



LXII Ogólnopolski Konkurs Chemiczny im. prof. Antoniego Swinarskiego

FINAŁ – Część teoretyczna - 6 marca 2026 r.

Witamy na etapie finałowym LXII Ogólnopolskiego Konkursu Chemicznego im. prof. Antoniego Swinarskiego.

- Dysponujesz tzw. brudnopisem i kartami odpowiedzi. Oddajesz tylko karty odpowiedzi (wszystkie, nawet jeśli są puste). Brudnopis nie będzie oceniany.
- Rozwiązania wszystkich zadań obliczeniowych powinny zawierać zwięzły schemat obliczeń, wskazujący na tok rozumowania.
- Pisz starannie i czytelnie, błędne zapisy wyraźnie przekreśl.
- Możesz korzystać z kalkulatora. Pamiętaj o właściwym zaokrągłaniu liczb (wynik końcowy) i podawaniu jednostek.
- Na rozwiązanie zadań masz 3 godziny zegarowe.

ŻYCZYMY POWODZENIA

Stała gazowa $R=83,14 \text{ hPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ Stała Faradaya $96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

Zadanie A (20 pkt)

Techneet odkryli w 1937 roku Carlo Perriera i Emilio Segrè, gdy otrzymali płytkę molibdenową napromienioną deuteronami w cyklotronie na Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley. W gwiazdach nie występują cyklotrony, jednak w ich wnętrzach pojawiają się środowiska o niezwykle dużej liczbie swobodnych neutronów, zwłaszcza w późnych etapach ewolucji gwiazd i w supernowych. W widmach niektórych gwiazd, których czas życia może wynosić od kilku milionów do nawet bilionów lat, zaobserwowano linie emisyjne technetu ${}_{43}^{99}\text{Tc}$, którego czas połowicznego rozpadu wynosi około $2,1 \cdot 10^5$ lat.

Metastabilny izomer izotopu ${}^{99}\text{Tc}$, oznaczany ${}^{99\text{m}}\text{Tc}$, jest podstawowym wskaźnikiem wykorzystywanym podczas procedur scyntygraficznych. Izomer ten emituje promieniowanie gamma, a jego okres połowicznego rozpadu wynosi 6 godzin.

Innym sztucznym, promieniotwórczym izotopem o zastosowaniu medycznym jest kaliforn (${}_{98}^{252}\text{Cf}$), będący silnym źródłem neutronów, co wykorzystywane jest w radioterapii, jednak nieczęsto, gdyż jest bardzo drogi.

- 1) Wyjaśnij zwięźle do czego służy cyklotron. (2 pkt.)
- 2) Naukowcy otrzymali $1,0 \mu\text{g}$ ${}^{252}\text{Cf}$, oblicz liczbę jąder w tej próbce ($N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$). (2 pkt)
- 3) Czas połowicznego rozpadu ${}^{252}\text{Cf}$ wynosi 2,645 roku. Oblicz ile izotopu pozostanie po 10 latach. (2 pkt.)
- 4) Zapisz przemiany jądrowe prowadzące do powstania ${}^{99}\text{Tc}$ z ${}_{42}^{98}\text{Mo}$, które zachodzą w gwiazdach. Wyjaśnij, dlaczego obecność technetu w widmie gwiazdy jest dowodem na to, że procesy jądrowe zachodzą tam wciąż, a nie tylko w odległej przeszłości. (3 pkt.)
- 5) Pacjentowi podano izotop ${}^{99\text{m}}\text{Tc}$ o aktywności początkowej wynoszącej 500 MBq. Oblicz:
 - stałą rozpadu λ dla ${}^{99\text{m}}\text{Tc}$;
 - całkowitą liczbę rozpadów, które zajdą w ciągu 24 godzin od chwili podania izotopu;
 - całkowitą energię promieniowania gamma wyemitowaną w tym czasie.Załóż, że każdy rozpad prowadzi do emisji jednego kwantu gamma o energii 140 keV. Wyraź wynik w dżulach, korzystając z zależności: $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$. Oceń, czy wyemitowana ilość energii jest duża wiedząc, że 1 J to energia potrzebna do podniesienia małego jabłka na wysokość 1 metra. (8 pkt.)
- 6) Wyjaśnij, dlaczego ${}^{99\text{m}}\text{Tc}$ jest idealny do obrazowania medycznego. W odpowiedzi uwzględnij okres półtrwania, rodzaj promieniowania i bezpieczeństwo. (3 pkt.)

