UNIWERSYTET MEDYCZNY W ŁODZI
WYDZIAŁ FARMACEUTYCZNY
ZAKŁAD CHEMII BIONIEORGANICZNEJ

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

Instrukcja wykonania ćwiczenia nr 5: Stała rozpuszczalności

Opracowanie:
dr n. farm. Andrzej Łazarenkow

Łódź 2023

Podstawy teoretyczne

Rozpuszczalność nie jest pojęciem absolutnym, ponieważ w przypadku substancji umownie nazywanych jako „nierozpuszczalne" zawsze minimalna ich ilość znajduje się w roztworze nad osadem, tworząc w ten sposób *roztwór nasycony* i rozpuszczenie danej substancji w danych warunkach (temperatury, ciśnienia i składu roztworu) nie jest możliwe.

Rozpuszczalność jest procesem odwrotnym do strącania, zatem można przyjąć analogię:

SUBSTANCJA ŁATWO ROZPUSZCZALNA = SUBSTANCJA TRUDNO STRĄCALNA

SUBSTANCJA TRUDNO ROZPUSZCZALNA = SUBSTANCJA ŁATWO STRĄCALNA

Zakłada się, że trudno rozpuszczalne sole w roztworze nasyconym znajdują się w postaci zdysocjowanej na jony, które z kolei znajdują się w równowadze dynamicznej z formą niezdysocjowaną w swoim osadzie, przykładowo:

$$\mathbf{AB\downarrow \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} A^+ + B^-}$$

Zważywszy na to, że stężenie AB↓ jest stałe i osad w rzeczywistości znajduje się poza roztworem, można go pominąć w wyrażeniu na stałą równowagi, dzięki czemu otrzymuje się właściwą **stałą rozpuszczalności**:

$$K_{s,AB} = [A^+]\cdot[B^-] = const.$$

Stała rozpuszczalności posiada niezmienną wartość przy ściśle określonych warunkach temperatury, ciśnienia i składu roztworu. Natomiast w zależności od typu substancji trudno rozpuszczalnej, wzór na K_s może wyglądać inaczej, a zatem i obliczanie rozpuszczalności osadu (S) będzie się odbywać na podstawie innego wzoru:

Typ substancji:	**AB**	**A_2B**	**A_3B**
Dysocjuje na:	$A^+ + B^-$	$2A^+ + B^{2-}$	$3A^+ + B^{3-}$
K_s =	$[A^+]\cdot[B^-]$	$[A^+]^2\cdot[B^{2-}]$	$[A^+]^3\cdot[B^{3-}]$
Ilość jonów:	$S + S$	$2S + S$	$3S + S$
Stężenie jonów:	$S \cdot S = S^2$	$(2S)^2 \cdot S$	$(3S)^3 \cdot S$
		$4S^2 \cdot S = 4S^3$	$27S^3 \cdot S = 27S^4$
Rozpuszczalność (*S*):	$\sqrt{K_{s,AB}}$	$\sqrt[3]{\frac{K_{s,A_2B}}{4}}$	$\sqrt[4]{\frac{K_{s,A_3B}}{27}}$

Wiedząc o niezmienności stałej rozpuszczalności w danych warunkach, wprowadzenie do nasyconego roztworu jonu wspólnego z osadem będzie skutkowało przekroczeniem poprzez iloczyn stężeń jonów wartości $\boldsymbol{K_s}$ – spowoduje to wytrącenie z roztworu nasyconego nadwyżki jonów w postaci osadu. Jest to tzw. **WPŁYW WSPÓLNEGO JONU.** Natomiast w przypadku roztworów zawierających w sobie kilka substancji rozpuszczonych lub łatwo rozpuszczalnych sytuacja jest inna, ponieważ każdy jon znajdujący się w roztworze ma swoją aktywność. Dodanie innych jonów do takiego układu powoduje spadek aktywności jonowej w roztworze (jest ich więcej, więc są ciaśniej upakowane) i współczynniki aktywności zatem są wyraźnie mniejsze niż poprzednio i należy je w równaniu uwzględnić:

$$\boldsymbol{K_{s,AB} = [A^+]\cdot[B^-] \cdot f_{A^+}\cdot f_{B^-} = const.}$$

Najczęściej obce jony wprowadza się do roztworu poprzez dodawanie soli, więc zjawisko to określa się jako **„EFEKT SOLNY"**.

Należy pamiętać, że:

Wielkość K_s pozwala ocenić jak łatwo się rozpuszcza dana substancja. Dzięki znajomości K_s można obliczyć ile się rozpuści substancji w konkretnej objętości rozpuszczalnika, co ma duże znaczenie w wielu dziedzinach chemii i farmacji. Jeżeli iloczyn stężeń jonów w roztworze przekracza K_s, to oznacza, że nadmiar jonów przechodzi do osadu, natomiast jeżeli iloczyn stężeń jonów w roztworze nie przekracza K_s, to wszystkie jony są w roztworze i w danych warunkach osad nie powstaje. Jeżeli wiadomym jest ile wynoszą iloczyny rozpuszczalności, to możliwym jest obliczenie czy wytrąci się produkt w postaci osadu czy jednak pozostanie on w roztworze. Wartość K_s wcale nie wskazuje bezpośrednio na rozpuszczalność substancji. Możliwym jest porównywanie K_s zamiast rozpuszczalności jedynie w przypadku tego samego typu substancji trudno rozpuszczalnych (np. porównywanie typu AB z AB, A_2B z A_2B itd.). W każdym innym przypadku należy porównywać rozpuszczalności osadów.

Znajomość rozpuszczalności i stałej rozpuszczalności jest przydatna w celu:

- CAŁKOWITEGO WYTRĄCANIA OSADÓW
- WYTRĄCANIA FRAKCJONOWANEGO
- SELEKTYWNEGO WYTRĄCANIA

Hydroliza AKT w zależności od pH roztworu:

pH < 7: $CH_3CSNH_2 + H_3O^+ + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + NH_4^+ + H_2S\uparrow$

pH ≈ 7: $CH_3CSNH_2 + 2H_2O \rightleftarrows CH_3COO^- + NH_4^+ + H_2S\uparrow$

pH > 7: $CH_3CSNH_2 + 3OH^- \rightleftarrows CH_3COO^- + NH_3\cdot H_2O + S^{2-}$

Dysocjację powstającego siarkowodoru w wodzie można przedstawić następująco:

$$H_2S\uparrow + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + HS^-$$

$$HS^- + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + S^{2-}$$

Zważywszy na to, że anion siarczkowy (będący produktem dysocjacji) jest ciągle zużywany w trakcie reakcji chemicznej wytrącania siarczków, równowaga dysocjacji jest wyraźnie przesunięta w stronę powstawania nowych ilości produktów, zatem umownie dysocjację można zapisać w postaci sumarycznej:

$$H_2S + 2H_2O \rightleftarrows 2H_3O^+ + S^{2-}$$

$$K = \frac{[H_3O^+]^2\cdot[S^{2-}]}{[H_2S]}$$

Z powyższej równowagi wynika, że obniżanie pH przez dodawanie jonów H_3O^+ będących produktem reakcji będzie tę reakcję cofało, a co za tym idzie obniżało ilość powstającego jonu siarczkowego, dzięki czemu możliwe będzie wytrącenie jedynie osadów siarczków o bardzo małej rozpuszczalności (np. siarczki kationów z grupy analitycznej III). Alkalizacja środowiska reakcji będzie skutkowała podwyższaniem pH poprzez neutralizację jonów H_3O^+ za pomocą OH^-, a zatem równowaga reakcji zostanie przesunięta w stronę tworzenia nowych ilości produktów, więc stężenie jonów S^{2-} będzie wystarczająco wysokie nawet do wytrącenia trudno strącalnych siarczków metali z grupy analitycznej IV.

