



**Zadanie 1. (4 pkt)**

Mieszaninę dwóch związków: chlorku metalu jednowartościowego oraz chlorku metalu dwuwartościowego, zmieszano w proporcji molowej 1:4. W kolbie stożkowej rozpuszczono 0,25 g tej mieszaniny, a następnie miareczkowano ją roztworem  $\text{AgNO}_3$  o stężeniu  $0,2 \text{ mol/dm}^3$ , którego zużyto  $22,4 \text{ cm}^3$ .

a) Oblicz zawartość chloru w tej mieszaninie w % masowych. Wynik podaj z dokładnością do 0,1%.

$$n_{\text{Cl}^-} = 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 0,224 \text{ dm}^3 = 4,48 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m_{\text{Cl}^-} = 4,48 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 35,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,1590 \text{ g}$$

$$\% \text{Cl} = \frac{m_{\text{Cl}}}{0,25 \text{ g}} \cdot 100\% = 63,6\%$$

**Poprawna metoda rozwiązania zadania**

**1 p**

**Poprawne obliczenia i zapisanie wyniku z odpowiednią dokładnością**

**1 p**

b) Wiedząc, że metal o stopniu utleniania +I stanowi 4,58% masy mieszaniny, ustal wzory chlorków wchodzących w jej skład.

Przyjmując 100 g mieszaniny mamy:

$$m_{\text{Cl całk.}} = 63,6 \text{ g}$$

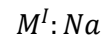
$$m_{\text{M}^I} = 4,58 \text{ g}$$

$$m_{\text{M}^{II}} = 31,82 \text{ g}$$

Skoro stosunek molowy soli  $\text{M}^I\text{Cl}$  do  $\text{M}^{II}\text{Cl}_2$  wynosi 1:4, to stosunek molowy jonów chlorkowych z soli I do jonów chlorkowych z soli II wynosi 1:8.

$$m_{\text{Cl w M}^I\text{Cl}} = \frac{1}{9} \cdot 63,6 \text{ g} = 7,07 \text{ g}$$

$$\frac{4,58 \text{ g}}{M_{\text{M}^I}} = \frac{7,07 \text{ g}}{35,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \Rightarrow M_{\text{M}^I} = 22,997 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 23 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \Rightarrow$$



**Poprawna metoda rozwiązania zadania**

**1 p**

**Poprawne obliczenia oraz podanie wzorów chlorków wchodzących w skład mieszaniny**

**1 p**



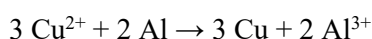


**Zadanie 2. (2 pkt)**

W roztworze  $\text{CuSO}_4$  o stężeniu  $0,2 \text{ mol/dm}^3$  i objętości  $3 \text{ dm}^3$  zanurzono blaszkę aluminiową o masie  $5 \text{ g}$ . O ile % zmieniła się masa tej blaszki, jeżeli w wyniku reakcji stężenie roztworu  $\text{CuSO}_4$  zmalało do wartości  $0,19 \text{ mol/dm}^3$ .

$$n_{\text{Cu}^{2+}} = 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 3 \text{ dm}^3 = 0,6 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Al}} = \frac{5 \text{ g}}{27 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,18 \text{ mol}$$



$$n'_{\text{Cu}^{2+}} = 0,19 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 3 \text{ dm}^3 = 0,57 \text{ mol}$$

$$\Delta n_{\text{Cu}} = 0,03 \text{ mol}$$

Zatem przybyło  $0,03$  mola miedzi oraz ubyło  $0,02$  mola glinu.

$$m_{\text{Cu}} = 0,03 \text{ mol} \cdot 64 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,92 \text{ g}$$

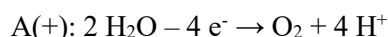
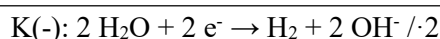
$$m_{\text{Al}} = 0,02 \text{ mol} \cdot 27 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,54 \text{ g}$$

$$\% \text{ zmiana masy} = \frac{1,92 \text{ g} - 0,54 \text{ g}}{5 \text{ g}} \cdot 100\% = 27,6\%$$

<b>Poprawna metoda rozwiązania zadania</b>	<b>1 p</b>
<b>Poprawne obliczenia i zapisanie wyniku</b>	<b>1 p</b>

**Zadanie 3. (2 pkt)**

Prowadzono elektrolizę wodnego roztworu  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  w taki sposób, że przestrzeń katodowa była oddzielona od przestrzeni anodowej porowatą przegrodą umożliwiającą powolny przepływ jonów. Objętości obu przestrzeni były jednakowe. Po elektrolizie stwierdzono, że pH przestrzeni katodowej wzrosło o 1. Jak zmieniło się pH przestrzeni anodowej? Odpowiedź uzasadnij, opisując tok rozumowania (możesz powołać się na równania reakcji odpowiednich procesów).