Zadanie B (20 pkt)

Rozkładu tlenku azotu(IV) zachodzi zgodnie z równaniem: $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

Eksperyment prowadzono w stałej objętości 1 dm^3 w temperaturze 350 K . Poniżej przedstawiono wyniki pomiaru stężenia NO_2 w funkcji czasu:

t (s)	$[\text{NO}_2]$ ($\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$)
0	0,0200
50	0,0162
100	0,0131
150	0,0106
200	0,0086

Zmiana stężenia substratu w czasie zależy od rzędu reakcji w następujący sposób:

$$C = C_0 - kt; \quad C = C_0 e^{-kt}; \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_0} + kt; \quad \text{dla odpowiednio 0, I i II rzędu reakcji.}$$

- 1) Wyznacz rząd reakcji dla rozkładu tlenku azotu(IV). (6 pkt.)
- 2) Zapisz równanie kinetyczne rozkładu tlenku azotu(IV). (1 pkt)
- 3) Oblicz stałą szybkości reakcji. Podaj jednostkę. (2 pkt.)
- 4) Wyznacz wzór na czas połowicznego rozpadu. (2 pkt.)
- 5) Oblicz czas połowicznego rozpadu. (1 pkt)
- 6) Oblicz początkową szybkość reakcji. (2 pkt.)
- 7) W temperaturze 380 K początkowa szybkość reakcji wynosi $1,31 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$. Oblicz współczynnik temperaturowy dla tej reakcji? (3 pkt.)
- 8) Oblicz ciśnienie w reaktorze w momencie zakończenia pomiaru ($t=200 \text{ s}$)? (3 pkt.).

Zadanie C (20 pkt)

Podczas oznaczania jonów Cu^{2+} metodą jodometryczną, kationy miedzi utleniają jony jodkowe do wolnego jodu, same redukując się do Cu^+ i wytrącają się jako trudno rozpuszczalny CuI . Ilość powstałego jodu jest proporcjonalna do ilości jonów Cu^{2+} . Następnie wydzielony I_2 odmiareczkowuje się roztworem $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ($2 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2 \text{NaI}$)

Etap 1

Wykonano nastawianie miana $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ na naważki KIO_3 . Wykonano trzy oznaczenia dla naważek: $m_1=0,0889 \text{ g}$; $m_2=0,0892 \text{ g}$; $m_3=0,0890 \text{ g}$, które rozpuszczono w wodzie destylowanej w kolbie, dodano 2 g KI i 10 cm^3 roztworu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ HCl}$. Wydzielony I_2 odmiareczkowano roztworem $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Uzyskano następujące objętości titranta dla trzech kolejnych naważek KIO_3 : $v_1 = 23,68 \text{ cm}^3$; $v_2 = 23,75 \text{ cm}^3$; $v_3 = 23,70 \text{ cm}^3$, odpowiednio dla każdej masy: m_1, m_2, m_3 .

