

**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

Aktualizacja:  
mgr inż. Monika Kawka-Człapińska

## Przebieg ćwiczenia

### 1. Wpływ stężenia substancji reagujących na szybkość reakcji chemicznej

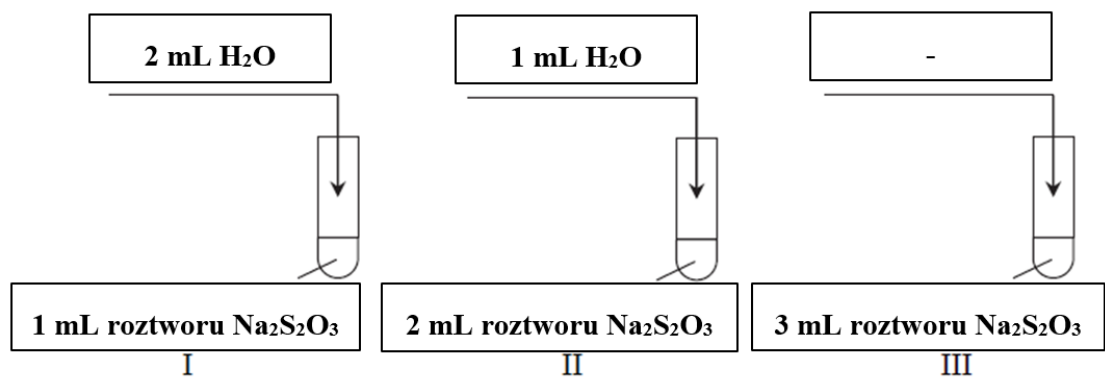
Przebieg każdej reakcji chemicznej można przyspieszyć lub spowolnić zmieniając warunki w jakich ona zachodzi. O szybkości reakcji decydują głównie: stężenia reagentów, temperatura, obecność katalizatorów, środowisko reakcji, fizyczna postać reagentów. Doświadczenie ma na celu zbadanie wpływu stężenia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

#### Odczynniki, sprzęt, aparatura

- ✓ Roztwór 0,5 mol/L tiosiarczanu sodu ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L kwasu siarkowego ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- ✓ Woda destylowana
- ✓ Cylinder miarowy
- ✓ Probówka (3 sztuki)
- ✓ Stoper

#### Wykonanie doświadczenia

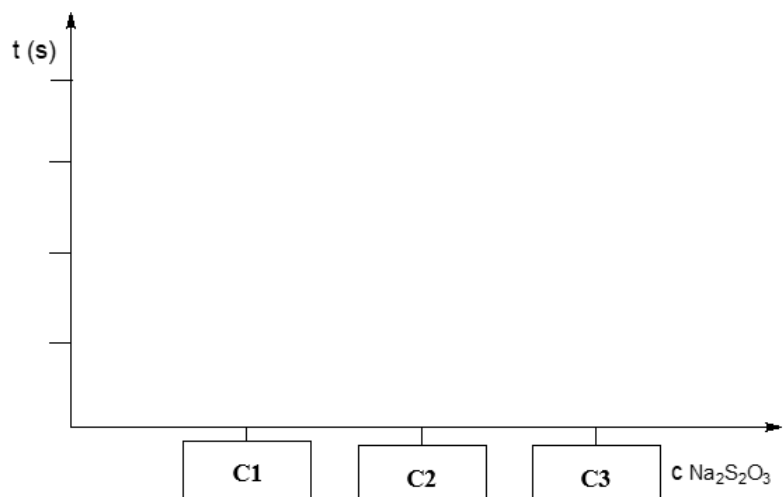
- Ćwiczenie wykonywane w parach – jedna osoba zajmuje się wykonywaniem reakcji, druga – pomiarem czasu.
- Przygotować 3 probówki według schematu widocznego na Rysunku 1, tak aby w jednakowych objętościach ( $V = 3 \text{ mL}$ ) otrzymać różne stężenia  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (**Probówka I - C1, Probówka II - C2, Probówka III - C3**).
- Do probówki I dodać 5 kropli roztworu  $\text{H}_2\text{SO}_4$  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 momencie zaobserwowania zmętnienia w probówce).
- Czynność wykonać analogicznie dla dwóch kolejnych probówek.
- W zeszycie laboratoryjnym uzupełnić tabelę 1 wpisując obliczone stężenia roztworów i otrzymane wyniki pomiarów. Napisać równanie reakcji w postaci jonowej.
- 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)
- **Sformułuj wniosek: Jak wpływa zwiększenie stężenia reagentów na szybkość zachodzenia reakcji chemicznej?**