W trakcie prowadzenia procesu, pH wzrosło o 1, a zatem stężenie jonów  $\text{OH}^-$  w przestrzeni katodowej wzrosło dziesięciokrotnie. Zgodnie z powyższymi równaniami, zmiana stężenia jonów  $\text{OH}^-$  jest równa zmianie stężenia jonów  $\text{H}^+$ . pH w przestrzeni anodowej zmalało zatem o 1.

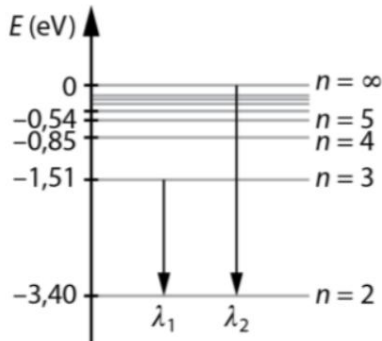
W przestrzeni katodowej objętość roztworu zmniejsza się bardziej, niż w przestrzeni anodowej, zatem wzrost pH roztworu w przestrzeni katodowej jest większy, niż 1 jednostka pH.

<b>Uzasadnienie uwzględniające tylko powstawanie takiej samej liczby jonów <math>\text{H}^+</math> i <math>\text{OH}^-</math> w obu przestrzeniach elektrodowych</b>	<b>1 p</b>
<b>Uzasadnienie uwzględniające dodatkowo większy ubytek objętości roztworu w przestrzeni katodowej, niż w przestrzeni anodowej</b>	<b>2 p</b>



**Zadanie 4. (7 pkt)**

a) Na rysunku przedstawiono przejścia pomiędzy poziomami energetycznymi w atomie wodoru. Fale o długościach  $\lambda_1$  i  $\lambda_2$  odpowiadają granicom serii Balmera. Zapisz relację pomiędzy długościami tych fal, oraz oblicz stosunek długości tych fal.



$$\frac{1}{\lambda} = R_H \cdot \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda_1} = R_H \cdot \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = R_H \cdot \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \frac{5}{36} R_H$$

$$\frac{1}{\lambda_2} = R_H \cdot \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) = \frac{1}{4} R_H$$

$$\lambda_1 = \frac{36}{5 R_H}, \lambda_2 = \frac{4}{R_H}$$

Zatem  $\lambda_1 > \lambda_2$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{9}{5} = 1,8$$

**Podanie relacji pomiędzy długościami fal lub obliczenie ich wartości bezwzględnych**

**1 p**

**Obliczenie i podanie stosunku długości fal**

**2 p**

b) W prostym modelu jądra atomowego zakładamy, że jest ono kulą, której promień obliczamy ze wzoru:  $R = R_0 \cdot \sqrt[3]{A}$ , gdzie  $R_0 = 1,2 \cdot 10^{-15}$  m, natomiast  $A$  to liczba masowa. Oszacuj gęstość jądra izotopu węgla  $^{13}\text{C}$ . Masy odpowiednich nukleonów zaczerpnij z tablic fizykochemicznych. Wynik podaj w jednostkach układu SI.

$$d = \frac{m}{V}$$

$$m = 6 \cdot m_p + 7 \cdot m_n = 6 \cdot 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg} + 7 \cdot 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 2,176 \cdot 10^{-26} \text{ kg} \text{ (masę jądra należało obliczyć pomijając energię wiązania nukleonów)}$$

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \pi (1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m} \cdot \sqrt[3]{13})^3 = 9,410 \cdot 10^{-44} \text{ m}^3$$

$$d = 2,312 \cdot 10^{17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**Poprawna metoda rozwiązania zadania**

**1 p**

**Poprawne obliczenia i zapisanie wyniku w  $\text{kg/m}^3$**

**1 p**

c) Spośród wymienionych izotopów wybierz takie dwa, którymi da się uzupełnić poniższe zdanie. Następnie podaj liczbę rozpadów w kolejnym zdaniu.

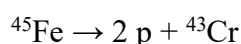


W wyniku kilku rozpadów alfa i beta minus, izotop  $^{234}\text{Th}$  może zmienić się w  $^{214}\text{Pb}$ . Aby tak się stało, musi zajść 5 rozpadów alfa i 2 rozpadów beta minus.

**Poprawne uzupełnienie luk w tekście**

**1 p**

d) Oblicz energię (MeV/mol) wydzieloną w rozpadzie zapisanym poniższym równaniem.



