



2. Konkurs Chemiczny im. Marii Skłodowskiej-Curie

I Etap 19.09.2025 r.

Punktacja końcowa: Suma - **80 pkt.**

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

Zadanie 1

Analiza związków nieorganicznych

W sześciu probówkach opisanych literami **A-F** znajdują się (umieszczone w przypadkowej kolejności) wodne roztwory następujących substancji: wodorotlenku sodu, jodku baru, kwasu chlorowodorowego, azotanu(V) srebra, siarczanu(VI) cynku, węglanu sodu. Stężenia wszystkich roztworów wynoszą około 0,05 M.

W celu ich identyfikacji zmieszano parami jednakowe objętości roztworów z probówek **A, B, C**, otrzymując trzy osady o różnej barwie. Następnie zmieszano parami zawartości probówek **A, D, E** i nie zaobserwowano żadnych zmian. Natomiast gdy zmieszano parami zawartości probówek **B, D, F**, w jednym przypadku wytrącił się osad, w drugim wydzielił się gaz, a trzeci roztwór pozostał klarowny.

Polecenia:

- a.** (6 pkt.) Zidentyfikuj zawartość probówek **A-F**.
- b.** (2 pkt.) Do roztworu z probówki **F** stopniowo dodawano zawartość probówki **E**. Opisz, co zaobserwowano i zapisz równania reakcji w formie jonowej.
- c.** (2 pkt.) Zmieszano zawartości probówek **B** i **C**, a następnie dodano roztwór z probówki **D**. Opisz, co zaobserwowano i zapisz równania reakcji w formie jonowej.
- d.** (2 pkt.) Otrzymany w poleceniu **c.** osad roztwarza się w reakcji z amoniakiem, tworząc związek kompleksowy o liczbie koordynacyjnej $LK = 2$. Zapisz równanie tej reakcji w formie jonowej oraz podaj nazwę systematyczną powstałego jonu kompleksowego.
- e.** (2 pkt.) Do roztworu z probówki **C** dodano zawartość probówki **E**. Opisz, co zaobserwowano i zapisz równanie reakcji w formie jonowej.
- f.** (3 pkt.) W wyniku zmieszania zawartości probówek **A** i **E** otrzymano roztwór, przez który następnie przepuszczono tlenek węgla (IV). Początkowo zaobserwowano wytrącenie się białego osadu. Osad ten, po dłuższym wprowadzaniu gazu do naczynia, roztworzył się, a roztwór stał się klarowny i bezbarwny. Zapisz równania reakcji w formie jonowej.

- g.** (2 pkt.) Zawartość probówki **A** wprowadzono do roztworu chloru w chloroformie. Warstwa chloroformu zmieniła zabarwienie. Podaj, jaką barwę przyjął chloroform oraz zapisz równanie reakcji w formie jonowej.
- h.** (1 pkt.) Otrzymany w poleceniu **g.** związek, który odpowiada za zmianę zabarwienia warstwy chloroformu, jest słabo rozpuszczalny w wodzie, ale jego rozpuszczalność wzrasta w obecności jonów jodkowych. Jest to spowodowane utworzeniem jonów trijodkowych. Zapisz równanie tej reakcji w formie jonowej.

Zadanie 2

Identyfikacja kwasu

Przygotowano roztwór pewnego kwasu jednoprotonowego o wzorze ogólnym **HX** i nieznanej masie molowej **M** o stężeniu procentowym równym $C_p = 26 \%$. Gęstość roztworu wynosi $d = 0,749 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Ustalono, że stopień dysocjacji tego kwasu w tak przygotowanym roztworze jest równy $\alpha = 6 \%$, a stała kwasowa wynosi $K_a = 0,0109$.

Polecenia:

- a.** (2 pkt.) Podaj wzór pozwalający obliczyć stężenie molowe elektrolitu na podstawie jego stężenia procentowego (C_p), gęstości roztworu (d) oraz masy molowej tego elektrolitu (M).
- b.** (8 pkt.) Wyprowadź wzór na masę molową kwasu **HX** jako funkcję stężenia procentowego, gęstości roztworu, stopnia dysocjacji oraz stałej kwasowej. Podaj wzór tego kwasu, wiedząc, że jest to kwas tlenowy.
- c.** (6 pkt.) Oblicz pH dla dwóch innych roztworów kwasu **HX**, jeśli wiadomo, że:
- c1)** $c_{\text{HX}} = 0,04 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
- c2)** $\alpha = 40 \%$
- d.** (4 pkt.) Sól **NaX** może powstawać w wyniku reakcji dysproporcjonacji tlenku o wzorze formalnym "**X**" w środowisku zasadowym. Jeden z produktów zawiera atom na $+V$ stopniu utlenienia. Zapisz równanie tej reakcji.

