



## Wpływ stężenia reagentów na stan równowagi

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## Wpływ stężenia reagentów na stan równowagi

Zawody z przeciągania liny pojawiły się jako dyscyplina olimpijska na początku XX w. Podczas rywalizacji dwie drużyny, z taką samą liczbą osób, sprawdzają swoją siłę, próbując przeciągnąć linę na swoją stronę.

Źródło: dostępny w internecie: [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com), domena publiczna.

Jak sądzisz, która drużyna wygrałaby, gdyby jednak ilość zawodników w obu grupach znacząco się różniła? Kto osiągnąłby przewagę? Na pewno zespół silniejszy. Czy w przypadku reakcji chemicznych obowiązuje ta sama reguła, co w przypadku rywalizacji z liną? Czy wiesz, jak dodatek jednego z reagentów wpływa na położenie stanu równowagi reakcji?

### Twoje cele

- Posłużysz się regułą przekory w sytuacji zmiany stężenia reagentów.
- Określisz sposoby zwiększenia wydajności produktu.
- Obliczysz stężenia reagentów w stanie równowagi reakcji.

# Przeczytaj

---

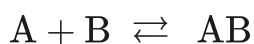
## Reguła przekory a stężenie reagenta

Jednym z wyzwań przemysłu chemicznego jest osiągnięcie wysokiej **wydajności produktów**.

W związku z tym, zadaniem chemików jest manipulowanie warunkami reakcji w taki sposób, aby równowaga reakcji była przesunięta w stronę tworzenia produktów. Do tego celu wykorzystywana jest reguła przekory, a jednym z czynników, który ułatwia powstawanie produktów, jest zmiana stężenia reagentów reakcji.

## Czy manipulowanie stężeniem reagentów zawsze zwiększa wydajność reakcji?

Założmy, że zachodzi reakcja odwracalna substancji A z substancją B, w wyniku której powstaje związek AB:



W **stanie równowagi** wyrażenie na stałą równowagi ( $K_c$ ) przyjmuje postać:

$$K_C = \frac{[AB]}{[A] \cdot [B]}$$

#### legenda:

- stężenie związku AB w stanie równowagi
- stężenie substancji A w stanie równowagi
- stężenie substancji B w stanie równowagi

Wzór na stałą równowagi

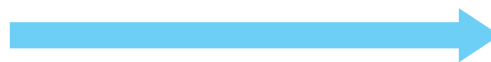
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Zmiana położenia stanu równowagi powyższej reakcji może nastąpić poprzez:

#### Wzrost stężenia substratów

W procesach przemysłowych lepszą wydajność produktu można osiągnąć przez użycie większej ilości jednego z substratów (zazwyczaj tańszego). Gdy **zwiększymy stężenie składnika A** równowaga reakcji zostanie zakłócona. Układ reakcyjny będzie dążył do zmniejszenia stężenia składnika A, tak aby osiągnąć nowy stan równowagi. W rezultacie składnik A przereaguje ze składnikiem B, tworząc produkt AB, którego stężenie w nowym stanie równowagi będzie większe niż w wyjściowym. Rozważając równanie reakcji między substratami, można powiedzieć, że **położenie równowagi przesunęło się** w stronę produktów (**w prawo**). W tym przypadku wydajność tworzenia produktu rośnie. Identyczny efekt uzyskamy po zwiększeniu stężenia składnika B.

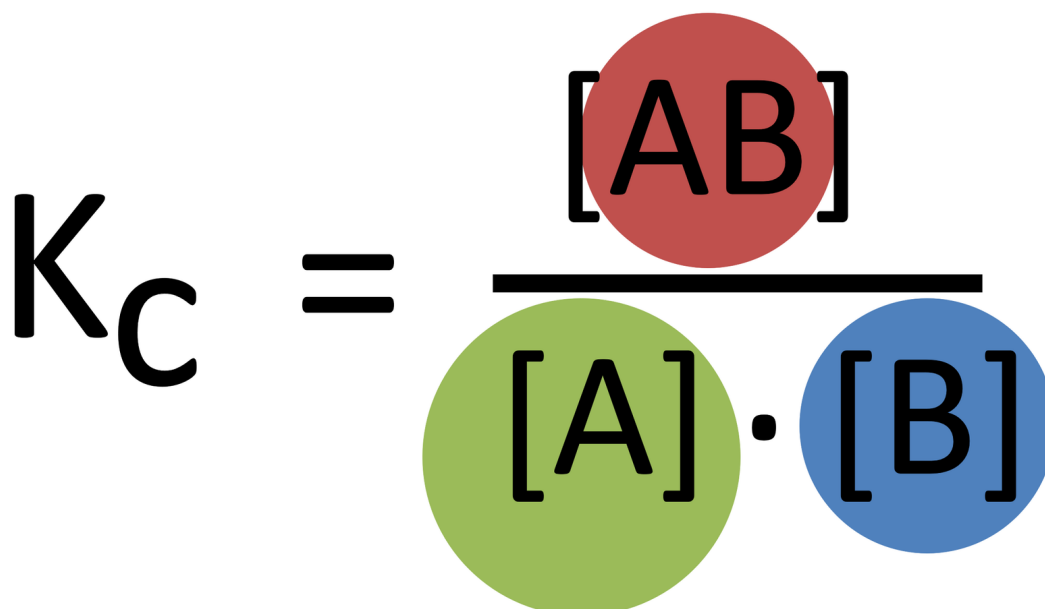
stężenie



położenie stanu równowagi

Schmat ukazujący wzrost stężenia substratu A

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.



Wartość  $K_c$  jest stała (w danej temperaturze). Wzrost stężenia substratu A powoduje wzrost wartości mianownika w wyrażeniu na stałą równowagi. Aby ułamek znowu przyjął wartość  $K_c$ , musi wzrosnąć licznik, albo zmniejszyć się mianownik. Nastąpi to w wyniku przetwarzania substratów w produkty.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Spadek stężenia substratów

Wzrost stężenia produktów

Spadek stężenia produktów

### Już wiesz

Reguła przekory Le Chateliera-Brauna jest przydatnym przewodnikiem do identyfikacji tego, co dzieje się z układem podczas zmian warunków reakcji, będącej w stanie równowagi.

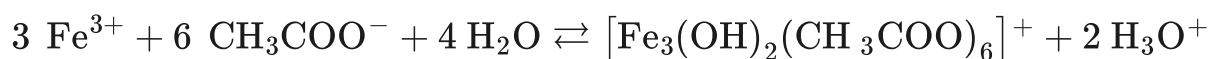
Jak pokazują powyższe przypadki, położenie stanu równowagi można przesuwac „w lewo” lub „w prawo”. Kiedy równowaga reakcji zostaje zaburzona, zainicjowane przemiany trwają tak długo, dopóki nie ustali się „nowy” stan równowagi, a szybkość reakcji, która biegnie w przeciwnych kierunkach, osiągnie tę samą wartość.

### Ważne!

Równowaga, osiągnięta przez układ, ustala się przy nowych stężeniach. Co istotne, wartość stałej równowagi  $K_c$  (w stałej temperaturze) nie ulega zmianie.

### Polecenie 1

Uzupełnij tabelę, obrazującą wpływ stężenia reagentów na stan równowagi reakcji opisanej równaniem:



## Słownik

### reakcja odwracalna

reakcja, która może zachodzić w obu kierunkach (w kierunku produktów lub substratów), celem osiągnięcia stanu równowagi

### równowaga reakcji

stan, w którym procesy biegnące w przeciwnym kierunku (w reakcjach odwracalnych) zachodzą z tą samą szybkością

### stała równowagi

stosunek iloczynu równowagowych stężeń produktów do iloczynu równowagowych stężeń substratów; jej wartość jest charakterystyczna dla danej reakcji i zmienia się wraz z temperaturą; oznaczana symbolem  $K_c$

### wydajność teoretyczna

ilość produktów, które można otrzymać, zakładając, że reakcja przebiega w sposób ilościowy, a jeden z substratów przereagował całkowicie

## Bibliografia

Encyklopedia PWN

Hejwowska S., Marcinkowski R., Staluszka J., *Chemia 3. Równowagi i procesy jonowe*, Gdynia 2006.