Masy cząstek występujących w reakcji to odpowiednio: jądro  $^{45}\text{Fe}$ : 45,00032 u,  $^{43}\text{Cr}$ : 42,98455 u, p: 1,00728 u.

$$\Delta m = 2 \cdot 1,00728 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 42,98455 \frac{\text{g}}{\text{mol}} - 45,00032 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = -1,21 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$$

$$E_{\text{wydzielona}} = |\Delta m| \cdot c^2 = 1,089 \cdot 10^{11} \frac{\text{J}}{\text{mol}} = 6,798 \cdot 10^{23} \frac{\text{MeV}}{\text{mol}}$$

**Poprawna metoda rozwiązania zadania**

**1 p**

**Poprawne obliczenia i zapisanie wyniku z jednostką**

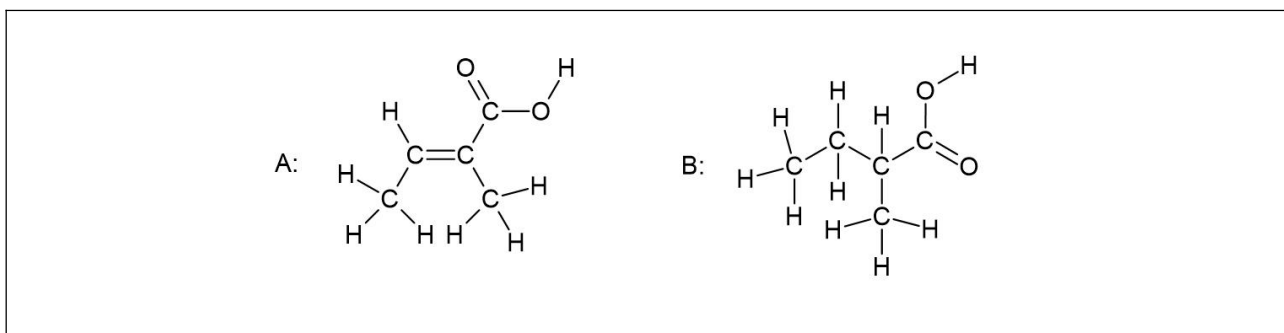
**1 p**

**Zadanie 5. (7 pkt)**

Kwas karboksylowy A (o wzorze sumarycznym  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$ ) posiada dwa stereoizomery geometryczne: *cis*-A' oraz *trans*-A''. Z obydwu stereoizomerów podczas ich uwodornienia ( $\text{Pt}/\text{H}_2$ ) powstaje ten sam racemiczny kwas karboksylowy B, który można rozdzielić na dwa enancjomery (+ oraz -). A' i A'' reagują szybko w roztworze  $\text{CCl}_4$  w ciemności przy  $20^\circ\text{C}$ , każdy z jednym molem bromu, dając w obydwu przypadkach związek C.



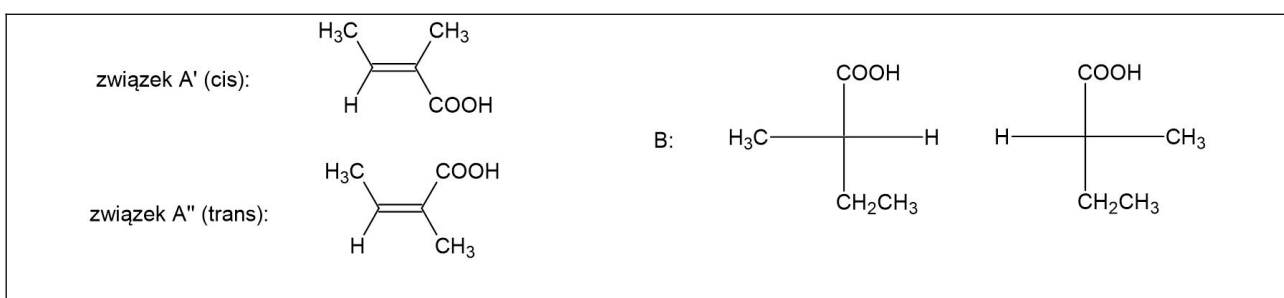
a) Podaj wzory strukturalne związków A i B.



**Za zapisanie wzorów strukturalnych związków A i B**

**1 p**

b) Napisz wzory przestrzenne A' i A'' oraz wzory projekcyjne Fischera dla związku B (bez uwzględniania + i -).



**Poprawne zapisanie wzorów przestrzennych A' i A''**

**1 p**

**Poprawne zapisanie wzorów projekcyjnych Fischera dla związku B**

**1 p**

c) Ile stereoizomerów związku C tworzy się w odpowiednich reakcjach A' lub A'' z bromem? Odpowiedź uzasadnij.