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

H - 1,01; O - 16,00

Zadanie 3

Związki gazu szlachetnego

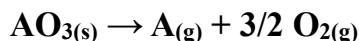
Odkrycie, że gazy szlachetne mogą tworzyć trwałe związki chemiczne, było jednym z przełomów XX-wiecznej chemii. Związki te często okazują się wyjątkowo silnymi utleniaczami, zdolnymi do przeprowadzania reakcji uważanych niegdyś za niemożliwe. Jednym z nich jest związek **M**,

otrzymany po raz pierwszy w 1963 roku przez amerykańskich chemików - biała, bezwodna sól sodowa kwasu tlenowego nieznanego gazu szlachetnego **A**, która należy do najbardziej stabilnych znanych związków tego pierwiastka.

W celu ustalenia składu związku **M**, próbkę o masie 15,000 g podgrzano do całkowitego rozkładu w temperaturze powyżej 360°C. Produktami reakcji były białe ciało stałe o masie 5,824 g oraz mieszanina dwóch gazów - pierwiastka **A** i tlenu. Stałą pozostałość zidentyfikowano jako tlenek sodu. Całkowita objętość zebranej mieszaniny gazów w temperaturze 22°C i pod ciśnieniem 994 hPa wyniosła 3,481 dm³. Mieszaninę przepuszczono przez płuczkę z alkalicznym roztworem pirogalolu celem usunięcia tlenu. Zmierzona objętość pozostałego, czystego gazu **A** w tych samych warunkach wyniosła 1,160 dm³.

Innym znanym związkiem pierwiastka **A** jest fluorek **AF₄**, który nawet w niskich temperaturach pod wpływem wody ulega hydrolizie, w wyniku której w reakcji dysproporcjonowania powstają m.in. tlenek **AO₃** oraz gazowy pierwiastek **A**.

Tlenek **AO₃** jest związkiem skrajnie niestabilnym i wybuchowym. W postaci stałej już w temperaturze powyżej 25°C następuje gwałtowna reakcja jego rozkładu.



Standardowa entalpia tworzenia **AO₃** wynosi $\Delta H_{tw}^\circ = 402 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Polecenia:

- a. (6 pkt.)* Na podstawie odpowiednich obliczeń zidentyfikuj pierwiastek **A** i ustal wzór sumaryczny soli **M**.
- b. (1 pkt.)* Zapisz równanie reakcji rozkładu soli **M**.
- c. (3 pkt.)* Narysuj wzór elektronowy Lewisa anionu występującego w soli **M** i opisz jego geometrię.
- d. (3 pkt.)* Zapisz w formie cząsteczkowej równanie reakcji hydrolizy fluorku **AF₄**. Podaj równania połówkowe utleniania i redukcji (równania jonowo - elektronowe).
- e. (3 pkt.)* Narysuj wzór elektronowy Lewisa cząsteczki **AF₄** i opisz jej geometrię.
- f. (4 pkt.)* Zapisz równanie reakcji rozkładu tlenku **AO₃** na pierwiastki. Oblicz standardową entalpię tej reakcji. Oblicz, ile ciepła wydzieli się podczas rozkładu 10 g tego tlenku.

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

H - 1,01; O - 16,00; Na - 22,99; He - 4,00; Ne - 20,18; Ar - 39,95; Kr - 83,80; Xe - 131,29; Rn - 222

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

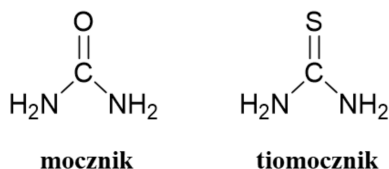
$V_m = 22,41 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$