Związek	Stała rozpuszczalności (K_s)	Rozpuszczalność (S)	
		[mol/L]	[g/L]
AgBr	$4{,}0\cdot10^{-13}$	$6{,}3\cdot10^{-7}$	$11{,}0\cdot10^{-4}$
CH_3COOAg	$4{,}4\cdot10^{-3}$	$6{,}6\cdot10^{-2}$	11,0
AgCl	$1{,}56\cdot10^{-10}$	$1{,}3\cdot10^{-5}$	$1{,}8\cdot10^{-3}$
AgCN	$2{,}2\cdot10^{-12}$	$1{,}5\cdot10^{-6}$	$4{,}0\cdot10^{-4}$
Ag_2CrO_4	$9{,}0\cdot10^{-12}$	$1{,}3\cdot10^{-4}$	$4{,}3\cdot10^{-2}$
AgOH*	$1{,}5\cdot10^{-8}$	$1{,}2\cdot10^{-4}$	$1{,}5\cdot10^{-2}$
Ag_2S	$1{,}6\cdot10^{-49}$	$3{,}5\cdot10^{-17}$	$8{,}7\cdot10^{-15}$
AgCl	$1{,}6\cdot10^{-10}$	$1{,}3\cdot10^{-5}$	$1{,}8\cdot10^{-3}$
$BaCO_3$	$8{,}1\cdot10^{-9}$	$8{,}9\cdot10^{-5}$	$1{,}8\cdot10^{-2}$
BaC_2O_4	$1{,}6\cdot10^{-7}$	$4{,}0\cdot10^{-4}$	$9{,}0\cdot10^{-3}$
$BaCrO_4$	$2{,}4\cdot10^{-10}$	$1{,}5\cdot10^{-5}$	$3{,}9\cdot10^{-3}$
$BaSO_4$	$1{,}1\cdot10^{-10}$	$1{,}0\cdot10^{-5}$	$2{,}5\cdot10^{-3}$
$CaCO_3$	$4{,}8\cdot10^{-9}$	$6{,}9\cdot10^{-5}$	$6{,}9\cdot10^{-3}$
CaC_2O_4	$2{,}6\cdot10^{-9}$	$5{,}1\cdot10^{-5}$	$6{,}5\cdot10^{-3}$
$CaC_4H_4O_6$	$7{,}7\cdot10^{-7}$	$8{,}8\cdot10^{-4}$	$1{,}7\cdot10^{-1}$
$CaSO_4$	$6{,}2\cdot10^{-5}$	$7{,}8\cdot10^{-3}$	2,0
$Cd(OH)_2$	$2{,}0\cdot10^{-14}$	$2{,}5\cdot10^{-3}$	$1{,}7\cdot10^{-5}$
CdS	$3{,}6\cdot10^{-29}$	$6{,}0\cdot10^{-15}$	$8{,}6\cdot10^{-13}$
CuS	$8{,}5\cdot10^{-45}$	$9{,}2\cdot10^{-23}$	$8{,}8\cdot10^{-21}$
MnS	$1{,}4\cdot10^{-15}$	$3{,}7\cdot10^{-8}$	$3{,}2\cdot10^{-6}$
$PbCl_2$	$1{,}6\cdot10^{-5}$	$1{,}6\cdot10^{-2}$	4,4
$PbCrO_4$	$1{,}8\cdot10^{-14}$	$1{,}3\cdot10^{-7}$	$2{,}7\cdot10^{-5}$
PbI_2	$8{,}7\cdot10^{-9}$	$1{,}3\cdot10^{-3}$	$6{,}0\cdot10^{-1}$
PbS	$1{,}1\cdot10^{-29}$	$3{,}3\cdot10^{-15}$	$7{,}9\cdot10^{-13}$
$PbSO_4$	$1{,}0\cdot10^{-8}$	$1{,}5\cdot10^{-4}$	$4{,}5\cdot10^{-2}$
ZnS	$1{,}2\cdot10^{-23}$	$3{,}5\cdot10^{-12}$	$3{,}4\cdot10^{-10}$

Tabela 1: Wartości rozpuszczalności (S) oraz stałych rozpuszczalności (Ks) wybranych związków trudno rozpuszczalnych zmierzone w temperaturze 25° C.

** - związek nietrwały i szybko ulega rozkładowi: $2AgOH\downarrow \rightarrow Ag_2O\downarrow + H_2O$*

1. *Wytrącanie frakcjonowane – porównywanie szybkości strącania się osadów na podstawie ich rozpuszczalności (S)*

Celem doświadczenia jest ocena kolejności wytrącania się osadu z roztworu w zależności od wartości rozpuszczalności molowej (S).

Odczynniki, sprzęt, aparatura

- ✓ Roztwór 0,5 mol/L chlorku potasu (KCl)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L chromianu potasu (K_2CrO_4)
- ✓ Roztwór 0,1 mol/L azotanu srebra (I) ($AgNO_3$)
- ✓ Pipeta automatyczna
- ✓ Probówki
- ✓ Vortex

Wykonanie doświadczenia

- Przygotować dwie probówki, w których należy wykonać próby odniesienia. Do pierwszej z nich dodać po 10 kropli roztworu chlorku potasu i roztworu azotanu srebra (I), a do drugiej - po 10 kropli roztworu chromianu potasu i roztworu azotanu srebra (I). Zawartość wymieszać przy pomocy vortexu.
- Zanotować obserwacje zwracając uwagę na kolor osadu
- Do kolejnej próbówki odmierzyć po 1 mL roztworu jodku potasu i roztworu chlorku sodu oraz dodać 1 mL roztworu azotanu srebra(I), zawartość wymieszać przy pomocy vortexu.
- Zanotować barwę powstałego osadu
- Ponownie dodać ostrożnie po ściance 1 mL roztworu azotanu srebra (I) i wymieszać przy pomocy vortexu. Zapisać barwę nowo powstałego osadu.
- Ponownie dodać 1 mL roztworu azotanu srebra (I), po czym zawartość probówki dokładnie wymieszać przy pomocy vortexu. Próbkę badaną odwirować, zlać roztwór znad osadu do czystej probówki, a następnie dodać 1 mL roztworu azotanu srebra (I).
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje zwracając uwagę na kolory osadów wytrąconych w każdym etapie, szczególnie na różnicę w barwie powstającego po pierwotnym odwirowaniu osadu, a osadu powstającego z nowo otrzymanego roztworu, wraz z równaniami wszystkich zachodzących reakcji w postaci jonowej.
- **Sformułuj wnioski: W oparciu o dane z Tabeli 1 napisz, na czym polega kolejność strącania się osadów w tym doświadczeniu. Na czym polega wytrącanie frakcjonowane?**

2. *Usuwanie jonów z roztworu na zasadzie różnicy w wartościach K_s powstających osadów*

Doświadczenie ma na celu pokazanie, że w roztworze nasyconym nad trudno rozpuszczalnym osadem jest pewna ilość jonów, która może przeszkadzać w dalszych zaplanowanych reakcjach chemicznych. Podczas ćwiczenia te jony zostaną usunięte z roztworu przy zastosowaniu całkowitego wytrącania osadu i wytrącania frakcjonowanego oraz zostanie porównana skuteczność obu metod.

Odczynniki, sprzęt, aparatura

- ✓ Roztwór 0,5 mol/L azotanu ołowiu(II) ($Pb(NO_3)_2$)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L chlorku sodu (NaCl)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L jodku potasu (KI)
- ✓ Pipeta automatyczna
- ✓ Probówki
- ✓ Vortex

Wykonanie doświadczenia

- Do próbówki odmierzyć po 0,5 mL roztworów: azotanu ołowiu(II) i chlorku sodu. Wytrącony osad odwirować, roztwór przenieść do nowej probówki, a osad odrzucić. Sprawdzić całkowitość wytrącenia osadu, dodając do roztworu znad osadu 0,25 mL roztworu chlorku sodu. Zawartość probówki wymieszać, a powstały osad odwirować i odrzucić. Opisane czynności powtarzać aż do momentu, gdy po dodaniu chlorku sodu nie wytrąci się osad chlorku ołowiu(II).
- Następnie do roztworu dodać 0,25 mL roztworu jodku potasu i zanotować obserwacje.
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje zwracając uwagę na kolory osadów, wraz z równaniami wszystkich zachodzących reakcji w postaci jonowej i cząsteczkowej.
- **Sformułuj wnioski:**
  - **Dlaczego podczas dodawania roztworu chlorku sodu do mieszaniny azotanu ołowiu(II) i chlorku sodu następuje wytrącanie kolejnych porcji osadu? Odpowiedź uzasadnij w oparciu o równowagę dynamiczną pomiędzy osadem a roztworem.**
  - **Wyjaśnij w oparciu o wartości K_s z Tabeli 1 dlaczego z nasyconego roztworu chlorku ołowiu(II) wytrąca się osad jodku ołowiu(II)?**
  - **Która metoda skuteczniej usuwa jony z roztworu: całkowite wytrącanie osadu, czy wytrącanie frakcjonowane? Odpowiedź uzasadnij w oparciu o różnice w rozpuszczalności osadów.**

3. *Wpływ wspólnego jonu i efektu solnego na mieszaninę nasyconych roztworów soli*

Ćwiczenie pokazowe, którego celem jest zbadanie różnic w oddziaływaniu wspólnego i obcego jonu na nasycony roztwór soli (chloranu potasu).

Odczynniki, sprzęt, aparatura

- ✓ Roztwór 0,5 mol/L chlorku potasu (KCl)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L azotanu potasu (KNO_3)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L chloranu potasu ($KClO_3$)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L chloranu sodu ($NaClO_3$)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L chlorku sodu (NaCl)
- ✓ Probówki duże, wysokie

Wykonanie doświadczenia

- Do czterech probówek zawierających po 1 mL nasyconych roztworów oznaczonych zgodnie z Tabelą 2 wprowadzono po 1 mL roztworu chloranu potasu.
- W zeszycie laboratoryjnym krótko opisać doświadczenie i zaznaczyć w tabeli, w których probówkach powstał osad pod wpływem dodatku wspólnego jonu. Dla ułatwienia obserwacji, probówki należy porównywać na ciemnym tle.
- **Sformułuj wnioski: Na czym polega tzw. efekt solny i jaki wpływ ma wprowadzenie obcych jonów do nasyconego roztworu soli?**

Nr	Nasycony roztwór wodny	Po dodaniu $KClO_3$	
		Osad	Brak osadu
1	KCl		
2	KNO_3		
3	$NaClO_3$		
4	NaCl		

Tabela 2: Numeracja probówek z roztworami soli

4. *Wpływ pH na rozpuszczalność soli słabych kwasów*

Kwas szczawiowy jest słabym kwasem dwuprotonowym ($H_2C_2O_4$) i tworzy m.in. z jonami wapnia nierozpuszczalny osad. Celem doświadczenia jest otrzymanie trudno rozpuszczalnego osadu szczawianu wapnia oraz ocena wpływu obecności w roztworze mocnego i słabego kwasu (stężenia jonów H_3O^+) na rozpuszczalność osadu ze względu na odwracalny i nieodwracalny przebieg dysocjacji takich kwasów.

Odczynniki, sprzęt, aparatura

- ✓ Roztwór 0,5 mol/L chlorku wapnia ($CaCl_2$)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L szczawianu amonu ($(NH_4)_2C_2O_4$)
- ✓ Roztwór 1,0 mol/L kwasu solnego (HCl)
- ✓ Roztwór 1,0 mol/L kwasu octowego (CH_3COOH)
- ✓ Papierki wskaźnikowe uniwersalne
- ✓ Pipeta automatyczna
- ✓ Probówki
- ✓ Vortex

Wykonanie doświadczenia

- Do trzech probówek wprowadzić za pomocą pipety automatycznej po 0,5 mL roztworów chlorku wapnia i szczawianu amonu, zawartość probówek wymieszać przy pomocy vortexu. Osady odwirować, a następnie wylać roztwory znad osadów.
- Zanotować intensywność barwy oraz postać otrzymanego w probówkach osadu.
- Do pierwszej probówki z osadem wprowadzić 2 mL roztworu kwasu solnego, do drugiej – 2 mL roztworu kwasu octowego, do trzeciej (która jest próbą kontrolną) – 2 mL wody destylowanej. Zawartość probówek dokładnie wymieszać przy pomocy vortexu i sprawdzić pH otrzymanych roztworów za pomocą uniwersalnych papierków wskaźnikowych.
- Zawartość probówek odwirować i porównać ilość powstałego osadu oraz pH roztworów znad osadu we wszystkich trzech probówkach.
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje zwracając uwagę na ilości powstałych osadów, wraz z równaniem reakcji tworzenia jonu wodoroszczawianowego z jonu szczawianowego, równaniami reakcji dysocjacji kwasu solnego i kwasu octowego, równowagą dynamiczną pomiędzy osadem szczawianu sodu a jonami w jego roztworze nasyconym. Wyprowadzić wzór na jego stałą rozpuszczalności (K_s). Wszystkie równania reakcji zapiać w postaci jonowej.
- **Sformułuj wnioski: Wytłumacz jak wpływa obniżenie pH na rozpuszczalność osadu szczawianu wapnia, wiedząc, że zastosowane kwasy istotnie różnią się mocą, a dodanie jonów H_3O^+ powoduje przejście jonu szczawianowego w wodoroszczawianowy, co powoduje przesunięcie równowagi dynamicznej pomiędzy osadem a roztworem w kierunku rozpuszczania osadu.**

5. *Wpływ stężenia jonów H_3O^+ i OH^- na selektywne tworzenie się siarczków metali*

Do osadów siarczków łatwo strącalnych należą głównie kationy III grupy, zaś trudno strącalnych kationy IV grupy i pozostałe siarczki metali. Strącanie siarczków przeprowadza się za pomocą tioacetamidu (AKT). Celem doświadczenia jest ocena zależności pomiędzy środowiskiem reakcji, a ilością powstających jonów siarczkowych, wykorzystywanych przy selektywnym otrzymywaniu osadów siarczków, w tym z mieszaniny jonów w jednej probówce.

Odczynniki, sprzęt, aparatura

- ✓ Roztwór 0,5 mol/L siarczanu miedzi(II) ($CuSO_4$)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L siarczanu cynku ($ZnSO_4$)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L siarczanu manganu(II) ($MnSO_4$)
- ✓ Roztwór 1,5 mol/L kwasu siarkowego (H_2SO_4)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L tioacetamidu (CH_3CSNH_2, amid kwasu tiooctowego, AKT)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L octanu sodu (CH_3COONa)
- ✓ Roztwór 3,0 mol/L wody amoniakalnej ($NH_3 \cdot H_2O$)
- ✓ Papierki wskaźnikowe uniwersalne
- ✓ Pipeta automatyczna
- ✓ Próbówka (5 sztuk)
- ✓ Łaźnia wodna
- ✓ Vortex

Wykonanie doświadczenia

- Za pomocą pipety automatycznej odmierzyć do pięciu ponumerowanych probówek po 1 mL odpowiednio siarczanu miedzi(II), cynku oraz manganu(II) zgodnie z **tabelą 3**.
- Zawartość probówek odpowiednio zakwasić lub zalkalizować dodając roztworu kwasu siarkowego lub wody amoniakalnej (odczyn sprawdzać za pomocą uniwersalnych papierków wskaźnikowych).
- Do probówek dodać po 1 mL AKT, wymieszać przy pomocy vortexu i ogrzewać w łaźni wodnej w temperaturze 90ºC przez 15 minut. Po upływie odmierzonego czasu probówki zabrać z łaźni wodnej (można użyć do tego celu drewnianej łapy) i odwirować wytrącone osady.
- Do probówek **2 - 4** dodać 0,25 mL roztworu octanu sodu, wymieszać i ponownie odwirować.
- Do probówek **3 - 4** dodawać roztwór wody amoniakalne, aż do uzyskania wyraźnie zasadowego odczynu i wytrącenia się osadu.
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje zwracając uwagę na barwy roztworów przed i po podgrzaniu, barwy osadów i środowisko w jakim powstały (kwasowe / lekko kwasowe / obojętne / lekko zasadowe / zasadowe), napisać jonowe równania reakcji tworzenia osadów siarczków miedzi (II), cynku oraz manganu (II) przy odczynie kwasowym oraz zasadowym, określić, kolor oraz wartości K_s.
- **Sformułuj wnioski:**
  - **Na podstawie równań reakcji i wzoru na stałą dysocjacji siarkowodoru w wodzie wytłumacz, jak wpływa wprowadzanie jonów H_3O^+ i OH^- na równowagę tego procesu i powstawanie jonów siarczkowych, niezbędnych do otrzymywania siarczków metali.**
  - **Dlaczego dopiero po dodaniu octanu sodu wytrącił się osad w probówce 2?**
  - **Dlaczego w probówce 5 wytrąciły się wszystkie siarczki na raz i czy jest to przykład selektywnego wytrącania osadów?**
  - **Porównując wartości K_s otrzymanych osadów oraz obserwacje wyprowadź zależność środowiska reakcji strącania siarczków od ich rozpuszczalności. Na czym polega selektywne strącanie osadów?**

Odczynnik**Probówka**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
$CuSO_4$	+			+	+
$ZnSO_4$		+		+	+
$MnSO_4$			+	+	+
H_2SO_4 (do pH ≤ 2)	+	+	+	+	
$NH_3 \cdot H_2O$ (do pH ≥ 9)					+

Tabela 3: Numeracja probówek i dodawane do nich odczynniki chemiczne

6. Otrzymywanie osadów trudno rozpuszczalnych soli z roztworu nasyconego innej soli

Doświadczenie ma na celu pokazanie, że w roztworze nasyconym nad osadem trudno rozpuszczalnym jest wystarczająca ilość jonów, aby powstał z nich osad łatwiej strącalny niż osad otrzymany poprzednio. Pozwala to na porównanie rozpuszczalności i łatwości powstawania takich osadów.

