



1. Konkurs Chemiczny im. Marii Skłodowskiej-Curie

Etap Finałowy 11.02.2025 r.

Punktacja końcowa: Suma - 100 pkt.

Zad.1 - 20 pkt., **Zad.2** - 20 pkt., **Zad.3** - 20 pkt., **Zad.4** - 20 pkt., **Zad.5** - 20 pkt.

Zadanie 1

Związki boru

Bufor boranowy jako produkt leczniczy używany jest do pielęgnacji skóry i przemywania oczu. Zmieszano 80 cm³ roztworu diwodoroboranu sodu o stężeniu 0,25 mol · dm⁻³ z 35 cm³ roztworu kwasu solnego o stężeniu 0,4 mol · dm⁻³.

Polecenia:

- (4 pkt.) Oblicz jak zmieni się pH roztworu buforowego po dodaniu 0,0025 mol KOH. Przyjmij, że dodanie wodorotlenku potasu nie wpłynie na zmianę objętości roztworu.
- (4 pkt.) Oblicz jak zmieni się pH roztworu buforowego po dodaniu 0,0025 mol HCl. Przyjmij, że dodanie kwasu solnego nie wpłynie na zmianę objętości roztworu.
- (4 pkt.) Do roztworu zawierającego 0,1 mol kwasu borowego dodano pewną ilość stałego diwodoroboranu sodu. Po dopełnieniu wodą do objętości 1 dm³, pH roztworu było równe 5. Oblicz ile miligramów diwodoroboranu sodu dodano.
- (4 pkt.) Kwas borowy wykazuje właściwości kwasowo-zasadowe, które pozwalają na sklasyfikowanie jako kwas Lewisa. Wyjaśnij, dlaczego kwas borowy klasyfikowany jest jako kwas Lewisa. Zapisz równanie reakcji z wodą, która opisuje te właściwości. Narysuj wzór elektronowy Lewisa produktu tej reakcji oraz opisz geometrię tej cząsteczki.
- (1 pkt.) Kwas borowy w temperaturze pokojowej jest krystalicznym ciałem stałym o budowie warstwowej. Jakie oddziaływania międzycząsteczkowe występują w warstwach kwasu borowego?
- (3 pkt.) Bor tworzy wiele ciekawych związków chemicznych. Jeden z nich, borazyna, nazywany jest *nieorganicznym benzenem*. Narysuj wzór elektronowy Lewisa borazyny wiedząc, że jej wzór sumaryczny to **B₃H₆N₃**. Wyjaśnij, z jakiego powodu związek ten porównuje się do benzenu.

W obliczeniach przyjmij podane wartości mas molowych (g · mol⁻¹):

H - 1,008; B - 10,81; N - 14,01; O - 16,00; Na - 22,99; Cl - 35,45; K - 39,10

pK_{a1} = 9,24 ; pK_{a2} = 12,40 ; pK_{a3} = 13,30

Zadanie 2

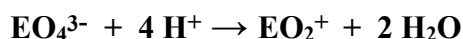
Lyonsite

Lyonsite jest rzadkim minerałem odkrytym po raz pierwszy w 1987 roku w glebie wulkanu Izalco w Salwadorze. Skład tego minerału można opisać wzorem ogólnym $A_3B_4(EO_4)_6$.

Kationy pierwiastka **A** identyfikuje się na podstawie próby z wodnym roztworem amoniaku, w której powstaje ciemnoniebieski kompleks. Ponadto, kationy pierwiastka **A** z anionami siarczkowymi już w środowisku kwasowym strącają czarny siarczek **AS** zawierający 66,47 %_{mas.} metalu **A**.

Kationy pierwiastka **B**, wchodzące w skład *Lyonsite*, mogą tworzyć aniony kompleksowe, w których ligandami są aniony cyjankowe. Anion ten można zidentyfikować po dodaniu do jego roztworu kationów pierwiastka **B**, w których **B** przyjmuje inny stopień utlenienia niż w anionie kompleksowym. Produktem takiej reakcji jest osad o silnie ciemnoniebieskim zabarwieniu.