Kaznowski K., Pazdro K., *Chemia. Podręcznik dla liceów i techników. Część 1. Zakres rozszerzony*, Warszawa 2019.

Litwin M., Styka-Wlaziło Sz., Szymońska J., *To jest chemia 1*, Warszawa 2013.

Pazdro K. M., Rola-Naworyta A., *Akademicki zbiór zadań z chemii ogólnej*, Warszawa 2013.

Sienko M. J., Plane R. A., *Chemia. Podstawy i zastosowania*, Warszawa 1999.

# Film samouczek

---

## Polecenie 1

Czy wiesz, w którą stronę przesunie się położenie stanu równowagi chemicznej reakcji, jeśli zostanie zwiększone stężenie jednego z reagentów? Zapoznaj się z filmem samouczkiem. Przeanalizuj, jak rozwiązać przykładowe zadania związane z tematem lekcji, a następnie wykonaj ćwiczenia testowe zamieszczone pod filmem.

## Wystąpił błąd

**Wpływ stężenia reagentów na stan równowagi reakcji chemicznej**

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DJUTcfNLK>

Film samouczek pt. „Wpływ stężenia reagentów na stan równowagi”

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Film nawiązujący do treści materiału - dotyczy stężenia reagentów i jego wpływu na stan równowagi reakcji.

---

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

Ćwiczenie 3

Ćwiczenie 4

Ćwiczenie 5

Ćwiczenie 6

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Wybierz poprawne dokończenia poniższego zdania.

Wysoką wydajność otrzymywania produktów można otrzymać poprzez:

- utrzymywanie stałej temperatury reakcji bez względu na fakt, czy w reakcji wydzielą się ciepło, czy nie.
- dodanie substratu.
- usunięcie części produktu z układu reakcyjnego.
- dodanie katalizatora reakcji.

## Ćwiczenie 2



Korzystając z reguły przekory, wskaż, który z czynników może wpłynąć na przesunięcie równowagi reakcji w prawo.

Równanie reakcji:

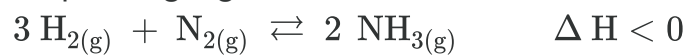


- dodanie substratu A
- dodanie produktu C
- dodanie produktu D
- usunięcie substratu B

### Ćwiczenie 3



Reakcja syntezy amoniaku przebiega zgodnie z równaniem:



Połącz fragmenty zdania w pary.

Jeśli stężenie  $\text{H}_2$  zmaleje, to wydajność procesu

zmaleje.

Równowaga reakcji przesunie się w lewo, gdy stężenie amoniaku

wzrośnie.

## Ćwiczenie 4



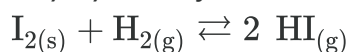
W tabeli podano zestaw równań reakcji chemicznych i opis działań. Oceń prawdziwość zdań.

Reakcja	Działanie	Prawda	Falsz
$\text{HCHO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$	Wprowadzenie do układu substancji silnie higroskopijnej spowoduje przesunięcie równowagi reakcji w stronę tworzenia $\text{CO}_2$ .	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
$\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)} \rightleftharpoons \text{NH}_{3(g)} + \text{HCl}_{(g)}$	Usunięcie $\text{HCl}$ z układu reakcyjnego nie poprawi wydajności reakcji.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
$\text{N}_2\text{O}_{4(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_{2(g)}$	Kiedy zwiększamy stężenie $\text{NO}_2$ , wówczas układ będzie próbował przetworzyć nadmiar ponownie w substraty.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
$4 \text{HCl} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$	Wydajność procesu spadnie, gdy dostęp tlenu zostanie ograniczony.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Ćwiczenie 5



Zapoznaj się z równaniem reakcji otrzymywania jodowodoru (HI), a następnie uzupełnij tekst.



