



XVIII Konkurs Chemiczny dla Uczniów Szkół Ponadgimnazjalnych

Etap finałowy

Zadanie 1

Metody radioizotopowe stosuje się, między innymi, do wyznaczania rozpuszczalności soli trudno rozpuszczalnych. W celu wyznaczenia rozpuszczalności fosforanu(V) lantanu przygotowano znakowany izotopowo związek. W tym celu rozpuszczono 100 mg fosforanu(V) sodu o naturalnym składzie izotopowym ($\text{Na}_3^{31}\text{PO}_4$) i $10 \mu\text{mol Na}_3^{33}\text{PO}_4$. Do roztworu dodano nadmiar azotanu(V) lantanu. Wytrącony osad fosforanu(V) lantanu odsączono i przemyto wodą. Następnie z tak przygotowanego osadu sporządzono zawiesinę w wodzie i mieszano do czasu ustalenia się równowagi między fazą stałą a roztworem. Osad oddzielono i wyznaczono aktywność promieniotwórczą uzyskanego roztworu. Wynosiła ona $2,6 \text{ mCi na } 10 \text{ cm}^3$. Oblicz rozpuszczalność (w g/dm^3) i iloczyn rozpuszczalności fosforanu(V) lantanu w wodzie. Zapisz równanie reakcji przemiany jądrowej, której ulega izotop ^{33}P .

Izotop ^{33}P jest β promieniotwórczy. Jego czas połowicznego rozpadu wynosi 25,3 dnia. 1 kiur (1 Ci) odpowiada aktywności promieniotwórczej wykazywanej przez 1 g radu-226 ($3,70 \times 10^{10}$ rozpadów na 1 s).

Zadanie 2

Poniżej zestawiono wartości pierwszych stałych dysocjacji kilku kwasów tlenowych.

Kwas	K_1	Kwas	K_1	Kwas	K_1
HClO	$2,9 \times 10^{-8}$	HClO ₂	$1,1 \times 10^{-2}$	HClO ₃	10
HBrO	$2,1 \times 10^{-9}$	H ₃ PO ₄	$0,8 \times 10^{-2}$	H ₂ SO ₄	10^3
H ₄ SiO ₄	$1,0 \times 10^{-10}$	HNO ₂	$0,5 \times 10^{-2}$	HClO ₄	10^8
H ₃ BO ₃	$5,5 \times 10^{-10}$	H ₂ SO ₃	$1,4 \times 10^{-2}$	HNO ₃	1

Wyjaśnij:

- Różnice w wartościach pierwszej stałej dysocjacji kwasu chlorowego(I) i borowego.
- Różnice w wartościach pierwszej stałej dysocjacji kwasu chlorowego(I) i kwasu chlorowego(VII).
- Różnice w wartościach pierwszej i drugiej stałej dysocjacji kwasu siarkowego(VI) ($K_2 = 1 \times 10^{-2}$).
- Pierwsza stała dysocjacji kwasu o wzorze H₃PO₃ wynosi $K_1 = 1,6 \times 10^{-3}$. Co można wywnioskować o strukturze tego związku?

Zadanie 3

Pierwiastek **X** należy do bloku *d* układu okresowego. Jasnoróżowy chlorek, zawierający pierwiastek **X** na +2 stopniu utlenienia dobrze rozpuszcza się w wodzie. 1% roztwór tej soli ($d = 1 \text{ g/cm}^3$) ma stężenie 0,0794 M.

Metal **X** rozpuszcza się łatwo w rozcieńczonym kwasie siarkowym(VI). Powstająca sól **B** tworzy szereg hydratów. Najważniejszym jest związek **C**. Podczas suszenia traci on wodę, przechodząc w bezwodną sól **B**. Ubytek masy podczas suszenia wynosi 32,3 %.

Po dodaniu do wodnego roztworu **B** wodorotlenku sodu wytrąca się cielistoróżowy, galaretowaty osad **D**. Osad ten ciemnieje pod wpływem tlenu z powietrza. Proces ten można przyspieszyć, dodając do mieszaniny nadtlenu wodoru. Prowadzi to do powstania brunatnoczarnej zawiesiny. Po jej odsączeniu i wyprażeniu otrzymuje się czarny tlenek **E**.

Tlenek **E** rozpuszcza się powoli w gorącym kwasie siarkowym(VI). Procesowi temu towarzyszy wydzielanie tlenu. Roztwór przybiera fioletowe zabarwienie, a po ochłodzeniu wydzielają się z niego zielone kryształy soli **F**. Podczas rozpuszczania 1,0000 g **E** otrzymano 1000 cm³ tlenu ($p = 7,245 \text{ kPa}$, $T = 30^\circ\text{C}$). Związek **F** jest solą obojętną.