Bezbarwny anion EO_4^{3-} jest trwały tylko w roztworach silnie zasadowych. W środowisku kwasowym ulega on przekształceniu do żółtego kationu EO_2^+ , co opisuje reakcja:



Oba te jony pierwiastka **E** są silnie toksyczne dla człowieka, lecz pod wpływem łagodnych reduktorów, np. Fe^{2+} w środowisku kwasowym, można je przekształcić w błękitny kation EO^{2+} , o znacznie mniejszej toksyczności.

W celu detoksykacji roztworu zawierającego 18,391 g Na_3EO_4 zakwaszono go, a następnie dodano 12,7 g $FeCl_2$. Reakcja zaszła ilościowo.

Polecenia:

- a. (1 pkt.) Podaj nazwy pierwiastków **A** i **B**.
- b. (1 pkt.) Napisz równanie reakcji kationu pierwiastka **A** z wodnym roztworem amoniaku.
- c. (2 pkt.) Napisz równanie reakcji (w formie jonowej), która pozwala na identyfikację anionu kompleksowego pierwiastka **B**. Podaj nazwę systematyczną produktu tej reakcji.
- d. (2 pkt.) W roztworach wodnych kationy pierwiastków **A** i **B** występują w postaci oktaedrycznych akwakompleksów, w których kationy te pełnią funkcję jonu centralnego, a rolę ligandów pełnią cząsteczki wody. Podaj wzory oraz nazwy systematyczne opisanych jonów kompleksowych. Napisz równanie reakcji (w formie jonowej) 1 mola akwakompleksu kationu pierwiastka **B** z 1 molem NaOH.
- e. (5 pkt.) Na podstawie odpowiednich obliczeń zidentyfikuj pierwiastek **E**. Napisz równania opisanych w poleceniu reakcji (w formie jonowej) z udziałem związków pierwiastka **E**.
- f. (2 pkt.) Narysuj wzory elektronowe Lewisa i opisz budowę przestrzenną jonów EO_4^{3-} oraz EO_2^+ .
- g. (1 pkt.) Podaj wzór minerału *Lyonsite* w postaci wzoru tlenkowego.
- h. (3 pkt.) Pierwiastek **E** tworzy szereg polisiarczków o wzorze ogólnym ES_n . Podczas spalania 1,0000 g pewnego polisiarczku pierwiastka **E** (w którym występuje on na IV stopniu utlenienia) w tlenie, powstaje 0,5075 g tlenku E_2O_5 oraz 0,555 dm³ tlenku siarki(IV) (p = 100

kPa, $T = 299 \text{ K}$). Podaj wzór sumaryczny tego polisiarczku oraz napisz równanie reakcji jego spalania.

- i. (3 pkt.) Stop pierwiastków **B** i **E**, wykorzystywany do produkcji stali, otrzymuje się w procesie redukcji mieszaniny ich tlenków, E_2O_5 oraz B_2O_3 , za pomocą glinu. Do mieszaniny reakcyjnej dodaje się też pewną ilość czystego pierwiastka **B**. Oblicz skład stopu otrzymanego w wyniku redukcji mieszaniny zawierającej: 60%_{mas.} E_2O_5 , 30%_{mas.} B_2O_3 oraz 10%_{mas.} czystego pierwiastka **B**. Napisz równania reakcji redukcji obu tlenków.

W obliczeniach przyjmij podane wartości mas molowych ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$):

H - 1,008; O - 16,00; Na - 22,99; S - 32,06; Cl - 35,45; Fe - 55,85

$R = 8,3145 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Zadanie 3

Ciśnieniowa stała równowagi

Ciśnieniowa stała równowagi K_p stosowana, gdy w reakcji uczestniczą reagenty gazowe, jest opisana analogicznym wyrażeniem jak stężeniowa stała równowagi K_c , ale zamiast stężeń równowagowych stosowane są równowagowe ciśnienia cząstkowe wszystkich reagentów gazowych podzielone przez ciśnienie standardowe $p^\circ = 10^5 \text{ Pa}$ (tak, aby wartość K_p była bezwymiarowa), w potęgach odpowiadających współczynnikom stechiometrycznym reakcji.

