

Zadanie 1. (4 pkt)

W mieszaninie gazowej ułamek wagowy chloru wynosi 0,15. Suma ciśnień cząstkowych tlenu oraz azotu wynosi 2100 hPa, a ułamek molowy azotu wynosi 0,25. Temperatura mieszaniny gazowej wynosi 260 K, a jej objętość jest równa 180 dm³. Wyniki podaj z dokładnością do 3 cyfr znaczących.

a) Oblicz objętość ciekłego chloru (cm³) o gęstości 1,56 g/cm³, jaką można uzyskać z powyższej mieszaniny gazowej (zakładając pełne wyizolowanie i skroplenie chloru).

$$n_{O_2+N_2} = \frac{pV}{RT} = \frac{2100 \text{ hPa} \cdot 180 \text{ dm}^3}{83,14 \frac{\text{hPa} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 280 \text{ K}} = 17,485 \text{ mol}$$

$$0,15 = \frac{m_{Cl_2}}{m_{Cl_2} + m_{O_2} + m_{N_2}}$$

$$0,15 = \frac{71 \cdot (n_{całk.} - 17,485)}{71 \cdot (n_{całk.} - 17,485) + 32 \cdot (17,485 - 0,25 n_{całk.}) + 28 \cdot 0,25 n_{całk.}}$$

$$n_{całk.} = 18,829 \text{ mol}$$

$$n_{Cl_2} = 1,344 \text{ mol}; m_{Cl_2} = 95,424 \text{ g} \Rightarrow V = 61,2 \text{ cm}^3$$

Poprawna metoda rozwiązania zadania	1 p
Poprawne obliczenia i zapisanie wyniku z odpowiednią dokładnością	1 p

b) Oblicz minimalną kubaturę pomieszczenia (w m³), w którym uwolnienie całego chloru z mieszaniny spowoduje stężenie równe wartości IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health – stężenie natychmiastowo niebezpieczne dla życia lub zdrowia), wynoszącej 10 ppm (parts per million – części na milion, wyrażone objętościowo). Przyjmij temperaturę 298 K i ciśnienie 1013 hPa, przy równomiernym mieszaniu gazu.

$$V_{gazu} = \frac{nRT}{p} = \frac{1,344 \text{ mol} \cdot 83,14 \frac{\text{hPa} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{ K}}{1013 \text{ hPa}} = 0,03287 \text{ m}^3$$

$$V_{pomieszczenia} = \frac{0,03287 \text{ m}^3}{1 \cdot 10^{-5}} = 3,29 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

Poprawna metoda rozwiązania zadania	1 p
Poprawne obliczenia i zapisanie wyniku z odpowiednią dokładnością	1 p

Zadanie 2. (4 pkt)

Podczas elektrolizy wodnego roztworu chlorku sodu w układzie bez przegrody, na anodzie zachodzi utlenianie jonów chlorkowych do chloru ($2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$) oraz częściowe utlenianie jonów hydroksylowych do tlenu ($4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$). Na katodzie wydzielą się wyłącznie wodór z redukcji wody ($2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$). Chlor nie jest obserwowany, gdyż w zasadowym środowisku elektrolitu ulega reakcji dysproporcjonacji do dwóch anionów, w których wartości bezwzględne stopni utlenienia chloru są sobie równe.

a) Oblicz, jaki procent ładunku elektrycznego przepływającego przez elektrolit jest zużywany na wydzielanie tlenu, jeśli objętościowy udział wodoru w mieszaninie gazów wynosi 85,00%, a tlenu – 15,00%.

$$\frac{V_{\text{H}_2}}{V_{\text{O}_2}} = \frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{O}_2}} = \frac{85}{15}$$

Przyjmijmy: $n_{\text{H}_2} = 85 \text{ mol}$; $n_{\text{O}_2} = 15 \text{ mol}$

Ładunek całkowity zależy od reakcji katodowej: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

$$n_{\text{elektr. H}_2} = 2 \cdot 85 \text{ mol} = 170 \text{ mol}$$

Ładunek dla reakcji: $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$

$$n_{\text{elektr. O}_2} = 4 \cdot 15 \text{ mol} = 60 \text{ mol}$$

$$\%Q = \frac{60}{170} \cdot 100\% = 35,3\%$$

Poprawna metoda rozwiązywania zadania	1 p
Poprawne obliczenia i zapisanie wyniku z odpowiednim zaokrągleniem	1 p

b) Zapisz, w formie jonowej skróconej, równanie reakcji jakiej ulega chlor. Współczynnik dobierz metodą bilansu jonowo-elektronowego pisząc równania procesów utleniania i redukcji.

Równanie procesu redukcji: $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$

Równanie procesu utleniania: $\text{Cl}_2 + 4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{ClO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$

Sumaryczne równanie reakcji: $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$

Poprawne zapisanie obu równań reakcji półokowych	1 p
Zapisanie poprawnie zbilansowanego sumarycznego równania reakcji	1 p

Zadanie 3. (4 pkt)

Podczas reakcji wytrącania chlorku srebra (AgCl) zachodzi równowaga: $\text{AgCl(s)} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$ z iloczynem rozpuszczalności K_s wynoszącym $1,8 \times 10^{-10}$. W obecności amoniaku tworzy się trwały kompleks według równania reakcji: $\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ze stałą tworzenia $\beta = 1,7 \times 10^7$.

a) Oblicz rzeczywistą masę osadu AgCl , który powstanie po zmieszaniu 100 cm^3 $0,10 \text{ mol/dm}^3$ roztworu azotanu srebra (AgNO_3) z 150 cm^3 $0,05 \text{ mol/dm}^3$ roztworu chlorku sodu (NaCl), uwzględniając rozpuszczalność AgCl w powstałym roztworze (reakcja stechiometryczna: $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl(s)}$).

$$n_{\text{Ag}^+} = 0,01 \text{ mol}; n_{\text{Cl}^-} = 0,0075 \text{ mol}$$

Równanie reakcji wytrącania: $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$ (czynnikiem limitującym są jony Cl^-)

Powstanie $0,0075$ mola AgCl ($1,0749 \text{ g}$) – masa rozpuszczonego AgCl , $\sqrt{K_s} \cdot M_{\text{AgCl}} \cdot V = 0,0005 \text{ g}$ – wartość zanedbywalnie mała

$$m_{\text{AgCl}} = 0,0075 \text{ mol} \cdot 143,32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,07 \text{ g}$$

Poprawna metoda rozwiązania zadania	1 p
Poprawne obliczenia i zapisanie wyniku końcowego z jednostką	1 p

b) Oblicz minimalną objętość $0,50 \text{ mol/dm}^3$ wodnego roztworu amoniaku (NH_3), w której rozpuści się $1,00 \text{ g}$ AgCl , uwzględniając dominującą rolę kompleksu $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ w zwiększaniu rozpuszczalności.

Równanie procesu rozpuszczania: $\text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^-$

$$n_{\text{AgCl}} = 0,00698 \text{ mol}; [[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+] = [\text{Cl}^-] = \frac{n_{\text{AgCl}}}{V}$$

$$K_{\text{procesu}} = \frac{[[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+] \cdot [\text{Cl}^-]}{[\text{NH}_3]^2} = \frac{(\frac{n_{\text{AgCl}}}{V})^2}{[\text{NH}_3]^2} = \frac{(\frac{n_{\text{AgCl}}}{V})^2}{(0,5 - 2 \cdot \frac{n_{\text{AgCl}}}{V})^2}$$

$$K_{\text{procesu}} = 1,8 \cdot 10^{-10} \cdot 1,7 \cdot 10^7 = 3,06 \cdot 10^{-3}$$

$$V = 280 \text{ cm}^3$$

Poprawna metoda rozwiązania zadania	1 p
Poprawne obliczenia i zapisanie wyniku końcowego z jednostką	1 p

Zadanie 4. (2 pkt)

Dwie próbki radionuklidów, których produkty rozpadu są gazami, ustawiono na szalkach wagi. Okresy półtrwania tych próbek wynosiły $T_{1/2L} = 0,25$ h i $T_{1/2P} = 0,5$ h. Masy początkowe tych próbek wynosiły $m_L = 20$ g i $m_P = 10$ g. Indeksy L i P oznaczają wartości odniesione do lewej i prawej szalki. Oblicz czas, po którym zrówna się położenie szalek wagi.

$$m_L(t) = 20 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{0,25}} = 20 \cdot 2^{-4t}$$

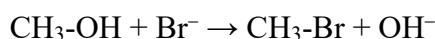
$$m_P(t) = 10 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{0,5}} = 10 \cdot 2^{-2t}$$

$$20 \cdot 2^{-4t} = 10 \cdot 2^{-2t} \Rightarrow t = 0,5 \text{ h}$$

Poprawna metoda rozwiązania zadania	1 p
Poprawne obliczenia i zapisanie wyniku końcowego z jednostką	1 p

Zadanie 5. (2 pkt)

Dana jest reakcja substytucji nukleofilowej:



O równaniu kinetycznym $v = k[\text{CH}_3\text{OH}][\text{Br}^-]$, gdzie $k = 0,0214 \text{ dm}^3/\text{mol} \cdot \text{s}$. Oblicz, jaką masę ma alkohol, który zmienia się w bromek metylu w czasie jednej sekundy, w 100 cm^3 mieszaniny reakcyjnej, jeżeli stężenia reagentów są jednakowe i wynoszą $0,1 \text{ mol/dm}^3$.

$$v = 0,0214 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{s}} \cdot 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 2,14 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$$

$$\Delta n_{\text{metanolu}} = 2,14 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}} \cdot 0,1 \text{ dm}^3 \cdot 1 \text{ s} = 2,14 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$m_{\text{metanolu}} = 0,685 \text{ mg}$$

Poprawna metoda rozwiązania zadania	1 p
Poprawne obliczenia i zapisanie wyniku końcowego z jednostką	1 p

Zadanie 6. (4 pkt)

Do 100 cm³ roztworu NaOH o stężeniu 0,15 mol/dm³ dodano kilka kropel roztworu fenoloftaleiny. Następnie wprowadzono stechiometryczną ilość stałego fenolu, a zawartość naczynia wymieszano aż do całkowitego zaniku substancji stałej. Załóż, że objętość roztworu nie uległa zmianie.

a) Za pomocą obliczeń wykaż, czy fenoloftaleina ulegnie całkowitemu odbarwieniu po zakończeniu reakcji. Potrzebne dane liczbowe zaczerpnij z najnowszych tablic maturalnych.

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,02 \cdot 10^{-10}} = 9,8 \cdot 10^{-5}; \frac{c_{soli}}{K_h} > 400$$

$$[OH^-] = \sqrt{K_h \cdot c_{soli}} = 3,83 \cdot 10^{-3} \frac{mol}{dm^3} \Rightarrow pOH = 2,42 \Rightarrow pH = 11,58$$

Zatem fenoloftaleina nie ulegnie całkowitemu odbarwieniu

Poprawna metoda rozwiązania zadania	1 p
Poprawne obliczenia i zapisanie wyniku końcowego oraz jego interpretacja	1 p

b) Oblicz, jakie maksymalne stężenie początkowe roztworu NaOH (w mol/dm³) należy zastosować, aby po dodaniu stechiometrycznej ilości stałego fenolu, roztwór osiągnął dolną granicę zakresu zmiany barwy zieleni malachitowej. Zakres zmiany barwy zieleni malachitowej: 11,5 - 13,0; w którym przechodzi z formy zielonej w bezbarwną). Wynik podaj z dokładnością do 3 cyfr znaczących.

$$pH = 11,5 \Rightarrow pOH = 2,5 \Rightarrow [OH^-] = 3,16 \cdot 10^{-3} \frac{mol}{dm^3}$$

$$K_h = 9,8 \cdot 10^{-5}$$

$$[OH^-] = \sqrt{K_h \cdot c_{soli}} \Rightarrow c_{soli} = 0,102 \frac{mol}{dm^3}$$

Poprawna metoda rozwiązania zadania	1 p
Poprawne obliczenia i zapisanie wyniku z odpowiednią dokładnością i jednostką	1 p

Zadanie 7. (5 pkt)

Próbkę organicznego związku A, zawierającego węgiel, wodór i chlor, poddano serii doświadczeń. Analiza elementarna związku A wykazała, że zawiera on 62,7% masowych chloru. Pierwszą część próbki A poddano działaniu wodnego roztworu KOH w warunkach łagodnej hydrolizy. Otrzymano organiczny związek B, który jest związkiem chiralnym. Drugą część próbki A ogrzewano z nadmiarem stężonego, alkoholowego roztworu KOH. W wyniku reakcji otrzymano gazowy produkt C, który charakteryzuje się następującymi właściwościami:

- odbarwia wodę bromową w stosunku molowym 1:2,
- w reakcji z amoniakalnym roztworem AgNO_3 wytrąca biały osad.

a) Wykonując stosowne obliczenia ustal wzór sumaryczny związku A.

Sprawdzamy masę molową dla pochodnej dichlorowej:

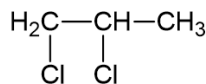
$$M_A = \frac{2 \cdot 35,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{0,627} = 113 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Brakująca masa ($113 \frac{\text{g}}{\text{mol}} - 71 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 42 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$) odpowiada grupie C_3H_6 -

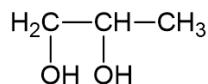
Zatem wzór sumaryczny związku A to $\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2$ (wyniki obliczeń dla innej liczby atomów chloru w cząsteczce związku A nie spełniają warunków określonych w zadaniu)

Poprawna metoda rozwiązywania zadania	1 p
Zapisanie wzoru sumarycznego związku A	1 p

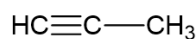
b) Podaj wzory półstrukturalne i nazwy systematyczne związków A, B i C.



związek A:
1,2-dichloropropan



związek B:
propano-1,2-diol



związek C:
propyn

Zapisanie wzorów półstrukturalnych i nazw systematycznych związków A, B, C

3 x 1 p