

## LXII Ogólnopolski Konkurs Chemiczny

im. prof. Antoniego Swinarskiego

FINAŁ – Część teoretyczna – 6 marca 2026 r.

### Odpowiedzi

#### Zadanie A (20 pkt)

1) Cyklotron służy do przyspieszania naładowanych cząstek. (2 pkt)

1pkt za przyspieszanie/rozpędzanie, 1 pkt za naładowane cząstki/lekke cząstki/protony/deuterony/cząstki alfa

$$2) n = \frac{m}{M} \approx \frac{1,0 \times 10^{-6} \text{ g}}{252 \text{ g/mol}} \approx 3,97 \times 10^{-9} \text{ mol} \quad (2 \text{ pkt})$$

$$N = nN_A \approx 3,97 \times 10^{-9} \cdot 6,02 \times 10^{23} \approx 2,4 \times 10^{15} \text{ jąder}$$

1 pkt za liczbę moli, 1 pkt za liczbę jąder

3)  $t = 10 \text{ lat}$  (2 pkt)

$$\frac{t}{T_{1/2}} = \frac{10}{2,645} \approx 3,78$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{3,78} \approx 0,073 \approx 7,3 \% \text{ próbki zostanie}$$

**Lub:** inne prawidłowe rozwiązania prowadzące do odpowiedzi 0,073  $\mu\text{g}$ ,  $1,74 \cdot 10^{14}$  jąder

1 pkt za stosunek  $\frac{t}{T_{1/2}}$  /obliczenie k, 1 pkt za właściwą ilość próbki (w %,  $\mu\text{g}$ , g, liczbie jąder, liczbie mol itd.)



Przykładowa odpowiedź:

Czas połowicznego rozpadu  ${}_{43}^{99}\text{Tc}$  wynosi jedynie ok.  $2,1 \times 10^5$  lat, podczas gdy wiek gwiazd liczony jest w milionach–miliardach lat. Gdyby technet powstał tylko na początku życia gwiazdy, dawno uległby rozpadowi. Skoro w widmie wciąż widać linie Tc, musi być on na bieżąco produkowany we wnętrzu gwiazdy w procesach jądrowych.

1 pkt za przemianę neutronową, 1 pkt za przemianę  $\beta^-$ , 1 pkt za zauważenie, że czas połowicznego rozpadu technetu jest krótszy niż wiek gwiazd

$$5) k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad (8 \text{ pkt})$$

$$6 \text{ h} \cdot 3600 = 21\,636 \text{ s}$$

$$k = \frac{0,693}{21,636} \approx 3,20 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1} \text{ lub } 0,1155 \text{ h}^{-1}$$

$$A_0 = 500 \text{ MBq} = 5 \cdot 10^8 \text{ Bq}$$

$$t = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$$

$$A_0 = kN_0 \rightarrow N_0 = \frac{A_0}{k} = \frac{5 \cdot 10^8}{3,21 \cdot 10^{-5}} \approx 1,56 \cdot 10^{13}$$

$$N(t) = N_0 e^{-kt}$$

$$N_{\text{rozpadów}} = N_0 - N(t) = N_0(1 - e^{-kt}) \approx 1,56 \cdot 10^{13} \cdot (1 - 0,062) \approx 1,46 \cdot 10^{13} \text{ rozpadów}$$

$$E_{\text{kwantu gamma}} = 140 \text{ keV} = 140 \cdot 10^3 \text{ eV}$$

$$E_\gamma = 140 \cdot 10^3 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 2,24 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

$$E_{\text{tot}} = N \cdot E_\gamma \approx 1,46 \cdot 10^{13} \cdot 2,24 \cdot 10^{-14} \text{ J} \approx 0,327 \text{ J}$$

Jest to bardzo mała ilość energii.

