند دقیقه دیگر حرارت دادن نمونه نیاز است:}$$

$$1575 - 1400 = 175 \text{ kJ}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{گرما آزاد شده در هر دقیقه پس از دقیقه سوم} \\ \text{در دقیقه چهارم} \Rightarrow \frac{Q}{8} = \frac{800}{8} = 100 \text{ kJ} \\ \text{در دقیقه ششم} \Rightarrow \frac{Q}{32} = \frac{800}{32} = 25 \text{ kJ} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{در دقیقه پنجم} \Rightarrow \frac{Q}{16} = \frac{800}{16} = 50 \text{ kJ} \\ \text{در دقیقه هفتم} \Rightarrow \frac{Q}{64} = \frac{800}{64} = 12/5 \text{ kJ} \end{array} \right.$$

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، مجموع گرمای حاصل از سوختن ماده در دقیقه‌های چهارم، پنجم و ششم برابر 175 کیلوژول است و سبب می‌شود نمونه به دمای  $100 \text{ C}$  برسد.

۲ ۷ آنتالپی سوختن اتان، مقدار گرمای لازم برای سوختن کامل یک مول اتان در اکسیژن کافی است. پس طبق واکنش زیر، ابتدا محاسبه می‌کنیم که برای سوختن کامل یک مول اتان، چند دقیقه زمان لازم است:



سوختن کامل یک مول اتان، چند دقیقه زمان لازم است:

$$1 \text{ mol } C_p H_6 \times \frac{-1560 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_p H_6} \times \frac{1 \text{ s}}{-31/2 \text{ kJ}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{5}{6} \text{ min}$$

اکنون سرعت متوسط سوختن اتان را بر حسب  $\text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$  به دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(C_p H_6) = \frac{\Delta n(C_p H_6)}{\Delta t} = \frac{1 \text{ (mol)}}{\frac{5}{6} \text{ (min)}} = 1/2 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

۱ ۸ گرمای تولید شده از ابتدای واکنش تا ثانیه پنجم برابر 23 کیلوژول است. با توجه به آنتالپی واکنش مقدار آمونیاک تولیدی در این بازه زمانی را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } NH_3 = 23 \text{ kJ} \times \frac{2 \text{ mol } NH_3}{92 \text{ kJ}} \times \frac{17 \text{ g } NH_3}{1 \text{ mol } NH_3} = 8/5 \text{ g } NH_3$$

سرعت متوسط واکنش در بازه 5 تا 20 ثانیه را با استفاده از سرعت متوسط مصرف گاز نیتروژن در این بازه زمانی محاسبه می‌کنیم. در این بازه زمانی  $41/4 \text{ kJ}$  ( $64/4 - 23$ )

گرمای تولید شده است، پس:

$$|\Delta n(N_2)| = 41/4 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{92 \text{ kJ}} = 0/45 \text{ mol } N_2 \quad \bar{R}(N_2) = \frac{|\Delta n(N_2)|}{\Delta t} = \frac{0/45 \text{ (mol)}}{1/8 \text{ (min)}} = 1/8 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

۹ ۲ با توجه به جدول و تغییرات مول مواد مشخص است که D و B واکنش دهنده و A و C فراورده‌اند و با توجه به تغییر مول آن‌ها واضح است که A، B، C و D به ترتیب  $Al_2O_3$ ،  $Fe$ ،  $Fe_2O_3$  و Al هستند. پس در مدت زمان ۱۵ دقیقه، ۱۳ مول فراورده مذاب (Fe) تولید شده است. مقدار گرمای تولید شده در این مدت برابر است با:

$$? \text{ kJ} = 13 \text{ mol Fe} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} \times \frac{750 \text{ kJ}}{100 \text{ g Fe}}$$

آهنگ تولید گرما در این مدت برابر است با:

$$\bar{R} (\text{گرما}) = \frac{5460 \text{ kJ}}{15 \text{ min}} = 364 \text{ kJ} \cdot \text{min}^{-1}$$

در ادامه با توجه به ضرایب استوکیومتری گونه‌ها خواهیم داشت:

$$\Delta n(C) = 2\Delta n(A) \Rightarrow 10 - X = 2(5 - 3) \Rightarrow X = 6$$

بازه زمانی ۵ تا ۱۰ دقیقه:

$$\Delta n(B) = \frac{1}{2} \Delta n(D) \Rightarrow Y - 10 = \frac{1}{2}(3 - 7) \Rightarrow Y = 8$$

بازه زمانی ۵ تا ۱۵ دقیقه:

$$\Delta n(D) = 2\Delta n(B) \Rightarrow Z - 3 = 2(6/5 - 8) \Rightarrow Z = 0$$

بازه زمانی ۱۰ تا ۱۵ دقیقه:

$$X + Y + Z = 6 + 8 + 0 = 14 \text{ mol}$$

پس مجموع X، Y و Z برابر است با:

۱۰ ۱ آنتالپی سوختن بوتین ( $C_6H_6$ ) برابر است با:

$$\Delta H_{\text{سوختن}}(C_6H_6) = -(\text{جرم مولی} \times \text{ارزش سوختی}) = -(50 \times 54) = -2700 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



معادله گرمایشیمیایی سوختن ۱ مول بوتین به صورت مقابل است:

ابتدا گرمای حاصل را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ kJ} = 20 \text{ s} \times \frac{0.5 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ s}} \times \frac{2700 \text{ kJ}}{3 \text{ mol } H_2O} = 900 \text{ kJ} = 9 \times 10^5 \text{ J}$$

سپس جرم اولیه آلیاژ را x کیلوگرم در نظر می‌گیریم و به کمک رابطه  $Q = mc\Delta\theta$ ، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{\text{کل}} = Q_{\text{طلا}} + Q_{\text{نقره}} = (mc\Delta\theta)_{\text{نقره}} + (mc\Delta\theta)_{\text{طلا}}$$

$$9 \times 10^5 = [(10^3 \times x \text{ g آلیاژ}) \times \frac{66/67 \text{ g Ag}}{100 \text{ g آلیاژ}}] \times 0.236 \times 250 + [(10^3 \times x \text{ g آلیاژ}) \times \frac{33/33 \text{ g Au}}{100 \text{ g آلیاژ}}] \times 0.128 \times 250 \Rightarrow x = 18 \text{ kg}$$

### پاسخ تشریحی آزمون جامع (۳)

۱ ۴ جرم محلول برابر است با:

$$? \text{ g محلول} = 600 \text{ mL محلول} \times \frac{0.92 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} = 552 \text{ g محلول}$$

اگر مقدار مول اتیلن گلیکول را  $6x$  و مقدار مول آب را x در نظر بگیریم، جرم هر کدام برابر است با:

$$? \text{ g } C_2H_6(OH)_2 = 6x \text{ mol } C_2H_6(OH)_2 \times \frac{62 \text{ g } C_2H_6(OH)_2}{1 \text{ mol } C_2H_6(OH)_2} = 372x \text{ g } C_2H_6(OH)_2$$

$$? \text{ g } H_2O = x \text{ mol } H_2O \times \frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 18x \text{ g } H_2O \quad 372x + 18x = 552 \Rightarrow x = 10$$

پس ۱۰ مول آب و ۶۰ مول اتیلن گلیکول در مخلوط داریم. با استفاده از رابطه  $Q = mc\Delta\theta$  خواهیم داشت: (ظرفیت گرمایی یک مول از هر ماده را داریم)

$$Q_{\text{کل}} = Q_{\text{آب}} + Q_{\text{الکل}} = (nc\Delta\theta)_{\text{آب}} + (nc\Delta\theta)_{\text{الکل}} = (10 \times 75/6 \times 20) + (60 \times 144 \times 20) = 32400 \text{ J} = 32.4 \text{ kJ}$$

۲ ۳ اگر فرض کنیم x گرم آمونیوم نیترات را در آب حل کرده باشیم، داریم:

$$? \text{ kJ} = x \text{ g } NH_4NO_3 \times \frac{1 \text{ mol } NH_4NO_3}{80 \text{ g } NH_4NO_3} \times \frac{26 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } NH_4NO_3} = \frac{13}{40} x \text{ kJ}$$

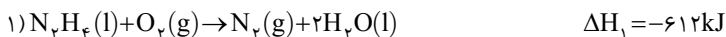
$$|\Delta\theta| = 30/2 - 25 = 5/2^\circ C$$

جرم محلول  $(480 + x)$  گرم است. از رابطه  $Q = mc\Delta\theta$  استفاده می‌کنیم:

$$Q_{\text{کل}} = Q_{\text{محلول}} + Q_{\text{گرماسنج}} = (mc|\Delta\theta|)_{\text{محلول}} + (C|\Delta\theta|)_{\text{گرماسنج}} \Rightarrow \frac{13}{40} x \times 10^3 \text{ J} = ((480 + x) \times 4 \times 5/2) + (420 \times 5/2)$$

$$325x = 9984 + 20/8x + 2184 \Rightarrow 304/2x = 12168 \Rightarrow x = 40 \text{ g}$$

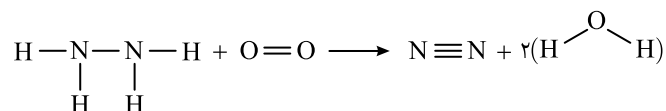
برای محاسبه آنتالپی پیوند (N—N) ابتدا باید آنتالپی واکنش  $N_2H_4(g) + O_2(g) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(g)$  را به کمک سه واکنش زیر به دست آوریم:



برای رسیدن به واکنش هدف، واکنش (۱) را بدون تغییر نوشته، واکنش (۲) را معکوس و واکنش (۳) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم:



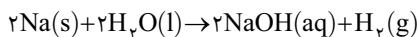
اکنون به کمک آنتالپی پیوندها، آنتالپی پیوند (N—N) را محاسبه می‌کنیم:



$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [\Delta H(\text{N}-\text{N}) + 4\Delta H(\text{N}-\text{H}) + \Delta H(\text{O}=\text{O})] - [\Delta H(\text{N} \equiv \text{N}) + 4\Delta H(\text{O}-\text{H})]$$

$$-575 = [\Delta H(\text{N}-\text{N}) + 4(391) + 495] - [945 + 4(463)] \Rightarrow \Delta H(\text{N}-\text{N}) = 163 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

ابتدا مقدار گاز هیدروژن تولید شده در واکنش فلز سدیم با آب را محاسبه می‌کنیم:



معادله موازنه شده واکنش:

$$? \text{ mol } \text{H}_2 = 250 \text{ g Na} \times \frac{92 \text{ g Na}}{100 \text{ g Na}} \times \frac{1 \text{ mol Na}}{23 \text{ g Na}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol Na}} = 5 \text{ mol H}_2$$

حال فرض می‌کنیم  $x$  مول از گاز هیدروژن در واکنش (I) و  $(5-x)$  مول از گاز هیدروژن در واکنش (II) مصرف شده است. گرمای تولید شده در هر واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{(I) واکنش: } ? \text{ kJ} = x \text{ mol H}_2 \times \frac{-92 \text{ kJ}}{2 \text{ mol H}_2} \times \frac{100}{92} = -23x \text{ kJ} \quad , \quad \text{(II) واکنش: } ? \text{ kJ} = (5-x) \text{ mol H}_2 \times \frac{-183 \text{ kJ}}{1 \text{ mol H}_2} \times \frac{100}{92} = -91/5(5-x) \text{ kJ}$$

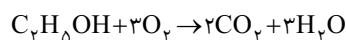
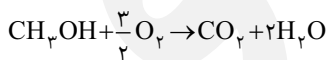
پس با توجه به مطالب ارائه شده در مسئله، خواهیم داشت:

$$-23x - 91/5(5-x) = -252 \Rightarrow 23x + 457/5 - 91/5x = 252 \Rightarrow 205/5 = 68/5x \Rightarrow x = 3$$

پس ۳ مول گاز هیدروژن در واکنش (I) و ۲ مول گاز هیدروژن در واکنش (II) به مصرف رسیده است:

$$\text{درصد } \text{H}_2 \text{ مصرفی در واکنش (II)} = \frac{2}{5} \times 100 = 40\%$$

معادله واکنش‌های سوختن کامل یک مول متانول و یک مول اتانول به صورت زیر است:



اگر فرض کنیم  $x$  گرم متانول و  $(22-x)$  گرم اتانول را سوزانده‌ایم، گرمای حاصل از سوختن آن‌ها برابر است با:

$$? \text{ kJ} = x \text{ g CH}_3\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}}{32 \text{ g CH}_3\text{OH}} \times \frac{-725 \text{ kJ}}{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}} = \frac{-725x}{32} \text{ kJ}$$

اتانول:

$$? \text{ kJ} = (22-x) \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{-1370 \text{ kJ}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} = \frac{-685(22-x)}{23} \text{ kJ}$$

$$\frac{-725x}{32} + \frac{-685(22-x)}{23} = -564 \Rightarrow x = 12/8 \text{ g}$$

با توجه به این که مجموع گرمای حاصل از واکنش‌ها برابر ۵۶۴ kJ است، پس خواهیم داشت:

بنابراین ۱۲/۸ گرم متانول و ۹/۲ گرم اتانول را سوزانده‌ایم.

در ادامه جرم آب تولیدی در واکنش سوختن متانول و جرم کربن دی‌اکسید تولیدی در واکنش سوختن اتانول را به دست آورده و نسبت خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

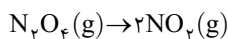
$$? \text{ g H}_2\text{O} = 12/18 \text{ g CH}_3\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}}{32 \text{ g CH}_3\text{OH}} \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 14/4 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$? \text{ g CO}_2 = 9/2 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{2 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 17/6 \text{ g CO}_2$$

$$\frac{\text{جرم آب تولید شده در واکنش سوختن متانول}}{\text{جرم کربن دی‌اکسید تولید شده در واکنش سوختن اتانول}} = \frac{14/4}{17/6} = 0/82$$

پس نسبت خواسته شده برابر است با:

۶ ۲ مقدار اولیه  $\text{N}_2\text{O}_4$  را  $M$  مول در نظر می‌گیریم و داریم:



مول اولیه	$M$	۰
تغییر مول	$-x$	$+2x$
مول ثانویه	$M-x$	$2x$

$$\frac{2x}{2x+(M-x)} \times 100 = 81/25 \Rightarrow \frac{2x}{M+x} = \frac{81/25}{100} \Rightarrow 200x = 81/25M + 81/25x$$

$$\Rightarrow 118/25x = 81/25M \Rightarrow M = \frac{19}{13}x \text{ (I)}$$

فرض دوم:

$$2x - (M - x) = 20 \Rightarrow 3x - M = 20 \xrightarrow{\text{(I)}} 3x - \frac{19}{13}x = 20 \Rightarrow \frac{39}{13}x - \frac{19}{13}x = 20 \Rightarrow x = 13 \text{ mol}, M = 19 \text{ mol}$$

پس مقدار اولیه  $\text{N}_2\text{O}_4$  برابر است با:

$$? \text{ g N}_2\text{O}_4 = 19 \text{ mol N}_2\text{O}_4 \times \frac{92 \text{ g N}_2\text{O}_4}{1 \text{ mol N}_2\text{O}_4} = 1748 \text{ g N}_2\text{O}_4$$

با توجه به جدول تغییر مول گونه‌ها، پس از ۶ دقیقه ۱۳ مول  $\text{N}_2\text{O}_4$  مصرف شده است و با توجه به  $\frac{1}{3}$  شدن سرعت واکنش در هر ۲ دقیقه نسبت به ۲ دقیقه قبلی،

اگر در ۲ دقیقه اول  $y$  مول  $\text{N}_2\text{O}_4$  مصرف شود، در ۲ دقیقه دوم  $\frac{y}{3}$  مول و در ۲ دقیقه سوم  $\frac{y}{9}$  مول  $\text{N}_2\text{O}_4$  مصرف می‌شود و داریم:

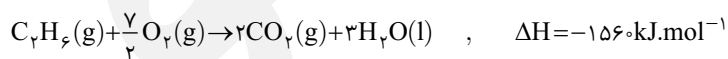
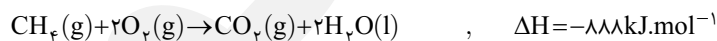
$$13 = y + \frac{y}{3} + \frac{y}{9} \Rightarrow y = 9 \text{ mol}$$

با استفاده مجدد از جدول تغییرات مقدار مول برای پایان دقیقه دوم داریم:

مول اولیه	۱۹	۰
تغییر مول	$-y$	$+2y$
مول ثانویه	$19-y$	$2y$

$$\text{مجموع مول‌های داخل ظرف واکنش در پایان دقیقه دوم} = 19 - y + 2y = 19 + y = 28 \text{ mol}$$

۷ ۱ معادله‌های موازنه شده واکنش‌های سوختن متان و اتان:



در واکنش سوختن متان تغییر مول مشاهده نمی‌شود، اما در واکنش سوختن اتان به ازای هر مول اتان، مجموع مول‌های واکنش به اندازه ۵/۵ مول افزایش می‌یابد. با

$$? \text{ g C}_2\text{H}_6 = 3 \text{ mol} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{\text{تغییر مول}} \times \frac{30 \text{ g C}_2\text{H}_6}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} = 180 \text{ g C}_2\text{H}_6$$

توجه به افزایش ۳ مول مواد درون ظرف داریم:

پس جرم متان در مخلوط اولیه برابر ۲۴g (۱۸۰-۲۰۴) است. گرمای سوختن هر کدام از گازهای متان و اتان را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ kJ} = 24 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{-888 \text{ kJ}}{1 \text{ mol CH}_4} = -1332 \text{ kJ}$$

متان:

$$? \text{ kJ} = 180 \text{ g C}_2\text{H}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{30 \text{ g C}_2\text{H}_6} \times \frac{-1560 \text{ kJ}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} = -9360 \text{ kJ}$$

اتان:

$$\bar{R}(\text{گرما}) = \frac{(1332 + 9360) \text{ kJ}}{(2 \times 60) \text{ s}} = 89/1 \text{ kJ} \cdot \text{s}^{-1}$$

پس آهنگ تولید گرما در این فرایند برابر است با:

۳ اگر در ۲۰ ثانیه اول X گرم گاز هیدروژن تولید شود، داریم:

$$۳۲/۴۸g = x + ۰/۴x + ۰/۱۶x + ۰/۰۶۴x = ۱/۶۲۴x \Rightarrow x = ۲۰g$$

تغییرات مول این گاز در ۲۰ ثانیه چهارم برابر است با:

$$\Delta n(H_2) = ۰/۰۶۴ \times ۲۰g \times \frac{۱ \text{ mol } H_2}{۲g H_2} = ۰/۶۴ \text{ mol } H_2$$

سرعت واکنش در ۲۰ ثانیه چهارم را به کمک سرعت متوسط تولید هیدروژن محاسبه می کنیم:

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \frac{1}{2} \bar{R}(H_2) = \frac{1}{2} \times \frac{\Delta n(H_2)}{\Delta t} = \frac{1}{2} \times \frac{۰/۰۶۴ \text{ mol}}{۲۰s} = ۱/۶ \times ۱۰^{-۲} \text{ mol.s}^{-1}$$

۴ با توجه به تغییرات مول X و Y در بازه زمانی یکسان، می توان فهمید که ماده X و B و ماده Y و C است:

$$\text{در بازه زمانی } ۰ \text{ تا } ۶۰ \text{ ثانیه} \begin{cases} \Delta n(X) = ۱/۴ - ۸ = -۶/۶ \text{ mol (واکنش دهنده)} \\ \Delta n(Y) = ۴/۴ - ۰ = ۴/۴ \text{ mol (فراورده)} \end{cases} \Rightarrow \frac{|\Delta n(X)|}{|\Delta n(Y)|} = \frac{۶/۶}{۴/۴} = \frac{۳}{۲}$$

برای تعیین مقدار مول B و C در ثانیه چهارم، از جدول تغییر مقدار مول مواد استفاده می کنیم:



طبق اطلاعات مسئله داریم:

$$w = ۳a = ۳/۶, \quad y = ۸ - ۳a = ۸ - ۳ \times ۱/۸ = ۲/۶$$

بنابراین:

در بازه زمانی ۲۰ تا ۴۰ ثانیه داریم:

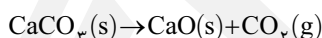
$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \frac{1}{3} \bar{R}(B) = \frac{1}{3} \times \frac{-\Delta n(B)}{\Delta t} = \frac{1}{3} \times \frac{-(۲/۶ - x) \text{ mol}}{(۲۰ - ۶۰) \text{ min}} = ۲/۱ \text{ mol.min}^{-1} \Rightarrow x = ۴/۷ \text{ mol}$$

در همین بازه زمانی با توجه به ضرایب استوکیومتری گونه ها در معادله موازنه شده واکنش داریم:

$$\frac{\bar{R}(B)}{۳} = \frac{\bar{R}(C)}{۲} \Rightarrow -\frac{\Delta n(B)}{۳ \Delta t} = \frac{\Delta n(C)}{۲ \Delta t} \Rightarrow -۲ \Delta n(B) = ۳ \Delta n(C) \Rightarrow -۲(۲/۶ - ۴/۷) = ۳(۳/۶ - z) \Rightarrow z = ۲/۲ \text{ mol}$$

$$\frac{x+z}{w-y} = \frac{۴/۷ + ۲/۲}{۳/۶ - ۲/۶} = ۶/۹$$

حاصل عبارت خواسته شده برابر است با:



۱۰ مول اولیه کلسیم کربنات را a در نظر می گیریم و از جدول تغییرات مول استفاده می کنیم:

مول اولیه	a	۰	۰
تغییر مول	-x	+x	+x
مول ثانویه	a-x	x	x

ابتدا جرم گاز تولید شده در ۳۰ ثانیه اول از شروع واکنش را محاسبه می کنیم:

$$\bar{R}(CO_2) = \frac{\Delta m(CO_2)}{\Delta t} \Rightarrow ۲۲ \times ۱۰^{-۲} \text{ g.s}^{-1} = \frac{\Delta m(CO_2)}{۳۰s} \Rightarrow \Delta m = ۶/۶g CO_2$$

سپس X (مقدار مول گاز تولید شده) را محاسبه می کنیم:

$$x = ۶/۶g CO_2 \times \frac{۱ \text{ mol } CO_2}{۴۴g CO_2} = ۰/۱۵ \text{ mol } CO_2$$

طبق اطلاعات مسئله خواهیم داشت:

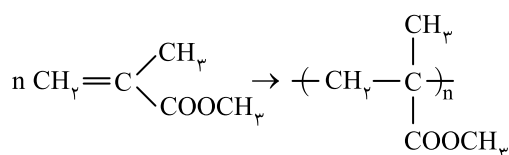
$$\frac{\text{جرم } CaO \text{ تولید شده}}{\text{جرم } CaCO_3 \text{ باقی مانده}} \times ۱۰۰ = ۶۰ \Rightarrow \frac{۵۶x}{۱۰۰(a-x)} \times ۱۰۰ = ۶۰ \Rightarrow ۵۶x = ۶۰a - ۶۰x \Rightarrow ۱۱۶x = ۶۰a \Rightarrow a = \frac{۲۹}{۱۵}x \xrightarrow{x=۰/۱۵} a = \frac{۲۹}{۱۵} \times ۰/۱۵ = ۰/۲۹$$

اکنون می توانیم جرم کلسیم کربنات اولیه را به دست آوریم:

$$? g CaCO_3 = ۰/۲۹ \text{ mol } CaCO_3 \times \frac{۱۰۰g CaCO_3}{۱ \text{ mol } CaCO_3} = ۲۹g CaCO_3$$



پاسخ تشریحی آزمون جامع (۱)



۱ ۲ پلیمر تولید شده از نوع افزایشی است، پس مجموع جرم مونومرهای سازنده با جرم پلیمر یکسان است.

فرمول مولکولی متیل متاکریلات  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$  است و جرم مولی آن برابر  $100$  گرم بر مول می‌باشد.

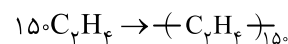
برای حل تست، ابتدا تعداد واحدهای تکرار شونده ( $n$ ) را در هر مولکول پلیمر به دست می‌آوریم:

$$n = 2000 \Rightarrow n \text{ پلیمر } 100 \times 10^3 = 1 \text{ پلیمر } \times \frac{1 \text{ molecule}}{n \text{ molecule}} \times \frac{6 \times 10^{23} \text{ molecule}}{1 \text{ mol مونومر}} \times 0.5 \text{ mol مونومر}$$

پس جرم مولی این پلیمر برابر است با:

$$100 \times n = 100 \times 2000 = 200000 \text{ g.mol}^{-1} = 200 \text{ kg.mol}^{-1}$$

۲ ۳ معادله موازنه شده واکنش تولید پلی اتن با  $150$  واحد تکرار شونده: ( $n=150$ )



قسمت اول:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mol پلیمر} = 4000 \text{ L C}_2\text{H}_4 \times \frac{1/19 \text{ g C}_2\text{H}_4}{1 \text{ L C}_2\text{H}_4} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_4}{28 \text{ g C}_2\text{H}_4} \times \frac{1 \text{ mol } \left( \text{C}_2\text{H}_4 \right)_{150}}{150 \text{ mol C}_2\text{H}_4} \times \frac{75}{100} = 0.85 \text{ mol } \left( \text{C}_2\text{H}_4 \right)_{150}$$

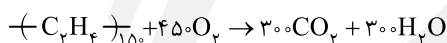
بازده درصدی

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول پلیمر} \times \text{چگالی} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{4000 \times 1.19 \times \frac{75}{100}}{150 \times 28} = \frac{x \text{ mol پلیمر}}{1} \Rightarrow x = 0.85 \text{ mol پلیمر}$$

قسمت دوم:

معادله موازنه شده واکنش سوختن پلی اتن:



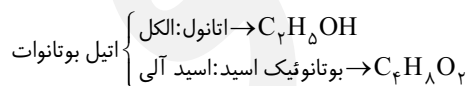
$$? \text{ L CO}_2 = 0.85 \text{ mol } \left( \text{C}_2\text{H}_4 \right)_{150} \times \frac{300 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol } \left( \text{C}_2\text{H}_4 \right)_{150}} \times \frac{22.4 \text{ L CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 5712 \text{ L CO}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{مول پلیمر}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر } \text{CO}_2 \text{ (STP)}}{\text{ضریب} \times 22.4} \Rightarrow \frac{x \text{ L CO}_2}{300 \times 22.4} = \frac{0.85}{1} \Rightarrow x = 5712 \text{ L CO}_2$$

روش دوم (تناسب):

۳ ۴ الکل سازنده اتیل بوتانوات که استر ایجاد کننده طعم و بوی خوش آناناس است، اتانول می‌باشد.



معادله موازنه شده واکنش استری شدن به صورت مقابل است:

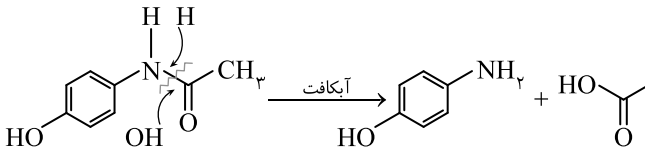
برای حل تست، ابتدا به کمک جرم اتانول مصرفی و جرم استر تولید شده،  $n$  را به دست می‌آوریم:

$$12(n+2) + (2n+4) + 32 = (14n+60) \text{ g.mol}^{-1}$$

$$2/3 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{1 \text{ mol استر}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{14n+60 \text{ g استر}}{1 \text{ mol استر}} = 5/1 \text{ g استر} \Rightarrow n=3$$

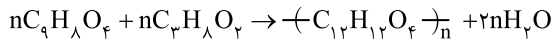
پس فرمول مولکولی اسید به صورت  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$  است، نسبت درصد جرمی اکسیژن به هیدروژن در  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$  برابر است با:

$$\frac{\text{درصد جرمی اکسیژن}}{\text{درصد جرمی هیدروژن}} = \frac{\text{جرم اتم‌های اکسیژن}}{\text{جرم اتم‌های هیدروژن}} = \frac{2 \times 16}{6 \times 1} = 5/3$$



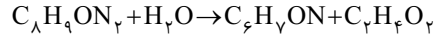
$$\text{درصد جرمی کربن} = \frac{8 \times 12}{8 \times 12 + 9 \times 1 + 1 \times 16 + 2 \times 14} \times 100 = 64/4\%$$

$$\text{درصد جرمی کربن} = \frac{(8 \times 12) \times n}{(8 \times 12 + 8 \times 1) \times n} \times 100 = 92/3\%$$



پس اختلاف درصد جرمی کربن در این دو ترکیب برابر  $(92/3 - 64/4) \times 27/9$  است.

قسمت اول: واکنش آبکافت ترکیب مورد نظر:



جرم مولی اسید و آمین حاصل به ترتیب برابر  $60$  و  $109$  گرم بر مول است، پس اختلاف جرم مولی این دو ترکیب برابر  $49 \text{ g.mol}^{-1} (109 - 60)$  می باشد.

قسمت دوم: درصد جرمی کربن در استامینوفن برابر است با:

درصد جرمی کربن در پلی استیرن  $(C_8 H_8)_n$  برابر است با:

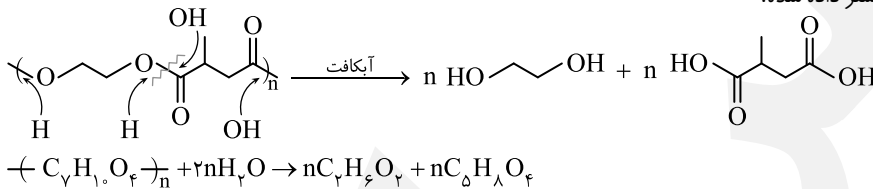
قسمت اول (کسر تبدیل):

$$\text{پلی استر } 22 \text{ g} = \frac{80}{100} \times \frac{22 \text{ g پلی استر}}{1 \text{ mol پلی استر}} \times \frac{1 \text{ mol پلی استر}}{220 \text{ n}} \times \frac{1 \text{ mol دی اسید}}{1 \text{ mol پلی استر}} \times \frac{75 \text{ g دی اسید خالص}}{100 \text{ g دی اسید ناخالص}} \times 300 \text{ g پلی استر} = 22 \text{ g}$$

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{300 \times \frac{75}{100} \times \frac{80}{100}}{n \times 180} \Rightarrow \text{پلی استر } 22 \text{ g} = x$$

روش دوم (تناسب):

معادله موازنه شده واکنش آبکافت پلی استر داده شده:

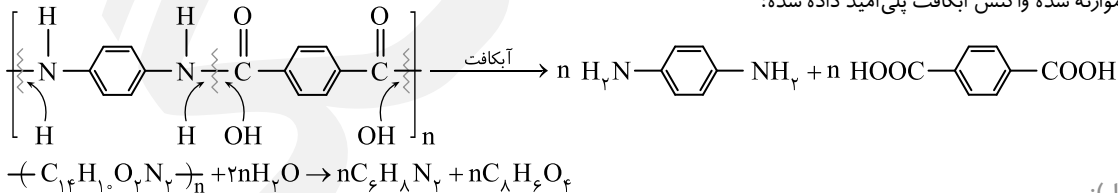


$$\text{روش اول (کسر تبدیل):} \quad \text{پلیمر ناخالص } 150 \text{ g} = \frac{100}{79} \times \frac{158 \text{ n g پلیمر}}{1 \text{ mol پلیمر}} \times \frac{1 \text{ mol پلیمر}}{158 \text{ n}} \times \frac{1 \text{ mol الکل}}{62 \text{ g الکل}} \times \frac{1}{2} \times 38/75 \text{ mL الکل} = 150 \text{ g}$$

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{x \times \frac{79}{100}}{1 \times 158 \text{ n}} = \frac{38/75 \times 1/2}{n \times 62} \Rightarrow x = 150 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):

معادله موازنه شده واکنش آبکافت پلی آمید داده شده:



$$\text{دی آمین ناخالص } 100 \text{ g} = \frac{100 \text{ g دی آمین خالص}}{81 \text{ g دی آمین خالص}} \times \frac{1 \text{ mol دی آمین}}{108 \text{ g دی آمین}} \times \frac{n \text{ mol دی آمین}}{1 \text{ mol دی اسید}} \times \frac{166 \text{ g دی اسید}}{124/5 \text{ g دی آمین ناخالص}} = 100 \text{ g}$$

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{x \times \frac{81}{100}}{n \times 166} = \frac{124/5}{n \times 108} \Rightarrow x = 100 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):

عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. ساختار و فرمول شیمیایی مونومر سازنده پلی لاکتیک اسید و نشاسته به صورت زیر است:

بررسی عبارت‌ها:

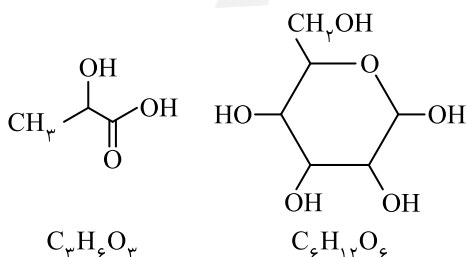
عبارت (ب): فرمول نشاسته  $(C_6 H_{10} O_5)_n$  و فرمول پلی لاکتیک اسید  $(C_3 H_4 O_2)_n$  است.

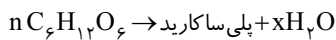
$$\text{درصد جرمی اکسیژن در نشاسته} = \frac{5 \times 16}{(6 \times 12) + (10 \times 1) + (5 \times 16)} \times 100 = 49/4\%$$

$$\text{درصد جرمی اکسیژن در پلی لاکتیک اسید} = \frac{2 \times 16}{(3 \times 12) + (4 \times 1) + (2 \times 16)} \times 100 = 44/4\%$$

عبارت (پ): تعداد اتم‌های کربن و جرم مونومر پلی لاکتیک اسید نصف مونومر نشاسته است، پس درصد جرمی کربن در هر دو مونومر یکسان است.

عبارت (ت): در گلوکز ۱۲ جفت الکترون ناپیوندی (برای ۶ اکسیژن) و در لاکتیک اسید ۶ جفت الکترون ناپیوندی (برای ۳ اتم اکسیژن) وجود دارد.





۴ ۹ معادله واکنش تولید پلی ساکارید:

برای کامل کردن معادله، ابتدا باید ضرایب گلوکز و آب را محاسبه کنیم:  $n=200 \Rightarrow$  گلوکز  $1080g \Rightarrow$  گلوکز  $1mol \times \frac{180g}{1mol} \times \frac{n}{1mol} = 1080g$  پلی ساکارید  $3mol \times \frac{180g}{1mol} = 540g$

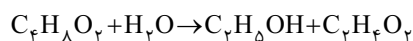
$x=150 \Rightarrow$  پلی ساکارید  $1mol \times \frac{180g}{1mol} \times \frac{x}{1mol} = 180g$  پلی ساکارید  $3mol \times \frac{180g}{1mol} = 540g$

$33300g \cdot mol^{-1} = 33/3kg \cdot mol^{-1} = (200 \times 180) - (150 \times 180) =$  (جرم مولی مونومرهای مصرفی)  $\times n =$  جرم مولی پلی ساکارید

۲ ۱۰ در اثر آبکافت هر دو استر اتانول تولید می شود. مقدار مول اتانول تولید شده را محاسبه می کنیم:

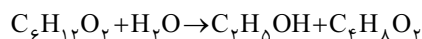
$mol C_7H_5OH = 27/6g C_7H_5OH \times \frac{1mol C_7H_5OH}{46g C_7H_5OH} = 0.6mol C_7H_5OH$

جرم اتیل اتانوات را  $x$  گرم و جرم اتیل بوتانوات را  $(64-x)$  گرم در نظر می گیریم:



معادله موازنه شده واکنش آبکافت اتیل اتانوات به صورت مقابل است:

$mol C_7H_5OH = x g C_6H_8O_2 \times \frac{1mol C_6H_8O_2}{116g C_6H_8O_2} \times \frac{1mol C_7H_5OH}{1mol C_6H_8O_2} = \frac{x}{116} mol C_7H_5OH$



معادله موازنه شده واکنش آبکافت اتیل بوتانوات به صورت روبرو است:

$mol C_7H_5OH = (64-x) g C_6H_{12}O_2 \times \frac{1mol C_6H_{12}O_2}{116g C_6H_{12}O_2} \times \frac{1mol C_7H_5OH}{1mol C_6H_{12}O_2} = \frac{64-x}{116} mol C_7H_5OH$

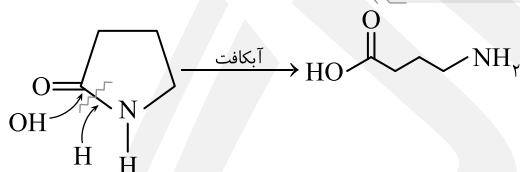
$\frac{x}{116} + \frac{64-x}{116} = 0.6 \Rightarrow x = 17/6g$

طبق اطلاعات مسئله داریم:

جرم اولیه اتیل بوتانوات  $= 64 - 17/6 = 46/6g$

پس جرم اولیه اتیل بوتانوات برابر است با:

### پاسخ تشریحی آزمون جامع (۲)



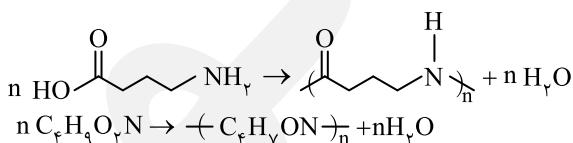
۲ ۱ ابتدا معادله واکنش آبکافت آمید داده شده را می نویسیم:



سپس جرم فراورده حاصل از این واکنش را به دست می آوریم:

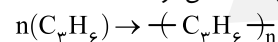
فراورده  $164/8g = 103g \times \frac{1mol \text{ فراورده}}{1mol \text{ آمید}} \times \frac{1mol \text{ آمید}}{85g \text{ آمید}} \times \frac{68g \text{ آمید خالص}}{100g \text{ آمید ناخالص}} = 164/8g$  فراورده  $200g =$  فراورده  $g$

معادله واکنش پلیمری شدن فراورده تولیدی:



پلی آمید  $102g = 100g \times \frac{1mol \text{ پلی آمید}}{100g \text{ پلی آمید}} \times \frac{85n g \text{ پلی آمید}}{n mol \text{ مونومر}} \times \frac{1mol \text{ مونومر}}{103g \text{ مونومر}} = 102g$  پلی آمید  $g$

۳ ۲ پلیمر مورد استفاده در ساخت سرنگ های پلاستیکی، پلی پروپین است. این پلیمر از مونومرهای پروپین در شرایط مناسب ساخته می شود.



