
ETAP III

28.03.2025

Zadania laboratoryjne

CZAS ROZWIĄZYWANIA: 14:00 – 19:00

ZADANIE LABORATORYJNE 1

Identyfikacja kationów i anionów

W probówkach opisanych cyframi **1, 2 i 3** masz umieszczone w przypadkowej kolejności azotany(V) metali **X, Y i Z** z grupy następujących metali na niskich stopniach utlenienia: Bi^{3+} , Hg^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Sn^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Co^{2+} . Roztwory mogą być zakwaszone kwasem azotowym(V) z uwagi na hydrolizę. Probówki opisane cyframi **4, 5 i 6** zawierają roztwory soli sodowych, gdzie anionami są jony **T, U i W**. Jony te pochodzą od kwasów, w których roztwarzają się metale **X, Y i Z**.

W ampułkach opisanych literami **A, B, C i D** znajdują się mieszaniny chlorku sodu (lub azotanu sodu) ze znanymi wskaźnikami kompleksometrycznymi, takimi jak: oranż ksylenolowy (OKS), czerń eriochromowa T (CZT), kalces (KAL) i mureksyd (MUR).

<u>Na swoim stanowisku masz do dyspozycji:</u>	<u>Na stanowisku zbiorczym masz do dyspozycji:</u>
8 probówek	roztwór NaOH o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
10 pipetek polietylenowych	roztwór H_2SO_4 o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
3 papierki wskaźnikowe	roztwory: 10% KI, 5% NH_3 , 5% BaCl_2 , 0,5% CuSO_4 , 0,5% CaCl_2 , 1% $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
4 łopatki do wskaźników	
tryskawkę z wodą destylowaną	

Możesz wykorzystać roztwory z zadania 2.

Polecenia

- a.** (10 m.) Na podstawie barwy i odczynu roztworu wskaż, jakie jony mogą występować w probówkach **1, 2 i 3** oraz uzasadnij odpowiedź.
Podaj kwasy, których aniony mogą znajdować się w probówkach **4, 5 i 6**, oraz wskaż, które z metali podanych w treści zadania mogą być przez te kwasy roztwarzane.
- b.** (42 m.) Zidentyfikuj kationy w probówkach **1, 2 i 3** oraz aniony w probówkach **4, 5 i 6**. Uzasadnij identyfikację obserwacjami dwóch charakterystycznych reakcji (ewentualnie, tam, gdzie jest to niezbędne, również ich braku) zachodzących z dostępnymi odczynnikami. Dla każdej reakcji zapisz jej równanie oraz przedstaw wnioski płynące z uzyskanych wyników.
- c.** (12 m.) Zidentyfikuj rozmieszczenie wskaźników kompleksometrycznych znajdujących się w ampulkach **A, B, C i D** na podstawie ich właściwości kompleksometrycznych (wykorzystaj roztwór EDTA oraz inne roztwory). Przedstaw po jednej reakcji jednoznacznie potwierdzającej tożsamość wskaźnika, podaj warunki reakcji oraz obserwacje (równania reakcji nie są wymagane). Możesz wykorzystać przepisy wykonawcze z zadania 2.

Uwaga 1! Wskaźniki kompleksometryczne działają także jako wskaźniki alkacymetryczne.

Uwaga 2! Wskaźnik kompleksometryczny CZT, tworzy z jonami miedzi trwalsze kompleksy niż Cu-EDTA, zaś MUR słabsze; KAL używany jest przy oznaczaniu jonów wapnia w środowisku $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ NaOH}$.

ZADANIE LABORATORYJNE 2

Oznaczenia kationów i anionów

W kolbach opisanych literami **P** (o pojemności 100 cm³) i **Q** (o pojemności 200 cm³) oraz numerem startowym umieszczono klarowne roztwory odpowiednio dwóch (**P**) i trzech (**Q**) soli, zawierających wybrane jony z zadania 1.

Kolba P		Kolba Q	
Kationy X i Y	Aniony: U i W	Kationy: Y , Z i Na ⁺	Aniony: T i W

Z uwagi na hydrolizę, roztwór w kolbie **P** zakwaszono kwasem azotowym(V).