Tlenek azotu (IV) współlistnieje w równowadze ze swoim dimerem - tetratlenkiem diazotu. W temperaturze $25 \text{ }^\circ\text{C}$ i pod ciśnieniem jednej atmosfery zbadano, że równowagowa mieszanina ma gęstość wynoszącą $d = 3,16 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$. Załóż, że gazy zachowują się jak gazy doskonałe.

Polecenia:

- (2 pkt.) Napisz równanie reakcji dimeryzacji NO_2 .
- (8 pkt.) Oblicz ułamki molowe obu tlenków w stanie równowagi.
- (5 pkt.) Oblicz ciśnieniową stałą równowagi dimeryzacji.
- (5 pkt.) Czy zakładając, że ciśnienie standardowe wynosi $p^\circ = 1 \text{ atm}$, wartość stałej równowagi uległaby zmianie? Jeśli tak, to oblicz taką stałą równowagi.

W obliczeniach przyjmij podane wartości mas molowych ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$):

N - 14; O - 16

$R = 8,3145 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

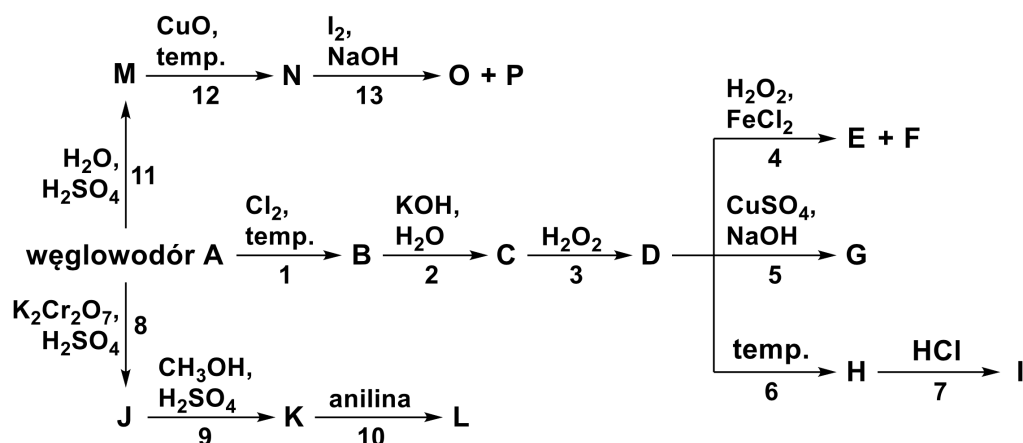
$0 \text{ }^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$

$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$

Zadanie 4

Reakcje węglowodorów i ich pochodnych

Pewien łańcuchowy węglowódor **A** poddano analizie spaleniuwej. Ustalono, że zawartości masowe węgla i wodoru wynoszą odpowiednio 85,71 % i 14,28 %. Ponadto gęstość par tego węglowodoru względem gęstości par bromu jest równa 0,2625. Węglowódor **A** stanowił wyjściowy substrat dla przemian opisanych poniższym schematem.



Polecenia:

- (2 pkt.) Ustal wzór sumaryczny związku **A**. Przedstaw stosowne obliczenia.
- (8 pkt.) Podaj wzory szkieletowe związków oznaczonych literami **A-P** wiedząc, że:
 - w reakcji oznaczonej numerem 5 związku **D** użyto w niedomiarze;
 - masa molowa związku **H** jest równa 56 g/mol.
- (1 pkt.) Podaj jakimi rodzajami izomerów są względem siebie związki **E** i **F**.
- (3 pkt.) Zapisz w formie cząsteczkowej równanie reakcji oznaczonej numerem 13. Podaj równania połówkowe utleniania i redukcji (równania jonowo - elektronowe). Podaj nazwę wspomnianej reakcji oraz obserwacje zmian jakie towarzyszą podczas jej trwania.
- (2 pkt.) Związek **N** występuje w postaci dwóch izomerycznych form pozostających ze sobą w równowadze termodynamicznej. Przedstaw struktury obydwu form oraz podaj nazwę wspomnianej równowagi.
- (1 pkt.) Podaj nazwę systematyczną i zwyczajową związku **H**.
- (3 pkt.) Związek **L**, którego masa molowa przekracza 60 g/mol, wprowadzono do jednej z trzech probówek z wodą destylowaną. Do pozostałych probówek wprowadzono kolejno amoniak i metanoaminę. Uzyskano tym samym roztwory o identycznych stężeniach molowych. Odczyny wodnych roztworów zbadano przy użyciu uniwersalnego papierka wskaźnikowego. Pod wpływem zawartości dwóch probówek papierek przyjął niebieskie zabarwienie, ustalono też, że stężenie jonów wodorotlenkowych było różne w każdym ze sporządzonych roztworów. Odwołując się do struktur wszystkich rozpuszczonych związków, wyjaśnij skąd wynikają różnice w opisanych właściwościach.

W obliczeniach przyjmij podane wartości mas molowych ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$):

H - 1; C - 12; N - 14; O - 16; Br - 80

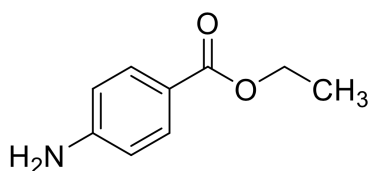
Zadanie 5

Lidokaina

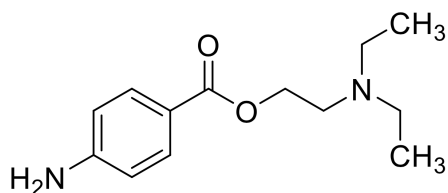
W przypadku wielu bolesnych zabiegów stosuje się znieczulenie miejscowe przy użyciu preparatów, w których substancją czynną jest lidokaina. Związek ten można uzyskać na drodze trójetapowej syntezy. W pierwszym etapie reakcji poddaje się 2,6-dimetyloanilinę z chlorkiem kwasowym kwasu chlorooctowego w obecności lodowatego kwasu octowego i octanu sodu. Uzyskany produkt ogrzewa się w drugim etapie z dietyloaminą. W etapie trzecim mieszaninę poreakcyjną zobojętnia się wodnym roztworem wodorotlenku sodu, a uzyskaną lidokainę odsącza się. Wykorzystywany w etapie pierwszym chlorek kwasu chlorooctowego można uzyskać w wyniku naświetlania mieszaniny kwasu octowego i chloru promieniowaniem ultrafioletowym. Na uzyskany w tym procesie produkt działa się następnie chlorkiem tionylu, otrzymując opisany chlorek kwasowy.

Polecenia:

- (14 pkt.) Zapisz opisane w powyższym tekście równania reakcji otrzymywania lidokainy oraz chlorku kwasowego kwasu chlorooctowego, uwzględniając przy tym warunki w jakich prowadzono dane przemiany.
- (1 pkt.) Podaj typy oraz mechanizmy przemian zachodzących podczas drugiego etapu syntezy lidokainy oraz pierwszego etapu syntezy chlorku kwasu chlorooctowego.
- (2 pkt.) Przedstaw strukturę elektronową chlorku tionylu oraz równanie reakcji jego hydrolizy.
- (3 pkt.) Na początku XX wieku popularnymi substancjami stosowanymi przy znieczuleniu miejscowym były benzokaina oraz prokaina o następujących budowach cząsteczek:



benzokaina



prokaina

Istotną wadą przedstawionych substancji był ich stosunkowo krótki czas działania, wobec czego rozpoczęto pracę nad poszukiwaniem nowego preparatu o podobnym zastosowaniu, jednak o znacznie wydłużonym czasie działania. W 1948 roku poszukiwania te doprowadziły do otrzymania lidokainy. Odwołując się do struktur przedstawionych związków wyjaśnij skąd wynikają różnice w ich czasach działaniach.

Czas rozwiązywania: 180 minut