Odczynniki, sprzęt, aparatura

- ✓ Roztwór 0,5 mol/L azotanu ołowiu(II) ($Pb(NO_3)_2$)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L chromianu potasu (K_2CrO_4)
- ✓ Roztwór 1,5 mol/L kwasu siarkowego (H_2SO_4)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L tioacetamidu (CH_3CSNH_2, amid kwasu tiooctowego, AKT)
- ✓ Roztwór 3,0 mol/L wody amoniakalnej ($NH_3 \cdot H_2O$)
- ✓ Papierki wskaźnikowe uniwersalne
- ✓ Pipeta automatyczna
- ✓ Probówka (3 sztuki)
- ✓ Łaźnia wodna
- ✓ Vortex

Wykonanie doświadczenia

- Za pomocą pipety automatycznej odmierzyć do dwóch probówek po 0,25 mL roztworu azotanu ołowiu(II) oraz roztworu kwasu siarkowego. Zawartość probówek wymieszać przy pomocy vortexu, odwirować i roztwór usunąć.
- Do pierwszej probówki dodać 1 mL roztworu tioacetamidu i kroplami dodawać roztwór wody amoniakalnej, aż do uzyskania odczynu zasadowego. Probówkę ogrzać w łaźni wodnej w temperaturze 90ºC przez 15 minut. Po upływie tego czasu probówkę wyjąć z łaźni wodnej (można użyć w tym celu drewnianej łapy).
- Do drugiej probówki dodać 1 mL roztworu chromianu potasu. Zawartość probówki wymieszać przy pomocy vortexu, odwirować i roztwór usunąć.
- Zanotować barwę wszystkich wytrąconych osadów.
- Do osadu w drugiej probówce dodać 1 mL roztworu tioacetamidu i dodawać roztwór wody amoniakalnej, aż do uzyskania wyraźnie zasadowego odczynu. Probówkę ogrzać w łaźni wodnej w temperaturze 90ºC przez 15 minut. Po upływie tego czasu probówkę wyjąć z łaźni wodnej (można użyć w tym celu drewnianej łapy).
- Zanotować barwę wytrąconego osadu w probówce drugiej.
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje zwracając uwagę na barwy osadów, które powstały po dodaniu każdego z odczynników, wraz z równaniami zachodzących reakcji w postaci jonowej.
- **Sformułuj wnioski: Na podstawie obserwacji i wartości K_s napisz, który z otrzymanych osadów ma najlepszą rozpuszczalność, a który najłatwiej się wytrąca?**

7. *Wytrącanie frakcjonowane – porównywanie szybkości strącania się osadów na podstawie stałych rozpuszczalności (K_s)* ***ĆWICZENIE DODATKOWE***

Doświadczenie ma na celu porównanie między sobą osadów o odmiennych wartościach stałej rozpuszczalności (***K***$_s$) oraz szybkości ich wytrącania.

Odczynniki, sprzęt, aparatura

- ✓ Roztwór 0,5 mol/L chlorku sodu (NaCl)
- ✓ Roztwór 0,1 mol/L azotanu srebra (I) ($AgNO_3$)
- ✓ Roztwór 0,5 mol/L jodku potasu (KI)
- ✓ Pipeta automatyczna
- ✓ Probówki
- ✓ Vortex

Wykonanie doświadczenia

- Przygotować dwie ponumerowane probówki. Do pierwszej dodać po 10 kropli roztworu chlorku sodu i roztworu azotanu srebra(I), a do drugiej – po 10 kropli roztworu jodku potasu i roztworu azotanu srebra(I). Zawartość probówek wymieszać przy pomocy vortexu.
- Do czystej próbówki odmierzyć po 0,5 mL roztworów jodku potasu i chlorku sodu oraz 1 mL roztworu azotanu srebra(I), po czym zawartość wymieszać przy pomocy vortexu.
- Próbę badaną odwirować, a następnie roztwór znad osadu zlać do czystej probówki i dodać do niego 1 mL roztworu azotanu srebra(I). Całość ponownie wymieszać i odwirować, a osad odrzucić. Opisane czynności powtarzać, aż do uzyskania osadu o barwie białej.
- W zeszycie laboratoryjnym zanotować wykonywane czynności i obserwacje zwracając uwagę na kolory osadów wytrącanych w każdym etapie, wraz z równaniami wszystkich zachodzących reakcji w postaci jonowej.
- **Sformułuj wnioski: W oparciu o wartości stałych rozpuszczalności z Tabeli 1 wytłumacz zaobserwowaną kolejność strącania się osadów.**