<u>Na swoim stanowisku masz do dyspozycji:</u>	<u>Na stanowisku zbiorczym masz do dyspozycji:</u>
biuretę z lejkiem plastikowym	10% roztwór urotropiny
pipety jednomiarowe o poj. 20,00 i 25,00 cm ³	5% roztwór K ₂ CrO ₄
cylinder miarowy 50 cm ³	5% roztwór 1,10-fenantroliny
4 kolby stożkowe	
lejek szklany oraz dwa sączi średniej gęstości	
zlewki o poj. 100 cm ³ i 250 cm ³	
bagietkę	

Dysponujesz mianowanym roztworem **EDTA**, mianowanym roztworem azotanu(V) ołowiu oraz mianowanym roztworem azotanu(V) srebra (stężenia podane w arkuszu odpowiedzi).

Uwaga 1! Stężenie kwasu azotowego(V) w kolbie **P** wynosi ok. 0,3 mol·dm⁻³.

Uwaga 2! 1,10-fenantrolina tworzy z jonami **Z** kompleks bardziej trwały niż Z-EDTA.

Przepisy wykonawcze:

Przepis 1. Oznaczanie jonów X

- Pobrać z kolby **P** 25,00 cm³ badanego roztworu do kolby stożkowej. Dodać ok. 50 cm³ wody (roztwór powinien mieć pH 1-1,5) i szczyptę oranżu ksylenolowego.
- Zmiareczkować roztwór mianowanym roztworem EDTA do zmiany barwy z czerwonej na żółtą zużywając V₁ cm³ titranta. Zmiareczkowany roztwór (**R1**) zachować do dalszych operacji.
- Miareczkowanie powtórzyć tyle razy, by uzyskać zbieżne wyniki. Obliczyć liczbę milimoli jonów **X** w kolbie **P**.

Przepis 2. Oznaczanie jonów Y

- Do roztworu **R1** dodać urotropiny do pH 5-6 (następuje zmiana barwy z żółtej na czerwoną).
- Miareczkować mianowanym roztworem EDTA do zmiany barwy z czerwonej na żółtą zużywając $V_2 \text{ cm}^3$ titranta.
- Obliczyć liczbę milimoli **Y** w kolbie **P**.

Uwaga 3! Miareczkowania z przepisów wykonawczych 1 i 2 wykonać **wobec roztworu porównawczego (świadka)**. Ważne, aby ilości wskaźnika dodawanego do miareczkowanego roztworu próbki oraz roztworu porównawczego były zbliżone.

Przepis 3. Oznaczanie sumy jonów Y i Z

- Pobrać z kolby **Q** $25,00 \text{ cm}^3$ badanego roztworu do kolby stożkowej.
- Dodać ok. 50 cm^3 wody, kilka mililitrów roztworu urotropiny (roztwór powinien mieć pH 5-6) i szczyptę oranżu ksylenolowego.
- Zmiareczkować roztwór mianowanym roztworem EDTA do zmiany barwy z czerwonej na żółtą zużywając $V_3 \text{ cm}^3$ titranta.
- Zmiareczkowany roztwór (**R2**) zachować do dalszych operacji.
- Miareczkowanie powtórzyć tyle razy, by uzyskać zbieżne wyniki.
- Obliczyć łączną liczbę milimoli jonów **Y** i **Z** w kolbie **Q**.

Przepis 4. Oznaczanie jonów Z

- Do roztworu **R2** dodać 5 cm^3 roztworu 1,10-fenantroliny.
- Dodać $20,00 \text{ cm}^3$ mianowanego roztworu $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Uwolniony EDTA z kompleksu Z-EDTA reaguje z dodanymi jonami ołowiu(II).
- Nadmiar dodanych jonów Pb(II) miareczkować mianowanym roztworem EDTA do zmiany barwy z czerwonej na pomarańczową, dodać kolejną niewielką porcję wskaźnika i dalej miareczkować do zmiany barwy roztworu na cytrynowożółtą, zużywając $V_4 \text{ cm}^3$ titranta.
- Obliczyć liczbę milimoli EDTA związanego z jonami **Z** (a tym samym liczbę milimoli jonów **Z**), co pozwoli na obliczenie liczby milimoli jonów **Y**.