Etap 2

Próbkę soli miedzi(II) rozpuszczono w kolbie miarowej o poj. 100 cm^3 w wodzie destylowanej. Następnie pobrano pipetą pięć próbek (każda po 25 cm^3) do kolb, zakwaszono $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$, dodano 2 g KI , wymieszano i pozostawiano na 5 min w ciemnym miejscu. Następnie wydzielony I_2 odmiareczkowano zmianowanym wcześniej roztworem $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Po przejściu barwy z brunatnej w żółtą dodawano skrobię i miareczkowano do zaniku granatowej barwy. Uzyskano następujące objętości titranta: $v_1=25,15 \text{ cm}^3$; $v_2=25,20 \text{ cm}^3$; $v_3=25,10 \text{ cm}^3$; $v_4=25,15 \text{ cm}^3$; $v_5=25,10 \text{ cm}^3$.

- 1) Napisz jonowe równania reakcji zachodzących podczas nastawiania miana tiosiarczanu sodu na naważki KIO_3 oraz podczas oznaczania jonów miedzi(II) za pomocą $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. (2 pkt.)
- 2) Wylicz trzy teoretyczne stężenia molowe tiosiarczanu sodu (c_1, c_2, c_3) uzyskane podczas etapu nastawiania miana. Wyznacz średnie stężenie molowe. ($M_{\text{KIO}_3} = 214,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) (3 pkt.)
- 3) Napisz równania Nernsta dla układów $\text{I}_2/2\text{I}^-$ oraz $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$. Korzystając z podanych potencjałów standardowych ($\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$: $E^0 = 0,17\text{V}$; $\text{I}_2/2\text{I}^-$: $E^0 = 0,54\text{V}$), wyjaśnij termodynamiczny kierunek reakcji wydzielania jodu. Następnie wskaż i uzasadnij czynniki powodujące, że reakcja podczas oznaczania jonów miedzi przebiega praktycznie ilościowo w prawo. (4 pkt.)
- 4) Wyjaśnij, dlaczego podczas oznaczania jonów Cu^{2+} : nie stosuje się HCl do zakwaszania roztworu. (1 pkt.)
- 5) Wyjaśnij, dlaczego zbyt silne zakwaszenie roztworu podczas miareczkowania tiosiarczanem sodu jest niekorzystne. Zapisz odpowiednie równanie reakcji. (2 pkt.)

- 6) Wyjaśnij, dlaczego po dodaniu KI konieczne jest odczekanie kilku minut w ciemności przed rozpoczęciem miareczkowania. (1 pkt.)
- 7) Oblicz średnią objętość titranta podczas oznaczania jonów Cu^{2+} . Na podstawie średniej objętości oblicz: stężenie jonów Cu^{2+} w roztworze w kolbie miarowej o poj. 100 cm^3 ($\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) oraz stężenie masowe Cu ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). ($M_{\text{Cu}} = 63,54 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) (2 pkt.)
- 8) Dla reakcji: $\text{I}_2 + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{I}^-$ wiadomo, że w warunkach standardowych (25°C) siła elektromotoryczna tej reakcji wynosi: $E^0_{\text{ogniwa}} = 0,45 \text{ V}$. Korzystając z podanych powyżej potencjałów $\text{I}_2/2\text{I}^-$ oraz $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$ wyznacz potencjał standardowy pary redoks: $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$. Zapisz reakcje zachodzące na anodzie oraz na katodzie w badanym układzie. Porównaj właściwości utleniająco-redukujące reagentów: wskaż, który składnik jest silniejszym utleniaczem, a który jest silniejszym reduktorem i uzasadnij odpowiedź na podstawie wartości potencjałów standardowych. (4 pkt.)
- 9) W środowisku wodnym (obojętnym lub słabo kwaśnym) tiosiarczan sodu reaguje z chlorem, ulegając całkowitemu utlenieniu do związków siarki(VI). Napisz cząsteczkowe równanie tej reakcji. (1 pkt.)

Zadanie D (20 pkt)

Proces elektrolizy substancji stopionych przebiega w inny sposób niż elektroliza tych samych substancji w postaci roztworów wodnych. Elektroliza stopionych soli wykorzystywana jest do otrzymywania czystych metali oraz jest jedyną metodą elektrolitycznego pozyskiwania metali lekkich.

