

**Ćwiczenia laboratoryjne z przedmiotu nauczania:
„Chemia Ogólna i Nieorganiczna”
dla studentów I roku Kierunku Farmacja**

*Instrukcja wykonania ćwiczenia nr 2:
Szybkość reakcji chemicznych a stan równowagi*

Opracowanie:
dr n. farm. Małgorzata Fabijańska

Łódź 2022

Przebieg ćwiczenia

1. Wpływ stężenia substancji reagujących na szybkość reakcji chemicznej

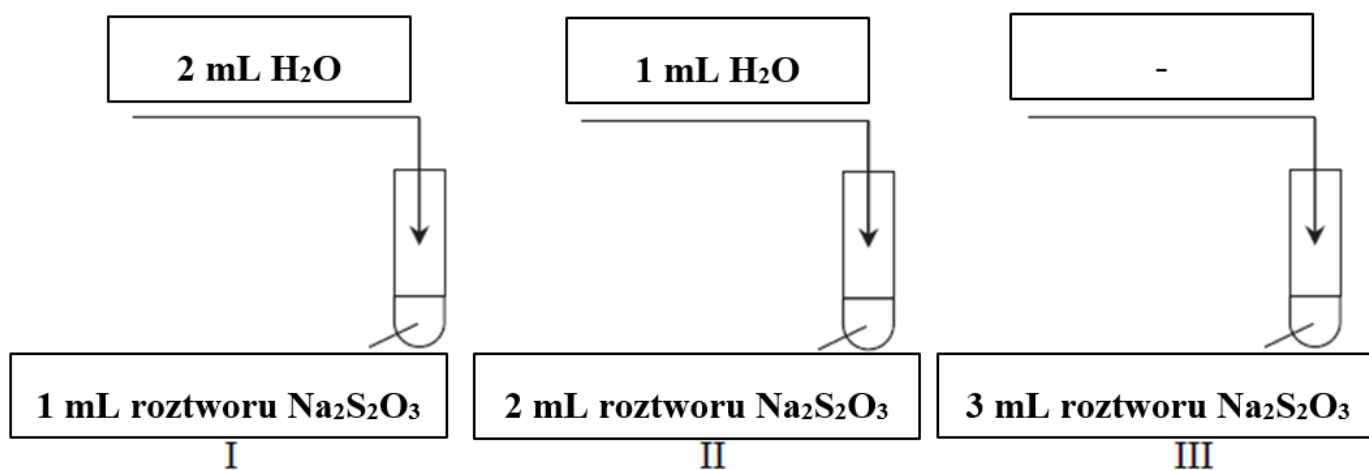
Przebieg każdej reakcji chemicznej można przyspieszyć lub spowolnić zmieniając warunki w jakich ona zachodzi. O szybkości reakcji decydują głównie: stężenia reagentów, temperatura, obecność katalizatorów, środowisko reakcji, fizyczna postać reagentów. Doświadczenie ma na celu zbadanie wpływu stężenia reagentów na zmianę szybkości reakcji chemicznej.

Odczynniki, sprzęt, aparatura

- ✓ Probówka (3 sztuki)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L tiosiarczanu sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L kwasu siarkowego (H_2SO_4)
- ✓ Woda destylowana
- ✓ Cylinder miarowy
- ✓ Stoper