W układzie, znajdującym się w , stężenie jodu . Układ dążył do odtworzenia poprzedniej ilości tego reagenta. Tym samym nastąpił rozpad HI na substraty, a położenie równowagi reakcji przesunęło się . Jednocześnie wydajność procesu tworzenia produktów .





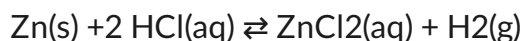




## Ćwiczenie 6



Wstaw odpowiednie słowa w puste pola. W tabeli zaznaczono strzałkami kierunek zmian równowagi reakcji pod wpływem określonych parametrów. Określ, jak zmienić reagent (dodać, usunąć), aby zaprezentowana reakcja chemiczna biegła zgodnie z kierunkiem wskazanym przez strzałki.



Przesunięcie położenia równowagi (kierunek), Sposób zmiany, →, ←, ←, →

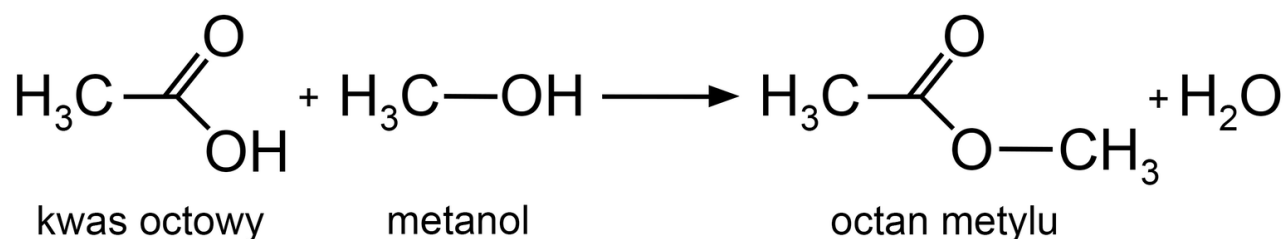
Reagent	Zn	HCl
ZnCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	
Przesunięcie położenia równowagi (kierunek)	→	←
←	→	
Sposób zmiany		

## Ćwiczenie 7



Estryfikacja kwasu karboksylowego z alkoholem, w obecności kwasu (np. kwasu siarkowego(VI)), nazywana jest estryfikacją Fischera. W trakcie trwania procesu wykonywana jest destylacja (rozdzielanie ciekłej mieszaniny wieloskładnikowej), przebiegająca na skutek odparowania i skraplania składników. W jej wyniku, z układu reakcyjnego usuwany jest ester lub woda, albo oba naraz.

Przykład reakcji estryfikacji prezentuje poniższe równanie reakcji.



Równanie reakcji

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Zastanów się, w którą stronę przesunie się równowaga reakcji (w lewo czy prawo) podczas destylacji. Jak przebiegałby proces estryfikacji, gdyby w układzie, w trakcie biegu reakcji, zmniejszyło się stężenie alkoholu?

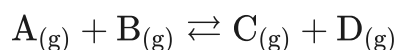
---

**Odpowiedź:**

## Ćwiczenie 8



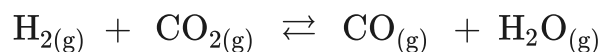
Jeżeli w zamkniętym reaktorze o stałej objętości zostanie przeprowadzona reakcja chemiczna, w której bierze udział po jednym molu substratów A oraz B, to po pewnym czasie ustali się stan równowagi chemicznej.



Wówczas liczbę moli reagentów na różnych etapach reakcji można obliczyć, korzystając z zależności zamieszczonych w tabeli poniżej.

Reagent	liczba moli początkowych $n_0$ [mol]	liczba moli zużytych w reakcji $x$ [mol]	liczba moli w stanie równowagi $n_R$ [mol]
A	1	$x$	$1-x$
B	1	$x$	$1-x$
C	0	$x$	$x$
D	0	$x$	$x$

Reakcja tlenku węgla(IV) z wodorem w fazie gazowej przebiega zgodnie z równaniem:



W zamkniętym reaktorze, o objętości  $1 \text{ dm}^3$ , zmieszano ze sobą 3 mole  $H_2$  i 4 mole  $CO_2$ . Stan równowagi ustalił się, gdy powstały 2 mole każdego z produktów. Temperatura w układzie

była stała.

Oblicz stężenia wodoru i tlenku węgla(IV) po ustaleniu się stanu równowagi.

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz zajęć

**Autor:** Agata Jarszak-Tyl, Krzysztof Błaszczak

**Przedmiot:** chemia

**Temat:** Wpływ stężenia reagentów na stan równowagi

**Grupa odbiorcza:** III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie rozszerzonym

## Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Uczeń:

9) wymienia czynniki, które wpływają na stan równowagi reakcji; wyjaśnia, dlaczego obecność katalizatora nie wpływa na wydajność przemiany; stosuje regułę Le Chateliera-Brauna (regułę przekory) do jakościowego określenia wpływu zmian temperatury, stężenia reagentów i ciśnienia na układ pozostający w stanie równowagi dynamicznej;

## Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

## Cele operacyjne:

### Uczeń:

- posługuje się regułą przekory w sytuacji zmiany stężenia reagentów;
- określa sposoby zwiększenia wydajności produktu;
- oblicza stężenia reagentów w stanie równowagi reakcji;
- przeprowadza doświadczenie podczas, którego sprawdza jak na stan równowagi reakcji w roztworze wpływa zmiana stężenia reagentów.

## Strategie nauczania:

- asocjacyjna;

- problemowa.

### **Metody i techniki nauczania:**

- metoda odwróconej lekcji;
- burza mózgów;
- pogadanka;
- eksperyment uczniowski;
- dyskusja dydaktyczna;
- analiza tekstu źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika gadająca ściana;
- film samouczek;
- technika zdań podsumowujących.

### **Formy pracy:**

- praca zbiorowa;
- praca w grupach;
- praca w parach;
- praca indywidualna.

### **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu/smartfony, tablety;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- rzutnik multimedialny;
- tablica interaktywna/tablica i kreda;
- podręcznik;
- aplikacja Mentimeter.

### **Przed lekcją:**

1. Metoda lekcji odwróconej – uczniowie pracują samodzielnie w domu (według wcześniejszych instrukcji nauczyciela) – na podstawie dostępnych źródeł informacji, w tym treści e-materiału, przygotowują się do pogadanki na temat reguły przekory i szukają odpowiedzi na pytanie: jaki wpływ, na położenie stanu równowagi, mają stężenia reagentów?

### **Przebieg zajęć**

#### **Faza wstępna:**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wyświetla okładkę e-materiału, na której przedstawiony jest rywalizacja podczas przeciągania liny, po czym zadaje uczniom

pytanie: „Jak sądzisz, która drużyna wygrałaby, gdyby ilość osób w obu drużynach znacząco się różniła? Która drużyna osiągnęłaby przewagę”? Uczniowie dyskutują razem z nauczycielem. Nauczyciel zadaje kolejne pytania: „Czy w przypadku reakcji chemicznych obowiązuje ta sama reguła, co w przypadku rywalizacji z liną? Czy wiesz jak dodatek jednego z reagentów wpływa na położenie stanu równowagi reakcji”?

2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół wyrażenia „stężenie reagentów a stan równowagi chemicznej”. Nauczyciel może wykorzystać aplikację Mentimeter z wykorzystaniem tabletów/smartfonów.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji.
4. Zasady BHP. Nauczyciel zapoznaje uczniów z kartami charakterystyk substancji, jakie zostaną użyte w czasie lekcji.