**Lub:** obliczenia z wykorzystaniem aktywności, gdzie  $A = 500 \text{ MBq} \cdot e^{-0,1155 \cdot 24} = 31,27 \text{ MBq}$

1 pkt za obliczenie stałej k, 1 pkt za zamianę jednostek MBq, 1 pkt za  $N_0$ , 1 pkt za policzenie liczby rozpadów, 1 pkt za zamianę jednostek keV, 1 pkt za energię kwantu gamma w J, 1 pkt za energię całkowitą, 1 pkt za porównanie, że jest to mała ilość energii

6) Przykładowa odpowiedź:

**(3 pkt)**

Użycie  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  minimalizuje ekspozycję na promieniowanie (czas połowicznego rozpadu wynosi tylko 6 h) zapewniając jednocześnie wystarczającą ilość czasu na wykonanie obrazowania. W organizmie emituje promieniowanie gamma, którego zdolność do jonizacji jest niewielka (przechodzi głównie na wylot, deponując małą część energii – w przeciwieństwie do promieniowania  $\alpha$  i  $\beta$ ).

1 pkt za krótką ekspozycję, 1 pkt za wystarczający czas na wykonanie czynności medycznych, 1 pkt za bezpieczeństwo rodzaju promieniowania

### Zadanie B (20 pkt)

1) Powtarzalne wartości k dla różnych czasów uzyskuje się dla równania reakcji I rzędu

$$(k = \ln \frac{C_0}{C} \frac{1}{t}).$$

Ewentualnie obliczenie na podstawie regresji liniowej.

**(6 pkt)**

2)  $v = k[NO_2]$

**(1 pkt)**

3)  $k = 0,0042 \frac{1}{s}$  ( $k = \ln \frac{C_0}{C} \frac{1}{t}$ ) jako średnia ze wszystkich pomiarów

**(2 pkt)**

Obliczeni na podstawie jednego pomiaru 1 punkt zamiast 2.

4)  $C = 1/2 C_0 \rightarrow T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{k}$

**(2 pkt)**

5)  $T_{1/2} = 165 \text{ s}$

**(1 pkt)**

$$6) v = 8,4 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \text{s}} \quad (2 \text{ pkt})$$

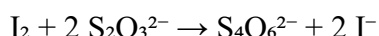
$$7) \gamma^3 = \frac{v^{380K}}{v^{350K}} = 15,59 \rightarrow \gamma = \sqrt[3]{15,59} = 2,5 \quad (3 \text{ pkt})$$

8) W momencie zakończenia reakcji stężenia wynoszą odpowiednio:  $[\text{NO}_2]=0,0086 \text{ mol/dm}^3$ ,  
 $[\text{NO}]=0,0114 \text{ mol/dm}^3$  i  $[\text{O}_2]=0,0057 \text{ mol/dm}^3$ .

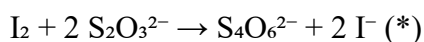
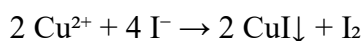
Łączna liczba moli wynosi 0,0257 mola

$$p=747,8 \text{ hPa} \quad (3 \text{ pkt})$$

### Zadanie C (20 pkt)



Oznaczanie  $\text{Cu}^{2+}$  (1 pkt)



(\*) Reakcja została podana w treści zadania

2) Dane:

Masa $\text{KIO}_3$ [g]	0,0889	0,0892	0,0890
Objętość $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ [ $\text{cm}^3$ ]	23,68	23,75	23,70

$$c_1 = 0,1052 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

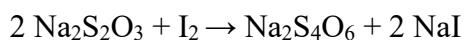
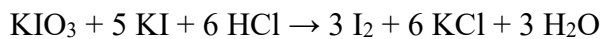
$$c_2 = 0,1053 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$c_3 = 0,1053 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$C \text{ średnie} = 0,1053 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \quad (3 \text{ pkt})$$

Obliczenia na przykładzie próbki numer 1.

