

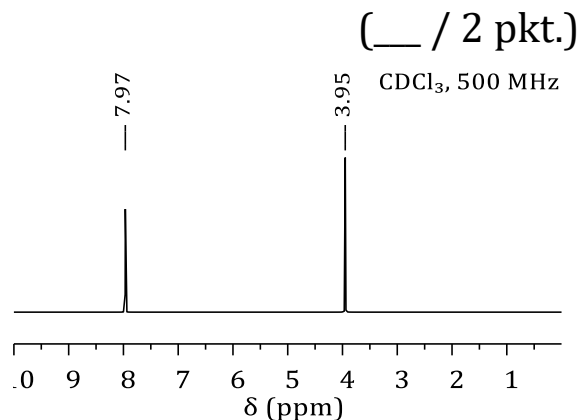
Finał XXIX Edycji Ogólnopolskiego Konkursu Chemicznego

Wygraj Indeks

Uwaga! W zadaniach za warunki normalne przyjęto: $p^\circ = 10^5 \text{ Pa}$, $T^\circ = 0^\circ\text{C}$, $V_m = 22,7 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$.

Zadanie 1

W celu ustalenia struktury pewnego związku organicznego zawierającego wyłącznie atomy węgla, wodoru i tlenu poddano spalaniu jego próbkę o masie 2,000 g. W wyniku spalania powstało 2,339 dm³ ditlenku węgla i 0,928 cm³ wody (warunki normalne). Ustal wzór empiryczny i rzeczywisty związku wiedząc, że wyznaczona ebuliometrycznie masa molowa to ok. 194 $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$. Na podstawie obliczeń i wyników pomiaru ¹H NMR zaproponuj wzór strukturalny związku.



$$n_{\text{CO}_2} = \frac{V}{V^\circ} = \frac{2,339}{22,7} = 0,103 \text{ mol}$$

$$n_{\text{C}} = 0,103 \text{ mol}$$

$$m_{\text{C}} = nM = 1,237 \text{ g}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{dV}{M} = \frac{1 \cdot 0,928}{18,01} = 0,052 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}} = 0,103 \text{ mol}$$

$$m_{\text{H}} = 0,103 \text{ g}$$

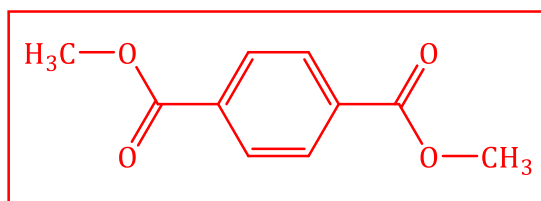
$$m_{\text{O}} = m_s - (m_{\text{C}} + m_{\text{H}}) = 2,000 - 1,237 - 0,103 = 0,660 \text{ g}$$

$$n_{\text{O}} = \frac{m}{M} = 0,041 \text{ mol}$$

$$\text{C} : \text{H} : \text{O} = 0,103 : 0,103 : 0,041 = 2,5 : 2,5 : 1 = 5 : 5 : 2$$

$$\text{Wzór empiryczny: } \boxed{\text{C}_5\text{H}_5\text{O}_2} \quad M = 97,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\text{Wzór rzeczywisty: } \boxed{\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4} \quad M = 194,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$



Zadanie 2

(__ / 2 pkt.)

Oblicz pH roztworu powstałego poprzez rozpuszczenie 5,00 g octanu wapnia w 0,50 dm³ wody. Pomiń wpływ siły jonowej i przyjmij $pK_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 4,757$.

$$n_s = \frac{m}{M} = \frac{5,00}{158,18} = 0,0316 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = 2 \cdot n_s = 0,0632 \text{ mol}$$

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0,0632}{0,50} = 0,126 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$



$$K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{10^{-4,757}} = 5,71 \cdot 10^{-10}$$

$$K_b = 5,71 \cdot 10^{-10} = \frac{x^2}{c - x}$$

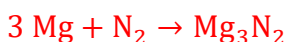
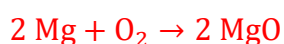
$$x = [\text{OH}^-] \approx \sqrt{K_b c} = \sqrt{5,71 \cdot 10^{-10} \cdot 0,126} = 8,48 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$\text{pH} = 14 - (-\log[\text{OH}^-]) = 14 - 5,07 = \boxed{8,93}$$

Zadanie 3

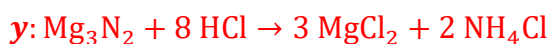
(__ / 2 pkt.)