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

Zadanie 4

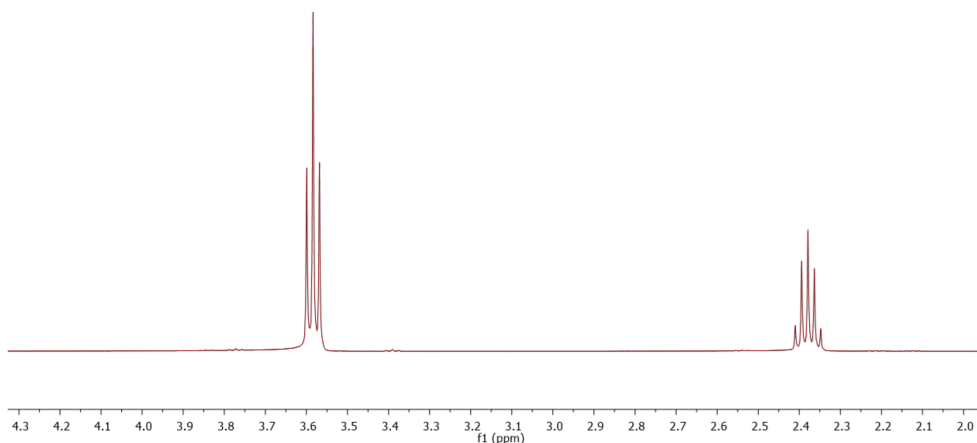
Analogi w chemii organicznej

W chemii organicznej termin *analog* odnosi się do związku, w którym co najmniej jeden atom został zastąpiony innym atomem o zbliżonej strukturze elektronowej, przy zachowaniu ogólnej struktury związku wyjściowego. Klasycznym przykładem takiej modyfikacji jest tiomocznik, będący analogiem mocznika, w którym atom tlenu został zastąpiony atomem siarki.

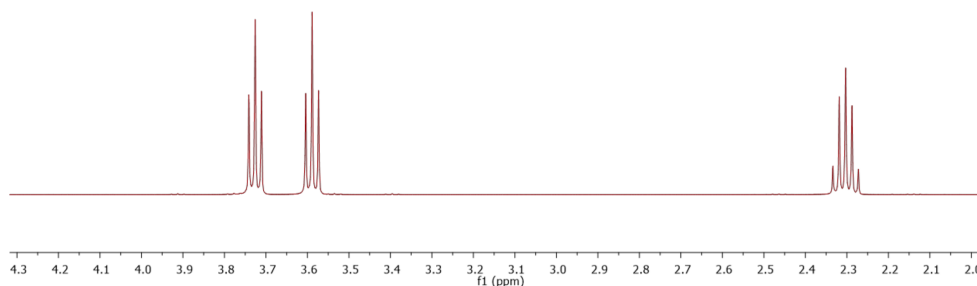


Pewne acykliczne dihalogenki alkilowe oznaczone umownie **X** i **Y** są względem siebie analogami. Wiadomo, że w związku **X** stosunek masowy węgla do wodoru wynosi 6:1, a w jego strukturze znajdują się atomy pierwiastka, który jako jedyny niemetal w warunkach normalnych występuje w ciekłym stanie skupienia. Pomiary widm masowych obu związków wykazały, że masa molowa związku **X** jest większa od masy molowej związku **Y** o 44,5 g/mol. W celu dokładniejszej analizy obu substancji zmierzono dla nich widma ^1H NMR, które przedstawiono poniżej.

Widmo ^1H NMR związku X



Widmo ^1H NMR związku Y



Polecenia:

- a. (4 pkt.) Podaj wzory półstrukturalne (grupowe) związków **X** i **Y**.
- b. (3 pkt.) Związek **X** może reagować z wodorotlenkiem sodu w obecności wody w stosunku molowym 1:1 lub 1:2, otrzymując kolejno produkty **A** i **B**. Zapisz równania opisanych reakcji stosując wzory półstrukturalne związków organicznych.
- c. (3 pkt.) W odpowiednich warunkach związku **A** i **B** mogą zostać przekształcone w ten sam produkt **C**. Substancję tę można otrzymać w wyniku reakcji cyklizacji związku **A**, w której powstaje także bezbarwny gaz, który barwi zwilżony papierek wskaźnikowy na czerwono. Substancja **C** powstaje również na skutek wewnątrzcząsteczkowej dehydratacji związku **B** prowadzonej w obecności kwasu siarkowego(VI). Zapisz równania opisanych reakcji.
- d. (3 pkt.) W dwóch nieoznakowanych fiolkach znajdowały się substancje **X** i **C**. W celu ustalenia zawartości fioletów zmierzono widma ^{13}C NMR obu substancji. Rozstrzygnij, czy uzyskane widma pozwolą na rozróżnienie związków. Uzasadnij swoją odpowiedź.
- e. (3 pkt.) Związek **A** w obecności dichromianu(VI) potasu i kwasu siarkowego(VI) utlenia się do związku **D**. Na związek **D** podziałano następnie nadmiarem zasady sodowej, co doprowadziło do uzyskania związku **E**. Związek **E** wyizolowano z mieszaniny poreakcyjnej i wprowadzono go do rozcieńczonego roztworu kwasu chlorowodorowego, otrzymując związek **F**. Podaj wzory półstrukturalne (grupowe) związków **D**, **E** i **F**.
- f. (3 pkt.) Cząsteczki związku **F** mogą ulegać międzycząsteczkowej polikondensacji oraz wewnątrzcząsteczkowej cyklizacji. Zapisz równania opisanych reakcji.
- g. (1 pkt.) Związek **B** w obecności utleniacza może przekształcać się w związek **G**, czemu towarzyszy oddanie 8 moli elektronów. Podaj wzór półstrukturalny (grupowy) związku **G**.

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

H - 1; C - 12

Czas rozwiązywania: 120 minut