I i II prawo Faradaya można zebrać w postaci zależności:

$$m = \frac{M_{\text{mol}} \cdot I \cdot t}{z \cdot F}$$

Wybrane standardowe potencjały półogniw

Elektroda	Potencjał standardowy E^0 , V	Elektroda	Potencjał standardowy E^0 , V
$\text{Al}^{3+} \text{Al}$	-1,676	$\text{Pt}, \text{H}_2 \text{H}^+$	0,000
$\text{Cl}^2 \text{Cl}^-$	1,358	$\text{Pt} \text{H}_2 \text{H}_2\text{O}, \text{OH}^-$	-0,828
Cr^{3+}/Cr	-0,744	$\text{K}^+ \text{K}$	-2,931
$\text{Cu}^{2+} \text{Cu}$	0,342	$\text{Pt} \text{O}_2 \text{H}_2\text{O}, \text{H}^+$	1,229
Fe^{2+}/Fe	-0,447	$\text{Pt} \text{O}_2 \text{H}_2\text{O}, \text{OH}^-$	0,401
Fe^{3+}/Fe	-0,037	$\text{Zn}^{2+} \text{Zn}$	-0,762

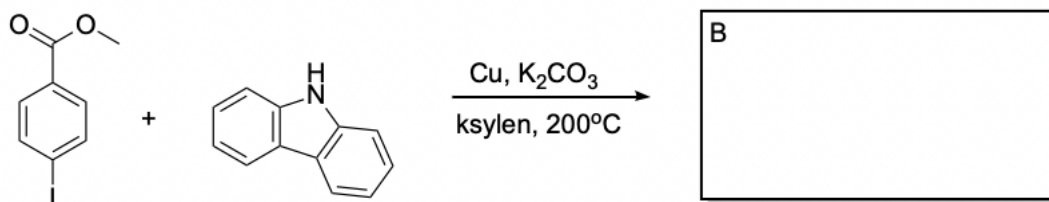
- 1) Zapisz reakcje elektrodowe zachodzące podczas elektrolizy wodnego roztworu chlorku potasu oraz stopionego chlorku potasu. Określ odczyn roztworu przed i po procesie elektrolizy. (4 pkt.)
- 2) Oblicz objętość gazu wydzielającego się w procesie elektrolizy stopionego chlorku potasu prowadzonego przez 20 minut i przy natężeniu prądu równego 1,5 A. Przyjmij, że gaz zbierano w temperaturze 15°C i przy ciśnieniu normalnym. Zapisz sumaryczną reakcję elektrolizy. Wynik podaj w dm^3 i zaokrąglaj do trzeciego miejsca po przecinku. (4 pkt.)
- 3) Przygotowano mieszaninę stałych soli: chlorku potasu, chlorku miedzi (II), chlorku cynku, chlorku żelaza (II) oraz chlorku chromu (III). Mieszaninę stopiono i poddano elektrolizie. Zapisz w jakiej kolejności wydzielą się poszczególne metale. Odpowiedź wyjaśnij odwołując się do definicji standardowego potencjału redukcji oraz mechanizmu procesu elektrolizy. (3 pkt.)
- 4) Oblicz całkowity ładunek przepuszczony przez wodny roztwór KNO_3 podczas prowadzenia elektrolizy. Wydajność reakcji wyniosła 85%, a objętość wydzielonych gazów to $2,5 \text{ dm}^3$ (warunki normalne). Zapisz reakcje elektrodowe. (6 pkt.)
- 5) Przeprowadzono elektrolizę wodnego roztworu chlorku amonu. Napisz jaki był odczyn roztworów przed i po procesie elektrolizy. Zapisz reakcje w formie jonowej skróconej potwierdzające twoje odpowiedzi. (3 pkt.)

Zadanie E (20 pkt)

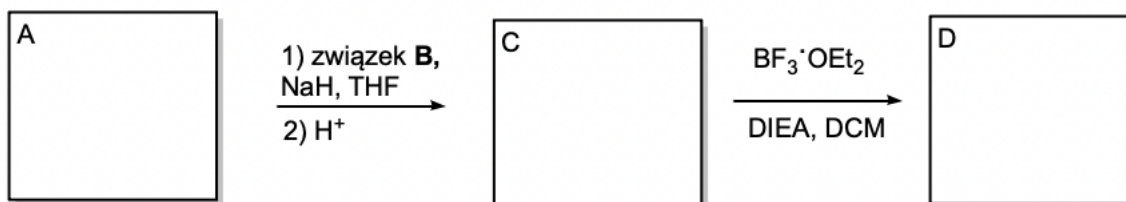
AIE (ang. Aggregation-induced emission) to zjawisko polegające na wzroście intensywności fluorescencji barwników po zagregowaniu, często w obecności dużej zawartości wody w układzie. Tworzą się w tym środowisku mikro lub nanostruktury zagregowanego barwnika. Zwykle pojedyncze cząsteczki w roztworze organicznym wykazują słabą fluorescencję spowodowaną utratą energii po wzbudzeniu w wyniku szeregu procesów bezpromienistych. Projektowanie tego typu barwników sprowadza się często do wprowadzenia do ich struktury grup donorowych lub akceptorowych połączonych wiązaniem pojedynczym. Barwniki takie mogą być wykorzystane w technologiach OLED lub bioobrazowaniu.

Pierwszym etapem syntezy barwnika fluorescencyjnego była kondensacja trzech cząsteczek acetonu i trzech cząsteczek mrówczanu etylu w obecności etanolanu sodu a następnie kwasu.

- 1) W wyniku pierwszej reakcji powstaje związek A – związek aromatyczny o masie cząsteczkowej $204.225 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ i wzorze sumarycznym $\text{C}_{12}\text{H}_{12}\text{O}_3$, zawierający trzy grupy karbonylowe. Zaproponuj wzór tego związku. (4 pkt.)
- 2) Ze względu na symetrię związek A posiada 4 sygnały w widmie ^{13}C NMR (cztery rodzaje atomów węgla o różnym otoczeniu chemicznym). Ile sygnałów i jaki kształt pików będzie widoczne w widmie ^1H NMR? (3 pkt.)
- 3) W kolejnym kroku otrzymano substrat B. Związek ten można otrzymać na kilka sposobów. Jednym z nich jest reakcja typu Ullmanna, katalizowana miedzią, w wyniku której następuje substytucja nukleofilowa do pierścienia aromatycznego. Zaproponuj strukturę związku B. (2 pkt.)



- 4) Uzupełnij schemat poniższych reakcji. Załóż, że w wyniku każdej z tych reakcji powstają produkty symetryczne. Teoretyczna masa molowa produktu C wynosi $1011 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ (przy masach molowych węgla, azotu, tlenu i wodoru odpowiednio: 12, 14, 16 i $1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; jednak rzeczywista masa molowa wynosi $1012 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$). W reakcji prowadzącej do produktu D użyto 20-krotnego nadmiaru molowego eteratu BF_3 . (4 pkt.)



- 5) Reakcja prowadząca do produktu A zaszła z wydajnością 30%. Kolejne wydajności reakcji (z A do C, z C do D) wynosiły odpowiednio 62 i 95%. Oblicz, ile otrzymano ostatecznego związku D, jeżeli do pierwszej reakcji użyto 30 cm^3 acetonu ($d = 0,784 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). $M_{\text{F}} = 19 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, $M_{\text{B}} = 11 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ (5 pkt.)
- 6) Wskaż, który z wykresów wskazuje na dowód zajścia zjawiska AIE dla związku D. Dla badanego związku przygotowano szereg roztworów o tej samej zawartości barwnika, ale różnym składzie rozpuszczalników THF (tetrahydrofuran) i woda. Odpowiedź uzasadnij. (2 pkt.)