### **Faza realizacyjna:**

1. Pogadanka na temat reguły przekory i czynników wpływających na przesunięcie stanu równowagi.
2. Uczniowie w medium bazowym e -materiału oglądają w parach film „Wpływ stężenia reagentów na stan równowagi”, po czym wykonują polecenia i odpowiadają na pytania. Nauczyciel wyjaśnia ewentualnie niezrozumiałe kwestie.
3. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy, rozdaje karty pracy z instrukcją doświadczenia nr 1 oraz potrzebny sprzęt i szkło laboratoryjne oraz odczynniki chemiczne. Uczniowie formułują problem badawczy, stawiają hipotezę, określają zmienne i zapisują w kartach pracy, a następnie przechodzą do wykonania doświadczenia. Nauczyciel monitoruje przebieg pracy uczniów. Uczniowie obserwują zmiany, ustalają wnioski i zapisują całość w kartach pracy. Liderzy grup prezentują wyniki pracy grupy z zastosowaniem techniki gadająca ściana. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną wypowiedzi uczniów.
4. Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej polecenie nr 1 z części „Przeczytaj” e-materiału. Zadaniem uczniów jest uzupełnienie tabeli. Chętni lub wskazani uczniowie podają wstawione wyrażenia. Nauczyciel weryfikuje poprawność rozwiązania polecenia.
5. Uczniowie sprawdzają swoją wiedzę wykonując ćwiczenia w e-materiale – sprawdź się.

### **Faza podsumowująca:**

1. Sprawdzając wiedzę uczniów, nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia:
  - Wysoką wydajność otrzymywania produktów można otrzymać poprzez...
  - Stała równowagi to...
  - Zmiana położenia stanu równowagi reakcji odwracalnej może nastąpić poprzez...
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:

- Przypomniałem/łam sobie, że...
- Co było dla mnie łatwe...
- Czego się nauczyłem/łam...
- Co sprawiało mi trudności...

### **Praca domowa:**

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia zawarte w e-materiale – sprawdź się.

### **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:**

Film samouczek może być wykorzystany przez uczniów podczas rozwiązywania ćwiczeń zawartych w e-materiale oraz podczas przygotowywania się do zajęć czy też do sprawdzianu.

### **Materiały pomocnicze:**

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Wysoką wydajność otrzymywania produktów można otrzymać poprzez...
- Stała równowagi to...
- Zmiana położenia stanu równowagi reakcji odwracalnej może nastąpić poprzez...

2. Karty charakterystyk substancji.

3. Wskazówki metodyczne do doświadczenia 1:

**Szkło i sprzęt laboratoryjny:** statyw z probówkami, zlewka o poj. 250 cm<sup>3</sup>, pipety, tryskawka, łyżeczka.

**Odczynniki chemiczne:** 1M roztwór chlorku żelaza(III) (FeCl<sub>3</sub>), 1M roztwór rodanku amonu (NH<sub>4</sub>SCN), stały fluorek sodu (NaF), tryskawka z wodą destylowaną.

### **Instrukcja:**

- Do dwóch probówek (1-2) wprowadzić jedną kroplę 1M roztworu chlorku żelaza(III). Następnie do każdej dodać dwie krople 1M roztworu rodanku amonu. Obserwuj zmiany (zabarwienie roztworu).
- Do probówek nr 1-2 dodawaj kroplami wodę destylowaną. Obserwuj zmiany (zabarwienie roztworu).
- Do probówki nr 1 dodawaj kroplami 1M roztworu chlorku żelaza(III). Obserwuj zmiany.
- Do probówki nr 2 dodawaj kroplami 1M roztwór rodanku amonu. Obserwuj zmiany.
- Do probówki nr 3 dodaj 1M roztwór chlorku żelaza(III), a następnie wsyp kilka miligramów stałej soli NaF. Zamieszaj probówką. Obserwuj zmiany. Następnie dodawaj kroplami 1M roztwór rodanku amonu. Obserwuj zmiany.

#### 4. Karta pracy ucznia:

Plik o rozmiarze 189.21 KB w języku polskim