W wyniku stapiania tlenku **E** z tlenkiem sodu i azotanem(III) sodu powstaje niebieska, krystaliczna substancja **G**. Jednocześnie wydziela się bezbarwny gaz, brunatniejący na powietrzu. Sól **G** tworzy kryształy mieszane z fosforanem(V) sodu (jest z nim izomorficzna). Z roztworów wodnych sól **G** krystalizuje jako dekahydrat. Zawiera on 14,93 % wagowych pierwiastka **X**.

Stapianie tlenku **E** z wodorotlenkiem potasu w obecności tlenu powoduje otrzymanie zielonego stopu, z którego krystalizują ciemnozielone kryształy soli **H**. Związek ten jest trwały w środowisku zasadowym. W roztworach obojętnych i kwaśnych łatwo ulega redukcji.

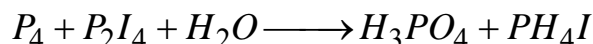
Podczas elektrolizy stężonego roztworu związku **H** roztwór zmienia barwę na ciemnofioletową. Jednocześnie wydzielają się z niego czarnofioletowe kryształy soli **I**. Pierwiastek **X** osiąga w tym związku maksymalny stopień utlenienia.

W wyniku działania stężonym kwasem siarkowym(VI) na **I** otrzymuje się czerwono-brunatny, oleisty tlenek **J**. Jest on wysoce niestabilny. Po nieznacznym ogrzaniu lub w obecności śladów związków organicznych rozkłada się wybuchowo. W wyniku tej reakcji powstaje tlen, tlenek **E** oraz tlenek **K**. Tlenek **K** ma postać szarego proszku. Stosunek masowy pierwiastka **X** do tlenu wynosi w tym związku 1 do 0,436 (**UWAGA: w oryginalnej wersji zadań podano błędną wartość: 1:1,02**).

- Zidentyfikuj pierwiastek **X** – podaj jego symbol i nazwę (uzasadnij swoją odpowiedź).
- Zidentyfikuj substancje **A** – **K** – podaj ich wzory sumaryczne i nazwy systematyczne.
- Zapisz równania reakcji, o których mowa w zadaniu.
- W celu otrzymania związku **I** w elektrolizerze umieszczono pewną ilość soli **H**, a następnie prowadzono elektrolizę przepuszczając prąd o natężeniu 1,1 A. Całkowite utlenienie **H** nastąpiło po 5 min. Tak uzyskany roztwór zakwaszono kwasem siarkowym(VI), a następnie miareczkowano za pomocą 0,1 M roztworu kwasu szczawiowego (kwasu etanodiowego) w celu określenia zawartości związku **I**. Odbarwienie mieszaniny nastąpiło po wprowadzeniu 15,8 cm³ roztworu reduktora. Oblicz wydajność prądową procesu elektrolizy.
- W produktach wybuchowego rozkładu **J** stwierdzono tlenki **E** i **K** oraz tlen. Stosunek molowy **E**:**K** wynosił 1:2,2. Oblicz standardową entalpię tworzenia **J**, wiedząc że w wyniku rozkładu 250 mg **J** wydzielilo się 267 J ciepła. $\Delta H^\circ(\text{E}) = -520 \text{ kJ/mol}$; $\Delta H^\circ(\text{K}) = -959 \text{ kJ/mol}$.
- Zaproponuj dowolną metodę syntezy **I**, inną niż opisana w zadaniu (możesz skorzystać z dowolnych substratów).
- Podaj przykład zastosowania tlenku **E** w technice. Jaka jest zwyczajowa nazwa tego związku?

Zadanie 4

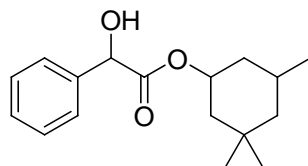
- Związki wielu pierwiastków, wprowadzone do płomienia palnika, powodują jego zabarwienie. Efekt ten wykorzystuje się w analizie chemicznej. Znajduje on też zastosowanie podczas pokazów pirotechnicznych. Podaj przykład trzech pierwiastków wywołujących taki efekt (wraz z wywoływaniem przez nie zabarwieniem płomienia).
- Z wodnych roztworów formaldehydu (metanal) wytrąca się, podczas przechowywania, nierozpuszczalny w wodzie biały osad. Efektem jakich procesów jest obserwowane zjawisko? Zapisz równanie odpowiedniej reakcji.
- Zbilansuj równanie reakcji redoks:



- Wyjaśnij różnice w temperaturze wrzenia eteru dimetylowego (249 K) i etanolu (352 K).
- Dlaczego kwarcowe i szklane naczynia laboratoryjne nie nadają się do prowadzenia reakcji w stopionym NaOH?