معادله موازنه شده واکنش تولید پلی پروپین به صورت مقابل است:

ابتدا حجم گاز پروپین لازم را در شرایط STP محاسبه می کنیم:

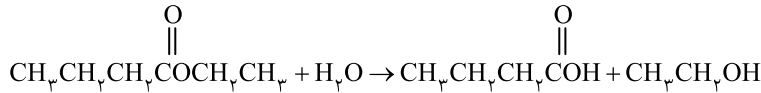
$LC_3H_6 (STP) = 700g \left( C_3H_6 \right)_n \times \frac{1mol \left( C_3H_6 \right)_n}{42ng \left( C_3H_6 \right)_n} \times \frac{n mol C_3H_6}{1mol \left( C_3H_6 \right)_n} \times \frac{22.4 LC_3H_6}{1mol C_3H_6} \times \frac{100}{85} = 1400 LC_3H_6$  بازده واکنش

اکنون به کمک قانون گازها، حجم گاز پروپین مورد نیاز در شرایط واکنش را به دست می آوریم:

$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \xrightarrow{n \text{ ثابت}} \frac{1 \times 1400}{273} = \frac{2 \times V_2}{(312+273)} \Rightarrow V_2 = 500L$

۱ ۳

معادله موازنه شده واکنش کلی تجزیه آبکافت استر:



سرعت متوسط واکنش برابر سرعت متوسط تجزیه استر است، پس در ۴۵ ثانیه اول واکنش داریم:

$$\bar{R}(\text{استر}) = -\frac{\Delta[\text{استر}]}{\Delta t} = -\frac{(\frac{0}{21} - \frac{0}{6}) \text{mol.L}^{-1}}{(\frac{45}{6}) \text{min}} = \frac{0}{52} \text{mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

سرعت متوسط تولید اسید برابر سرعت متوسط تجزیه استر است، پس در ۳۰ ثانیه اول داریم:

$$\bar{R}(\text{اسید}) = \bar{R}(\text{استر}) = -\frac{\Delta[\text{استر}]}{\Delta t} = -\frac{(\frac{0}{32} - \frac{0}{6}) \text{mol.L}^{-1}}{30 \text{s}} = \frac{0}{28} \text{mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

سرعت متوسط تولید الکل برابر سرعت متوسط تجزیه استر است، پس در ۳۰ ثانیه سوم داریم:

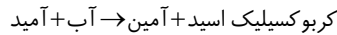
$$\bar{R}(\text{الکل}) = \bar{R}(\text{استر}) = -\frac{\Delta[\text{استر}]}{\Delta t} = -\frac{(\frac{0}{12} - \frac{0}{6}) \text{mol.L}^{-1}}{30 \text{s}} = \frac{0}{12} \text{mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}(\text{اسید})}{\bar{R}(\text{الکل})} = \frac{\frac{0}{28}}{\frac{0}{12}} = \frac{0/28}{0/12} = \frac{12}{28} = \frac{3}{7}$$

پس نسبت این دو سرعت برابر است با:

۴ ۴

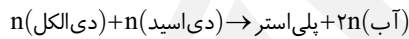
معادله نوشتاری واکنش آبکافت آمیدهایی که در ساختار آن‌ها یک گروه آمیدی وجود دارد، به صورت زیر است. در این واکنش‌ها، ضرایب استوکیومتری همه گونه‌ها برابر ۱ است:



با توجه به این که ضریب استوکیومتری آب برابر ۱ است، پس سرعت متوسط مصرف آب با سرعت متوسط واکنش برابر است، پس خواهیم داشت:

$$R(\text{واکنش}) = \bar{R}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0}{42} \text{mol.min}^{-1}$$

$$? \text{ g H}_2\text{O} = 50 \text{s} \times \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}} \times \frac{0}{42} \text{mol H}_2\text{O}}{1 \text{min}} \times \frac{18 \text{g H}_2\text{O}}{1 \text{mol H}_2\text{O}} = \frac{6}{3} \text{g H}_2\text{O}$$



۴ ۵ معادله موازنه شده واکنش تولید پلی استر:

جرم مولی واحد تکرار شونده پلی استر را محاسبه می‌کنیم و سپس جرم مولی کربوکسیلیک اسید را به دست می‌آوریم:

$$18/6 \text{g} \times \frac{1 \text{mol}}{62 \text{g}} \times \frac{1 \text{mol}}{n} \times \frac{1 \text{mol}}{1 \text{mol}} \times \frac{M \text{g}}{1 \text{mol}} = 39 \text{g} \Rightarrow M = 130 \text{g.mol}^{-1}$$

طبق قانون پایستگی جرم داریم:

$$n \times 104 \text{g.mol}^{-1} = \text{جرم مولی دی اسید} \Rightarrow 104 \text{g.mol}^{-1} = 39n + 36n - 62n \Rightarrow \text{جرم مولی دی الکل} = 130n + 36n - 62n = 104 \text{g.mol}^{-1}$$

جرم دی اسید مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g دی اسید} = 18/6 \text{g} \times \frac{1 \text{mol}}{62 \text{g}} \times \frac{n \text{mol}}{n} \times \frac{104 \text{g}}{1 \text{mol}} = 31/2 \text{g}$$

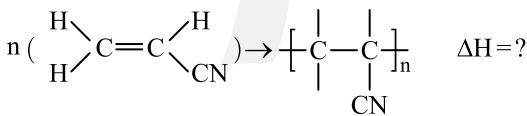
$$\bar{R}(\text{دی اسید}) = \frac{31/2 \text{g}}{20 \text{s}} = 1/56 \text{g.s}^{-1}$$

سرعت متوسط مصرف این دی اسید در ۲۰ ثانیه بر حسب گرم بر ثانیه برابر است با:

۳ ۶

ابتدا تعداد واحدهای تکرار شونده این پلیمر را به دست می‌آوریم:

$$53n = 132500 \Rightarrow n = 2500$$



سپس آنتالپی واکنش تولید پلی سیانو اتن از سیانو اتن را محاسبه می‌کنیم:

در اثر تولید پلی سیانو اتن، n پیوند دوگانه (C=C) شکسته شده و 2n پیوند یگانه (C—C) تشکیل می‌شود، پس:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = n \times 614 - 2n(348) = -82n \text{ kJ}$$

گرمای مبادله شده در اثر تولید مقدار داده شده از پلیمر را محاسبه می‌کنیم:

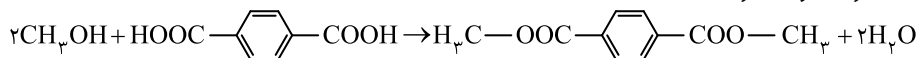
$$? \text{ kJ} = 265 \text{g پلیمر} \times \frac{1 \text{mol پلیمر}}{132500 \text{g پلیمر}} \times \frac{82 \times 2500 \text{kJ}}{1 \text{mol پلیمر}} = 410 \text{kJ}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{گرم پلیمر}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{|Q|}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{265}{1 \times 132500} = \frac{|Q|}{82 \times 2500} \Rightarrow |Q| = 410 \text{kJ}$$

روش دوم (تناسب):

۱) معادله موازنه شده واکنش تولید دی استر به صورت زیر است:



روش اول (کسر تبدیل):

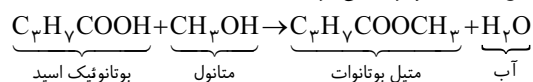
$$\text{دی استر } 291 \text{ g} = \frac{\text{دی استر } 194 \text{ g}}{1 \text{ mol دی استر}} \times \frac{1 \text{ mol دی استر}}{1 \text{ mol دی اسید}} \times \frac{1 \text{ mol دی اسید}}{166 \text{ g دی اسید}} \times \frac{83 \text{ g دی اسید خالص}}{100 \text{ g دی اسید ناخالص}} = 300 \text{ g دی اسید ناخالص} = \text{دی استر } ? \text{ g}$$

$$\text{دی استر } 291 \text{ g} = \frac{194 \text{ g دی استر}}{1 \text{ mol دی استر}} \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol دی اسید}} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{100 \text{ g دی اسید خالص}} = 54 \text{ g H}_2\text{O} = \text{دی استر } ? \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم دی اسید ناخالص}}{100} \times P = \frac{\text{گرم دی استر}}{166} = \frac{\text{گرم آب}}{18} \Rightarrow \frac{300 \times 83}{100} = \frac{x \text{ g دی استر}}{166} = \frac{y \text{ g H}_2\text{O}}{18} \Rightarrow x = 291 \text{ g دی استر}, y = 54 \text{ g H}_2\text{O}$$

۲) استر موجود در سیب، متیل بوتانوات است که از واکنش متانول و بوتانوئیک اسید، طبق معادله زیر تولید می شود:



$$\text{نمونه ناخالص } 625 \text{ mL} = \frac{\text{نمونه ناخالص } 1 \text{ mL}}{100} \times \frac{1 \text{ mol استر}}{102 \text{ g استر}} \times \frac{100 \text{ g نمونه ناخالص}}{22 \text{ g اسید خالص}} \times \frac{88 \text{ g اسید}}{100 \text{ g اسید ناخالص}} = 153 \text{ g استر} = \text{نمونه } ? \text{ mL}$$

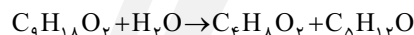
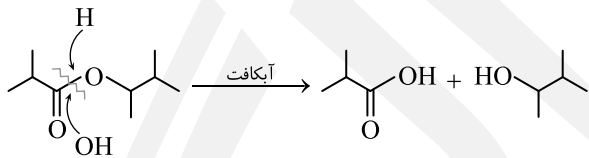
۳) عبارت های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت ها:

عبارت (الف): درصد جرمی کربن در وینیل کلرید ( $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ ) و تترافلورو اتن ( $\text{C}_2\text{F}_4$ ) برابر است با:

$$\text{درصد جرمی C در } \text{C}_2\text{H}_3\text{Cl} = \frac{\text{جرم اتم های کربن}}{\text{جرم کل ترکیب}} \times 100 = \frac{2 \times 12}{(2 \times 12) + (3 \times 1) + (1 \times 35.5)} \times 100 = 24.4\%$$

$$\text{درصد جرمی C در } \text{C}_2\text{F}_4 = \frac{\text{جرم اتم های کربن}}{\text{جرم کل ترکیب}} \times 100 = \frac{2 \times 12}{(2 \times 12) + (4 \times 19)} \times 100 = 24\%$$

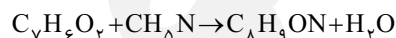
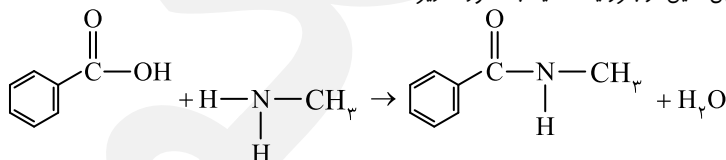
عبارت (ب): واکنش آبکافت استر داده شده به صورت زیر است:



معادله موازنه شده واکنش:

جرم مولی  $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$  و  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  یکسان و برابر ۸۸ گرم بر مول است.

عبارت (پ): فرمول ساختاری آمید حاصل از واکنش ساده ترین آمین (متیل آمین) و بنزوئیک اسید به صورت زیر است:



معادله موازنه شده واکنش:

$$\text{درصد جرمی اکسیژن در آمید حاصل برابر است با: } \frac{1 \times 16}{(8 \times 12) + (9 \times 1) + (1 \times 16) + (1 \times 14)} \times 100 = 11.1/85\%$$

عبارت (ت): مولکول هایی که در ساختار خود همزمان دارای گروه عاملی اسیدی و الکی هستند می توانند پلی استر ایجاد کنند. برای نمونه پلی لاکتیک اسید از یک نوع مونومر که لاکتیک اسید نام دارد، تولید می شود.

آب + آمید  $\rightarrow$  آمین + کربو کسلیک اسید

۱۰) واکنش تولید آمید:

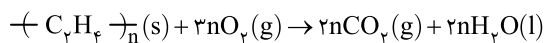
جرم مولی آمین را محاسبه می کنیم. فرمول اتانوئیک اسید به صورت  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  است.

$$\text{روش اول (کسر تبدیل): } M = 73 \text{ g.mol}^{-1} \Rightarrow \text{آمین } 43/8 \text{ g} = \frac{\text{آمین } 1 \text{ mol}}{1 \text{ mol اسید}} \times \frac{1 \text{ mol آمین}}{60 \text{ g اسید}} \times \frac{60 \text{ g اسید خالص}}{100 \text{ g اسید ناخالص}} = 43/8 \text{ g}$$

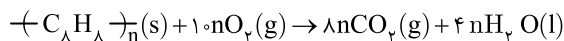
$$\text{روش دوم (تناسب): } \frac{\text{گرم اسید ناخالص}}{100} \times P = \frac{\text{گرم آمین}}{60} \Rightarrow \frac{60 \times 60}{100} = \frac{43/8}{M} \Rightarrow M = 73 \text{ g.mol}^{-1}$$



۲ ۳ جرم پلی اتن را  $x$  گرم و جرم پلی استیرن را  $(16-x)$  گرم در نظر می گیریم.  
حجم  $CO_2$  حاصل از سوختن پلی اتن در شرایط STP:



$$? \text{ mol } CO_2 = x \text{ g پلیمر} \times \frac{1 \text{ mol پلیمر}}{28 \text{ n g پلیمر}} \times \frac{2n \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol پلیمر}} \times \frac{22.4 \text{ L } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = \frac{22.4x}{14} \text{ L } CO_2$$



حجم  $CO_2$  حاصل از سوختن پلی استیرن در شرایط STP:

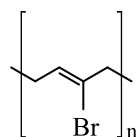
$$? \text{ mol } CO_2 = (16-x) \text{ g پلیمر} \times \frac{1 \text{ mol پلیمر}}{104 \text{ n g پلیمر}} \times \frac{8n \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol پلیمر}} \times \frac{22.4 \text{ L } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = \frac{22.4(16-x)}{13} \text{ L } CO_2$$

$$\frac{22.4x}{14} + \frac{22.4(16-x)}{13} = 26/88 \Rightarrow \frac{x}{14} + \frac{16-x}{13} = 1/2 \Rightarrow x = 5/6 \text{ g}$$

طبق اطلاعات مسئله داریم:

$$\text{جرم پلی اتن} = \frac{5}{6} \times 100 = 83.3\% \Rightarrow \text{درصد جرمی پلی اتن} = \frac{\text{جرم مخلوط}}{\text{جرم پلی اتن}}$$

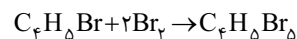
پس درصد جرمی پلی اتن در مخلوط اولیه برابر است با:



۲ ۴ قسمت اول: واحد تکرار شونده پلیمر داده شده به صورت مقابل است:

ساختار مونومرهای سازنده این پلیمر به صورت است، پس فرمول این مونومر  $C_4H_5Br$  است. درصد جرمی  $Br$  در این مونومر برابر است با:

$$\text{درصد جرمی } Br = \frac{1 \times 80}{(4 \times 12) + (5 \times 1) + (1 \times 80)} \times 100 = \frac{80}{133} \times 100 = 60.1\%$$



قسمت دوم: معادله موازنه شده واکنش:

$$? \text{ g } Br_2 = 53/2 \text{ g } C_4H_5Br \times \frac{1 \text{ mol } C_4H_5Br}{133 \text{ g } C_4H_5Br} \times \frac{2 \text{ mol } Br_2}{1 \text{ mol } C_4H_5Br} \times \frac{160 \text{ g } Br_2}{1 \text{ mol } Br_2} = 128 \text{ g } Br_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{C_4H_5Br \text{ گرم}}{جرم مولی \times ضریب} = \frac{Br_2 \text{ گرم}}{جرم مولی \times ضریب} \Rightarrow \frac{53/2}{1 \times 133} = \frac{x \text{ g } Br_2}{2 \times 160} \Rightarrow x = 128 \text{ g } Br_2$$

روش دوم (تناسب):

۴ ۵ فرمول مولکولی پلی استیرن به صورت  $\left( C_8H_8 \right)_n$  است. جرم مولی مونومر این پلیمر  $104$  گرم بر مول است، پس  $n$  برابر است با:

$$n = \frac{\text{جرم مولی پلیمر}}{\text{جرم مولی واحد تکرار شونده}} = \frac{3/64 \times 10^5}{104} = 3500$$

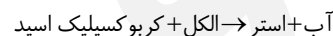
$$? \text{ cm}^3 = (0.5 \text{ cm})^3 = 0.125 \text{ cm}^3$$

حجم نمونه مکعبی برابر است با:

تعداد اتم‌های این نمونه برابر است با:

$$? \text{ atom} = 0.125 \text{ cm}^3 \times \frac{1/0.4 \text{ g پلیمر}}{1 \text{ cm}^3 \text{ پلیمر}} \times \frac{1 \text{ mol پلیمر}}{3/64 \times 10^5 \text{ g پلیمر}} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ molecule پلیمر}}{1 \text{ mol پلیمر}} \times \frac{3500 \times 16 \text{ atom}}{1 \text{ molecule پلیمر}} = 1/204 \times 10^{22} \text{ atom}$$

۳ ۶ معادله نوشتاری واکنش تولید استر: (ضرایب استوکیومتری همه گونه‌های شرکت کننده در واکنش برابر ۱ است.)



جرم مولی کربوکسیلیک اسید ( $M_1$ ) را محاسبه می کنیم:

$$24 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} \times \frac{1 \text{ mol اسید}}{1 \text{ mol } H_2O} \times \frac{M_1 \text{ g اسید}}{1 \text{ mol اسید}} \times \frac{100 \text{ g ناخالص اسید}}{68 \text{ g خالص اسید}} = 20 \text{ g ناخالص اسید} \Rightarrow M_1 = 102 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\frac{\text{جرم مولی اسید}}{\text{جرم مولی الکل}} = 1/7 \Rightarrow \frac{102}{M_2} = 1/7 \Rightarrow M_2 = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

جرم مولی الکل ( $M_2$ ) برابر است با:

پس جرم مولی استر طبق قانون پایستگی جرم برابر است با:

$$\text{جرم مولی استر} = (\text{جرم مولی آب}) - (\text{جرم مولی الکل} + \text{جرم مولی اسید}) = (102 + 60) - 18 = 144 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$12n + 2n + 32 = 144 \Rightarrow 14n = 112 \Rightarrow n = 8$$

فرمول عمومی استرها به صورت  $C_nH_{2n}O_2$  است، پس داریم:

$$\text{درصد جرمی کربن در استر} = \frac{8 \times 12}{144} \times 100 = 66.7\%$$

پس درصد جرمی کربن در استر مورد نظر برابر است با:

۷ ۳

معادله نوشتاری واکنش آبکافت استر: (ضرایب استوکیومتری همه گونه‌های شرکت کننده در واکنش برابر ۱ است.)

الکل + کربوکسیلیک اسید → آب + استر

$$? \text{ mol H}_2\text{O} = 50 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ min}} = \frac{1}{6} \text{ mol H}_2\text{O}$$

ابتدا مقدار مول آب مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

با توجه به ضرایب استوکیومتری گونه‌ها در واکنش آبکافت استر می‌توان نتیجه گرفت که  $\frac{1}{6}$  مول الکل و  $\frac{1}{6}$  مول اسید تولید شده است. فرمول مولکولی اسید را $C_nH_{2n}O_2$  و فرمول مولکولی الکل را  $C_mH_{2m+2}O$  در نظر می‌گیریم.

$$? \text{ g الکل} = \frac{1}{6} \text{ mol الکل} \times \frac{(14m+18) \text{ g الکل}}{1 \text{ mol الکل}} = \frac{14m+18}{6} \text{ g الکل}$$

$$? \text{ g اسید} = \frac{1}{6} \text{ mol اسید} \times \frac{(14n+32) \text{ g اسید}}{1 \text{ mol اسید}} = \frac{14n+32}{6} \text{ g اسید}$$

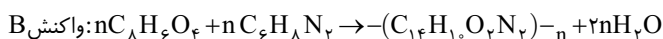
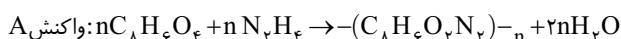
با توجه به اطلاعات مسئله داریم:

$$\frac{14m+18}{6} - \frac{14n+32}{6} = 7 \Rightarrow 14m+18-14n-32=42 \Rightarrow 14(m-n)=56 \Rightarrow m-n=4$$

$$2m+2-(2n)=2(m-n)+2=2(4)+2=10$$

با توجه به فرمول عمومی الکل‌ها و اسیدها تفاوت تعداد اتم‌های هیدروژن این دو ماده برابر است با:

۸ ۱ معادله موازنه شده واکنش‌های A و B:



جرم هیدرازین را x گرم و جرم پارافنیلین دی‌آمین را (35-x) گرم در نظر می‌گیریم:

$$? \text{ g اسید} = \frac{166x}{32} \text{ g اسید} = \frac{166 \text{ g اسید}}{32 \text{ mol هیدرازین}} \times \frac{n \text{ mol اسید}}{32 \text{ g هیدرازین}} \times \frac{1 \text{ mol هیدرازین}}{1 \text{ mol هیدرازین}}$$

$$? \text{ g اسید} = \frac{166(35-x)}{108} \text{ g اسید} = \frac{166 \text{ g اسید}}{108 \text{ mol پارافنیلین دی‌آمین}} \times \frac{n \text{ mol اسید}}{108 \text{ g پارافنیلین دی‌آمین}} \times \frac{1 \text{ mol پارافنیلین دی‌آمین}}{108 \text{ g پارافنیلین دی‌آمین}}$$

طبق اطلاعات مسئله داریم:

$$\frac{166x}{32} + \frac{166(35-x)}{108} = 83 \Rightarrow \frac{x}{16} + \frac{35-x}{54} = 1 \Rightarrow x = 8 \text{ g}$$

پس ۸ گرم هیدرازین و ۲۷ گرم پارافنیلین دی‌آمین مصرف شده است. اکنون جرم پلی‌آمید تولید شده در واکنش‌های A و B را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g پلی‌آمید A} = \frac{162n \text{ g پلی‌آمید A}}{32 \text{ g هیدرازین}} \times \frac{1 \text{ mol هیدرازین}}{32 \text{ g هیدرازین}} \times \frac{1 \text{ mol پلی‌آمید A}}{1 \text{ mol هیدرازین}} \times \frac{8 \text{ g هیدرازین}}{8 \text{ g هیدرازین}} = 40/5 \text{ g پلی‌آمید A}$$

$$? \text{ g پلی‌آمید B} = \frac{238n \text{ g پلی‌آمید B}}{108 \text{ g پارافنیلین دی‌آمین}} \times \frac{1 \text{ mol پارافنیلین دی‌آمین}}{108 \text{ g پارافنیلین دی‌آمین}} \times \frac{1 \text{ mol پلی‌آمید B}}{1 \text{ mol پارافنیلین دی‌آمین}} \times \frac{27 \text{ g پارافنیلین دی‌آمین}}{27 \text{ g پارافنیلین دی‌آمین}} = 59/5 \text{ g پلی‌آمید B}$$

$$\frac{\text{جرم پلی‌آمید A}}{\text{جرم پلی‌آمید B}} = \frac{40/5}{59/5} = 0/68$$

اکنون نسبت جرم پلی‌آمید A به پلی‌آمید B را به دست می‌آوریم:

۹ ۲

۶ مول اسید با ۶ مول از الکل‌های A و B واکنش می‌دهد. الکل مصرفی A را x مول و الکل مصرفی B را (6-x) مول در نظر می‌گیریم. جرم الکل‌های

$$? \text{ g A الکل} = x \text{ mol A الکل} \times \frac{62 \text{ g A الکل}}{1 \text{ mol A الکل}} = 62x \text{ g A الکل}$$

مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g B الکل} = (6-x) \text{ mol B الکل} \times \frac{90 \text{ g B الکل}}{1 \text{ mol B الکل}} = 90(6-x) \text{ g B الکل}$$

جرم اتم‌های کربن موجود در این مقدار از الکل‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g C} = x \text{ mol A الکل} \times \frac{24 \text{ g C}}{1 \text{ mol A الکل}} = 24x \text{ g C}$$

الکل A:

$$? \text{ g C} = (6-x) \text{ mol B الکل} \times \frac{48 \text{ g C}}{1 \text{ mol B الکل}} = 48(6-x) \text{ g C}$$

الکل B:



با توجه به این که ۴۲ درصد جرم الکل‌های مصرف شده را کربن تشکیل می‌دهد، مقدار X را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم کربن در الکل‌ها}}{\text{جرم الکل‌ها}} \times 100 = \frac{24x + 48(6-x)}{62x + 90(6-x)} \times 100 = 42 \Rightarrow x = 5$$

بنابراین ۵ مول از الکل A و ۱ مول از الکل B مصرف می‌شود و ۳ مول از الکل A و ۱ مول از الکل B باقی می‌ماند. در ادامه جرم الکل‌های باقی‌مانده را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{الکل A} = 3 \text{ mol A} \times \frac{62 \text{ g A الکل}}{1 \text{ mol A الکل}} = 186 \text{ g A الکل}$$

$$\text{الکل B} = 1 \text{ mol B الکل} \times \frac{90 \text{ g B الکل}}{1 \text{ mol B الکل}} = 90 \text{ g B الکل}$$

اختلاف جرم الکل‌های باقی‌مانده برابر  $96 \text{ g} (186 - 90)$  است.

مقدار مول اسید (RCOOH) مصرف شده برای خنثی شدن ۸۸ گرم NaOH را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{اسید} = 88 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol اسید}}{1 \text{ mol NaOH}} = 2.2 \text{ mol اسید}$$

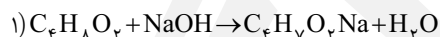
در اثر آبکافت X گرم از اتیل بوتانوات و X گرم از متیل متانوات، اسیدهای بوتانوئیک اسید و متانوئیک اسید تولید می‌شوند. اگر فرض کنیم Y مول بوتانوئیک اسید و  $(2.2 - Y)$  مول متانوئیک اسید تولید شوند، داریم:

$$y \text{ mol C}_4\text{H}_8\text{O}_2 = x \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2}{116 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ mol C}_4\text{H}_8\text{O}_2}{116 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2} = \frac{x}{116} \text{ mol C}_4\text{H}_8\text{O}_2$$

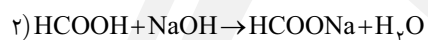
$$(2.2 - y) \text{ mol HCOOH} = x \text{ g C}_4\text{H}_8\text{O}_2 \times \frac{1 \text{ mol C}_4\text{H}_8\text{O}_2}{60 \text{ g C}_4\text{H}_8\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ mol HCOOH}}{60 \text{ g C}_4\text{H}_8\text{O}_2} = \frac{x}{60} \text{ mol HCOOH}$$

$$\begin{cases} y = \frac{x}{116} \\ 2.2 - y = \frac{x}{60} \end{cases} \Rightarrow 2.2 - \frac{x}{116} = \frac{x}{60} \Rightarrow \frac{x}{60} + \frac{x}{116} = 2.2 \Rightarrow x = 87 \text{ g}$$

پس داریم:



معادله موازنه شده واکنش خنثی شدن اسیدها با سدیم هیدروکسید به صورت مقابل است:



$$\text{نمک (۱)} = \frac{87}{116} \text{ mol C}_4\text{H}_8\text{O}_2 \times \frac{1 \text{ mol (۱) نمک}}{1 \text{ mol C}_4\text{H}_8\text{O}_2} \times \frac{110 \text{ g (۱) نمک}}{1 \text{ mol (۱) نمک}} = 82.5 \text{ g (۱) نمک}$$

$$\text{نمک (۲)} = \frac{87}{60} \text{ mol HCOOH} \times \frac{1 \text{ mol (۲) نمک}}{1 \text{ mol HCOOH}} \times \frac{68 \text{ g (۲) نمک}}{1 \text{ mol (۲) نمک}} = 98.6 \text{ g (۲) نمک}$$

نسبت جرم نمک با جرم کمتر (نمک ۱) به جرم نمک با جرم بیشتر (نمک ۲) برابر است با:

$$\frac{\text{جرم نمک (۱)}}{\text{جرم نمک (۲)}} = \frac{82.5}{98.6} \approx 0.84$$

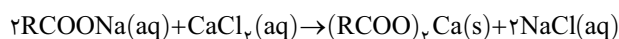
پاسخ تشریحی آزمون جامع (۱)

۱ ۲ فرمول اسید چرب تک عاملی با زنجیر هیدروکربنی خطی و سیرشده به صورت  $C_nH_{2n+1}COOH$  است و جرم مولی آن برابر  $14n+46$  گرم بر مول می‌باشد.

معادله موازنه شده واکنش سوختن اسید چرب:  
 $C_nH_{2n+1}COOH + (\frac{3n+1}{2})O_2 \rightarrow (n+1)CO_2 + (n+1)H_2O$   
 با توجه به اطلاعات مسئله و استوکیومتری واکنش،  $n$  را به دست می‌آوریم:

$$84L CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{22.4 L CO_2} \times \frac{1 \text{ mol اسید}}{(n+1) \text{ mol } CO_2} \times \frac{(14n+46)g \text{ اسید}}{1 \text{ mol اسید}} = 60g \text{ اسید} \Rightarrow 16 = \frac{14n+46}{n+1} \Rightarrow n=15$$

پس فرمول اسید چرب به صورت  $C_{15}H_{31}COOH$  بوده و فرمول صابون مایع حاصل از آن می‌تواند به صورت  $C_{15}H_{31}COOK$  یا  $C_{15}H_{31}COONH_4$  باشد.  
 معادله موازنه شده واکنش صابون جامد با کلسیم کلرید به صورت زیر است:



جرم مولی صابون را  $M$  گرم بر مول در نظر می‌گیریم و آن را محاسبه می‌کنیم:

$$0.25L CaCl_2 \times \frac{0.8 \text{ mol } CaCl_2}{1 L CaCl_2} \times \frac{2 \text{ mol صابون}}{1 \text{ mol } CaCl_2} \times \frac{M g \text{ صابون}}{1 \text{ mol صابون}} = 11.2g \text{ صابون} \Rightarrow M = 278g \cdot mol^{-1}$$

اگر جرم مولی یک صابون جامد با فرمول شیمیایی  $C_nH_{2n+1}COONa$  برابر  $278 g \cdot mol^{-1}$  باشد، می‌توانیم بنویسیم:

$$12n + 2n + 1 + 12 + 32 + 23 = 278 \Rightarrow 14n + 68 = 278 \Rightarrow 14n = 210 \Rightarrow n = 15$$

پس فرمول صابون به صورت  $C_{15}H_{31}COONa$  یا  $C_{15}H_{31}O_2Na$  می‌باشد و نسبت شمار اتم‌های کربن به اکسیژن در آن برابر  $8 (\frac{16}{2})$  است.

اکنون شمار یون‌های تولید شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol ion} = 0.25L CaCl_2 \times \frac{0.8 \text{ mol } CaCl_2}{1 L CaCl_2} \times \frac{2 \text{ mol } NaCl}{1 \text{ mol } CaCl_2} \times \frac{2 \text{ mol ion}}{1 \text{ mol } NaCl} = 0.8 \text{ mol ion}$$

۳ ۲ قسمت اول: فرمول کلی پاک‌کننده غیرصابونی به صورت  $RC_xH_ySO_3Na$  است که اگر  $R$  سیرشده و خطی باشد، فرمول شیمیایی پاک‌کننده به صورت

$C_nH_{2n+1}C_xH_ySO_3Na$  است. اگر  $R$  خطی و سیرنشده باشد به ازای هر پیوند دوگانه کربن - کربن، دو اتم هیدروژن از فرمول شیمیایی آن کم می‌شود، پس می‌توانیم بیان کنیم:

$$C_nH_{2n-3}C_xH_ySO_3Na: \text{ فرمول پاک‌کننده غیرصابونی با } 2 \text{ پیوند دوگانه در زنجیر هیدروکربنی خطی}$$

$$\xrightarrow{n=5} C_{15}H_{27}C_xH_ySO_3Na = (15 \times 12) + (27 \times 1) + (6 \times 12) + (4 \times 1) + (1 \times 32) + (3 \times 16) + (1 \times 23) = 386g \cdot mol^{-1}$$

با توجه به اینکه رقم سمت راست اعداد ارائه شده در گزینه‌ها یکسان نیست، برای محاسبه جرم مولی پاک‌کننده کافی است رقم‌های سمت راست حاصل پراکنده‌ها را با یکدیگر جمع کنید.

قسمت دوم: فرمول پاک‌کننده صابونی با زنجیر هیدروکربنی سیرشده به صورت  $C_{17}H_{35}COONa$  است، پس داریم:

$$\begin{cases} C_{17}H_{35}COONa \text{ های } = 56 \\ C_{15}H_{27}C_xH_ySO_3Na \text{ های } = 57 \end{cases} \Rightarrow \text{اختلاف تعداد اتم‌ها} = 57 - 56 = 1$$

۴ ۳ ابتدا غلظت اولیه اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+] = M\alpha \Rightarrow 1/25 \times 10^{-3} = M \times 2/5 \times 10^{-2} \Rightarrow M = 0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$? g HF = 0.3L \text{ محلول} \times \frac{0.5 \text{ mol HF}}{1 L \text{ محلول}} \times \frac{20g HF}{1 \text{ mol HF}} = 0.3g HF$$

سپس جرم گاز HF لازم را به دست می‌آوریم:

۵ ۳ ابتدا غلظت یون هیدرونیوم این محلول را محاسبه می‌کنیم:

در محلول، یون‌های  $H^+$  و  $HCOO^-$  وجود دارند و می‌دانیم که  $[H^+] = [HCOO^-]$  است، پس مجموع غلظت این دو یون برابر  $7/2 \times 10^{-3}$  مول بر لیتر است.

اکنون حجم محلولی از متانواتیک اسید که در آن  $7/2 \times 10^{-4}$  مول یون وجود دارد را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mL} = 7/2 \times 10^{-4} \text{ mol ion} \times \frac{1 L \text{ محلول}}{7/2 \times 10^{-3} \text{ mol ion}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 L \text{ محلول}} = 100 \text{ mL}$$

عبارت ثابت تعادل این واکنش به صورت مقابل است: **۱ ۶**

$$K = \frac{[\text{NO}]^r [\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^r}$$

$$? \text{ mol O}_2 = 4 \text{ g O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} = 0.125 \text{ mol O}_2$$

مقدار مول تعادلی گاز اکسیژن ( $\text{O}_2$ ) برابر است با:

عبارت ثابت تعادل را به صورت زیر می نویسیم و ثابت تعادل را محاسبه می کنیم: (غلظت  $\text{NO}_2$ ، ۵ برابر غلظت  $\text{NO}$  است، یعنی  $\frac{n_{\text{NO}}}{n_{\text{NO}_2}} = \frac{1}{5}$ )

$$K = \frac{[\text{NO}]^r [\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^r} = \frac{(n_{\text{NO}})^r \times n_{\text{O}_2}}{(n_{\text{NO}_2})^r} \times V^{-(r-2)} = \left(\frac{n_{\text{NO}}}{n_{\text{NO}_2}}\right)^r \times n_{\text{O}_2} \times \frac{1}{V} = \frac{1}{5^r} \times 0.125 \times \frac{1}{1/25} = 4 \times 10^{-3}$$

نیتریک اسید: با  $n$  برابر کردن حجم محلول اسید قوی، pH اندازه  $\log n$  افزایش می یابد: **۲ ۷**

$$\text{pH}_{\text{جدید}} = \text{pH}_{\text{اولیه}} + \log n \Rightarrow 2/75 = 2/15 + \log n \Rightarrow \log n = 0/6 \Rightarrow n = 10^{0/6} = 10^{0.1667} = 1.47$$

$$\frac{45+x}{x} = 4 \Rightarrow 45+x=4x \Rightarrow x=15 \text{ mL}$$

پس در اثر اضافه شدن ۴۵ میلی لیتر آب به  $x$  میلی لیتر محلول اسید، حجم آن ۴ برابر شده است، پس  $x$  برابر است با: سدیم هیدروکسید: با  $n$  برابر کردن حجم محلول باز قوی، pH اندازه  $\log n$  کاهش می یابد:

$$\text{pH}_{\text{جدید}} = \text{pH}_{\text{اولیه}} - \log n \Rightarrow 10/85 = 11/7 - \log n \Rightarrow \log n = 0/85 \Rightarrow n = 10^{0/85} = 10^{0.1176} = 1.32$$

$$\frac{y+20}{20} = 7 \Rightarrow y+20=140 \Rightarrow y=120 \text{ mL}$$

$$\frac{x}{y} = \frac{15}{120} = \frac{1}{8}$$

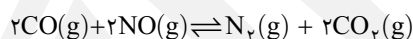
بنابراین نسبت خواسته شده برابر است با:

ابتدا غلظت  $\text{Fe}^{2+}$  را با توجه به  $[\text{OH}^-] = 2[\text{Fe}^{2+}]$  و ثابت تعادل محاسبه می کنیم: **۱ ۸**

$$K = [\text{Fe}^{2+}][\text{OH}^-]^2 \Rightarrow 5 \times 10^{-16} = [\text{Fe}^{2+}] \times 4[\text{Fe}^{2+}]^2 = 4[\text{Fe}^{2+}]^3 \Rightarrow [\text{Fe}^{2+}] = 5 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

با توجه به فرمول آهن (II) هیدروکسید می دانیم که  $[\text{Fe}^{2+}] = [\text{Fe}(\text{OH})_2]$ ، پس انحلال پذیری این ترکیب برابر است با:

$$? \text{ g Fe}(\text{OH})_2 = 100 \text{ g محلول} \times \frac{1 \text{ mL محلول}}{1 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} \times \frac{5 \times 10^{-6} \text{ mol Fe}(\text{OH})_2}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{90 \text{ g Fe}(\text{OH})_2}{1 \text{ mol Fe}(\text{OH})_2} = 4.5 \times 10^{-5} \text{ g Fe}(\text{OH})_2$$



ابتدا جدول تغییر مول را رسم می کنیم: **۴ ۹**

مول اولیه	۵	۴	۰	۰
تغییر مول	-۲x	-۲x	+x	+۲x
مول تعادلی	۵-۲x	۴-۲x	x	۲x

اگر ۲۵٪ از گاز  $\text{NO}$  باقی مانده باشد، داریم:

$$\% \text{NO} = \frac{4-2x}{4} \times 100 = 25 \Rightarrow 2x = 3 \Rightarrow x = 1/5$$

مجموع شمار مولهای تعادلی داخل ظرف برابر است با:

$$5-2x+4-2x+x+2x = 9-x = 9-1/5 = 8.8 \text{ mol}$$

$$K = \frac{[\text{N}_2][\text{CO}_2]^2}{[\text{CO}]^2[\text{NO}]^2} = \frac{n_{\text{N}_2} \times (n_{\text{CO}_2})^2}{(n_{\text{CO}})^2 \times (n_{\text{NO}})^2} \times V^{-(3-4)} = \frac{(1/5) \times (2)^2}{(2)^2 \times (1)^2} \times 4 = 13/5$$

ثابت تعادل برابر است با:

همان طور که می دانید، ثابت یونش اسیدها فقط وابسته به دماست، از این رو در دمای معین، ثابت یونش اسید یکسان است. **۳ ۱۰**

$$K_{a_1} = K_{a_2} \Rightarrow M_1 \alpha_1^2 = M_2 \alpha_2^2 \Rightarrow \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} = \sqrt{\frac{0/06}{0/24}} = \frac{1}{2}$$

استیک اسید یک اسید ضعیف است ( $K_a < 10^{-3}$ )، پس داریم:

$$\% \alpha = 40 \Rightarrow \alpha = 0/4$$

$$K_b = \frac{[\text{OH}^-] \cdot \alpha}{1-\alpha} \Rightarrow \frac{[\text{OH}^-]}{K_b} = \frac{1-\alpha}{\alpha} = \frac{1-0/4}{0/4} = \frac{3}{2}$$

با توجه به اینکه  $\alpha > 0/5$  است، داریم:

اسید و باز، هر دو ضعیف هستند و  $K < 10^{-3}$  است. اگر غلظت اسید را  $2M$  و غلظت باز را  $M$  در نظر بگیریم، داریم: **۲ ۱۲**

$$[\text{H}^+]_a = \sqrt{K_a \cdot (2M)} \xrightarrow{[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}} [\text{OH}^-]_a = \frac{10^{-14}}{\sqrt{K_a \cdot (2M)}}$$

اسید HA :

$$[\text{OH}^-]_b = \sqrt{K_b \cdot (M)} \xrightarrow{[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}} [\text{H}^+]_b = \frac{10^{-14}}{\sqrt{K_b \cdot (M)}}$$

باز BOH :

$$\frac{[\text{H}^+]_b}{[\text{OH}^-]_a} = \frac{\sqrt{K_b \cdot (M)}}{\sqrt{K_a \cdot (2M)}} = \sqrt{\frac{K_b}{2K_a}} = \sqrt{\frac{2 \times 9 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-5}}} = \frac{6}{10} = 0/6$$

نسبت خواسته شده برابر است با:

$$pH=1/9 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1/9} = 10^{+0/6} \times 10^{+0/5} \times 10^{-3} = 10^{\log 4} \times 10^{\log 3} \times 10^{-3} = 12 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

نقطه اول: ۴ ۱۳

$$? \text{ mL HBr} = 2/5 \text{ L محلول} \times \frac{12 \times 10^{-3} \text{ mol HBr}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{22400 \text{ mL HBr}}{1 \text{ mol HBr}} = 672 \text{ mL HBr}$$

$$pH=2/2 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2/2} = 10^{+0/3} \times 10^{+0/5} \times 10^{-3} = 10^{\log 2} \times 10^{\log 3} \times 10^{-3} = 6 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

نقطه دوم:

$$? \text{ mL HBr} = 2/5 \text{ L محلول} \times \frac{6 \times 10^{-3} \text{ mol HBr}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{22400 \text{ mL HBr}}{1 \text{ mol HBr}} = 336 \text{ mL HBr}$$

$$pH=2/4 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2/4} = 10^{+0/6} \times 10^{-3} = 10^{\log 4} \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

نقطه سوم:

$$? \text{ mL HBr} = 2/5 \text{ L محلول} \times \frac{4 \times 10^{-3} \text{ mol HBr}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{22400 \text{ mL HBr}}{1 \text{ mol HBr}} = 224 \text{ mL HBr}$$

$$y - x = 336 - 112 = 224 \text{ mL}$$

پس X برابر با ۱۱۲ (۳۳۶-۲۲۴) و Y برابر با ۳۳۶ (۶۷۲-۳۳۶) است و اختلاف X و Y برابر است با:



قسمت اول: معادله واکنش تعادلی:

$$K = \frac{[SO_3]^2 [O_2]}{[SO_2]^2} = \frac{(n_{SO_3})^2 \times n_{O_2}}{(n_{SO_2})^2} \times V^{-(3-2)}$$

معادله ثابت تعادل واکنش به صورت مقابل است:

با توجه به شیب منحنی‌های داده شده می‌توان نتیجه گرفت که منحنی نزولی مربوط به گاز  $SO_2$  و منحنی صعودی مربوط به گاز  $O_2$  است و اگر منحنی  $SO_3$  نیز رسم می‌شد، شیب آن دو برابر شیب منحنی گاز  $O_2$  می‌بود و مقدار مول تعادلی آن ۲ برابر  $O_2$  می‌شد. با توجه به توضیحات ارائه شده می‌توانیم به رابطه زیر برسیم:

$$0/45 = \frac{(1/2)^2 \times (0/6)}{(0/8)^2} \times \frac{1}{V} \Rightarrow V = 3 \text{ L}$$

قسمت دوم: با توجه به اینکه ۰/۶ مول  $O_2$  تولید شده، پس طی واکنش ۱/۲ مول  $SO_2$  مصرف شده است و مقدار مول اولیه  $SO_2$  برابر ۲ است. بنابراین:

$$? \text{ g } SO_3 = 2 \text{ mol } SO_2 \times \frac{80 \text{ g } SO_3}{1 \text{ mol } SO_2} = 160 \text{ g } SO_3$$

pH آب در دمای اتاق برابر ۷ است، پس pH محلول بازی باید به ۱۰/۵ برسد. ابتدا غلظت  $OH^-$  را محاسبه می‌کنیم:

$$pH = 10/5 \Rightarrow pOH = 10/5$$

$$pH = 10/5 \xrightarrow{pH+pOH=14} pOH = 3/5 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-3/5} = 10^{+0/5} \times 10^{-4} = 10^{\log 3} \times 10^{-4} = 3 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{M} \Rightarrow 9 \times 10^{-6} = \frac{(3 \times 10^{-4})^2}{M} \Rightarrow M = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

با توجه به اینکه  $BOH < 10^{-3}$  باز ضعیف است و  $K_b < 10^{-3}$  داریم:

$$? \text{ g } BOH = 0/2 \text{ L محلول} \times \frac{10^{-2} \text{ mol } BOH}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{200 \text{ g } BOH}{1 \text{ mol } BOH} = 0/4 \text{ g } BOH$$

اکنون جرم  $BOH$  حل شده در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب را محاسبه می‌کنیم:

غلظت هر یک از محلول‌های اسیدی و بازی را محاسبه می‌کنیم:

$$KOH: pH = 12/3 \xrightarrow{pH+pOH=14} pOH = 1/3 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-1/3} = 10^{+0/3} \times 10^{-2} = 10^{\log 2} \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{[OH^-]=M}{\text{---}} \rightarrow M_b = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{بنزوئیک اسید: } pH = 3/3 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-3/3} = 10^{+0/3} \times 10^{-4} = 10^{\log 5} \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{[H^+]=M_a} 5 \times 10^{-4} = M_a \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow M_a = 5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$M_a \cdot V_a \cdot n_a = M_b \cdot V_b \cdot n_b \Rightarrow 5 \times 10^{-2} \times V_a \times 1 = 2 \times 10^{-2} \times 250 \times 1 \Rightarrow V_a = 100 \text{ mL}$$

با استفاده از رابطه خنثی‌سازی داریم:

$$Ba(OH)_2: M_b \cdot V_b \cdot n_b = 0/4 \times 0/2 \times 2 = 16 \times 10^{-3}$$

ابتدا برای هر محلول حاصل M.V.n را محاسبه می‌کنیم:

$$HNO_3: pH = 1/4 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1/4} = 10^{+0/6} \times 10^{-2} = 10^{\log 4} \times 10^{-2} = 4 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{[H^+]=M} M_a = 4 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\Rightarrow M_a \cdot V_a \cdot n_a = 4 \times 10^{-2} \times 0/3 \times 1 = 12 \times 10^{-3}$$

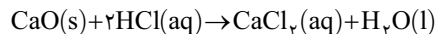
با توجه به اینکه  $M_a \cdot V_a \cdot n_a < M_b \cdot V_b \cdot n_b$  است، پس محلول نهایی بازی است و داریم:

$$[OH^-]_{\text{نهایی}} = \frac{(M_b \cdot V_b \cdot n_b) - (M_a \cdot V_a \cdot n_a)}{V_b + V_a} = \frac{0/16 - 0/12}{0/2 + 0/3} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(8 \times 10^{-3}) = 3 - \log 8 = 2/1 \xrightarrow{pH+pOH=14} pH = 11/9$$

اکنون pH محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

۱۸ ۲ معادله موازنه شده واکنش به صورت زیر است:



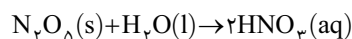
ابتدا غلظت اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{pH} = 0 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^0 = 1 \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{[\text{H}^+] = M} M = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس حجم اسید مصرفی را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ L HCl} = 200 \text{ g CaO} \times \frac{1 \text{ mol CaO}}{56 \text{ g CaO}} \times \frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol CaO}} \times \frac{1 \text{ L HCl}}{1 \text{ mol HCl}} = 7.14 \text{ L HCl}$$

۱۹ ۲ در اثر حل شدن  $\text{N}_2\text{O}_5$  در آب، مطابق معادله موازنه شده واکنش مقابل، نیتریک اسید ( $\text{HNO}_3$ ) تولید می‌شود:



ابتدا غلظت کلیسیم هیدروکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{pH} = 12.7 \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = 14} \text{pOH} = 1.3 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-1.3} = 10^{-1} \times 10^{-0.3} = 10^{-1} \times 0.5 = 5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\xrightarrow{[\text{OH}^-] = M_n} 5 \times 10^{-2} = M_b \times 2 \Rightarrow M_b = 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس با استفاده از رابطه خنثی‌سازی، غلظت اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$M_a \cdot V_a \cdot n_a = M_b \cdot V_b \cdot n_b \Rightarrow M_a \times 0.2 \times 1 = 2.5 \times 10^{-2} \times 0.8 \times 2 \Rightarrow M_a = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون جرم  $\text{N}_2\text{O}_5$  حل شده در آب را به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

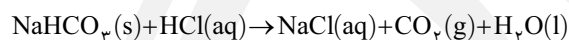
$$? \text{ g N}_2\text{O}_5 = 2 \text{ L HNO}_3 \times \frac{2 \times 10^{-2} \text{ mol HNO}_3}{1 \text{ L HNO}_3} \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_5}{2 \text{ mol HNO}_3} \times \frac{108 \text{ g N}_2\text{O}_5}{1 \text{ mol N}_2\text{O}_5} = 4.32 \text{ g N}_2\text{O}_5$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{N}_2\text{O}_5 \text{ گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول اسید}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{1 \times 108} = \frac{2 \times 0.2}{2} \Rightarrow x = 4.32 \text{ g N}_2\text{O}_5$$

$$? \text{ mol HCl} = 3 \text{ L HCl} \times \frac{0.3 \text{ mol HCl}}{1 \text{ L HCl}} = 0.9 \text{ mol HCl}$$

۲۰ ۲ ابتدا مقدار مول اولیه اسید معده را محاسبه می‌کنیم:



جوش شیرین ( $\text{NaHCO}_3$ ) با اسید معده به صورت مقابل واکنش می‌دهد:

سپس مقدار مول  $\text{HCl}$  مصرفی را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol HCl} = 15 \text{ g دارو} \times \frac{16/84 \text{ g NaHCO}_3}{100 \text{ g دارو}} \times \frac{1 \text{ mol NaHCO}_3}{84 \text{ g NaHCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol NaHCO}_3} = 0.3 \text{ mol HCl}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{n}{V} = \frac{0.9 - 0.3 \text{ (mol)}}{3 \text{ (L)}} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون غلظت نهایی شیره معده و pH آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(2 \times 10^{-2}) = 2 - \log 2 = 2 - 0.3 = 1.7$$

## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۲)

۱ ۲ ابتدا بررسی می‌کنیم که از ۲۰۰ گرم اسید HA، چند مولکول از آن در ۴۰۰۰ گرم آب حل می‌شود.

$$? \text{ molecule HA (حل شده)} = 4000 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{3/64 \text{ g HA}}{100 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol HA}}{64 \text{ g HA}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule HA}}{1 \text{ mol HA}} = 1.875 \times 10^{23} \text{ molecule HA}$$

از آنجا که هر مولکول HA که یونیده می‌شود ۲ یون  $\text{A}^-$  و  $\text{H}^+$  را تولید می‌کند، پس تعداد یون‌های  $\text{H}^+$  برابر است با:

$$\text{تعداد یون های } \text{H}^+ = \frac{\text{تعداد کل یون ها}}{2} = \frac{5/4 \times 1.875 \times 10^{23}}{2} = 2.34 \times 10^{22} \text{ ion H}^+$$

$$\% \alpha = \frac{\text{تعداد یون های } \text{H}^+}{\text{تعداد مولکول های حل شده HA}} \times 100 = \frac{2.34 \times 10^{22}}{1.875 \times 10^{23}} \times 100 = 12.5\%$$

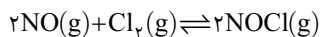
درصد یونش برابر است با:

۲ ۴ ابتدا مقدار مول اولیه  $Cl_p$  و مقدار مول تعادلی  $NOCl$  را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol } Cl_p = 142 \text{ g } Cl_p \times \frac{1 \text{ mol } Cl_p}{71 \text{ g } Cl_p} = 2 \text{ mol } Cl_p \quad \text{مول اولیه } Cl_p:$$

$$? \text{ mol } NOCl = 163/75 \text{ g } NOCl \times \frac{1 \text{ mol } NOCl}{65/5 \text{ g } NOCl} = 2/5 \text{ mol } NOCl \quad \text{مول تعادلی } NOCl:$$

سپس جدول تغییر مول را رسم می‌کنیم:



اکنون با استفاده از مقدار مول تعادلی  $NOCl$ ،  $x$  را محاسبه می‌کنیم:

مول اولیه	۳	۲	۰
تغییر مول	-۲x	-x	+۲x
مول تعادلی	۳-۲x	۲-x	۲x

$$2x = 2/5 \Rightarrow x = 1/25$$

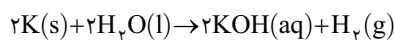
سپس ثابت تعادل واکنش را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{[NOCl]^2}{[NO]^2 [Cl_p]} = \frac{n_{NOCl}^2}{n_{NO}^2 \times n_{Cl_p}} \times V^{-(2-2)} = \frac{(2/5)^2}{(0/5)^2 \times (0/75)} \times 1/5 = 50$$

اکنون سرعت متوسط مصرف  $Cl_p$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(Cl_p) = \frac{-\Delta n(Cl_p)}{V \Delta t} = \frac{1/25 \text{ mol}}{1/5 \text{ L} \times \frac{1}{60} \text{ min}} = 0/625 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

۳ ۱ معادله موازنه شده واکنش پتاسیم با آب:



$$\bar{R}(H_2) = \frac{\Delta m(H_2)}{\Delta t} \Rightarrow 0/3 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1} = \frac{x}{\frac{4}{60} \text{ min}} \Rightarrow x = 0/2 \text{ g } H_2$$

ابتدا جرم گاز  $H_2$  تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

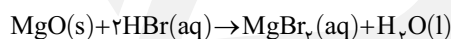
سپس مقدار مول  $OH^-$  حاصل از تولید  $KOH$  را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol } OH^- = 0/2 \text{ g } H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ g } H_2} \times \frac{2 \text{ mol } KOH}{1 \text{ mol } H_2} \times \frac{1 \text{ mol } OH^-}{1 \text{ mol } KOH} = 0/2 \text{ mol } OH^-$$

$$[OH^-] = \frac{n}{V} = \frac{0/2 \text{ mol}}{0/5 \text{ L}} = 0/4 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون غلظت  $OH^-$  و  $pH$  محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(4 \times 10^{-2}) = 2 - \log 4 = 1/4 \xrightarrow{pH+pOH=14} pH = 14 - 1/4 = 13/6$$



۴ ۳ معادله موازنه شده واکنش  $MgO$  و  $HBr$  به صورت مقابل است:

ابتدا غلظت محلول  $HBr$  را محاسبه می‌کنیم و سپس مقدار مول  $MgO$  مصرف شده را به دست می‌آوریم:

$$pH = 0/7 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-0/7} = 10^{-3/10} \times 10^{-1} = 10^{-1} \times 10^{-3/10} = 2 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{[H^+] = M} M_{HBr} = 2 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? \text{ mol } MgO = 0/4 \text{ L } HBr \times \frac{2 \times 10^{-1} \text{ mol } HBr}{1 \text{ L } HBr} \times \frac{1 \text{ mol } MgO}{2 \text{ mol } HBr} = 0/4 \text{ mol } MgO$$

با توجه به معادله موازنه شده واکنش تعادلی  $MgCO_3(s) \rightleftharpoons MgO(s) + CO_2(g)$ ، می‌توان نتیجه گرفت که در تعادل، مقدار مول‌های  $MgO$  و  $CO_2$  برابر

$$K = [CO_2] = \frac{n}{V} = \frac{0/4 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0/2 \text{ mol.L}^{-1}$$

هستند و ثابت تعادل واکنش به صورت  $K = [CO_2]$  است.

۵ ۳ ابتدا غلظت  $OH^-$  را در حالت اول محاسبه می‌کنیم:

$$pH = 10/7 \xrightarrow{pH+pOH=14} pOH = 3/3 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-3/3} = 10^{-1} \times 10^{-2} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[Zn^{2+}][OH^-]^2 = 5 \times 10^{-16} \Rightarrow [Zn^{2+}][5 \times 10^{-4}]^2 = 5 \times 10^{-16} \Rightarrow [Zn^{2+}] = 2 \times 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$$

غلظت یون‌های روی برابر است با:

$$[Zn^{2+}]_{جدید} = 2 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^4 = 8 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

اگر غلظت یون‌های روی را  $4 \times 10^4$  برابر کنیم:

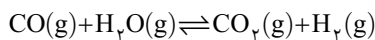
سپس غلظت یون هیدروکسید را در حالت جدید محاسبه می‌کنیم:

$$[Zn^{2+}][OH^-]^2 = 5 \times 10^{-16} \Rightarrow (8 \times 10^{-5})[OH^-]^2 = 5 \times 10^{-16} \Rightarrow [OH^-]_{جدید} = 2/5 \times 10^{-6}$$

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(2/5 \times 10^{-6}) = -\log(2/5 \times 10^{-7}) = 7 - 2 \log 5 = 7 - 2(0/7) = 5/6$$

اکنون  $pH$  محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

$$\xrightarrow{pH+pOH=14} pH = 14 - 5/6 = 8/6$$



مول اولیه	۴	۴	۰	۰
تغییر مول	-x	-x	+x	+x
مول تعادلی	۴-x	۴-x	x	x

**قسمت اول:** ابتدا جدول تغییر مول را رسم می کنیم:

$$K = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]} = \frac{n_{\text{CO}_2} \times n_{\text{H}_2}}{n_{\text{CO}} \times n_{\text{H}_2\text{O}}} \times V^{-(2-2)} \Rightarrow 9 = \frac{x^2}{(4-x)^2}$$

از طرفین تساوی جذر می گیریم  $\Rightarrow 3 = \frac{x}{4-x} \Rightarrow x = 12 - 3x \Rightarrow 4x = 12 \Rightarrow x = 3$

با استفاده از رابطه سرعت متوسط برای کربن دی اکسید داریم:

$$R(\text{CO}_2) = \frac{\Delta n(\text{CO}_2)}{V \Delta t} \Rightarrow 125 \times 10^{-4} = \frac{3 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times \Delta t} \Rightarrow \Delta t = 120 \text{ s} = 2 \text{ min}$$

**قسمت دوم:** بازده درصدی واکنش را می توان با توجه به واکنش دهنده ها، برای نمونه CO، به سادگی به دست آورد:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مول مصرفی CO}}{\text{مول اولیه CO}} \times 100 = \frac{3}{4} \times 100 = 75\%$$

**۱ ۷** ابتدا غلظت اولیه استیک اسید را با استفاده از فرمول مقابل محاسبه می کنیم:

$$M = \frac{10 \times \text{چگالی} \times \text{درصد جرمی}}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 1.5 \times 1/2}{60} = 3 \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس غلظت  $\text{H}^+$  این محلول را به دست می آوریم:

$$\text{pH} = 2/2 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2/2} = 10^{-1} = 0.1 \times 10^{-3} = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\alpha = \frac{[\text{H}^+]}{M} = \frac{6 \times 10^{-3}}{3} = 0.002$$

$$\alpha < 0.05 \Rightarrow K_a = \frac{[\text{H}^+]^2}{M} = \frac{(6 \times 10^{-3})^2}{3} = 1.2 \times 10^{-5}$$

اکنون ثابت یونش اسید را محاسبه می کنیم:

**۴ ۸** ابتدا با استفاده از انحلال پذیری، درصد جرمی این باز را محاسبه می کنیم. انحلال پذیری باز برابر ۱۰ گرم است، یعنی ۱۰ گرم باز در ۱۰۰ گرم آب حل شده و ۱۱۰ گرم محلول سیر شده تولید می کند.

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{10}{100+10} \times 100 = 9.09\%$$

$$M = \frac{10 \times \text{چگالی} \times \text{درصد جرمی}}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 1.1 \times 1/11}{80} = 1.25 \text{ mol.L}^{-1}$$

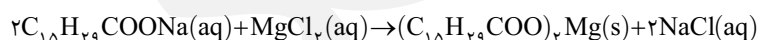
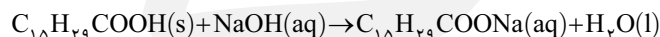
سپس با استفاده از فرمول مقابل، غلظت مولی این باز را محاسبه می کنیم:

اکنون غلظت  $\text{OH}^-$  را با استفاده از M و  $\alpha$  محاسبه کرده و pH محلول را به دست می آوریم:

$$[\text{OH}^-] = M \alpha \Rightarrow [\text{OH}^-] = 1.25 \times 0.002 = 2.5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log(2.5 \times 10^{-3}) = 3 - \log 2.5 = 3 - 0.4 = 2.6 \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = 14} \text{pH} = 14 - 2.6 = 11.4$$

**۲ ۹** معادله موازنه شده واکنش های انجام شده به صورت مقابل است:



ابتدا مقدار مول مصرف شده سدیم هیدروکسید را محاسبه می کنیم:

$$\text{? mol NaOH} = 212 \text{ g C}_{15}\text{H}_{29}\text{COO} \times \frac{1 \text{ mol C}_{15}\text{H}_{29}\text{COO}}{230 \text{ g C}_{15}\text{H}_{29}\text{COO}} \times \frac{2 \text{ mol C}_{15}\text{H}_{29}\text{COONa}}{1 \text{ mol C}_{15}\text{H}_{29}\text{COO}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol C}_{15}\text{H}_{29}\text{COONa}} = 0.8 \text{ mol NaOH}$$

$$[\text{OH}^-] = M = \frac{n}{V} = \frac{0.8 \text{ mol}}{4 \text{ L}} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس غلظت محلول سدیم هیدروکسید و pH آن را به دست می آوریم:

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log(0.2) = 1 - \log 2 = 0.7 \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = 14} \text{pH} = 14 - 0.7 = 13.3$$

$$\text{pH} = 9/3 \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = 14} \text{pOH} = 14 - 9/3 = 4/3$$

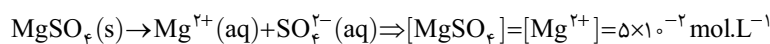
**۲ ۱۰** ابتدا غلظت  $\text{OH}^-$  را محاسبه می کنیم:

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-4/3} = 10^{-1.33} = 10^{-1} \times 10^{-0.33} = 2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 2 \times 10^{-11} \Rightarrow [\text{Mg}^{2+}][2 \times 10^{-5}]^2 = 2 \times 10^{-11} \Rightarrow [\text{Mg}^{2+}] = 5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس با استفاده از رابطه غلظت یون ها داریم:

در ادامه با توجه به معادله انحلال منیزیم سولفات خواهیم داشت:



اکنون می توانیم جرمی از منیزیم سولفات که در یک لیتر از محلول مورد نظر حل می شود را به دست آوریم:

$$\text{? g MgSO}_4 = 5 \times 10^{-2} \frac{\text{mol MgSO}_4}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{120 \text{ g MgSO}_4}{1 \text{ mol MgSO}_4} = 6 \text{ g MgSO}_4$$





$$? \text{ g Mg}^{2+} = \frac{0.375 \text{ mol HCl}}{2 \text{ mol HCl}} \times \frac{1 \text{ mol Mg(OH)}_2}{1 \text{ mol Mg(OH)}_2} \times \frac{24 \text{ g Mg}^{2+}}{1 \text{ mol Mg}^{2+}} = 0.45 \text{ g Mg}^{2+}$$

$$\text{محلول } 50 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} = 50 \text{ g محلول}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{0.45}{50} \times 10^6 = 9000 \text{ ppm}$$

غلظت ppm یون  $\text{Mg}^{2+}$  برابر است با:

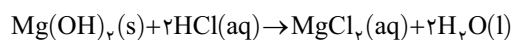
ابتدا شمار مول  $\text{H}^+$  موجود در شیره معده را محاسبه می کنیم: ۳ ۴

$$\text{pH} = 2 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$M = \frac{n}{V} \Rightarrow n = MV = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \times 2 \text{ L} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol H}^+$$

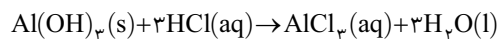
براساس واکنش هر یک از ضد اسیدها با اسید معده، مقدار یون هیدرونیومی ( $\text{H}^+$ ) که یک قرص می تواند خنثی کند را محاسبه می کنیم:

معادله موازنه شده واکنش منیزیم هیدروکسید با اسید معده:



$$? \text{ mol H}^+ = \frac{0.45 \text{ g}}{58 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ mol Mg(OH)}_2}{1 \text{ mol Mg(OH)}_2} \times \frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol Mg(OH)}_2} \times \frac{1 \text{ mol H}^+}{1 \text{ mol HCl}} = 1.55 \times 10^{-3} \text{ mol H}^+$$

معادله موازنه شده واکنش آلومینیم هیدروکسید با اسید معده:



$$? \text{ mol H}^+ = \frac{0.45 \text{ g}}{78 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ mol Al(OH)}_3}{1 \text{ mol Al(OH)}_3} \times \frac{3 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol Al(OH)}_3} \times \frac{1 \text{ mol H}^+}{1 \text{ mol HCl}} = 1.73 \times 10^{-3} \text{ mol H}^+$$

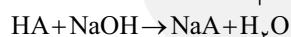
پس هر قرص به جرم ۰/۵ گرم می تواند  $(1.55 \times 10^{-3} + 1.73 \times 10^{-3}) \times 5 \times 10^{-3} = 1.64 \times 10^{-2} \text{ mol H}^+$  را خنثی کند. اکنون تعداد قرص های لازم را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ قرص} = \frac{2 \times 10^{-2} \text{ mol H}^+}{1.64 \times 10^{-2} \text{ mol H}^+} = 1.22 \approx 2 \text{ قرص}$$

ابتدا غلظت محلول سدیم هیدروکسید را محاسبه می کنیم: ۴ ۵

$$\text{pH} = 12 \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = 14} \text{pOH} = 2 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{[\text{OH}^-] = M} M = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

دقت کنید که هنگام اضافه کردن کافئیک اسید ( $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_6$ ) به محلول سدیم هیدروکسید، ابتدا مقداری از آن صرف خنثی شدن این محلول می شود و سپس اسید باقی مانده شروع به حل شدن در محلول می کند. پس دو مقدار را باید محاسبه کنیم. یکی مقداری که باعث خنثی شدن محلول باقی می ماند و دیگری، مقداری که حل می شود. ابتدا مقدار اسید لازم برای خنثی کردن سدیم هیدروکسید را محاسبه می کنیم. اگر فرمول اسید را HA فرض کنیم، خواهیم داشت:



معادله موازنه شده واکنش خنثی شدن:

$$? \text{ g HA} = 2 \text{ L NaOH} \times \frac{10^{-2} \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol HA}}{1 \text{ mol NaOH}} \times \frac{180 \text{ g HA}}{1 \text{ mol HA}} = 36 \text{ g HA}$$

اکنون مقدار اسیدی که در ۲ لیتر محلول (به تقریب ۲۰۰۰ گرم آب) حل می شود را محاسبه می کنیم: (انحلال پذیری کافئیک اسید در دمای اتاق برابر ۰/۲ گرم در ۱۰۰ گرم آب است.)

$$? \text{ g HA} = 2000 \text{ g آب} \times \frac{0.2 \text{ g HA}}{100 \text{ g آب}} = 4 \text{ g HA}$$

پس در مجموع ۴g (۳/۶ + ۰/۴) کافئیک اسید در این محلول حل می شود.

فرمول پاک کننده غیرصابونی را  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{M}$  و فرمول پاک کننده صابونی را  $\text{C}_m\text{H}_{2m+1}\text{COOM}$  در نظر می گیریم: ۲ ۶

$$\left. \begin{aligned} \text{جرم مولی پاک کننده غیرصابونی} &= 14n + 157 + M \\ \text{جرم مولی پاک کننده صابونی} &= 14m + 45 + M \end{aligned} \right\} \Rightarrow 14n + 157 + M - (14m + 45 + M) = 154 \Rightarrow 14n - 14m = 42 \quad \text{(I)}$$

نسبت تعداد اتم های کربن به اکسیژن در هر دو ترکیب برابر است، پس خواهیم داشت:

$$\frac{n+6}{3} = \frac{m+1}{2} \Rightarrow 2n+12 = 3m+3 \Rightarrow 3m-2n = 9 \quad \text{(II)}$$

$$\xrightarrow{\text{(I), (II)}} \begin{cases} 14n - 14m = 42 \\ 3m - 2n = 9 \end{cases} \Rightarrow n = 18, m = 15$$

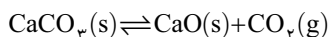
اکنون با توجه به معادله های (I) و (II)، مقدار n و m را محاسبه می کنیم:

پس تعداد اتم های کربن بخش ناقصی پاک کننده صابونی برابر ۱۵ است.

۱ ۷ ابتدا مقدار مول اولیه کلسیم کربنات را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol CaCO}_3 = 25 \text{ g CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3} = 0.25 \text{ mol CaCO}_3$$

جدول تغییر مول واکنش تعادلی را رسم می‌کنیم:



کاهش جرم مواد جامد مربوط به تولید گاز  $\text{CO}_2$  است، پس مقدار مول  $\text{CO}_2$  برابر است با:

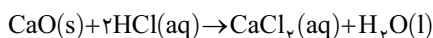
$$? \text{ mol CO}_2 = 25 \text{ g جامد} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} = 0.57 \text{ mol CO}_2$$

مول اولیه	۰/۲۵	۰	۰
تغییر مول	-x	+x	+x
مول تعادلی	۰/۲۵-x	x	x

$$K = [\text{CO}_2] = \frac{n}{V} = \frac{0.57 \text{ mol}}{\Delta L} = 0.1$$

ثابت تعادل واکنش برابر است با:

مواد جامد موجود در ظرف واکنش طبق معادله موازنه شده واکنش‌های مقابل،  $\text{HCl}(\text{aq})$  را خنثی می‌کنند:



همان‌طور که مشخص است هر مول از کلسیم اکسید و هر مول از کلسیم کربنات می‌توانند ۲ مول  $\text{HCl}$  را خنثی کنند. پس  $x$  مول کلسیم اکسید  $2x$  مول  $\text{HCl}$  و  $(0.25-x)$  مول کلسیم کربنات  $(0.5-2x)$  مول  $\text{HCl}$  را خنثی می‌کند. پس مجموع شمار مول‌های  $\text{HCl}$  خنثی شده برابر است با:

$$2x + (0.5 - 2x) = 0.5 \text{ mol}$$

با توجه به pH محلول  $\text{HCl}$ ، غلظت آن برابر است با:

$$\text{pH} = 0.7 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-0.7} = 10^{-0.7} = 10^{-0.7} \times 10^{-1} = 10^{-1.7} = 10^{-1.7} \times 10^{-1} = 10^{-2.7} = 0.002 \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{[\text{H}^+] = M} M = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$M = \frac{n}{V} \Rightarrow 0.2 \text{ mol.L}^{-1} = \frac{0.5 \text{ (mol)}}{V(\text{L})} \Rightarrow V = 2.5 \text{ L}$$

پس حجم  $\text{HCl}$  برابر است با:

$$? \text{ mol گاز} = 22/4 \text{ L گاز} \times \frac{1 \text{ mol گاز}}{22/4 \text{ L گاز}} = 1 \text{ mol گاز}$$

قسمت اول: ابتدا مقدار مول اولیه گازهای  $\text{HA}$  و  $\text{HB}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$M = \frac{n}{V} = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

مجموع غلظت مولی گازهای حل‌شده در یک لیتر محلول برابر است با:

پس غلظت مولی  $\text{HA}$  را  $x$  مول بر لیتر و غلظت مولی  $\text{HB}$  را  $(1-x)$  مول بر لیتر در نظر می‌گیریم و غلظت یون هیدرونیوم حاصل از هر کدام را محاسبه می‌کنیم:

اسید  $\text{HA}$ :

$$\alpha = 0.2 \Rightarrow [\text{H}^+]_{\text{HA}} = M_{\text{HA}} \alpha_{\text{HA}} = 0.2x$$

اسید  $\text{HB}$ :

$$\alpha = 0.4 \Rightarrow [\text{H}^+]_{\text{HB}} = M_{\text{HB}} \alpha_{\text{HB}} = 0.4(1-x) = 0.4 - 0.4x$$

با توجه به pH محلول، غلظت یون  $\text{H}^+$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{pH} = 0.45 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-0.45} = 10^{-0.45} = 10^{-0.45} \times 10^{-2} = 10^{-2.45} = 10^{-2.45} \times 10^{-2} = 0.0035 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون  $x$  را به دست می‌آوریم:

$$[\text{H}^+]_{\text{HA}} + [\text{H}^+]_{\text{HB}} = 0.2x + 0.4 - 0.4x = 0.35 \Rightarrow 0.2x = 0.05 \Rightarrow x = 0.25$$

مجموع غلظت اولیه اسیدها برابر ۱ مول بر لیتر است، پس غلظت  $\text{HA}$  برابر  $0.25 \text{ mol.L}^{-1}$  و غلظت  $\text{HB}$  برابر  $0.75 \text{ mol.L}^{-1}$  است. با توجه به اینکه حجم محلول یک لیتر بوده و مجموع مقدار مول اولیه گازها برابر ۱ است، پس مخلوط اولیه شامل  $0.25$  مول  $\text{HA}$  و  $0.75$  مول  $\text{HB}$  بوده است. درصد مولی  $\text{HA}$  در مخلوط اولیه برابر است با:

$$\text{درصد مولی HA} = \frac{\text{مول HA}}{\text{مول کل}} \times 100 = \frac{0.25}{1} \times 100 = 25\%$$

قسمت دوم: با توجه به اینکه غلظت مولی  $\text{HB}$  و  $\text{HA}$  به ترتیب  $0.75$  و  $0.25$  مول بر لیتر و درصد یونش آن‌ها به ترتیب برابر  $40\%$  و  $20\%$  است، خواهیم داشت:

$$\frac{K_a(\text{HB})}{K_a(\text{HA})} = \frac{M_{\text{HB}}(\alpha_{\text{HB}})^2}{1 - \alpha_{\text{HB}}} \times \frac{0.75 \times (0.4)^2}{1 - 0.4} = \frac{0.18 \times 0.75 \times (0.4)^2}{0.6} = 16$$

$$\frac{K_a(\text{HA})}{K_a(\text{HA})} = \frac{M_{\text{HA}}(\alpha_{\text{HA}})^2}{1 - \alpha_{\text{HA}}} \times \frac{0.25 \times (0.2)^2}{1 - 0.2} = \frac{0.6 \times 0.25 \times (0.2)^2}{0.8} = 16$$

۹ ۴ ابتدا غلظت  $H^+$  محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=1/5 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1/5} = 10^{-0.2} = 10^{\log 3} \times 10^{-2} = 3 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس مقدار مول  $OH^-$  موجود در محلول KOH را به دست می‌آوریم:

$$pH=12 \xrightarrow{pH+pOH=14} pOH=2 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$M = \frac{n}{V} \Rightarrow n = MV = 10^{-2} \times 0.1 = 10^{-4} \text{ mol } OH^-$$

در ادامه تعداد مول  $H^+$  موجود در محلولی از  $HNO_3$  که ۴۰ میلی‌لیتر حجم دارد را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]_{\text{نهایی}} = \frac{\text{تعداد مول } OH^- - \text{تعداد مول } H^+}{\text{حجم کل}} \Rightarrow 3 \times 10^{-2} = \frac{x - 10^{-4}}{0.5} \Rightarrow x = 1.6 \times 10^{-4} \text{ mol } H^+$$

در ۴۰ میلی‌لیتر از محلول نیتریک اسید رقیق شده  $1.6 \times 10^{-4}$  مول  $H^+$  وجود دارد، پس در ۲۰۰ میلی‌لیتر از محلول این اسید  $5 \times 1.6 \times 10^{-4}$  مول  $H^+$  داریم و این تعداد با تعداد مول  $H^+$  در محلول اسید اولیه برابر است، پس:

$$[H^+]_{\text{اولیه}} = [HNO_3]_{\text{اولیه}} = M = \frac{\text{تعداد مول } H^+}{\text{حجم کل}} = \frac{5 \times 1.6 \times 10^{-4}}{0.2} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

۱۰ ۳ ابتدا غلظت مولی لاکتیک اسید ( $C_3H_5O_3$ ) را محاسبه می‌کنیم:

$$M = \frac{10 \times \text{چگالی} \times \text{درصد جرمی}}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 6 \times 1/2}{90} = 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$$

pH محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم. اسید ضعیف است و  $K_a < 10^{-3}$  پس:

$$[H^+] = \sqrt{K_a \cdot M} = \sqrt{8 \times 10^{-5} \times 0.8} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pH_{\text{اولیه}} = -\log[H^+] = -\log(8 \times 10^{-3}) = 3 - \log 8 = 2/1$$

غلظت سدیم هیدروکسید اضافه شده برابر است با:

$$pH=13/6 \xrightarrow{pH+pOH=14} pOH=0.4 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-0.4} = 10^{0.6} \times 10^{-1} = 10^{\log 4} \times 10^{-1} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{[OH^-] = M}{\text{حجم کل}} \rightarrow M = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$M_a \cdot V_a \cdot n_a = 0.8 \times 0.3 \times 1 = 0.24$$

$$M_b \cdot V_b \cdot n_b = 0.4 \times 0.3 \times 1 = 0.12$$

حاصل  $M \cdot V \cdot n$  را برای لاکتیک اسید و سدیم هیدروکسید محاسبه می‌کنیم:

با توجه به اینکه  $M_b \cdot V_b \cdot n_b < M_a \cdot V_a \cdot n_a$  است، پس غلظت مولی لاکتیک اسید در محلول نهایی برابر است با:

$$M_{\text{اسید}} = \frac{0.24 - 0.12}{0.3 + 0.3} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

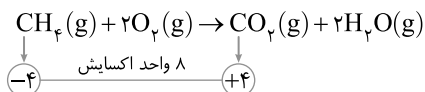
پس داریم:

$$[H^+]_{\text{نهایی}} = \sqrt{K_a \cdot M} = \sqrt{8 \times 10^{-5} \times 0.2} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pH_{\text{نهایی}} = -\log[H^+]_{\text{نهایی}} = -\log(4 \times 10^{-3}) = 3 - \log 4 = 3 - 2 \log 2 = 3 - 2 \log 2 = 3 - 2(0.3) = 2/4$$

در نتیجه pH به اندازه  $0.3 / (2/4 - 2/1)$  تغییر می‌کند.





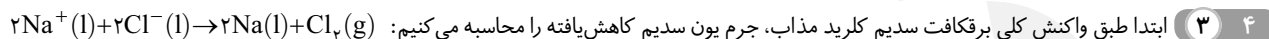
معادله موازنه شده واکنش انجام شده در سلول سوختی متان-اکسیژن:

در این سلول با مبادله ۸ مول الکترون، ۲ مول بخار آب و یک مول کربن دی‌اکسید تولید می‌شود:

$$? \text{ g H}_2\text{O} = \frac{6}{10} \times 10^{23} \text{ e}^- \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{6 \times 10^{23} \text{ e}^-} \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{4 \text{ mol e}^-} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 45 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$? \text{ g CO}_2 = \frac{6}{10} \times 10^{23} \text{ e}^- \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{6 \times 10^{23} \text{ e}^-} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{4 \text{ mol e}^-} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 55 \text{ g CO}_2$$

پس در سلول سوختی «هیدروژن-اکسیژن» مقدار ۹۰ گرم فراورده و در سلول سوختی «متان-اکسیژن» مقدار ۱۰۰g (۴۵+۵۵) فراورده تولید می‌شود که اختلاف این دو مقدار برابر ۱۰g (۱۰۰-۹۰) است.



$$? \text{ g Na}^+ = 31/5 \text{ L Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{20 \text{ L Cl}_2} \times \frac{2 \text{ mol Na}^+}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{23 \text{ g Na}^+}{1 \text{ mol Na}^+} = 72/45 \text{ g Na}^+$$

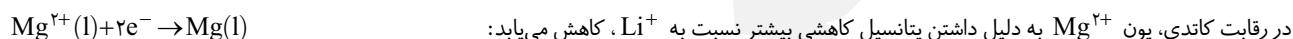
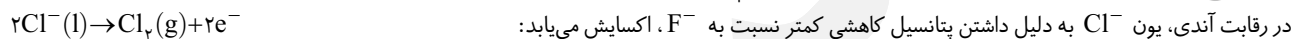
سپس جرم محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g محلول} = 100 \text{ L محلول} \times \frac{10^3 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1/35 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} = 103500 \text{ g محلول}$$

اکنون غلظت ppm یون سدیم در محلول اولیه را به دست می‌آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{ppm} = \frac{72/45}{103500} \times 10^6 = 700$$

۱ ۵ با توجه به پتانسیل‌های استاندارد کاهشی داده شده داریم:



با توجه به ضریب الکترون که در هر دو نیم واکنش یکسان است، خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g Mg} = 896 \text{ mL Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{22400 \text{ mL Cl}_2} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{24 \text{ g Mg}}{1 \text{ mol Mg}} = 96 \text{ g Mg}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{Mg گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{میلی لیتر Cl}_2 (\text{STP})}{1 \times 24 \times 22400} \Rightarrow x = \frac{896}{1 \times 24 \times 22400} \Rightarrow x = 96 \text{ g}$$



$$\text{Al به ازای چهار اتم} = (3-0) \times 2 \times 2 = 12$$

پس به ازای تولید هر ۴ مول Al، تعداد ۱۲ مول الکترون مبادله می‌شود، بنابراین خواهیم داشت:

$$? \text{ C} = 11/7 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} \times \frac{12 \text{ mol e}^-}{4 \text{ mol Al}} \times \frac{6 \times 10^{23} \text{ e}^-}{1 \text{ mol e}^-} \times \frac{1 \text{ C}}{6 \times 10^{23} \text{ e}^-} = 1/25 \times 10^5 \text{ C}$$

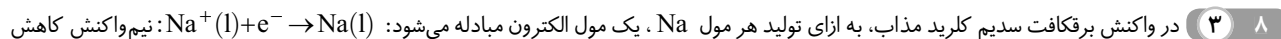


قسمت اول: با توجه به واکنش بالا، به ازای برقکافت دو مول آب (۳۶=۲×۱۸)، در شرایط STP دو مول گاز هیدروژن (۴۴/۸=۲×۲۲/۴) و یک مول گاز اکسیژن (۲۲/۴ L) تولید می‌شود. با توجه به توضیحات داده شده، مقدار آب مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g H}_2\text{O} = 560 \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{22/4 \text{ L}} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 9 \text{ g H}_2\text{O}$$

قسمت دوم: در فرایند برقکافت آب، به ازای تجزیه ۲ مول  $\text{H}_2\text{O}$ ، ۴ مول الکترون مبادله می‌شود. بنابراین خواهیم داشت:

$$? \text{ e}^- = 9 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{4 \text{ mol e}^-}{2 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{6 \times 10^{23} \text{ e}^-}{1 \text{ mol e}^-} = 6 \times 10^{22} \text{ e}^-$$



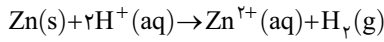
$$? \text{ mol e}^- = 92 \text{ g Na} \times \frac{1 \text{ mol Na}}{23 \text{ g Na}} \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol Na}} = 4 \text{ mol e}^-$$

در واکنش خوردگی آهن به ازای مصرف هر مول آهن (۵۶g Fe)، ۳ مول الکترون مبادله می‌شود:  $\text{Fe}(\text{s}) \rightarrow \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^-$ ؛ نیم واکنش اکسایش در فرایند خوردگی آهن

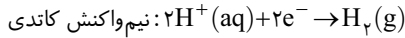
پس جرم قطعه آهن که دچار خوردگی شده برابر است با:

$$? \text{ g Fe} = 4 \text{ mol e}^- \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{3 \text{ mol e}^-} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 74/7 \text{ g Fe}$$

۹ ۱) معادله موازنه شده واکنش انجام شده در سلول «SHE - روی» به صورت مقابل است:



در این واکنش به ازای تولید هر مول  $\text{H}_2$ ، دو مول الکترون مبادله می‌شود:



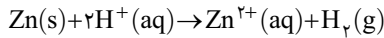
$$? \text{ mol e}^- = 42 \text{ L H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{22.4 \text{ L H}_2} \times \frac{2 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol H}_2} = 3.75 \text{ mol e}^-$$

در فرایند آبکاری با طلا، به ازای مصرف هر سه مول الکترون، یک مول طلا روی جسم مسی قرار می‌گیرد، پس خواهیم داشت:

$$\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au(s)} \quad ? \text{ g Au} = 3.75 \text{ mol e}^- \times \frac{1 \text{ mol Au}}{3 \text{ mol e}^-} \times \frac{197 \text{ g Au}}{1 \text{ mol Au}} = 197 \text{ g Au}$$

## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۲)

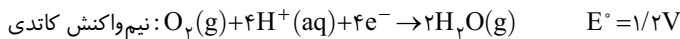
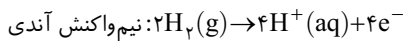
۱ ۲) با توجه به  $E^\circ$  کوچک‌تر Zn نسبت به  $\text{H}_2$ ، معادله واکنش انجام شده در سلول گالوانی (روی - SHE) به صورت زیر است:



در این واکنش به ازای مبادله ۲ مول الکترون، یک مول گاز هیدروژن تولید می‌شود. ابتدا مقدار مول گاز هیدروژن تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol H}_2 = 3.0 \times 10^{24} \text{ e}^- \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{6.02 \times 10^{23} \text{ e}^-} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol e}^-} = 2.5 \text{ mol H}_2$$

سپس ولتاژ سلول سوختی «هیدروژن-اکسیژن» را در بهترین حالت محاسبه می‌کنیم:  $E^\circ = 0 \text{ V}$



$$\text{ولتاژ عملی} = \frac{0.72}{1.23} \times 100 = 58.5\%$$

با توجه به ولتاژ سلول سوختی اشاره شده در سؤال، بازده سلول سوختی برابر است با:

اکنون جرم فراورده گازی را به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌کنیم:

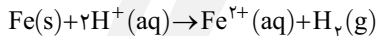
$$? \text{ g H}_2\text{O} = 2.5 \text{ mol H}_2 \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{2 \text{ mol H}_2} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{60}{100} = 27 \text{ g H}_2\text{O}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{H}_2 \text{ مول} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{2.5 \times \frac{60}{100}}{2} = \frac{x}{2 \times 18} \Rightarrow x = 27 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):

۲ ۴) قسمت اول: با توجه به عدد منفی ولت‌سنج، آهن الکتروآند بوده و نیم‌سلول مربوط به SHE، نیم‌سلول کاتدی است:



معادله موازنه شده واکنش کلی:

$$\text{pH}_1 = -\log[\text{H}^+] = -\log(1) = 0$$

غلظت اولیه  $\text{H}^+$  در سلول گالوانی برابر  $1 \text{ mol.L}^{-1}$  است، پس داریم:

$$\text{pH}_2 = 0 + 0.3 = 0.3$$

با توجه به افزایش ۰/۳ واحدی pH محلول، داریم:

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-0.3} = 10^{0.7} \times 10^{-1} = 10^{0.7} \times 10^{-1} = 5 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

غلظت  $\text{H}^+$  در محلول را در این زمان محاسبه می‌کنیم:

پس به عبارتی غلظت مولی یون  $\text{H}^+$  از  $1 \text{ mol.L}^{-1}$  به  $5 \text{ mol.L}^{-1}$  رسیده است. در ادامه به کمک این تغییر غلظت کاهش جرم تیغه آهنی را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g Fe} = 0.4 \text{ L محلول} \times \frac{0.5 \text{ mol H}^+}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{2 \text{ mol H}^+} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 5.6 \text{ g Fe}$$

روش اول (کسر تبدیل):

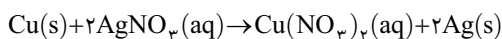
$$\frac{\text{Fe گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت مولار} \times \text{لیتر محلول H}^+}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{1 \times 56} = \frac{0.4 \times 0.5}{2} \Rightarrow x = 5.6 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):

قسمت دوم: با توجه به ضرایب استوکیومتری  $\text{H}^+$  و  $\text{Fe}^{2+}$  در معادله موازنه شده واکنش و اینکه غلظت  $\text{H}^+$  در محلول نیم‌سلول کاتدی ۰/۵ مول بر لیتر کاهش

می‌یابد، می‌توان نتیجه گرفت که غلظت  $\text{Fe}^{2+}$  در محلول نیم‌سلول آندی به اندازه ۰/۲۵ مول بر لیتر افزایش می‌یابد ولی با توجه به وجود دیواره متخلخل و عبور

کاتیون‌های  $\text{Fe}^{2+}$  از آن، غلظت  $\text{Fe}^{2+}$  در محلول نیم‌سلول آندی کمتر از ۰/۲۵ مول بر لیتر افزایش می‌یابد.



۳ ۳) معادله موازنه شده واکنش:

با مبادله ۲ مول الکترون، یک مول مس مصرف شده ( $1 \times 64 = 64 \text{ g}$ ) و دو مول نقره تولید می‌شود ( $2 \times 108 = 216 \text{ g}$ ). پس به ازای مبادله ۲ مول الکترون، جرم تیغه

به اندازه ۱۵۲g ( $216 - 64$ ) افزایش می‌یابد.

$$? \text{ mol e}^- = 5.0 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{4.8 \times 10^{-3} \text{ mol e}^-}{1 \text{ min}} = 0.4 \text{ mol e}^-$$

تعداد مول الکترون‌های مبادله شده در ۵۰ ثانیه را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g} = 0.4 \text{ mol e}^- \times \frac{152 \text{ g جرم تیغه}}{2 \text{ mol e}^-} = 30.4 \text{ g}$$

افزایش جرم تیغه برابر است با:

پس جرم تیغه به  $15.04 \text{ g}$  ( $12 + 3.04$ ) می‌رسد.

۱ ۴ یک آمپر مقدار باری است که در یک ثانیه از سطح مقطع یک جسم رسانا عبور می کند. ابتدا با توجه به فرمول  $q = It$  کل بار عبور کرده را بر حسب کولن به دست می آوریم:

$$q = It = 2 \times (2 \times 60 \times 60 \text{ s}) = 144000 \text{ C}$$

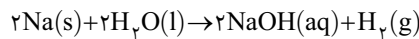
$$1 \text{ mol } e^- = 6 \times 10^{23} \times 1.6 \times 10^{-19} = 96000 \text{ C}$$

سپس محاسبه می کنیم هر مول الکترون معادل چند کولن است: در برکافت آب، به ازای عبور ۴ مول الکترون، ۲ مول  $H_2$  (۴g) و یک مول  $O_2$  (۳۲g) تولید می شود. پس به ازای مبادله این مقدار الکترون، مقدار  $(4+32)36g$  فرآورده تولید می شود.

اکنون جرم فرآورده های گازی تولید شده را محاسبه می کنیم: فرآورده  $13.5g$  =  $144000 \text{ C} \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{96000 \text{ C}} \times \frac{36g}{4 \text{ mol } e^-}$  گرم فرآورده گازی

۳ ۵ ابتدا مقدار مول سدیم تولید شده در اثر تولید ۵۶٪ لیتر گاز کلر در برکافت سدیم کلرید مذاب را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ mol Na} = \frac{56}{100} L Cl_2 \times \frac{1 \text{ mol } Cl_2}{22.4 L Cl_2} \times \frac{2 \text{ mol Na}}{1 \text{ mol } Cl_2} = 0.5 \text{ mol Na}$$

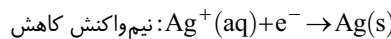


در اثر واکنش سدیم با آب، سدیم هیدروکسید تولید می شود:

طبق ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش بالا، از واکنش ۵٪ مول سدیم، ۵٪ مول سدیم هیدروکسید تولید می شود. سپس غلظت این ترکیب را محاسبه می کنیم:

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.5 \text{ mol}}{2/5 L} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow M = [OH^-] = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون pH محلول را به دست می آوریم:  $pOH = -\log[OH^-] = -\log(2 \times 10^{-2}) = 2 - \log 2 = 1.7 \xrightarrow{pH+pOH=14} pH = 12.3$



۲ ۶ در فرایند آبرسانی با فلز نقره داریم:

$$? \text{ mol } Ag^+ = 48/6g Ag \times \frac{1 \text{ mol } Ag}{108g Ag} \times \frac{1 \text{ mol } Ag^+}{1 \text{ mol } Ag} = 0.45 \text{ mol } Ag^+$$

قسمت اول:

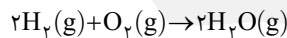
$$\bar{R}(Ag^+) = \frac{\Delta n(Ag^+)}{V \Delta t} \Rightarrow 2 \times 10^{-2} \frac{\text{mol}}{L \cdot s} = \frac{0.45 \text{ mol}}{V(L) \times 2/5 \times 60 \text{ s}} \Rightarrow V = 1/5 L$$

$$? \text{ mol } e^- = 0.45 \text{ mol } Ag^+ \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } Ag^+} \times \frac{10^3 \text{ mmol } e^-}{1 \text{ mol } e^-} = 450 \text{ mmol } e^-$$

قسمت دوم:

### پاسخ تشریحی آزمون جامع (۳)

۱ ۱ در سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» گاز ورودی به آند، هیدروژن و گاز خروجی از آن، هیدروژن مصرف نشده است. همچنین گاز ورودی به کاتد، اکسیژن و گاز خروجی از آن، اکسیژن مصرف نشده و بخار آب تولید شده است. ابتدا جرم گاز اکسیژن مصرف شده را X گرم و جرم بخار آب تولید شده را Y گرم در نظر می گیریم و نسبت X به Y را محاسبه می کنیم:



$$y g H_2O = x g O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32g O_2} \times \frac{2 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{18g H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} \Rightarrow y = \frac{9}{8} x \quad (I)$$

از طرفی می دانیم که جرم گاز اکسیژن مصرف نشده برابر  $(200 - X)$  گرم است، پس داریم:

$$(200 - X) + Y = 216 \Rightarrow Y - X = 16 \quad (II)$$

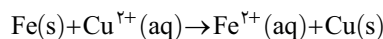
$$\xrightarrow{(I), (II)} \begin{cases} y = \frac{9}{8} x \\ y - x = 16 \end{cases} \Rightarrow x = 128 g, y = 144 g$$

در ادامه به کمک روابط (I) و (II)، X و Y را محاسبه می کنیم:

$$? g H_2 = 128g O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32g O_2} \times \frac{2 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{2g H_2}{1 \text{ mol } H_2} = 16g H_2$$

سپس جرم گاز هیدروژن مصرف شده را محاسبه می کنیم:

پس  $184g$  (۱۶-۲۰۰) از گاز هیدروژن که مصرف نشده است از آند خارج می شود.



۱ ۲ با توجه به عدد مثبت ولت سنخ، الکتروآهن نقش آند و الکترومس نقش کاتد را دارد:

در ازای تبادل هر دو مول الکترون، یک مول آهن (۵۶g) مصرف و یک مول مس (۶۴g) تولید می شود و اختلاف جرم این دو تیغه  $56 + 64 = 120g$  تغییر می کند. در این سؤال مقدار ۳ گرم اختلاف جرم این دو تیغه کاهش یافته است، پس تغییر جرم تیغه آهنی برابر است با:

$$? g Fe = 3g \text{ جرم تغییر} \times \frac{1 \text{ mol } Fe}{120g} \times \frac{56g Fe}{1 \text{ mol } Fe} = 1.4g Fe$$

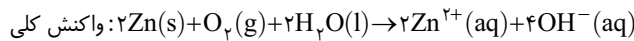
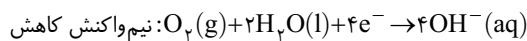
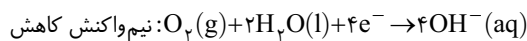
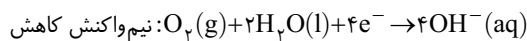
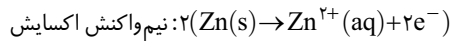
در ادامه مقدار الکترون مبادله شده در سلول گالوانی و سرعت متوسط مبادله الکترون را برحسب  $\text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$  به دست می آوریم:

$$? \text{ mole}^- = 3 \text{ g} \times \frac{2 \text{ mole}^-}{120 \text{ g}} = 0.05 \text{ mole}^-$$

$$\bar{R}(e) = \frac{\Delta n(e^-)}{\Delta t} = \frac{0.05 \text{ mole}^-}{\left(\frac{1}{6}\right) \text{ min}} = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

پس سرعت تبادل الکترون برابر است با:

۳ در اثر خوردگی، فلز روی به دلیل  $E^\circ$  کمتر، اکسایش یافته و اکسیژن دچار کاهش می شود:



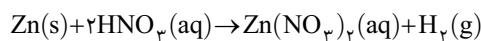
$$\bar{R}(\text{Zn}) = \frac{1}{2} \bar{R}(\text{OH}^-) = \frac{1}{2} \times 0.2 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

با توجه به ضرایب استوکیومتری داریم:

$$? \text{ g Zn} = 5 \text{ min} \times \frac{0.1 \text{ mol Zn}}{1 \text{ min}} \times \frac{65 \text{ g Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 3.25 \text{ g Zn}$$

در ادامه، مقدار Zn خورده شده در ۵ دقیقه را محاسبه می کنیم:

$$\text{سپس مقدار Zn باقی مانده روی جسم را به دست می آوریم:}$$



واکنش فلز روی با محلول نیتریک اسید:

$$? \text{ mol H}^+ = 1/3 \text{ g Zn} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{65 \text{ g Zn}} \times \frac{2 \text{ mol HNO}_3}{1 \text{ mol Zn}} \times \frac{1 \text{ mol H}^+}{1 \text{ mol HNO}_3} \times \frac{100}{80} = 0.05 \text{ mol H}^+$$

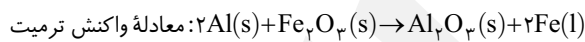
مقدار مول  $\text{H}^+$  موجود در محلول اولیه را محاسبه می کنیم:

$$[\text{H}^+] = \frac{n}{V} = \frac{0.05 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

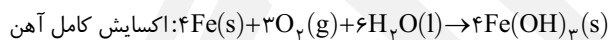
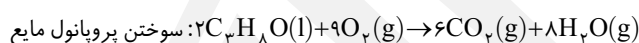
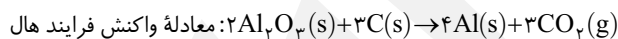
غلظت یون  $\text{H}^+$  در محلول برابر است با:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(5 \times 10^{-3}) = 3 - \log 5 = 3 - 0.7 = 2.3$$

اکنون pH محلول را محاسبه می کنیم:



۴ معادله موازنه شده واکنش های انجام شده به صورت روبه رو است:



روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ L C}_3\text{H}_8\text{O} = 5/4 \times 10^3 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} \times \frac{3 \text{ mol CO}_2}{4 \text{ mol Al}} \times \frac{2 \text{ mol C}_3\text{H}_8\text{O}}{6 \text{ mol CO}_2} \times \frac{60 \text{ g C}_3\text{H}_8\text{O}}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8\text{O}} \times \frac{1 \text{ mL C}_3\text{H}_8\text{O}}{0.8 \text{ g C}_3\text{H}_8\text{O}} \times \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ mL}} = 3.75 \text{ L C}_3\text{H}_8\text{O}$$

$$? \text{ g O}_2 = 5/4 \times 10^3 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} \times \frac{2 \text{ mol Al}_2\text{O}_3}{4 \text{ mol Al}} \times \frac{2 \text{ mol Fe}}{1 \text{ mol Al}_2\text{O}_3} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{4 \text{ mol Fe}} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 4800 \text{ g O}_2$$

روش دوم (تناسب): با یکسان کردن کربن دی اکسید در دو واکنش هال و سوختن پروپان مایع به عنوان ماده مشترک داریم:

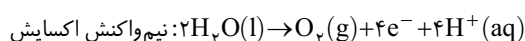
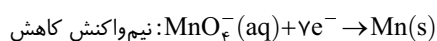
$$\frac{\text{Al گرم}}{8 \times 27} = \frac{\text{جگالی} \times \text{لیتر پروپانول}}{2 \times 60} \Rightarrow \frac{5/4 \times 10^3}{8 \times 27} = \frac{x \times 10^3 \times 0.8}{2 \times 60} \Rightarrow x = 3.75 \text{ L C}_3\text{H}_8\text{O}$$

با یکسان کردن ضرایب  $\text{Al}_2\text{O}_3$  و Fe در واکنش ها به عنوان مواد مشترک داریم:

$$\frac{4 \text{ Al}}{4 \times 27} = \frac{\text{O}_2 \text{ گرم}}{3 \times 32} \Rightarrow \frac{5/4 \times 10^3}{4 \times 27} = \frac{x}{3 \times 32} \Rightarrow x = 4800 \text{ g O}_2$$

۵ ابتدا واکنش های اکسایش و کاهش انجام شده را بررسی می کنیم:

عدد اکسایش Mn در  $\text{MnO}_4^-$  برابر +7 است، پس با گرفتن ۷ الکترون به Mn تبدیل شده است و طبق اطلاعات مسئله، واکنش آندی، اکسایش مولکول های آب است:



توجه: معادله اصلی نیم واکنش کاهش به صورت  $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) + 7e^- \rightarrow \text{Mn}(s) + 4\text{H}_2\text{O}(l)$  است ولی برای حل مسئله، فقط دانستن این که عدد

اکسایش اتم منگنز، ۷ واحد تغییر می کند و به ازای اکسایش یک مول  $\text{MnO}_4^-$ ، ۷ مول الکترون مبادله می شود، کافی است و نیازی به نوشتن معادله اصلی نیم واکنش

$$\text{نیست. تعداد قطعه های آبکاری شده برابر است با: قطعه} = 50 = \frac{1 \text{ قطعه}}{0.55 \text{ g Mn}} \times \frac{55 \text{ g Mn}}{1 \text{ mol Mn}} \times \frac{1 \text{ mol Mn}}{7 \text{ mole}^-} \times \frac{4 \text{ mole}^-}{22/4 \text{ L O}_2} \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{22/4 \text{ L O}_2} \times \frac{19/6 \text{ L O}_2}{19/6 \text{ L O}_2} = 50$$



## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۱)

۱ ۱ با حذف یک ماده از یک مخلوط، درصد جرمی سایر مواد باقی مانده افزایش می‌یابد. توجه کنید افزایش درصد جرمی ماده‌ای بیشتر است که در نمونه اولیه درصد جرمی بالاتری دارد. از این رو با خشک شدن نمونه خاک رس، درصد جرمی  $\text{SiO}_2$  بیشتر از سایر مواد افزایش می‌یابد. اگر جرم نمونه اولیه از خاک رس را  $100$  گرم در نظر بگیریم، در اثر خشک شدن این نمونه خاک رس،  $13/32$  گرم از جرم آن کاسته می‌شود و درصد جرمی  $\text{SiO}_2$  در نمونه خشک برابر است با:

$$\text{درصد جرمی جدید SiO}_2 \text{ در نمونه خشک} = \frac{\text{جرم SiO}_2}{\text{جرم نمونه خشک}} \times 100 = \frac{46/20}{100 - 13/32} \times 100 = 53/3\%$$

۳ ۲ درصد جرمی  $X$  در  $\text{XSO}_4$  برابر  $40$  درصد است. پس:

$$\text{درصد جرمی X} = \frac{\text{جرم X}}{\text{جرم کل ترکیب}} \times 100 = 40 \Rightarrow \frac{X}{X+96} \times 100 = 40 \Rightarrow X = 64 \text{ g mol}^{-1}$$

در ترکیب  $\text{XSO}_4$  از یون  $\text{X}^{2+}$  استفاده شده است، پس فرمول کلرید  $\text{XCl}_2$  است:

$$\text{درصد جرمی X} = \frac{\text{جرم X}}{\text{جرم کل ترکیب}} \times 100 = \frac{64}{64 + (2 \times 35/5)} \times 100 = \frac{64}{135} \times 100 = 47/4\%$$

۳ ۲ با توجه به نسبت جرمی  $2$  به  $3$  برای این دو کود شیمیایی،  $200$  گرم کود دارای آمونیوم نیترات و  $300$  گرم کود دارای اوره و آمونیاک را در نظر می‌گیریم و جرم نیتروژن و اکسیژن موجود در هر کدام را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{آمونیم نیترات: } 200 \text{ g کود} \times \frac{4 \text{ g NH}_4\text{NO}_3}{100 \text{ g کود}} \times \frac{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3}{80 \text{ g NH}_4\text{NO}_3} \times \frac{2 \text{ mol N}}{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3} \times \frac{14 \text{ g N}}{1 \text{ mol N}} = 28 \text{ g N}$$

$$\text{در آمونیوم نیترات (در O): } 200 \text{ g کود} \times \frac{4 \text{ g NH}_4\text{NO}_3}{100 \text{ g کود}} \times \frac{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3}{80 \text{ g NH}_4\text{NO}_3} \times \frac{3 \text{ mol O}}{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3} \times \frac{16 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} = 48 \text{ g O}$$

$$\text{اوره: } 300 \text{ g کود} \times \frac{15 \text{ g CO(NH}_2)_2}{100 \text{ g کود}} \times \frac{1 \text{ mol CO(NH}_2)_2}{60 \text{ g CO(NH}_2)_2} \times \frac{2 \text{ mol N}}{1 \text{ mol CO(NH}_2)_2} \times \frac{14 \text{ g N}}{1 \text{ mol N}} = 21 \text{ g N}$$

$$\text{در اوره (در O): } 300 \text{ g کود} \times \frac{15 \text{ g CO(NH}_2)_2}{100 \text{ g کود}} \times \frac{1 \text{ mol CO(NH}_2)_2}{60 \text{ g CO(NH}_2)_2} \times \frac{1 \text{ mol O}}{1 \text{ mol CO(NH}_2)_2} \times \frac{16 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} = 12 \text{ g O}$$

$$\text{آمونیاک: } 300 \text{ g کود} \times \frac{34 \text{ g NH}_3}{100 \text{ g کود}} \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{ g NH}_3} \times \frac{1 \text{ mol N}}{1 \text{ mol NH}_3} \times \frac{14 \text{ g N}}{1 \text{ mol N}} = 84 \text{ g N}$$

پس در کل  $133 \text{ g}$  ( $28 + 21 + 84$ ) اتم نیتروژن و  $60 \text{ g}$  ( $48 + 12$ ) اتم اکسیژن در این  $500$  گرم کود وجود دارد.

$$\text{درصد جرمی O} = \frac{60}{500} \times 100 = 12\% \quad , \quad \text{درصد جرمی N} = \frac{133}{500} \times 100 = 26/6\%$$

اختلاف درصد جرمی این دو عنصر در این نمونه کود ترکیبی برابر  $14/6 - 12 = 2/6$  است.

$$\Delta\theta = 138 - 85 = 53^\circ\text{C}$$

$$Q = 10000 \times 0/85 \times 53 = 450500 \text{ J} = 450.5 \text{ kJ}$$

برای تبدیل آب  $50^\circ\text{C}$  به بخار  $100^\circ\text{C}$  باید دو مرحله طی شود.  $q_1$  برای تبدیل آب  $50^\circ\text{C}$  به آب  $100^\circ\text{C}$  و  $q_2$  برای تبدیل آب  $100^\circ\text{C}$  به بخار  $100^\circ\text{C}$  است.

گرمای لازم برای تبدیل یک کیلوگرم آب  $50^\circ\text{C}$  به بخار  $100^\circ\text{C}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= mc\Delta\theta = 10000 \times 4/2 \times (100 - 50) = 210000 \text{ J} = 210 \text{ kJ} \\ q_2 &= 10000 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{41/4 \text{ kJ}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 230 \text{ kJ} \end{aligned} \right\} \Rightarrow q_{\text{کل}} = q_1 + q_2 = 210 + 230 = 440 \text{ kJ}$$

برای تبدیل هر کیلوگرم آب  $50^\circ\text{C}$  به بخار  $100^\circ\text{C}$ ، مقدار  $440 \text{ kJ}$  گرما لازم است. اکنون جرم آب را به دست می‌آوریم:

$$\text{? kg H}_2\text{O} = 450.5 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ kg H}_2\text{O}}{440 \text{ kJ}} = 1/79 \text{ kg H}_2\text{O}$$

۴ ۵

حجم گرافیت و سیلیسیم کربید را به ترتیب  $V$  و  $V/8$  سانتی متر مکعب در نظر می‌گیریم و پس از محاسبه جرم هر کدام،  $V$  را به دست می‌آوریم:

$$\left. \begin{aligned} \text{جرم گرافیت} &= \frac{\text{چگالی گرافیت}}{\text{حجم گرافیت}} \Rightarrow 2/25 = \frac{x}{V/8} \Rightarrow x = 1/8V \text{ g C} \\ \text{SiC چگالی} &= \frac{\text{جرم SiC}}{\text{حجم SiC}} \Rightarrow 3/2 = \frac{y}{V} \Rightarrow y = 3/2V \text{ g SiC} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{مجموع جرم مخلوط} = 1/8V + 3/2V = 250 \Rightarrow V = 50 \text{ cm}^3$$

جرم کربن در هر ماده برابر است با:

$$? \text{ g C} = 1/8 \times (50) \text{ g C} = 9.0 \text{ g C}$$

گرافیت:

$$? \text{ g C} = 3/2 \times (50) \text{ g SiC} \times \frac{1 \text{ mol SiC}}{40 \text{ g SiC}} \times \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol SiC}} \times \frac{12 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} = 48 \text{ g C}$$

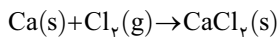
:SiC

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم کل}} \times 100 = \frac{9.0 + 48}{250} \times 100 = 21.6\%$$

پس درصد جرمی عنصر کربن در مخلوط برابر است با:

۱ ۶

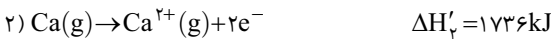
ابتدا آنتالپی واکنش تولید یک مول کلسیم کلرید از کلسیم و گاز کلر را محاسبه می‌کنیم:



واکنش هدف، معادله واکنش تولید کلسیم کلرید از کلسیم و گاز کلر است:



واکنش (۱) بدون تغییر:



واکنش (۲) قرینه:



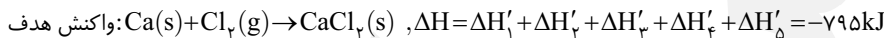
واکنش (۳) قرینه:



واکنش (۴) دو برابر:



معادله فروپاشی شبکه کلسیم کلرید را قرینه می‌نویسیم:



واکنش هدف

سپس مقدار گرمای آزاد شده به ازای تولید  $2/22$  گرم کلسیم کلرید را به یکی از روش زیر محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ kJ} = 2/22 \text{ g CaCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{111 \text{ g CaCl}_2} \times \frac{795 \text{ kJ}}{1 \text{ mol CaCl}_2} = 15/9 \text{ kJ}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{CaCl}_2 \text{ گرم}}{\Delta H} = \frac{|Q|}{1 \times 111} \Rightarrow \frac{2/22}{795} = \frac{|Q|}{111} \Rightarrow |Q| = 15/9 \text{ kJ}$$

روش دوم (تناسب):

۴ ۷

$100$  سانتی متر مکعب از این آلیاژ را در نظر می‌گیریم. ابتدا حجم آهن را  $V$  و حجم تیتانیم را  $(100 - V)$  فرض می‌کنیم و جرم هر کدام را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{Fe چگالی} = \frac{\text{جرم Fe}}{\text{حجم Fe}} \Rightarrow 7/8 = \frac{\text{جرم Fe}}{V} \Rightarrow \text{جرم Fe} = 7/8V \text{ g Fe}$$

$$\text{Ti چگالی} = \frac{\text{جرم Ti}}{\text{حجم Ti}} \Rightarrow 4/5 = \frac{\text{جرم Ti}}{100 - V} \Rightarrow \text{جرم Ti} = 4/5(100 - V) \text{ g Ti}$$

$$\text{چگالی آلیاژ} = \frac{\text{جرم آلیاژ}}{\text{حجم آلیاژ}} \Rightarrow 5/6 = \frac{7/8V + 4/5(100 - V)}{100} \Rightarrow \text{جرم آلیاژ} = 560 \text{ g}$$

سپس با توجه به چگالی آلیاژ، جرم این  $100 \text{ cm}^3$  آلیاژ را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{اکنون } V \text{ را محاسبه کرده و درصد جرمی آهن در این آلیاژ را به دست می‌آوریم: } 560 = 7/8V + 4/5(100 - V) \Rightarrow 3/3V = 110 \Rightarrow V = \frac{100}{3} \text{ cm}^3$$

اکنون  $V$  را محاسبه کرده و درصد جرمی آهن در این آلیاژ را به دست می‌آوریم:

$$\text{Fe درصد جرمی} = \frac{7/8 \times \frac{100}{3}}{560} \times 100 = \frac{260}{560} \times 100 = 46.4\%$$

## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۲)

۲ ۱

$$? \text{ mol SO}_3 = 40 \text{ g SO}_3 \times \frac{1 \text{ mol SO}_3}{80 \text{ g SO}_3} = 0.5 \text{ mol SO}_3$$

ابتدا مقدار مول اولیه گوگرد تری اکسید را محاسبه می‌کنیم:



سپس از جدول تغییر مول استفاده می‌کنیم:

مول اولیه	۰/۵	۰	۰
تغییر مول	-۲x	+۲x	+x
مول تعادلی	۰/۵-۲x	۲x	x

طبق قانون پایستگی جرم، جرم مخلوط تعادلی برابر ۴۰ گرم است. پس برای محاسبه درصد جرمی گاز اکسیژن داریم:

$$\text{جرم گاز اکسیژن} = \frac{\text{جرم مخلوط تعادلی}}{\text{جرم مخلوط تعادلی}} \times 100 = \frac{32x}{40} \times 100 = 80 \Rightarrow x = 0.1$$

$$K = \frac{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} = \frac{(n_{\text{SO}_2})^2 \times n_{\text{O}_2}}{(n_{\text{SO}_3})^2} \times V^{-1} = \frac{(0.2)^2 \times (0.1)}{(0.3)^2} \times \frac{9}{2} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون ثابت تعادل را محاسبه می‌کنیم:

با توجه به آرایش الکترونی آلومینیم و تیتانیوم که به ترتیب به صورت  $[\text{Ne}]3s^2 3p^1$  و  $[\text{Ar}]3d^2 4s^2$  است، هر کدام به ترتیب دارای ۳ و ۴ الکترون ظرفیتی هستند.

ابتدا مقدار مول الکترون موجود در دریای الکترونی قطعه آلیاژ را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol } e^- = 216 / 72 \times 1.23 e^- \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{6 \times 10^{23} e^-} = 36 \text{ mol } e^-$$

اگر مقدار مول Al را x و مقدار مول Ti را y در نظر بگیریم:

جرم Al، ۱/۵ برابر جرم Ti است، پس خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم Al}}{\text{جرم Ti}} = \frac{27x}{48y} = 1/5 \Rightarrow 9x = 24y \quad (\text{II})$$

سپس به کمک معادله‌های (I) و (II)، x و y را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} 3x + 4y = 36 \\ 9x = 24y \end{cases} \Rightarrow x = 8 \text{ mol Al}, y = 3 \text{ mol Ti}$$

در ادامه حجم هر فلز را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{Al چگالی} = \frac{\text{جرم Al}}{\text{حجم Al}} \Rightarrow 2.7 = \frac{27 \times 8}{V_{\text{Al}}} \Rightarrow V_{\text{Al}} = 80 \text{ cm}^3$$

$$\text{Ti چگالی} = \frac{\text{جرم Ti}}{\text{حجم Ti}} \Rightarrow 4.5 = \frac{48 \times 3}{V_{\text{Ti}}} \Rightarrow V_{\text{Ti}} = 32 \text{ cm}^3$$

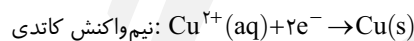
بنابراین حجم کل این نمونه آلیاژ برابر  $(80 + 32) = 112 \text{ cm}^3$  است.

در آلیاژ مس و نقره جرم مس را x گرم و جرم نقره را  $(100 - x)$  گرم در نظر می‌گیریم و داریم:

$$\frac{x}{\text{مول مس}} = \frac{x}{64} = 3 \Rightarrow \frac{100 - x}{\text{مول نقره}} = \frac{100 - x}{108} = 3 \Rightarrow 100 - x = 192 \Rightarrow x = 64$$

پس جرم مس و نقره به ترتیب برابر ۶۴ و ۳۶ گرم است.

آبکاری مس در سطح کاتد (قطعه آهنی) با معادله نیم‌واکنش مقابل انجام می‌شود:



در ادامه به کمک تعداد الکترون‌های مبادله شده، مقدار مس خارج شده از آلیاژ را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g Cu} = 75 / 25 \times 1.23 e^- \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{6 \times 10^{23} e^-} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol } e^-} \times \frac{64 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 4 \text{ g Cu}$$

پس ۴۰ گرم از جرم مس در آلیاژ مس - نقره کاسته شده و به فاشق آهنی اضافه شده است. اکنون درصد جرمی مس در آلیاژ را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی مس در آلیاژ} = \frac{64 - 4}{100 - 40} \times 100 = 40\%$$

ابتدا گرمای داده شده به آب را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = mc\Delta\theta = 12 / 65 \times 10^3 \times 4 / 2 \times 10 = 53130 \text{ J} = 53.13 \text{ kJ}$$

سپس جرم متان را x گرم و جرم اتان را  $(100 - x)$  گرم در نظر می‌گیریم و گرمای حاصل از سوختن متان و اتان را محاسبه می‌کنیم:

سوختن متان:

$$? \text{ kJ} = x \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{882 \text{ kJ}}{1 \text{ mol CH}_4} = \frac{441}{8} x \text{ kJ}$$

سوختن اتان:

$$? \text{ kJ} = (100 - x) \text{ g C}_2\text{H}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{30 \text{ g C}_2\text{H}_6} \times \frac{1554 \text{ kJ}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} = \frac{259}{5} (100 - x) \text{ kJ}$$

اکنون با توجه به مقدار گرمای داده شده به آب، x را به دست می‌آوریم:

$$\frac{441}{8} x + \frac{259}{5} (100 - x) = 53130 \Rightarrow 2205x + 20720 - 2072x = 21252 \Rightarrow 133x = 5332 \Rightarrow x = 4$$

اکنون درصد جرمی متان در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی متان در مخلوط اولیه} = \frac{\text{جرم متان}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100 = \frac{4}{100} \times 100 = 4\%$$

## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۳)

۱ ۳ جرم کربن را با توجه به حجم گاز کربن دی‌اکسید محاسبه می‌کنیم: (توجه کنید که به ازای سوختن هر مول اتم کربن موجود در کافتین، یک مول گاز کربن دی‌اکسید تولید می‌شود.)

$$? g C = 8/96 L CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{22/4 L CO_2} \times \frac{1 \text{ mol } C}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{12 g C}{1 \text{ mol } C} = 4/8 g C$$

با توجه به این که درصد جرمی اکسیژن  $\frac{1}{3}$  درصد جرمی کربن است، پس جرم اکسیژن در این ترکیب برابر با  $\frac{1}{6} g$  است. در  $\frac{3}{88} g$  از این ماده،  $\frac{1}{12}$

گرم نیتروژن داریم، باید محاسبه کنیم که در  $\frac{9}{7} g$  از آن چند گرم نیتروژن وجود دارد:

$$? g N = 9/7 g \text{ کافتین} \times \frac{1/12 g N}{3/88 g \text{ کافتین}} = 2/8 g N$$

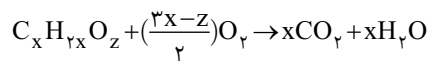
پس در  $\frac{9}{7} g$  از کافتین،  $\frac{4}{8} g$  کربن،  $\frac{1}{6} g$  اکسیژن و  $\frac{2}{8} g$  نیتروژن وجود دارد و مابقی این ترکیب را هیدروژن تشکیل می‌دهد:

$$\text{درصد جرمی هیدروژن} = \frac{9/7 - (4/8 + 1/6 + 2/8)}{9/7} \times 100 = \frac{0/5}{9/7} \times 100 = 5/15$$

۲ ۲ فرمول ترکیب آلی اکسیژن دار را  $C_x H_y O_z$  در نظر می‌گیریم:

$$\frac{\text{درصد جرمی کربن}}{\text{جرم هیدروژن}} = \frac{12x}{y} = 6 \Rightarrow y = 2x \Rightarrow C_x H_{2x} O_z \equiv C_x H_{2x} O_z$$

جرم کربن دی‌اکسید تولیدی  $m$  گرم و جرم بخار آب تولیدی را  $(9/3 - m)$  گرم در نظر می‌گیریم و مقدار  $m$  را محاسبه می‌کنیم:



$$(9/3 - m) g H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 g H_2O} \times \frac{x \text{ mol } CO_2}{x \text{ mol } H_2O} \times \frac{44 g CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = m g CO_2 \Rightarrow 18m = 44(9/3 - m)$$

$$\Rightarrow 18m = 40.9/2 - 44m \Rightarrow 62m = 40.9/2 \Rightarrow m = \frac{40.9/2}{62} = 6/6 g$$

پس  $6/6 g$  کربن دی‌اکسید و  $2/7 g$  آب تولید شده است. سپس جرم کربن و هیدروژن را با استفاده از مقادیر کربن دی‌اکسید و آب تولید شده محاسبه می‌کنیم:

$$? g C = 6/6 g CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 g CO_2} \times \frac{1 \text{ mol } C}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{12 g C}{1 \text{ mol } C} = 1/8 g C, \quad ? g H = 2/7 g H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 g H_2O} \times \frac{2 \text{ mol } H}{1 \text{ mol } H_2O} \times \frac{1 g H}{1 \text{ mol } H} = 0/3 g H$$

اکنون درصد جرمی اکسیژن در این ترکیب را محاسبه می‌کنیم:  $\frac{2/9 - (1/8 + 0/3)}{2/9} \times 100 = \frac{0/8}{2/9} \times 100 = 27/59$

اکنون درصد جرمی اکسیژن در ترکیبات داده شده را محاسبه می‌کنیم:

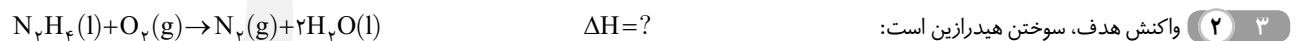
$$C_{11}H_{22}O_{11} \text{ در } O \text{ درصد جرمی} = \frac{11 \times 16}{(12 \times 12) + (22 \times 1) + (11 \times 16)} \times 100 = \frac{176}{342} \times 100 = 51/46 \text{ : مالتوز } (C_{11}H_{22}O_{11})$$

$$C_4H_8O_4 \text{ در } O \text{ درصد جرمی} = \frac{2 \times 16}{(4 \times 12) + (8 \times 1) + (2 \times 16)} \times 100 = \frac{32}{88} \times 100 = 36/36 \text{ : اتیل استات } (C_4H_8O_4)$$

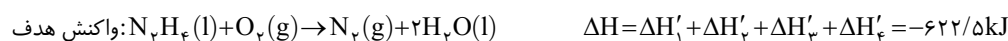
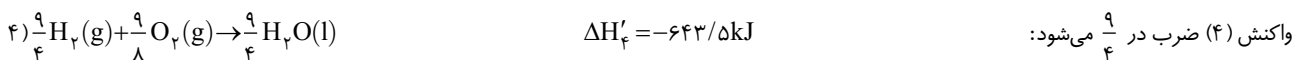
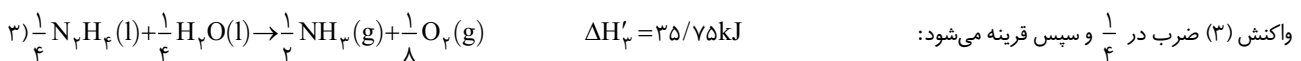
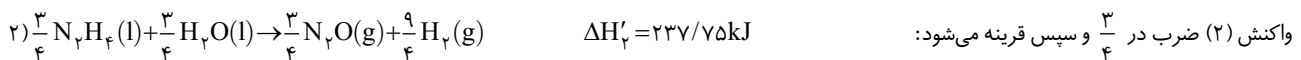
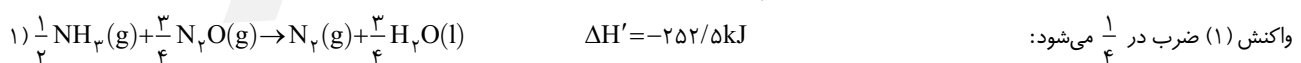
$$C_7H_6O_7 \text{ در } O \text{ درصد جرمی} = \frac{2 \times 16}{(7 \times 12) + (6 \times 1) + (2 \times 16)} \times 100 = \frac{32}{122} \times 100 = 26/23 \text{ : بنزوئیک اسید } (C_7H_6O_7)$$

$$CO(NH_2)_2 \text{ در } O \text{ درصد جرمی} = \frac{1 \times 16}{(1 \times 12) + (1 \times 16) + 2(14 + 2 \times 1)} \times 100 = \frac{16}{60} \times 100 = 26/66 \text{ : اوره } (CO(NH_2)_2)$$

بنابراین درصد جرمی اکسیژن در ترکیب داده شده از ترکیبات بنزوئیک اسید و اوره بیشتر است.



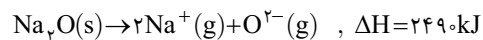
ابتدا  $\Delta H$  سوختن هیدرازین را به کمک قانون هس محاسبه می‌کنیم:



سیس مقدار گرمای حاصل از سوختن ۶۴ گرم هیدرازین را به دست می آوریم:

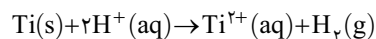
$$? \text{ kJ} = 64 \text{ g N}_2\text{H}_4 \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{H}_4}{32 \text{ g N}_2\text{H}_4} \times \frac{-622 \text{ kJ}}{1 \text{ mol N}_2\text{H}_4} = 1244 \text{ kJ}$$

اکنون مقدار مول یون‌های حاصل از واکنش فروپاشی شبکه بلور سدیم اکسید را محاسبه می کنیم:



$$? \text{ mol ion} = 1244 \text{ kJ} \times \frac{3 \text{ mol ion}}{2490 \text{ kJ}} = 1.5 \text{ mol ion}$$

با توجه به عدد منفی ولت‌سنج، آلیاژ نقش آند و هیدروژن نقش کاتد را دارد. ۴ ۴



pH محلول کاتدی از صفر به ۷ رسیده است. غلظت  $\text{H}^+$  را محاسبه می کنیم:

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-7} = 10^{-7} \times 10^{-1} = 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$$

غلظت اولیه  $\text{H}^+$  هم با توجه به اطلاعات سلول گالوانی برابر  $1 \text{ mol.L}^{-1}$  است، پس تغییر غلظت  $\text{H}^+$  برابر است با:

$$\text{SHE در محلول الکترولیت } \text{H}^+ \text{ تغییر غلظت} = 1 - 10^{-8} = 0.9999999 \text{ mol.L}^{-1}$$

جرم تیتانیم مصرفی را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ g Ti} = 5 \text{ L H}^+ \text{ محلول} \times 0.9999999 \text{ mol H}^+ \times \frac{1 \text{ mol Ti}}{2 \text{ mol H}^+} \times \frac{48 \text{ g Ti}}{1 \text{ mol Ti}} = 96 \text{ g Ti}$$

جرم آلیاژ به  $480 - 96 = 384 \text{ g}$  می رسد و درصد جرمی تیتانیم در آن ۵۰٪ است، بنابراین:

$$\text{Ti درصد جرمی جدید} = \frac{\text{جرم Ti}}{\text{جرم کل}} \times 100 \Rightarrow 50 = \frac{x}{384} \times 100 \Rightarrow x = 192 \text{ g Ti}$$

پس جرم Ti در آلیاژ اولیه برابر  $(192 + 96) = 288 \text{ g}$  بوده و درصد جرمی Ti در آلیاژ اولیه برابر است با:

$$\text{Ti درصد جرمی اولیه} = \frac{\text{جرم Ti}}{\text{جرم کل}} \times 100 = \frac{288}{480} \times 100 = 60\%$$

پاسخ تشریحی آزمون جامع (۱)

۴ ابتدا  $\Delta H$  واکنش را با توجه به نمودار انرژی - پیشرفت داده شده محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = 134 - 360 = -226 \text{ kJ}$$

سپس حجم گاز تولید شده را به دست می‌آوریم:

$$\text{گاز } L = 45/226 \text{ kJ} \times \frac{22/4 \text{ L گاز}}{1 \text{ mol گاز}} = 8/96 \text{ L گاز}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{لیتر گاز}}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x \text{ L گاز}}{2 \times 22/4} = \frac{45/2}{226} \Rightarrow x = 8/96 \text{ L گاز}$$

روش دوم (تناسب):

۱ ۲ (رفت)  $E_{a_1}$  و (رفت)  $E_{a_2}$  انرژی فعال‌سازی رفت به ترتیب در غیاب و در حضور کاتالیزگر و (برگشت)  $E_{a_1}$  و (برگشت)  $E_{a_2}$  انرژی فعال‌سازی برگشت به ترتیب در غیاب و در حضور کاتالیزگر هستند.

$$(E_{a_1}(\text{رفت}) + E_{a_1}(\text{برگشت})) - (E_{a_2}(\text{رفت}) + E_{a_2}(\text{برگشت})) = 40 \Rightarrow E_{a_1}(\text{رفت}) + E_{a_1}(\text{برگشت}) - E_{a_2}(\text{رفت}) - E_{a_2}(\text{برگشت}) = 40 \quad (I)$$

می‌دانیم که کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را به یک اندازه کاهش می‌دهد، پس داریم:

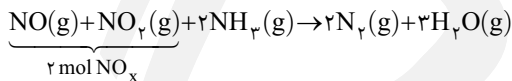
$$E_{a_1}(\text{رفت}) - E_{a_2}(\text{رفت}) = E_{a_1}(\text{برگشت}) - E_{a_2}(\text{برگشت}) \quad (II)$$

$$\xrightarrow{(I), (II)} E_{a_1}(\text{رفت}) - E_{a_2}(\text{رفت}) = E_{a_1}(\text{برگشت}) - E_{a_2}(\text{برگشت}) = 20 \text{ kJ} \quad (III) \quad \text{پس می‌توان نوشت:}$$

انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت هر دو ۲۰ کیلوژول کاهش یافته است که این مقدار برای انرژی فعال‌سازی رفت معادل ۱۰٪ است. پس:

$$20 = \frac{10}{100} (E_{a_1}(\text{رفت})) \Rightarrow E_{a_1}(\text{رفت}) = 200 \text{ kJ} \Rightarrow E_{a_2}(\text{رفت}) = 200 - 20 = 180 \text{ kJ}$$

۳ معادله موازنه شده واکنش حذف اکسیدهای نیتروژن در مبدل خودروهای دیزلی:



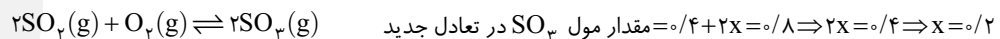
$$? \text{ g } NH_3 = 30 \cdot \text{km} \times \frac{2/24 \text{ L } NO_x}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ mol } NO_x}{22/4 \text{ L } NO_x} \times \frac{2 \text{ mol } NH_3}{2 \text{ mol } NO_x} \times \frac{17 \text{ g } NH_3}{1 \text{ mol } NH_3} = 510 \text{ g } NH_3$$

روش اول (کسر تبدیل):

۴ ابتدا در تعادل اولیه حجم ظرف را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 [O_2]} = \frac{(n_{SO_3})^2}{(n_{SO_2})^2 \times n_{O_2}} \times V \Rightarrow 10 = \frac{(0/4)^2}{(0/8)^2 (0/1)} \times V \Rightarrow V = 4 \text{ L}$$

با افزودن مقداری گاز اکسیژن، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود، اما ثابت تعادل تغییر نمی‌کند. جدول تغییرات مول را رسم می‌کنیم و مقدار X را محاسبه می‌کنیم:



با توجه به ضرایب واکنش، نمودار مربوط به  $SO_2$  و  $SO_3$  است.

اکنون با توجه به مقدار مول‌های تعادلی در تعادل جدید، مقدار مول و سپس جرم گاز

اکسیژن اضافه شده به سامانه را به دست می‌آوریم:

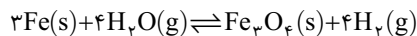
$$K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 [O_2]} = \frac{(n_{SO_3})^2}{(n_{SO_2})^2 \times n_{O_2}} \times V \Rightarrow 10 = \frac{(0/8)^2}{(0/4)^2 (a-0/1)} \times 4 \Rightarrow a = 0/1 = 1/6 \Rightarrow a = 1/7 \text{ mol}$$

$$? \text{ g } O_2 = 1/7 \text{ mol } O_2 \times \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 54/4 \text{ g } O_2$$

جرم گاز اکسیژن اضافه شده برابر است با:

قسمت اول: چون اطلاعاتی در مورد تعادل اول خواسته نشده، مستقیماً به سراغ تعادل دوم با ثابت تعادل  $\frac{A_1}{16}$  می‌رویم؛ چون با تغییر دما ثابت تعادل

افزایش یافته و تعادل به سمت فرآورده‌ها جابه‌جا شده است.



مول اولیه	۱	۱	۰	۰
تغییرات مول	-۳x	-۴x	+x	+۴x
مول تعادلی جدید	۱-۳x	۱-۴x	x	۴x

$$K = \frac{[H_2]^4}{[H_2O]^4} = \frac{(n_{H_2})^4}{(n_{H_2O})^4} \times V^0 \Rightarrow \frac{(4x)^4}{(1-4x)^4} = \frac{A_1}{16} \xrightarrow{\text{ریشه ۴}} \frac{4x}{1-4x} = \frac{3}{2}$$

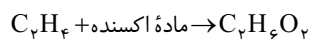
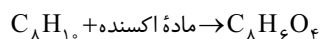
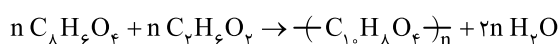
$$\Rightarrow 8x = 3 - 12x \Rightarrow 20x = 3 \Rightarrow x = 0.15$$

$$[H_2O] = \frac{n}{V} = \frac{1-4(0.15)}{2} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1} \text{ با: غلظت تعادلی بخار آب برابر است با:}$$

قسمت دوم: در مخلوط نهایی ۵۵٪ Fe و ۱۵٪  $Fe_3O_4$  وجود دارد که دارای ۴۵٪ مول آهن است، پس درصد جرمی آهن در جامد باقی‌مانده برابر است با:

$$\%Fe = \frac{\text{جرم Fe}}{\text{مجموع جرم مواد جامد}} \times 100 = \frac{(0.55 + 0.45) \times 56}{(0.55 \times 56) + (0.15 \times 232)} \times 100 = 78.5/4$$

معادله موازنه شده واکنش تهیه PET از مونومرهای سازنده‌اش:



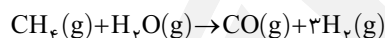
تهیه ترفتالیک اسید از پارازیلن:

تهیه اتیلن گلیکول از اتن:

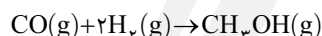
$$? \text{ g } C_7H_8 \text{ ناخالص } = 200 \text{ g PET ناخالص} \times \frac{192 \text{ ng PET}}{100 \text{ g ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol PET}}{1 \text{ mol PET}} \times \frac{n \text{ mol دی‌الکل}}{1 \text{ mol PET}} \times \frac{1 \text{ mol } C_7H_8}{1 \text{ mol دی‌الکل}} \times \frac{98 \text{ g } C_7H_8}{1 \text{ mol } C_7H_8} \times \frac{100 \text{ g } C_7H_8 \text{ ناخالص}}{84 \text{ g } C_7H_8 \text{ خالص}} = 25 \text{ g } C_7H_8 \text{ ناخالص}$$

$$? \text{ g } C_8H_{10} \text{ ناخالص } = 200 \text{ g PET ناخالص} \times \frac{72 \text{ g خالص}}{100 \text{ g ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol PET}}{192 \text{ ng PET}} \times \frac{n \text{ mol دی‌اسید}}{1 \text{ mol PET}} \times \frac{1 \text{ mol } C_8H_{10}}{1 \text{ mol دی‌اسید}} \times \frac{106 \text{ g } C_8H_{10}}{1 \text{ mol } C_8H_{10}} \times \frac{100 \text{ g } C_8H_{10} \text{ ناخالص}}{75 \text{ g } C_8H_{10} \text{ خالص}} = 106 \text{ g } C_8H_{10} \text{ ناخالص}$$

پس در مجموع ۱۳۱g (۲۵+۱۰۶) از اتن و پارازیلن ناخالص نیاز است.



معادله موازنه شده واکنش اول:



معادله موازنه شده واکنش دوم:

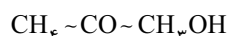
توجه: در حل مسئله، هنگام نوشتن کسرهای مربوط به مول مواد، از روابط مولی میان  $CH_4$ ،  $CO$  و  $CH_3OH$  استفاده کنید و از روابط مولی میان  $CH_4$ ،  $H_2$  و  $CH_3OH$  استفاده نکنید؛ زیرا مقدار  $H_2$  تولید شده در واکنش اول بیشتر از میزان  $H_2$  لازم در واکنش دوم است و استفاده از آن در انجام محاسبات، سبب ایجاد خطای می‌شود.

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g } CH_3OH = 100 \text{ L } CH_4 \times \frac{1 \text{ mol } CH_4}{22.4 \text{ L } CH_4} \times \frac{1 \text{ mol } CO}{1 \text{ mol } CH_4} \times \frac{70}{100} \times \frac{1 \text{ mol } CH_3OH}{1 \text{ mol } CO} \times \frac{32 \text{ g } CH_3OH}{1 \text{ mol } CH_3OH} \times \frac{50}{100} = 50 \text{ g } CH_3OH$$

بازده واکنش اول

بازده واکنش دوم



روش دوم (تناسب): با یکسان کردن ضرایب ماده‌های مشترک داریم:

$$\frac{R_1}{100} \times \frac{R_2}{100} = \frac{\text{جرم مولی } CH_3OH \times \text{ضریب}}{\text{جرم مولی } CH_4 \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{100 \times 70 \times 50}{100 \times 100} = \frac{x \text{ g } CH_3OH}{1 \times 22.4 / 4} \Rightarrow x = 50 \text{ g } CH_3OH$$

## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۲)

۱ (رفت)  $E_{a_1}$  و (رفت)  $E_{a_2}$  انرژی فعال‌سازی رفت به ترتیب در غیاب و در حضور کاتالیزگر است و (برگشت)  $E_{a_1}$  انرژی

فعال‌سازی برگشت به ترتیب در غیاب و در حضور کاتالیزگر است.

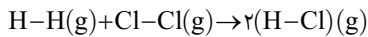
برای  $\Delta H$  واکنش داریم:

$$E_{a_1}(\text{رفت}) - E_{a_1}(\text{برگشت}) = \Delta H$$

$$E_{a_2}(\text{رفت}) - E_{a_2}(\text{برگشت}) = \Delta H$$

$$(E_{a_1}(\text{رفت}) + E_{a_2}(\text{رفت})) - (E_{a_1}(\text{برگشت}) + E_{a_2}(\text{برگشت})) = 2\Delta H$$

$$1116 - 1484 = 2\Delta H \Rightarrow \Delta H = -184 \text{ kJ}$$



معادله واکنش:

محاسبه آنتالپی واکنش به کمک آنتالپی‌های پیوند به صورت زیر است:

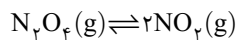
$$\Delta H = [\text{مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها}] = [\Delta H(H-H) + \Delta H(Cl-Cl)] - [2\Delta H(H-Cl)]$$

$$\Rightarrow -184 = [436 + \Delta H(Cl-Cl)] - [2(431)] \Rightarrow \Delta H(Cl-Cl) = 242 \text{ kJ}$$

اگر شیر بین دو ظرف باز شود، مقدار  $N_2O_4$  و حجم ظرف افزایش می‌یابد که هر دو باعث جابه‌جایی تعادل به سمت رفت می‌شود.

$$K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(n_{NO_2})^2}{n_{N_2O_4}} \times V^{-1} = \frac{3^2}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{3}{2}$$

مقدار K در اثر تغییر حجم تغییر نمی‌کند. K برابر است با:



جدول تغییرات مول را رسم می‌کنیم:

مول در نخستین لحظه تغییر	۲+۱	۳
تغییرات مول	-x	+2x
مول تعادلی	۳-x	۳+2x

$$K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(n_{NO_2})^2}{n_{N_2O_4}} \times V^{-1} \Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{(3+2x)^2}{3-x} \times \frac{1}{6} \Rightarrow 9+4x^2+12x=27-9x$$

$$\Rightarrow 4x^2+21x-18=0$$

پاسخ معادله درجه ۲ به صورت  $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$  است و در این معادله داریم:  $a=4$  و  $b=21$  و  $c=-18$

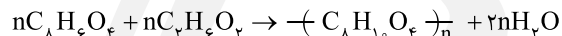
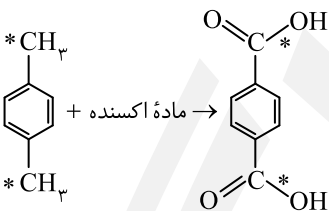
$$x = \frac{-21 \pm \sqrt{21^2 + 4(4)(18)}}{8} = \frac{-21 \pm \sqrt{729}}{8} = \frac{-21 \pm 27}{8} \Rightarrow \begin{cases} x = -6 & (\text{غ ق ق}) \\ x = \frac{3}{4} & (\text{ق ق}) \end{cases}$$

$$[NO_2] = \frac{n}{V} = \frac{3 + 2(\frac{3}{4})}{6} = \frac{9}{8} = 1.125 \text{ mol.L}^{-1}$$

غلظت  $NO_2$  در سامانه تعادلی جدید برابر است با:

واکنش  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$  گرماگیر است، پس با کاهش دما در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

معادله واکنش تبدیل پارازیلین به ترفتالیک اسید:



معادله موازنه شده واکنش تهیه PET از ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول:

در واکنش تبدیل پارازیلین به ترفتالیک اسید، عدد اکسایش ۲ اتم کربن که با ستاره مشخص شده از (-۳) به (+۳) تغییر می‌کند، پس در اثر تبدیل یک مول پارازیلین به یک مول ترفتالیک اسید، ۱۲ مول الکترون مبادله می‌شود.

$$? \text{ g PET} = \frac{3}{6} \times 12 \times 10^{23} e^- \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{6.02 \times 10^{23} e^-} \times \frac{1 \text{ mol } C_8H_8O_2}{12 \text{ mol } e^-} \times \frac{1 \text{ mol } C_7H_6O_2}{1 \text{ mol } C_8H_8O_2} \times \frac{1 \text{ mol PET}}{n \text{ mol } C_7H_6O_2} \times \frac{192 \text{ ng PET}}{1 \text{ mol PET}} \times \frac{10^9}{10^3} = 76/18 \text{ g PET}$$

بازده درصدی

ابتدا مقدار مول باز تولیدی (KOH) را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol KOH} = 100 \text{ g } C_7H_6O_2 \text{ خالص} \times \frac{100 \text{ g } C_7H_6O_2 \text{ خالص}}{100 \text{ g } C_7H_6O_2 \text{ ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol } C_7H_6O_2}{28 \text{ g } C_7H_6O_2} \times \frac{2 \text{ mol KOH}}{3 \text{ mol } C_7H_6O_2} \times \frac{100}{100} = 1/6 \text{ mol KOH}$$

بازده درصدی

سپس غلظت محلول نیتریک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$pH = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-0.4} = 10^{-0.6} \times 10^{-1} = 10^2 \log 2 \times 10^{-1} = 4 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{[H^+] = M} M = 4 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

با توجه به تک ظرفیتی بودن اسید و باز، پس برای خنثی کردن ۱/۶ مول KOH به ۱/۶ مول  $HNO_3$  نیاز داریم، پس:

$$M = \frac{n}{V} \Rightarrow 0.4 = \frac{1/6 \text{ mol}}{x \text{ L}} \Rightarrow x = 4 \text{ L}$$

عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. تعادل در ظرف A به دلیل حضور کاتالیزگر زودتر برقرار می‌شود.

بررسی عبارت‌ها:

(الف) در واکنش تعادلی نماد گرما در طرفی است که تعداد مول گازی کمتر است. پس تعادل در جهت رفت گرماگیر است. در لحظه  $t = 1 \text{ min}$  میزان پیشرفت واکنش

در ظرف A به دلیل وجود کاتالیزگر بیشتر بوده و در این سامانه گرمای بیشتری جذب می‌شود، بنابراین می‌توان گفت دمای ظرف A پایین‌تر است.



ب) چون سرعت واکنش در ظرف A به دلیل حضور کاتالیزگر بیشتر است، در لحظه  $t=90s$  که هنوز در ظرف B به تعادل نرسیده‌ایم، غلظت گاز کلر در ظرف A بیشتر است.  
پ) طبق جدول تغییرات مول داریم:

$$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$$

مول اولیه	۲	۰	۰
تغییر مول	-x	+x	+x
مول تعادلی	۲-x	x	x

$$K = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} \Rightarrow 0.1 = \frac{x^2}{2-x} \Rightarrow 0.1(2-x) = x^2 \Rightarrow 10x^2 + x - 2 = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-1 \pm \sqrt{1 - 4(10)(-2)}}{20} \Rightarrow \begin{cases} x = 0.4 & (\text{ق ق}) \\ x = -0.5 & (\text{غ ق ق}) \end{cases}$$

$$\bar{R}(PCl_5) = \frac{-\Delta[PCl_5]}{\Delta t} = \frac{0.4 \text{ mol.L}^{-1}}{2 \times 60 \text{ s}} = \frac{1}{300} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

ت) در لحظه  $t=3 \text{ min}$  در هر دو ظرف تعادل برقرار است و مجموع مول‌های گازی در هر دو ظرف یکسان است.

### پاسخ تشریحی آزمون جامع (۳)

$$\frac{E_a(\text{رفت})}{E_a(\text{برگشت})} = \frac{3}{100} \Delta H = \frac{3}{100} (E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت})) \quad (\text{I})$$

طبق اطلاعات مسئله داریم: ۲ ۱

$$E_a(\text{رفت}) + E_a(\text{برگشت}) = 200 \text{ kJ} \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = 200 - E_a(\text{برگشت}) \quad (\text{II})$$

با جای‌گذاری معادله (II) در معادله (I) داریم:

$$\frac{200 - E_a(\text{برگشت})}{E_a(\text{برگشت})} = \frac{3}{100} (200 - 2E_a(\text{برگشت})) \Rightarrow 20000 - 100E_a(\text{برگشت}) = 600E_a(\text{برگشت}) - 6(E_a(\text{برگشت}))^2$$

$$6x^2 - 700x + 20000 = 0$$

(برگشت)  $E_a$  را x فرض می‌کنیم و آن را به دست می‌آوریم:

پاسخ معادله درجه ۲ به صورت  $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$  است و در این معادله داریم:  $a=6$  و  $b=-700$ ،  $c=20000$

$$x = \frac{700 \pm \sqrt{700^2 - 4(6)(20000)}}{12} = \frac{700 \pm \sqrt{10000}}{12} = \frac{700 \pm 100}{12} \Rightarrow \begin{cases} x_1 = \frac{200}{3} \\ x_2 = 50 \end{cases}$$

دو مقدار برای (برگشت)  $E_a$  به دست می‌آید که باید بررسی کنیم و ببینیم کدام جواب شرط مسئله را دارد.

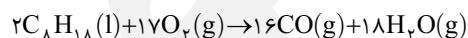
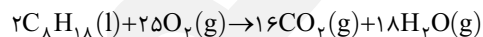
$$x_1 = \frac{200}{3} \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = 200 - \frac{200}{3} = \frac{400}{3} \quad \left(\frac{400}{3} = 2\left(\frac{200}{3}\right)\right)$$

$$x_2 = 50 \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = 200 - 50 = 150 \quad (150 > 2(50))$$

$$\frac{E_a(\text{رفت})}{\Delta H} = \frac{150}{150 - 50} = \frac{3}{2}$$

پس  $x_2$  قابل قبول است و برای نسبت داده شده می‌نویسیم:

۳ ۲ معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل و ناقص اوکتان به صورت زیر است:



حال باید مقدار اوکتان واکنش نداده و گاز کربن دی‌اکسید تولید شده را محاسبه کنیم تا مقدار کل گازهای کربن‌دار خارج شده از آگروز را بتوان محاسبه کرد:

$$? \text{ kg } CO_2 = 38 \text{ L بنزین} \times \frac{10^3 \text{ mol بنزین}}{1 \text{ L بنزین}} \times \frac{16 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol بنزین}} \times \frac{44 \text{ kg } CO_2}{10^3 \text{ mol } CO_2} \times \frac{60}{100} = 49.28 \text{ kg } CO_2$$

با توجه به جرم کربن مونوکسید تولید شده، جرم بنزینی را که در سوختن ناقص شرکت کرده است می‌توان محاسبه کرد و سپس جرم بنزین واکنش نداده را به دست آورد:

$$? \text{ kg بنزین} = 15.68 \text{ kg } CO \times \frac{10^3 \text{ mol } CO}{28 \text{ kg } CO} \times \frac{2 \text{ mol بنزین}}{16 \text{ mol } CO} \times \frac{114 \text{ kg بنزین}}{10^3 \text{ mol بنزین}} = 7.98 \text{ kg بنزین}$$

$$\text{جرم کل بنزین} = 38 \text{ L بنزین} \times \frac{10^3 \text{ kg بنزین}}{1 \text{ L بنزین}} = 26.6 \text{ kg}$$

$$\text{جرم بنزین نسوخته} = 26.6 - \left(26.6 \times \frac{60}{100} + 7.98\right) = 2.66 \text{ kg}$$

$$\text{جرم } CO \text{ تولید شده} + \text{جرم } CO_2 \text{ تولید شده} + \text{جرم بنزین نسوخته} = 2.66 + 49.28 + 15.68 = 67.62 \text{ kg}$$

۳ ۳ طبق اطلاعات جدول موجود در صورت مسئله، داریم:

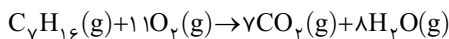
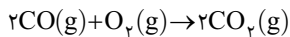
به ازای طی یک کیلومتر مسافت	CO	کاهش مقدار: $6/19 - 0/59 = 5/6g$
	$C_7H_{16}$	کاهش مقدار: $1/67 - 0/17 = 1/5g$
	NO	کاهش مقدار: $1/04 - 0/14 = 0/9g$

پس مبدل کاتالستی در مجموع به ازای طی هر کیلومتر، از ورود مقدار  $8g$  ( $5/6 + 1/5 + 0/9$ ) آلاینده به هوا کره جلوگیری می‌کند.

اکنون مسافتی که خودرو در یک روز طی می‌کند را محاسبه می‌کنیم:

$$? km = 1 \text{ روز} \times \frac{1 \text{ ماه}}{30 \text{ روز}} \times \frac{4800g \text{ آلاینده}}{1 \text{ ماه}} \times \frac{1 km}{8g \text{ آلاینده}} = 20 km$$

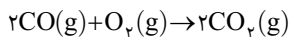
در مقابل، معادله‌های واکنش‌های آلاینده‌های حاوی اتم کربن که به تولید گاز کربن دی‌اکسید منجر می‌شود، ارائه شده است:



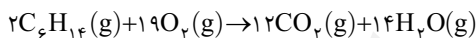
$$? L CO_2 = 20 km \times \frac{5/6g CO}{1 km} \times \frac{1 mol CO}{28g CO} \times \frac{2 mol CO_2}{2 mol CO} \times \frac{30 L CO_2}{1 mol CO_2} = 120 L CO_2 \quad \text{حذف CO}$$

$$? L CO_2 = 20 km \times \frac{1/5g C_7H_{16}}{1 km} \times \frac{1 mol C_7H_{16}}{100g C_7H_{16}} \times \frac{7 mol CO_2}{1 mol C_7H_{16}} \times \frac{30 L CO_2}{1 mol CO_2} = 63 L CO_2 \quad \text{حذف } C_7H_{16}$$

پس در مجموع  $183L$  ( $120 + 63$ ) گاز کربن دی‌اکسید تولید می‌شود.



۳ ۴ برای حذف گازهای CO و  $C_7H_{16}$  واکنش‌های موازنه شده مقابل انجام می‌شود:



از مقدار بخار آب تولید شده، جرم  $C_7H_{16}$  مصرفی و کربن دی‌اکسید تولیدی در واکنش دوم را محاسبه می‌کنیم:

$$? g C_7H_{16} = 126g H_2O \times \frac{1 mol H_2O}{18g H_2O} \times \frac{2 mol C_7H_{16}}{14 mol H_2O} \times \frac{86g C_7H_{16}}{1 mol C_7H_{16}} = 86g C_7H_{16}$$

$$? g CO_2 = 126g H_2O \times \frac{1 mol H_2O}{18g H_2O} \times \frac{12 mol CO_2}{14 mol H_2O} \times \frac{44g CO_2}{1 mol CO_2} = 264g CO_2$$

پس مقدار کربن دی‌اکسید تولیدی در واکنش اول برابر  $440g$  ( $264 - 704$ ) است. حال مقدار CO مصرفی در واکنش اول را محاسبه می‌کنیم:

$$? g CO = 440g CO_2 \times \frac{1 mol CO_2}{44g CO_2} \times \frac{2 mol CO}{2 mol CO_2} \times \frac{28g CO}{1 mol CO} = 280g CO$$

$$? g CO (\text{حذف شده}) = 1 km \times \frac{280g CO}{50 km} = 5/6g CO \quad \text{اکنون مقدار CO حذف شده به ازای طی یک کیلومتر مسافت را به دست می‌آوریم:}$$

$$6/2 - a = 5/6 \Rightarrow a = 0/6$$

پس طبق جدول صورت تست داریم:

مقدار  $C_7H_{16}$  حذف شده به ازای طی یک کیلومتر مسافت را به دست می‌آوریم:

$$? g C_7H_{16} (\text{حذف شده}) = 1 km \times \frac{86g C_7H_{16}}{50 km} = 1/72g C_7H_{16}$$

$$b - 0/8 = 1/72 \Rightarrow b = 1/8$$

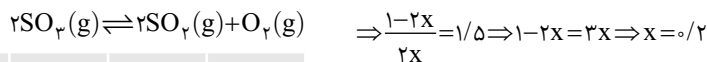
پس طبق جدول صورت تست داریم:

$$a + b = 0/6 + 1/8 = 2/4$$

در نتیجه مقدار  $a + b$  برابر است با:

۵ ۲ در مورد تعادل اول سؤالی مطرح نشده، بنابراین آن را نادیده گرفته و مستقیماً به سراغ تعادل دوم می‌رویم:

اگر در هنگام تعادل درصد مولی  $SO_3$ ،  $1/5$  برابر درصد مولی  $SO_2$  باشد، یعنی مول‌های  $SO_3$ ،  $1/5$  برابر مول‌های  $SO_2$  است.



مول اولیه	۱	۰	a
تغییر مول	-2x	+2x	+x
مول نهایی	1-2x	2x	a+x

$$K = \frac{[SO_2]^2 [O_2]}{[SO_3]^2} \Rightarrow 0/5 = \frac{(n_{SO_2})^2 \times n_{O_2}}{(n_{SO_3})^2} \times \frac{1}{V} \Rightarrow 0/5 = \frac{(0/4)^2 (a+0/2)}{(0/6)^2} \times \frac{1}{0/4}$$

$$\Rightarrow a + 0/2 = 0/45 \Rightarrow a = 0/25 mol$$

$$? g O_2 = 0/25 mol O_2 \times \frac{32g O_2}{1 mol O_2} = 8g O_2$$

جرم گاز اکسیژن اضافه شده برابر است با:

۴ ۶ ابتدا مقدار مول اولیه  $N_2O_4$  را محاسبه می‌کنیم:

$$N_2O_4 \text{ مقدار مول اولیه} = 552 \text{ g } N_2O_4 \times \frac{1 \text{ mol } N_2O_4}{92 \text{ g } N_2O_4} = 6 \text{ mol } N_2O_4$$

سپس به کمک جدول تغییر مول مواد شرکت‌کننده و ثابت تعادل، مقدار مول‌های تعادلی را به دست می‌آوریم:

مول اولیه	۶	۰
تغییرات مول	-x	+2x
مول تعادلی	۶-x	2x

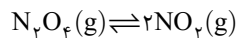
$$K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(n_{NO_2})^2}{n_{N_2O_4}} \times \frac{1}{V} \Rightarrow 2 = \frac{(2x)^2}{6-x} \times \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{4x^2}{6-x} = 4 \Rightarrow 4x^2 + 4x - 24 = 0 \Rightarrow x^2 + x - 6 = 0$$

پاسخ معادله درجه ۲ به صورت  $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$  است. در این معادله داریم:  $a=1$  و  $b=1$  و  $c=-6$ .

$$x = \frac{-1 \pm \sqrt{1^2 + 4(1)(6)}}{2} = \frac{-1 \pm \sqrt{25}}{2} = \frac{-1 \pm 5}{2} \Rightarrow \begin{cases} x = +2 & \text{(ق ق)} \\ x = -3 & \text{(غ ق ق)} \end{cases}$$

$$N_2O_4 \text{ مقدار مول تعادلی} = 6 - x = 6 - 2 = 4 \text{ mol}$$

$$NO_2 \text{ مقدار مول تعادلی} = 2x = 2 \times 2 = 4 \text{ mol}$$



با افزایش حجم ظرف، تعادل به سمت مول‌های گازی بیشتر (رفت جابه‌جا می‌شود، اما ثابت تعادل تغییری نمی‌کند.

مول در نخستین لحظه تغییر	۴	۴
تغییرات مول	-y	+2y
مول تعادلی	۴-y	۴+2y

$$K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(n_{NO_2})^2}{n_{N_2O_4}} \times V^{-1} \Rightarrow 2 = \frac{(4+2y)^2}{4-y} \times \frac{1}{6} \Rightarrow 16 + 4y^2 + 16y = 48 - 12y$$

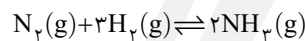
$$\Rightarrow 4y^2 + 28y - 32 = 0 \Rightarrow y^2 + 7y - 8 = 0$$

در این معادله داریم:  $a=1$  و  $b=7$  و  $c=-8$

$$y = \frac{-7 \pm \sqrt{7^2 + 4(1)(-8)}}{2} = \frac{-7 \pm \sqrt{17}}{2} \Rightarrow \begin{cases} y = 1 & \text{(ق ق)} \\ y = -8 & \text{(غ ق ق)} \end{cases}$$

$$\text{بنابراین در تعادل جدید } 6 \text{ مول } NO_2 \text{ و } 3 \text{ مول } N_2O_4 \text{ داریم:}$$

$$\text{درصد جرمی } NO_2 \text{ در تعادل جدید} = \frac{6 \times 46}{(6 \times 46) + (3 \times 92)} \times 100 = 50\%$$

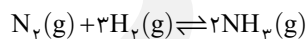


۳ ۷ معادله موازنه شده واکنش تولید  $NH_3$  در فرایند هابر:

$$? \text{ mol } N_2 = 28 \text{ g } N_2 \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{28 \text{ g } N_2} = 1 \text{ mol } N_2$$

ابتدا مول اولیه گازهای  $N_2$  و  $H_2$  را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol } H_2 = 52 \text{ g } H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ g } H_2} = 26 \text{ mol } H_2$$



سپس جدول تغییرات مول را رسم می‌کنیم و ثابت تعادل واکنش را در دماهای  $200^\circ C$  و  $300^\circ C$  محاسبه می‌کنیم:

مول اولیه	۱۰	۲۶	۰
تغییرات مول	-x	-3x	+2x
مول تعادلی	۱۰-x	۲۶-3x	2x

محاسبه ثابت تعادل واکنش در دمای  $200^\circ C$ :  $(K_1)_{200^\circ C}$ :

$$\text{درصد مولی آمونیاک} = \frac{2x}{(2x) + (10-x) + (26-3x)} \times 100 = 80 \Rightarrow x = 8$$

$$K_1 = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{(n_{NH_3})^2}{n_{N_2} \times (n_{H_2})^3} \times V^2 = \frac{16^2}{2 \times 2^3} \times 2^2 = 64$$

محاسبه ثابت تعادل واکنش در دمای  $300^\circ C$ :  $(K_2)_{300^\circ C}$ :

$$\text{درصد مولی آمونیاک} = \frac{2x}{(2x) + (10-x) + (26-3x)} \times 100 = 50 \Rightarrow x = 6$$

$$K_2 = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{(n_{NH_3})^2}{n_{N_2} \times (n_{H_2})^3} \times V^2 = \frac{12^2}{4 \times 8^3} \times 2^2 = \frac{9}{32}$$

$$K_1 \times K_2 = 64 \times \frac{9}{32} = 18$$

اکنون حاصل ضرب  $K_1$  در  $K_2$  را به دست می‌آوریم:



در این واکنش، عدد اکسایش ۲ اتم کربن از (-۳) به (+۳) تغییر می‌کند، پس به ازای مصرف هر مول پارازایلن، ۴ مول پتاسیم هیدروکسید تولید و ۱۲ مول الکترون مبادله می‌شود.

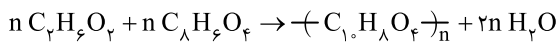
$$? \text{ mol KOH} = \frac{0.12 \text{ mol } e^- \times 4 \text{ mol KOH}}{12 \text{ mol } e^-} = 0.04 \text{ mol KOH}$$

برای خنثی کردن ۰.۰۴ مول KOH به ۰.۰۴ مول اسید تک‌ظرفیتی مانند استیک اسید نیاز است. غلظت محلول استیک اسید را محاسبه می‌کنیم ( $K_a < 10^{-3}$ ):

$$pH = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2.7} = 10^{-0.3} \times 10^{-3} = 10^{\log 2} \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_a = \frac{[H^+]^2}{M} \Rightarrow 2 \times 10^{-5} = \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{M} \Rightarrow M = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$M = \frac{n}{V} \Rightarrow 0.2 = \frac{0.04 \text{ mol}}{V} \Rightarrow V = 0.2 \text{ L} = 200 \text{ mL}$$



اتیلن گلیکول با ترفتالیک اسید تولیدی به صورت مقابل واکنش می‌دهد:

$$? \text{ g } C_7H_6O_2 = 0.12 \text{ mol } e^- \times \frac{1 \text{ mol } C_8H_6O_4}{12 \text{ mol } e^-} \times \frac{n \text{ mol } C_7H_6O_2}{n \text{ mol } C_8H_6O_4} \times \frac{62 \text{ g } C_7H_6O_2}{1 \text{ mol } C_7H_6O_2} = 0.62 \text{ g } C_7H_6O_2$$

## فصل یازدهم

## پاسخ تشریحی آزمون‌های جامع مسئله شیمی کنکور

## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۱)

۱ ۳ عدد اتمی هالوژن دوره سوم جدول دوره‌ای برابر ۱۷ است، پس عدد جرمی ایزوتوپ  ${}^A X$  و  ${}^{A+2} X$  به ترتیب برابر ۳۵ و ۳۷ می‌باشد.

$${}^A X^- \begin{cases} Z=17 \\ e=17+1=18 \Rightarrow A=Z+n=17+1=18 \\ n=e-17 \end{cases}$$

حال تعداد ایزوتوپ‌های سبک‌تر که در شکل باید با رنگ سفید نمایش داده شود را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{روش اول: جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 35/4 = \frac{35F_1 + 37F_2}{F_1 + F_2} \xrightarrow{F_2=25-F_1} 35/4 = \frac{35F_1 + 37(25-F_1)}{25} \Rightarrow F_1 = 20$$

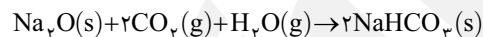
$$\text{روش دوم (تستی): جرم اتمی میانگین} = M_1 + \frac{F_2}{25} (M_2 - M_1) \Rightarrow 35/4 = 35 + \frac{F_2}{25} (37 - 35) \Rightarrow 0/4 = \frac{2F_2}{25} \Rightarrow F_2 = 5, F_1 = 20$$

شمار دایره‌هایی که باید در شکل به رنگ سفید باشند برابر ۲۰ عدد است.

۲ ۱ فرمول شیمیایی مالتوز و نفتالن به ترتیب به صورت  $C_{12}H_{22}O_{11}$  و  $C_{10}H_8$  است.

$$? \text{ atom (مالتوز)} = 6/84 \text{ g مالتوز} \times \frac{1 \text{ mol مالتوز}}{342 \text{ g مالتوز}} \times \frac{N_A \text{ molecule}}{1 \text{ mol مالتوز}} \times \frac{45 \text{ atom}}{1 \text{ molecule}} = 0/9 N_A \text{ atom}$$

$$? \text{ g نفتالن} = 0/9 N_A \text{ atom} \times \frac{1 \text{ molecule}}{18 \text{ atom}} \times \frac{1 \text{ mol نفتالن}}{N_A \text{ molecule}} \times \frac{128 \text{ g نفتالن}}{1 \text{ mol نفتالن}} = 6/4 \text{ g نفتالن}$$



۳ ۴ معادله موازنه شده واکنش:

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، افزایش جرم مواد جامد به دلیل واکنش بخار آب و کربن دی‌اکسید با  $Na_2O$  است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که طی واکنش، افزایش جرم مواد جامد معادل مجموع جرم  $H_2O$  و  $CO_2$  جذب شده است.

$$\left. \begin{aligned} ? \text{ g } CO_2 &= 1/6 \text{ mol } CO_2 \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 70/4 \text{ g } CO_2 \\ ? \text{ g } H_2O &= 1/6 \text{ mol } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{2 \text{ mol } CO_2} \times \frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 14/4 \text{ g } H_2O \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{روش اول (کسر تبدیل): } 70/4 + 14/4 = 84/8 \text{ g}$$

$$\text{روش دوم (تناسب): } \frac{CO_2 \text{ مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{افزایش جرم مواد جامد}}{2} \Rightarrow \frac{1/6}{2} = \frac{x}{(1 \times 18) + (2 \times 44)} \Rightarrow x = 84/8 \text{ g}$$

۴ ۳

$$\left. \begin{aligned} \theta_1 &= 287 - 273 = 14^\circ C \\ \theta_2 &= -55^\circ C \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta\theta = -6\Delta h \Rightarrow (-55 - (14)) = -6\Delta h \Rightarrow \Delta h (\text{تروپوسفر}) = 11/5 \text{ km}$$

محاسبه ارتفاع لایه تروپوسفر:

$$\left. \begin{aligned} \theta_1 &= -55^\circ C \\ \theta_2 &= 280 - 273 = 7^\circ C \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta\theta = 5\Delta h \Rightarrow (7 - (-55)) = 5\Delta h \Rightarrow \Delta h (\text{استراتوسفر}) = 12/4 \text{ km}$$

محاسبه ارتفاع استراتوسفر:

بنابراین انتهای لایه استراتوسفر در فاصله حدوداً ۲۴ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد.  $11/5 + 12/4 = 23/9 \text{ km} = 24 \text{ km}$  فاصله انتهای لایه استراتوسفر

۵ ۲ توجه داشته باشید که افزایش  $30\%$  دما بر حسب درجه سلسیوس به معنی چهار برابر شدن دما ( $\theta_2 = 4\theta_1$ ) است. با توجه به این نکته، ابتدا دمای اولیه گاز را محاسبه می‌کنیم:

$$\theta_2 = 4\theta_1 \Rightarrow \begin{cases} T_1 = \theta_1 + 273 \\ T_2 = 4\theta_1 + 273 \end{cases}$$

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \xrightarrow{P_1=P_2, n_1=n_2} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{3}{\theta_1 + 273} = \frac{5}{4\theta_1 + 273} \Rightarrow \theta_1 = 78^\circ C$$

سپس دمای ثانویه گاز را بر حسب کلونین به دست می‌آوریم:

$$T_2 = 4\theta_1 + 273 = 4(78) + 273 = 585 \text{ K}$$

ابتدا حجم هر محلول و مقدار مول یون کلرید موجود در هر محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$A \text{ محلول طرف } = 0.1 \text{ L}$$

محلول طرف A:

$$(A \text{ در طرف}) \text{ مقدار مول } \text{Cl}^- = 0.1 \text{ L محلول} \times \frac{10^{-3} \text{ mL محلول}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1/2 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} \times \frac{2/92.5 \text{ g NaCl}}{100 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58.5 \text{ g NaCl}} \times \frac{1 \text{ mol Cl}^-}{1 \text{ mol NaCl}} = 0.06 \text{ mol Cl}^-$$

محلول طرف B:

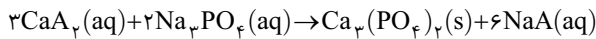
$$B \text{ محلول طرف} = 0.5 \text{ L محلول} \times \frac{1 \text{ mL محلول}}{10^{-3} \text{ mL محلول}} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{550 \text{ g محلول}} = 0.5 \text{ L محلول}$$

$$(B \text{ در طرف}) \text{ مقدار مول } \text{Cl}^- = 57 \text{ g MgCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol MgCl}_2}{95 \text{ g MgCl}_2} \times \frac{2 \text{ mol Cl}^-}{1 \text{ mol MgCl}_2} = 1.2 \text{ mol Cl}^-$$

سپس غلظت مولی یون کلرید موجود در محلول حاصل از اختلاط محلول‌های A و B را به دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت مولی } \text{Cl}^- \text{ در محلول نهایی} = \frac{\text{مجموع مول } \text{Cl}^-}{\text{حجم محلول نهایی}} = \frac{(0.06 + 1.2) \text{ mol}}{(0.1 + 0.5) \text{ L}} = 2.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

معادله موازنه شده واکنش:



روش اول (کسر تبدیل): جرم مولی آنیون A را M گرم بر مول در نظر می‌گیریم و مقدار آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{4/92 \text{ g CaA}_2 (\text{ناخالص}) \times \frac{100 \text{ g CaA}_2 (\text{خالص})}{100 \text{ g CaA}_2 (\text{ناخالص})} \times \frac{1 \text{ mol CaA}_2}{(40+2M) \text{ g CaA}_2} \times \frac{2 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4}{3 \text{ mol CaA}_2} \times \frac{1000 \text{ mL Na}_3\text{PO}_4 \text{ محلول}}{0.5 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4}$$

$$= 32 \text{ mL Na}_3\text{PO}_4 \text{ محلول} \Rightarrow 40 + 2M = 164 \Rightarrow M = 62 \text{ g.mol}^{-1}$$

جرم مولی آنیون A برابر 62 گرم بر مول است. پس آنیون A همان یون نیترات با فرمول  $\text{NO}_3^-$  است.

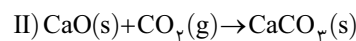
$$? \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 32 \times 10^{-3} \text{ L Na}_3\text{PO}_4 \text{ محلول} \times \frac{0.5 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4}{1 \text{ L Na}_3\text{PO}_4 \text{ محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2}{2 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4} \times \frac{310 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2}{1 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = 2.48 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم مولی } \text{CaA}_2 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی } \times \text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت} \times \text{لیتر محلول } \text{Na}_3\text{PO}_4}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم مولی } \times \text{ضریب}}{3 \times (40 + 2M)} \Rightarrow \frac{4/92 \times \frac{100}{100}}{100} = \frac{32 \times 10^{-3} \times 0.5}{2} = \frac{x}{1 \times 310}$$

$$\Rightarrow M = 62 \text{ g.mol}^{-1} \text{ (یون نیترات)}, x = 2.48 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2$$

معادله موازنه شده واکنش‌ها:



روش اول (کسر تبدیل):

قسمت اول:

$$? \text{ g CaO (ناخالص)} = 63 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{2 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{60}{100} \times \frac{1 \text{ mol CaO}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{56 \text{ g CaO (خالص)}}{1 \text{ mol CaO}} \times \frac{100 \text{ g CaO (ناخالص)}}{42 \text{ g CaO (خالص)}}$$

بازده واکنش (I)

$$= 56 \text{ g CaO (ناخالص)}$$

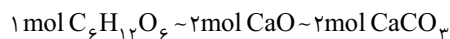
قسمت دوم:

$$? \text{ g CaCO}_3 = 56 \text{ g CaO} \times \frac{42 \text{ g CaO}}{100 \text{ g CaO}} \times \frac{1 \text{ mol CaO}}{56 \text{ g CaO}} \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol CaO}} \times \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{100} \times \frac{40}{100} = 16/8 \text{ g CaCO}_3$$

بازده واکنش (II)

روش دوم (تناسب):

قسمت اول: برای حل این مسئله به روش تناسب ابتدا با دو برابر کردن ضرایب استوکیومتری واکنش (II)، ضریب ماده مشترک یعنی  $\text{CO}_2$  را یکسان می‌کنیم:



$$\frac{\text{جرم کلسیم اکسید ناخالص تولیدی} \times \frac{R_I}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم کلسیم اکسید ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{63 \times \frac{60}{100} \times x \times \frac{42}{100}}{1 \times 180} = \frac{56 \times \frac{42}{100}}{2 \times 56} \Rightarrow x = 56 \text{ g CaO (ناخالص)}$$

$$\frac{\text{جرم کلسیم اکسید ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R_{II}}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم کلسیم کربنات} \times \frac{y}{2 \times 56}}{2 \times 56} \Rightarrow \frac{56 \times \frac{42}{100} \times \frac{40}{100}}{2 \times 56} = \frac{y}{2 \times 100} \Rightarrow y = 16 \text{ g CaCO}_3$$

قسمت دوم:

۳ ۹ ابتدا مقدار مول H و C را محاسبه کرده و سپس نسبت مقدار مول H به C را محاسبه می‌کنیم. (نسبت مقدار مول H به C به معادل نسبت تعداد

$$\left. \begin{aligned} \text{اتم‌های H به C در هیدروکربن است.} \\ \text{H مقدار مول} = 22 / 56 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{2 \text{ mol H}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 2 / 56 \text{ mol H} \\ \text{C مقدار مول} = 44 / 88 \text{ L CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{22 / 44 \text{ L CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CO}_2} = 2 / 88 \text{ mol C} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\text{H}}{\text{C}} = \frac{2/56}{2/88} = 1/25$$

در میان گزینه‌ها، نسبت تعداد اتم‌های H به C فقط در ترکیب  $\text{C}_8\text{H}_{10}$  برابر ۱/۲۵ است.

۱ ۱۰ ابتدا گرمای حاصل از سوختن ۱۵ گرم پروپانول ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ ) را محاسبه می‌کنیم:

$$? J = 15 \text{ g C}_3\text{H}_7\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol C}_3\text{H}_7\text{OH}}{60 \text{ g C}_3\text{H}_7\text{OH}} \times \frac{728 \text{ kJ}}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_7\text{OH}} \times \frac{10^3 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} = 182 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\Delta\theta = 80 - 30 = 50^\circ \text{C}$$

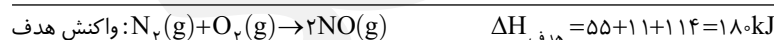
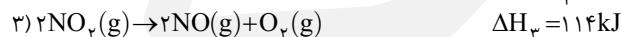
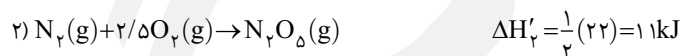
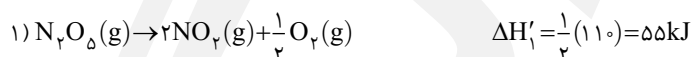
سپس به کمک رابطه زیر، جرم آب موجود در گرماسنج را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{\text{کل}} = Q_{\text{گرماسنج}} + Q_{\text{آب}} = [C_{\text{گرماسنج}} \times \Delta\theta] + [m_{\text{آب}} \times c_{\text{آب}} \times \Delta\theta]$$

$$= [C_{\text{گرماسنج}} + m_{\text{آب}} \times c_{\text{آب}}] \Delta\theta \Rightarrow 182 \times 10^3 = [2/88 \times 10^3 + m_{\text{آب}} \times 4/2] \times 50 \Rightarrow m_{\text{آب}} = 200 \text{ g}$$

۲ ۱۱ ابتدا به کمک واکنش‌های کمکی، آنتالپی واکنش  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{g})$  را محاسبه می‌کنیم. به این منظور، واکنش (۱) و (۲) را در  $\frac{1}{2}$  ضرب

و واکنش (۳) را به همان صورت می‌نویسیم.



سپس گرمای حاصل از تولید ۶/۳ گرم NO از  $\text{N}_2$  و  $\text{O}_2$  را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ kJ} = 6/3 \text{ g NO} \times \frac{1 \text{ mol NO}}{30 \text{ g NO}} \times \frac{180 \text{ kJ}}{2 \text{ mol NO}} = 18/9 \text{ kJ}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم NO}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{6/3}{2 \times 30} = \frac{Q}{180} \Rightarrow Q = 18/9 \text{ kJ}$$

روش دوم (تناسب):

۳ ۱۲ در ۱۰۰ ثانیه دوم، دو ذره B که هر کدام معادل ۱۵٪ مول است، تولید می‌شود. پس تغییر مقدار مول ماده B در بازه زمانی  $t = 100 \text{ s}$  تا  $t = 200 \text{ s}$

برابر  $2 \times (15/100) = 3 \text{ mol}$  می‌باشد. ابتدا تغییرات غلظت ماده B را در این بازه زمانی محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta[B] = \frac{\Delta n(B)}{V} = \frac{3 \text{ mol}}{4 \text{ L}} = 7/5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\bar{R}(B) = \frac{[\Delta B]}{\Delta t} = \frac{7/5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}}{100 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

سپس سرعت متوسط تولید ماده B را در ۱۰۰ ثانیه دوم به دست می‌آوریم:

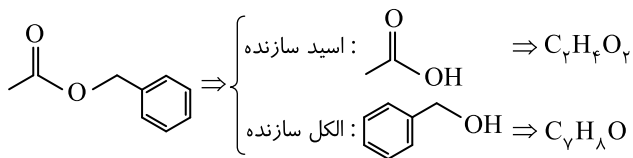
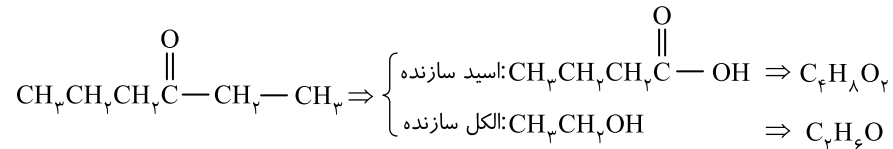
برای به دست آوردن a و b، شکل داده شده را در یک بازه زمانی معین، مثلاً  $t = 0$  تا  $t = 100 \text{ s}$  در نظر می‌گیریم. با توجه به اینکه در این بازه زمانی به ازای مصرف

ذره A، ۴ ذره B تولید شده است و اینکه ضریب استوکیومتری مواد در معادله موازنه شده واکنش باید کوچک‌ترین عدد طبیعی باشد، پس می‌توان نتیجه گرفت

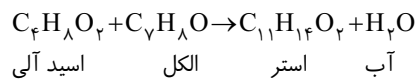
که a و b به ترتیب برابر ۱ و ۲ بوده و مجموع آن‌ها مساوی ۳ است.

۱۳) استر ایجادکننده طعم و بوی خوش آناناس اتیل بوتانوات با فرمول شیمیایی  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$  بوده و اسید سازنده آن

بوتانوئیک اسید  $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OH})$  است. هم‌چنین فرمول مولکولی الکل سازنده استر داده شده در صورت سوال به صورت  $\text{C}_4\text{H}_8\text{CH}_2\text{OH}$  می‌باشد.

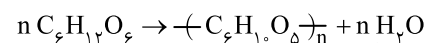


فرمول شیمیایی اسید سازنده اتیل بوتانوات و الکل سازنده استری که ساختار آن در صورت سوال داده شده به ترتیب  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  و  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  است. بنابراین خواهیم داشت:



فرمول شیمیایی استر حاصل  $\text{C}_{11}\text{H}_{14}\text{O}_2$  بوده و درصد جرمی کربن در آن برابر است با:

$$\%C = \frac{\text{جرم‌های اتمی کربن}}{\text{جرم کل}} \times 100 = \frac{(11 \times 12)}{(11 \times 12) + (14 \times 1) + (2 \times 16)} \times 100 = 74.2\%$$



۱۴) معادله موازنه شده واکنش تشکیل سلولز از گلوکز به صورت مقابل است:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ kg C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 12/18 \times 10^3 \text{ g سلولز} \times \frac{1 \text{ mol سلولز}}{162 \text{ n g سلولز}} \times \frac{n \text{ mol گلوکز}}{1 \text{ mol سلولز}} \times \frac{180 \text{ g گلوکز}}{1 \text{ mol گلوکز}} \times \frac{1 \text{ kg گلوکز}}{10^3 \text{ g گلوکز}} = 13/5 \text{ kg گلوکز}$$

$$? \text{ kg H}_2\text{O} = 12/18 \times 10^3 \text{ g سلولز} \times \frac{1 \text{ mol سلولز}}{162 \text{ n g سلولز}} \times \frac{n \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol سلولز}} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ kg H}_2\text{O}}{10^3 \text{ g H}_2\text{O}} = 1/35 \text{ kg H}_2\text{O}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم آب تولیدی}}{\text{جرم سلولز تولیدی}} = \frac{\text{جرم گلوکز مصرفی}}{\text{جرم مولی ضربدر جرم مولی ضربدر جرم مولی ضربدر جرم مولی}} \Rightarrow \frac{x}{n \times 18} = \frac{12/18}{1 \times 162 n} = \frac{y}{n \times 18} \Rightarrow x = 13/5 \text{ kg گلوکز}, y = 1/35 \text{ kg H}_2\text{O}$$

$$\frac{[\text{H}^+]}{[\text{OH}^-]} = 4 \times 10^{-12} \Rightarrow [\text{H}^+] = 4 \times 10^{-12} [\text{OH}^-]$$

۱۵) ابتدا غلظت محلول کلسیم هیدروکسید  $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$  را محاسبه می‌کنیم:

$$(\text{H}^+)(\text{OH}^-) = 10^{-14} \Rightarrow 4 \times 10^{-12} [\text{OH}^-](\text{OH}^-) = 10^{-14} \Rightarrow [\text{OH}^-]^2 = \frac{10^{-14}}{4 \times 10^{-12}} = 2.5 \times 10^{-3} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = M n \alpha \xrightarrow{n=2, \alpha=1} 5 \times 10^{-2} = M \times 2 \times 1 \Rightarrow M = 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \text{ Ca}(\text{OH})_2 \text{ (غلظت اولیه محلول)}$$

با توجه به اینکه غلظت محلول اسید ضعیف تک پروتون‌دار  $\frac{1}{5}$  غلظت محلول کلسیم هیدروکسید است، می‌توانیم به کمک ثابت یونش اسید  $(K_a)$ ، pH محلول را

$$M_a = \frac{1}{5} M_{\text{Ca}(\text{OH})_2} = \frac{1}{5} \times 2.5 \times 10^{-2} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

به دست آوریم:

$$K_a = \frac{M \alpha^2}{1 - \alpha} \xrightarrow{K_a < 10^{-3}} K_a = M \alpha^2 \Rightarrow 5 \times 10^{-5} = 5 \times 10^{-3} \alpha^2 \Rightarrow \alpha = 0.1$$

$$[\text{H}^+] = M \alpha = 5 \times 10^{-3} \times 0.1 = 5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(5 \times 10^{-4}) = 4 - \log 5 = 4 - 0.7 = 3.3$$



۱۶) معادله موازنه شده واکنش:

ابتدا مقدار مول باز  $\text{KOH}$  تولید شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

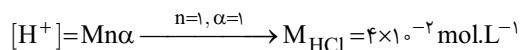
$$? \text{ mol KOH} = 42/4 \text{ g C}_8\text{H}_{10} \times \frac{1 \text{ mol C}_8\text{H}_{10}}{106 \text{ g C}_8\text{H}_{10}} \times \frac{4 \text{ mol KOH}}{1 \text{ mol C}_8\text{H}_{10}} \times \frac{60}{100} = 0.96 \text{ mol KOH}$$

بازده واکنش

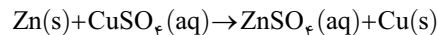


با توجه به تک عاملی بودن جوهر نمک (HCl)، می‌توان نتیجه گرفت که برای خنثی کردن ۰/۹۶ مول KOH به محلولی از جوهر نمک نیاز است که حاوی ۰/۹۶ مول HCl باشد، بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{pH} = 1/4 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1/4} = 10^{-2+3/4} = 10^{-2} \times (10^{3/4})^2 = 4 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$



$$? \text{ L HCl} = 0/96 \text{ mol HCl} \times \frac{1 \text{ L HCl محلول}}{4 \times 10^{-2} \text{ mol HCl}} = 24 \text{ L HCl محلول}$$



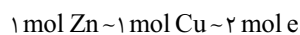
۱۷ ۳ معادله موازنه شده واکنش:

برای حل سؤال، درصدی از اتم‌های مس تولید شده که بر روی تیغه قرار می‌گیرند را X٪ در نظر گرفته و آن را محاسبه می‌کنیم: روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g Zn (مصرفی)} = 3/0 \times 10^{-21} \text{ e} \times \frac{1 \text{ mol e}}{6/02 \times 10^{23} \text{ e}} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{2 \text{ mol e}} \times \frac{65 \text{ g Zn}}{1 \text{ mol Zn}} \times \frac{10^3 \text{ mg Zn}}{1 \text{ g Zn}} = 162/5 \text{ mg Zn (مصرفی)}$$

$$? \text{ g Cu (تولیدی)} = 3/0 \times 10^{-21} \text{ e} \times \frac{1 \text{ mol e}}{6/02 \times 10^{23} \text{ e}} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol e}} \times \frac{64 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} \times \frac{10^3 \text{ mg Cu}}{1 \text{ g Cu}} = 160 \text{ mg Cu (تولیدی)}$$

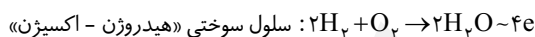
$$\text{تیغه} = \left(\frac{x}{100} \times \text{تولیدی Cu}\right) - (\text{جرم Zn مصرفی}) \Rightarrow -34/5 = \left(\frac{x}{100} \times 160\right) - (162/5) \Rightarrow x = 78/0$$



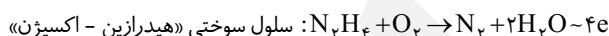
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{تعداد e مبادله شده}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضرب}} = \frac{\text{جرم Zn مصرفی}}{2 \times 6/02 \times 10^{23}} = \frac{\text{جرم Cu تولیدی}}{2 \times 6/02 \times 10^{23}} \Rightarrow \frac{3/0 \times 10^{-21}}{2 \times 6/02 \times 10^{23}} = \frac{x \times 10^{-3}}{1 \times 64} = \frac{y \times 10^{-3}}{1 \times 64} \Rightarrow x = 162/5 \text{ mg Zn}, y = 160 \text{ mg Cu}$$

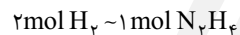
$$\text{تیغه} = \left(\frac{x}{100} \times \text{تولیدی Cu}\right) - (\text{جرم Zn مصرفی}) \Rightarrow -69 = \left(\frac{x}{100} \times 160\right) - (162/5) \Rightarrow x = 78/0$$



۱۸ ۴ معادله موازنه شده واکنش‌ها:



با توجه به معادله موازنه شده واکنش‌ها می‌توان دریافت که شمار الکترون‌های مبادله شده به ازای مصرف ۲ مول گاز H<sub>۲</sub> در سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» معادل شمار الکترون‌های مبادله شده به ازای مصرف یک مول N<sub>۲</sub>H<sub>۴</sub> در سلول سوختی «هیدرازین - اکسیژن» است، بنابراین:



$$? \text{ g N}_2\text{H}_4 = 2/5 \text{ g H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ g H}_2} \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{H}_4}{1 \text{ mol H}_2} \times \frac{32 \text{ g N}_2\text{H}_4}{1 \text{ mol N}_2\text{H}_4} = 20 \text{ g N}_2\text{H}_4$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم H}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضرب}} = \frac{\text{جرم N}_2\text{H}_4}{2 \times 2 \times 1 \times 32} \Rightarrow \frac{2/5}{2 \times 2 \times 1 \times 32} = \frac{x}{2 \times 2 \times 1 \times 32} \Rightarrow x = 20 \text{ g N}_2\text{H}_4$$

روش دوم (تناسب):

۱۹ ۴ فرمول شیمیایی هیدروژن سولفید و اوره به ترتیب H<sub>۲</sub>S و CO(NH<sub>۲</sub>)<sub>۲</sub> است و با توجه به اینکه فقط در اوره اتم اکسیژن وجود دارد، جرم مخلوط را

۱۰۰ گرم در نظر می‌گیریم؛ بنابراین در این مخلوط ۸ گرم اتم اکسیژن وجود دارد. از این رو جرم H<sub>۲</sub>S و CO(NH<sub>۲</sub>)<sub>۲</sub> را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g CO(NH}_2)_2 = 8 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16 \text{ g O}} \times \frac{1 \text{ mol CO(NH}_2)_2}{1 \text{ mol O}} \times \frac{60 \text{ g CO(NH}_2)_2}{1 \text{ mol CO(NH}_2)_2} = 30 \text{ g CO(NH}_2)_2$$

بنابراین در ۱۰۰ گرم از این مخلوط، ۳۰ گرم اوره (CO(NH<sub>۲</sub>)<sub>۲</sub>) و ۷۰ گرم هیدروژن سولفید (H<sub>۲</sub>S) وجود دارد. اکنون جرمی از گوگرد که در مخلوط وجود دارد

$$? \text{ g S} = 70 \text{ g H}_2\text{S} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{S}}{34 \text{ g H}_2\text{S}} \times \frac{1 \text{ mol S}}{1 \text{ mol H}_2\text{S}} \times \frac{32 \text{ g S}}{1 \text{ mol S}} = 65/88 \text{ g S}$$

را محاسبه کرده و سپس درصد آن را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی گوگرد در مخلوط} = \frac{\text{جرم گوگرد}}{\text{جرم کل}} \times 100 = \frac{65/88 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 = 65/88 \%$$

۲۰ ۱ انرژی فعال‌سازی در حضور و عدم حضور کاتالیزگر را به ترتیب به صورت E<sub>a</sub> و E'<sub>a</sub> نمایش می‌دهیم:

$$\begin{cases} (1) E_a(\text{رفت}) + E'_a(\text{رفت}) = 360 \text{ kJ} \\ (2) E_a(\text{برگشت}) + E'_a(\text{برگشت}) = 120 \text{ kJ} \end{cases}$$

$$\begin{cases} (1) E_a(\text{رفت}) + E'_a(\text{رفت}) = 360 \text{ kJ} \\ (2) E_a(\text{برگشت}) + E'_a(\text{برگشت}) = 120 \text{ kJ} \end{cases}$$

$$((\text{معادله } (1)) - (\text{معادله } (2))) = [E_a(\text{رفت}) + E'_a(\text{رفت})] - [E_a(\text{برگشت}) + E'_a(\text{برگشت})]$$

با کم کردن معادله (۲) از معادله (۱) خواهیم داشت:

$$= [E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت})] + [E'_a(\text{رفت}) - E'_a(\text{برگشت})] = 360 - 120 = 240 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} \quad \Delta H_{\text{واکنش}}$$

$$\Rightarrow 2\Delta H_{\text{واکنش}} = 240 \text{ kJ} \Rightarrow \Delta H_{\text{واکنش}} = 120 \text{ kJ}$$

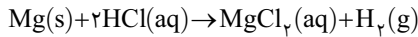
## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۲)

۱ ۴ فرمول شیمیایی آلومینیم اکسید و سدیم سیلیکات به ترتیب به صورت  $Al_2O_3$  و  $Na_4SiO_4$  است.

$$? \text{ ion } O^{2-} = \frac{1}{53} \text{ g } Al_2O_3 \times \frac{1 \text{ mol } Al_2O_3}{102 \text{ g } Al_2O_3} \times \frac{3 \text{ mol } O^{2-}}{1 \text{ mol } Al_2O_3} \times \frac{N_A \text{ ion } O^{2-}}{1 \text{ mol } O^{2-}} = 4/5 \times 10^{-2} N_A \text{ ion } O^{2-}$$

$$? \text{ g } Na_4SiO_4 = 4/5 \times 10^{-2} N_A \text{ ion} \times \frac{1 \text{ mol ion}}{N_A \text{ ion}} \times \frac{1 \text{ mol } Na_4SiO_4}{\Delta \text{ mol ion}} \times \frac{184 \text{ g } Na_4SiO_4}{1 \text{ mol } Na_4SiO_4} = 1/65 \text{ g } Na_4SiO_4$$

۲ ۴ برای حل مسئله ابتدا جرم اتمی میانگین منیزیم موجود در مخلوط را  $\bar{M}$  در نظر گرفته و محاسبه می‌کنیم:



$$123 \text{ g } Mg \times \frac{1 \text{ mol } Mg}{24 \text{ g } Mg} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol } Mg} \times \frac{2 \text{ g } H_2}{1 \text{ mol } H_2} \times \frac{1 \text{ L } H_2}{0.089 \text{ g } H_2} = 125 \text{ L } H_2 \Rightarrow \bar{M} = 24/6$$

سپس به کمک رابطه محاسبه جرم اتمی میانگین، درصد فراوانی هر ایزوتوپ را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم اتمی میانگین منیزیم} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \quad \frac{F_1 + F_2 = 100}{F_2 = 100 - F_1} \Rightarrow 24/6 = \frac{24 F_1 + 26(100 - F_1)}{100} \Rightarrow F_1 = 70\%, F_2 = 30\%$$

روش اول:

$$\text{جرم اتمی میانگین منیزیم} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) \Rightarrow 24/6 = 24 + \frac{F_2}{100} (26 - 24) \Rightarrow F_2 = 30\%, F_1 = 100 - 30 = 70\%$$

روش دوم (تستی):

بنابراین تفاوت درصد فراوانی دو ایزوتوپ در مخلوط اولیه برابر  $(70 - 30)/40$  است.

۳ ۱ قسمت اول: فرمول شیمیایی مالتوز و کربن دی‌اکسید به صورت  $C_{12}H_{22}O_{11}$  و  $CO_2$  است. با توجه به اینکه کربن دی‌اکسید فاقد اتم هیدروژن است، ابتدا از شمار اتم‌های هیدروژن، مقدار مالتوز موجود در مخلوط را محاسبه می‌کنیم:

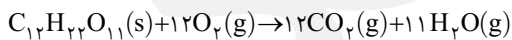
$$? \text{ g } C_{12}H_{22}O_{11} = 66/22 \times 10^{22} \text{ H} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1 \text{ mol H}} \times \frac{1 \text{ mol } C_{12}H_{22}O_{11}}{22 \text{ mol H}} \times \frac{342 \text{ g } C_{12}H_{22}O_{11}}{1 \text{ mol } C_{12}H_{22}O_{11}} = 17/1 \text{ g } C_{12}H_{22}O_{11}$$

پس جرم کربن دی‌اکسید موجود در مخلوط برابر  $9/9 \text{ g}$  است. اکنون مقدار مول هر کدام را به دست آورده و نسبت مولی آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol } CO_2 = 9/44 \text{ g } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} = 0/225 \text{ mol } CO_2$$

$$? \text{ mol } C_{12}H_{22}O_{11} = 17/342 \text{ g } C_{12}H_{22}O_{11} \times \frac{1 \text{ mol } C_{12}H_{22}O_{11}}{342 \text{ g } C_{12}H_{22}O_{11}} = 0/05 \text{ mol } C_{12}H_{22}O_{11}$$

نسبت مولی کربن دی‌اکسید به مالتوز برابر  $(0/225)/(0/05)$  است.



قسمت دوم: معادله واکنش سوختن کامل مالتوز به صورت مقابل است:

مقدار مول  $CO_2$  حاصل از سوختن  $0/05$  مول مالتوز برابر است با:

$$? \text{ mol } CO_2 = 0/05 \text{ mol } C_{12}H_{22}O_{11} \times \frac{12 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_{12}H_{22}O_{11}} = 0/6 \text{ mol } CO_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{مول } C_{12}H_{22}O_{11} \text{ مصرفی}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مول } CO_2 \text{ تولیدی}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0/05}{1} = \frac{x}{12} \Rightarrow x = 0/6 \text{ mol } CO_2$$

روش دوم (تناسب):

۴ ۳ برای حل این مسئله، تعداد ذره‌های ماده در هر گزینه را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ atom} = 1/68 \text{ L } NH_3 \times \frac{1 \text{ mol } NH_3}{22/4 \text{ L } NH_3} \times \frac{4 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol } NH_3} \times \frac{N_A \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} = 0/3 N_A \text{ atom}$$

گزینه (۱):

$$? \text{ molecule} = 15/76 \text{ g } N_2O_3 \times \frac{1 \text{ mol } N_2O_3}{76 \text{ g } N_2O_3} \times \frac{N_A \text{ molecule}}{1 \text{ mol } N_2O_3} = 0/2 N_A \text{ molecule}$$

گزینه (۲):

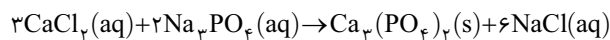
$$? \text{ ion} = 0/1 \text{ L محلول} \times \frac{0/5 \text{ mol } CaCl_2}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{3 \text{ mol ion}}{1 \text{ mol } CaCl_2} \times \frac{N_A \text{ ion}}{1 \text{ mol ion}} = 0/15 N_A \text{ ion}$$

گزینه (۳):

$$? \text{ molecule} = 20 \text{ g محلول} \times \frac{46 \text{ g } C_2H_5OH}{100 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_5OH}{46 \text{ g } C_2H_5OH} \times \frac{N_A \text{ molecule}}{1 \text{ mol } C_2H_5OH} = 0/2 N_A \text{ molecule}$$

گزینه (۴):

تعداد ذره‌های ماده در گزینه (۳) از سایر گزینه‌ها کمتر است.



۵ ۲ معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ L Na}_3\text{PO}_4 = 400 \text{ g CaCl}_2 \times \frac{16/65 \text{ g CaCl}_2}{100 \text{ g CaCl}_2} \times \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{111 \text{ g CaCl}_2} \times \frac{2 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4}{3 \text{ mol CaCl}_2} \times \frac{164 \text{ g Na}_3\text{PO}_4}{1 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4} \times \frac{1 \text{ L Na}_3\text{PO}_4}{41 \text{ g Na}_3\text{PO}_4}$$

$$= 1/6 \text{ L Na}_3\text{PO}_4 \text{ محلول}$$

$$? \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 400 \text{ g CaCl}_2 \times \frac{16/65 \text{ g CaCl}_2}{100 \text{ g CaCl}_2} \times \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{111 \text{ g CaCl}_2} \times \frac{1 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2}{3 \text{ mol CaCl}_2} \times \frac{310 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2}{1 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = 62 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{CaCl}_2 \text{ محلول} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{Na}_3\text{PO}_4 \text{ محلول} \times \left(\frac{\text{g}}{\text{L}}\right) \times \text{غلظت}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \text{ تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{400 \times 16/65}{100} = \frac{x \times 41}{2 \times 164} = \frac{y}{3 \times 111}$$

$$\Rightarrow x = 1/6 \text{ L Na}_3\text{PO}_4 \text{ محلول}, y = 62 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2$$

۶ ۱ چگالی محلول رقیق را  $1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  در نظر گرفته و جرم محلول غلیظ را محاسبه می‌کنیم:

روش اول: ابتدا جرم  $\text{Na}^+$  در محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 69 = \frac{x \text{ mg Na}^+}{50} \Rightarrow x = 3450 \text{ mg Na}^+ = 3/45 \text{ g Na}^+$$

سپس به کمک جرم  $\text{Na}^+$ ، جرم  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  موجود در محلول غلیظ را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g Na}_2\text{SO}_4 = 3/45 \text{ g Na}^+ \times \frac{1 \text{ mol Na}^+}{23 \text{ g Na}^+} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol Na}^+} \times \frac{142 \text{ g Na}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4} = 10/65 \text{ g Na}_2\text{SO}_4$$

اکنون جرم محلول غلیظ را به دست آورده و به کمک چگالی، حجم آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{محلول} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 35/5 = \frac{10/65}{y} \times 100 \Rightarrow y = 30 \text{ g}$$

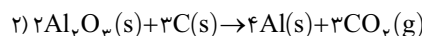
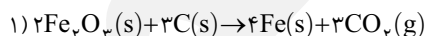
$$\text{محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{چگالی محلول}} = \frac{30 \text{ g}}{1/25 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}} = 24 \text{ mL}$$

روش دوم: مراحل بالا را می‌توان به کمک کسرهای تبدیل در یک مرحله خلاصه نمود:

$$? \text{ g محلول غلیظ} = 50 \text{ L محلول رقیق} \times \frac{10/65 \text{ g}}{1 \text{ L محلول رقیق}} \times \frac{69 \text{ g Na}^+}{10^3 \text{ g محلول رقیق}} \times \frac{1 \text{ mol Na}^+}{23 \text{ g Na}^+} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol Na}^+} \times \frac{142 \text{ g Na}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4} \times \frac{35/5 \text{ g Na}_2\text{SO}_4}{100 \text{ g محلول غلیظ}}$$

$$\times \frac{1 \text{ mL غلیظ}}{1/25 \text{ g غلیظ}} = 24 \text{ mL محلول غلیظ}$$

۷ ۳ معادله موازنه شده واکنشها به صورت زیر است:



جرم آهن و آلومینیم تولید شده در هر واکنش را  $x$  گرم در نظر گرفته و حجم گاز  $\text{CO}_2$  حاصل از هر واکنش را برحسب  $x$  محاسبه می‌کنیم: (به دلیل یکسان بودن دما و فشار، حجم مولی گازها را یکسان و برابر  $V_n$  در نظر بگیریم.)

$$? \text{ L CO}_2(1) \text{ (واکنش ۱)} = x \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{3 \text{ mol CO}_2}{4 \text{ mol Fe}} \times \frac{V_n \text{ L CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = \frac{3xV_n}{224} \text{ L CO}_2$$

$$? \text{ L CO}_2(2) \text{ (واکنش ۲)} = x \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} \times \frac{3 \text{ mol CO}_2}{4 \text{ mol Al}} \times \frac{V_n \text{ L CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = \frac{xV_n}{36} \text{ L CO}_2$$

نسبت حجم گاز  $\text{CO}_2$  حاصل از واکنش تولید آلومینیم (واکنش ۲) به حجم گاز  $\text{CO}_2$  حاصل از واکنش تولید آهن (واکنش ۱) برابر است با:

$$\frac{\text{حجم گاز CO}_2 \text{ در واکنش (۲)}}{\text{حجم گاز CO}_2 \text{ در واکنش (۱)}} = \frac{xV_n/36}{3xV_n/224} = 2/07$$

روش دوم (تناسب):

$$(۱) \text{ در واکنش: } \frac{\text{جرم مولی تولیدی Fe}}{\text{جرم مولی ضربی}} = \frac{\text{حجم گاز CO}_2 \text{ تولیدی}}{\text{حجم مولی ضربی}} \Rightarrow \frac{x}{4 \times 56} = \frac{V_1 \text{ L CO}_2}{3 \times V_n} \Rightarrow V_1 = \frac{3x V_n}{224} \text{ L CO}_2$$

$$(۲) \text{ در واکنش: } \frac{\text{جرم مولی تولیدی Al}}{\text{جرم مولی ضربی}} = \frac{\text{حجم گاز CO}_2 \text{ تولیدی}}{\text{حجم مولی ضربی}} \Rightarrow \frac{x}{4 \times 27} = \frac{V_2 \text{ L CO}_2}{3 \times V_n} \Rightarrow V_2 = \frac{x V_n}{36} \text{ L CO}_2$$

نسبت حجم گاز CO<sub>۲</sub> حاصل از واکنش تولید آلومینیم (واکنش ۲) به حجم گاز CO<sub>۲</sub> حاصل از واکنش تولید آهن (واکنش ۱) برابر است با:

$$\frac{\text{حجم گاز CO}_2 \text{ در واکنش (۲)}}{\text{حجم گاز CO}_2 \text{ در واکنش (۱)}} = \frac{\frac{x V_n}{36}}{\frac{3x V_n}{224}} = \frac{2}{9} = ۲/۹$$

$$\frac{\text{حجم گاز CO}_2 \text{ در واکنش (۱)}}{\text{حجم گاز CO}_2 \text{ در واکنش (۲)}} = \frac{3x V_n}{224} = \frac{9}{2}$$



۸ ۱ معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل):

قسمت اول: در این واکنش به‌ازای تجزیه کامل ۲ مول جوش شیرین (NaHCO<sub>۳</sub>)، یک مول CO<sub>۲</sub> و یک مول آب تولید می‌شود که مجموع جرم آن‌ها برابر ۶۲g (۴۴+۱۸) است؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{گاز } ۱/۵۵\text{g} = \frac{۶۲\text{g}}{۲\text{mol NaHCO}_3} \times \frac{۱\text{mol NaHCO}_3}{۸۴\text{g NaHCO}_3} \times \frac{۴}{۲} = \frac{۴}{۲} \text{g NaHCO}_3 \times \frac{۱\text{mol NaHCO}_3}{۸۴\text{g NaHCO}_3} \times \frac{۱\text{mol CO}_2}{۲\text{mol NaHCO}_3} \times \frac{۲۲۴\text{mL CO}_2}{۱\text{mol CO}_2} \times \frac{۸۰}{۱۰۰} = ۴۴\text{mL CO}_2$$

$$\text{مقدار عملی} = \frac{۱/۲۴}{۱/۵۵} \times ۱۰۰ = ۱۰۰\% \Rightarrow \text{مقدار نظری} = ۱/۲۴ \times ۱۰۰ = ۴۱.۶\%$$

قسمت دوم: برای محاسبه حجم گاز CO<sub>۲</sub> تولیدی به صورت زیر عمل می‌کنیم:

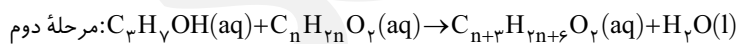
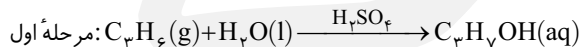
$$? \text{ L CO}_2 = \frac{۴}{۲} \text{g NaHCO}_3 \times \frac{۱\text{mol NaHCO}_3}{۸۴\text{g NaHCO}_3} \times \frac{۱\text{mol CO}_2}{۲\text{mol NaHCO}_3} \times \frac{۲۲۴\text{mL CO}_2}{۱\text{mol CO}_2} \times \frac{۸۰}{۱۰۰} = ۴۴\text{mL CO}_2$$

بازده واکنش

روش دوم (تناسب): قسمت اول و دوم:

$$\frac{\text{جرم مولی مصرفی NaHCO}_3 \times \frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی ضربی}} = \frac{\text{مجموع جرم گازهای تولیدی}}{\text{مجموع جرم مولی ضربی هر گاز}} = \frac{\text{حجم CO}_2 \text{ تولیدی (mL)}}{۲۲۴۰۰ \times \text{ضرب}} \Rightarrow \frac{۴/۲ \times \frac{R}{۱۰۰}}{۲ \times ۸۴} = \frac{(۴/۲ - ۲/۹) \text{g}}{(۱ \times ۱۸) + (۱ \times ۴۴)} \times \frac{x}{1 \times 22400}$$

$\Rightarrow R = ۱۰\%$  ,  $x = ۴۴\text{mL CO}_2$

۹ ۴ معادله واکنش‌های انجام شده به صورت زیر است: (فرمول کربوکسیلیک اسید مصرفی را C<sub>n</sub>H<sub>۲n</sub>O<sub>۲</sub> در نظر می‌گیریم.)

روش اول (کسر تبدیل):

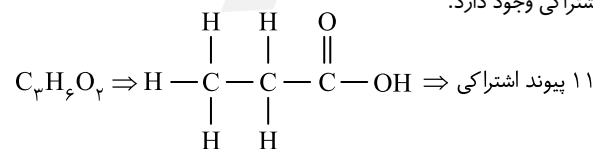
$$? \text{ g H}_2\text{O} = \frac{۱۰/۵\text{g C}_3\text{H}_6}{۴۲\text{g C}_3\text{H}_6} \times \frac{۱\text{mol C}_3\text{H}_6}{۴۲\text{g C}_3\text{H}_6} \times \frac{۱\text{mol C}_3\text{H}_7\text{OH}}{۱\text{mol C}_3\text{H}_6} \times \frac{۱\text{mol H}_2\text{O}}{۱\text{mol C}_3\text{H}_7\text{OH}} \times \frac{۱۸\text{g H}_2\text{O}}{۱\text{mol H}_2\text{O}} = ۴/۵\text{g H}_2\text{O}$$

قسمت اول:

$$\text{قسمت دوم: } \text{جرم مولی استر تولید شده} = ۱۲(n+۳) + ۱(۲n+۶) + ۲(۱۶) = (۱۴n+۷۴)\text{g.mol}^{-1}$$

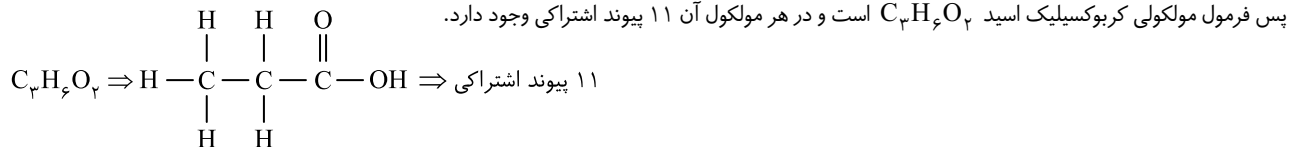
قسمت دوم:

$$\frac{۱۰/۵\text{g C}_3\text{H}_6}{۴۲\text{g C}_3\text{H}_6} \times \frac{۱\text{mol C}_3\text{H}_6}{۴۲\text{g C}_3\text{H}_6} \times \frac{۱\text{mol C}_3\text{H}_7\text{OH}}{۱\text{mol C}_3\text{H}_6} \times \frac{۱\text{mol استر}}{۱\text{mol C}_3\text{H}_7\text{OH}} \times \frac{(۱۴n+۷۴)\text{g استر}}{۱\text{mol استر}} = ۲۹\text{g استر} \Rightarrow n=۳$$

پس فرمول مولکولی کربوکسیلیک اسید C<sub>۳</sub>H<sub>۶</sub>O<sub>۲</sub> است و در هر مولکول آن ۱۱ پیوند اشتراکی وجود دارد.

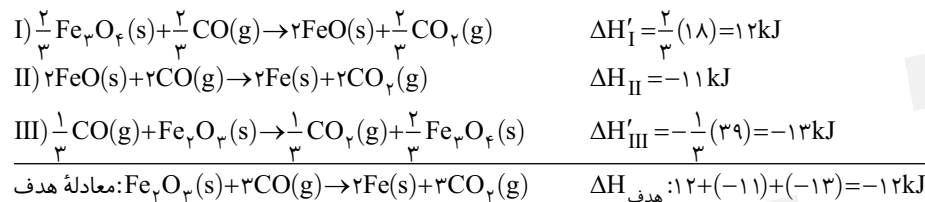
روش دوم (تناسب): با توجه به واکنش‌های مرحله (۱) و (۲) می‌توان دریافت که به‌ازای مصرف یک مول پروپن، یک مول پروپانول تولید و از واکنش یک مول پروپانول با کربوکسیلیک اسید، یک مول آب و یک مول استر تولید می‌شود.

$$\frac{\text{جرم مولی مصرفی پروپن}}{\text{جرم مولی ضربی}} = \frac{\text{جرم آب تولیدی}}{\text{جرم مولی ضربی}} = \frac{\text{جرم استر تولیدی}}{\text{جرم مولی ضربی}} \Rightarrow \frac{۱۰/۵}{1 \times 42} = \frac{x}{1 \times 18} = \frac{۲۹}{1 \times (14n+74)} \Rightarrow x = ۴/۵\text{g H}_2\text{O} , n=۳$$



۱۰. ابتدا آنتالپی واکنش  $Fe_3O_4(s) + 3CO(g) \rightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g)$  را به کمک سه معادله کمکی داده شده محاسبه می‌کنیم. به این منظور معادله

(I) را در  $\frac{2}{3}$  ضرب می‌کنیم، معادله (II) را در ۲ ضرب می‌کنیم و معادله (III) را وارونه و در  $\frac{1}{3}$  ضرب می‌کنیم.



سپس گرمای حاصل از مصرف ۵۰۰ گرم  $Fe_3O_4$  را به دست می‌آوریم:

$$? J = 500 \text{ g } Fe_3O_4 \times \frac{160 \text{ g } Fe_3O_4}{100 \text{ g } Fe_3O_4} \times \frac{1 \text{ mol } Fe_3O_4}{160 \text{ g } Fe_3O_4} \times \frac{12 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } Fe_3O_4} \times \frac{10^3 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} = 24000 \text{ J}$$

حال به کمک رابطه  $Q = mc\Delta\theta$ ، جرمی از اتانول را که می‌توان با این مقدار گرما دمای آن را از  $20^\circ C$  به  $40^\circ C$  افزایش داد، محاسبه می‌کنیم:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow m = \frac{Q}{c\Delta\theta} = \frac{24000}{2/4 \times (40 - 20)} = 500 \text{ g}$$

۱۱. ابتدا انرژی لازم برای ۴۵ دقیقه پیاده‌روی را محاسبه می‌کنیم:

$$1 \text{ kcal پیاده‌روی } 1 \text{ h} \times \frac{1 \text{ h پیاده‌روی}}{60 \text{ min پیاده‌روی}} \times \frac{190 \text{ kcal}}{1 \text{ kcal}} \times \frac{4/2 \text{ kJ}}{1 \text{ kcal}} = 598/5 \text{ kJ}$$

از آنجا که این مقدار انرژی از مصرف ۲۱ گرم بادام به دست آمده، ارزش سوختی بادام را  $\frac{598/5 \text{ kJ}}{21 \text{ g}} = 28/5 \text{ kJ.g}^{-1}$  ارزش سوختی بادام

۱۲. قسمت اول: ابتدا مقدار مول A را در دقیقه ۲ محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{aligned} \bar{R}(A)(t=0 \text{ min تا } t=2 \text{ min}) &= -\frac{\Delta n(A)}{\Delta t} \Rightarrow 7/5 \times 10^{-3} = -\frac{\Delta n(A)}{(2 \times 60) \text{ s}} \Rightarrow \Delta n(A)(t=0 \text{ min تا } t=2 \text{ min}) = -0/9 \text{ mol} \\ \Rightarrow n(A)_{t=2} - n(A)_{t=0} &= -0/9 \Rightarrow n(A)_{t=2} - 2/5 = -0/9 \Rightarrow n(A)_{t=2} = 1/6 \text{ mol} \end{aligned}$$

سپس سرعت متوسط مصرف A در بازه زمانی  $t=2 \text{ min}$  تا  $t=5 \text{ min}$  را بر حسب  $\text{mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  به دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(A)(t=2 \text{ min تا } t=5 \text{ min}) = -\frac{\Delta n(A)}{V_{\text{ظرف}} \times \Delta t} = -\frac{(1-1/6)}{2 \times 3} = 0/1 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

حال سرعت متوسط تولید ماده B را در بازه زمانی  $t=2 \text{ min}$  تا  $t=5 \text{ min}$  محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\bar{R}(B)}{\bar{R}(A)} = \frac{1}{2} \Rightarrow \bar{R}(B) = \frac{1}{2} \times \bar{R}(A) = \frac{1}{2} \times 0/1 = 0/05 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

قسمت دوم: با توجه به معادله موازنه شده واکنش که به صورت  $2A \rightarrow B + 2C$  است، به ازای مصرف ۲ مول ماده A، ۳ مول فراورده تولید می‌شود. اکنون می‌توان دریافت که به ازای مصرف ۱/۵ مول ماده A و باقی ماندن ۱ مول از آن در ظرف واکنش، ۲/۲۵ مول فراورده تولید می‌شود.

$$\text{فراورده} = \frac{3 \text{ mol فراورده}}{2 \text{ mol A}} \times 1/5 \text{ mol A} = 2/25 \text{ mol}$$

پس مجموع مول مواد موجود در ظرف واکنش در دقیقه ۵ برابر  $(1 + 2/25) \times 3/25 \text{ mol}$  است.



ابتدا جرم مونومرهای مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } C_3H_6 = 60 \text{ L } C_3H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_6}{25 \text{ L } C_3H_6} \times \frac{42 \text{ g } C_3H_6}{1 \text{ mol } C_3H_6} = 100/8 \text{ g } C_3H_6$$

همان‌طور که می‌دانید در واکنش‌های پلیمری شدن از نوع افزایشی، مجموع جرم واکنش دهنده‌ها (مونومرها) با جرم پلیمر برابر است، بنابراین مقدار نظری پلی پروپن برابر  $100/8$  گرم است. حال مقدار عملی آن را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } = \frac{\text{مقدار عملی پلی پروپن}}{\text{مقدار نظری پلی پروپن}} \times 100 = \frac{70/56}{100/8} \times 100 = 70 \text{ g}$$

اکنون بازده درصدی واکنش تولید پلی پروپن را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{70/56}{100/8} \times 100 = 70\%$$

۱۴ ۴

ابتدا غلظت اولیه محلول دو اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$M_{HA} = \frac{4 \text{ g HA} \times \frac{1 \text{ mol HA}}{70 \text{ g HA}}}{1 \text{ L}} = 0.057 \text{ mol.L}^{-1} \quad M_{HB} = \frac{3/2 \text{ g HB} \times \frac{1 \text{ mol HB}}{8 \text{ g HB}}}{1 \text{ L}} = 0.0375 \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس به کمک نسبت غلظت تعادلی HB به غلظت تعادلی HA که برابر  $\frac{V}{3}$  است، رابطه  $\alpha_{HA}$  و  $\alpha_{HB}$  را به دست می‌آوریم:

$$\frac{[HB]}{[HA]} = \frac{M_{HB}(1-\alpha_{HB})}{M_{HA}(1-\alpha_{HA})} = \frac{0.0375(1-\alpha_{HB})}{0.057(1-\alpha_{HA})} = \frac{V}{3} \Rightarrow \alpha_{HA} - 6\alpha_{HB} = 1 \quad (I)$$

حال با توجه به اینکه pH هر دو محلول یکسان است، می‌توان نتیجه گرفت که غلظت  $H^+$  در هر دو محلول با هم برابر است، پس خواهیم داشت:

$$[H^+]_{HA} = [H^+]_{HB} \xrightarrow{[H^+] = M\alpha} M_{HA}\alpha_{HA} = M_{HB}\alpha_{HB} \Rightarrow 0.057\alpha_{HA} = 0.0375\alpha_{HB} \Rightarrow \alpha_{HA} = 0.657\alpha_{HB} \quad (II)$$

سپس از رابطه (I) و (II)، درجه یونش اسید HA را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \alpha_{HA} - 6\alpha_{HB} = 1 \\ \alpha_{HA} = 0.657\alpha_{HB} \end{cases} \Rightarrow \alpha_{HB} = \frac{1}{8}, \alpha_{HA} = \frac{1}{4}$$

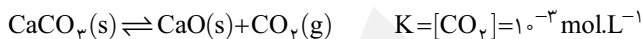
حال غلظت  $H^+$  و  $OH^-$  را در محلول HA محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]_{HA} = M_{HA}\alpha_{HA} = 0.057 \times \frac{1}{4} = 1.425 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \quad [OH^-]_{HA} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.425 \times 10^{-3}} = 7 \times 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون نسبت غلظت  $H^+$  به  $OH^-$  را در محلول HA به دست می‌آوریم:

$$\frac{[H^+]_{HA}}{[OH^-]_{HA}} = \frac{1.425 \times 10^{-3}}{7 \times 10^{-12}} = 2.036 \times 10^8$$

۱۵ ۳ ابتدا به کمک رابطه ثابت تعادل، غلظت تعادلی  $CO_2$  را محاسبه می‌کنیم:



سپس مقدار مول CaO تولید شده در واکنش تعادلی را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol CaO} = \Delta L \times \frac{1.0 \times 10^{-3} \text{ mol CO}_2}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol CaO}}{1 \text{ mol CO}_2} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol CaO}$$

حال با توجه به معادله  $CaO(s) + 2HNO_3(aq) \rightarrow Ca(NO_3)_2(aq) + H_2O(l)$ ، مقدار مولی از  $HNO_3$  که توسط CaO خنثی می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

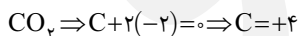
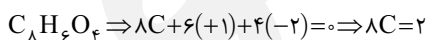
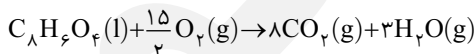
$$? \text{ mol HNO}_3 = 5 \times 10^{-3} \text{ mol CaO} \times \frac{2 \text{ mol HNO}_3}{1 \text{ mol CaO}} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol HNO}_3$$

اکنون با توجه به pH محلول  $HNO_3$ ، حجمی از محلول اسید که حاوی  $1.0 \times 10^{-2}$  مول  $HNO_3$  است را به دست می‌آوریم:

$$pH = 1/3 \Rightarrow [H^+] = 1.0 \times 10^{-pH} = 1.0 \times 10^{-1/3} = 1.0 \times 10^{-0.33} = 1.0 \times 10^{-0.33} \times 10^{0.33} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H^+] = \frac{n(HNO_3)}{V \text{ محلول}} \Rightarrow 1.0 \times 10^{-2} = \frac{1.0 \times 10^{-2}}{V \text{ محلول}} \Rightarrow V \text{ محلول} = 1.0 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

۱۶ ۳ معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل یک مول ترفتالیک اسید به صورت مقابل است:

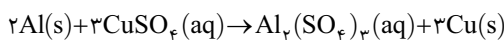


$$\text{مجموع عدد اکسایش اتم کربن در ۸ مولکول کربن دی‌اکسید} = 8 \times 4 = 32$$

ابتدا مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن را در ترفتالیک اسید محاسبه می‌کنیم:

سپس عدد اکسایش اتم کربن در کربن دی‌اکسید را به دست آورده و در عدد ۸ ضرب می‌کنیم:

پس تغییر مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن برابر  $32 - 2 = 30$  است.



۱۷ ۳ معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

در این واکنش به ازای تولید ۳ مول مس (۱۹۲ گرم) و قرار گرفتن ۷۵٪ آن بر روی تیغه، ۲ مول آلومینیم (۵۴ گرم) مصرف می‌شود. برای حل این مسئله، تغییر غلظت محلول مس (II) سولفات را x مول بر لیتر در نظر می‌گیریم و جرم Al مصرفی و Cu تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g Al (مصرفی)} = 2 \text{ L محلول} \times \frac{x \text{ mol CuSO}_4}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{2 \text{ mol Al}}{3 \text{ mol CuSO}_4} \times \frac{27 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} = 36x \text{ g Al}$$

$$? \text{ g Cu (تولیدی)} = 2 \text{ L محلول} \times \frac{x \text{ mol CuSO}_4}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{3 \text{ mol Cu}}{3 \text{ mol CuSO}_4} \times \frac{64 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 128x \text{ g Cu}$$

اکنون با توجه به جرم اولیه و ثانویه تیغه، مقدار X را محاسبه می کنیم:

$$128x = 32 \Rightarrow x = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$\text{جرم ثانویه تیغه} = \text{جرم اولیه تیغه} - \text{جرم مصرفی} + \text{جرم تولیدی}$

سپس درصد کاهش غلظت محلول  $\text{CuSO}_4$  را به دست می آوریم:

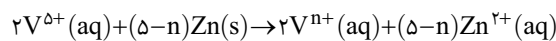
$$\% \Delta[\text{CuSO}_4] = \frac{\text{تغییرات غلظت}}{\text{غلظت اولیه}} \times 100 = \frac{0.1}{0.5} \times 100 = 20\%$$

قسمت دوم: در واکنش آلومینیم و محلول مس (II) سولفات، به ازای مصرف ۳ مول مس (II) سولفات، ۶ مول الکترون میان گونه‌ها مبادله می شود، پس ابتدا مقدار مول الکترون مبادله شده در مدت ۵ دقیقه را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ mol e} = 2 \text{ L محلول} \times \frac{0.1 \text{ mol CuSO}_4}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{6 \text{ mol e}}{3 \text{ mol CuSO}_4} = 0.4 \text{ mol e}$$

سپس سرعت متوسط مبادله الکترون را بر حسب مول بر ثانیه به دست می آوریم:

$$\bar{R}(e) = \frac{\text{مقدار مول الکترون مبادله شده}}{\Delta t} = \frac{0.4 \text{ mol}}{(5 \times 60) \text{ s}} = 1.33 \times 10^{-3} \text{ mol.s}^{-1}$$



ابتدا معادله را از نظر تعداد اتم و بار الکتریکی موازنه می کنیم:

سپس مقدار n را محاسبه می کنیم:

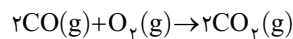
$$300 \times 10^{-3} \text{ L محلول} \times \frac{0.4 \text{ mol V}^{\Delta+}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{(\Delta - n) \text{ mol Zn}}{2 \text{ mol V}^{\Delta+}} \times \frac{65 \text{ g Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 11.7 \text{ g Zn} \Rightarrow n = 2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول نمک وانادیم}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم روی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0.3 \times 0.4}{2} = \frac{11.7}{(\Delta - n) \times 65} \Rightarrow n = 2$$

روش دوم (تناسب):

پس در انتهای واکنش، عدد اکسایش اتم‌های وانادیم برابر +۲ بوده و رنگ محلول آن بنفش است.



قسمت اول: ابتدا آنتالپی واکنش تبدیل  $\text{CO}(\text{g})$  به  $\text{CO}_2(\text{g})$  را محاسبه می کنیم:

$$\Delta H = [\text{مجموع آنتالپی پیوند مواد فرآورده}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوند مواد واکنش دهنده}] = [2 \times 1075 + 496] - [4 \times 799] = -550 \text{ kJ}$$

سپس گرمای تولید شده از تبدیل CO حاصل از پیمایش خودرو به  $\text{CO}_2$  را به دست می آوریم:

$$? \text{ kJ} = 20 \text{ km مسافت} \times \frac{(5/99 - 0/69) \text{ g CO}}{1 \text{ km مسافت}} \times \frac{1 \text{ mol CO}}{28 \text{ g CO}} \times \frac{550 \text{ kJ}}{2 \text{ mol CO}} = 104 \text{ kJ}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم CO مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{20 \times (5/99 - 0/69)}{2 \times 28} = \frac{Q}{550} \Rightarrow Q = 104 \text{ kJ}$$

روش دوم (تناسب):

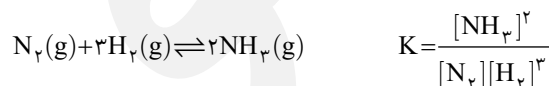
قسمت دوم: ابتدا انرژی فعال‌سازی برگشت را محاسبه می کنیم:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow -550 = 330 - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow E_a(\text{برگشت}) = 880 \text{ kJ}$$

$$E_a(\text{رفت}) + E_a(\text{برگشت}) = 330 + 880 = 1210 \text{ kJ}$$

سپس مجموع انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را به دست می آوریم:

معادله واکنش موجود در سامانه تعادلی و رابطه ثابت تعادل آن به صورت زیر است:



ابتدا غلظت تعادلی هر گونه را محاسبه کرده و در رابطه ثابت تعادل قرار می دهیم و مقدار عددی K را به دست می آوریم:

$$\left. \begin{aligned} [\text{N}_2] &= \frac{n}{V} = \frac{0.12 \text{ mol}}{3 \text{ L}} = 0.04 \text{ mol.L}^{-1} \\ [\text{H}_2] &= \frac{n}{V} = \frac{3 \text{ g H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ g H}_2}}{3 \text{ L}} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1} \\ [\text{NH}_3] &= \frac{n}{V} = \frac{0.6 \text{ mol}}{3 \text{ L}} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow K = \frac{(0.2)^2}{(0.04)(0.5)^3} = 0.8 \text{ mol}^{-2}$$

طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش فشار در سامانه‌های تعادلی که حداقل دارای یک ماده گازی هستند، تعادل در جهت کاهش فشار و تعداد مول گازی کمتر جابه‌جا می شود، پس در معادله  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ ، با افزایش فشار، تعادل در جهت رفت و تولید آمونیاک جابه‌جا می شود.

## پاسخ تشریحی آزمون جامع (۳)

۱ ۳ عدد اتمی عنصری که در گروه ۱۱ و دوره ۴ جدول دوره‌ای قرار دارد برابر ۲۹ بوده و با توجه به توضیحات مسئله تعداد نوترون‌های موجود در ایزوتوپ

سبک‌تر ( $A X$ ) برابر ۳۴ (۲۹+۵) است. بنابراین عدد جرمی ایزوتوپ سبک‌تر (یعنی  $A$ ) برابر است با:

$$A = n + Z = 34 + 29 = 63$$

اکنون عدد جرمی دو ایزوتوپ دیگر را محاسبه کرده و به کمک رابطه فراوانی آن‌ها، جرم اتمی میانگین  $X$  را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \text{جرم اتمی ایزوتوپ سبک‌تر} = 63 \text{ amu} & F_1 = 3F_p \\ \text{جرم اتمی ایزوتوپ متوسط} = 63 + 1 = 64 \text{ amu} & F_p = 2F_1 = 6F_p \\ \text{جرم اتمی ایزوتوپ سنگین‌تر} = 63 + 3 = 66 \text{ amu} & F_p = F_p \end{cases}$$

روش اول:

$$X \text{ جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} = \frac{(63 \times 3F_p) + (64 \times 6F_p) + (66 \times F_p)}{3F_p + 6F_p + F_p} = 63/9 \text{ amu}$$

روش دوم (تستی): در فرمول زیر،  $P_p$  و  $P_p$  کسر فراوانی ایزوتوپ‌های با جرم اتمی متوسط و سنگین هستند، بنابراین:

$$X \text{ جرم اتمی میانگین} = M_1 + P_p(M_p - M_1) + P_p(M_p - M_1) = 63 + \frac{6F_p}{10F_p}(64 - 63) + \frac{F_p}{10F_p}(66 - 63) = 63/9 \text{ amu}$$

۲ ۱ قسمت اول: ابتدا مقدار  $n$  را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ molecule SF}_n = 2/\text{vg SF}_n \times \frac{1 \text{ mol SF}_n}{(32 + 19n) \text{ g SF}_n} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ molecule SF}_n}{1 \text{ mol SF}_n} = 15/0.5 \times 10^{21} \text{ molecule SF}_n \Rightarrow n = 4$$

بنابراین فرمول مولکولی ماده مورد نظر  $\text{SF}_6$  بوده و نام آن گوگرد تترافلوئورید است.

$$? \text{ atom F} = 216 \times 10^{-3} \text{ g SF}_6 \times \frac{1 \text{ mol SF}_6}{108 \text{ g SF}_6} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ molecule SF}_6}{1 \text{ mol SF}_6} \times \frac{6 \text{ atom F}}{1 \text{ molecule SF}_6} = 4/816 \times 10^{21} \text{ atom F}$$

قسمت دوم:



در میان گازهای تولید شده در واکنش بالا، فقط گشتاور دو قطبی  $\text{H}_2\text{O}$  مخالف صفر ( $\mu \neq 0$ ) است، بنابراین با توجه به قانون پایستگی جرم در واکنش‌های شیمیایی، با محاسبه جرم  $\text{H}_2\text{O}(g)$  تولید شده و کم کردن آن از جرم اولیه واکنش دهنده، می‌توان جرم فراورده‌های گازی که گشتاور دو قطبی صفر ( $\mu = 0$ ) دارند را محاسبه نمود:

$$(\text{C}_3\text{H}_8(\text{NO}_3)_3) \text{ جرم واکنش دهنده اولیه} = 56/75 \text{ mL C}_3\text{H}_8(\text{NO}_3)_3 \times \frac{1/6 \text{ g C}_3\text{H}_8(\text{NO}_3)_3}{1 \text{ mL C}_3\text{H}_8(\text{NO}_3)_3} = 90/8 \text{ g C}_3\text{H}_8(\text{NO}_3)_3$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g H}_2\text{O} = 90/8 \text{ g C}_3\text{H}_8(\text{NO}_3)_3 \times \frac{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8(\text{NO}_3)_3}{227 \text{ g C}_3\text{H}_8(\text{NO}_3)_3} \times \frac{10 \text{ mol H}_2\text{O}}{4 \text{ mol C}_3\text{H}_8(\text{NO}_3)_3} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 18 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$\text{جرم فراورده‌های با گشتاور دو قطبی صفر} = 90/8 - 18 = 72/8 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم آب تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم نیترو گلیسرین مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{90/8}{4 \times 227} = \frac{x}{10 \times 18} \Rightarrow x = 18 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$\text{جرم فراورده‌های با گشتاور دو قطبی صفر} = 90/8 - 18 = 72/8 \text{ g}$$

۲ ۴ معادله موازنه شده واکنش‌ها به صورت زیر است:



مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در معادله (I) برابر ۱۲ و مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها در واکنش (II) برابر ۴ است، بنابراین نسبت این دو عدد برابر

$\left(\frac{12}{4}\right)^3$  می‌باشد. اکنون جرم  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  تولید شده را به یکی از روش‌های زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g Fe}(\text{OH})_3 = 16 \text{ g Fe}_3\text{O}_4 \times \frac{1 \text{ mol Fe}_3\text{O}_4}{100 \text{ g Fe}_3\text{O}_4} \times \frac{2 \text{ mol FeCl}_3}{160 \text{ g Fe}_3\text{O}_4} \times \frac{1 \text{ mol Fe}(\text{OH})_3}{1 \text{ mol FeCl}_3} \times \frac{107 \text{ g Fe}(\text{OH})_3}{1 \text{ mol Fe}(\text{OH})_3} \times \frac{75}{100}$$

$$= 12/84 \text{ g Fe}(\text{OH})_3$$

بازده واکنش



روش دوم (تناسب): به منظور محاسبه جرم  $Fe(OH)_3$  در یک مرحله، معادله (II) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم تا ضریب ماده مشترک (یعنی  $FeCl_3$ ) در دو معادله یکسان شود، بنابراین خواهیم داشت:

$$1 \text{ mol } Fe_2O_3 \sim 2 \text{ mol } Fe(OH)_3$$

$$\frac{\text{جرم مولی } Fe_2O_3 \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی } \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم مولی } Fe(OH)_3}{1 \times 160} \Rightarrow \frac{16 \times \frac{80}{100} \times \frac{75}{100}}{2 \times 107} = x \text{ g } Fe(OH)_3 \Rightarrow x = 12/84 \text{ g } Fe(OH)_3$$

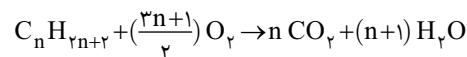
ابتدا جرم کلر موجود در ۲۰۰۰ کیلوگرم محلول ضد عفونی کننده که می‌تواند ۷ مرتبه آب استخر را ضد عفونی کند، محاسبه می‌کنیم:

$$\text{کلر } = 1400 \text{ g} = \frac{\text{آب } 100 \text{ g} \times 10^{-4}}{1 \text{ mL آب}} \times \frac{1 \text{ g آب}}{1 \text{ mL آب}} \times \frac{10^6 \text{ mL آب}}{1 \text{ m}^3 \text{ آب}} \times \frac{200 \text{ m}^3 \text{ آب}}{\text{استخر}} = 7 \text{ جرم کلر موجود در محلول ضد عفونی کننده}$$

سپس غلظت ppm محلول ضد عفونی کننده را به دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{1400 \text{ g}}{2000 \times 10^3 \text{ g}} \times 10^6 = 700 \text{ ppm}$$

منظور از هیدروکربن خطی و سیر شده، آلکان است که فرمول عمومی آن به صورت  $C_nH_{2n+2}$  بوده و در اثر سوختن کامل آن در شرایط STP، گاز کربن دی‌اکسید و آب مایع تولید می‌شود. برای حل این مسئله ابتدا معادله سوختن کامل آلکان را می‌نویسیم:



سپس تعداد اتم‌های کربن (n) را به یکی از روش‌های زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mL } CO_2 = 1/16 \text{ g } C_nH_{2n+2} \times \frac{1 \text{ mol } C_nH_{2n+2}}{(14n+2) \text{ g } C_nH_{2n+2}} \times \frac{n \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_nH_{2n+2}} \times \frac{22400 \text{ mL } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{50}{100} = 896 \text{ mL } CO_2 \Rightarrow n=4$$

بازده واکنش

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم هیدروکربن} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم } CO_2 \text{ بر حسب میلی لیتر}}{22400 \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1/16 \times \frac{50}{100}}{1 \times (14n+2)} = \frac{896}{n \times 22400} \Rightarrow n=4$$

بنابراین آلکان مورد نظر دارای ۴ اتم کربن است و در میان گزینه‌ها فقط «متیل پروپان» با فرمول  $C_4H_{10}$  در مولکول خود دارای چهار اتم کربن می‌باشد.

با توجه به اینکه در صورت مسئله گفته نشده که محلول اولیه در دمای  $90^\circ C$  سیر شده است، بنابراین جرم حل شونده و آب موجود در آن را به کمک درصد جرمی محلول محاسبه می‌کنیم:

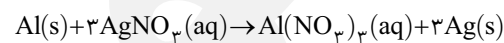
$$\text{حل شونده } 200 \text{ g} = \frac{\text{حل شونده } 40 \text{ g}}{100 \text{ g محلول}} \times \text{محلول } 500 \text{ g} = 200 \text{ g}$$

$$\text{آب } 300 \text{ g} = 500 - 200 = 300 \text{ g}$$

اکنون، جرم آب اضافه شده در دمای  $30^\circ C$  را x گرم در نظر گرفته و به کمک انحلال پذیری نمک در دمای  $30^\circ C$ ، مقدار x را به دست می‌آوریم:

$$300 \text{ g آب} \times \frac{100 \text{ g آب}}{50 \text{ g حل شونده}} = (300+x) \text{ g آب} \Rightarrow 400 = 300+x \Rightarrow x=100 \text{ g}$$

معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:



با توجه به اینکه پس از ۱۰ دقیقه غلظت محلول نقره نیترات نصف می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که غلظت آن ۱/۱ مول بر لیتر کاهش می‌یابد. بنابراین خواهیم داشت:

$$? \text{ g Al (مصرفی)} = 400 \times 10^{-3} \text{ L محلول} \times \frac{1 \text{ mol } AgNO_3}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{3 \text{ mol } AgNO_3} \times \frac{27 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} = 0/36 \text{ g Al}$$

$$? \text{ g Ag (تولیدی)} = 400 \times 10^{-3} \text{ L محلول} \times \frac{1 \text{ mol } AgNO_3}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{3 \text{ mol Ag}}{3 \text{ mol } AgNO_3} \times \frac{108 \text{ g Ag}}{1 \text{ mol Ag}} = 4/32 \text{ g Ag}$$

پس تا دقیقه ۱۰، ۰/۳۶ اتم آلومینیم از تیغه جدا شده و  $4/32 \times \frac{75}{100} = 3/24 \text{ g}$  نقره بر روی تیغه قرار می‌گیرد. جرم آلومینیم باقی مانده در تیغه و جرم نهایی تیغه برابر است با:

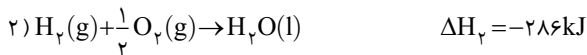
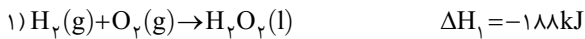
$$9/12 - 0/36 = 8/76 \text{ g Al}$$

$$12 \text{ g} = 9/12 - 0/36 + 3/24 = 9/12$$

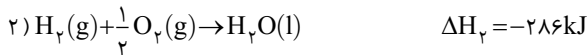
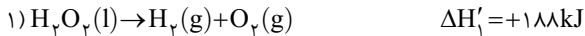
$$\%Al = \frac{\text{جرم آلومینیم}}{\text{جرم تیغه}} \times 100 = \frac{8/76}{12} \times 100 = 7.3\%$$

اکنون درصد فلز آلومینیم در تیغه باقی مانده در ۱۰ دقیقه پس از شروع واکنش را محاسبه می‌کنیم:

ابتدا به کمک معادله دو واکنش زیر، آنتالپی واکنش تجزیه آب اکسیژنه ( $H_2O_2$ ) را محاسبه می‌کنیم:



به این منظور معادله (۱) را وارونه و معادله (۲) را بدون تغییر می‌نویسیم:



قسمت اول: محاسبه گرمای حاصل از تجزیه ۳۴۰ گرم آب اکسیژنه در صورتی که بازده واکنش ۸۰٪ است:

$$? \text{ kJ} = 340 \text{ g } H_2O_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2O_2}{34 \text{ g } H_2O_2} \times \frac{98 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } H_2O_2} \times \frac{80}{100} = 784 \text{ kJ}$$

بازده واکنش

روش اول (کسر تبدیل):

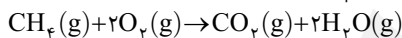
$$\frac{\text{جرم آب اکسیژنه مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \times \frac{R}{100} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{340 \times \frac{80}{100}}{1 \times 34} = \frac{Q}{98} \Rightarrow Q = 784 \text{ kJ}$$

روش دوم (تناسب):

قسمت دوم: آنتالپی تصعید یک گرم کربن دی‌اکسید جامد برابر  $1/2 \text{ kJ}$  است، بنابراین:

$$? \text{ mol } CO_2 = 784 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ g } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{1/2 \text{ kJ}} = 14/85 \text{ mol } CO_2$$

ابتدا به کمک میانگین آنتالپی پیوندهای داده شده، آنتالپی واکنش سوختن یک مول متان را محاسبه می‌کنیم:



$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [\text{مجموع آنتالپی پیوند مواد فرآورده}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوند مواد واکنش دهنده}]$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [4\Delta H(C-H) + 2\Delta H(O=O)] - [2\Delta H(C=O) + 4\Delta H(O-H)]$$

سپس گرمای لازم برای افزایش دمای ۲ کیلوگرم آب را از دمای  $6^\circ C$  به دمای  $100^\circ C$  محاسبه می‌کنیم:

$$Q = mc\Delta\theta = 2 \times 10^3 \times 4/2 \times (100 - 6) = 336000 \text{ J} = 336 \text{ kJ}$$

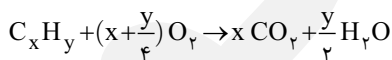
اکنون جرمی از متان که باید بسوزد را به یکی از دو روش زیر به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g } CH_4 = 336 \text{ kJ} \times \frac{100}{84} \times \frac{1 \text{ mol } CH_4}{80 \text{ kJ}} \times \frac{16 \text{ g } CH_4}{1 \text{ mol } CH_4} = 8 \text{ g } CH_4$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم متان}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \times \frac{R}{100} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x \times \frac{16}{80}}{1 \times 16} = \frac{336}{80} \Rightarrow x = 8 \text{ g } CH_4$$

روش دوم (تناسب):



معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل هیدروکربن‌ها به صورت مقابل است:

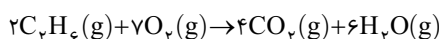
ابتدا از جرم کربن دی‌اکسید و آب تولید شده، فرمول هیدروکربن مورد نظر سؤال را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } C = 52/88 \text{ mol } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} \times \frac{1 \text{ mol } C}{1 \text{ mol } CO_2} = 1/2 \text{ mol } C$$

$$? \text{ mol } H = 32/4 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} \times \frac{2 \text{ mol } H}{1 \text{ mol } H_2O} = 3/6 \text{ mol } H$$

با توجه به اینکه نسبت مول C به H در هیدروکربن مورد نظر برابر  $3/1$  است و در هیدروکربن‌ها تعداد اتم‌های هیدروژن زوج است، می‌توان نتیجه گرفت که

هیدروکربن مورد نظر اتان ( $C_2H_6$ ) می‌باشد. حال معادله موازنه شده سوختن کامل اتان را نوشته و سرعت متوسط مصرف گاز  $O_2$  را محاسبه می‌کنیم:

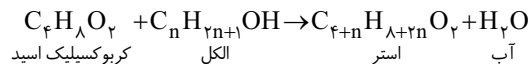


$$\Delta t = 2 \text{ s} = \frac{1}{3} \text{ min}$$

$$\bar{R}(O_2) = \frac{|\Delta n(O_2)|}{\Delta t} = \frac{2/1 \text{ mol}}{1/3 \text{ min}} = 6/3 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$(\Delta n(O_2)) = \text{مصرفی } O_2 = 18 \text{ g } C_2H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{30 \text{ g } C_2H_6} \times \frac{7 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } C_2H_6} = 2/1 \text{ mol } O_2$$

۳ ۱۲ فرمول مولکولی الکل را  $C_nH_{2n+1}OH$  در نظر گرفته و معادله موازنه شده واکنش را می نویسیم:



از جرم کربوکسیلیک اسید مصرفی و استر تولیدی،  $n$  را محاسبه می کنیم:  
روش اول (کسر تبدیل):

$$17/6g C_4H_8O_2 \text{ (ناخالص)} \times \frac{80g C_4H_8O_2 \text{ (خالص)}}{100g C_4H_8O_2 \text{ (ناخالص)}} \times \frac{1 \text{ mol } C_4H_8O_2}{88g C_4H_8O_2} \times \frac{1 \text{ mol الکل}}{1 \text{ mol } C_4H_8O_2} \times \frac{16(14n+88)g \text{ استر}}{1 \text{ mol استر}} = 16/32g \text{ استر} \Rightarrow n=1$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم کربوکسیلیک اسید ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم استر تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{17/6 \times \frac{80}{100}}{1 \times 88} = \frac{16/32}{1 \times (14n+88)} \Rightarrow n=1$$

پس الکل مورد نظر  $CH_3OH$  است و جرم مولی آن برابر  $32g \cdot mol^{-1}$  می باشد. فرمول ساده ترین دی اسید آلی به صورت مقابل بوده و جرم مولی آن برابر  $90g \cdot mol^{-1}$  بوده و تفاوت جرم مولی آن با  $CH_3OH$  برابر  $58g \cdot mol^{-1}$  (۹۰-۳۲) است.

۱ ۱۳ pH آب خالص در دمای اتاق برابر ۷ است، پس pH محلول اسیدی حاصل در دمای اتاق برابر  $1/4 (7-5/6)$  می باشد. برای حل مسئله ابتدا غلظت

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1/4} = 10^{-2+0/6} = 10^{-2} \times (10^{0/3})^2 = 10^{-2} \times 10^0 = 0/04 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$H^+$  را در محلول اسیدی محاسبه می کنیم:

سپس به کمک رابطه زیر، درجه یونش و سپس غلظت اولیه اسید را به دست می آوریم:

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \xrightarrow{[H^+]=M\alpha} K_a = \frac{[H^+]^2}{1-\alpha} \Rightarrow 0/005 = \frac{0/04\alpha}{1-\alpha} \Rightarrow 0/04\alpha = 0/005 - 0/005\alpha \Rightarrow 0/045\alpha = 0/005 \Rightarrow \alpha = \frac{1}{9}$$

$$[H^+] = M\alpha \Rightarrow M = \frac{[H^+]}{\alpha} = \frac{0/04}{1/9} = 0/36 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

حال به کمک غلظت اولیه و حجم محلول، جرم دی فلئوئورو اتانویک اسید ( $CHF_2COOH$ ) حل شده در آب را محاسبه می کنیم:

$$? g \text{ اسید} = 250 \times 10^{-3} L \text{ محلول} \times \frac{0/36 \text{ mol اسید}}{1 L \text{ محلول}} \times \frac{96 g \text{ اسید}}{1 \text{ mol اسید}} = 8/64 g \text{ اسید}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{1} \Rightarrow \frac{0/36 \times 250}{1} = \frac{x}{1 \times 96} \Rightarrow x = 8/64 g \text{ اسید}$$

روش دوم (تناسب):

۴ ۱۴ ابتدا مقدار مول  $H_2SO_4$  حاصل از سوختن یک کیلوگرم از سوخت را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ mol } H_2SO_4 = 1 \text{ kg سوخت} \times \frac{10^3 g \text{ سوخت}}{1 \text{ kg سوخت}} \times \frac{6400 g S}{32 g S} \times \frac{1 \text{ mol } SO_2}{1 \text{ mol } S} \times \frac{1 \text{ mol } SO_3}{1 \text{ mol } SO_2} \times \frac{1 \text{ mol } H_2SO_4}{1 \text{ mol } SO_3} = 0/2 \text{ mol } H_2SO_4$$

سپس با توجه به pH محلول، غلظت  $H^+$  حاصل از یونش مرحله اول  $H_2SO_4$  را به دست می آوریم:

حال با توجه به اینکه یونش مرحله اول  $H_2SO_4$  کامل است ( $\alpha_1 = 1$ )، می توان حجم محلول اسید را محاسبه کرد: (حجم محلول را  $V$  لیتر در نظر بگیرید.)

$$M = \frac{0/2 \text{ mol}}{V L} = \frac{0/2}{V} \text{ mol} \cdot L^{-1} \quad [H^+] = M\alpha \xrightarrow{n=1, \alpha=1} 10^{-1} = \frac{0/2}{V} \times 1 \times 1 \Rightarrow V = 2 L$$

۲ ۱۵ معادله موازنه شده واکنش ها به صورت زیر است:



حال جرم  $MgO$  را به یکی از دو روش زیر محاسبه می کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

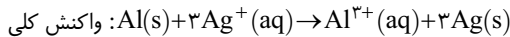
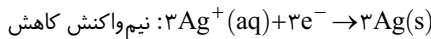
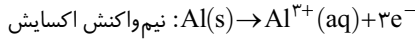
$$? g MgO = 11/7 g NaCl \times \frac{1 \text{ mol } NaCl}{58/45 g NaCl} \times \frac{1 \text{ mol } e}{1 \text{ mol } NaCl} \times \frac{1 \text{ mol } MgO}{2 \text{ mol } e} \times \frac{40 g MgO}{1 \text{ mol } MgO} = 4 g MgO$$

روش دوم (تناسب): با توجه به معادله های موازنه شده، می توان دریافت که به ازای مبادله ۲ مول الکترون میان گونه ها در هر واکنش، یک مول  $MgO$  و دو مول  $NaCl$

تولید می شود؛ پس خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم } MgO}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } NaCl}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x g MgO}{1 \times 40} = \frac{11/7}{2 \times 58/5} \Rightarrow x = 4 g MgO$$

معادله نیم‌واکنش‌ها در سلول گالوانی «آلومینیم - نقره» به صورت زیر است:



با توجه به اطلاعات مسئله، جرم اولیه آند (Al) و کاتد (Ag) به ترتیب برابر ۱۱/۷g و ۵/۴g است و طی واکنش از جرم آند کاسته شده و به جرم کاتد اضافه می‌شود و از غلظت کاتیون‌های  $\text{Ag}^{+}$  موجود در الکترولیت نیم‌سلول کاتدی کاسته می‌شود، بنابراین جرم نقره تولید شده (افزایش جرم کاتد) را x گرم در نظر می‌گیریم و با توجه به آن جرم آلومینیم مصرفی (کاهش جرم آند) را محاسبه می‌کنیم.

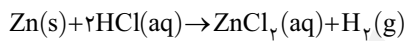
$$\text{جرم کاتد} = x \text{ g Ag} \times \frac{1 \text{ mol Ag}}{108 \text{ g Ag}} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{3 \text{ mol Ag}} \times \frac{27 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} = \frac{x}{12} \text{ g Al}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{جرم ثانویه تیغه نقره (کاتد)} = (5/4 + x) \text{ g} \\ \text{تفاوت جرم تیغه‌ها (ثانویه)} = (5/4 + x) - (11/7 - \frac{x}{12}) = 5/4 \Rightarrow x = 10/8 \end{array} \right.$$

افزایش ۱۰/۸ گرمی جرم کاتد (نقره) به دلیل خروج یون‌های  $\text{Ag}^{+}$  از الکترولیت نیم‌سلول کاتدی است، بنابراین می‌توان تغییرات ppm کاتیون  $\text{Ag}^{+}$  را در محلول الکترولیت آن محاسبه نمود:

$$\text{محلول } 6000 \text{ g} = \frac{1/2 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} \times \frac{10^3 \text{ mL محلول}}{1 \text{ L محلول}} \times 5 \text{ L} = \text{جرم الکترولیت نیم‌سلول کاتدی}$$

$$\text{تغییر غلظت ppm یون } \text{Ag}^{+} = \frac{\text{کاهش جرم } \text{Ag}^{+}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{10/8 \text{ g}}{6000 \text{ g}} \times 10^6 = 1800 \text{ ppm}$$



۱۷ ۴ معادله موازنه شده واکنش:

ابتدا غلظت  $\text{H}^{+}$  را در محلول هیدروکلریک اسید در آغاز و انتهای واکنش محاسبه می‌کنیم و به کمک تغییرات آن به خواسته مسئله می‌رسیم:

$$\text{آغاز واکنش: } \text{pH} = 1/1 \Rightarrow \text{M}_1 = [\text{H}^{+}] = 10^{-1/1} = 10^{-2+0/9} = 10^{-2} \times (10^{0/9})^9 = 2^3 \times 10^{-2} = 8 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{پایان واکنش: } \text{pH} = 1/7 \Rightarrow \text{M}_2 = [\text{H}^{+}] = 10^{-1/7} = 10^{-2+0/3} = 10^{-2} \times 10^{0/3} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

طی واکنش غلظت هیدروکلریک اسید (HCl) به اندازه  $6 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} - 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} = 4 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  کاهش یافته است. با توجه به معادله واکنش به ازای مصرف ۲ مول HCl، ۲ مول الکترون مبادله شده و یک مول گاز هیدروژن تولید می‌شود.

قسمت اول:

$$? \text{ e} = 200 \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{6 \times 10^{-2} \text{ mol HCl}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{2 \text{ mol e}^{-}}{2 \text{ mol HCl}} \times \frac{1.6 \times 10^{19} \text{ e}^{-}}{1 \text{ mol e}^{-}} = 7/224 \times 10^{21} \text{ e}^{-}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{روش دوم (تناسب):}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{شمار الکترون‌های مبادله شده} \times \text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب} \times N_A} \Rightarrow \frac{x}{2} = \frac{7/224 \times 10^{21}}{2 \times 6/0.2 \times 10^{23}} \Rightarrow x = 7/2 \times 10^{21} \text{ e}^{-}$$

روش دوم (تناسب):

قسمت دوم: ابتدا مقدار مول گاز  $\text{H}_2$  تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

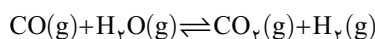
$$? \text{ mol H}_2 = 200 \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{6 \times 10^{-2} \text{ mol HCl}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol HCl}} = 6 \times 10^{-3} \text{ mol H}_2$$

سپس سرعت متوسط تولید  $\text{H}_2$  را بر حسب  $\text{mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  محاسبه می‌کنیم. حجمی که گاز  $\text{H}_2$  تولیدی اشغال می‌کند، ۰/۳ لیتر است.

$$\text{H}_2 \text{ گاز} = \text{حجم ظرف} - \text{حجم محلول} = 0.5 \text{ L} - 0.2 \text{ L} = 0.3 \text{ L}$$

$$\bar{R}(\text{H}_2) = \frac{\Delta n(\text{H}_2)}{V_{\text{ظرف}} \times \Delta t} = \frac{6 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.3 \text{ L} \times 0.5 \text{ min}} = 0.04 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

۱۸ ۱ ابتدا به کمک جدول تغییر غلظت و رابطه ثابت تعادل، غلظت‌های تعادلی گونه‌های شرکت‌کننده را محاسبه می‌کنیم:



غلظت اولیه	۲	۲	۰	۰
تغییر غلظت	-x	-x	+x	+x
غلظت تعادلی	۲-x	۲-x	x	x

$$[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = \frac{n}{V} = \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_1 = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]} \Rightarrow 9 = \frac{(x)(x)}{(2-x)(2-x)} \xrightarrow{\text{جذر}} 3 = \frac{x}{2-x} \Rightarrow x = 1/5$$

حال با توجه به قانون لوشاتلیه با خروج فراورده از ظرف واکنش، تعادل در جهت رفت (راست) جابه‌جا می‌شود ولی تغییر حجم ظرف تعادل سبب جابه‌جایی تعادل نمی‌شود؛ زیرا تعداد مول گاز در دو طرف معادله یکسان است. همچنین حواسمان باشد که با  $\frac{1}{4}$  برابر شدن حجم سامانه تعادلی، غلظت گونه‌ها ۴ برابر می‌شود. برای ادامه حل تست، یک جدول تغییر غلظت جدید برای لحظه خروج  $\frac{1}{3}$  فراورده‌ها تا رسیدن به تعادل جدید تشکیل می‌دهیم:

$$\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$$

غلظت اولیه	۲	۲	۴	۴
تغییر غلظت	-y	-y	+y	+y
غلظت تعادلی	۲-y	۲-y	۴+y	۴+y

$$[\text{CO}]_{\text{اولیه}} = [\text{H}_2\text{O}]_{\text{اولیه}} = \frac{2-1/5}{0.25} = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{CO}_2]_{\text{اولیه}} = [\text{H}_2]_{\text{اولیه}} = \frac{1/5 - \frac{1}{3}(1/5)}{0.25} = 4 \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس با توجه به ثابت بودن ثابت تعادل در دمای ثابت، غلظت  $\text{CO}_2$  را در تعادل جدید محاسبه می‌کنیم:

$$K_p = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]} \Rightarrow 9 = \frac{(4+y)(4+y)}{(2-y)(2-y)} \xrightarrow{\text{جذر}} 3 = \frac{4+y}{2-y} \Rightarrow 4+y = 6-3y \Rightarrow 4y = 2 \Rightarrow y = 0.5$$

در تعادل جدید  $\text{CO}_2$  غلظت  $= 4+y = 4+0.5 = 4.5 \text{ mol.L}^{-1}$

۱۹ ۲ ابتدا انرژی فعال‌سازی واکنش را در جهت رفت و برگشت و در حضور و عدم حضور کاتالیزگر محاسبه می‌کنیم. (انرژی فعال‌سازی در عدم حضور کاتالیزگر را با  $E_a$  و در حضور کاتالیزگر را با  $E'_a$  نمایش می‌دهیم.) به‌دست آوردن رابطه میان  $E_a$  (رفت) و  $E_a$  (برگشت):

$$\begin{cases} \frac{\Delta H}{100} = E_a(\text{رفت}) - E'_a(\text{رفت}) \\ \frac{\Delta H}{100} = E'_a(\text{برگشت}) - E_a(\text{برگشت}) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Delta H = E_a(\text{رفت}) - E'_a(\text{رفت}) \\ \Delta H = E'_a(\text{برگشت}) - E_a(\text{برگشت}) \end{cases} \Rightarrow E_a(\text{رفت}) - E'_a(\text{رفت}) = E'_a(\text{برگشت}) - E_a(\text{برگشت})$$

محاسبه  $E_a$  (رفت) و  $E_a$  (برگشت):  $\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow 200 = 2E_a(\text{برگشت}) - E_a(\text{رفت}) \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = 400 \text{ kJ}$

محاسبه  $E'_a$  (رفت) و  $E'_a$  (برگشت):

$$E'_a(\text{رفت}) = \frac{\Delta H}{100} \times E_a(\text{رفت}) = \frac{200}{100} \times 400 = 320 \text{ kJ}$$

$$E'_a(\text{برگشت}) = \frac{\Delta H}{100} \times E_a(\text{برگشت}) = \frac{200}{100} \times 200 = 120 \text{ kJ}$$

اکنون به بررسی عبارت هر یک از گزینه‌ها می‌پردازیم:

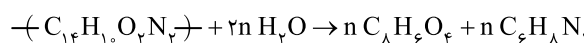
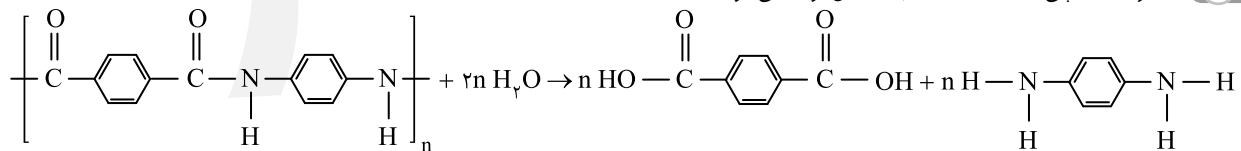
گزینه (۱):  $\left. \begin{cases} E'_a(\text{رفت}) = 320 \text{ kJ} \\ E'_a(\text{برگشت}) = 120 \text{ kJ} \\ E_a(\text{رفت}) = 400 \text{ kJ} \\ E_a(\text{برگشت}) = 200 \text{ kJ} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \text{مجموع} = 320 + 120 = 440 \text{ kJ} \\ \text{مجموع} = 400 + 200 = 600 \text{ kJ} \end{cases} \Rightarrow \text{اختلاف} = 600 - 440 = 160 \text{ kJ}$

گزینه (۲):  $\left. \begin{cases} E'_a(\text{برگشت}) = 120 \text{ kJ} \\ E_a(\text{رفت}) = 400 \text{ kJ} \end{cases} \Rightarrow \frac{E'_a(\text{برگشت})}{E_a(\text{رفت})} \times 100 = \frac{120}{400} \times 100 = 30\%$

گزینه (۳):  $E_a(\text{رفت}) - E'_a(\text{رفت}) = 400 - 320 = 80 \text{ kJ}$

گزینه (۴): انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت در غیاب کاتالیزگر برابر  $200 \text{ kJ}$  است و  $\Delta H$  واکنش نیز در حضور و غیاب کاتالیزگر ثابت بوده و برابر  $200 \text{ kJ}$  می‌باشد.

۲۰ ۳ در اثر آبکافت پلی‌آمیدها، دی‌اسید و دی‌آمین تولید می‌شود:



معادله شیمیایی بالا را می‌توان به صورت مقابل نوشت:

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در این واکنش به‌ازای آبکافت یک مول پلی‌آمید داده شده، n مول  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4$  که  $166n$  گرم جرم دارد و n مول  $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2$  که  $108n$  گرم جرم دارد تولید می‌شود که تفاوت جرم فراورده‌های حاصل برابر  $58n$  ( $166n - 108n$ ) است، پس خواهیم داشت:

$$\text{اختلاف جرم} = 1044 \text{ g} = \frac{60}{100} \times \frac{\text{اختلاف جرم}}{1 \text{ mol پلی آمید}} \times \frac{1 \text{ mol پلی آمید}}{238n \text{ g پلی آمید}} \times 714 \times 10^3 \text{ g}$$

## پاسخ تشریحی آزمون جامع (ع)

۱ ۲ ابتدا جرم اتمی میانگین لیتیم و کلر را محاسبه می‌کنیم:

محاسبه جرم اتمی میانگین لیتیم: یک نمونه طبیعی عنصر لیتیم شامل  ${}^6\text{Li}$  و  ${}^7\text{Li}$  است که جرم اتمی آن‌ها تقریباً برابر  $6\text{amu}$  و  $7\text{amu}$  است.

$$\text{جرم اتمی میانگین لیتیم} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(6 \times 1) + (7 \times 4)}{1 + 4} = 6.8\text{amu}$$

محاسبه جرم اتمی میانگین کلر: یک نمونه طبیعی عنصر کلر شامل  ${}^{35}\text{Cl}$  و  ${}^{37}\text{Cl}$  است که جرم اتمی آن‌ها تقریباً برابر  $35\text{amu}$  و  $37\text{amu}$  است.

$$\text{جرم اتمی میانگین کلر} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(35 \times 3) + (37 \times 1)}{3 + 1} = 35.5\text{amu}$$

سپس جرم نمونه‌های لیتیم و کلر را محاسبه کرده و اختلاف آن‌ها را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g Li} = 1.05 \times 10^{22} \text{ atom Li} \times \frac{1 \text{ mol Li}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atom Li}} \times \frac{6.8 \text{ g Li}}{1 \text{ mol Li}} = 0.17 \text{ g Li}$$

$$? \text{ g Cl}_2 = 6.02 \times 10^{22} \text{ atom Cl} \times \frac{1 \text{ mol Cl}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atom Cl}} \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{2 \text{ mol Cl}} \times \frac{71 \text{ g Cl}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} = 3.55 \text{ g Cl}_2$$

$$\text{اختلاف جرم نمونه‌های لیتیم و کلر} = 3.55 - 0.17 = 3.38 \text{ g}$$

۲ ۴ منظور از هیدروکربن خطی سیرشده، آلکان است که فرمول عمومی آن به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  می‌باشد. ابتدا به کمک اطلاعات مسئله شمار اتم‌های کربن

موجود در یک مولکول آلکان را محاسبه می‌کنیم:

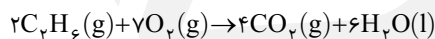
$$0.3 \text{ g آلکان} \times \frac{1 \text{ mol آلکان}}{(14n+2) \text{ g آلکان}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule}}{1 \text{ mol آلکان}} \times \frac{(3n+2) \text{ atom}}{1 \text{ molecule}} = 4.816 \times 10^{22} \text{ atom} \Rightarrow n=2$$

آلکان مورد نظر اتان ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) است.

محاسبه چگالی اتان در شرایط STP:

$$\text{چگالی گاز} = \frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}} = \frac{30 \text{ g mol}^{-1}}{22.4 \text{ L mol}^{-1}} = 1.34 \text{ g L}^{-1}$$

محاسبه حجم هوای لازم برای سوختن کامل  $0.3 \text{ g}$  اتان: (حدود  $\frac{1}{5}$  حجم هوا را گاز اکسیژن تشکیل می‌دهد.)



روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ L هوا} = 0.3 \text{ g C}_2\text{H}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{30 \text{ g C}_2\text{H}_6} \times \frac{7 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol C}_2\text{H}_6} \times \frac{22.4 \text{ L O}_2}{1 \text{ mol O}_2} \times \frac{5 \text{ L هوا}}{1 \text{ L O}_2} = 3.92 \text{ L هوا}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اتان}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{1 \times \text{حجم هوا}}{5} \Rightarrow \frac{0.3}{30 \times 2} = \frac{x \times 1}{5 \times 22.4} \Rightarrow x = 3.92 \text{ L هوا}$$

۳ ۱ برای حل سؤال، جرم کلسیم کربنات ( $\text{CaCO}_3$ ) را  $x$  گرم و جرم پروپان ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) را  $5x$  گرم در نظر می‌گیریم و سپس تعداد اتم‌های کربن

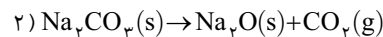
موجود در هر ماده را محاسبه کرده و با توجه به اختلاف تعداد اتم‌های کربن در این دو ترکیب جرم پروپان و کلسیم کربنات را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ atom پروپان} = 5x \text{ g C}_3\text{H}_8 \times \frac{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8}{44 \text{ g C}_3\text{H}_8} \times \frac{N_A \text{ molecule}}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8} \times \frac{3 \text{ atom C}}{1 \text{ molecule}} = \frac{15x}{44} N_A \text{ atom C}$$

$$? \text{ atom کلسیم کربنات} = x \text{ g CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3} \times \frac{N_A \text{ CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ atom C}}{1 \text{ CaCO}_3} = \frac{x}{100} N_A \text{ atom C}$$

$$\text{اختلاف تعداد اتم‌های کربن} = \frac{15x}{44} N_A - \frac{x}{100} N_A = 0.91 N_A \Rightarrow \frac{91x}{275} N_A = 0.91 N_A \Rightarrow x = 2.75$$

بنابراین جرم پروپان و کلسیم کربنات به ترتیب برابر  $13.75 \text{ g}$  و  $2.75 \text{ g}$  است، پس جرم نمونه مخلوط برابر  $16.5 \text{ g}$  است.



در این فرایند گازهای  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  تولید می‌شود که فقط مولکول‌های گاز  $\text{CO}_2$  ناقطبی هستند. برای حل این مسئله جرم سدیم هیدروژن کربنات را  $m$  گرم و بازده واکنش ۲ را  $R_2$  در نظر می‌گیریم و جرم  $\text{CO}_2$  حاصل از دو واکنش را محاسبه می‌کنیم:

کربن دی‌اکسید حاصل از واکنش اول:

$$? \text{ g CO}_2 \text{ (واکنش (۱))} = m \text{ g NaHCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaHCO}_3}{84 \text{ g NaHCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol NaHCO}_3} \times \frac{44 \text{ g}}{100} = \frac{m}{336} \text{ g CO}_2$$

بازده واکنش (۱)

کربن دی‌اکسید حاصل از واکنش دوم:

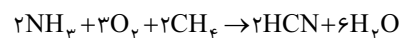
$$? \text{ g CO}_2 \text{ (واکنش (۲))} = m \text{ g NaHCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaHCO}_3}{84 \text{ g NaHCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3}{2 \text{ mol NaHCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3} \times \frac{44 \text{ g}}{100} \times \frac{R_2}{100} = \frac{10^{-2} m R_2}{336} \text{ g CO}_2$$

بازده واکنش (۲) بازده واکنش (۱)

اکنون مجموع جرم  $\text{CO}_2$  حاصل از دو واکنش را برابر  $0.2$  گرم قرار داده و رابطه میان  $m$  و  $R_2$  را به دست می‌آوریم:

$$\text{مجموع جرم CO}_2 \text{ حاصل} = \frac{m}{336} + \frac{10^{-2} m R_2}{336} = 0.2 \Rightarrow \frac{m}{336} (1 + 10^{-2} R_2) = 0.2 \Rightarrow m(1 + 10^{-2} R_2) = 67.2$$

با توجه به اعداد ارائه شده در گزینه‌ها، اگر  $m = 168$  باشد،  $R_2$  برابر  $60\%$  است.



برای حل مسئله از جدول تغییر مول استفاده می‌کنیم:

$2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 + 2\text{CH}_4 \rightarrow 2\text{HCN} + 6\text{H}_2\text{O}$					
مول اولیه	۸	۸	۸	۰	۰
تغییر مول	$-2x$	$-3x$	$-2x$	$+2x$	$+6x$
مول ثانویه	$8-2x$	$8-3x$	$8-2x$	$2x$	$6x$

سپس با توجه به افزایش تعداد مول موجود در طرف واکنش، مول ثانویه هر ماده را به دست آورده و به خواسته‌های مسئله می‌رسیم:

$$\text{تعداد مول اولیه} = 3 \times 8 = 24 \text{ mol}$$

$$\text{تعداد مول ثانویه} = (8-2x) + (8-3x) + (8-2x) + 2x + 6x = (24+x) \text{ mol}$$

$$\% \text{ افزایش تعداد مول} = \frac{n_2 - n_1}{n_1} \times 100 \Rightarrow 6/25 = \frac{(24+x) - 24}{24} \times 100 \Rightarrow x = 1/5$$

$$\Delta t = 2 \text{ min} = 120 \text{ s}$$

محاسبه سرعت متوسط واکنش:

$$\bar{R}(\text{HCN}) = \frac{\Delta n(\text{HCN})}{\Delta t} = \frac{2x}{\Delta t} = \frac{(2 \times 1/5) \text{ mol}}{120 \text{ s}} = 2/5 \times 10^{-2} \text{ mol.s}^{-1}$$

$$\bar{R} \text{ (واکنش)} = \frac{\bar{R}(\text{HCN})}{\text{ضریب}} = \frac{2/5 \times 10^{-2}}{2} = 1/25 \times 10^{-2} \text{ mol.s}^{-1}$$

محاسبه درصد پیشرفت:

تعداد مول اولیه هر یک از واکنش‌دهنده‌ها برابر ۸ است، ولی ضریب استوکیومتری  $\text{O}_2$  از دو واکنش‌دهنده دیگر بیشتر است، پس  $\text{O}_2$  زودتر از دو ماده دیگر تمام می‌شود. پس درصد پیشرفت واکنش را براساس مقدار این ماده باید محاسبه کرد:

$$\text{میزان مصرف O}_2 \text{ در دو دقیقه} = 3x = 3 \times 1/5 = 4/5 \text{ mol}$$

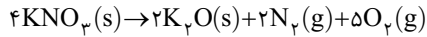
$$\text{میزان مول کل O}_2 \text{ در دسترس} = 8 \text{ mol}$$

$$\% \text{ درصد پیشرفت واکنش} = \frac{\text{مقدار O}_2 \text{ مصرفی}}{\text{مقدار اولیه O}_2} \times 100 = \frac{4/5}{8} \times 100 = 56/25 \%$$

ابتدا از چگالی گاز نیتروژن، حجم مولی گاز نیتروژن را در شرایط واکنش محاسبه می‌کنیم:

$$N_p \text{ چگالی} = \frac{N_p \text{ جرم مولی}}{N_p \text{ حجم مولی}} \Rightarrow 1/0.4 = \frac{28}{V_n} \Rightarrow V_n = 27 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

با توجه به اینکه در شرایط یکسان، حجم مولی گازها با هم برابر است، پس در شرایط واکنش، حجم مولی همه گازها برابر  $27 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$  می‌باشد. حال با توجه به اطلاعات مسئله، به خواسته مسئله می‌رسیم:



معادله موازنه شده واکنش:

با توجه به معادله واکنش، در صورتی که بازده واکنش ۱۰۰٪ باشد، به ازای مصرف ۴ مول  $\text{KNO}_3$ ، ۲ مول گاز  $\text{N}_2$  که ۵۶ گرم جرم دارد و ۵ مول  $\text{O}_2$  که ۱۶۰ گرم جرم دارد تولید می‌شود که اختلاف جرم گازهای تولید شده برابر  $104 \text{ g}$  (۱۶۰-۵۶) است، بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{گاز تولیدی } 118/1 \text{ L} = \frac{\text{گاز } 27 \text{ L}}{1 \text{ mol گاز}} \times \frac{\text{گاز } y \text{ mol}}{104 \text{ g (اختلاف جرم گازها)}} \times (\text{اختلاف جرم گازها}) = 65 \text{ g گازها} = ? \text{ L}$$

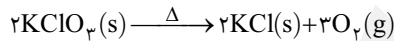
$$? \text{ g KNO}_3 = 65 \text{ g (گازها)} \times \frac{4 \text{ mol KNO}_3}{104 \text{ g (اختلاف جرم گازها)}} \times \frac{101 \text{ g KNO}_3}{1 \text{ mol KNO}_3} \times \frac{100}{60} = 421 \text{ g KNO}_3$$

بازده واکنش

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{KNO}_3 \text{ مصرفی}}{100} \times R = \frac{\text{مجموع جرم گازهای تولیدی}}{\text{حجم مولی}} = \frac{\text{اختلاف جرم گازهای تولیدی}}{\text{مجموع ضرایب مواد گازی}} \Rightarrow \frac{y \times \frac{60}{100}}{4 \times 101} = \frac{x}{7 \times 27} = \frac{65}{104}$$

$$\Rightarrow x = 118/1 \text{ L گاز تولیدی}, y = 421 \text{ g KNO}_3$$

ابتدا جرم پتاسیم کلرات ( $\text{KClO}_3$ ) حاصل از کاهش دمای محلول که در اثر حرارت تجزیه شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g KClO}_3 = 40 \text{ L O}_2 \times \frac{1/44 \text{ g O}_2}{1 \text{ L O}_2} \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} \times \frac{2 \text{ mol KClO}_3}{3 \text{ mol O}_2} \times \frac{122/5 \text{ g KClO}_3}{1 \text{ mol KClO}_3} \times \frac{100}{60} = 245 \text{ g KClO}_3$$

بازده واکنش

سپس جرمی از  $\text{KClO}_3$  که در دمای اولیه در  $1274$  گرم محلول وجود دارد را به دست می‌آوریم:

$$\text{محلول } 1029 \text{ g} = 1274 - 245 = 1029 \text{ g}$$

انحلال پذیری  $\text{KClO}_3$  در دمای  $20^\circ \text{C}$  برابر  $5$  گرم است؛ بنابراین مقدار  $\text{KClO}_3$  موجود در محلول در دمای  $20^\circ \text{C}$  برابر است با:

$$\text{KClO}_3 \text{ موجود در محلول ثانویه} = 49 \text{ g KClO}_3 \times \frac{5 \text{ g KClO}_3}{105 \text{ g محلول}} = 23 \text{ g KClO}_3$$

$$\text{جرم آب موجود در محلول ثانویه} = 1029 - 49 = 980 \text{ g}$$

بنابراین در محلول سیرشده اولیه،  $294 \text{ g}$  (۲۴۵+۴۹) پتاسیم کلرات در  $980$  گرم آب حل شده است. اکنون انحلال پذیری  $\text{KClO}_3$  را در این شرایط محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g KClO}_3 = 100 \text{ g محلول} \times \frac{294 \text{ g KClO}_3}{980 \text{ g محلول}} = 30 \text{ g KClO}_3$$

حال با مشاهده نمودار، انحلال پذیری  $\text{KClO}_3$  در دمای  $70^\circ \text{C}$ ، برابر  $30$  گرم است و طی این فرایند دمای محلول  $50^\circ \text{C}$  (۷۰-۲۰) کاهش یافته است.

طبق قانون هنری، در دمای ثابت، انحلال پذیری یک گاز با فشار گاز رابطه مستقیم و خطی با عرض از مبدأ صفر دارد.

$$\text{قانون هنری} \Rightarrow S = kP \Rightarrow \frac{S_2}{S_1} = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow \frac{S_2}{S_1} = \frac{4}{1} \Rightarrow S_2 = \frac{0.88 \text{ g CO}_2}{100 \text{ g H}_2\text{O}}$$

انحلال پذیری گاز  $\text{CO}_2$  در نوشابه در فشارهای  $4 \text{ atm}$  و  $1 \text{ atm}$  به ترتیب برابر  $0.22$  و  $0.88$  گرم در  $100$  گرم نوشابه است. برای حل مسئله ابتدا مقدار  $\text{CO}_2$  موجود در  $1/5$  لیتر نوشابه را در هر کدام از شرایط محاسبه می‌کنیم:

$$1 \text{ atm} \text{ فشار} \text{ CO}_2 = 3/3 \text{ g CO}_2 = \frac{0.22 \text{ g CO}_2}{100 \text{ g نوشابه}} \times \frac{1 \text{ g نوشابه}}{1 \text{ mL نوشابه}} \times \frac{10^3 \text{ mL نوشابه}}{1 \text{ L نوشابه}} = 22 \text{ g CO}_2$$

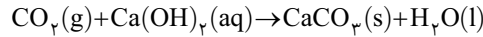
$$4 \text{ atm} \text{ فشار} \text{ CO}_2 = 13/2 \text{ g CO}_2 = \frac{0.88 \text{ g CO}_2}{100 \text{ g نوشابه}} \times \frac{1 \text{ g نوشابه}}{1 \text{ mL نوشابه}} \times \frac{10^3 \text{ mL نوشابه}}{1 \text{ L نوشابه}} = 88 \text{ g CO}_2$$

سپس جرم  $\text{CO}_2$  خارج شده از نوشابه را به دست می‌آوریم:

$$\text{جرم CO}_2 \text{ خارج شده از نوشابه} = 13/2 - 3/3 = 9/9 \text{ g CO}_2$$

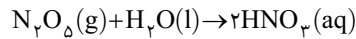


اکنون با توجه به معادله موازنه شده زیر، جرم کلسیم کربنات تولید شده از واکنش گاز  $\text{CO}_2$  و محلول کلسیم هیدروکسید را محاسبه می‌کنیم:



روش اول (کسر تبدیل):  $? \text{g CaCO}_3 = 9/9 \text{g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{100 \text{g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 22/5 \text{g CaCO}_3$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{جرم CO}_2 \text{ مصرفی}}{\text{جرم مولی CO}_2} = \frac{\text{جرم CaCO}_3 \text{ تولیدی}}{\text{جرم مولی CaCO}_3} \Rightarrow \frac{9}{44} = \frac{x}{100} \Rightarrow x = 22/5 \text{g CaCO}_3$



۹ ۳ معادله انحلال دی‌نیتروژن پنتا اکسید در آب:

ابتدا به کمک pH محلول حاصل، غلظت اسید قوی نیتریک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{pH} = 1/3 \Rightarrow \text{M} = [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1/3} = 10^{-2+0/3} = 10^{-2} \times 10^{0/3} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس با یکی از روش‌های زیر، جرم  $\text{N}_2\text{O}_5$  حل شده در ۳۰۰ میلی‌لیتر (۰/۳L) آب را به دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

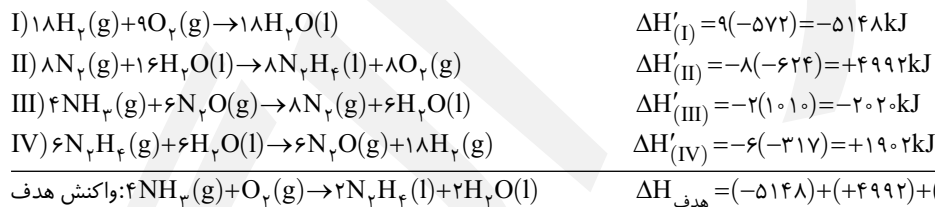
$$? \text{g N}_2\text{O}_5 = 0/3 \text{L محلول} \times \frac{5 \times 10^{-2} \text{ mol HNO}_3}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_5}{2 \text{ mol HNO}_3} \times \frac{108 \text{g N}_2\text{O}_5}{1 \text{ mol N}_2\text{O}_5} \times \frac{100 \text{g N}_2\text{O}_5 \text{ ناخالص}}{60 \text{g N}_2\text{O}_5 \text{ خالص}} = 1/35 \text{g N}_2\text{O}_5$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم ناخالص N}_2\text{O}_5}{100} \times \frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول HNO}_3}{\text{ضریب}} = \frac{x \times \frac{60}{100}}{1 \times 108} \Rightarrow x = 1/35 \text{g N}_2\text{O}_5$$

۱۰ ۴ ابتدا به کمک معادله‌های داده شده، آنتالپی واکنش  $4\text{NH}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  را محاسبه می‌کنیم. به این منظور معادله (I)

را در عدد ۹ ضرب می‌کنیم، معادله (II) را قرینه و در عدد ۸ ضرب می‌کنیم، معادله (III) را قرینه و در عدد ۲ ضرب می‌کنیم و معادله (IV) را قرینه و در عدد ۶ ضرب می‌کنیم:



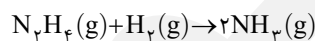
سپس گرمای حاصل از مصرف ۶/۸ گرم آمونیاک را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ kJ} = 6/8 \text{g NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{g NH}_3} \times \frac{274 \text{ kJ}}{4 \text{ mol NH}_3} = 27/4 \text{ kJ}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم آمونیاک مصرفی}}{\text{جرم مولی NH}_3} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{6/8}{17} = \frac{Q}{274} \Rightarrow Q = 27/4 \text{ kJ}$$

روش دوم (تناسب):



۱۱ ۳ ابتدا گرمای حاصل از مصرف ۴۰ گرم هیدرازین با خلوص ۶۰٪ در واکنش مقابل محاسبه می‌کنیم:

محاسبه  $\Delta H$  واکنش: [مجموع آنتالپی پیوند مواد فرآورده] - [مجموع آنتالپی پیوند مواد واکنش دهنده] = واکنش  $\Delta H$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [\Delta H(\text{N-N}) + 4\Delta H(\text{N-H}) + \Delta H(\text{H-H})] - [6\Delta H(\text{N-H})]$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [164 + (4 \times 390) + 436] - [6 \times 390] = 164 + 436 - 2340 = -180 \text{ kJ}$$

$$? \text{ kJ} = 40 \text{g N}_2\text{H}_4 \times \frac{60 \text{g N}_2\text{H}_4 \text{ خالص}}{100 \text{g N}_2\text{H}_4 \text{ ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{H}_4}{32 \text{g N}_2\text{H}_4} \times \frac{180 \text{ kJ}}{1 \text{ mol N}_2\text{H}_4} = 135 \text{ kJ}$$

محاسبه گرمای حاصل:

سپس محاسبه می‌کنیم که از سوختن چند لیتر اتن، ۱۳۵kJ گرما آزاد می‌شود:

محاسبه آنتالپی سوختن اتن:

تفاوت آنتالپی سوختن پروپن و بوتن = تفاوت آنتالپی سوختن اتن و پروپن

$$\Rightarrow (-2058) - \Delta H_{\text{سوختن}}(\text{C}_2\text{H}_6) = (-2690) - (-2058) \Rightarrow \Delta H_{\text{سوختن}}(\text{C}_2\text{H}_6) = -1426 \text{ kJ}$$

محاسبه حجم اتن:

$$? \text{ L C}_2\text{H}_6 = 135 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{1426 \text{ kJ}} \times \frac{28 \text{g C}_2\text{H}_6}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} \times \frac{1 \text{ L C}_2\text{H}_6}{1/25 \text{g C}_2\text{H}_6} = 2/1 \text{ L C}_2\text{H}_6$$



با توجه به معادله واکنش، کاهش جرم واکنش به دلیل تولید گاز  $\text{CO}_2$  و خروج آن از ظرف واکنش است، بنابراین جرم اولیه کلسیم کربنات را  $m$  گرم در نظر

می‌گیریم و آن را محاسبه می‌کنیم:  $\text{محلول } 50.0\text{g} = \frac{\text{محلول } 1/25\text{g} \times \text{محلول } 40.0\text{mL}}{1\text{mL}} = \text{جرم محلول اولیه HCl}$

$\text{جرم CO}_2 \text{ تولید شده} = \frac{22}{100} \times (\text{جرم واکنش دهنده‌ها}) = \frac{22}{100} (50.0 + m)$

$m \text{ g CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CaCO}_3} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = \frac{22}{100} (50.0 + m) \Rightarrow m = 50.0\text{g}$

اکنون که مقدار  $m$  را محاسبه کردیم، جرم  $\text{CO}_2$  تولید شده در مدت ۵۰ دقیقه از واکنش را محاسبه کرده و به کمک آن سرعت متوسط واکنش را به دست می‌آوریم:

$\text{جرم CO}_2 = \frac{22}{100} (50.0 + 50.0) = 22.0\text{g CO}_2$  (جرم واکنش دهنده‌ها)

$\left. \begin{aligned} \Delta n(\text{CO}_2) &= \frac{22.0\text{g}}{44\text{g mol}^{-1}} = 0.5\text{mol CO}_2 \\ \Delta t &= 50\text{min} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \bar{R}(\text{CO}_2) = \frac{0.5\text{mol}}{50\text{min}} = 0.01\text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$

محاسبه سرعت متوسط واکنش:  $\bar{R}(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(\text{CO}_2)}{\text{ضریب}} = \frac{0.01\text{mol} \cdot \text{min}^{-1}}{1} = 0.01\text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$



با توجه به قانون پایستگی جرم، تفاوت جرم فراورده‌ها و استر مربوط به آب است، بنابراین از جرم آب می‌توان تعداد اتم‌های کربن موجود در مولکول استر اولیه را به دست آورد:

$\text{جرم آب مصرفی} = 52/8 - 47/4 = 5/4\text{g}$

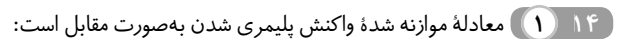
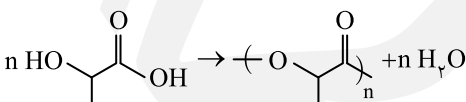
روش اول (کسر تبدیل):  $M = 158\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow \text{استر } 47/4\text{g} = \frac{M \text{ استر}}{1 \text{mol استر}} \times \frac{1 \text{mol استر}}{18 \text{g H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{mol H}_2\text{O}}{18 \text{g H}_2\text{O}} \times 5/4\text{g H}_2\text{O}$

روش دوم (تناسب):  $M = 158\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow \frac{\text{جرم استر مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{5/4}{1 \times 18} = \frac{47/4}{1 \times M}$

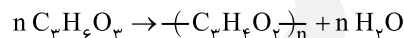
فرمول کلی استرها به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  است، بنابراین تعداد اتم‌های کربن موجود در مولکول استر ( $n$ ) برابر است با:

$12n + 2n + 2(16) = 158 \Rightarrow n = 9$

در هر مولکول این استر ۹ اتم کربن وجود دارد، پس فرمول استر مورد نظر  $\text{C}_9\text{H}_{18}\text{O}_2$  است و ساختار گزینه (۱) را می‌توان به آن نسبت داد.



به معادله موازنه شده آن که در آن فرمول مولکولی مواد نوشته شده توجه کنید:



توجه: مونومر سازنده این پلیمر تراکمی خود دارای گروه‌های عاملی الکلی و کربوکسیلی است.

اکنون مقدار مول و جرم مونومر مصرفی و جرم آب تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

قسمت اول:  $\text{مونومر } 2\text{mol} = \frac{\text{مونومر } n \text{ mol}}{1 \text{mol پلیمر}} \times \frac{\text{پلیمر } 14/4\text{g}}{(\gamma 2n) \text{g پلیمر}} \times \text{مونومر } ? \text{ mol}$

قسمت دوم:

$\left. \begin{aligned} \text{مونومر } 9\text{g} &= \frac{\text{مونومر } 9\text{g}}{1 \text{mol مونومر}} \times \text{مونومر } 2\text{mol} = 18\text{g مونومر} \\ \text{جرم H}_2\text{O} &= \frac{n \text{ mol H}_2\text{O}}{n \text{ mol مونومر}} \times \frac{18\text{g H}_2\text{O}}{1 \text{mol H}_2\text{O}} = 3/6\text{g H}_2\text{O} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\text{جرم مونومر}}{\text{جرم آب}} = \frac{18}{3/6} = 5$

روش دوم (تناسب):

$\frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم مونومر}}{\text{مقدار مول مونومر}} = \frac{\text{جرم پلیمر}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{14/4\text{g}}{1 \times \gamma 2n} = \frac{x \text{ mol مونومر}}{n} = \frac{y \text{ g مونومر}}{n \times 90} = \frac{z \text{ g H}_2\text{O}}{n \times 18}$

$\Rightarrow x = 2\text{mol مونومر}, y = 18\text{g مونومر}, z = 3/6\text{g H}_2\text{O}$

نسبت جرم مونومر مصرفی و آب تولیدی برابر  $5 \left( \frac{18}{3/6} \right)$  است.

۱۵) ابتدا از pH محلول ثانویه، غلظت  $H^+$  را در محلول ثانویه محاسبه می‌کنیم:

$$pH = 3/3 \Rightarrow [H^+]_p = 10^{-pH} = 10^{-3/3} = 10^{-1} = 10^{-3+0/3} = 10^{-3} \times 10^{0/3} = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس به کمک غلظت  $H^+$  و ثابت یونش اسید، غلظت محلول ثانویه را به دست می‌آوریم:

$$K_a = \frac{M_p \alpha_p^2}{1 - \alpha_p} \xrightarrow{K_a < 10^{-2}} K_a = M_p \alpha_p^2 \xrightarrow{[H^+]_p = M_p \alpha_p} K_a = [H^+]_p \alpha_p \Rightarrow 2 \times 10^{-5} = (5 \times 10^{-4}) \alpha_p \Rightarrow \alpha_p = 4 \times 10^{-2}$$

$$[H^+]_p = M_p \alpha_p \Rightarrow 5 \times 10^{-4} = M_p \times (4 \times 10^{-2}) \Rightarrow M_p = 1/25 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون به کمک رابطه رقیق‌سازی، حجم محلول اولیه ( $V_1$ ) را محاسبه می‌کنیم:

$$M_{\text{غلظت}} \times V_{\text{غلظت}} = M_{\text{رقیق}} \times V_{\text{رقیق}} \Rightarrow 0.5 \times V_1 = (1/25 \times 10^{-2}) \times (V_1 + 300) \Rightarrow 4V_1 = V_1 + 300 \Rightarrow V_1 = 100 \text{ mL}$$

۱۶) با توجه به منفی بودن عدد نمایش داده شده در نمایشگر ولت‌سنج می‌توان نتیجه گرفت که نیم‌سلول آهن نقش آند داشته و از جرم تیغه آهنی کاسته می‌شود و

نیم‌سلول SHE نقش کاتد را دارد و به تدریج از غلظت  $H^+$  موجود در محلول آن کاسته می‌شود. با توجه به صورت مسئله، pH اولیه محلول برابر صفر

( $pH = \log 1 = 0$ ) است و با گذشت زمان pH به ۰/۷ می‌رسد، ابتدا به کمک این اطلاعات و حجم محلول نیم‌سلول کاتدی، مقدار مول مصرفی  $H^+$  را محاسبه می‌کنیم:

$$H^+ \text{ غلظت اولیه} = 1 \text{ mol.L}^{-1} \quad H^+ \text{ غلظت ثانویه} = 10^{-0.7} = 10^{-1+0.3} = 10^{-1} \times 10^{0.3} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

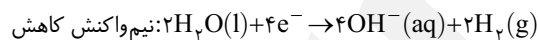
$$\text{مصرفی } H^+ = \frac{(1 - 0.2) \text{ mol } H^+}{1 \text{ L محلول کاتدی}} = 0.8 \text{ mol } H^+$$

اکنون با توجه به معادله کلی واکنش انجام شده می‌توانیم کاهش جرم تیغه آهنی را به دست آوریم:

$$Fe(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + H_2(g)$$

$$? \text{ g Fe} = 0.8 \text{ mol } H^+ \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{2 \text{ mol } H^+} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 8/96 \text{ g Fe} \text{ (کاهش جرم تیغه آهنی)}$$

۱۷) قسمت اول: در فرایند برکافت آب، الکترودی که به قطب منفی باتری متصل است، کاتد بوده و روی سطح آن مطابق معادله زیر، نیم‌واکنش کاهش



رخ می‌دهد:

$$? \text{ mol } OH^- = 12/0.4 \times 10^{22} e^- \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{6/0.2 \times 10^{23} e^-} \times \frac{4 \text{ mol } OH^-}{4 \text{ mol } e^-} = 0.2 \text{ mol } OH^-$$

$$\text{کاتد } OH^- \text{ غلظت در محلول کاتد} = \frac{0.2 \text{ mol}}{4 \text{ L}} = 0.05 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pOH = -\log[OH^-] \text{ کاتد} = -\log(0.05) = 2 - \log 5 = 2 - 0.7 = 1.3$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - 1.3 = 12.7$$

قسمت دوم: معادله واکنش انجام شده در سلول سوختی «متان-اکسیژن» به صورت روبرو است:

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

$$? \text{ g } CO_2 = 12/0.4 \times 10^{22} e^- \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{6/0.2 \times 10^{23} e^-} \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{4 \text{ mol } e^-} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 1/1 \text{ g } CO_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{شمار الکترون}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم کربن دی‌اکسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{12/0.4 \times 10^{22}}{8 \times 6/0.2 \times 10^{23}} = \frac{x}{1 \times 44} \Rightarrow x = 1/1 \text{ g } CO_2$$

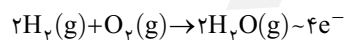
روش دوم (تناسب):

۱۸) ابتدا بازده سلول سوختی «هیدروژن-اکسیژن» را به کمک ولتاژ سلول محاسبه می‌کنیم:

$$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = 1/2 - 0 = 1/2 \text{ V}$$

$$\text{بازده سلول سوختی} = \frac{\text{ولتاژ عملی}}{\text{ولتاژ نظری}} \times 100 = \frac{0.72 \text{ V}}{1/2 \text{ V}} \times 100 = 72\%$$

سپس با توجه به معادله واکنش انجام شده در سلول سوختی «هیدروژن-اکسیژن» مقدار مول الکترون‌های تولید شده در این سلول سوختی را محاسبه می‌کنیم:



$$? \text{ mol } e^- = 35 \text{ L } O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{22.4 \text{ L } O_2} \times \frac{4 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{60}{100} = 37/5 \text{ mol } e^-$$

بازده سلول

این مقدار الکترون در آبکاری تعدادی کره فلزی با فلز طلا مصرف می‌شود. در ادامه مقدار طلائی که با این مقدار الکترون می‌توان روی کره‌های فلزی را آبکاری کرد،



محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g Au} = 37/5 \text{ mol } e^- \times \frac{1 \text{ mol Au}}{3 \text{ mol } e^-} \times \frac{197 \text{ g Au}}{1 \text{ mol Au}} = 2462/5 \text{ g Au}$$

در ادامه محاسبه می‌کنیم که روی هر کره چند طلا قرار می‌گیرد و سپس تعداد کره‌هایی که می‌توان این‌گونه آبکاری کرد را به دست می‌آوریم:

$$\text{حجم هر گوی} = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3 \times (\frac{5}{100})^3 = 500 \text{ cm}^3$$

$$\text{جرم طلای قرار گرفته روی هر گوی} = (\frac{0.5}{100} \times 500) \text{ cm}^3 \text{ Au} \times \frac{19.7 \text{ g Au}}{1 \text{ cm}^3 \text{ Au}} = 49.25 \text{ g Au}$$

$$\text{تعداد گوی‌هایی که می‌توان آبکاری کرد} = \frac{2462/5}{49.25} = 50$$

با توجه به اینکه در ابتدای واکنش هیچ فراورده‌ای در ظرف تعادل وارد نشده و پس از رسیدن به تعادل یک مول  $\text{NH}_3$  از ظرف واکنش خارج شده، می‌توان برای راحتی در حل تست با توجه به معادله واکنش  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$  این‌گونه تصور کرد که در ابتدا  $\frac{1}{2}$  مول  $\text{H}_2$  از

ظرف واکنش خارج شده‌اند.  $[\text{H}_2]_{\text{اولیه}} = \frac{4-1/5}{5} = 0.7 \text{ mol.L}^{-1}$   $[\text{N}_2]_{\text{اولیه}} = \frac{4-0/5}{5} = 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$

به جدول تغییر غلظت مواد توجه کنید:

با توجه به اطلاعات مسئله، غلظت تعادلی  $\text{NH}_3$  برابر  $\frac{0}{2}$  مول است، پس:

$$\text{غلظت تعادلی } \text{NH}_3 = 2x = 0/2 \Rightarrow x = 0/1$$

پس غلظت تعادلی گونه‌های موجود در تعادل را محاسبه می‌کنیم:

$$[\text{NH}_3]_{\text{تعادلی}} = 0/2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2]_{\text{تعادلی}} = 0/5 - 3x = 0/5 - 3 \times 0/1 = 0/2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{N}_2]_{\text{تعادلی}} = 0/7 - x = 0/7 - 0/1 = 0/6 \text{ mol.L}^{-1}$$

	$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$		
غلظت اولیه	0/7	0/5	0
تغییر غلظت	-x	-3x	2x
غلظت تعادلی	0/7-x	0/5-3x	2x

$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = \frac{(0/2)^2}{(0/6) \times (0/2)^3} = \frac{2^2 \times 10^{-2}}{6 \times 2^3 \times 10^{-4}} = \frac{100}{12} = 25$$

اکنون ثابت تعادل واکنش  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$  را به دست می‌آوریم:

با توجه به جدول داده شده در صورت تست، به‌ازای طی هر کیلومتر، مبدل کاتالیستی از ورود  $5/43$  گرم کربن مونوکسید،  $1/57$  گرم  $\text{C}_x\text{H}_y$  و  $1/01$  گرم نیتروژن مونوکسید جلوگیری می‌کند که در مجموع از ورود  $8/01$  گرم از سه آلاینده به هوا کره جلوگیری می‌شود.

قسمت اول: محاسبه جرم آلاینده‌هایی که مبدل کاتالیستی حذف می‌کند:

$$\text{آلاینده } 1 \text{ ton} \times \frac{1 \text{ g آلاینده}}{1 \text{ km مسافت}} \times \frac{8/01 \text{ g}}{40 \text{ km مسافت خودرو}} = 192/2 \text{ ton آلاینده}$$

قسمت دوم: در میان سه آلاینده،  $\text{CO}$  و  $\text{NO}$  دارای مولکول‌های قطبی هستند و نقطه جوش  $\text{CO}$  کمتر از  $\text{NO}$  است؛ زیرا جرم مولی کمتری دارد.

$$\left. \begin{array}{l} ? \text{ mol CO} \\ ? \text{ mol NO} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{درصد مولی } \text{CO} \text{ در گازهای قطبی} = \frac{0/2}{0/2+0/01} \times 100 = 95/24$$