W powietrzu spalono odcinek taśmy magnezowej. Powstały popiół roztworzono w 0,060 dm³ roztworu kwasu solnego o stężeniu 1,00 mol/dm³. Na zobojętnienie pozostałego w roztworze kwasu zużyto 0,012 dm³ roztworu wodorotlenku sodu o stężeniu 1,00 mol/dm³. W kolejnym etapie roztwór zalkalizowano nadmiarem NaOH i zagotowano. Wydzielający się gaz wprowadzono do pochłaniacza zawierającego 0,010 dm³ roztworu HCl o stężeniu 1,00 mol/dm³. Do zobojętnienia roztworu z pochłaniacza zużyto następnie 0,006 dm³ roztworu NaOH o stężeniu 1,00 mol/dm³. Oblicz masę spalonej taśmy magnezowej oraz procentowy skład popiołu.



$$\begin{cases} 2x + 8y = 0,060 \cdot 1,00 - 0,012 \cdot 1,00 = 0,048 \text{ mol} \\ 2y = 0,01 \cdot 1,00 - 0,006 \cdot 1,00 = 0,004 \text{ mol} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 0,016 \text{ mol} \\ y = 0,002 \text{ mol} \end{cases}$$



$$\begin{aligned} m_{\text{Mg}} &= M_{\text{Mg}} \cdot (x + 3y) = 24,3 \cdot (0,016 + 3 \cdot 0,002) \\ &= 24,3 \cdot 0,022 = \boxed{0,53 \text{ g}} \end{aligned}$$



$$m_{\text{MgO}} = x \cdot M_{\text{MgO}} = 0,016 \cdot 40,31 = 0,645 \text{ g}$$

$$m_{\text{Mg}_3\text{N}_2} = y \cdot M_{\text{Mg}_3\text{N}_2} = 0,002 \cdot 100,95 = 0,202 \text{ g}$$

$$m_{\text{pop}} = m_{\text{MgO}} + m_{\text{Mg}_3\text{N}_2} = 0,645 + 0,202 = \boxed{0,847 \text{ g}}$$

$$\% \text{MgO} = \frac{0,645}{0,847} \approx \boxed{76\%}$$

$$\% \text{Mg}_3\text{N}_2 = \frac{0,202}{0,847} \approx \boxed{24\%}$$

Zadanie 4

(__ / 2 pkt.)

20 g azotanu(V) sodu rozpuszczono w 150 cm³ wody i przeprowadzono elektrolizę tego roztworu (elektrody platynowe). Po zakończeniu elektrolizy stężenie azotanu(V) sodu w roztworze wynosiło 15%. Oblicz sumaryczną objętość gazów (warunki normalne) wydzielonych w czasie elektrolizy.

$$c_p = \frac{m_s}{m_s + m_w}$$

$$m_{w2} = \frac{m_s}{c_{p2}} - m_s = \frac{20}{0,15} - 20 = 133,33 - 20 = 113,33 \text{ g}$$

$$\Delta m_w = m_{w1} - m_{w2} = 150 - 113,33 = 36,67 \text{ g}$$

$$\Delta n_w = \frac{36,67}{18,01} = 2,04 \text{ mol}$$

$$2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ H}_2 + \text{O}_2$$

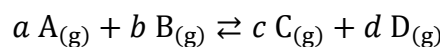
$$n_g = \frac{3}{2} \Delta n_w = 3,05 \text{ mol}$$

$$V_g = n_g V^\circ = \boxed{69,33 \text{ dm}^3}$$

Zadanie 5

(__ / 2 pkt.)

Ciśnieniową stałą równowagi reakcji K_p definiuje się w oparciu o ciśnienia cząstkowe gazowych reagentów w mieszaninie reakcyjnej po osiągnięciu stanu równowagi. Ogólne wyrażenie na K_p dla reakcji chemicznej o równaniu:

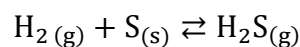


przyjmuje postać:

$$K_p = \frac{\left(\frac{p_C}{p^\circ}\right)^c \left(\frac{p_D}{p^\circ}\right)^d}{\left(\frac{p_A}{p^\circ}\right)^a \left(\frac{p_B}{p^\circ}\right)^b}$$

gdzie: p_i są ciśnieniami cząstkowymi poszczególnych reagentów gazowych.

W zamkniętym naczyniu przeprowadzono reakcję (w temperaturze T):



Stwierdzono, że po osiągnięciu przez układ stanu równowagi, ciśnienie w naczyniu wynosiło 10⁵ Pa. Wiedząc, że ciśnieniowa stała równowagi tej reakcji w temperaturze T wynosi $K_p = 7$, oblicz ciśnienia cząstkowe reagentów w stanie równowagi. W równaniu reakcji „(g)” oznacza fazę gazową, a „(s)” – stałą.

$$K_p = \frac{\left(\frac{p_{\text{H}_2\text{S}}}{p^\circ}\right)^1}{\left(\frac{p_{\text{H}_2}}{p^\circ}\right)^1} = \frac{p_{\text{H}_2\text{S}}}{p_{\text{H}_2}} = 7$$

$$\begin{cases} p_c = 10^5 = p_{\text{H}_2\text{S}} + p_{\text{H}_2} \\ K_p = 7 = \frac{p_{\text{H}_2\text{S}}}{10^5 - p_{\text{H}_2\text{S}}} \end{cases}$$

$$\boxed{\begin{cases} p_{\text{H}_2\text{S}} = 8,75 \cdot 10^4 \text{ Pa} \\ p_{\text{H}_2} = 1,25 \cdot 10^4 \text{ Pa} \end{cases}}$$

Brudnopis

Uwaga: Odpowiedzi staraj się zamieścić w wyznaczonych polach. Jeśli chcesz w tym miejscu umieścić rozwiązanie dowolnego zadania, to zaznacz to wyraźnie przy jego numerze na wcześniejszych stronach oraz zaznacz poniżej numer zadania, którego dotyczy odpowiedź.