Wykonanie doświadczenia

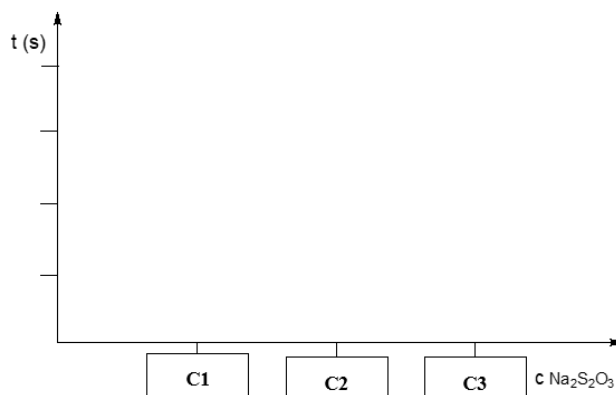
- Przygotować 3 probówki według schematu widocznego na Rysunku 1, tak aby w jednakowych objętościach ($V = 3 \text{ mL}$) otrzymać różne stężenia $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (**I-C1, II-C2, III-C3**).
- Do probówki nr 1 dodać 5 kropli roztworu H_2SO_4 o stężeniu 0,5 mol/L. Zmierzyć czas (w sekundach) do chwili pojawienia się zmętnienia (stoper włączamy po dodaniu ostatniej kropli roztworu kwasu; wyłączamy w chwili zaobserwowania zmętnienia w probówce).
- Czynność wykonać analogicznie dla dwóch kolejnych probówek.
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje. Obliczyć stężenia otrzymanych roztworów. Wyniki pomiarów zanotować w tabeli (tabela 1) w zeszycie.
- Sporządzić w zeszycie laboratoryjnym wykres ilustrujący zależność czasu reakcji (s) od stężenia $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (Rysunek 2). Na osi odciętych odłożyć w odpowiedniej skali stężenia $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, na osi rzędnych czas w sekundach. Za jednostkę przyjąć: a) najmniejsze obliczone stężenie $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ b) najkrótszy czas w sekundach: t (s)
- Jak wpływa zwiększenie stężenia reagentów na szybkość zachodzenia reakcji chemicznej?



Rysunek 1: Schemat doświadczenia 1

Nr próbówki	V [mL] roztworu Na ₂ S ₂ O ₃	V [mL] H ₂ O	Ilość kropli roztworu H ₂ SO ₄	Ogólna obj. (V) [mL] roztworu	Stężenie Na ₂ S ₂ O ₃	t (s)
I	1mL	2 mL	5	3 mL		
II	2 mL	1 mL	5	3 mL		
III	3 mL	-	5	3 mL		

Tabela 1: Wpływ temperatury na szybkość reakcji.



Rysunek 2: Wykres ilustrujący zależność czasu reakcji od stężenia.

2. Wpływ temperatury na szybkość reakcji chemicznej

Doświadczenie ma na celu ocenę zmiany temperatury reagentów jako jednego z czynników wpływających na szybkość zachodzenia reakcji chemicznej.

Odczynniki, sprzęt, aparatura

- ✓ Probówka (6 sztuk)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L tiosiarczanu sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L kwasu siarkowego (H_2SO_4)
- ✓ Woda destylowana
- ✓ Zlewka
- ✓ Cylinder miarowy
- ✓ Termometr
- ✓ Stoper
- ✓ Trójnóg z siatką porcelanową
- ✓ Palnik gazowy
- ✓ Zapałki

Wykonanie doświadczenia

- Do trzech probówek wprowadzić po 2,5 mL roztworu Na₂S₂O₃ o stężeniu 0,5 mol/L (probówki A1, A2, A3), a do trzech innych po 2,5 mL roztworu H₂SO₄ o stężeniu 0,5 mol/L (probówki B1, B2, B3).
- Jedną probówkę z roztworem Na₂S₂O₃ (A1) i jedną probówkę z roztworem H₂SO₄ (B1) wstawić do łaźni wodnej i zmierzyć temperaturę wody w łaźni – pierwszy pomiar wykonać w temperaturze pokojowej (t_1).
- Oba roztwory połączyć i zmierzyć czas do chwili powstania początkowego zmętnienia (od momentu połączenia roztworów do pojawienia się zmętnienia w probówce)
- Włączyć palnik. Pozostałe roztwory (probówki A2, A3 oraz B2 i B3) podgrzać o 10°C. Zmierzyć temperaturę wody w łaźni - będzie to temperatura drugiego pomiaru (t_2).
- Połączyć roztwory z probówek i zmierzyć czas do chwili powstania początkowego zmętnienia.

- Pozostałe roztwory (próbówki A3 i B3) podgrzać o 10°C. Zmierzyć temperaturę wody w łaźni - będzie to temperatura trzeciego pomiaru (t_3).
- Zmieszać roztwory i zmierzyć czas do chwili pojawienia się zmętnienia.
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje. Wyniki pomiaru umieścić w tabeli (Tabela 2) w zeszycie.
- Sporządzić w zeszycie wykres ilustrujący zależność czasu przebiegu reakcji od temperatury (Rysunek 3) przyjmując za jednostki: a) temperatura reagentów; b) czas reakcji w sekundach: t (s)
- Jak wpływa zwiększenie temperatury na szybkość zachodzenia reakcji chemicznej?

	Temp. pomiaru (°C)	Czas reakcji t (s)	Obserwacje
1.	$t_1 =$		
2.	$t_2 =$		
3.	$t_3 =$		

Tabela 2: Wpływ temperatury na szybkość reakcji.



Rysunek 3: Wpływ temperatury na szybkość reakcji.

3. Wpływ wielkości powierzchni zetknięcia reagentów na szybkość reakcji chemicznej

Doświadczenie ma na celu ocenę wpływu wielkości zetknięcia reagentów jako jednego z czynników wpływających na szybkość zachodzenia reakcji chemicznej.

Odczynniki, sprzęt, aparatura

- ✓ Probówka (2 sztuki)
- ✓ Węglan wapnia w postaci stałej (CaCO_3) (2 tabletki)
- ✓ Roztwór kwasu chlorowodorowego (solnego) (HCl)
- ✓ Moździerz
- ✓ Cylinder miarowy, pipeta automatyczna

Wykonanie doświadczenia

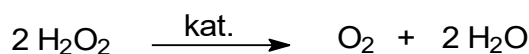
- Przygotowaną tabletkę CaCO_3 umieszczamy w probówce nr 1.
- Drugą tabletkę CaCO_3 rozcieramy w moździerzu na proszek i wsypujemy do probówki nr 2.
- Następnie do obu probówek za pomocą pipety automatycznej dodajemy 2 mL roztworu kwasu solnego.
- Zaobserwować różnicę w szybkość rozpuszczenia się CaCO_3 w obu probówkach.
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje. Napisać jonowo równania reakcji węglanu wapnia z kwasem chlorowodorowym. Jaki wpływ na szybkość reakcji ma wielkość powierzchni zetknięcia reagentów.

4. Wpływ katalizatora na szybkość reakcji chemicznej

Doświadczenie ma na celu określenie wpływu katalizatora jako jednego z czynników wpływających na szybkość zachodzenia reakcji chemicznej.

a. Kataliza dodatnia: homo- i heterogeniczna

Nadtlenek wodoru (H_2O_2) ulega rozkładowi do tlenu i wody pod wpływem katalizatorów, którymi są m.in. sole żelaza(III) lub tlenek manganu (IV). Ogólny przebieg reakcji możemy przedstawić równaniem:



Odczynniki, sprzęt, aparatura

- ✓ Probówka z płaskim dnem (3 sztuki)
- ✓ Woda utleniona (3% H_2O_2)
- ✓ Roztwór chlorku żelaza (III) (FeCl_3)
- ✓ Stały tlenek manganu (IV) (MnO_2)
- ✓ Szpatułka-łyżeczka
- ✓ Cylinder miarowy, pipeta automatyczna
- ✓ Łuczywko
- ✓ Palnik gazowy
- ✓ Zapalki

Wykonanie doświadczenia

- Do trzech suchych probówek wlać po 2 mL wody utlenionej.
- Do probówki nr 1 dodać 2 krople roztworu chlorku żelaza (III), do probówki nr 2 za pomocą szpatułka-łyżeczki wprowadzić kryształek tlenku manganu (IV), probówka nr 3 stanowi układ odniesienia.
- W palniku gazowym rozżarzyć łuczywko, a następnie wprowadzać rozżarzoną część do probówek w taki sposób, aby nie dotykać roztworu w probówce
- Obserwować czy pod wpływem wydzielającego się gazu następuje gaśnięcie łuczywka czy intensywność żarzenia wzrasta.
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje z uwzględnieniem różnic w szybkości reakcji rozkładu nadtlenku wodoru w obecności katalizatora homo- i heterogenicznego.

b. Kataliza ujemna

Odczynniki, sprzęt, aparatura

- ✓ Probówka (2 sztuki)
- ✓ Roztwór 3mol/L kwasu solnego (HCl)
- ✓ Opilki żelaza (Fe^0)
- ✓ Roztwór heksametylenotetraaminy (urotropina)
- ✓ Szpatułka-łyżeczka
- ✓ Cylinder miarowy, pipeta automatyczna

Wykonanie doświadczenia

- Do dwóch probówek wlać po 2 mL kwasu solnego.
- Do probówki nr 1 dodać trzy krople roztworu urotropiny – inhibitor (katalizator ujemny).
- Następnie do obu probówek dodać jednakowe ilości opiółków żelaza.
- Obserwować proces wydzielania się gazu (wodoru) w obu probówkach.

- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje z uwzględnieniem różnic w szybkości reakcji (wydzielania wodoru) w obecności katalizatora.
- Zapisać równania reakcji roztrawiania się żelaza w kwasie chlorowodorowym w formie cząsteczkowej i jonowej.

c. Autokataliza

Autokataliza to katalityczne działanie substratów lub produktów na przebieg reakcji chemicznej. Substancje powodujące autokatalizę nazywamy **autokatalizatorami**. Powstający produkt reakcji działa katalizująco na substraty.

Odczynniki, sprzęt aparatura

- ✓ Probówka (2 sztuki)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L szczawianu amonu $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$
- ✓ Roztwór siarczynu manganu (II) (MnSO_4)
- ✓ Roztwór nadmanganianu potasu (KMnO_4)
- ✓ Roztwór kwasu siarkowego (H_2SO_4)

Wykonanie doświadczenia

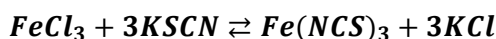
- Do dwóch probówek wlać po 20 kropli 0.5 mol/L roztworu szczawianu amonu i dodać cztery krople roztworu kwasu siarkowego.
- Do probówki nr 1 dodać cztery krople roztworu siarczynu manganu(II)
- Następnie do obu probówek dodać równocześnie po dwie krople roztworu nadmanganianu potasu. Obserwować szybkość znikania fioletowego zabarwienia.
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje, zapisać równania zachodzących reakcji (jonowo i cząsteczkowo).
- W której probówce reakcja przebiega szybciej?
- Co przyspiesza reakcję między szczawianem amonu a nadmanganianem potasu?
- Dlaczego opisane zjawisko nazywamy autokatalizą?

5. Wpływ stężenia reagentów na przesunięcie stanu równowagi chemicznej reakcji

a. Część I

Reakcja chlorku żelaza (III) (FeCl_3) z tiocyjanianem potasu (KSCN) prowadzi do ustalenia stanu równowagi, w którym produktami reakcji są krwistoczerwonej barwy związki/jony kompleksowe (od $\text{Fe}(\text{NCS})^{2+}$ do $\text{Fe}(\text{NCS})_6^{3-}$) w tym m.in. związek $\text{Fe}(\text{NCS})_3$. Doświadczenie ma na celu określenie wpływu stężenia substratów/produktów reakcji na przesunięcie stanu równowagi reakcji.

Ogólny przebieg reakcji:

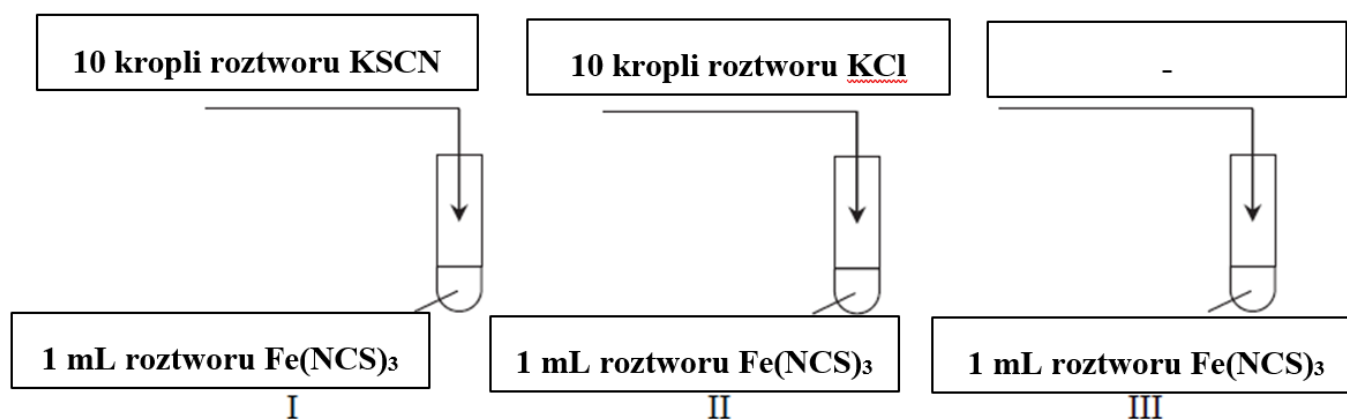


Odczynniki, sprzęt aparatura

- ✓ Probówka (3 sztuki)
- ✓ Roztwór chlorku żelaza (III) (FeCl_3)
- ✓ Roztwór tiocyjanianu potasu (KSCN)
- ✓ Nasycony roztwór chlorku potasu (KCl)
- ✓ Woda destylowana
- ✓ Bagietka szklana
- ✓ Cylinder miarowy, pipeta automatyczna