Rysunek 1: Schemat doświadczenia 1.

| Nr probówki | V [mL]<br>roztworu Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | V [mL]<br>H <sub>2</sub> O | Ilość kropli<br>roztworu H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Ogólna obj. (V) [mL]<br>roztworu | Stężenie Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | t (s) |
|-------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|
| I           | 1 mL                                                             | 2 mL                       | 5                                                       | 3 mL                             |                                                        |       |
| II          | 2 mL                                                             | 1 mL                       | 5                                                       | 3 mL                             |                                                        |       |
| III         | 3 mL                                                             | -                          | 5                                                       | 3 mL                             |                                                        |       |

Tabela 1: Wpływ stężenia reagentów 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

- ✓ Roztwór 0,5 mol/L tiosiarczanu sodu ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L kwasu siarkowego ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- ✓ Woda destylowana
- ✓ Cylinder miarowy
- ✓ Probówka - duża, wysoka (6 sztuk)
- ✓ Palnik gazowy
- ✓ Stoper
- ✓ Termometr
- ✓ Trójnóg z siatką porcelanową
- ✓ Zapałki
- ✓ Zlewka

### Wykonanie doświadczenia

- Ćwiczenie wykonywane w parach – jedna osoba zajmuje się wykonywaniem reakcji, druga – pomiarem czasu.
- Do trzech wysokich probówek wprowadzić po 2,5 mL roztworu  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  o stężeniu 0,5 mol/L (probówki A1, A2, A3), a do trzech kolejnych po 2,5 mL roztworu  $\text{H}_2\text{SO}_4$  o stężeniu 0,5 mol/L (probówki B1, B2, B3).
- Jedną probówkę z roztworem  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (A1) i jedną probówkę z roztworem  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (B1) wstawić do łaźni wodnej i zmierzyć temperaturę wody w łaźni. Odczyt temperatury wody destylowanej pozwoli ustalić dokładną wartość temperatury 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  $10^\circ\text{C}$  w stosunku do temperatury wyjściowej  $t_1$ . Zmierzyć temperaturę wody w łaźni - będzie to temperatura drugiego pomiaru ( $t_2$ ). Usunąć palnik spod siatki porcelanowej
- Połączyć roztwory z probówek A2 i B2 i zmierzyć czas do chwili powstania początkowego zmętnienia.
- Wsunąć palnik pod siatkę ponownie.
- Pozostałe roztwory (probówki A3 i B3) podgrzać o kolejne  $10^\circ\text{C}$  względem temperatury wyjściowej  $t_2$ . Zmierzyć temperaturę wody w łaźni - będzie to temperatura trzeciego pomiaru ( $t_3$ ). Wyłączyć palnik.
- Zmieszać roztwory i zmierzyć czas do chwili pojawienia się zmętnienia.
- W zeszycie laboratoryjnym w tabeli (Tabela 2) zanotować wyniki pomiarów i obserwacje.
- 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)
- **Sformułuj wniosek: Jak wpływa zwiększenie temperatury na szybkość zachodzenia reakcji chemicznej?**

|    | Temp. pomiaru (°C) | Czas reakcji t (s) | Obserwacje |
|----|--------------------|--------------------|------------|
| 1. | t <sub>1</sub> =   |                    |            |
| 2. | t <sub>2</sub> =   |                    |            |
| 3. | t <sub>3</sub> =   |                    |            |

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 powierzchni zetknięcia reagentów na szybkość zachodzenia reakcji chemicznej.

#### Odczynniki, sprzęt, aparatura

- ✓ Roztwór 6 mol/L kwasu chlorowodorowego (solnego) (Ⓔ HCl)
- ✓ Węglan wapnia w postaci stałej (Ⓔ CaCO<sub>3</sub>) (2 tabletki)
- ✓ Cylinder miarowy
- ✓ Moździerz
- ✓ Probówka (2 sztuki)

#### Wykonanie doświadczenia

- Przygotowaną tabletkę CaCO<sub>3</sub> umieszczamy w probówce nr 1.
- Drugą tabletkę CaCO<sub>3</sub> rozcieramy w moździerzu na proszek i wsypujemy do probówki nr 2.
- Następnie do obu probówek za pomocą cylindra miarowego dodajemy 2 mL roztworu kwasu solnego.
- Zaobserwować różnicę w szybkość rozpuszczenia się CaCO<sub>3</sub> w obu probówkach.
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować obserwacje po dodaniu kwasu solnego. Napisać jonowo równania reakcji węglanu wapnia z kwasem chlorowodorowym.
- **Sformułuj wniosek: Jaki wpływ na szybkość reakcji ma wielkość powierzchni zetknięcia reagentów?**

#### 4. Wpływ katalizatora na szybkość reakcji chemicznej

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

##### a. Kataliza dodatnia: homo- i heterogeniczna

Nadtlenek wodoru ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 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

- ✓ Woda utleniona (3%  $\text{H}_2\text{O}_2$ )
- ✓ Roztwór chlorku żelaza(III) ( $\text{FeCl}_3$ )
- ✓ Stały tlenek manganu(IV) ( $\text{MnO}_2$ )
- ✓ Cylinder miarowy
- ✓ Łuczywko drewniane
- ✓ Probówka z płaskim dnem (3 sztuki)
- ✓ Palnik gazowy
- ✓ Szpatułka-łyżeczka
- ✓ Zapałki

##### Wykonanie doświadczenia

- Do trzech suchych probówek wlać po 2 mL wody utlenionej za pomocą cylindra miarowego.
- Do probówki nr 1 dodać 2 krople roztworu chlorku żelaza(III), do probówki nr 2 za pomocą szpatułka-łyżeczki wsypać niewielką porcję 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 w tabeli 3 wykonywane czynności i obserwacje z uwzględnieniem różnic w szybkości reakcji rozkładu nadtlenku wodoru w obecności katalizatora homo- i heterogenicznego.
- **Sformułuj wniosek: Jaki jest wpływ katalizatora na przebieg reakcji?**

| Nr probówki | Zawartość                   | Dodany odczynnik         | Obserwacje po dodaniu odczynnika | Podtrzymanie palenia łuczywka |
|-------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 1           | 2 mL $\text{H}_2\text{O}_2$ | 2 krople $\text{FeCl}_3$ |                                  |                               |
| 2           |                             | Stały $\text{MnO}_2$     |                                  |                               |
| 3           |                             | Brak                     |                                  |                               |

Tabela 3: Wpływ katalizatora na szybkość reakcji

## b. 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

- ✓ Roztwór 0,5 mol/L szczawianu amonu  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$
- ✓ Roztwór siarczanu manganu(II) ( $\text{MnSO}_4$ )
- ✓ Roztwór nadmanganianu potasu ( $\text{KMnO}_4$ )
- ✓ Roztwór 1,5 mol/L kwasu siarkowego ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- ✓ Probówka (2 sztuki)

### Wykonanie doświadczenia

- Do dwóch probówek wlać po 20 kropli 0,5 mol/L roztworu szczawianu amonu i dodać cztery krople roztworu kwasu siarkowego o stężeniu **1,5 mol/L**.
- Do probówki nr 1 dodać cztery krople roztworu siarczanu manganu(II)
- Następnie do obu probówek dodać równocześnie po dwie krople roztworu nadmanganianu potasu. Obserwować szybkość znikania fioletowego zabarwienia.
- W zeszycie laboratoryjnym w tabeli 4 zanotować wykonywane czynności i obserwacje oraz zapisać równania zachodzących reakcji (jonowo i cząsteczkowo).
- **Sformułuj wniosek: Co przyspiesza reakcję między szczawianem amonu a nadmanganianem potasu? Dlaczego opisane zjawisko nazywamy autokatalizą?**

| Numer probówki | Zawartość probówki | Przybliżony czas odbarwienia się roztworu nadmanganianu |
|----------------|--------------------|---------------------------------------------------------|
| 1              |                    |                                                         |
| 2              |                    |                                                         |