Przepis 5. Oznaczanie anionów T

- Do zlewki pobrać $25,00 \text{ cm}^3$ roztworu z kolby **Q**.
- Dodać 50 cm^3 wody a następnie 5 cm^3 roztworu chromianu(VI) potasu.
- Zobojętnić roztwór za pomocą rozcieńczonego roztworu NaOH wobec papierka wskaźnikowego do pH ok 6-7.
- Roztwór znad wytrąconego osadu przesączyć na lejku z sączkiem średniej gęstości zbierając przesącz w kolbie stożkowej. Pozostały w zlewce osad przemyć wodą i roztwór przesączyć przez sączek. Przesącz powinien mieć barwę żółtą. Sączek przemyć kilkakrotnie wodą, zbierając ciecz w tej samej kolbie co przesącz.

- Zawartość kolby zmiareczkować mianowanym roztworem azotanu(V) srebra do zauważalnej zmiany barwy osadu z żółtej na pomarańczową zużywając $V_5 \text{ cm}^3$ titranta.
Miareczkowanie to wykonać wobec roztworu porównawczego przygotowanego w kolbie stożkowej z roztworu anionu **T** (odpowiednia probówka), wody, chromianu(VI) potasu i kilku kropli roztworu AgNO_3 . Tak przygotowany roztwór porównawczy powinien mieć barwę budyniowo-żółtą.
- Obliczyć liczbę milimoli jonów **T** w kolbie **Q**.

Uwaga 4! Roztwór należy nalewać na sączek po bagietce małymi porcjami, nie wypełniając go zbyt, najwyżej do 2/3 jego wysokości.

Uwaga 5! Podczas przemywania osadu należy zacząć od odmywania krawędzi sączka, kierując się do jego środka. Kolejną porcję roztworu należy podawać wtedy, gdy poprzednia całkowicie już spłynie.

Polecenia

- (16 m.) Zgodnie z przepisem wykonawczym wyznacz liczbę milimoli jonów **X** i **Y** w kolbie **P**. Przedstaw odpowiednie wzory i wyjaśnij wszystkie jego elementy oraz wskaż jednostki.
- (8 m.) Wyznacz liczbę milimoli jonów **Z** w kolbie **Q**. Przedstaw odpowiedni wzór i wyjaśnij wszystkie jego elementy oraz podaj jednostki.
- (8 m.) Wyznacz liczbę milimoli jonów **Y** w kolbie **Q**. Przedstaw odpowiednie wzory i wyjaśnij wszystkie jego elementy oraz podaj jednostki.
- (8 m.) Oblicz liczbę milimoli anionów **T** w kolbie **Q**. Przedstaw odpowiedni wzór i wyjaśnij wszystkie jego elementy oraz podaj jednostki.
- (8 m.) Podaj przy jakim stężeniu jonów **T** zaczną wytrącać się osady chromianu srebra, jeżeli stężenie wskaźnika wynosi $0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Wyprowadź niezbędne wzory. Iloczyn rozpuszczalności soli AgT wynosi $1,6 \cdot 10^{-10}$, natomiast chromianu srebra $2,5 \cdot 10^{-12}$.
- (12 m.) Ustal skład trzech soli obecnych w kolbie **Q** (wzory sumaryczne). Odpowiedź uzasadnij. Podaj liczbę milimoli soli złożonych z jonów **Y**, **Z** oraz **T**, **W**.

UWAGA! Wynik obliczeń podaj z dokładnością dwóch miejsc po przecinku.

Gospodaruj oszczędnie roztworami, dolewki nie są możliwe.

Obejrzyj uważnie arkusz odpowiedzi. Zaplanuj i wpisz rozwiązanie tak, by mieściło się w wyznaczonym miejscu. Podaj skróty stosowane w arkuszu odpowiedzi.