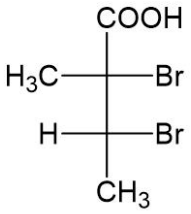
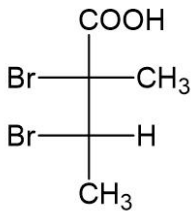
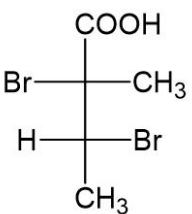
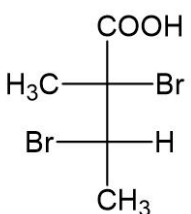
Związek C może istnieć w postaci czterech stereoizomerów, ponieważ po przyłączeniu bromu do podwójnego wiązania związku A powstają dwa centra chiralności (po dwa enancjomery dla każdego diastereoizomeru) (nie występuje forma mezo).

**Podanie prawidłowej odpowiedzi wraz z uzasadnieniem**

**1 p**

d) Napisz wzory projekcyjne Fischera dla wszystkich stereoizomerów związku C. Podaj, które z nich są w stosunku do siebie enancjomerami, a które diastereoizomerami.



 <p>1</p>	 <p>2</p>	 <p>3</p>	 <p>4</p>
<p>Pary enancjomerów: 1 i 2, 3 i 4</p> <p>Pary diastereoizmerów: 1 i 3, 1 i 4, 2 i 3, 2 i 4</p>			
<b>Zapisanie wzorów projekcyjnych Fischera związku C</b>			<b>2 x 1 p</b>
<b>Określenie, które ze związków są w stosunku do siebie enancjomerami, a które diastereoizomerami</b>			<b>1 p</b>

**Zadanie 6. (3 pkt)**

Rozpuszczalność trudno rozpuszczalnych soli srebra, takich jak chlorek czy bromek srebra ( $\text{AgCl}$  i  $\text{AgBr}$ ), może być znacznie zwiększona w obecności ligandów tworzących trwałe kompleksy z jonami srebra. Tiosiarczan sodu ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) jest przykładem związku, który tworzy stabilne kompleksy z jonami srebra, co prowadzi do rozpuszczenia się pozornie nierozpuszczalnych soli srebra. Proces ten można opisać ilościowo, wykorzystując iloczyn rozpuszczalności soli srebra oraz stałą trwałości powstającego kompleksu:  $\text{AgBr} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Br}^-$ ,  $K_s = 5,2 \cdot 10^{-13}$   
 $\text{Ag}^+ + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$   $\beta = 1,7 \cdot 10^{13}$ . W takich przypadkach, gdy rozpuszczalność drastycznie wzrasta pod wpływem kompleksującego odczynnika, stężenie wolnych jonów  $\text{Ag}^+$  staje się znikomo małe (różnica może sięgać wielu rzędów wielkości) w porównaniu do stężenia skompleksowanej formy srebra.

a) Wykorzystując podane wyżej stałe równowagi, wyprowadź zależność z której można obliczyć rozpuszczalność bromku srebra w roztworze tiosiarczanu sodu o danym stężeniu  $C_m$ .

$K_s = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-]; \beta = \frac{[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}]}{[\text{Ag}^+] \cdot [\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]^2}$ $S = [\text{Br}^-] \approx [\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}]$ $C_m = [\text{S}_2\text{O}_3^{2-}] + 2 [\text{Br}^-]$ $[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}] = C_m - 2[\text{Br}^-]$	$\beta = \frac{[\text{Br}^-]}{\frac{K_s}{[\text{Br}^-]} \cdot (C_m - 2[\text{Br}^-])^2}$ $\beta K_s C_m^2 - 4\beta K_s C_m [\text{Br}^-] + (4\beta K_s - 1)[\text{Br}^-]^2 = 0$
<b>Poprawne wyprowadzenie równania</b>	
<b>1 p</b>	

b) Oblicz stężenie roztworu tiosiarczanu sodu ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) wymagane do rozpuszczenia 10 g bromku srebra ( $\text{AgBr}$ ). Objętość roztworu przyjmij jako równą  $1 \text{ dm}^3$ .

$$m_{\text{AgBr}} = 10 \text{ g}; V = 1 \text{ dm}^3 \Rightarrow C_{m \text{ Br}^-} = [\text{Br}^-] = 0,0532 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Po podstawieniu danych do równania kwadratowego (ppkt. a) otrzymujemy:

$$8,84x^2 - 1,88x + 0,0972 = 0, \text{ gdzie } x \text{ oznacza szukane stężenie tiosiarczanu sodu } (C_m)$$

$$x_1 = 0,0886 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \text{ (odrzucamy)}$$

$$x_2 = 0,124 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

<b>Poprawna metoda rozwiązania zadania</b>	<b>1 p</b>
<b>Poprawne obliczenia i zapisanie wyniku z jednostką</b>	<b>1 p</b>