Reakcje zachodzące podczas nastawiania miana przebiegają według następujących równań:



$$n(\text{KIO}_3) = m / M = 0,0889 \text{ g} / 214,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,0004154 \text{ mol}$$

Z reakcji wynika: 1 mol  $\text{KIO}_3 \rightarrow 6 \text{ mol } \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$

$$n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 6 \cdot 0,0004154 \text{ mol} = 0,002492 \text{ mol}$$

$$c = n / V = 0,002492 \text{ mol} / 0,02368 \text{ dm}^3 = 0,1052 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

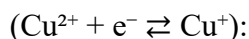
3) Równanie Nernsta:

$$E = E^\circ(I_2/I^-) + (RT/2F) \ln([I_2]/[I^-]^2)$$

Wersja uproszczona (w temperaturze 25°C, roztwory rozcieńczone)

$$E = E^\circ(I_2/I^-) + (0,059/2) \log([I_2]/[I^-]^2) \quad (1 \text{ pkt})^*$$

Reakcja redukcji dla układu  $Cu^{2+}/Cu^+$  przebiega według schematu:



Równanie Nernsta:

$$E = E^\circ - (RT/F) \ln(a(Cu^+) / a(Cu^{2+}))$$

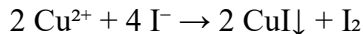
$$E = E^\circ(Cu^{2+}/Cu^+) + (RT/F) \ln([Cu^{2+}]/[Cu^+])$$

Wersja uproszczona (w temperaturze 25°C, roztwory rozcieńczone).

$$E = E^\circ(Cu^{2+}/Cu^+) + 0,059 \log([Cu^{2+}]/[Cu^+]) \quad (1 \text{ pkt})^*$$

*\* Każdy prawidłowy zapis równania Nernsta będzie punktowany tak samo.*

Dla reakcji



w warunkach standardowych wyższy potencjał posiada układ  $I_2/2I^-$ .

$$E^0_{\text{reakcji}} = 0,17V - 0,54V = -0,37 V$$

Z samych potencjałów standardowych wynika, że dla reakcji  $2Cu^{2+} + 4I^- \rightarrow 2CuI + I_2$   $E^\circ = -0,37$  V, więc w warunkach standardowych nie zachodzi ona samorzutnie w prawo. Natomiast w warunkach analizy przebiega praktycznie ilościowo w prawo, ponieważ produkt redukcji miedzi,  $Cu^+$ , jest usuwany z roztworu w postaci osadu  $CuI$ , a jod pozostaje w układzie przy nadmiarze  $I^-$ .

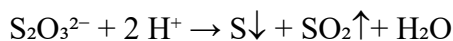
**(2 pkt)**

4) Nie stosuje się  $HCl$ , ponieważ jony chlorkowe tworzą kompleksy z jonami miedzi. Przez co zmienia się aktywność form  $Cu^{2+}/Cu^+$ , co zaburza ilościowe wydzielanie jodu i może wprowadzać błąd oznaczenia.

**(1 pkt)**

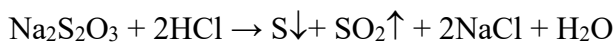
5) Zbyt silne zakwaszenie podczas miareczkowania jest niekorzystne, ponieważ jony tiosiarczanowe w obecności silnych kwasów ulegają rozkładowi. Powstają produkty rozkładu, które zmieniają rzeczywiste zużycie titranta oraz miano roztworu co wpływa na błąd miareczkowania.

**(1,5 pkt)**



**(0,5 pkt)**

Lub cząsteczkowo:



- 6) Po dodaniu KI należy odczekać kilka minut w ciemności, aby reakcja  $\text{Cu}^{2+}$  z I<sup>-</sup>, prowadząca do wydzielania jodu i strącania  $\text{CuI}$ , dobiegła do końca. Ograniczenie wpływu światła zapobiega również rozkładowi fotochemicznemu jodu. **(1 pkt)**

- 7) Dane: objętość próbki:  $25 \text{ cm}^3$

Objętości titranta [ $\text{cm}^3$ ]	25,15	25,20	25,10	25,15	25,10
--------------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------

$$\text{Średnia } V = 25,14 \text{ cm}^3$$

$$n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = c \cdot V = 0,1053 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,02514 \text{ dm}^3 = 0,00265 \text{ mol}$$

$$n(\text{Cu}^{2+}) = n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$$

$$c(\text{Cu}^{2+}) = 0,00265 \text{ mol} / 0,02500 \text{ dm}^3 = 0,1059 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \quad \textbf{(1 pkt)}$$

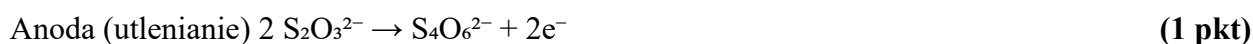
$$c_{\text{masowe}} = 0,1059 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 63,54 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 6,73 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3} = 6728 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3} \quad \textbf{(1 pkt)}$$

Stężenie molowe i masowe są takie same w kolbie jak w pobranej próbce.

- 8)  $E^0_{\text{ogniwa}} = E^0_{\text{kat}} - E^0_{\text{anody}}$

$$0,45 = 0,54 - E^0_{\text{anody}}$$

$$E^0(\text{S}_4\text{O}_6^{2-}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,09 \text{ V} \quad \textbf{(1 pkt)}$$



Najsilniejszy utleniacz wśród porównywanych jonów:  $\text{I}_2$

Najsilniejszy reduktor wśród porównywanych jonów:  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  **(1 pkt)**

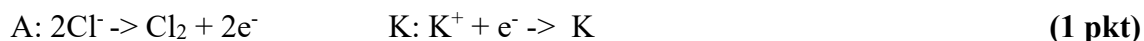
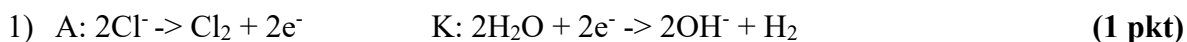
Ponieważ większa wartość potencjału standardowego oznacza silniejsze właściwości utleniające,  $\text{I}_2$  jest silniejszym utleniaczem niż  $\text{Cu}^{2+}$  i  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ . Niższa wartość potencjału standardowego oznacza silniejsze właściwości redukujące formy zredukowanej, dlatego  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  jest silniejszym reduktorem niż  $\text{Cu}^+$  i  $\text{I}^-$ .

- 9)  $4\text{Cl}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{HCl}$  **(1 pkt)**

lub:



Oba równania cząsteczkowe są punktowane identycznie.

**Zadanie D (20 pkt)**

Przed: odczyn obojętny      (1 pkt)

Po: odczyn zasadowy      (1 pkt)

2)  $n=m/M$

liczba moli chloru  $n=0,00933$  moli (dla wydajności 100%)      **(2 pkt)**

Objętość gazu  $V=0,201 \text{ dm}^3$       **(1 pkt)**



Przykładowe wyjaśnienie:

W procesie elektrolizy katoda posiada nagromadzone ładunki ujemne w postaci elektronów, co powoduje migrację jonów dodatnich w jej kierunku i ich przyjmowanie (redukcję). Jony o wyższej tendencji do przyjmowania elektronów, czyli o wyższym standardowym potencjale redukcji będą to robić jako pierwsze.

Odniesienie się do mechanizmu procesu elektrolizy      **(1 pkt)**

Odniesienie się do standardowego potencjału redukcji      **(1 pkt)**



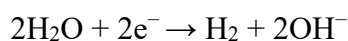
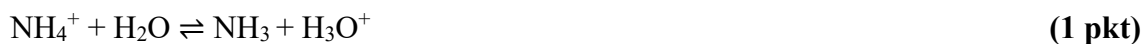
Liczba moli gazów: 0,1116 moli      **(1 pkt)**

Liczba moli elektronów: 0,1488 mola      **(1 pkt)**

Ładunek efektywny:  $Q_{\text{ef}}=14360 \text{ C}$       **(1 pkt)**

Ładunek całkowity:  $Q=16894 \text{ C}$       **(1 pkt)**

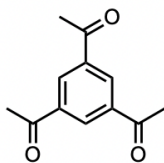
5) Przed: odczyn kwasowy      Po: odczyn zasadowy (lub obojętny, zależy od czasu prowadzenia elektrolizy)      **(1 pkt)**



Ewentualnie dodatkowo:  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$

### Zadanie E (20 pkt)

1) Związek A

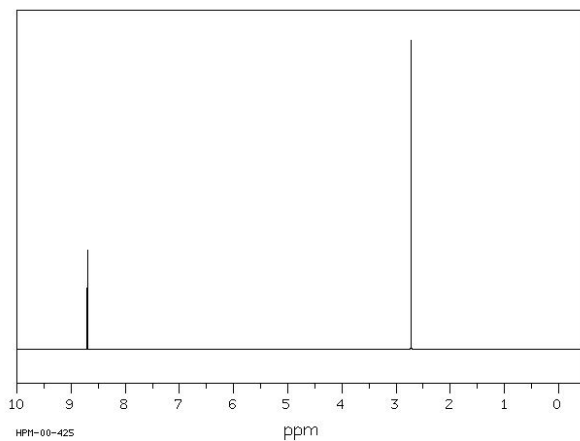


4 pkt za prawidłowo narysowaną strukturę.

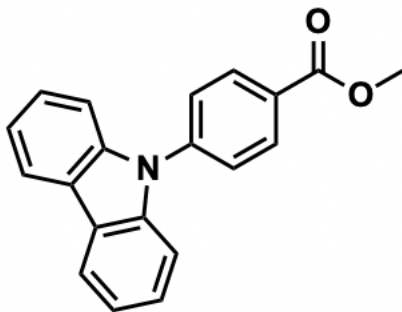
2) Dwa sygnały, singlety.

2 pkt – wskazanie ilości sygnałów.

1 pkt. – wskazanie kształtu sygnałów.



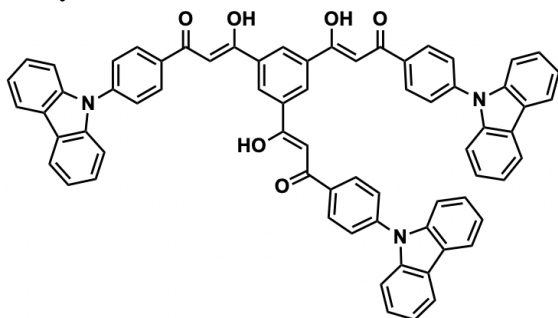
3) Związek B



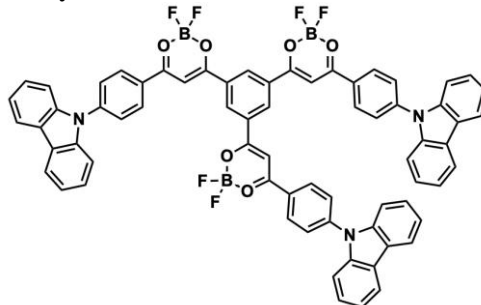
2 pkt za prawidłowo narysowaną strukturę.

4)

Związek C



Związek D



2 pkt za przedstawienie struktury związku C

2 pkt za przedstawienie struktury związku D

5)

Liczba moli acetonu: 0,40 mol

1 pkt za wyznaczenie liczby moli/masy acetonu

Liczba moli związku A otrzymanego z wydajnością: 0,04 mol

Masa molowa związku D: 1155,53 g/mol

3 pkt za prawidłowe przedstawienie obliczeń

Ilość otrzymanego produktu D: 27,2 g

1 pkt za poprawną wartość

6) Panel 1

Uzasadnienie: Wzrost intensywności fluorescencji w przypadku dużej zawartości wody, spowodowanej agregacją.

1 pkt za prawidłowe wskazanie wykresu

1 pkt za wyjaśnienie