Zadanie 5

Cyklospazmol to substancja stosowana jako lek przeciwnadciśnieniowy. Jego wzór zaprezentowano poniżej.



- Do syntezy cyklospazmolu potrzebny jest kwas 2-fenyl-2-hydroksyetanowy. Zaproponuj syntezę tego substratu ze związków nieorganicznych.
- Cyklospazmol jest mieszaniną szeregu izomerów – narysuj wzory strukturalne pary enancjomerów i pary diastereoizomerów wchodzących w skład tego leku.
- Podaj nazwę systematyczną cyklospazmolu.
- Zapisz równanie reakcji zachodzącej podczas ogrzewania cyklospazmolu z roztworem KOH.
- Po zakwaszeniu roztworu uzyskanego w reakcji opisanej w punkcie **d** za pomocą kwasu solnego wyizolowano 2 produkty: kwas 2-fenyl-2-hydroksyetanowy i związek Y. Związek Y poddano fotochemicznemu bromowaniu za pomocą Br₂ – narysuj wzór i podaj nazwę głównego produktu tej reakcji.
- Stała dysocjacji kwasu 2-fenyl-2-hydroksyetanowego wynosi $pK = 3,4$. Oblicz pH wodnego roztworu tego kwasu, zawierającego 1 g tej substancji w 1 dm³ roztworu.

Zadanie 6

W wierszu „Staś Pytalski” Jan Brzechwa napisał:

„... Matka wpadła w stan nerwowy i musiała zażyć bromu...”

Powyższy „brom” to oczywiście nie pierwiastkowy Br_2 lecz jego związki. W medycynie od lat wykorzystuje się uspakajające działanie jonów bromkowych. Stosowana w leczeniu *Mixtura Nervinae* zawiera bromek potasu, bromek sodu, bromek amonu oraz wodę. Przygotowywana jest ona w aptekach z czystych substancji. Oblicz, jakie ilości wymienionych soli i ile wody musi użyć farmaceuta, jeśli uzyskany preparat ma zawierać 61,72 g jonów bromkowych w 1 dm^3 . Zawartość azotu w finalnym preparacie wynosi 0,286%, natomiast stosunek molowy potasu do sodu to 1,732:1. Gęstość roztworu wynosi $1,05 \text{ g/cm}^3$. Przygotować należy 100 g preparatu.

Punktacja:

Zadanie 1 35 pkt.

Zadanie 2 25 pkt.

Zadanie 3 115 pkt.

Zadanie 4 25 pkt.

Zadanie 5 40 pkt.

Zadanie 6 20 pkt.

Łącznie **260 pkt.**

Czas trwania zawodów: 180 min.

H 1,008																	He 4,003
Li 6,941	Be 9,012											B 10,811	C 12,011	N 14,067	O 15,999	F 18,998	Ne 20,180
Na 22,990	Mg 24,305											Al 26,982	Si 28,086	P 30,974	S 32,066	Cl 35,453	Ar 39,948
K 39,098	Ca 40,078	Sc 44,956	Ti 47,867	V 50,941	Cr 51,996	Mn 54,938	Fe 55,845	Co 58,933	Ni 58,693	Cu 63,546	Zn 65,39	Ga 69,723	Ge 72,61	As 74,922	Se 78,96	Br 79,904	Kr 83,80
Rb 85,468	Sr 87,62	Y 88,906	Zr 91,224	Nb 92,906	Mo 95,94	Tc 98,906	Ru 101,07	Rh 102,905	Pd 106,42	Ag 107,868	Cd 112,411	In 114,818	Sn 118,710	Sb 121,760	Te 127,60	I 126,904	Xe 131,29
Cs 132,905	Ba 137,327	La 138,906	Hf 178,49	Ta 180,948	W 183,84	Re 186,207	Os 190,23	Ir 192,217	Pt 195,078	Au 196,967	Hg 200,59	Tl 204,383	Pb 207,2	Bi 208,980	Po 208,982	At 209,987	Rn 222,018
Fr 223,020	Ra 226,025	Ac 227,028															

Lantanowce

Ce 140,116	Pr 140,908	Nd 144,24	Pm 146,915	Sm 150,36	Eu 151,964	Gd 157,25	Tb 158,925	Dy 162,50	Ho 164,930	Er 167,26	Tm 168,934	Yb 173,04	Lu 174,967
Th 232,038	Pa 231,036	U 238,029	Np 237,048	Pu 244,064	Am 243,061	Cm 247,070	Bk 247,070	Cf 251,080	Es 252,083	Fm 257,095	Md 258,098	No 259,101	Lr 260,105

Aktynowce