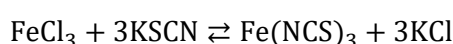
Tabela 4: Autokataliza

## 5. Wpływ stężenia reagentów na przesunięcie stanu równowagi chemicznej reakcji

### a. Doświadczenie I

Reakcja chlorku żelaza(III) ( $\text{FeCl}_3$ ) z tiocyjanianem potasu ( $\text{KSCN}$ ) 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:

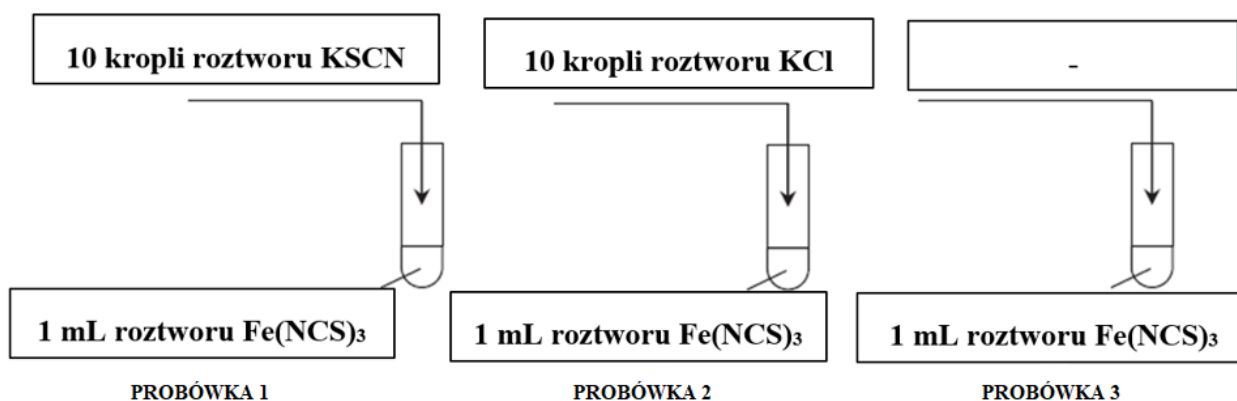


### Odczynniki, sprzęt aparatura

- ✓ Roztwór chlorku żelaza(III) ( $\text{FeCl}_3$ )
- ✓ Roztwór tiocyjanianu potasu (KSCN)
- ✓ Nasycony roztwór chlorku potasu ( $\text{KCl}$ )
- ✓ Woda destylowana
- ✓ Bagietka szklana
- ✓ Cylinder miarowy, pipeta automatyczna
- ✓ Probówka (3 sztuki)

### Wykonanie doświadczenia

- Do cylindra miarowego dodać 2 krople roztworu  $\text{FeCl}_3$  i jedną kroplę roztworu KSCN, a następnie uzupełnić wodą destylowaną do objętości 10 mL i wymieszać bagietką.
- Z tak przygotowanego roztworu odmierzyć pipetą automatyczną po 1 mL do trzech podpisanych probówek, a następnie dodać:
  - do probówki nr 1: 10 kropli roztworu KSCN
  - do probówki nr 2: 10 kropli nasyconego roztworu KCl
  - roztwór w probówce nr 3 stanowi próbę kontrolną
- W zeszycie laboratoryjnym w tabeli 5 zanotować wykonywane czynności i obserwacje.
- **Sformułuj wniosek:** Na podstawie zabarwienia roztworów w probówkach nr 1, 2 i 3 wyjaśnij wpływ stężenia substratu (KSCN) oraz produktu (KCl) na przesunięcie stanu równowagi reakcji. W którą stronę przesuwa się równowaga reakcji po dodaniu a) substratu, b) produktu?



Rysunek 4: Schemat doświadczenia 5a.

| Numer probówki | Kolor roztworu | Dodany odczynnik | Kolor roztworu po dodaniu odczynnika |
|----------------|----------------|------------------|--------------------------------------|
| 1              |                | KSCN             |                                      |
| 2              |                | KCl              |                                      |
| 3              |                | Brak             |                                      |

Tabela 5: Wpływ stężenia reagentów na przesunięcie stanu równowagi reakcji



## b. Doświadczenie II

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 reakcji chemicznej.