Wykonanie doświadczenia

- Do cylindra miarowego dodać 2 krople roztworu FeCl_3 i jedną kroplę roztworu KSCN , a następnie uzupełnić wodą destylowaną do objętości 10 mL i wymieszać bagietką.
- Tak przygotowany roztwór wlać po 1 mL do trzech probówek, a następnie dodać:
 - do pierwszej probówki (I) 10 kropli roztworu KSCN
 - do drugiej probówki (II) 10 kropli nasyconego roztworu KCl
 - roztwór w trzeciej probówce (III) stanowi próbę kontrolną
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje. Na podstawie zabarwienia roztworów w probówkach nr I, II i III wyjaśnij wpływ stężenia substratu (KSCN) oraz produktu (KCl) na przesunięcie stanu równowagi reakcji.



Rysunek 4: Schemat doświadczenia 5a.

b. Część II

W wyniku reakcji w roztworze wodnym jony ortoarseninowe w reakcji z jodem tworzą jony ortoarsenianowe, jodkowe i wodorowe. Doświadczenie ma na celu określenie wpływu stężenia jonów wodorowych/wodorotlenowych na przesunięcie stanu równowagi chemicznej reakcji.

Odczynniki, sprzęt aparatura

- ✓ Probówka wysoka, duża
- ✓ Roztwór skrobi
- ✓ Roztwór jodu w jodku potasu (I_2 w KI)
- ✓ Roztwór arseninu sodu (Na_3AsO_3)
- ✓ Roztwór 6 mol/L kwasu solnego (HCl)
- ✓ Roztwór 6 mol/L wodorotlenku sodu (NaOH)

Wykonanie doświadczenia

- Do dużej probówki wlać 5 kropli roztworu skrobi a następnie dodać 5 kropli roztworu jodu. Jakie zabarwienie przyjmuje roztwór?
- Do tej samej probówki dodać 5 kropli roztworu Na_3AsO_3
- Następnie do probówki dodać 5 kropli roztworu HCl . Zanotować zmianę barwy roztworu w probówce.
- Do probówki dodawać ostrożnie roztwór NaOH aż do wyraźnej zmiany zabarwienia roztworu.
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje, zwracając uwagę na zmianę zabarwienia roztworów pod wpływem dodawanych odczynników. Zapisać jonowe równania zachodzących reakcji arseninu z jodem w roztworze wodnym (reakcja redoks) oraz wzór na stałą równowagi reakcji.
- Na podstawie prawa działania mas wyjaśnij kierunek przebiegu reakcji: a) po dodaniu kwasu solnego (jonów H^+); b) po dodaniu wodorotlenku sodu (jonów OH^-)

c. Część III

W roztworach wodnych chromiany mają barwę żółtą, a dichromiany barwę pomarańczową. Doświadczenie ma na celu określenie wpływu stężenia jonów wodorowych/wodorotlenowych na przesunięcie stanu równowagi chemicznej reakcji.

Odczynniki, sprzęt aparatura

- ✓ Probówka
- ✓ Roztwór chromianu potasu (K_2CrO_4)
- ✓ Roztwór 1 mol/L kwasu siarkowego (H_2SO_4)
- ✓ Roztwór 1 mol/L wodorotlenku sodu (NaOH)
- ✓ Pipeta automatyczna

Wykonanie doświadczenia

- Do probówki wlać 1 mL roztworu chromianu potasu. Zanotować barwę roztworu.
- Następnie dodać 2 krople 1 mol/L roztworu kwasu siarkowego. Jak zmieniła się barwa roztworu?
- Do roztworu w probówce dodać 3 krople 1 mol/L roztworu wodorotlenku potasu, delikatnie mieszając.
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje, zwracając uwagę na zmianę zabarwienia roztworów pod wpływem dodawanych odczynników.
- W jakim środowisku trwale są jony chromianowe, a w jakim dichromianowe?
- Zapisać jonowe równania zachodzących reakcji.