



XXX Konkurs Chemiczny dla Uczniów Szkół Średnich

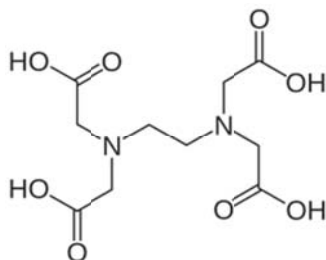
Etap II

Zadanie 1. Nadprzewodniki wysokotemperaturowe

W roku 1986, w laboratorium firmy IBM w Zurichu, otrzymano materiał wykazujący właściwości nadprzewodzące w temperaturach wyższych niż temperatura wrzenia azotu (77 K). Związek ten, znany pod akronimem YBCO, jest tlenkiem baru, miedzi i itru. Właściwości YBCO zależą od jego składu, w szczególności zawartości tlenu – najwyższe temperatury nadprzewodnictwa zaobserwowano dla niektórych form niestechiometrycznych.

W celu analizy uzyskanego w laboratorium YBCO, 1,0000 g materiału zmielono i rozpuszczono w kwasie azotowym(V). Uzyskany roztwór poddano następującym procedurom.

- I. Do uzyskanego roztworu dodano nadmiar rozcieńczonego kwasu siarkowego(VI). Wytrącony osad odsączono, przemyto wodą destylowaną i wysuszono, uzyskując 699,3 mg osadu.
- II. Przesącz uzyskany w podpunkcie I poddano elektrolizie, wydzielając bardziej szlachetny z metali na elektrodzie platynowej. Masa katody przed rozpoczęciem procesu wynosiła 8,7567 g, po jego zakończeniu – 9,0437 g.
- III. Elektrolit uzyskany po procedurze z podpunktu II poddano miareczkowaniu za pomocą roztworu soli disodowej kwasu etylenodiaminotetraoctowego (w skrócie Na_2EDTA). Związek ten reaguje ze wszystkimi kationami metali dwu-, trzy- i czterowartościowych w stechiometrii 1:1, tworząc związki kompleksowe. Zużyto $35,8 \text{ cm}^3$ roztworu Na_2EDTA o stężeniu $0,04202 \text{ mol dm}^{-3}$.



kwasy etylenodiaminotetraoctowe

Polecenie a. Ustal wzór sumaryczny badanego półprzewodnika YBCO.

Polecenie b. YBCO uzyskuje się metodą spiekania węglanów i tlenków odpowiednich metali w temperaturze 1000°C w atmosferze powietrza. W laboratorium dostępny jest tlenek itru(III), węglan baru i zasadowy węglan miedzi (węglan diwodorotlenek dimiedzi(II)). Oblicz, ile należy użyć każdego z tych składników, aby uzyskać 5,0000 g YBCO o składzie ustalonym powyżej.

Polecenie c. W laboratorium dostępny jest dihydrat soli disodowej kwasu etylenodiaminotetraoctowego. Ile substancji użyjesz, aby uzyskać 250 cm³ roztworu o stężeniu podanym w podpunkcie III? Jakiego naczynia miarowego użyjesz do przygotowania tego roztworu?

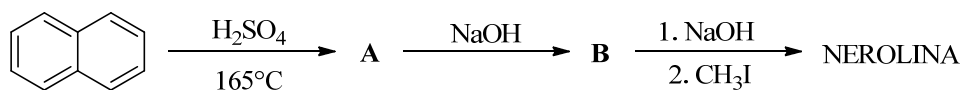
Zadanie 2. Materiały półprzewodnikowe

Materiały półprzewodnikowe są surowcami kluczowymi dla współczesnej cywilizacji – wykorzystywanymi do produkcji podzespołów elektronicznych, ogniw słonecznych, sensorów, źródeł światła, wyświetlaczy i wielu innych urządzeń. W konsekwencji produkcja półprzewodników jest jedną z głównych gałęzi przemysłu chemicznego.

- I. Do produkcji większości podzespołów elektronicznych używa się ultraczystego krzemu, zawierającego nie więcej niż 0,001 ppm wagowego zanieczyszczeń. Wyraż czystość tego materiału w procentach wagowych.
- II. Aby uzyskać pożądane właściwości elektryczne i optyczne, ultraczysty krzem domieszkuje się ściśle kontrolowaną ilością atomów innych pierwiastków. W celu otrzymania półprzewodnika typu *p* do krzemu wprowadzono bor. Zawartość boru w uzyskanym materiale wynosiła 1 atom na 50 000 000 atomów krzemu. Jako źródło boru zastosowano diboran (B₂H₆), dostępny w zakładzie produkcyjnym w postaci mieszaniny gazowej zawierającej 10% objętościowych B₂H₆ w wodorze. Oblicz, ile tej mieszanki zużyto do domieszkowania 100 kg krzemu, jeśli zachowuje się ona jak gaz doskonały, a straty gazu związane z technologią procesu wynoszą 90%. Wynik wyraż w dm³ w warunkach standardowych (wg standardu IUPAC).
- III. Materiał **X** jest półprzewodnikiem złożonym, zawierającym dwa pierwiastki bloku *p*, stosowanym m.in. w diodach elektroluminescencyjnych. Pierwszy z tworzących go pierwiastków (**1**) jest w warunkach normalnych bezbarwnym, bezwonny gazem, tworzącym liczne tlenki. Pierwiastek **2** jest niskotopliwym metalem (temperatura topnienia jest niższa niż 30°C). Półprzewodnik **X** zawiera 83,2% wagowego metalu **2**. Ustal wzór tego półprzewodnika.
- IV. Podaj przykład dowolnego innego półprzewodnika stosowanego w przemyśle elektronicznym.

Zadanie 3. Chemia naftaliny

Pewien młody eksperymentator postanowił otrzymać nerolinę, substancję o zapachu kwiatu pomarańczy. W tym celu zaplanował następującą sekwencję reakcji:



Związek **B** planował wyizolować po zakwaszeniu mieszaniny poreakcyjnej kwasem solnym.

W literaturze znalazł informację, że w reakcji naftalenu z kwasem siarkowym(VI) tworzą się dwa izomery, przy czym produkt podstawiony w pozycji 2 tworzy się w wyższej temperaturze, około 160-170°C.

Polecenie a. Narysuj oba izomeryczne produkty reakcji kwasu siarkowego(VI) z naftalenem, podaj ich nazwy.

Polecenie b. Reakcja tworzenia którego z tych izomerów ma niższą energię aktywacji?

Polecenie c. W oparciu o mechanizm reakcji uzasadnij, dlaczego w wyższej temperaturze tworzy się związek **A**, a w niższej jego izomer.

Polecenie d. Narysuj strukturę neroliny.

Ze względu na brak naftalenu w laboratorium, nasz eksperymentator postanowił użyć kulek na mole, zwanych potocznie „naftaliną”. Jakież było jego zdziwienie, gdy po zakwaszeniu roztworu po drugim etapie reakcji (stapianie z wodorotlenkiem sodu) nie uzyskał od razu osadu. Po długiej i mozolnej pracy udało mu się otrzymać związek **C**. Wodny roztwór związku **C** jest silnie kwaśny (1% roztwór wodny ma pH około 1), zaś w obecności jonów Fe^{3+} tworzy fioletowe zabarwienie.

W związku z tym nasz badacz postanowił sprawdzić skład kulek na mole oraz zanalizować produkt **C**. Zaczął od potwierdzenia, że „naftalina” jest pojedynczą substancją chemiczną, łatwo sublimującą, dobrze rozpuszczalną w rozpuszczalnikach niepolarnych.

Następnie stopił próbkę pobraną z kulki na mole z metalicznym sodem, stop rozpuścił w wodzie, uzyskany roztwór zobojętnił kwasem azotowym(V) i dodał roztwór azotanu(V) srebra. Z próbki wydzielił się biały, serowaty osad, ciemniejący na świetle. Podobny wynik uzyskał dla związku **C**.