### Odczynniki, sprzęt aparatura

- ✓ Roztwór chromianu potasu ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ )
- ✓ Roztwór 1 mol/L kwasu siarkowego ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- ✓ Roztwór 1 mol/L wodorotlenku potasu ( $\text{KOH}$ )
- ✓ Probówka
- ✓ Pipeta automatyczna

### Wykonanie doświadczenia

- Za pomocą pipety automatycznej odmierzyć do probówki 1 mL roztworu chromianu potasu. Zanotować barwę roztworu.
- Następnie dodać 2 krople 1 mol/L roztworu kwasu siarkowego i zamieszać. Zanotować barwę roztworu.
- Do roztworu w probówce dodać 3 krople 1 mol/L roztworu wodorotlenku potasu, a następnie zamieszać. Zanotować barwę roztworu.
- W zeszycie laboratoryjnym w tabeli 6 zanotować wykonywane czynności i obserwacje, zwracając uwagę na zmianę zabarwienia roztworów pod wpływem dodawanych odczynników. Zapisz jonowe równania zachodzących reakcji.
- **Sformułuj wniosek: W jakim środowisku trwale są jony chromianowe, a w jakim - dichromianowe?**

| Roztwór                           | Barwa roztworu | Dodany odczynnik        | Barwa roztworu po dodaniu odczynnika | Równanie reakcji |
|-----------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------------------|------------------|
| $\text{K}_2\text{CrO}_4$          |                | $\text{H}_2\text{SO}_4$ |                                      |                  |
| $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ |                | $\text{KOH}$            |                                      |                  |

Tabela 6: Wpływ pH na przesunięcie stanu równowagi reakcji

## ZADANIE DODATKOWE, nieobowiązkowe:

### *c. Doświadczenie III Wpływ stężenia reagentów na przesunięcie stanu równowagi chemicznej reakcji*

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*

- ✓ Roztwór skrobi
- ✓ Roztwór jodu w jodku potasu ( $\text{I}_2$  w KI)
- ✓ Roztwór arseninu sodu ( $\text{Na}_3\text{AsO}_3$ )
- ✓ Roztwór 6 mol/L kwasu solnego ( $\text{HCl}$ )
- ✓ Roztwór 6 mol/L wodorotlenku sodu ( $\text{NaOH}$ )
- ✓ Probówka wysoka, duża

#### *Wykonanie doświadczenia*

- Do dużej probówki wlać 5 kropli roztworu skrobi, a następnie dodać 5 kropli roztworu jodu. Jakiego zabarwienia przyjmuje roztwór?
- Do tej samej probówki dodać 5 kropli roztworu  $\text{Na}_3\text{AsO}_3$
- Następnie do probówki dodać 5 kropli roztworu  $\text{HCl}$ . Zanotować zmianę barwy roztworu w probówce.
- Do probówki dodawać ostrożnie roztwór  $\text{NaOH}$ , aż do wyraźnej zmiany zabarwienia roztworu.
- W zeszycie laboratoryjnym w tabeli 7 zanotować wykonywane czynności i obserwacje. Zapisz jonowe równania zachodzących reakcji arseninu z jodem w roztworze wodnym (reakcja redoks) oraz równanie na stałą równowagi reakcji.
- **Sformułuj wniosek: Na podstawie prawa działania mas i w oparciu o stałą równowagi reakcji wyjaśnij kierunek przebiegu reakcji i wytłumacz towarzyszące temu zmiany zabarwienia roztworów.:**
  - po dodaniu kwasu solnego - jonów  $\text{H}_3\text{O}^+$
  - po dodaniu wodorotlenku sodu - jonów  $\text{OH}^-$

| Dodany odczynnik                            | $\text{I}_2$ | $\text{Na}_3\text{AsO}_3$ | $\text{HCl}$ | $\text{NaOH}$ |
|---------------------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------|
| Barwa roztworu skrobi po dodaniu odczynnika |              |                           |              |               |

Tabela 7: Wpływ stężenia reagentów na przesunięcie stanu równowagi chemicznej reakcji