

LXII Ogólnopolski Konkurs Chemiczny im. prof. Antoniego Swinarskiego

ETAP SZKOLNY – 1-5 grudnia 2025 r.

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

Do rozwiązania masz 5 zadań, które sprawdzi Twój nauczyciel chemii.

Na tym etapie możesz korzystać ze wszystkich dostępnych źródeł wiedzy.

ŻYCZYMY POWODZENIA

Zadanie 1 (20 pkt)

Tor jest pierwiastkiem promieniotwórczym występującym w skorupie ziemskiej w ilości 12 ppm (parts per milion, część na milion), około sześciokrotnie częściej niż uran (2 ppm). Jego najtrwalszy izotop naturalny to ^{232}Th o czasie połowicznego rozpadu ok. 14 mld lat. Ulega on rozpadowi α (1), dając początek tzw. szeregowi torowemu rozpadów promieniotwórczych.

Tor jest potencjalnym kandydatem na paliwo jądrowe przyszłości, bardziej bezpieczne i wydajne niż powszechnie stosowany uran. ^{232}Th , w przeciwieństwie do ^{235}U nie jest materiałem rozszczepialnym, ale jest materiałem paliworodnym. Oznacza to, że musi być przekształcony w reaktorze, zanim będzie można go użyć do produkcji energii. Po wychwycie neutronu (2) ^{232}Th ulega dwóm takim samym rozpadom (3 i 4) przekształcając się w sztuczny izotop uranu ^{233}U , który jest doskonałym materiałem rozszczepialnym.

W uranie naturalnym występuje głównie słabo promieniotwórczy izotop ^{238}U (około 99,3%), któremu towarzyszy ^{235}U . Obecnie głównym zastosowaniem izotopu ^{235}U jest jego wykorzystanie jako materiał rozszczepialny w reaktorach jądrowych, jednak jego zawartość w naturalnym uranie jest zbyt niska i wymaga tzw. wzbogacania z użyciem szybkoobrotowych wirówek, w których pod wpływem sił odśrodkowych następuje rozdzielanie izotopów uranu związanych w postaci gazowego fluorku uranu, $^{235}\text{UF}_6$ i $^{238}\text{UF}_6$. Podczas tego procesu cięższe cząsteczki $^{238}\text{UF}_6$ są wypychane na zewnątrz wirówki, a lżejsze $^{235}\text{UF}_6$ gromadzą się bliżej osi obrotu.

- 1) Przekształć wartość 12 ppm na procentową zawartość toru w skorupie ziemskiej. (1 pkt.)
- 2) Oblicz ile gramów uranu przypada na jedną tonę skały, zakładając, że 1 ppm = 1 mg/kg. (2 pkt.)
- 3) Zapisz równania przemian 1, 2, 3 i 4. (4 pkt.)
- 4) Oblicz po ilu latach rozpadnie się 85,5% ^{232}Th . (2 pkt.)
- 5) Podaj liczbę protonów, neutronów i nukleonów izotopu uranu ^{235}U oraz podaj czym różni się ten izotop od izotopu ^{238}U : liczbą protonów, elektronów czy neutronów. (4 pkt.)
- 6) Oblicz średnią masę atomową naturalnego uranu (wykorzystaj dokładne masy molowe izotopów, które wynoszą 238,0508 g/mol oraz 235,0439 g/mol). (2 pkt.)
- 7) Oblicz, ile gramów izotopu ^{235}U występuje w 1000 g naturalnego uranu oraz ile gramów wzbogaconego uranu (4,0% ^{235}U) potrzeba, aby zawierał tę samą masę izotopu ^{235}U . (2 pkt.)
- 8) Oblicz energię uwolnioną w przypadku rozszczepienia całego ^{233}U wyprodukowanego z 1000 g ^{232}Th (zakładając 100% przekształcenie toru w uran) wiedząc, że energia rozszczepienia 1 mola ^{233}U wynosi $1,93 \times 10^{13}$ J/mol. (3 pkt.)

Zadanie 2 (20 pkt)

Nauczyciel postanowił pokazać uczniom sposób prawidłowego wykonania miareczkowania mocnego kwasu za pomocą mocnej zasady oraz sposobu wyliczania stężenia molowego roztworu analitu dla różnych etapów miareczkowania. W tym celu wybrał miareczkowanie kwasu chlorowodorowego za pomocą wodorotlenku sodu. Aby prawidłowo zrealizować to zadanie nauczyciel przygotował roztwory kwasu chlorowodorowego i wodorotlenku sodu o stężeniu $0,1000 \text{ mol/dm}^3$, zestawy szkła laboratoryjnego, odmierzył 20 cm^3 roztworu kwasu chlorowodorowego do kolby stożkowej wraz z odpowiednio dobranym wskaźnikiem. Następnie wprowadził roztwór wodorotlenku sodu (titranta) do biurety i wykonał miareczkowanie pokazując uczniom zmiany barwy roztworu analitu.

- 1) Ile cm^3 roztworu kwasu chlorowodorowego (masa molowa $36,46 \text{ g/mol}$) o stężeniu $36,23\%$ i gęstości $1,18 \text{ g/cm}^3$ należy odmierzyć, aby przygotować 500 cm^3 roztworu o stężeniu $0,1000 \text{ mol/dm}^3$. (6 pkt.)
- 2) Ile gramów stałego wodorotlenku sodu (masa molowa $40,00 \text{ g/mol}$) należy odważyć na wadze technicznej w celu przygotowania 500 cm^3 roztworu o stężeniu $0,1000 \text{ mol/dm}^3$. (2 pkt.)
- 3) Napisz równanie reakcji zachodzącej pomiędzy kwasem chlorowodorowym a wodorotlenkiem sodu. Nazwij powstałe produkty reakcji. (2 pkt.)
- 4) Biorąc pod uwagę dane zestawione w tabeli 1 zaproponuj najlepszy wskaźnik miareczkowania wiedząc, że skok miareczkowania dla tej reakcji występuje w zakresie pH 4,3-9,7. (1 pkt.)

Tabela 1. Zakres wartości pH oraz zabarwienie w roztworze dla wybranych wskaźników

	Zakres pH	Zabarwienie w roztworze	
		kwaśnym	zasadowym
Oranż metylowy	3,1-4,4	czerwony	żółtopomarańczowy
Czerwień metylowa	4,4-6,3	czerwony	żółty
Błękit bromometylowy	6,2-7,6	żółty	niebieski
Fenoloftaleina	8,0-9,8	bezbarwna	malinowa

- 5) Oblicz wartość pH na początku miareczkowania (w punkcie 0) dla roztworu analitu, czyli 20 cm^3 kwasu chlorowodorowego o stężeniu $0,1000 \text{ mol/L}$. (4 pkt.)
- 6) Oblicz wartość pH miareczkowanego roztworu HCl po dodaniu 5 cm^3 roztworu NaOH. (5 pkt.)

Zadanie 3 (20 pkt)

W reakcji rozkładu nadtlenu wodoru w obecności katalizatora (jodku potasu) powstaje tlen i woda. Jest to reakcja pierwszego rzędu względem substratu. Przeprowadzono doświadczenie w warunkach normalnych, mierząc objętość wydzielonego tlenu w funkcji czasu. W eksperymencie użyto 6 g wody utlenionej o stężeniu 3% i otrzymał następujące dane:

Czas [s]	Objętość O ₂ [cm ³]
0	0
30	12
60	22
90	30
120	36
150	40

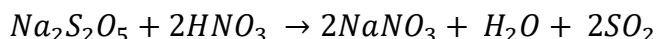
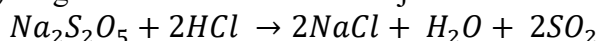
- 1) Zapisz równanie zachodzącej reakcji chemicznej. (2 pkt.).
- 2) Oblicz średnią szybkość wydzielania tlenu w przedziale od 30 s do 90 s, wyrażoną w cm³/s. (4 pkt.).
- 3) Zapisz równanie kinetyczne tej reakcji. (4 pkt.).
- 4) Jak zmieni się szybkość reakcji, jeśli stężenie nadtlenu wodoru zostanie podwojone. Odpowiedź uzasadnij. (4 pkt.).
- 5) Jak zmieni się szybkość reakcji (wzrośnie czy zmaleje), jeżeli uczeń powtórzy eksperyment w temperaturze 35°C. Odpowiedź uzasadnij. (2 pkt.).
- 6) Po jakim czasie rozłożyła się połowa nadtlenu wodoru użyta do eksperymentu? (4 pkt.).

Zadanie 4 (20 pkt)

Elektrośmieci są źródłem złota i innych metali, które używane są do produkcji procesorów, kart pamięci RAM i płytek obwodu drukowanego. Złoto można odzyskiwać stosując trójetapową procedurę:

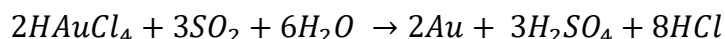
- I. Wyodrębnienie złota. Używa się w tym celu wody utlenionej i kwasu solnego.
- II. Roztworzenie złota. Następuje ono poprzez wykorzystanie wody królewskiej – mieszaniny kwasu solnego i azotowego(V) w stosunku objętościowym 3:1.
- III. Wytrącenie złota z roztworu. Jako reduktor używany jest pirosiarczyny sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$).

- 1) W pierwszym etapie sam kwas solny jest zbyt słaby, aby rozpuścić miedź. Dodanie wody utlenionej wywołuje reakcję z nim, w której powstaje wolny chlor i to właśnie on rozpuszcza miedź tworząc jej sól na II stopniu utlenienia. Zapisz równanie reakcji tworzenia się wolnego chloru oraz rozpuszczenia miedzi, a także sumaryczne równanie reakcji zachodzącej podczas tego procesu. (3 pkt.)
- 2) Przygotowano roztwór wody królewskiej poprzez zmieszanie 38% kwasu solnego ($d=1,2 \text{ g/cm}^3$) oraz 68% kwasu azotowego(V) ($d=1,4 \text{ g/cm}^3$). Oblicz stosunek liczby moli kwasu solnego do liczby moli kwasu azotowego(V) w tak przygotowanej wodzie królewskiej. (3 pkt.)
- 3) Wodę królewską zazwyczaj przygotowuje się *in situ* (tzn. w miejscu prowadzenia reakcji), gdyż przechowywana bardzo szybko zmienia zabarwienie z bezbarwnej na pomarańczową w wyniku reakcji kwasu solnego z kwasem azotowym(V) (w stosunku 3:1), w której powstaje chlorek nitrozylu (NOCl). Zapisz równanie reakcji zachodzącej w wodzie królewskiej, zaproponuj wzór elektronowy (kreskowy) chlorku nitrozylu oraz określ hybrydyzację atomu centralnego w tej cząsteczce. (3 pkt.)
- 4) W drugim etapie w wyniku rozpuszczenia złota zachodzą dwie kolejno po sobie następujące reakcje. W pierwszej złoto reaguje z kwasem azotowym(V) tworząc trójdodatnie kationy złota oraz powstaje brunatny gaz. Zapisz reakcje utleniania i redukcji (zapis jonowo-elektronowy) oraz sumaryczną postać równania w formie jonowej. (3 pkt.)
- 5) W trzecim etapie dodawany jest pirosiarczyny sodu, który najpierw reaguje z kwasami – solnym i azotowym(V) – zgodnie z równaniami reakcjami:



W tym celu używa się 4-krotnego nadmiaru soli. Oblicz ile gram pirosiarczyny sodu należało użyć, jeżeli w wyniku reakcji powstało $58,95 \text{ cm}^3$ ditlenku siarki odmierzonego w warunkach normalnych. (4 pkt.)

- 6) Po otrzymaniu SO_2 , reaguje on z roztworem zawierającym złoto w postaci kwasu chlorozłotowego (HAuCl_4) zgodnie z równaniem reakcji.



Oblicz wydajność reakcji, jeżeli użyto do niej $33,6 \text{ cm}^3$ tlenku siarki (IV) odmierzonego w warunkach normalnych, a otrzymano 0,18g czystego złota. Wynik podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku. (4pkt)

Zadanie 5 (20 pkt)

Reakcje kondensacji odgrywają kluczową rolę w chemii organicznej, ponieważ umożliwiają tworzenie nowych wiązań węgiel–węgiel — podstawowego etapu w syntezie bardziej złożonych cząsteczek organicznych. Dzięki nim można łączyć proste związki karbonylowe w większe struktury, co ma ogromne znaczenie zarówno w chemii laboratoryjnej, jak i w procesach biologicznych. Do najważniejszych przykładów reakcji kondensacji należą:

Kondensacja aldolowa, w której aldehydy lub ketony reagują ze sobą, tworząc β -hydroksykarbonylowe produkty lub α,β -nienasycone związki po odwodnieniu,

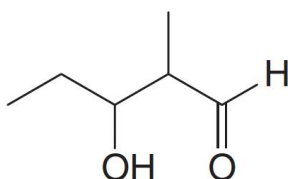
Kondensacja Claisena, zachodząca między estrami lub między estrem a ketonem, prowadząca do powstania β -ketoestrów lub β -diketonów,

Kondensacja benzoinowa, w której dwa aldehydy aromatyczne (np. benzaldehyd) łączą się pod wpływem katalizatora (najczęściej cyjankowego), tworząc hydroksyketon – benzoinę.

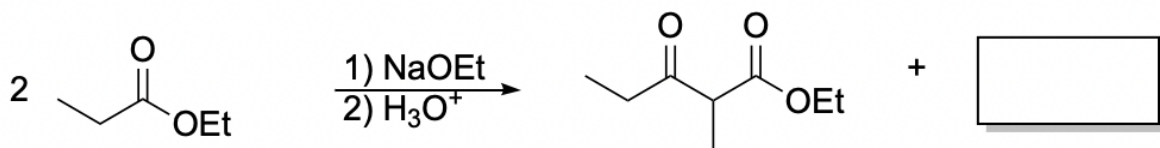
Reakcje te stanowią podstawę wielu strategii syntezy organicznej, w tym budowy związków biologicznie czynnych, leków oraz materiałów organicznych.

Reakcji kondensacji aldolowej poddano związek A o masie cząsteczkowej 58,08 g/mol.

- 1) Ustal wzór sumaryczny związku A. (3 pkt.)
- 2) Wiedząc, że związek A ulega reakcji Tollensa zaproponuj wzór strukturalny tego związku. (3 pkt.)
- 3) Zapisz równanie reakcji związku A, będącej podstawą próby Tollensa (3 pkt.)
- 4) W wyniku reakcji aldolowej związku A (w obecności zasady, w niskiej temperaturze) powstaje związek przedstawiony poniżej. Zaproponuj strukturę związku powstałego w wyniku ogrzewania tej cząsteczki. (3 pkt.)



- 5) W wyniku kondensacji Claisena estru powstaje β -keto ester oraz alkohol. Wskaż substancję powstającą w wyniku poniższej reakcji. (3 pkt.)



- 6) Powyższa reakcja zachodzi z 70% wydajnością. Oblicz, ile powstanie β -keto estru, jeżeli do reakcji zostanie użyte 5,0 g estru. (4 pkt)