Wykonał także analizę elementarną, uzyskując następujące wyniki:

	C	H	N	S
kulki na mole	49,02%	2,74%	-	-
związek C	34,52%	2,40%	-	15,39%

Aby wyznaczyć masę molową składnika „naftaliny” użył tzw. metody krioskopowej, polegającej na pomiarze obniżenia temperatury topnienia roztworu badanego związku w stosunku do temperatury topnienia czystego rozpuszczalnika (znasz ten efekt z zastosowań praktycznych – na przykład odladzania dróg i chodników poprzez posypanie ich solą). Zgodnie z prawem Blagdena, obniżenie temperatury topnienia roztworu związku nieulegającego dysocjacji wynosi:

$$\Delta T_t = (T_t^0 - T_t^r) = K \cdot b$$

gdzie: T_t^0 - temperatura topnienia rozpuszczalnika, T_t^r - temperatura topnienia roztworu
 K - stała krioskopowa, b - stężenie wyrażone w molach substancji na kilogram rozpuszczalnika

Młody chemik rozpuścił 0,200 g badanych kulek na mole w 10,000 g kamfory (keton pochodzenia naturalnego z grupy terpenów). Stwierdził, że temperatura topnienia tak uzyskanego roztworu wynosi 174,4°C, natomiast czystej kamfory – 179,8°C. Stała krioskopowa dla kamfory wynosi 39,7 K·kg·mol⁻¹.

Polecenie e. Ustal strukturę substancji, z której wykonano kulki na mole wiedząc, że w wyniku jej nitrowania powstaje wyłącznie jedna mononitropochodna.

Polecenie f. Zaproponuj strukturę związku C.

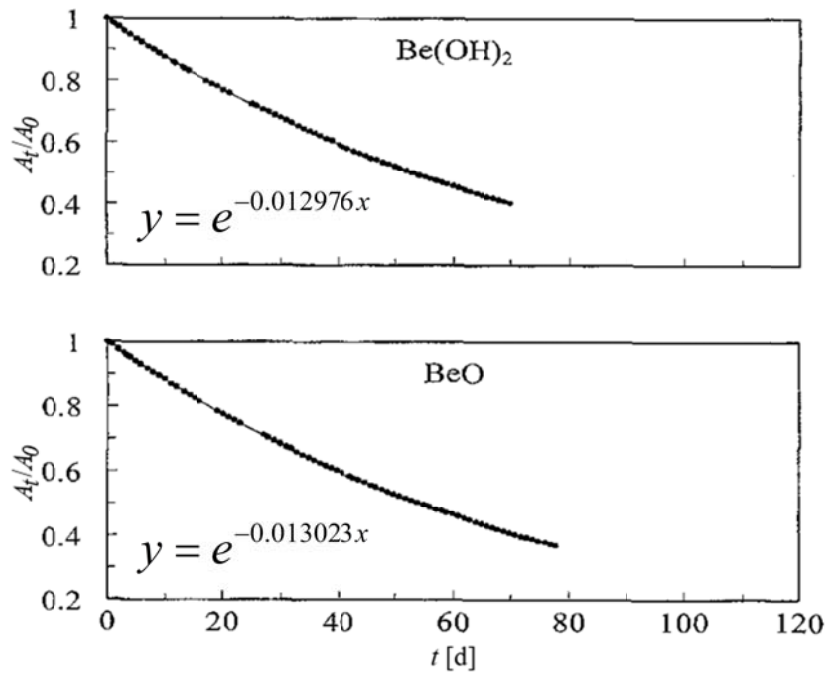
Nowoczesną metodą walki z molami jest użycie pułapek feromonalnych, wabiących szkodniki do lepkich powierzchni. Głównym feromonem moli odzieżowych (*Tineola bisselliella*) jest 2*E*,13*Z*-oktadecadienol.

Polecenie g. Narysuj wzór 2*E*,13*Z*-oktadecadienu.

Zadanie 4. Rozpad promieniotwórczy ⁷Be

Wiele podręczników podaje informacje, że wartość czasu połowicznego rozpadu ($T_{1/2}$) dla reakcji jądrowych nie zależy od tego, w jakim otoczeniu chemicznym znajduje się rozpadający się atom. Nie jest to jednak stwierdzenie prawdziwe we wszystkich przypadkach.

Izotop ⁷Be ulega przemianie na drodze tak zwanego wychwytu K, polegającego na przechwyceniu przez jądro elektronu z pierwszej powłoki. Procesowi temu towarzyszy emisja antyneutrino i kwantu γ . W celu wyznaczenia czasu połowicznego zaniku ⁷Be wykonano pomiary aktywności (natężenia emitowanego przez próbkę promieniowania γ) dla wodorotlenku berylu i tlenku berylu. Krzywe kinetyczne oraz równania będące efektem najlepszego dopasowania funkcji wykładniczej do punktów eksperymentalnych przedstawiono na rysunku poniżej (A_t – aktywność próbki po czasie t , A_0 – początkowa aktywność próbki; źródło: C.A. Huh; *Earth Planet. Sci. Lett.* 1999, 171: 325-328).



Polecenie a. Zapisz równanie przemiany jądra ^7Be .

Polecenie b. Oblicz wartości $T_{1/2}$ jądra ^7Be w Be(OH)_2 i BeO .

Polecenie c. Zaproponuj wyjaśnienie, dlaczego efekt otoczenia chemicznego na kinetykę przemiany jądra ^7Be jest szczególnie widoczny, wielokrotnie większy niż dla innych przemian jądrowych.

Polecenie d. Do badań autor zacytowanej pracy użył roztworu chlorku berylu. Zaproponuj, jak otrzymać z tego surowca wodorotlenek berylu i tlenek berylu. Zapisz równania odpowiednich reakcji.

Polecenie e. Aby wygodnie operować badanym materiałem podczas syntezy, autor pracy przygotował mieszaninę, zawierającą promieniotwórczy ^7Be i stabilny ^9Be . W tym celu zmieszał 100 μl roztworu wyjściowego, zawierającego $^7\text{BeCl}_2$ z roztworem $^9\text{BeCl}_2$ zawierającym 5 mg ^9Be . Jaki był stosunek wagowy ^7Be do ^9Be , jeśli dostarczony z Brookhaven National Laboratory roztwór $^7\text{BeCl}_2$ miał aktywność 40,7 MBq/cm³? Przyjmij czas połowicznego rozpadu ^7Be w roztworze wodnym za równy wartości średniej dla tego nuklidu w BeO i Be(OH)_2 . Bekerel (Bq) to jednostka miary aktywności promieniotwórczej w układzie SI, oznaczająca jeden rozpad promieniotwórczy na sekundę.

Zadanie 5. Produkcja chloranów(V)

Chloran(V) potasu znajduje szerokie zastosowanie w przemyśle produktów pirotechnicznych, na przykład przy produkcji petard hukowych, zapalek czy fajerwerków. Chloran(V) potasu uzyskuje się na drodze reakcji podwójnej wymiany, używając jako substratów chloranu(V) sodu i chlorku potasu.

Polecenie a. Biorąc pod uwagę podane rozpuszczalności soli w 20°C zaproponuj, jakie roztwory należy zmieszać, aby uzyskać 100 g stałego KClO_3 z maksymalną wydajnością. Podaj objętości i stężenia roztworów użytych substratów. Zaniedbaj efekt wspólnego jonu.

	KClO_3	NaClO_3	NaCl	KCl
Rozpuszczalność g/100 cm³ wody 20°C	7,3	98,8	35,6	34,2
Gęstość roztworu nasyconego [g cm⁻³] 20°C	1,042	1,439	1,201	1,174

Chloran(V) sodu otrzymuje się metodą elektrochemiczną, podczas elektrolizy stężonego roztworu chlorku sodu. Jest to kilkuetapowy proces, obejmujący:

- I. Wydzielanie się chloru na anodzie.
- II. Reakcję dysproporcjonowania chloru podczas reakcji z wodą i wytworzenie chloranów(I) i chlorków.
- III. Anodowe elektrootlenianie chloranów(I) do chloranów(V) z wytworzeniem tlenu i chlorków. Stosunek molowy tworzących się jonów chloranowych(V) i chlorkowych wynosi 1:2. Przemianie 1 mola jonów chloranowych(I) towarzyszy wydzielenie 5,6 dm³ gazu (warunki normalne).
- IV. „Klasyczne” (nieelektrochemiczne) dysproporcjonowanie chloranów(I) do chlorków i chloranów(V).

Polecenie b. Zapisz jonowo równania reakcji o których mowa w punktach I-IV.

Polecenie c. Który z procesów, elektrootlenianie czy autoutlenianie chloranów(I) (proces III czy IV) jest korzystniejsze przy produkcji chloranu(V) sodu pod względem zużycia energii elektrycznej? Uzasadnij odpowiedź.

Polecenie d. Dysproporcjonowanie chloru w wodzie (proces II) jest reakcją równowagową. Oblicz pH roztworów zawierającego 5,0000 g choru w 1 dm³ wody (stężenie początkowe); stała równowagi reakcji chloru z wodą (K) wynosi $2,56 \cdot 10^{-4}$, a stała dysocjacji dla kwasu chlorowego(I) $2,88 \cdot 10^{-8}$.

$$K = \frac{[\text{HClO}][\text{Cl}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{Cl}_2]}$$

Polecenie e. Roztwór elektrolitu używany podczas produkcji NaClO_3 zawiera 200 g chlorku sodu w 1 dm^3 . Jakie będzie pH roztworu zawierającego 5,0000 g chloru rozpuszczonego w 1 dm^3 tego elektrolitu? Zaniedbaj efekt siły jonowej.

Polecenie f. Przemysłowy elektrolizer używany do produkcji chloranu sodu osiąga całkowitą sprawność prądową wynoszącą 94%. Oblicz, jak długo należy prowadzić proces, aby uzyskać 100 g chloranu(V) sodu, jeśli prąd płynący w elektrolizerze wynosi 25 A, a procesowi elektrotleniania (proces III) ulega 30% tworzących się chloranów(I), reszta ulega przemianie w procesie dysproporcjonowania (proces IV).

Praktyczna uwaga matematyczna

Dla równania sześciennego:

$$x^3 + bx + c = 0$$

pierwiastek rzeczywisty obliczamy w oparciu o następującą zależność:

$$\Delta = \left(\frac{b}{3}\right)^3 + \left(\frac{c}{2}\right)^2$$
$$x_0 = \sqrt[3]{-\frac{c}{2} - \sqrt{\Delta}} + \sqrt[3]{-\frac{c}{2} + \sqrt{\Delta}}$$

UWAGA:

- Masy atomowe należy zaokrągać do **pierwszego miejsca po przecinku**.
- Jeśli w treści zadania nie określono inaczej, równania reakcji można zapisywać w **postaci jonowej** lub **cząsteczkowej**.
- Syntezy organiczne można przedstawić w formie **schematów** (o ile w poleceniu nie zaznaczono inaczej).
- Wzory strukturalne można zapisywać w postaci **szkieletowej** lub **półstrukturalnej**.

Punktacja:

Zadanie 1	10	pkt.
Zadanie 2	13	pkt.
Zadanie 3	22	pkt.
Zadanie 4	17	pkt.
Zadanie 5	25	pkt.
Łącznie	87	pkt.

Czas trwania zawodów: 180 min.

Poznań, 06.12.2025

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

Poznań, 06.12.2025

	H ⁺	NH ₄ ⁺	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Rb ⁺	Cs ⁺	Be ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺	Ba ²⁺	Sc ³⁺	Y ³⁺	La ³⁺	Cr ²⁺	Cr ³⁺	Mn ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Cu ⁺	Cu ²⁺	Ag ⁺	Zn ²⁺	Cd ²⁺	Hg ₂ ²⁺	Hg ²⁺	Al ³⁺	Ga ³⁺	In ³⁺	Tl ⁺	Tl ³⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺	Sb ³⁺	Bi ³⁺			
OH ⁻																																									
F ⁻																																									
Cl ⁻																																									
Br ⁻																																									
I ⁻																																									
S ²⁻																																									
CN ⁻																																									
SCN ⁻																																									
OCN ⁻																																									
N ₃ ⁻																																									
ClO ⁻																																									
ClO ₂ ⁻																																									
ClO ₃ ⁻																																									
ClO ₄ ⁻																																									
BrO ⁻																																									
BrO ₃ ⁻																																									
IO ₃ ⁻																																									
BO ₃ ³⁻																																									
NO ₂ ⁻																																									
NO ₃ ⁻																																									
H ₂ PO ₂ ⁻																																									
HPO ₃ ²⁻																																									
PO ₄ ³⁻																																									
AsO ₃ ³⁻																																									
AsO ₄ ³⁻																																									
SO ₃ ²⁻																																									
SO ₄ ²⁻																																									
S ₂ O ₃ ²⁻																																									
SeO ₃ ²⁻																																									
SeO ₄ ²⁻																																									

rozpuszczalność >1 g/100 cm ³	rozpuszczalność 0,1-1 g/100 cm ³	rozpuszczalność <0,1 g/100 cm ³	hydroliza lub dysproporcjonowanie	brak danych, substancja nie istnieje, dane sprzeczne
---	--	---	--------------------------------------	---