



<i>Rodzaj dokumentu:</i>	Materiał dodatkowy
<i>Zagadnienie:</i>	Zbiór zadań problemowych z chemii
<i>Egzamin:</i>	Egzamin maturalny
<i>Przedmiot:</i>	Chemia
<i>Poziom egzaminu:</i>	Rozszerzony
<i>Adresaci dokumentu:</i>	Nauczyciele chemii Uczniowie szkół ponadpodstawowych
<i>Data publikacji dokumentu:</i>	3 marca 2023 r.

Zespół redakcyjny:

Piotr Dzwoniarek
Łukasz Głaz
dr Małgorzata Krzeczowska
Aleksandra Grabowska (CKE)
dr inż. Anna Jedynak-Koczuk (CKE)

Recenzenci:

dr Tomasz Karpowicz (recenzja językowa)
dr hab. inż. Piotr Guńka (recenzja merytoryczna)
dr Piotr Malecha (OKE Gdańsk)
Iwona Król (OKE Kraków)
Beata Kupis (OKE Łódź)
Damian Krawczyk (OKE Poznań)
dr Michał Kobyłka (OKE Wrocław)
dr Marcin Smolik (CKE)
dr Wioletta Kozak (CKE)

Materiał został opracowany przez Centralną Komisję Egzaminacyjną we współpracy z okręgowymi komisjami egzaminacyjnymi.

Centralna Komisja Egzaminacyjna
ul. Józefa Lewartowskiego 6, 00-190 Warszawa
tel. 22 536 65 00
sekretariat@cke.gov.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Gdańsku
ul. Na Stoku 49, 80-874 Gdańsk
tel. 58 320 55 90
komisja@oke.gda.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Krakowie
os. Szkolne 37, 31-978 Kraków
tel. 12 683 21 99
oke@oke.krakow.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Łodzi
ul. Ksawerego Praussa 4, 94-203 Łódź
tel. 42 634 91 33
sekretariat@lodz.oke.gov.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Poznaniu
ul. Gronowa 22, 61-655 Poznań
tel. 61 854 01 60
sekretariat@oke.poznan.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna we Wrocławiu
ul. Tadeusza Zielińskiego 57, 53-533 Wrocław
tel. 71 785 18 94
sekretariat@oke.wroc.pl

Spis treści

Wprowadzenie	4
Zadania problemowe	9
Zasady oceniania	33

Wprowadzenie

Chemia jako nauka interdyscyplinarna umożliwia rozwiązywanie problemów, z którymi spotyka się współczesny człowiek. Z tego powodu w obowiązującej *Podstawie programowej kształcenia ogólnego* w zakresie **chemii** zdecydowano się położyć większy nacisk na problemowy kierunek myślenia, co poskutkowało wprowadzeniem do arkusza egzaminu maturalnego z chemii nowego typu zadań – zadań o charakterze problemowym, które pozwalają zdającemu na swobodę działania, ale wymagają od niego dużej samodzielności przy tworzeniu rozwiązania.

Zadania problemowe wymagają od zdającego udzielenia rozszerzonej odpowiedzi, jak również przedstawienia toku rozumowania, który prowadzi do rozwiązania problemu, np. obliczeniowego lub doświadczalnego.

W zadaniach tego typu maturzysta powinien wykazać się umiejętnością samodzielnego rozwiązywania problemu, tj. dobrać i zastosować niezbędne dane fizykochemiczne, przedstawione w różnej formie i pochodzące z różnych źródeł, przedstawić tok rozumowania prowadzący do wyniku, czy przeprowadzić dyskusję, wnioskowanie na podstawie uzyskanych wyników lub ocenić poprawność i realność tych wyników. Oznacza to, że w zapisie rozwiązania (niezależnie od zastosowanej metody) oczekiwane jest:

- jednoznaczne określenie danych wykorzystanych w obliczeniach
- przedstawienie zależności między poszczególnymi wielkościami
- zapisanie kolejnych faz rozwiązania
- zaakcentowanie wyników kolejnych faz rozwiązania
- wyraźne zaznaczenie wyniku końcowego np. przez sformułowanie odpowiedzi lub podkreślenie wartości wielkości szukanej – wartość liczbowa wielkości szukanej powinna być wyrażona w odpowiedniej jednostce (o ile jest ona wielkością mianowaną) i z odpowiednią dokładnością (jeżeli została ona określona w poleceniu).

Zadania o charakterze problemowym odwołują się wprost do celów kształcenia określonych w wymaganiach ogólnych: uczeń rozwiązujący problem powinien pozyskiwać i przetwarzać informacje z różnych źródeł, konstruować wykresy lub tabele na podstawie dostępnych informacji.

Poniżej podano zapisy z podstawy programowej na poziomie rozszerzonym wraz z komentarzem zawierającym wyjaśnienia dotyczące tego, jakich umiejętności oczekuje się od maturzysty. Należy jednak pamiętać, że podane w komentarzach czynności są czynnościami przykładowymi i nie wyczerpują pełnego spektrum aktywności, jakich można oczekiwać od zdającego.

I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń:

- 1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł z wykorzystaniem technologii informacyjno-komunikacyjnych

Komentarz

Odczytuje i interpretuje informacje oraz dane liczbowe z diagramów, wykresów (w tym wykresów specjalistycznych, np. widm), schematów i równań reakcji (np. schematów opisujących mechanizmy reakcji), ilustracji i fotografii (np. przedstawiających modele

cząstek chemicznych, wyniki eksperymentów czy zestawy aparatury laboratoryjnej); interpretuje teksty naukowe oraz popularnonaukowe.

- 2) ocenia wiarygodność uzyskanych danych

Komentarz

Szacuje wartości wyników końcowych i na tej podstawie odrzuca wyniki nieprawdopodobne oraz niefizyczne, odrzuca błędy grube, podaje wyniki z odpowiednią dokładnością oraz poprawną jednostką, określa źródła możliwych błędów i ich wpływ na wynik końcowy.

- 3) konstruuje wykresy, tabele i schematy na podstawie dostępnych informacji

Komentarz

Konstruuje tabele, rysuje wykresy punktowe, liniowe, słupkowe, kołowe; dokonuje doboru danych i informacji do przedstawienia na wykresie, opisuje odpowiednio osie wykresu, zwraca uwagę na różnice między zmienną zależną i niezależną, skaluje osie.

II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:

- 1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych

Komentarz

Wyjaśnia, w oparciu o aktualną wiedzę naukową, budowę substancji, klasyfikację i właściwości substancji, opisuje typowe właściwości chemiczne substancji, w tym zachowanie wobec innych związków chemicznych; potrafi poprawnie wyjaśnić przebieg procesu chemicznego, odwołując się do podstawowych teorii, reguł i praw chemicznych (np. teorii kwasowo-zasadowych, teorii strukturalnej budowy związków chemicznych, zasady zachowania ładunku).

- 2) wskazuje na związek właściwości różnorodnych substancji z ich zastosowaniami i ich wpływem na środowisko naturalne

Komentarz

Wskazuje właściwości substancji decydujące o możliwości jej potencjalnego zastosowania; określa, jakie właściwości substancji korzystnie i niekorzystnie oddziałują na środowisko (np. jakie substancje mogą być stosowane jako nawozy sztuczne).

- 3) reaguje w przypadku wystąpienia zagrożenia dla środowiska

Komentarz

Podjmuje odpowiednie kroki związane z rodzajem zagrożenia, eliminuje potencjalne źródło zagrożenia, powiadamia odpowiednie służby.

- 4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną

Komentarz

Rozumie, jak mikroskopowa budowa drobin oraz oddziaływania występujące pomiędzy nimi przekładają się na makroskopowe właściwości substancji i ich mieszanin, w oparciu o to przewiduje właściwości fizyczne (gęstość, rozpuszczalność, temperaturę topnienia i wrzenia) oraz właściwości chemiczne (np. właściwości kwasowo-zasadowe, właściwości utleniająco-redukujące, właściwości elektrofilowe lub nukleofilowe).

- 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych z zastosowaniem metody naukowej

Komentarz

Łączy poznane fakty i prawa naukowe w celu utworzenia strategii rozwiązania problemu, dokonuje jej weryfikacji, rozstrzyga o słuszności zastosowania.

- 6) stosuje poprawną terminologię

Komentarz

Posługuje się językiem naukowym, zwracając uwagę na jasność i jednoznaczność formułowania myśli; posługuje się poprawnymi nazwami procesów, sprzętów laboratoryjnych oraz substancji chemicznych.

- 7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.

Komentarz

Wykorzystuje w praktyce zdobytą wiedzę do opisu matematycznego zjawisk fizycznych i chemicznych, w oparciu o obliczenia projektuje czynności laboratoryjne lub przewiduje efekty doświadczeń, oblicza oraz przelicza parametry opisujące związki chemiczne oraz ich mieszaniny (np. skład).

Strategie rozwiązywania złożonych problemów chemicznych

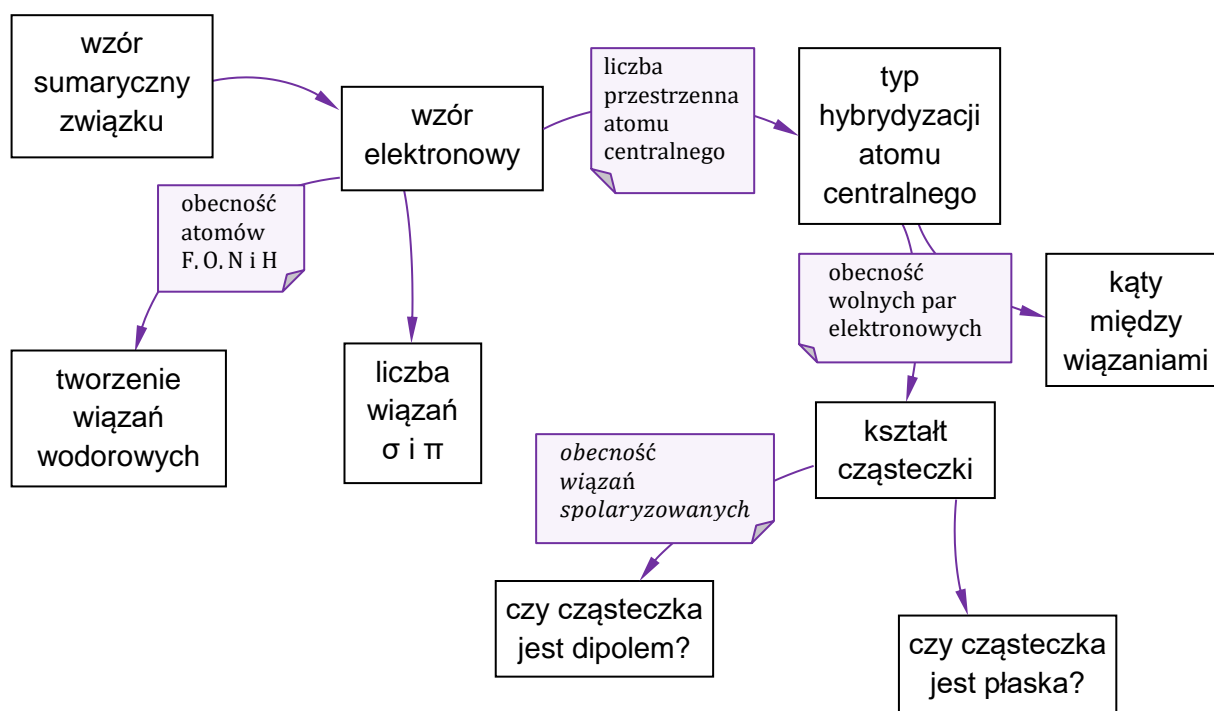
Główną trudnością w rozwiązywaniu zadań problemowych, zwłaszcza złożonych problemów obliczeniowych, jest zaplanowanie strategii działania i kolejność wykonywanych obliczeń. Są to zadania, które nie podlegają żadnym schematom rozwiązań.

W trakcie nauki chemii uczniowie poznają wiele praw chemicznych, reguł, teorii oraz wzorów. Kluczem do sprawnego z nich korzystania jest nie tylko ich przyswojenie, zrozumienie i przećwiczenie w praktyce, lecz także samoświadomość własnej wiedzy oraz powiązań między poszczególnymi jej elementami.

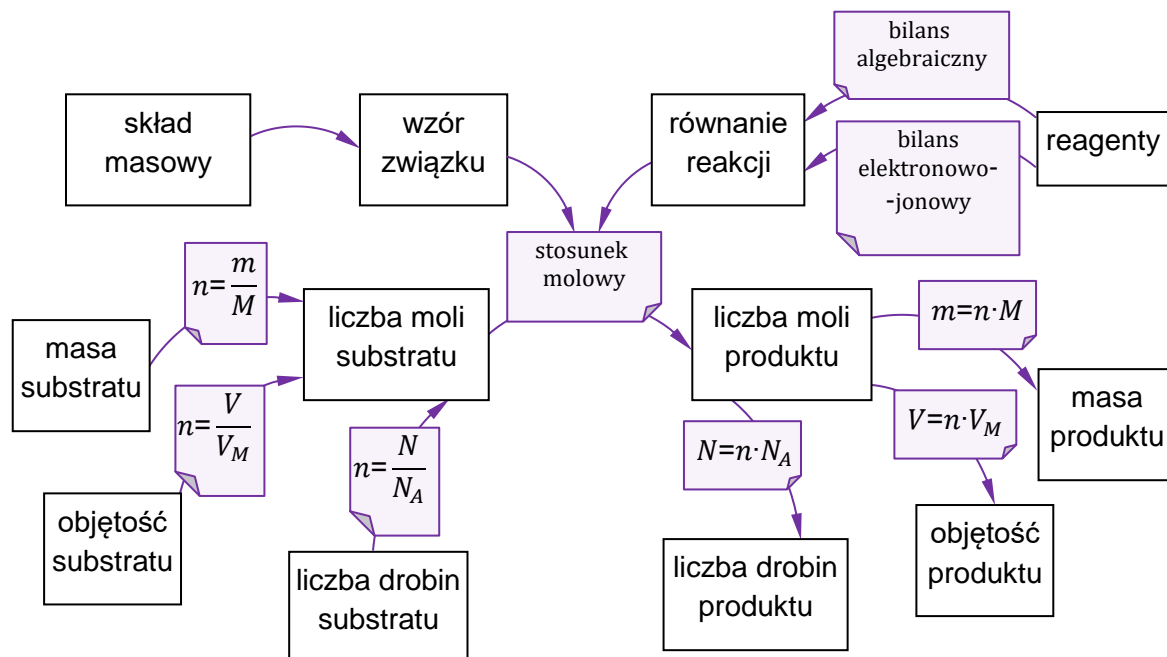
Przykładowo: uczeń powinien nie tylko znać definicje stężenia procentowego, stężenia molowego czy rozpuszczalności, lecz także wiedzieć, w jaki sposób można przeliczyć jedną wielkość na drugą i jakich dodatkowych informacji będziemy w tym celu potrzebowali (np. ile wynosi gęstość roztworu czy jaka jest masa molowa substancji). Warto takie relacje przedstawiać w formie notatek wizualnych, diagramów czy map myśli i uzupełniać je (rozbudowywać) na bieżąco w trakcie nauki chemii. Przykłady takich notatek wizualnych przedstawiono poniżej.

Korzystanie z takich map myśli może sprawić, że o wiele łatwiejsze stanie się planowanie strategii rozwiązywania zadań. Graficzne przedstawienie relacji między poszczególnymi wielkościami czy pojęciami pozwala zidentyfikować te, od których możemy wyjść, te, do których musimy dojść, oraz sposób przejścia od jednych do drugich, wraz ze wszystkimi etapami, które trzeba będzie pokonać.

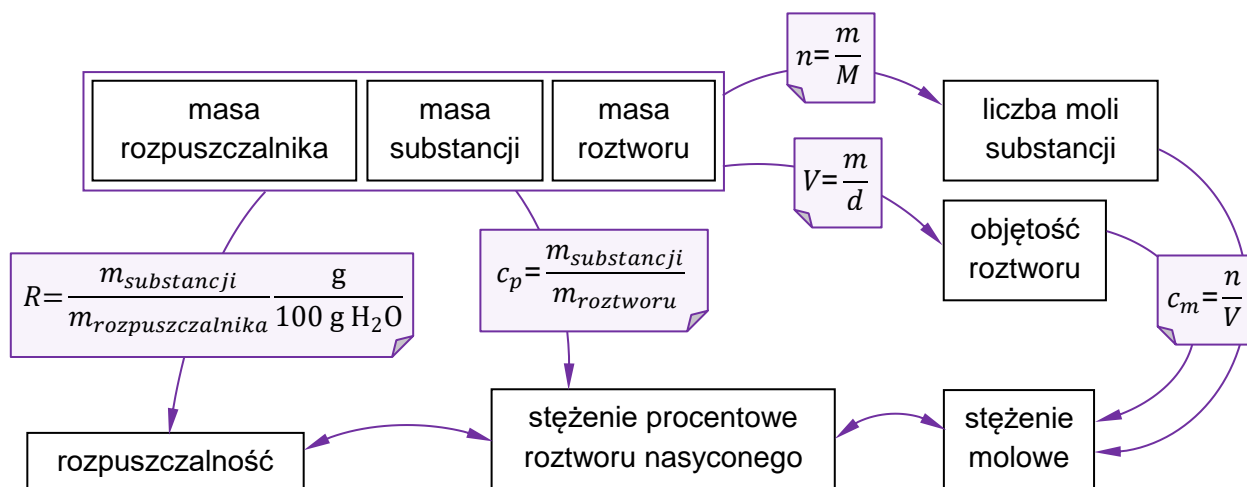
Schemat 1. Mapa myśli – budowa cząsteczek



Schemat 2. Mapa myśli – **stechiometria reakcji**



Schemat 3. Mapa myśli – **stężenia**

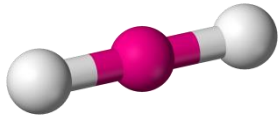


W polach na białym tle podano główne pojęcia związane z wybranym zagadnieniem, a w fioletowych polach – odpowiednie zależności, wzory lub terminy umożliwiające powiązanie ze sobą wskazanych pojęć.

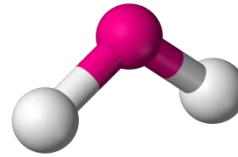
W prezentowanym materiale przedstawiono wybór zadań problemowych, które pozwolą przećwiczyć zaprezentowane umiejętności i umożliwią lepsze zrozumienie omawianych zagadnień. W przykładowych rozwiązaniach zadań zamieszczono szczegółowe wyjaśnienia i komentarze dotyczące kolejnych kroków rozwiązania. Zadania te zostały ułożone zgodnie z wybranymi działami.

W arkuszu egzaminacyjnym na egzaminie maturalnym z chemii w Formule 2023 może się znaleźć jedno zadanie typu problemowego.

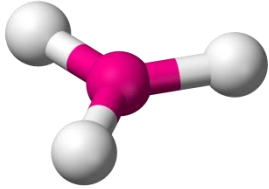
Zadania problemowe



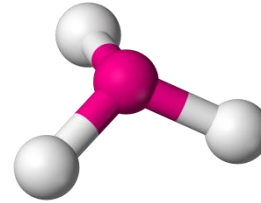
model 1.



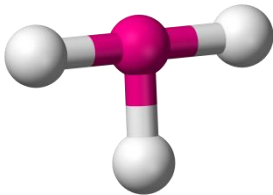
model 2.



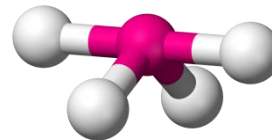
model 3.



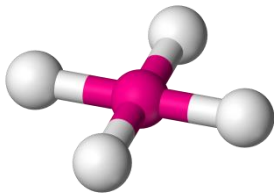
model 4.



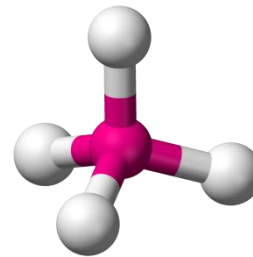
model 5.



model 6.



model 7.

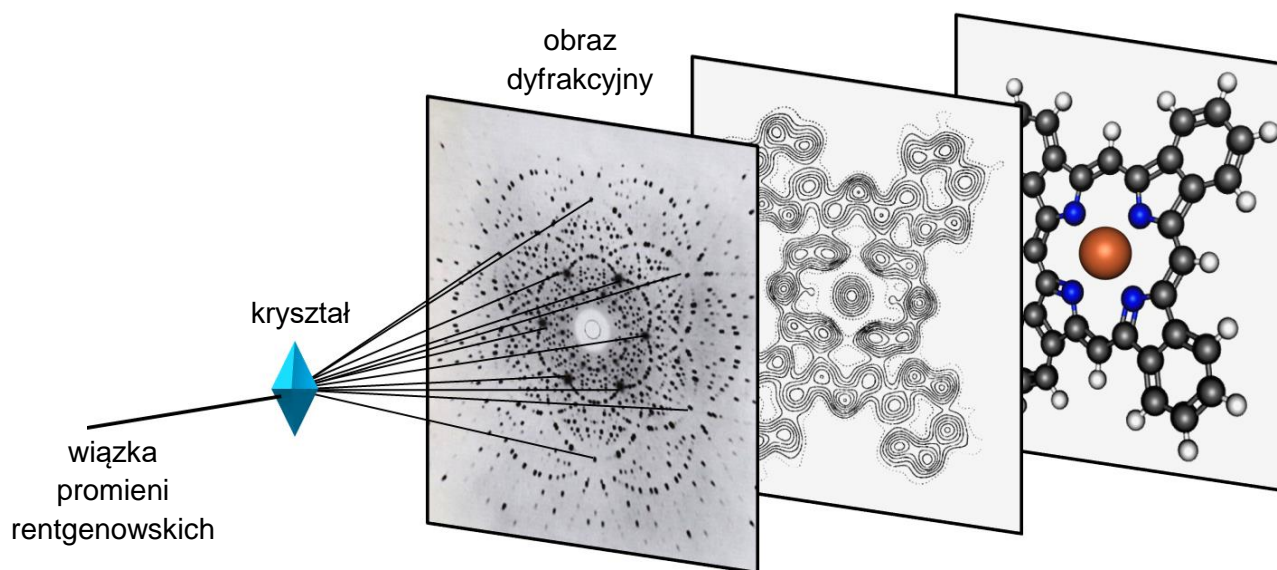


model 8.

Model:

Zadanie 2. (0–4)

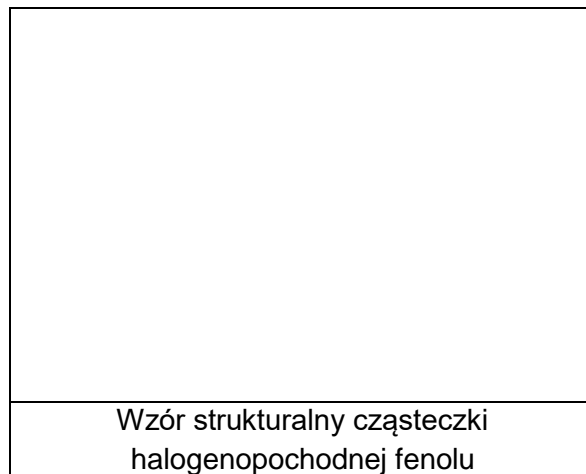
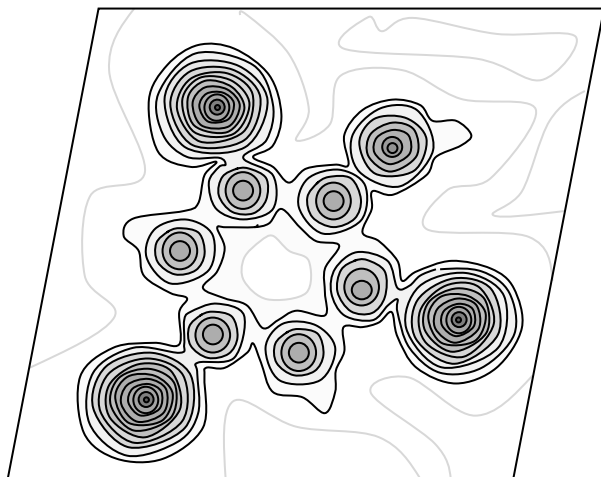
Rentgenografia strukturalna jest jedyną techniką badawczą, która pozwala, z niemal absolutną pewnością, określać struktury przestrzenne związków chemicznych (np. dokładną strukturę skomplikowanych cząsteczek związków organicznych). Ta technika polega na naświetlaniu kryształu badanego związku promieniami rentgenowskimi. Uzyskany obraz, nazywany obrazem dyfrakcyjnym, poddaje się zaawansowanej obróbce matematycznej, dzięki czemu można wygenerować mapę rozkładu gęstości chmury elektronowej w cząsteczce, która mówi o wzajemnym ułożeniu w przestrzeni atomów tworzących cząsteczkę. Do uzyskanego obrazu można następnie dopasować najbardziej prawdopodobny model cząsteczki.



Na podstawie: J.M. Robertson, I. Woodward, *J. Chem. Soc.* 1937, 219–230.

Poniżej przedstawiono mapę gęstości elektronowej uzyskaną metodą rentgenografii strukturalnej dla pewnej halogenopochodnej fenolu zawierającej masowo 15,3 % węgla.

Wykonaj odpowiednie obliczenia i narysuj wzór strukturalny cząsteczki badanego związku oraz podaj jego nazwę systematyczną.



Obliczenia:

A large grid of graph paper for calculations, consisting of 28 columns and 42 rows.

Nazwa systematyczna:

ROZTWORY

Zadanie 3. (0–4)

W trakcie mieszania dwóch cieczy sumaryczna masa roztworu jest równa sumie mas mieszanych składników, jednak końcowa objętość mieszaniny jest najczęściej różna od sumy objętości mieszanych składników. Zjawisko zmniejszenia lub zwiększenia objętości cieczy podczas mieszania nazywamy odpowiednio kontrakcją lub dylatacją objętości. W tabeli poniżej przedstawiono wartości gęstości wodnego roztworu kwasu siarkowego(VI) w zależności od jego stężenia w temperaturze 20 °C.

Procent masowy H ₂ SO ₄	Gęstość, g · cm ⁻³
1	1,005
5	1,032
10	1,066
20	1,139
30	1,219
40	1,303
45	1,348
50	1,395
55	1,445
60	1,498
65	1,553
70	1,611
80	1,727
90	1,814
93	1,828
96	1,836
100	1,831

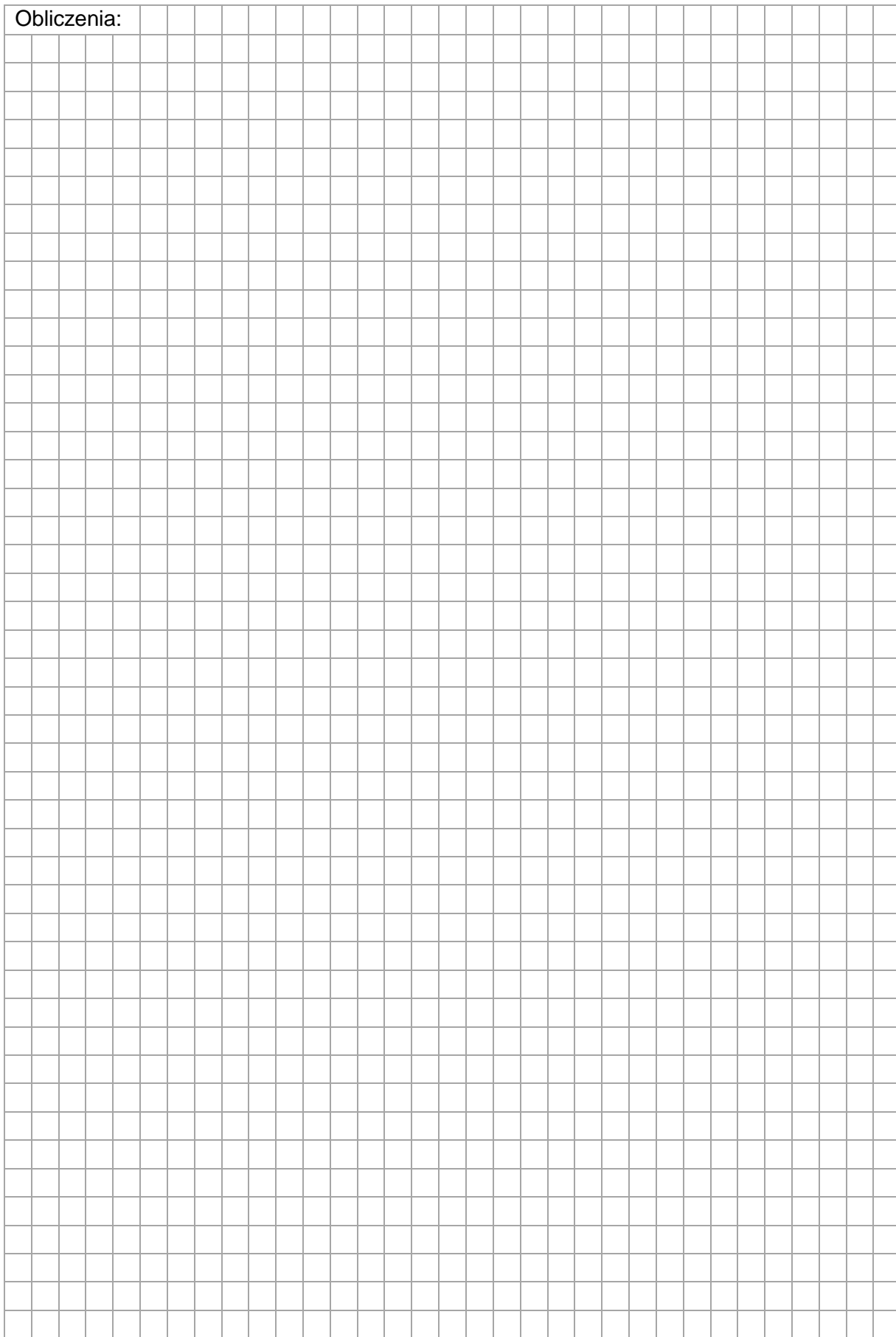
Na podstawie: <https://pl.wikibooks.org>.

Gęstość wody w temperaturze 20 °C wynosi 0,998 g · cm⁻³

Wykonaj odpowiednie obliczenia i na ich podstawie uzupełnij poniższy tekst.

- I. Rozcieńczanie kwasu siarkowego(VI) to proces egzotermiczny. W wyniku zmieszania równych objętości wody i stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI) o stężeniu 93 % masowych i ochłodzeniu otrzymanego roztworu do temperatury 20 °C, sumaryczna objętość cieczy (maleje / rośnie) o wartość równą % w porównaniu do sumy objętości cieczy przed zmieszaniami.
- II. Spowodowane jest to (różną / taką samą) wielkością cząsteczek wody i kwasu siarkowego(VI) oraz (większą / mniejszą / taką samą) energią oddziaływań między drobinami obecnymi w wodnym roztworze kwasu siarkowego(VI) w porównaniu do siły oddziaływań cząsteczek H₂O ... H₂O i H₂SO₄ ... H₂SO₄.

Obliczenia:



CHEMIA FIZYCZNA

Zadanie 4. (0–4)

Wpływ temperatury na szybkość reakcji tłumaczy się wykładniczym wzrostem wartości stałej szybkości reakcji k . Tę zależność opisuje równanie Arrheniusa:

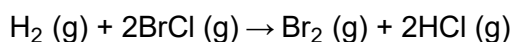
$$k = A \cdot e^{\frac{-E_a}{R \cdot T}}$$

gdzie E_a oznacza energię aktywacji, R – uniwersalną stałą gazową, a T – temperaturę bezwzględną wyrażoną w kelwinach. Czynnikiem $e^{\frac{-E_a}{R \cdot T}}$ informuje o tym, jaka część zderzających się molekuł ma energię większą lub równą energii aktywacji, natomiast czynnik A , nazywany czynnikiem przedwykładniczym, określa częstotliwości zderzeń efektywnych. Wartość czynnika A jest w praktyce niezależna od temperatury. Równanie Arrheniusa może być przekształcone do postaci logarytmicznej:

$$\ln(k) = -\frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} + \ln A$$

będącej równaniem liniowym ($y = ax + b$), opisującym zależność logarytmu naturalnego¹ ze stałej szybkości reakcji $\ln(k)$ od odwrotności temperatury $\frac{1}{T}$. Wartość $(-\frac{E_a}{R})$ jest współczynnikiem kierunkowym tej prostej.

Badano przebieg reakcji chemicznej, zachodzącej między wodorem i chlorkiem bromu, przebiegającej według następującego równania reakcji:



Po ustaleniu mechanizmu opisanej reakcji określono jej równanie kinetyczne jako:

$$v = k \cdot c_{\text{H}_2} \cdot c_{\text{BrCl}}$$

Tę reakcję przeprowadzano w różnych temperaturach należących do przedziału od 310 K do 380 K i za każdym razem wyznaczono wartość jej stałej szybkości. Otrzymane dane zestawiono w tabeli.

Nr pomiaru	Temperatura T , K	Stała szybkości reakcji k , $\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
1	310	$5,33 \cdot 10^{-3}$
2	320	$6,90 \cdot 10^{-3}$
3	330	$8,78 \cdot 10^{-3}$
4	340	$11,02 \cdot 10^{-3}$
5	350	$13,66 \cdot 10^{-3}$
6	360	$16,73 \cdot 10^{-3}$
7	370	$20,26 \cdot 10^{-3}$
8	380	$24,29 \cdot 10^{-3}$

¹ logarytm o podstawie równej liczbie Eulera, wynoszącej $e \approx 2,7183$, podlega takim samym regułom działań jak pozostałe logarytmy o innych podstawach należących do zbioru liczb rzeczywistych.

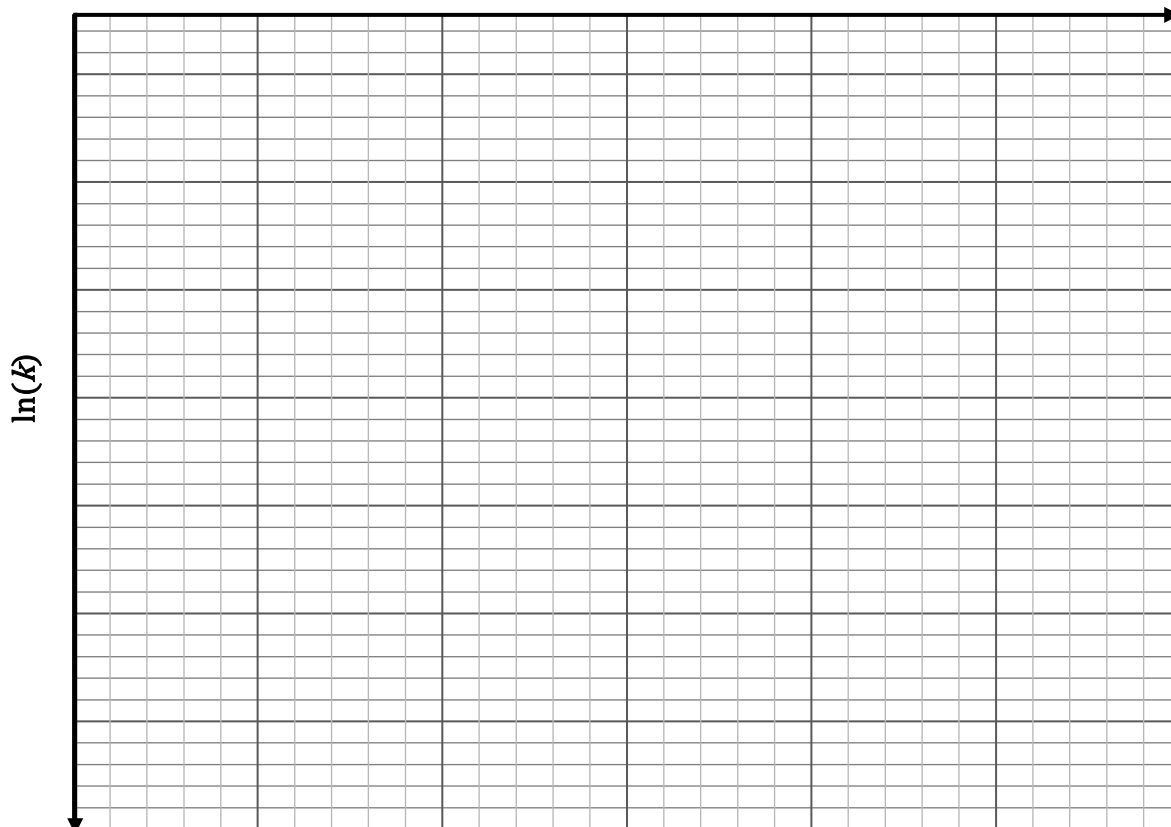
Uzupełnij tabelę brakującymi wartościami $\ln(k)$ (z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku) oraz narysuj wykres zależności logarytmu naturalnego ze stałej szybkości reakcji pomiędzy wodorem a chlorkiem bromu $\ln(k)$ od odwrotności temperatury $\frac{1}{T}$. Następnie oblicz wartość energii aktywacji tej reakcji.

Obliczenia pomocnicze do narysowania wykresu:									

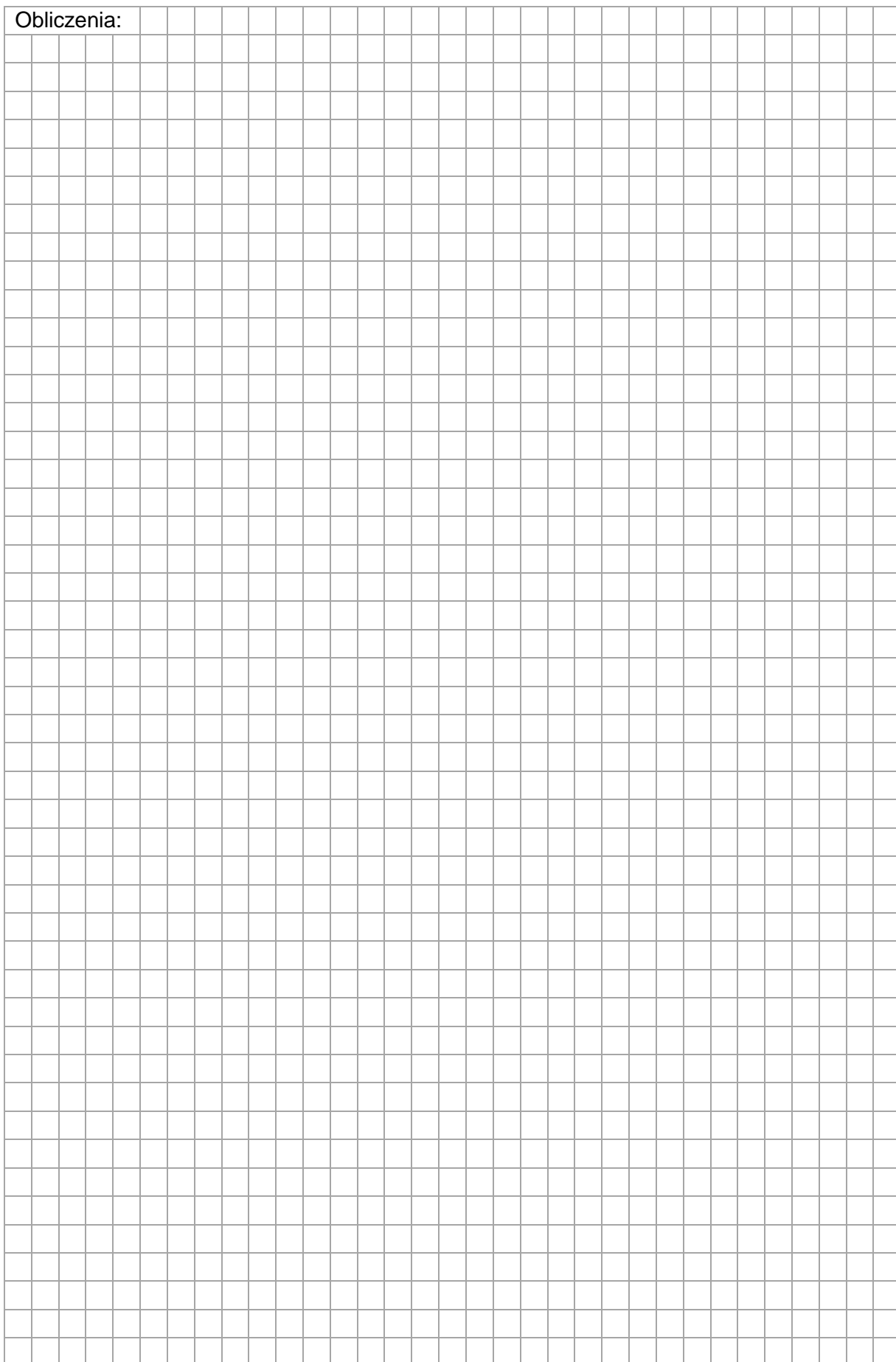
$\frac{1}{T} \cdot 10^5, K^{-1}$	323	313							
$\ln(k)$	-5,23	-4,98							

Wykres:

$$\frac{1}{T} \cdot 10^5, K^{-1}$$



Obliczenia:

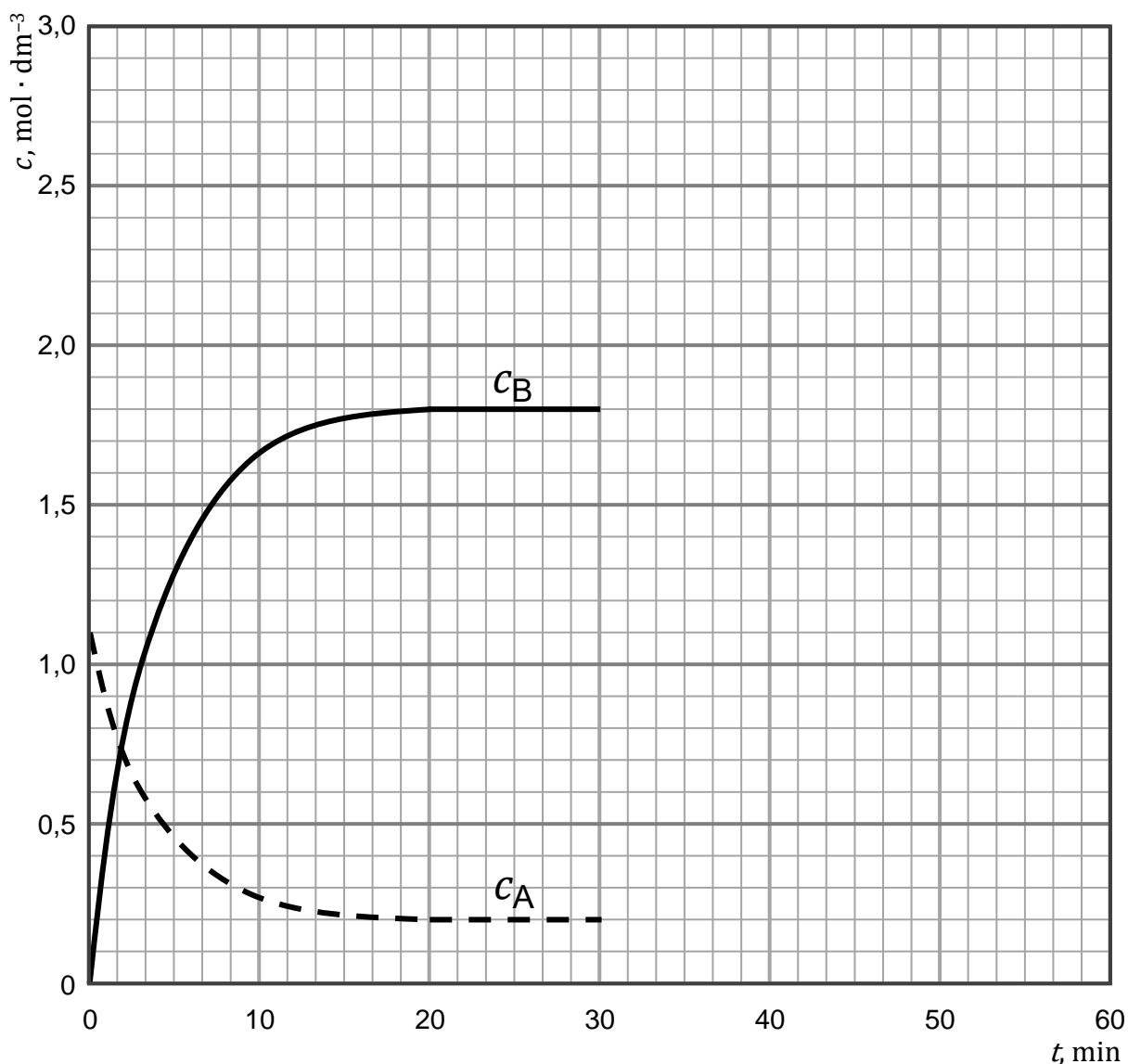


Zadanie 5. (0–4)

W zamkniętym reaktorze w stałej objętości ($V = 1,00 \text{ dm}^3$) znajduje się początkowa ilość gazowego substratu A równa $n_A^0 = 1,100 \text{ mol}$. Układ ogrzano do temperatury $550 \text{ }^\circ\text{C}$, co zapoczątkowało reakcję rozkładu substratu A do gazowego produktu B. Układ termostatowano przez pewien czas, do ustalenia się równowagi dynamicznej pomiędzy reagentami A i B.

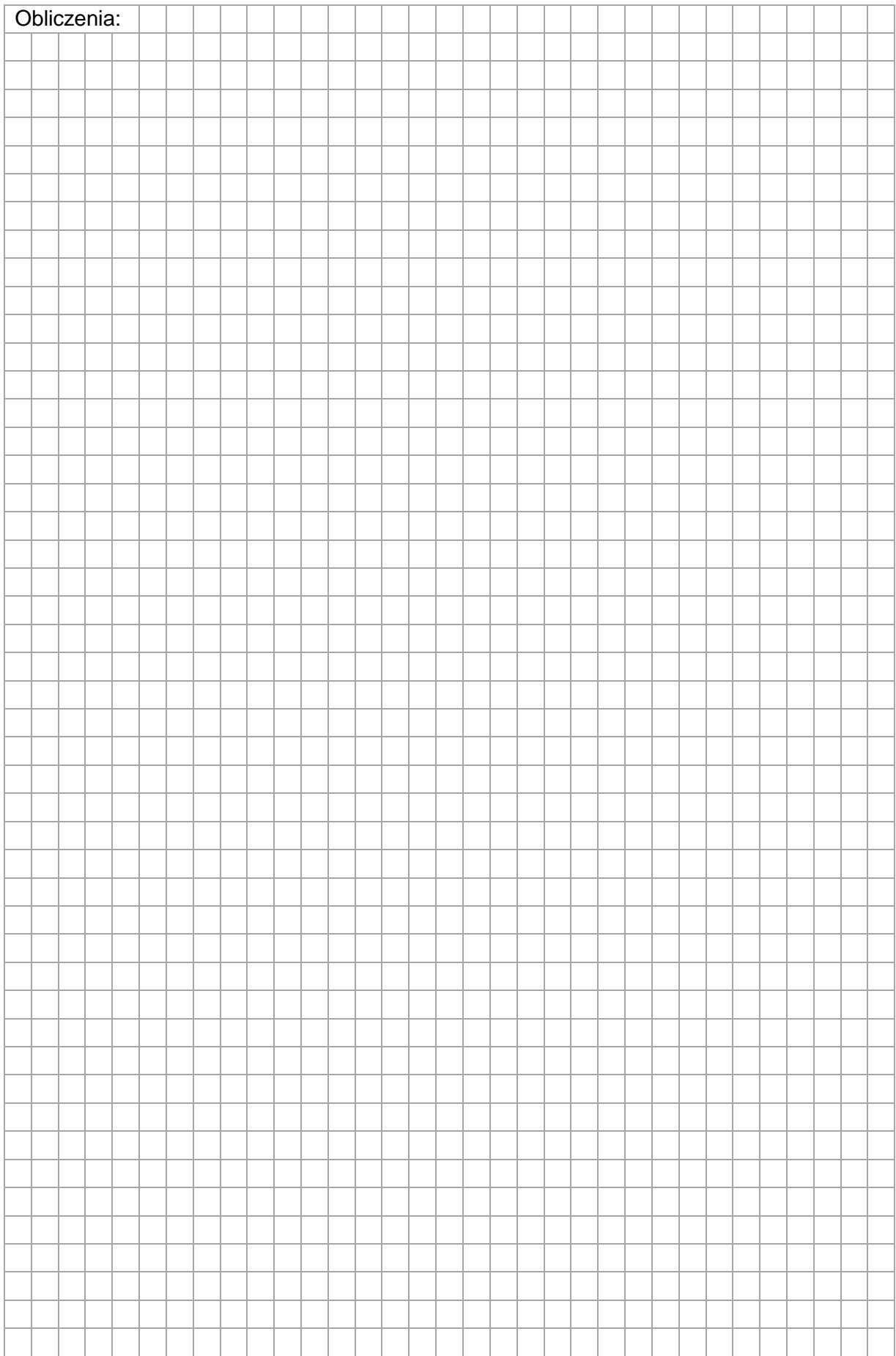
Na wykresie przedstawiono wyniki pomiaru stężeń reagentów A i B w trakcie trwania reakcji do momentu ustalenia się stanu równowagi dynamicznej w podanej temperaturze.

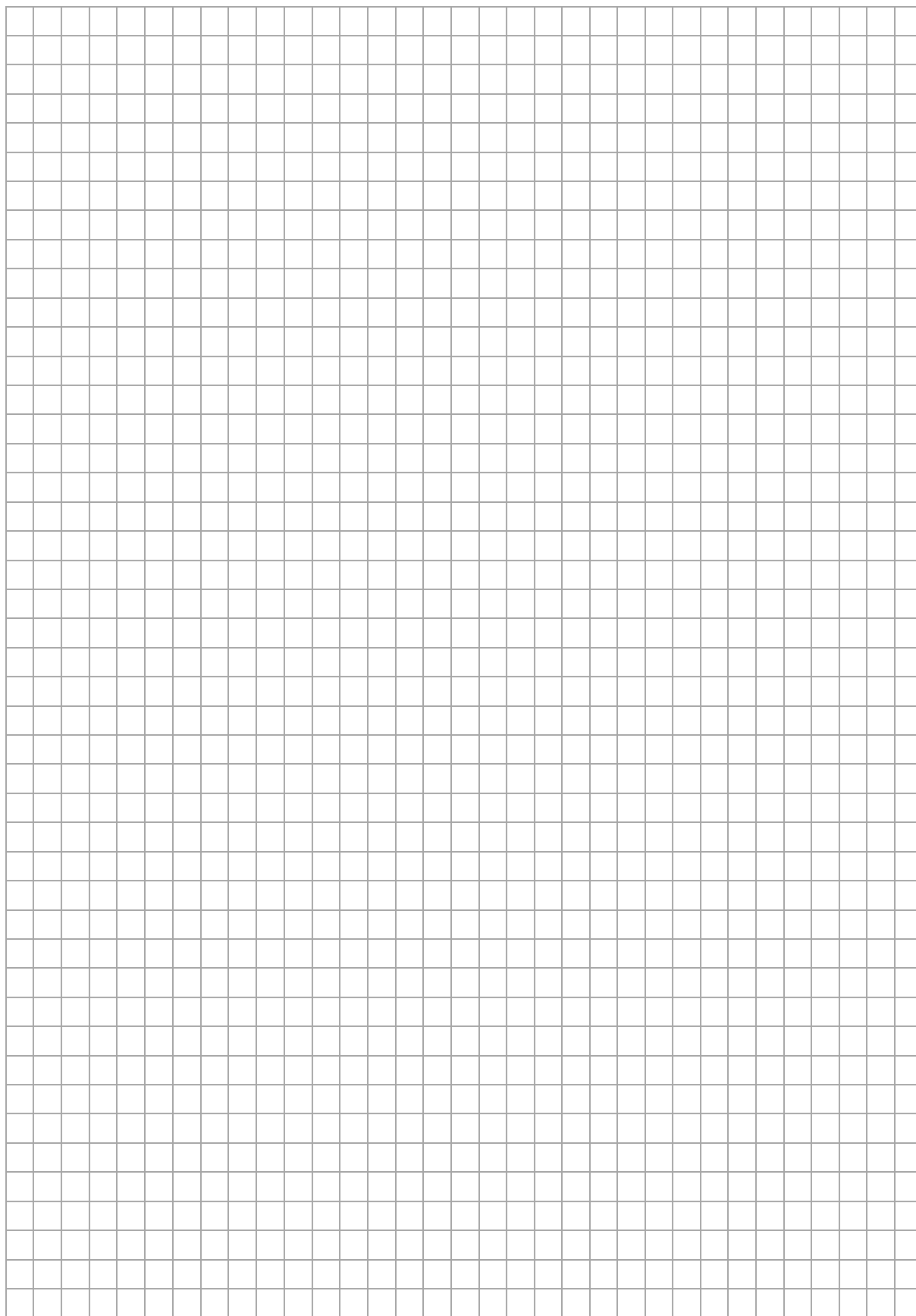
Po trzydziestu minutach od momentu osiągnięcia stanu równowagi do reaktora wprowadzono dodatkowo $0,800 \text{ mol}$ reagenta A.



Uzupełnij wykres tak, aby przedstawiał zmiany stężeń reagentów A i B w czasie trwania reakcji, od momentu wprowadzenia do układu dodatkowej ilości reagenta A ($t = 30 \text{ min}$) do momentu zakończenia eksperymentu ($t = 60 \text{ min}$).

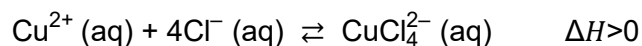
Obliczenia:





Zadanie 7. (0–4)

W roztworze zawierającym jony Cu^{2+} oraz jony Cl^- ustala się równowaga przedstawiona poniższym równaniem:



Przygotowano roztwór zawierający jony $\text{Cl}^-(\text{aq})$, $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ i $\text{CuCl}_4^{2-}(\text{aq})$, przy czym stężenia dwóch ostatnich były sobie równe. Temperatura roztworu wynosiła $25\text{ }^\circ\text{C}$. Następnie roztwór ogrzano do temperatury $80\text{ }^\circ\text{C}$. Na zdjęciach obok przedstawiono wygląd roztworu w temperaturze $25\text{ }^\circ\text{C}$ i w temperaturze $80\text{ }^\circ\text{C}$.



$t = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $t = 80\text{ }^\circ\text{C}$

Uzupełnij poniższą Tabelę 1. Następnie w Tabeli 2. wpisz numer zdjęcia przedstawiającego wygląd probówki z roztworem jonów Cu^{2+} i CuCl_4^{2-} o temperaturze $25\text{ }^\circ\text{C}$ po dodaniu kilku cm^3 cieczy wymienionych w tej tabeli.

Tabela 1.

Nazwa jonu biorącego udział w przedstawionej równowadze			
Barwa roztworu jonów			

Tabela 2.

Ciecz dodana do probówki zawierającej opisany układ równowagowy w $t = 25\text{ }^\circ\text{C}$	Stężony kwas solny	Woda	Stężony wodny roztwór azotanu(V) srebra(I)
Numer zdjęcia			



Zdjęcie nr 1

Zdjęcie nr 2

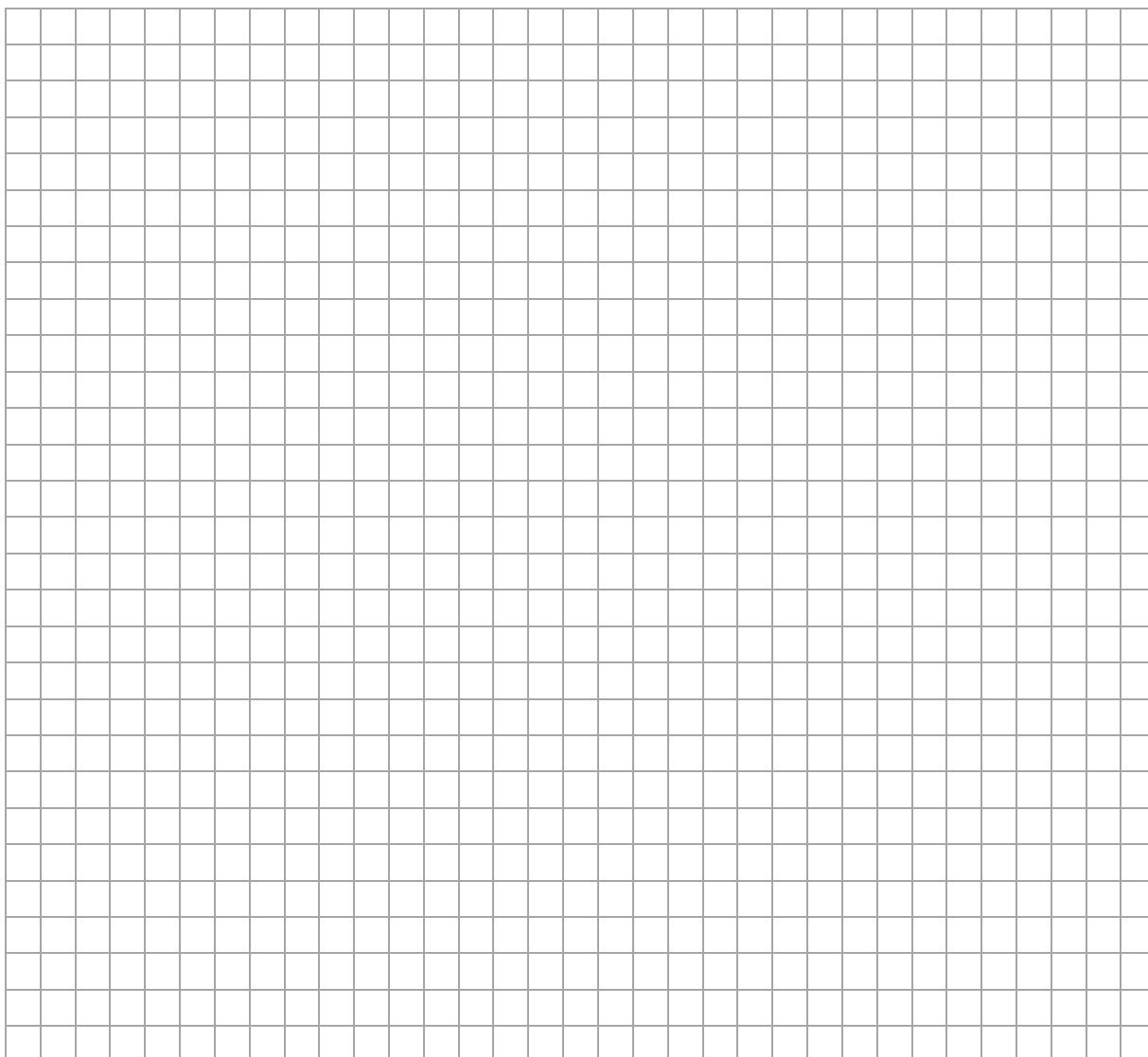
Zdjęcie nr 3

Zdjęcie nr 4

Zdjęcie nr 5

Zdjęcie nr 6

Zdjęcie nr 7



Równanie reakcji utleniania:

.....

Równanie reakcji redukcji:

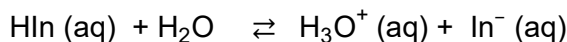
.....

Sumaryczne równanie reakcji w formie cząsteczkowej:

.....

Zadanie 11. (0–4)

Wskaźniki kwasowo-zasadowe są słabymi kwasami lub słabymi zasadami. Przykładowy wskaźnik o wzorze ogólnym HIn ulega dysocjacji kwasowej i w roztworze wodnym ustala się równowaga:



Obie formy wskaźnika stanowiące sprzężoną parę kwas–zasada Brønsteda: kwasowa – HIn (aq) i zasadowa – In[−](aq), nadają roztworom wskaźnika dwie wyraźnie różne barwy. Załóżmy, że forma cząsteczkowa HIn (aq) zabarwia roztwór wodny wskaźnika na **kolor różowy**, a forma jonowa In[−](aq) – na **kolor błękitny**. Jeśli do roztworu wskaźnika HIn wprowadzimy kwas lub zasadę, to położenie stanu równowagi – zgodnie z regułą przekory Le Chateliera–Brauna – ulegnie zmianie, co skutkuje zmianą barwy mieszaniny. W roztworze kwasowym obserwujemy **kolor różowy** wywołany obecnością drobin HIn, a w roztworze zasadowym – wskutek obecności jonów In[−] – **kolor błękitny**. Jeżeli stężenia obu form są porównywalne, wskaźnik przyjmuje **kolor pośredni**.

Wyrażenie na stałą dysocjacji jonowej wskaźnika jako słabego kwasu ma postać:

$$K_{in} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+ \text{(aq)}] [\text{In}^- \text{(aq)}]}{[\text{HIn (aq)}]}$$

Gdy stężenia form In[−](aq) i HIn (aq) będą równe, to:

$$K_{in} = \frac{[\text{H}^+ \text{(aq)}] [\text{In}^- \text{(aq)}]}{[\text{HIn (aq)}]} = [\text{H}^+ \text{(aq)}]$$

Obliczenie ujemnego logarytmu dziesiętnego z obu stron równania prowadzi do wyrażenia:

$$\text{p}K_{in} = \text{pH}$$

Wartość $\text{p}K_{in} \pm 1$ umownie przyjmuje się jako zakres działania wskaźnika kwasowo-zasadowego. Jeżeli do kolby zawierającej analit (roztwór kwasu o nieznanym stężeniu) dodajemy kroplami, z biurety, roztwór titranta (roztwór o odczynie zasadowym, którego stężenie ma znaną wartość), to mówimy o miareczkowaniu kwasowo-zasadowym. Pomiar pH roztworu analitu w funkcji objętości dodawanego titranta pozwala sporządzić krzywą miareczkowania. Na krzywej wyróżnia się fragment niemalże prostopadły do osi zmiennej niezależnej, który pozwala na odczytanie tzw. punktu równoważnikowego, czyli wartości pH, dla której do roztworu wprowadzono tę samą liczbę moli zarówno kwasu, jak i zasady. W przypadku wskaźnika poprawnie dobranego do takiego miareczkowania oczekuje się, że w zakresie działania tego wskaźnika mieści się punkt równoważnikowy.

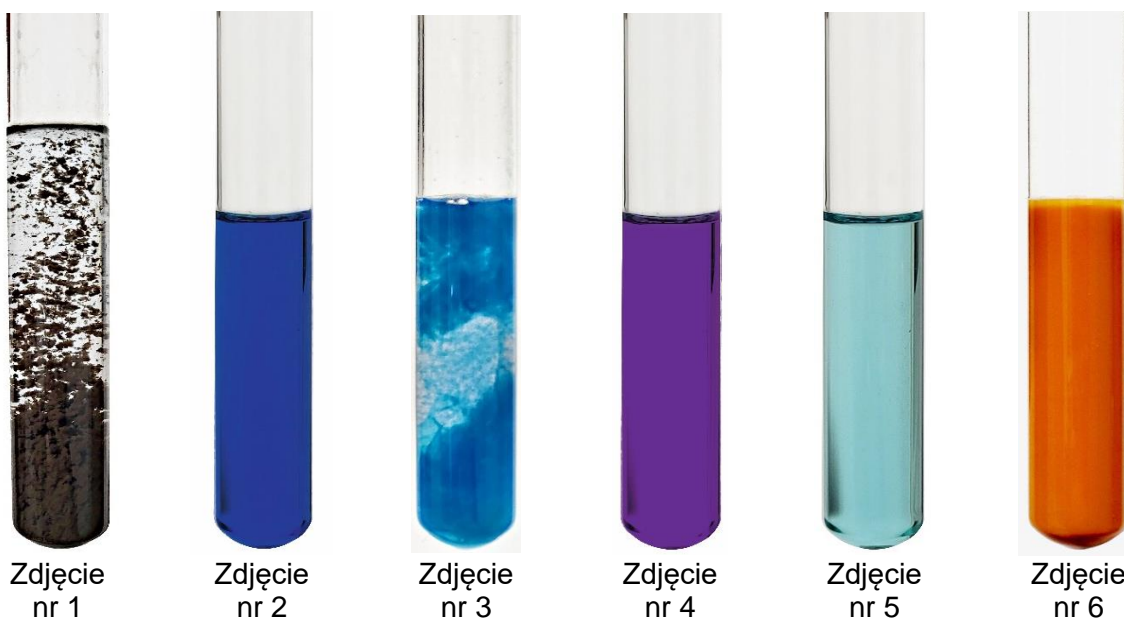
Do kolby zawierającej 25,00 cm³ kwasu solnego o stężeniu 0,010 mol · dm^{−3} wprowadzano kroplami, z biurety napełnionej do objętości 50,0 cm³, wodny roztwór amoniaku o stężeniu 0,020 mol · dm^{−3}. Przygotowano zestaw wskaźników kwasowo-zasadowych wraz z dotyczącymi ich dodatkowymi informacjami zestawionymi w tabeli:

Nazwa wskaźnika	błękit tymolowy	oranż metylowy	purpura bromokrezolowa	błękit bromotymolowy	czerwień fenolowa	fenoloftaleina
$\text{p}K_{in}$	1,7	3,4	5,8	7,0	7,9	9,4

CHEMIA ORGANICZNA

Zadanie 12. (0–4)

Zalkalizowana zawiesina świeżo wytrąconego wodorotlenku miedzi(II) jest ważnym odczynnikiem stosowanym w organicznej analizie chemicznej. Wodorotlenek miedzi(II) reaguje z różnymi związkami organicznymi, w wyniku czego daje różne objawy reakcji. Te efekty mogą być różne w zależności od tego, czy reakcję przeprowadzono w temperaturze pokojowej, czy – po podgrzaniu. Poniżej przedstawiono zdjęcia zawartości probówek po reakcji wodorotlenku miedzi(II), zalkalizowanego roztworem wodorotlenku sodu, ze związkami należącymi do różnych grup związków organicznych, zarówno w temperaturze pokojowej, jak i po podgrzaniu.



O cząsteczce pewnego związku organicznego **X** wiadomo, że:

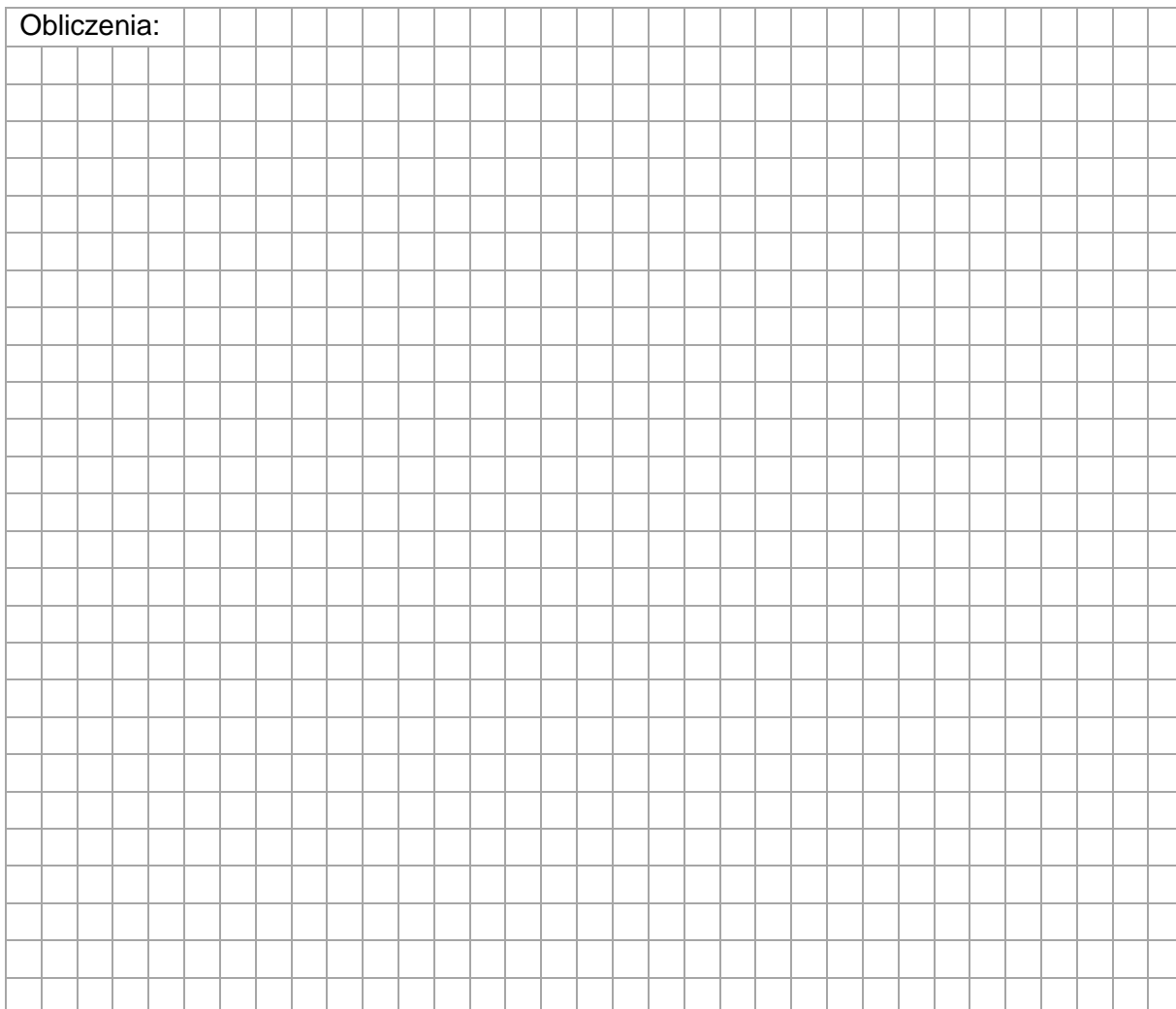
- jest chiralna
- ma budowę łańcuchową
- jej masa cząsteczkowa nie przekracza 100 u
- atomy węgla stanowią 40,0 % masy tej cząsteczki
- atomy tlenu stanowią 53,3 % masy tej cząsteczki
- orbitalom walencyjnym tylko jednego atomu węgla można przypisać hybrydyzację typu sp^2
- każdy atom węgla jest połączony z jednym atomem tlenu.

Wodny roztwór związku **X** poddano próbie ze świeżo strąconą, zalkalizowaną wodorotlenkiem sodu, zawiesiną wodorotlenku miedzi(II). Doświadczenia przeprowadzono w temperaturze pokojowej ($t = 25\text{ }^\circ\text{C}$) oraz w podwyższonej temperaturze ($t = 90\text{ }^\circ\text{C}$).

Wskaż, jakie będą objawy opisanych doświadczeń – wybierz odpowiedni numer zdjęcia (spośród przedstawionych powyżej). Zapisz równania reakcji przebiegających podczas obu doświadczeń lub zaznacz, że żadna reakcja wtedy nie zachodzi. Uzupełnij poniższą tabelę. Zastosuj wzory półstrukturalne (grupowe) lub uproszczone (szkieletowe) związków organicznych, nie uwzględniaj stereoizomerii.

		Numer zdjęcia	Równanie przebiegającej reakcji
Próba z wodorotlenkiem miedzi(II)	$t = 25^{\circ}\text{C}$		
	$t = 90^{\circ}\text{C}$		

Obliczenia:



Zasady oceniania

BUDOWA MATERII

Zadanie 1. (0–4)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń: 1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].	II. Budowa atomu. Uczeń: 2) interpretuje wartości liczb kwantowych [...] stosuje pojęcia: powłoka, podpowłoka, stan orbitalny [...]; 3) stosuje zasady rozmieszczania elektronów na orbitalach (zakaz Pauliego i regułę Hunda) w atomach pierwiastków wieloelektronowych; 5) określa przynależność pierwiastków do bloków konfiguracyjnych: s, p i d układu okresowego [...]; wskazuje związek między budową elektronową atomu a położeniem pierwiastka w układzie okresowym [...].

Zasady oceniania

4 pkt – rozwiązanie zawierające poprawnie zastosowaną metodę prowadzącą do określenia budowy przestrzennej opisanej cząsteczki.

3 pkt – poprawna identyfikacja pierwiastka X, poprawne wyznaczenie wzoru sumarycznego związku pierwiastka X z chlorem, poprawne narysowanie wzoru elektronowego, ale jego błędna interpretacja.

ALBO

– poprawne narysowanie wzoru elektronowego, ale nieprawidłowe określenie budowy przestrzennej opisanej cząsteczki.

2 pkt – poprawna identyfikacja pierwiastka X, poprawne wyznaczenie wzoru sumarycznego związku pierwiastka X z chlorem.

ALBO

– poprawna identyfikacja pierwiastka X, poprawne wyznaczenie wzoru sumarycznego związku pierwiastka X z chlorem, poprawne narysowanie wzoru elektronowego, ale jego błędna interpretacja oraz nieprawidłowe określenie budowy przestrzennej opisanej cząsteczki.

1 pkt – poprawna identyfikacja pierwiastka X.

ALBO

– poprawna identyfikacja pierwiastka X, ale błędne wyznaczenie wzoru sumarycznego związku pierwiastka X z chlorem.

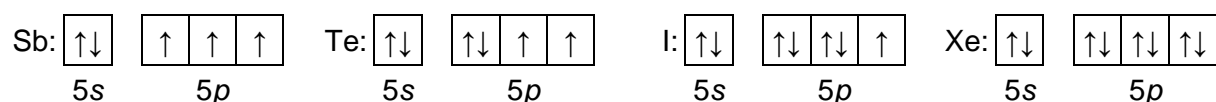
0 pkt – rozwiązanie całkowicie błędne albo brak rozwiązania.

Przykładowe rozwiązanie

Z pierwszej informacji w zadaniu wnioskujemy, że pierwiastek X leży w grupie 12 lub w bloku *p*, w piątym okresie układu okresowego: 20 elektronów opisanych poboczną liczbą kwantową $l = 2$ sugeruje całkowite wypełnienie orbitali $3d$ ($10 e^-$) oraz $4d$ ($10 e^-$). Pierwiastkiem X mogą więc być: Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Xe.

Z drugiej informacji wnioskujemy, że elektrony walencyjne atomu X zajmują podpowłokę *s* ($l = 0$) i *p* ($l = 1$), tak więc pierwiastek ten musi leżeć w bloku *p* układu okresowego. Skoro liczba elektronów zajmujących podpowłokę *p* jest większa od liczby elektronów zajmujących podpowłokę *s* (jest większa od 2), to pierwiastkiem X może być Sb, Te, I, Xe.

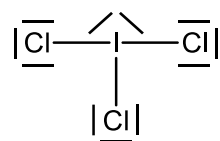
Trzecia informacja pozwala na jednoznaczną identyfikację pierwiastka X: tylko atom jodu ma jeden niesparowany elektron:



Wzór ogólny związku pierwiastka X z chlorem możemy zapisać jako: ICl_n

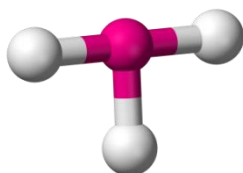
$$\%_{\text{Cl}} = \frac{n \cdot 35,5}{126,9 + n \cdot 35,5} = 0,456 \quad n = 3$$

Uwzględniając fakt, że atom chloru ma 7 elektronów walencyjnych, możemy narysować wzór elektronowy cząsteczki ICl_3 :



$$\text{Liczba przestrzenna} = L_{\sigma} + L_{\text{wolne pary } e^-} = 3 + 2 = 5$$

Model poprawnie przedstawiający budowę przestrzenną cząsteczki ICl_3 :



model 5

Zadanie 2. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń: 1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...]. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].	XII. Wstęp do chemii organicznej. Uczeń: 2) na podstawie [...] opisu budowy [...] klasyfikuje dany związek chemiczny do: [...] fenoli [...]. XIV. Hydroksylowe pochodne węglowodorów – alkohole i fenole. Uczeń: 2) na podstawie wzoru [...] półstrukturalnego (grupowego) [...] podaje nazwy systematyczne [...] fenoli [...].

Zasady oceniania

- 4 pkt – rozwiązanie zawierające poprawnie zastosowaną metodę prowadzącą do poprawnego narysowania wzoru strukturalnego halogenopochodnej fenolu i napisanie jej poprawnej nazwy.
- 3 pkt – zapisanie wzoru trihalogenopochodnej fenolu w postaci ogólnej, poprawne wykonanie obliczeń prowadzących do identyfikacji halogenu obecnego w cząsteczce pochodnej fenolu, narysowanie wzoru strukturalnego związku, ale błędne podanie nazwy związku albo brak nazwy związku.
- 2 pkt – poprawne zapisanie wzoru trihalogenopochodnej fenolu w postaci ogólnej, wykonanie obliczeń prowadzących do identyfikacji halogenu obecnego w cząsteczce pochodnej fenolu.

ALBO

- zapisanie wzoru trihalogenopochodnej fenolu w postaci ogólnej, poprawne wykonanie obliczeń prowadzących do identyfikacji halogenu obecnego w cząsteczce pochodnej fenolu, błędne narysowanie wzoru strukturalnego związku.
- 1 pkt – zapisanie wzoru trihalogenopochodnej fenolu w postaci ogólnej.

ALBO

- zapisanie wzoru trihalogenopochodnej fenolu w postaci ogólnej, wykonanie obliczeń prowadzących do identyfikacji halogenu obecnego w cząsteczce pochodnej fenolu, ale rozwiązanie zawiera błędy.
- 0 pkt – rozwiązanie całkowicie błędne albo brak rozwiązania.

Przykładowe rozwiązanie

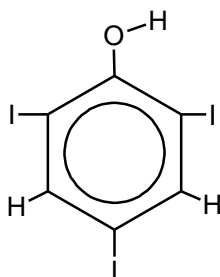
Analiza mapy gęstości elektronowej przekroju cząsteczki halogenopochodnej fenolu prowadzi do wniosku, że trzy atomy wodoru (w pozycjach 2, 4 i 6) zastąpiono atomami halogenu.

Ogólny wzór sumaryczny tej pochodnej będzie więc następujący: $C_6H_2X_3OH$.

Na podstawie informacji o masowej zawartości węgla w cząsteczce tego związku, można zapisać równanie:

$$\%_C = \frac{6 \cdot 12}{6 \cdot 12 + 2 \cdot 1 + 3 \cdot M_X + 1 \cdot 16} = 0,153 \quad \text{stąd } M_X = 127 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, \quad X = \text{jod}$$

Wzór strukturalny cząsteczki związku:



Nazwa systematyczna: **2,4,6-trijodofenol**.

Zadanie 3. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń:</p> <p>1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>III. Wiązania chemiczne. Oddziaływania międzycząsteczkowe. Uczeń:</p> <p>6) opisuje i przewiduje wpływ [...] oddziaływań międzycząsteczkowych [...] na właściwości fizyczne substancji [...].</p> <p>V. Roztwory. Uczeń:</p> <p>2) wykonuje obliczenia związane [...] z zastosowaniem pojęć: stężenie procentowe [...].</p>

Zasady oceniania

4 pkt – rozwiązanie zawierające poprawnie zastosowaną metodę prowadzącą do poprawnego ustalenia, o ile % zmieni się objętość roztworu kwasu siarkowego względem objętości wyjściowych cieczy oraz poprawne uzupełnienie tekstu.

3 pkt – poprawne obliczenie końcowej objętości roztworu, poprawne uzupełnienie I albo II fragmentu tekstu.

ALBO

– obliczenie objętości końcowej roztworu, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, odczytu danych, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki), poprawne uzupełnienie tekstu.

2 pkt – poprawne obliczenie objętości końcowej roztworu.

ALBO

– poprawne obliczenie objętości końcowej roztworu, błędne uzupełnienie tekstu.

1 pkt – poprawne obliczenie stężenia procentowego końcowego roztworu.

ALBO

– obliczenie objętości końcowej roztworu, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, odczytu danych, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki).

0 pkt – rozwiązanie całkowicie błędne albo brak rozwiązania.

Przykładowe rozwiązanie

Założenie: $V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{93\% \text{H}_2\text{SO}_4} = 1,00 \text{ dm}^3$

$m_{\text{H}_2\text{O}} = 998 \text{ g}$ $m_{93\% \text{H}_2\text{SO}_4} = 1828 \text{ g}$ stąd $m_{\text{r-r} \text{H}_2\text{SO}_4} = 998 + 1828 = 2826 \text{ g}$

$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 93\% \cdot m_{93\% \text{H}_2\text{SO}_4} = 0,93 \cdot 1828 = 1700 \text{ g}$

$c_p = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{r-r} \text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{1700 \text{ g}}{2826 \text{ g}} = 60,15\% \approx 60\%$

Stężeniu 60% odpowiada gęstość $d = 1,498 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

$$V_{60\% \text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{60\% \text{H}_2\text{SO}_4}}{d} = \frac{2826 \text{ g}}{1,498 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 1887 \text{ cm}^3 = 1,887 \text{ dm}^3$$

$\Delta V = 2,000 \text{ dm}^3 - 1,887 \text{ dm}^3 = 0,113 \text{ dm}^3$

$$\% \Delta V = \frac{0,113 \text{ dm}^3}{2,000 \text{ dm}^3} = 5,65 \% \approx 6 \%$$

Rozcieńczanie kwasu siarkowego(VI) to proces egzotermiczny. W wyniku zmieszania równych objętości wody i stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI) o stężeniu 93 % masowych i ochłodzeniu otrzymanego roztworu do temperatury 20 °C, sumaryczna objętość cieczy (**maleje** / rośnie) o wartość równą 6 % w porównaniu do sumy objętości cieczy przed zmieszaniami.

Spowodowane jest to (**różna** / taką samą) wielkością cząsteczek wody i kwasu siarkowego(VI) oraz (**większa** / mniejszą / taką samą) energią oddziaływań między drobinami obecnymi w wodnym roztworze kwasu siarkowego(VI) w porównaniu do siły oddziaływań cząsteczek $\text{H}_2\text{O} \cdots \text{H}_2\text{O}$ i $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdots \text{H}_2\text{SO}_4$.

Zadanie 4. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń:</p> <p>1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...];</p> <p>3) konstruuje wykresy, tabele i schematy na podstawie dostępnych informacji.</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...];</p> <p>7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.</p>	<p>IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Uczeń:</p> <p>1) definiuje i oblicza szybkość reakcji (jako zmianę stężenia reagenta w czasie);</p> <p>2) przewiduje wpływ: [...] temperatury na szybkość reakcji; projektuje i przeprowadza odpowiednie doświadczenia.</p>

Zasady oceniania

4 pkt – rozwiązanie zawierające poprawnie zastosowaną metodę prowadzącą do poprawnego obliczenia wartości energii aktywacji i podanie jej z poprawną jednostką.

3 pkt – sporządzenie tabeli zawierającej poprawnie obliczone wartości $\ln(k)$ w funkcji odwrotności temperatury i narysowanie wykresu zależności $\ln(k)$ w funkcji odwrotności temperatury oraz zapisanie relacji łączącej wartość współczynnika kierunkowego linii najlepszego dopasowania z wartością energii aktywacji i uniwersalną stałą gazową.

ALBO

– poprawne obliczenie wartości energii aktywacji i podanie jej z poprawną jednostką, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, odczytu danych, wykres zawiera usterki, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki).

2 pkt – sporządzenie tabeli zawierającej poprawnie obliczone wartości $\ln(k)$ w funkcji odwrotności temperatury i narysowanie wykresu zależności $\ln(k)$ w funkcji odwrotności temperatury.

ALBO

– sporządzenie tabeli zawierającej poprawnie obliczone wartości $\ln(k)$ w funkcji odwrotności temperatury i narysowanie wykresu zależności $\ln(k)$ w funkcji odwrotności temperatury oraz błędne zapisanie relacji łączącej wartość współczynnika kierunkowego linii najlepszego dopasowania z wartością energii aktywacji i uniwersalną stałą gazową.

1 pkt – sporządzenie tabeli zawierającej poprawnie obliczone wartości $\ln(k)$ w funkcji odwrotności temperatury.

ALBO

– sporządzenie tabeli zawierającej poprawnie obliczone wartości $\ln(k)$ w funkcji odwrotności temperatury i narysowanie wykresu zależności $\ln(k)$ w funkcji odwrotności temperatury, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, wykres zawiera usterki).

0 pkt – rozwiązanie całkowicie błędne albo brak rozwiązania.

Przykładowe rozwiązanie

Z równania Arrheniusa, przedstawionego w postaci logarytmicznej

$$\ln(k) = -\frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} + \ln A$$

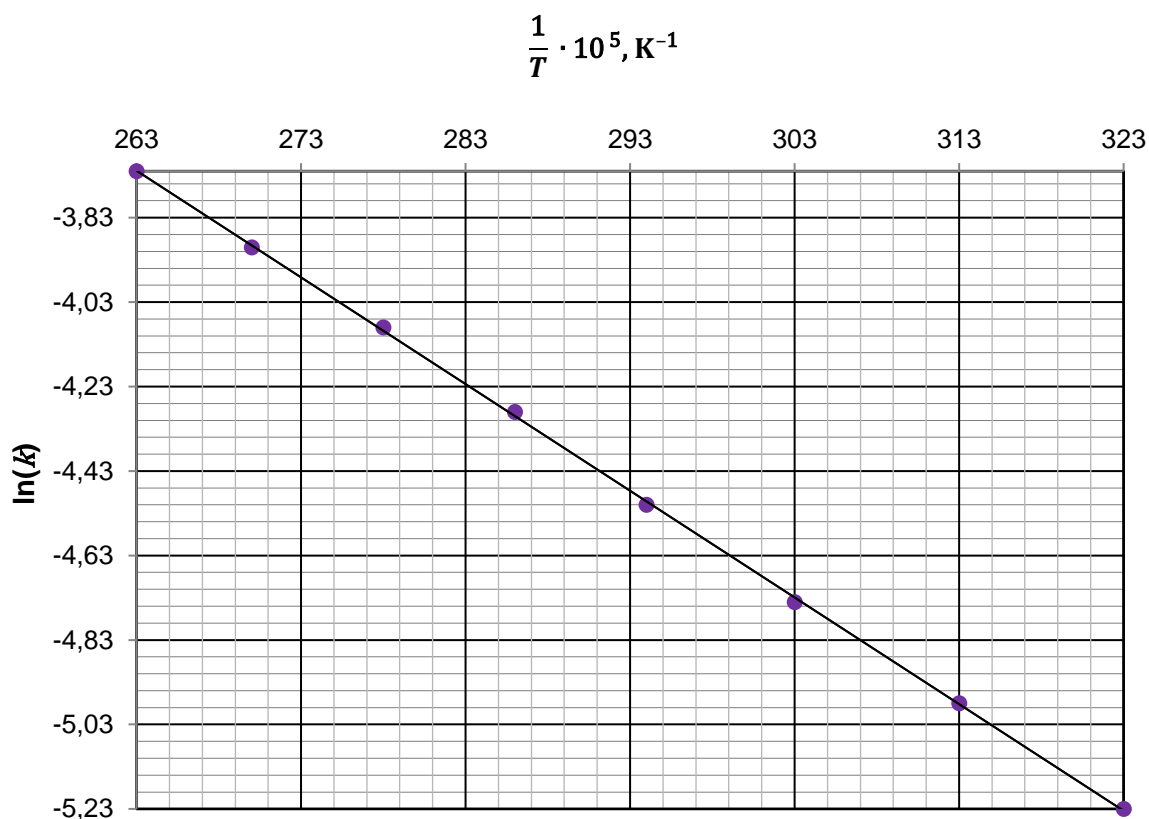
należy wyciągnąć wniosek, że wartość energii aktywacji powinna być obliczona z wykorzystaniem wartości współczynnika kierunkowego funkcji liniowej, w której zmienną niezależną jest odwrotność temperatury, a zmienną zależną logarytm naturalny obliczony z wartości stałej szybkości reakcji chemicznej. W celu rozwiązania równania należy sporządzić wykres, przedstawiający zależność:

$$\ln(k) = f\left(\frac{1}{T}\right)$$

Należy sporządzić tabelę zawierającą obliczone wartości:

$\frac{1}{T} \cdot 10^5, \text{K}^{-1}$	323	313	303	294	286	278	270	263
$\ln(k)$	-5,23	-4,98	-4,74	-4,51	-4,29	-4,09	-3,90	-3,72

Na podstawie powyższej tabeli należy sporządzić wykres:



Uwaga: Za brak połączenia punktów na wykresie (pozostawienie wykresu w postaci nieciągłej) uczeń otrzymuje 0 punktów.

Korzystając z kalkulatora naukowego, należy obliczyć tangens kąta nachylenia albo ustalić równanie linii prostej:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{5,23 - 3,72}{(323 - 263) \cdot 10^{-5}} = 2517$$

$$\text{albo } \ln(k) = -0,02517 \cdot 10^5 \cdot \frac{1}{T} + 2,9242 \quad \text{lub} \quad \ln(k) = -2517 \cdot \frac{1}{T} + 2,9242$$

Następnie należy zauważyć, że: $-\frac{E_a}{R} = -2517$ co pozwala obliczyć wartość energii

$$\text{aktywacji: } E_a = 2517 \text{ K} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 20916 \frac{\text{J}}{\text{mol}} = 20,9 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Zadanie 5. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymaganie szczegółowe
<p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:</p> <p>1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych;</p> <p>7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.</p>	<p>IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Uczeń:</p> <p>8) oblicza wartość stałej równowagi reakcji odwracalnej; oblicza stężenia równowagowe albo stężenia początkowe reagentów.</p>

Zasady oceniania

4 pkt – rozwiązanie zawierające poprawnie zastosowaną metodę prowadzącą do poprawnego uzupełnienia wykresu.

3 pkt – poprawne zapisanie równania reakcji biegnącej w układzie, poprawne obliczenie wartości stężeniowej stałej równowagi reakcji, obliczenie wartości stężeń reagentów po dodaniu kolejnej porcji.

ALBO

– poprawne zapisanie równania reakcji biegnącej w układzie, poprawne obliczenie wartości stężeniowej stałej równowagi reakcji, obliczenie wartości stężeń reagentów po dodaniu kolejnej porcji, uzupełnienie wykresu, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, wynik jest podany z błędną jednostką, wykres zawiera usterki).

2 pkt – poprawne zapisanie równania reakcji biegnącej w układzie, poprawne obliczenie wartości stężeniowej stałej równowagi reakcji i wyrażenie jej bez jednostki albo z jednostką $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$.

ALBO

– poprawne zapisanie równania reakcji biegnącej w układzie, poprawne obliczenie wartości stężeniowej stałej równowagi reakcji, błędne obliczenie wartości stężeń reagentów po dodaniu kolejnej porcji.

1 pkt – poprawne zapisanie równania reakcji biegnącej w układzie.

ALBO

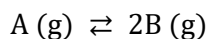
– poprawne obliczenie wartości stężeniowej stałej równowagi reakcji, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, wynik jest podany z błędną jednostką).

0 pkt – rozwiązanie całkowicie błędne albo brak rozwiązania.

Przykładowe rozwiązanie

Objętość układu reakcyjnego jest równa $V = 1,00 \text{ dm}^3$, dlatego stężenia reagentów są liczbowo równe ilościom substancji, wyrażonych w molach.

Analizując wykres, widzimy, że w pierwszym etapie doświadczenia z 1,10 mol substratu A pozostaje 0,20 mola, tak więc reakcji rozkładu ulega 0,90 mola substratu A. Z kolei w wyniku reakcji powstaje 1,80 mola produktu B (dwa razy więcej). Możemy więc zapisać równanie reakcji biegnącej w reaktorze:



Znając stężenia równowagowe reagentów A i B, możemy obliczyć wartość stężeniowej stałej równowagi tej reakcji:

$$K_c = \frac{[\text{B}]^2}{[\text{A}]} = \frac{1,80^2}{0,20} = 16,20$$

Dodatek 0,8 mol substratu A zaburzył stan równowagi w układzie. Zgodnie z regułą przekory, układ będzie dążył do obniżenia stężenia reagenta A i w efekcie ustali się nowy stan równowagi dynamicznej:

	A (g)	⇌	2B (g)
$n^{0'}$	0,2 + 0,8		1,8
Δn	-x		+ 2x
n^k	0,2 + 0,8 - x		1,8 + 2x

$$K_c = \frac{(1,8 + 2x)^2}{1,0 - x} = 16,2$$

$$16,2 - 16,2x = 3,24 + 7,2x + 4x^2$$

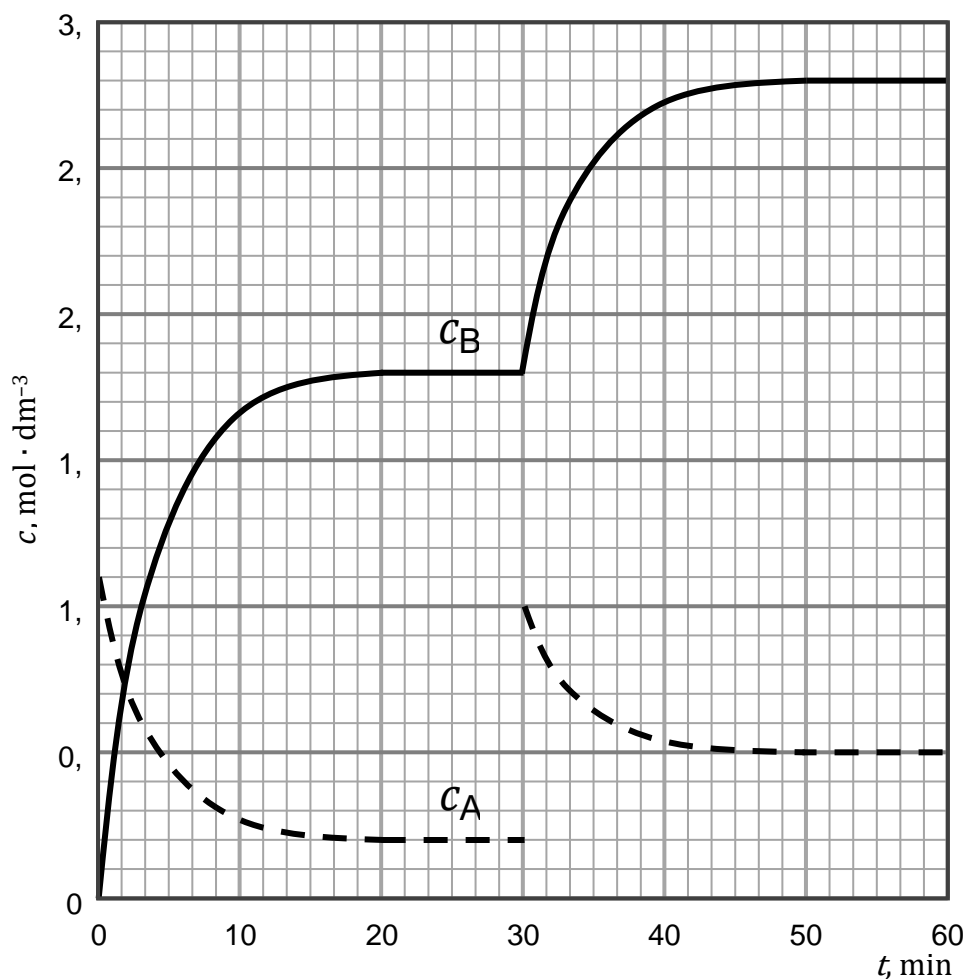
$$4x^2 + 23,4x - 12,96 = 0$$

$$x_1 = -6,36 \quad x_2 = 0,509$$

nowe stężenia równowagowe:

$$[\text{A}]^k = 1 - 0,509 = 0,491 \approx 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$[\text{B}]^k = 1,8 + 2 \cdot 0,509 = 2,818 \approx 2,8 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$



Zadanie 6. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń:</p> <p>1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Uczeń:</p> <p>7) wykonuje obliczenia [...] dotyczące: liczby moli oraz mas substratów i produktów (stechiometria wzorów i równań chemicznych) [...].</p> <p>IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Uczeń:</p> <p>8) oblicza wartość stałej równowagi reakcji odwracalnej; oblicza stężenia równowagowe albo stężenia początkowe reagentów.</p>

Zasady oceniania

- 4 pkt – rozwiązanie zawierające poprawnie zastosowaną metodę prowadzącą do poprawnego obliczenia wartości stałej równowagi reakcji dimeryzacji.
 3 pkt – wyznaczenie liczby cząsteczek kwasu octowego oraz cząsteczek dimeru w stanie równowagi w roztworze, wyznaczenie (korzystając z podanego równania) sumarycznej liczby drobin w roztworze, poprawne obliczenie stężeń molowych kwasu octowego i jego dimeru w roztworze.

ALBO

- obliczenie wartości stałej równowagi reakcji, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki).
 2 pkt – wyznaczenie liczby cząsteczek kwasu octowego oraz cząsteczek dimeru w stanie równowagi w roztworze, wyznaczenie (korzystając z podanego równania) sumarycznej liczby drobin w roztworze.

ALBO

- wyznaczenie liczby cząsteczek kwasu octowego oraz cząsteczek dimeru w stanie równowagi w roztworze, wyznaczenie (korzystając z podanego równania) sumarycznej liczby drobin w roztworze, obliczenie stężeń molowych kwasu octowego i jego dimeru w roztworze, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki).
 1 pkt – wyznaczenie liczby cząsteczek kwasu octowego oraz cząsteczek dimeru w stanie równowagi w roztworze.

ALBO

- wyznaczenie liczby cząsteczek kwasu octowego oraz cząsteczek dimeru w stanie równowagi w roztworze, wyznaczenie (korzystając z podanego równania) sumarycznej liczby drobin w roztworze, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki).
 0 pkt – rozwiązanie całkowicie błędne albo brak rozwiązania.

Przykładowe rozwiązanie

Przekształcając równanie podane w treści zadania, otrzymujemy wzór pozwalający obliczyć sumaryczną liczbę drobin (wyrażoną w molach) kwasu octowego w roztworze benzenowym:

$$n = \frac{\Delta t \cdot m_r}{K_b} = \frac{20,1 \text{ }^\circ\text{C} \cdot 0,1000 \text{ kg}}{2,51 \frac{^\circ\text{C} \cdot \text{kg}}{\text{mol}}} = 0,801 \text{ mol}$$

Widzimy więc, że chociaż do roztworu wprowadzono 1 mol cząsteczek kwasu octowego, to efektywna liczba cząsteczek w roztworze jest mniejsza, ze względu na tworzenie się dimerów cząsteczek kwasu octowego. Znając sumaryczną liczbę cząsteczek w roztworze, możemy obliczyć liczbę cząsteczek kwasu octowego oraz liczbę cząsteczek dimeru:

	2CH ₃ COOH	⇌	(CH ₃ COOH) ₂
n ⁰	1,00		0
Δn	- 2x		+ x
n ^k	1,00 - 2x		x

$$n = 1,00 - 2x + x = 0,801, \quad x = 0,199 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CH}_3\text{COOH}}^k = 1,00 - 2x = 0,602 \text{ mol}, \quad n_{(\text{CH}_3\text{COOH})_2}^k = 0,199 \text{ mol}$$

Aby obliczyć stężenia równowagowe poszczególnych drobin, musimy znać objętość roztworu:

$$m_{\text{roztwór}} = m_r + m_{\text{kw. octowy}} = 100,0 \text{ g} + 60,0 \text{ g} = 160,0 \text{ g}$$

$$V = \frac{m_{\text{roztwór}}}{d} = \frac{160,0 \text{ g}}{0,96 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 167 \text{ cm}^3 = 0,167 \text{ dm}^3$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{1,00 - 2x}{V} = \frac{0,602 \text{ mol}}{0,167 \text{ dm}^3} = 3,60 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$[(\text{CH}_3\text{COOH})_2] = \frac{x}{V} = \frac{0,199 \text{ mol}}{0,167 \text{ dm}^3} = 1,19 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$K = \frac{[(\text{CH}_3\text{COOH})_2]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]^2} = \frac{1,19}{3,6^2} = \mathbf{0,092}$$

CHEMIA NIEORGANICZNA

Zadanie 7. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń:</p> <p>1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych z zastosowaniem metody naukowej.</p>	<p>IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Uczeń:</p> <p>8) [...] stosuje regułę Le Chateliera-Brauna (regułę przekory) do jakościowego określenia wpływu zmian [...] stężenia reagentów [...] na układ pozostający w stanie równowagi dynamicznej.</p> <p>VI. Reakcje w roztworach wodnych. Uczeń:</p> <p>9) pisze równania reakcji [...] wytrącania osadów i wybranych soli z wodą [...].</p> <p>VII. Systematyka związków nieorganicznych. Uczeń:</p> <p>13) przewiduje przebieg reakcji soli z mocnymi kwasami [...].</p>

Zasady oceniania

4 pkt – rozwiązanie zawierające poprawne uzupełnienie tabeli 1. i tabeli 2.

3 pkt – poprawne napisanie nazw jonów, poprawne określenie barw jonów biorących udział w opisanej równowadze, określenie wyglądu poszczególnych probówek po dodaniu wymienionych cieczy, poprawne uzupełnienie dwóch numerów zdjęć.

ALBO

– poprawne napisanie nazw jonów, poprawne określenie barw jonów biorących udział w opisanej równowadze, określenie wyglądu poszczególnych probówek po dodaniu wymienionych cieczy, błędne uzupełnienie numerów zdjęć.

ALBO

– błędy w nazwach jonów, poprawne określenie barw jonów biorących udział w opisanej równowadze, określenie wyglądu poszczególnych probówek po dodaniu wymienionych cieczy, poprawne uzupełnienie numerów zdjęć.

2 pkt – poprawne napisanie nazw jonów, poprawne określenie barw jonów biorących udział w opisanej równowadze.

ALBO

– poprawne napisanie nazw jonów, poprawne określenie barw jonów biorących udział w opisanej równowadze, błędne określenie wyglądu poszczególnych probówek po dodaniu wymienionych cieczy, poprawne uzupełnienie jednego numeru zdjęcia.

1 pkt – poprawne napisanie nazw jonów.

ALBO

– napisanie nazw jonów, poprawne określenia barw jonów biorących udział w opisanej równowadze, ale rozwiązanie zawiera błędy w nazwach jonów.

0 pkt – rozwiązanie całkowicie błędne albo brak rozwiązania.

Przykładowe rozwiązanie

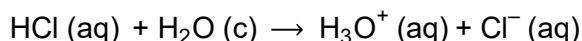
Rozwiązywanie przedstawionego problemu należy rozpocząć od określenia nazw oraz barwy roztworu jonów, w którym ustaliła się opisana równowaga. Z dodatniej wartości entalpii reakcji ($\Delta H > 0$, reakcja endotermiczna) można wnioskować, że ogrzanie układu ($t = 80\text{ }^\circ\text{C}$) będzie prowadzić do przesunięcia położenia stanu równowagi reakcji w stronę produktów. Skoro więc roztwór w tej temperaturze ma barwę żółtą, to właśnie taką barwą charakteryzują się aniony $\text{CuCl}_4^{2-}(\text{aq})$. Roztwór w temperaturze $t = 20\text{ }^\circ\text{C}$ zawiera zarówno jony $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ jak i $\text{CuCl}_4^{2-}(\text{aq})$. Jego zielona barwa wskazuje, że jest ona wynikiem złożenia dwóch barw: żółtej od anionu $\text{CuCl}_4^{2-}(\text{aq})$ oraz niebieskiej od jonu $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$.

Tabela 1.

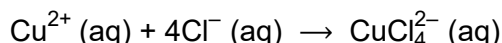
Nazwa jonu biorącego udział w przedstawionej równowadze	kation miedzi(II)	anion chlorkowy	anion tetrachloromiedzianowy(II)
Barwa roztworu jonów	jasnoniebieska LUB niebieska LUB błękitna	bezbarna	żółta LUB żółtozielona

Znając równanie reakcji opisującej przedstawioną równowagę oraz barwy poszczególnych jonów, możemy określić, jak będzie wyglądać układ po zaburzeniu w nim stanu równowagi wybranymi czynnikami.

Dodatek stężonego kwasu solnego zwiększy stężenie anionów chlorkowych w układzie:

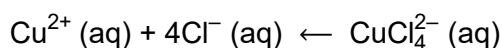


Układ będzie dążył do zmniejszenia stężenia jonów chlorkowych, dlatego położenie stanu równowagi przesunie się w stronę produktów:



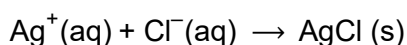
Spowoduje to zmniejszenie stężenia jonów Cu^{2+} oraz zwiększenie stężenia jonów CuCl_4^{2-} , roztwór przyjmie barwę żółtą.

Dodatek wody spowoduje sumaryczny spadek stężeń wszystkich jonów w roztworze. Aby temu zapobiec, anion CuCl_4^{2-} może ulec rozkładowi na jeden jon Cu^{2+} i cztery aniony Cl^- (w trakcie zwiększania objętości układu, położenie stanu równowagi reakcji przesunie się w tę stronę, gdzie sumaryczna liczba drobin jest większa):

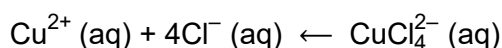


Roztwór przyjmie barwę błękitną.

Dodatek stężonego wodnego roztworu azotan(V) srebra(I) spowoduje usunięcie z układu reakcyjnego części jonów Cl^- w reakcji:



Układ, chcąc zapobiec spadkowi stężenia jonów Cl^- , przesunie położenie stanu równowagi w kierunku substratów:



Roztwór w probówce przyjmie barwę błękitną oraz będzie widoczny biały osad chlorku srebra.

Tabela 2.

Ciecz dodana do probówki zawierającej opisany układ równowagowy w $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	Stężony kwas solny	Woda	Stężony wodny roztwór azotanu(V) srebra
Numer zdjęcia	2	4	6

Zadanie 8. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...]; 2) ocenia wiarygodność uzyskanych danych. <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...]; 7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych. 	<p>I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 2) odczytuje w układzie okresowym masy atomowe pierwiastków i na ich podstawie oblicza masę molową związków chemicznych (nieorganicznych [...]) o podanych wzorach lub nazwach; 6) dokonuje interpretacji jakościowej i ilościowej równania reakcji w ujęciu molowym [...]. <p>V. Roztwory. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 2) wykonuje obliczenia związane z przygotowaniem, rozcieńczaniem i zatężaniem roztworów z zastosowaniem pojęć: stężenie procentowe lub molowe [...]; 3) projektuje i [...] doświadczenie pozwalające otrzymać roztwór o określonym stężeniu procentowym lub molowym. <p>VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 5) stosuje zasady bilansu elektronowo-jonowego – dobiera współczynniki stechiometryczne w schematach reakcji utleniania-redukcji (w formie cząsteczkowej i jonowej).

Zasady oceniania

4 pkt – rozwiązanie zawierające poprawnie zastosowaną metodę prowadzącą do obliczenia stężenia procentowego kwasu azotowego(V), napisania, w formie jonowej z uwzględnieniem liczby oddawanych lub pobieranych elektronów (zapis jonowo-elektronowy), równania reakcji redukcji i utleniania przebiegających podczas roztwarzania cynku w kwasie azotowym(V), napisania sumarycznego równania reakcji.

3 pkt – obliczenie stężenia procentowego kwasu azotowego(V), napisanie, w formie jonowej z uwzględnieniem liczby oddawanych lub pobieranych elektronów (zapis jonowo-elektronowy), równania reakcji redukcji i utleniania przebiegających podczas roztwarzania cynku w kwasie azotowym(V).

ALBO

– obliczenie stężenia procentowego kwasu azotowego(V), napisanie, w formie jonowej z uwzględnieniem liczby oddawanych lub pobieranych elektronów (zapis jonowo-elektronowy), równania reakcji redukcji i utleniania przebiegających podczas roztwarzania cynku w kwasie azotowym(V), napisanie sumarycznego równania reakcji, ale rozwiązanie zawiera błędy arytmetyczne, pod warunkiem, że otrzymane wyniki zostały poprawnie zinterpretowane.

2 pkt – obliczenie stężenia molowego kwasu azotowego(V), z uwzględnieniem gęstości otrzymanego roztworu, obliczenie stężenia procentowego kwasu azotowego(V) po rozcieńczeniu.

ALBO

– obliczenie stężenia procentowego kwasu azotowego(V), napisanie, w formie jonowej z uwzględnieniem liczby oddawanych lub pobieranych elektronów (zapis jonowo-elektronowy), równania reakcji redukcji i utleniania przebiegających podczas roztwarzania cynku w kwasie azotowym(V), ale rozwiązanie zawiera błędy arytmetyczne, pod warunkiem, że otrzymane wyniki zostały poprawnie zinterpretowane.

1 pkt – obliczenie stężenia procentowego kwasu azotowego(V), z uwzględnieniem gęstości otrzymanego roztworu.

ALBO

– obliczenie stężenia molowego kwasu azotowego(V), z uwzględnieniem gęstości otrzymanego roztworu, obliczenie stężenia procentowego kwasu azotowego(V) po rozcieńczeniu, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki).

0 pkt – rozwiązanie całkowicie błędne albo brak rozwiązania.

Przykładowe rozwiązanie

W celu ustalenia dominującego produktu reakcji chemicznej cynku z kwasem azotowym(V) należy obliczyć stężenie procentowe roztworu kwasu azotowego(V), w którym przeprowadzono roztwarzanie metalu:

$$n_{\text{HNO}_3} = c_{\text{HNO}_3}^0 \cdot V_{\text{HNO}_3}^0 = 11,9 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 0,175 \text{ dm}^3 = 2,083 \text{ mol}$$

$$c_{\text{HNO}_3}^k = \frac{n_{\text{HNO}_3}}{V_{\text{HNO}_3}^k} = \frac{2,083 \text{ mol}}{0,500 \text{ dm}^3} = 4,17 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Uwzględniając gęstość otrzymanego roztworu, należy obliczyć wartość stężenia wyrażonego w procentach masowych:

$$c_p(\text{HNO}_3) = \frac{c_{\text{HNO}_3}^k \cdot M_{\text{HNO}_3} \cdot 100 \%}{d_{\text{HNO}_3}}$$

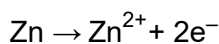
$$M_{\text{HNO}_3} = 63 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$d_{\text{HNO}_3} = 1,05 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1050 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$$

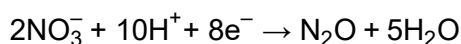
$$c_p(\text{HNO}_3) = \frac{4,17 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 63 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 100\%}{1050 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}} = 25,0 \%$$

Na podstawie informacji zawartych w tabeli należy ustalić, że produktem gazowym reakcji jest ten, w którym atom azotu będzie występował na I stopniu utleniania, czyli tlenek azotu(I), a następnie należy ułożyć połówkowe równania reakcji utleniania i redukcji.

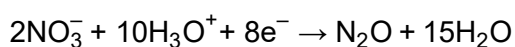
Równanie procesu utleniania:



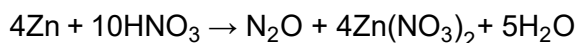
Równanie procesu redukcji:



ALBO



Sumaryczne równanie reakcji chemicznej:



Zadanie 9. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...]; 2) ocenia wiarygodność uzyskanych danych. <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...]; 7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych. 	<p>I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 2) odczytuje w układzie okresowym masy atomowe pierwiastków i na ich podstawie oblicza masę molową związków chemicznych (nieorganicznych [...]) o podanych wzorach lub nazwach; 6) dokonuje interpretacji jakościowej i ilościowej równania reakcji w ujęciu molowym [...]; 7) wykonuje obliczenia, z uwzględnieniem wydajności reakcji, dotyczące: liczby moli oraz mas substratów i produktów (stechiometria wzorów i równań chemicznych) [...]. <p>VI. Reakcje w roztworach wodnych. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) pisze równania dysocjacji elektrolitycznej związków nieorganicznych [...]. <p>VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 5) stosuje zasady bilansu elektronowo-jonowego – dobiera współczynniki stechiometryczne w schematach reakcji utleniania-redukcji (w formie [...] jonowej).

Zasady oceniania

4 pkt – rozwiązanie zawierające poprawnie zastosowaną metodę prowadzącą do obliczenia masy dwuwodnego siarczanu(VI) amonu ceru(IV), którego należało użyć do przygotowania mianowanego roztworu jonów ceru(IV).

3 pkt – poprawne zapisanie sumarycznego równania reakcji przebiegającej pomiędzy tlenkiem arsenu(III) a jonami ceru(IV), obliczenie masy dwuwodnego siarczanu(VI) amonu ceru(IV), którego należało użyć do przygotowania mianowanego roztworu jonów ceru(IV), ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, odczytu danych, wynik jest podany z błędną jednostką).

ALBO

– poprawne zapisanie sumarycznego równania reakcji przebiegającej pomiędzy tlenkiem arsenu(III) a jonami ceru(IV), obliczenie (w oparciu o równanie procesu dysocjacji) liczby moli siarczanu(VI) amonu ceru(IV), jaką należało użyć do przygotowania mianowanego roztworu jonów ceru(IV).

2 pkt – poprawne zapisanie sumarycznego równania reakcji przebiegającej pomiędzy tlenkiem arsenu(III) a jonami ceru(IV).

ALBO

– poprawne zapisanie sumarycznego równania reakcji przebiegającej pomiędzy tlenkiem arsenu(III) a jonami ceru(IV), obliczenie (w oparciu o równanie procesu dysocjacji) liczby moli siarczanu(VI) amonu ceru(IV), jaką należało użyć do przygotowania mianowanego roztworu jonów ceru(IV), ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, odczytu danych, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki).

ALBO

– zapisanie i zbilansowanie sumarycznego równania reakcji metodą algebraiczną.

1 pkt – zapisanie równania półkowego reakcji redukcji jonów ceru(IV) i zapisanie równania półkowego reakcji utlenienia tlenku arsenu(III).

ALBO

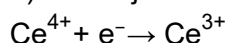
– zapisanie równania półkowego reakcji redukcji jonów ceru(IV) i zapisanie równania półkowego reakcji utlenienia tlenku arsenu(III), ale zapisane sumaryczne równanie reakcji przebiegającej pomiędzy tlenkiem arsenu(III) a jonami ceru(IV) ma usterki wynikające z błędów arytmetycznych.

0 pkt – rozwiązanie całkowicie błędne albo brak rozwiązania.

Przykładowe rozwiązanie

Należy napisać poprawnie równania półkowe procesów:

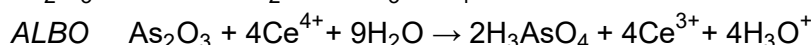
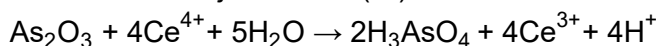
a) redukcji kationów ceru(IV) do kationów ceru(III):



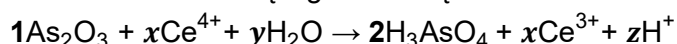
b) przebiegającego w środowisku kwasowym utlenienia tlenku arsenu(III) do kwasu arsenowego(V):



Następnie należy napisać sumaryczne równanie reakcji przebiegającej podczas nastawiania miana roztworu jonów ceru(IV):



Równanie reakcji utlenienia tlenku arsenu(III) do kwasu arsenowego(V) można także zbilansować metodą algebraiczną:



bilans liczby poszczególnych atomów oraz ładunku:

$$\text{O: } 3 + y = 8$$

$$\text{H: } 2y = 6 + z$$

$$\text{ładunek: } 4x = 3x + z$$

$$\begin{cases} 3 + y = 8 \\ 2y = 6 + z \\ 4x = 3x + z \end{cases}$$

$$x = 4, y = 5, z = 4$$

W kolejnym etapie należy obliczyć liczbę moli tlenku arsenu(III) zużytego w reakcji przebiegającej podczas nastawiania miana roztworu jonów ceru(IV):

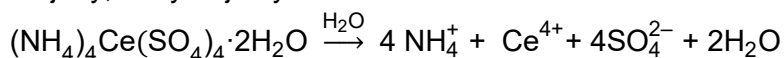
$$M_{\text{As}_2\text{O}_3} = 2 \cdot 74,92 + 3 \cdot 16,00 = 197,84 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n_{\text{As}_2\text{O}_3} = \frac{m_{\text{As}_2\text{O}_3}}{M_{\text{As}_2\text{O}_3}} = \frac{1,790 \text{ g}}{197,84 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,00905 \text{ mol}$$

Następnie można obliczyć liczbę moli jonów Ce^{4+} obecnych w $200,0 \text{ cm}^3$ roztworu:

$$n_{\text{Ce}^{4+}} = 4 \cdot n_{\text{As}_2\text{O}_3} = 4 \cdot 0,00905 = 0,0362 \text{ mol}$$

Zapisując równanie procesu całkowitej dysocjacji jonowej siarczanu(VI) amonu ceru(IV) na jony, otrzymujemy:



$$n_{(\text{NH}_4)_4\text{Ce}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{Ce}^{4+}} = 0,0362 \text{ mol}$$

W kolejnym etapie należy obliczyć masę molową dwuwodnego siarczanu(VI) amonu ceru(IV):

$$M_{(\text{NH}_4)_4\text{Ce}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 4 \cdot 14,01 + 20 \cdot 1,01 + 140,12 + 4 \cdot 32,07 + 18 \cdot 16,00 = 632,64 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Do reakcji z tlenkiem arsenu użyto $200,0 \text{ cm}^3$ z $1000,0 \text{ cm}^3$ przygotowanego roztworu jonów ceru(IV), czyli jedną piątą. Aby obliczyć masę m_x dwuwodnego siarczanu(VI) amonu ceru(IV), należy więc obliczoną ilość tej soli pomnożyć przez 5 oraz pomnożyć przez jej masę molową:

$$m_x = 5 \cdot n_{(\text{NH}_4)_4\text{Ce}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{(\text{NH}_4)_4\text{Ce}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 5 \cdot 0,0362 \text{ mol} \cdot 632,64 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 115 \text{ g}$$

Zadanie 10. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń:</p> <p>1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...];</p> <p>7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.</p>	<p>I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Uczeń:</p> <p>7) wykonuje obliczenia [...] dotyczące: liczby moli [...] substratów i produktów (stechiometria wzorów i równań chemicznych), [...], po zmieszaniu substratów w stosunku stechiometrycznym i niestechiometrycznym.</p> <p>V. Roztwory. Uczeń:</p> <p>2) wykonuje obliczenia [...] z zastosowaniem pojęć: stężenie [...] molowe [...].</p> <p>VI. Reakcje w roztworach wodnych. Uczeń:</p> <p>9) pisze równania reakcji: [...] wytrącania osadów [...] w formie jonowej pełnej i skróconej.</p>

Zasady oceniania

4 pkt – rozwiązanie zawierające poprawnie zastosowaną metodę prowadzącą do porównania iloczynu stężeń jonów z wartością iloczynu rozpuszczalności i rozstrzygnięcia, czy w opisanym doświadczeniu wytrąci się osad chloranu(VII) potasu.

3 pkt – poprawne obliczenie stężeń wymienionych jonów po zmieszaniu roztworów i poprawne obliczenie iloczynu stężeń kationów potasu i anionów chloranowych(VII).

ALBO

– porównanie iloczynu stężeń jonów z wartością iloczynu rozpuszczalności rozstrzygnięcie, czy wytrąci się osad chloranu(VII) potasu, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki).

2 pkt – poprawne obliczenie stężenia molowego nasyconego roztworu chloranu(VII) sodu.

ALBO

– poprawne obliczenie liczby moli tej soli w 2,00 cm³ nasyconego roztworu.

ALBO

– obliczenie stężeń wymienionych jonów po zmieszaniu roztworów i obliczenie iloczynu stężeń kationów potasu i anionów chloranowych(VII), ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki), o ile rozstrzygnięcie jest adekwatne do otrzymanego wyniku.

– obliczenie stężenia molowego nasyconego roztworu chloranu(VII) sodu, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki).

ALBO

– obliczenie liczby moli tej soli w 2,00 cm³ nasyconego roztworu, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki).

0 pkt – rozwiązanie całkowicie błędne albo brak rozwiązania.

Przykładowe rozwiązanie

Obliczenia można przeprowadzić dla $2,00 \text{ cm}^3$ nasyconego roztworu chloranu(VII) sodu:

$$m_{\text{r-r nas.}} = d \cdot V_{\text{NaClO}_4} = 1,58 \cdot 2,00 = 3,16 \text{ g}$$

$$m_{\text{NaClO}_4} = 3,16 \text{ g} \cdot \frac{205,0}{205,0 + 100,0} = 2,12 \text{ g}$$

$$n_{\text{NaClO}_4} = \frac{2,12 \text{ g}}{23 + 35,5 + 4 \cdot 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \mathbf{0,0173 \text{ mol}} = n_{\text{ClO}_4^-}$$

$$(c_{\text{NaClO}_4} = \frac{0,0173 \text{ mol}}{0,002 \text{ dm}^3} = \mathbf{8,65 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}})$$

Obliczenie liczby moli chlorku potasu w $15,00 \text{ cm}^3$ roztworu:

$$n_{\text{KCl}} = c_{\text{KCl}} \cdot V_{\text{KCl}} = 0,020 \cdot 0,015 = 0,0003 \text{ mol} = n_{\text{K}^+}$$

Obliczenie stężeń jonów po zmieszaniu roztworów:

$$V^{\text{k}} = V_{\text{KCl}} + V_{\text{NaClO}_4} = 0,002 + 0,015 = 0,017 \text{ dm}^3$$

$$[\text{K}^+] = \frac{0,0003}{0,017} = 0,0176 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \quad [\text{ClO}_4^-] = \frac{0,0173}{0,017} = 1,02 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Obliczenie iloczynu stężeń jonów w roztworze:

$$[\text{K}^+] \cdot [\text{ClO}_4^-] = 0,0176 \cdot 1,02 = 0,0180 = \mathbf{1,8 \cdot 10^{-2}} > K_{\text{S}}(\text{KClO}_4)$$

Powstanie osad KClO_4 **Zadanie 11. (0–4)**

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...]; [...] konstruuje wykresy. <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...]; wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych. 	<p>I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> wykonuje obliczenia [...] dotyczące: liczby moli [...] substratów i produktów (stechiometria wzorów i równań chemicznych) [...] po zmieszaniu substratów w stosunku stechiometrycznym i niestechiometrycznym. <p>V. Roztwory. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> wykonuje obliczenia [...] z zastosowaniem pojęć: stężenie [...] molowe [...]. <p>VI. Reakcje w roztworach wodnych. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> interpretuje wartości pK_w, pH, K_a, K_b; wykonuje obliczenia z zastosowaniem pojęć: stała dysocjacji [...] pH, iloczyn jonowy wody [...]; przewiduje odczyn roztworu po reakcji substancji zmieszanych w ilościach stechiometrycznych i niestechiometrycznych; pisze równania reakcji: zobojętniania [...] w formie jonowej pełnej i skróconej.

Zasady oceniania

4 pkt – rozwiązanie zawierające poprawnie zastosowaną metodę prowadzącą do obliczenia pH roztworu w punkcie równoważnikowym i poprawnego ustalenia nazwy wskaźnika.

3 pkt – napisanie poprawnego wyrażenia na stałą równowagi dysocjacji kwasowej jonu amonowego i obliczenie wartości stałej dysocjacji kwasowej jonu amonowego.

ALBO

– obliczenie pH roztworu w punkcie równoważnikowym i poprawne ustalenie nazwy wskaźnika spełniającego warunek zawierania się punktu równoważnikowego w zakresie pH działania wskaźnika ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, odczytu danych, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki), wybór wskaźnika adekwatny do obliczonego pH.

2 pkt – poprawne obliczenie objętości zużytego roztworu amoniaku (titranta) i poprawne obliczenie stężenia molowego jonów amonowych obecnych w roztworze otrzymanym w procesie miareczkowania.

ALBO

– napisanie poprawnego wyrażenia na stałą równowagi dysocjacji kwasowej jonu amonowego i obliczenie wartości stałej dysocjacji kwasowej jonu amonowego, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, odczytu danych, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki).

1 pkt – poprawne obliczenie liczby moli kwasu solnego i poprawne obliczenie liczby moli amoniaku.

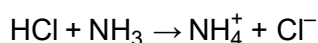
ALBO

– obliczenie objętości zużytego roztworu amoniaku (titranta) i obliczenie stężenia molowego jonów amonowych obecnych w roztworze otrzymanym w procesie miareczkowania, ale rozwiązanie zawiera błędy (arytmetyczne, odczytu danych, wynik jest podany z błędną jednostką lub bez jednostki).

0 pkt – rozwiązanie całkowicie błędne albo brak rozwiązania.

Przykładowe rozwiązanie

Należy napisać równanie reakcji chemicznej przebiegającej podczas miareczkowania kwasowo-zasadowego:



W kolejnym kroku należy obliczyć liczbę moli zużytego chlorowodoru i na podstawie ustalonego z równania reakcji chemicznej molowego stosunku stechiometrycznego reagentów obliczyć objętość użytego wodnego roztworu amoniaku:

$$n_{\text{HCl}} = c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = 25,0 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 \cdot 0,0100 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 2,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{\text{NH}_3} = 2,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$V_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{c_{\text{NH}_3}} = \frac{2,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{0,0200 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}} = 0,0125 \text{ dm}^3 = 12,5 \text{ cm}^3$$

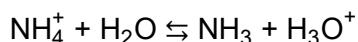
W kolejnym etapie niezbędne jest obliczenie stężenia molowego jonów NH_4^+ obecnych w roztworze otrzymanym w trakcie miareczkowania kwasowo-zasadowego:

$$[\text{NH}_4^+] = \frac{n_{\text{NH}_4^+}}{V_r} \quad n_{\text{NH}_4^+} = n_{\text{NH}_3} = 2,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$V_r = V_{\text{HCl}} + V_{\text{NH}_3} = 25,0 \text{ cm}^3 + 12,5 \text{ cm}^3 = 37,5 \text{ cm}^3$$

$$[\text{NH}_4^+] = \frac{2,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{37,5 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3} = 6,67 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Dla objętości dodanego titranta wynoszącej 12,5 cm³ należy obliczyć wartość pH punktu równoważnikowego. Należy zauważyć, że w punkcie równoważnikowym w roztworze są obecne jony NH₄⁺ (aq) i Cl⁻ (aq) pochodzące z dysocjacji jonowej otrzymanego w trakcie miareczkowania chlorku amonu. Sól ta zawiera kation pochodzący od słabej zasady i mocnego kwasu, zatem będzie ulegać procesowi hydrolizy kationowej:



Kation NH₄⁺ pełni funkcję kwasu Brønsteda-Lowry`ego, zatem zapisując wyrażenie określające wartość stałej równowagi procesu hydrolizy, możemy stwierdzić, że:

$$K_a = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{NH}_4^+]}$$

Stężenie molowe kationów wodoru (kationów hydroniowych) należy wyrazić jako:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_a \cdot [\text{NH}_4^+]}$$

Zakładając, że doświadczenie przeprowadzono w temperaturze 25 °C, po odczytaniu z „Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych [...]” wartości $K_b(\text{NH}_3) = 1,78 \cdot 10^{-5}$, można obliczyć stałą dysocjacji kwasowej kationu amonu:

$$K_b(\text{NH}_3) \cdot K_a(\text{NH}_4^+) = 10^{-14} \quad \text{stad} \quad K_a(\text{NH}_4^+) = \frac{10^{-14}}{K_b(\text{NH}_3)} = \frac{10^{-14}}{1,78 \cdot 10^{-5}} = 5,62 \cdot 10^{-10}$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_a \cdot [\text{NH}_4^+]} = \sqrt{5,62 \cdot 10^{-10} \cdot 6,67 \cdot 10^{-3}} = 1,94 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Stąd należy obliczyć pH roztworu w punkcie równoważnikowym:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(1,94 \cdot 10^{-6}) = 5,71$$

Zgodnie z przyjętą definicją $\text{p}K_{in} \pm 1$, wskaźniki zaprezentowane w tabeli zmieniają barwę w zakresach pH:

Nazwa wskaźnika	$\text{p}K_{in}$	Zakres działania
błękit tymolowy	1,7	0,7 – 2,7
oranż metylowy	3,4	3,1 – 4,4
purpura bromokrezolowa	5,8	4,8 – 6,8
błękit bromotymolowy	7,0	6,0 – 7,6
czerwień fenolowa	7,9	6,4 – 8,0
fenoloftaleina	9,4	8,0 – 10,0

Zatem jedynym wskaźnikiem, którego zakres działania zawiera w sobie punkt równoważnikowy opisanego miareczkowania jest **purpura bromokrezolowa**.

Zadanie 12. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń:</p> <p>1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>XIV. Hydroksylowe pochodne węglowodorów – alkohole i fenole. Uczeń:</p> <p>4) [...] projektuje [...] doświadczenie, którego przebieg pozwoli odróżnić alkohol monohydroksylowy od alkoholu polihydroksylowego [...].</p> <p>XV. Związki karbonylowe – aldehydy i ketony. Uczeń:</p> <p>3) [...] pisze odpowiednie równania reakcji aldehydu [...] z odczynnikiem Trommera.</p>

Zasady oceniania

4 pkt – rozwiązanie zawierające poprawnie zastosowaną metodę prowadzącą do identyfikacji związku X, poprawnego zapisania równań reakcji z udziałem związku X i poprawnego wskazanie numerów zdjęć z obserwacjami.

3 pkt – wskazanie poprawnych obserwacji dla przeprowadzonych prób.

ALBO

– poprawne zidentyfikowanie związku X, zapisanie równań reakcji z usterkami (pod warunkiem, że w pierwszej reakcji uczeń wskazał na powstawanie związku kompleksowego, a w drugiej – na utlenienie grupy aldehydowej i wytrącenie osadu tlenku miedzi(I)).

ALBO

– zapisanie równań reakcji z udziałem związku X, ale niepoprawne wskazanie numerów zdjęć.

2 pkt – wyznaczenie wzoru rzeczywistego i identyfikacja struktury związku X, w szczególności grup funkcyjnych obecnych w cząsteczce.

1 pkt – wyznaczenie wzoru empirycznego związku X.

ALBO

– wyznaczenie wzoru rzeczywistego, ale błędne dokonanie identyfikacji struktury związku X.

0 pkt – rozwiązanie całkowicie błędne albo brak rozwiązania.

Przykładowe rozwiązanie

Identyfikację cząsteczki związku X należy rozpocząć od wyprowadzenia wzoru empirycznego.

Założenie: $m_X = 100 \text{ g}$

$$m_C = 40,0 \text{ g} \quad m_O = 53,3 \text{ g} \quad m_H = 100 \text{ g} - 40,0 \text{ g} - 53,3 \text{ g} = 6,7 \text{ g}$$

$$n_C = \frac{40,0 \text{ g}}{12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \quad n_O = \frac{53,3 \text{ g}}{16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \quad n_H = \frac{6,7 \text{ g}}{1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

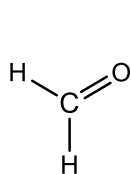
$$n_C : n_O : n_H = 3,33 : 3,33 : 6,7 = 1 : 1 : 2$$

wzór empiryczny: COH_2 $M_{\text{COH}_2} = 30 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

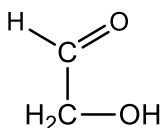
Skoro masa molowa związku X nie jest większa od $100 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$, to wzór rzeczywisty związku X

może być następujący: $M_{\text{COH}_2} = 30 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $M_{\text{C}_2\text{O}_2\text{H}_4} = 60 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $M_{\text{C}_3\text{O}_3\text{H}_6} = 90 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

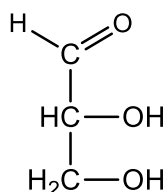
Informacja o tym, że w cząsteczce związku X występuje tylko jeden atom węgla, dla którego orbitalom walencyjnym można przypisać hybrydyzację sp^2 , świadczy o obecności jednej grupy $\text{C}=\text{O}$, a wyklucza obecność wiązania podwójnego $\text{C}=\text{C}$. Wiedząc, że cząsteczka nie ma budowy cyklicznej, a łańcuchową, oraz że każdy atom węgla jest połączony z jednym atomem tlenu, można zaproponować 4 struktury związku X:



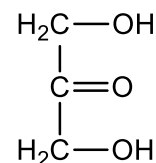
I



II



III



IV

Tylko trzecia struktura przedstawia cząsteczkę, która jest chiralna.

		Numer zdjęcia	Równanie przebiegającej reakcji
Próba z wodorotlenkiem miedzi(II)	$t = 25^\circ\text{C}$	2	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{HC}-\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array} + \text{Cu}(\text{OH})_2 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{HC}-\text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{O} \\ \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{Cu} \\ \\ \text{OH} \end{array}$ <p>ALBO</p> $\begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{HC}-\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array} + \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{HC}-\text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{O} \end{array} \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{Cu} \\ \\ \text{OH} \end{array} + 2\text{H}_2\text{O}$
	$t = 90^\circ\text{C}$	6	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{HC}-\text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{O} \\ \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{Cu} \\ \\ \text{OH} \end{array} + \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{NaOH} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{COONa} \\ \\ \text{HC}-\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array} + \text{Cu}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$ <p>ALBO</p> $\begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{HC}-\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{COONa} \\ \\ \text{HC}-\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array} + \text{Cu}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$