Tekst oraz równania reakcji chemicznych napisane poza wyznaczonym miejscem nie będą sprawdzane!

Pamiętaj o zachowaniu zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania analiz!

Zadanie 1 – 64 m, zadanie 2 – 60 m.

Sumaryczna punktacja za zadania laboratoryjne 25 pkt. + 35 pkt. = 60 pkt.

Rozwiązania zadań laboratoryjnych

Zadanie 1.

Przykładowe rozmieszczenie jonów.

Nr próbówki	Kation	Rodzaj jonu
1	X	Bi^{3+}
2	Y	Pb^{2+}
3	Z	Cd^{2+}

Nr próbówki	Anion	Rodzaj jonu
4	T	Cl^-
5	U	NO_3^-
6	W	CH_3COO^-

Przykładowe rozmieszczenie wskaźników kompleksometrycznych.

Ampułka	Wskaźnik
A	Oranż ksylenolowy OKS
B	Kalces KAL

Ampułka	Wskaźnik
C	Czerń eriochromowa T CZT
D	Mureksyd MUR

ad a) Badane roztwory, zawierające kationy pochodzące od metali ciężkich, są bezbarwne. Możliwe jest, że są tu jony Bi^{3+} , Hg^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Sn^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} . Kwasy, które rozpuszczają te metale to kwas azotowy(V) (Bi, Hg, Pb, Zn, Cd, Ba, Sr), kwas chlorowodorowy (Zn, Cd, Sn, Ba, Sr), kwas octowy (Pb, Zn, Cd, Ba, Sr), kwas siarkowy(VI) (Zn, Cd, Sn). Sole hydrolizujące (roztwory wymagające zakwaszenia) to sole bizmutu i cyny (próbówka 1).

ad b) Identyfikacja jonów - kationy

Próba z H_2SO_4

Tylko z próbówką 2 strąca się krystaliczny, biały osad (prawdopodobnie Ba^{2+} , Sr^{2+} , Pb^{2+}).

Próba z NaOH

Strącają się białe osady (eliminacja Hg^{2+} , bo $\text{Hg}(\text{OH})_2$ jest żółty, oraz Ba^{2+} , bo $\text{Ba}(\text{OH})_2$ nie daje osadu). Dla próbek 1 i 3 osady są nierozpuszczalne w nadmiarze odczynnika strącającego (możliwe Bi^{3+} , Cd^{2+}). Dla próbówki 2 osad rozpuszcza się w nadmiarze odczynnika strącającego (możliwe Pb^{2+} , Zn^{2+} , Sn^{2+}), ale nie rozpuszcza się w amoniaku (możliwe Pb^{2+} , Sn^{2+} , brak Zn^{2+}).

Próba z NH_3

Strącają się białe osady, nierozpuszczalne w nadmiarze odczynnika strącającego dla próbek 1 i 2 (możliwe Bi^{3+} , Pb^{2+}), rozpuszczane w nadmiarze odczynnika strącającego dla próbówki 3 (możliwe Zn^{2+} , Cd^{2+} , Sn^{2+}).

Próba z KI

Dla próbówki 1 strąca się ciemnobrunatny osad, rozpuszczalny w nadmiarze odczynnika strącającego tworząc pomarańczowy roztwór (typowa reakcja dla Bi^{3+}), metal X. W przypadku próbówki 2 strącany osad ma barwę żółtą (charakterystyczne dla Pb^{2+}), metal Y. Osad nie rozpuszcza się jednak w nadmiarze odczynnika (10% KI !!!). Z próbówką 3 osad nie strąca się (Cd^{2+} , brak Sn^{2+}), metal Z. Brak czerwonego osadu, charakterystycznego dla HgI_2 , potwierdza nieobecność Hg^{2+} .

Próba z K_2CrO_4

We wszystkich próbkach strąca się żółty osad. Osad w próbówce 2 jest rozpuszczalny w NaOH (możliwy Pb^{2+} , brak Sr^{2+} bo tylko ze stężonych roztworów, brak Ba^{2+} , Sn^{2+} , Zn^{2+}).

ad b) