Kurs zadaniowy z chemii

Maturalis i Kamil Kaznowski

Lekcja 13/25 – 13 lutego 2023 r.

Temat: Iloczyn rozpuszczalności

Zadanie 1.

Poniżej przedstawiono wartości iloczynu rozpuszczalności wybranych węglanów w temperaturze 25°C.

$MgCO_3$	$CaCO_3$	$SrCO_3$	$BaCO_3$
$K_{s0} = 3{,}5 \cdot 10^{-8}$	$K_{s0} = 2{,}8 \cdot 10^{-9}$	$K_{s0} = 1{,}1 \cdot 10^{-10}$	$K_{s0} = 5{,}1 \cdot 10^{-9}$

a) Korzystając z przedstawionych wyżej wartości iloczynu rozpuszczalności, oceń, który z węglanów metali II grupy jest najlepiej rozpuszczalny w wodzie, i podaj jego wzór.

……

b) Zmieszano 100 cm^3 roztworu $CaCl_2$ o stężeniu 0,001 mol/dm^3 i 100 cm^3 roztworu Na_2CO_3 o stężeniu 0,001 mol/dm^3. Wykonaj odpowiednie obliczenia i oceń, czy po zmieszaniu roztworów nastąpiło wytrącenie osadu $CaCO_3$.

Obliczenia:

Zadanie 2.

Rozpuszczalność substancji trudno rozpuszczalnej charakteryzują dwie wielkości:

- iloczyn rozpuszczalności (K_{SO}), który opisuje stan równowagi między osadem trudno rozpuszczalnej substancji a stężeniem jej jonów w roztworze
- rozpuszczalność molowa (S), która wyrażona jest stężeniem molowym substancji w jej roztworze nasyconym.

Substancja	Iloczyn rozpuszczalności K_{SO}	Rozpuszczalność molowa S, mol · dm^{-3}
$Sc(OH)_3$	$2{,}22 \cdot 10^{-31}$	$9{,}5 \cdot 10^{-9}$
$Sn(OH)_2$	$5{,}45 \cdot 10^{-27}$	$1{,}1 \cdot 10^{-9}$

Wartości liczbowe podane są dla temperatury 25 °C.

Na podstawie: J. Sawicka, A. Janich-Kilian, W. Cejner-Mania, G. Urbańczyk, *Tablice chemiczne*, Gdańsk 2002

Korzystając z powyższej informacji, napisz wzór wodorotlenku, który jest lepiej rozpuszczalny w wodzie, oraz napisz, czy dokonując tego wyboru, należało porównać wartości rozpuszczalności molowych, czy też wartości iloczynów rozpuszczalności substancji.

Wzór wodorotlenku: .....

Należało porównać wartości .....

Obliczenia:

Zadanie 3.

Do trzech probówek zawierających wodny roztwór siarczanu(VI) sodu (Na_2SO_4) dodano wodne roztwory trzech różnych soli. Do probówki I dodano roztwór chlorku strontu ($SrCl_2$), do probówki II roztwór chlorku wapnia ($CaCl_2$), a do probówki III roztwór chlorku baru ($BaCl_2$). Objętości i stężenia molowe wszystkich roztworów były jednakowe. We wszystkich probówkach zaobserwowano strącenie osadu.

Iloczyny rozpuszczalności soli wynoszą odpowiednio:

Wzór soli	$SrSO_4$	$CaSO_4$	$BaSO_4$
Iloczyn rozpuszczalności	$6{,}0 \cdot 10^{-7}$	$3{,}2 \cdot 10^{-5}$	$1{,}1 \cdot 10^{-10}$

Napisz, w której probówce stężenie jonów siarczanowych(VI) jest największe.

.....

Zadanie 4.

W 1 dm^3 pewnego wodnego roztworu znajdowało się $1{,}0 \cdot 10^{-10}$ mola jonów Cl^-, $1{,}0 \cdot 10^{-10}$ mola jonów I^- oraz jony Na^+. Do roztworu wprowadzono kroplę roztworu $AgNO_3$ zawierającą $1{,}0 \cdot 10^{-5}$ mola tej soli.

Iloczyny rozpuszczalności AgCl i AgI w temperaturze *T*, w której przeprowadzono doświadczenie, wynoszą:

$$K_{SO} = [Ag^+] \cdot [Cl^-] = 1{,}8 \cdot 10^{-10} \quad \text{i} \quad K_{SO} = [Ag^+] \cdot [I^-] = 8{,}5 \cdot 10^{-17}$$

Na podstawie: J. Sawicka, A. Janich-Kilian, W. Cejner-Mania, G. Urbańczyk, *Tablice chemiczne*, Gdańsk 2002.

Napisz <u>w formie jonowej skróconej</u> równanie reakcji, która zaszła jako pierwsza podczas opisanego doświadczenia.

.....

Oceń, czy w temperaturze *T* może istnieć roztwór, w którym iloczyn stężeń molowych kationów srebra i anionów chlorkowych wynosiłby $2 \cdot 10^{-5}$. Uzasadnij swoje stanowisko.

.....

.....

Zadanie 5.

Wykonaj obliczenia i napisz, czy po zmieszaniu równych objętości roztworów siarczanu(VI) potasu i chlorku baru o stężeniu $2 \cdot 10^{-3}$ mol · dm^{-3} każdy wytrąci się osad siarczanu(VI) baru.

Obliczenia:

Oceń, czy w temperaturze 298 K może istnieć roztwór, w którym stężenie kationów baru wynosi 10^{-5} mol · dm^{-3}, a stężenie anionów siarczanowych(VI) wynosi 10^{-6} mol · dm^{-3} (iloczyn rozpuszczalności siarczanu(VI) baru w temperaturze 298 K wynosi $K_{SO} = 1{,}1 \cdot 10^{-10}$). Uzasadnij swoje stanowisko.

Na podstawie: J. Sawicka i inni, *Tablice chemiczne*, Gdańsk 2002.

.....

.....

.....

Zadanie 6.

Halogenki srebra są związkami trudno rozpuszczalnymi w wodzie. Ich iloczyny rozpuszczalności w temperaturze 25 °C wynoszą:

Wzór soli	Wyrażenie na iloczyn rozpuszczalności	Wartość iloczynu rozpuszczalności
AgCl	$K_{s(AgCl)} = [Ag^+] \cdot [Cl^-]$	$1{,}6 \cdot 10^{-10}$
AgBr	$K_{s(AgBr)} = [Ag^+] \cdot [Br^-]$	$7{,}7 \cdot 10^{-13}$
AgI	$K_{s(AgI)} = [Ag^+] \cdot [I^-]$	$1{,}5 \cdot 10^{-16}$

Na podstawie: K.-H. Lautenschläger, W. Schröter, A. Wanninger, *Nowoczesne kompendium chemii*, Warszawa 2007.

Podaj wzór halogenku srebra, którego rozpuszczalność w wodzie jest najmniejsza.

.....

Oblicz, ile moli jonów srebra znajduje się w 1 dm^3 nasyconego w temperaturze 25 °C wodnego roztworu chlorku srebra.

Obliczenia:

Zadanie 7.

W temperaturze 25 °C iloczyn rozpuszczalności chlorku srebra w wodzie jest równy $1{,}8 \cdot 10^{-10}$.

Na podstawie: J. Sawicka, A. Janich-Kilian, W. Cejner-Mania, G. Urbańczyk, *Tablice chemiczne*, Gdańsk 2002.

Do wodnego roztworu azotanu(V) srebra dodano wodny roztwór chlorku potasu i otrzymano mieszaninę o objętości 1 dm^3 i o temperaturze 25 °C. W tej mieszaninie stężenie azotanu(V) srebra wynosiło $1{,}0 \cdot 10^{-4}$ $mol \cdot dm^{-3}$, a stężenie chlorku potasu było równe $1{,}0 \cdot 10^{-6}$ $mol \cdot dm^{-3}$.

Czy po zmieszaniu roztworów wytrącił się osad chlorku srebra? Odpowiedź uzasadnij.

.....

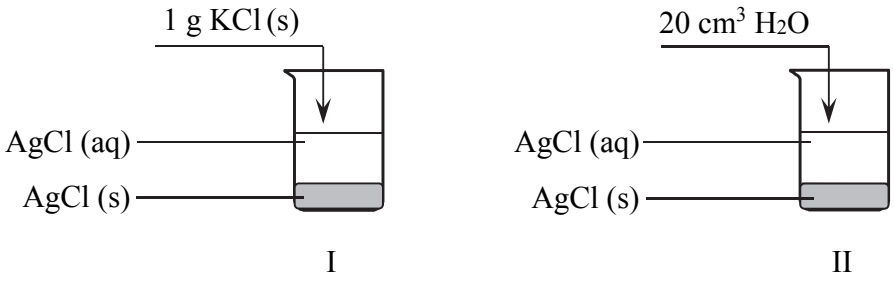
.....

.....

.....

Zadanie 8.

Opisany eksperyment przedstawiono na poniższym rysunku:



Uzupełnij poniższe zdania. Wybierz i zaznacz jedno określenie spośród podanych w każdym nawiasie.

Po dodaniu chlorku potasu i po ponownym ustaleniu się stanu równowagi masa osadu w zlewce I była (większa niż / taka sama jak / mniejsza niż) przed dodaniem soli. Po dodaniu wody do zlewki II i po ponownym ustaleniu się stanu równowagi stężenie jonów srebra było (większe niż / takie samo jak / mniejsze niż) przed dodaniem wody.

Zadanie 9.



Chlorek, bromek i jodek ołowiu(II) są solami trudno rozpuszczalnymi w wodzie. Chlorek i bromek mają barwę białą, a jodek jest żółty. Do $5{,}0\ \mathrm{cm}^3$ nasyconego roztworu chlorku ołowiu(II) dodano $2{,}5\ \mathrm{cm}^3$ roztworu pewnej soli i zaobserwowano efekt pokazany na zdjęciu.

Spośród poniższych soli wybierz tę, której roztwór mógł być użyty w tym doświadczeniu, i zaznacz jej wzór. Oblicz, jakie powinno być minimalne stężenie molowe użytego roztworu tej soli, żeby wystąpił zaobserwowany efekt.

NaCl AgI KBr NaI $Pb(NO_3)_2$

Obliczenia:

Zadanie 10.

W kolbie umieszczono 1,0 g tlenku wapnia, dodano 100 cm^3 wody, wymieszano i kolbę zamkniętą korkiem pozostawiono na kilka godzin. Następnie pobrano trochę roztworu i w temperaturze 25 °C zmierzono jego pH. Po pewnym czasie pomiar powtórzono, ale wartość pH nie zmieniła się i wynosiła 12,33. Przyjęto, że cały tlenek wapnia przereagował zgodnie z równaniem:

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

i ustaliła się równowaga między fazą stałą a roztworem:

$$Ca(OH)_2 \rightleftarrows Ca^{2+} + 2OH^-$$

Oblicz wartość iloczynu rozpuszczalności (K_s) wodorotlenku wapnia w warunkach doświadczenia.

Obliczenia:

Zadanie 11.

Przykładem elektrody halogenosrebrowej jest elektroda bromosrebrowa, której działanie opisano równaniem:

$$AgBr\ (s) + e^- \rightleftarrows Ag\ (s) + Br^-\ (aq)$$

Potencjał tej elektrody zależy od stężenia jonów bromkowych i w temperaturze 298 K wyraża się równaniem:

$$E_{Ag/AgBr} = E^{\circ}_{Ag/AgBr} - 0{,}059 \log c_{Br^-}$$

Standardowy potencjał tej elektrody $E^{\circ}_{Ag/AgBr} = 0{,}071$ V.

W temperaturze 298 K potencjał elektrody bromosrebrowej zanurzonej w wodnym roztworze bromku srebra pozostającym w równowadze z osadem tej soli był równy $E_{Ag/AgBr} = 0{,}431$ V.

Oblicz wartość iloczynu rozpuszczalności bromku srebra $K_s[AgBr]$ w temperaturze 298 K.

Obliczenia:

Zadanie 12.

Jedną z metod potencjometrycznych jest miareczkowanie potencjometryczne, w którym roztwór badany (analit) jest elementem odpowiednio dobranej elektrody wskaźnikowej.

Przykładem miareczkowania potencjometrycznego jest oznaczanie stężenia anionów halogenkowych za pomocą mianowanego roztworu azotanu(V) srebra. W tym celu buduje się ogniwo złożone z elektrody odniesienia i elektrody halogenosrebrowej – jako elektrody wskaźnikowej, której częścią jest analit.

Działanie elektrody halogenosrebrowej opisuje równanie (X oznacza symbol halogenu):

$$AgX(s) + e^- \rightleftarrows Ag(s) + X^-(aq)$$

Potencjał tej elektrody zależy od stężenia anionów halogenkowych, które zmienia się w miarę dodawania titranta, ponieważ te jony tworzą z jonami srebra związki trudno rozpuszczalne w wodzie. Potencjał elektrody odniesienia jest niezależny od stężenia jonów w badanym roztworze, więc SEM ogniwa zależy tylko od stężenia anionów halogenkowych w analicie, co opisuje równanie:

$$SEM = \text{const} - 0{,}059 \log c_{X^-} \qquad \text{(w temperaturze 298 K)}$$

Na podstawie: W. Szczepaniak, *Metody instrumentalne w analizie chemicznej*, Warszawa 2008 oraz A. Skoog, D.M. West, F.J. Holler, S.R. Crouch, *Podstawy chemii analitycznej*, Warszawa 2007.

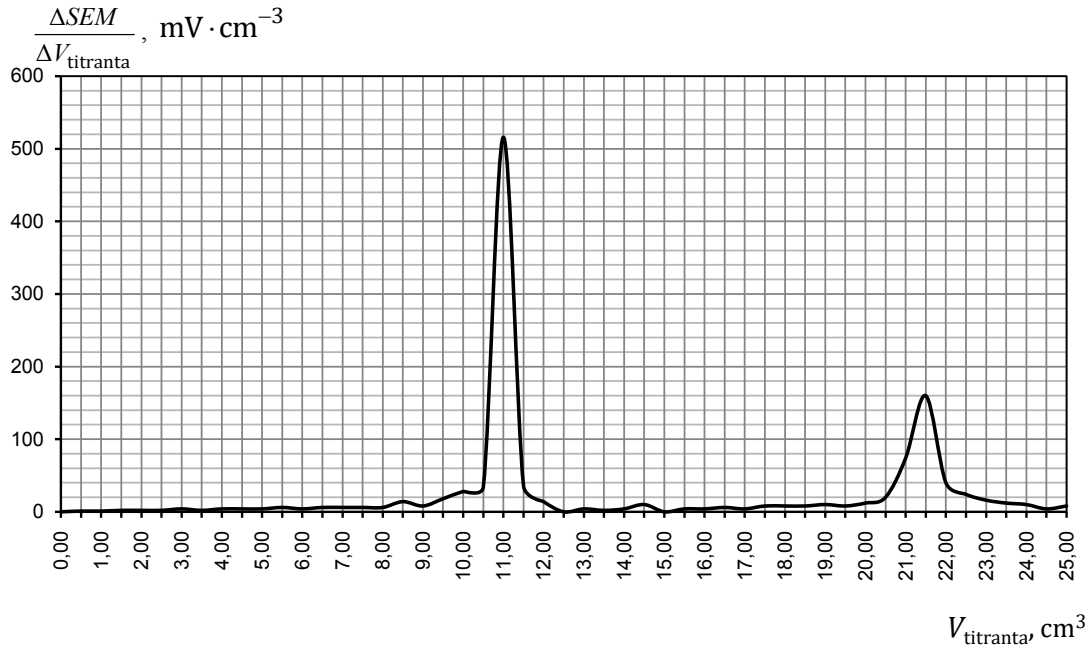
Przeprowadzono miareczkowanie potencjometryczne w celu oznaczenia stężenia anionów chlorkowych i jodkowych w badanym roztworze.

Próbkę roztworu o objętości $V_0 = 10{,}00\ \text{cm}^3$ rozcieńczono wodą do objętości $50{,}00\ \text{cm}^3$. Ten rozcieńczony roztwór stanowił analit i został użyty jako część halogenosrebrowej elektrody wskaźnikowej. Z tej elektrody oraz elektrody odniesienia zbudowano ogniwo, po czym zmierzono jego SEM. Następnie do analitu stopniowo wkraplano roztwór azotanu(V) srebra o stężeniu $c_{AgNO_3} = 0{,}05\ \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Po dodaniu każdej porcji titranta mierzono SEM ogniwa.

W czasie miareczkowania wytrącały się kolejno osady halogenków srebra, czemu towarzyszyły dwie duże zmiany mierzonej siły elektromotorycznej odpowiadające dwóm punktom równoważnikowym miareczkowania.

Punkt równoważnikowy I odpowiadał momentowi, w którym liczba dodanych moli jonów Ag^+ była równa liczbie moli jonów halogenkowych wytrącających się jako pierwsze. Analogicznie przebiegało oznaczenie drugiego rodzaju jonów halogenkowych i momentowi, w którym zaszła równość liczb moli, odpowiadał punkt równoważnikowy II.

Aby wyznaczyć objętość titranta w I i II punkcie równoważnikowym miareczkowania, dla każdej dodanej porcji titranta $\Delta V_{\text{titranta}}$ obliczono zmianę siły elektromotorycznej ogniwa ΔSEM, a następnie sporządzono wykres $\frac{\Delta SEM}{\Delta V_{\text{titranta}}}$ jako funkcji V_{titranta}.



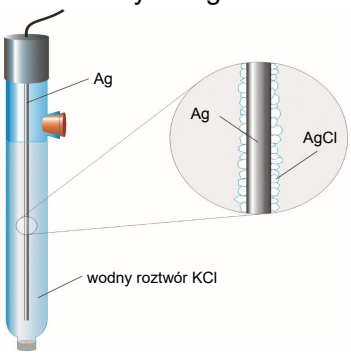
W temperaturze 298 K iloczyn rozpuszczalności chlorku srebra $K_{so}[AgCl] = 1{,}6 \cdot 10^{-10}$, a jodku srebra – $K_{so}[AgI] = 1{,}5 \cdot 10^{-16}$.

Na podstawie: K.-H. Lautenschläger, W. Schröter, A. Wanninger, *Nowoczesne kompendium chemii*, Warszawa 2007.

Oblicz stężenie molowe jonów chlorkowych w roztworze, którego próbkę o objętości $V_0 = 10{,}00$ cm^3 pobrano do miareczkowania.

Obliczenia:

Przykładem elektrody halogenosrebrowej jest elektroda chlorosrebrowa:



Działanie elektrody chlorosrebrowej opisuje równanie:

$$AgCl(s) + e^- \rightleftarrows Ag(s) + Cl^-(aq)$$

Potencjał tej elektrody zależy od stężenia jonów chlorkowych w roztworze, który stanowi jej element, i wyraża się równaniem: $E_{Ag/AgCl} = E^o_{Ag/AgCl} - 0{,}059 \log c_{Cl^-}$ (w temperaturze 298 K).

Przygotowano dwie elektrody chlorosrebrowe: elektroda I zawierała wodny roztwór chlorku potasu o stężeniu równym 0,10 mol ·dm^{-3}, a elektroda II – wodny roztwór tej samej soli o stężeniu równym 0,01 mol ·dm^{-3}

Rozstrzygnij, która elektroda chlorosrebrowa (I czy II) ma – w tej samej temperaturze – wyższy potencjał. Odpowiedź uzasadnij.

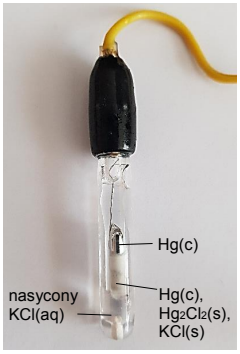
Rozstrzygnięcie: .....

Uzasadnienie: .....

.....

.....

Jako elektroda odniesienia w opisanym miareczkowaniu potencjometrycznym może być zastosowana tzw. nasycona elektroda kalomelowa.



Schemat tej elektrody przedstawiono poniżej:

$$Hg \mid Hg_2Cl_2\,(s),\ KCl\ (roztwór\ nasycony)$$

Zasada działania tej elektrody jest taka sama jak elektrody chlorosrebrowej.

Napisz równanie reakcji elektrodowej zachodzącej w elektrodzie kalomelowej.

.....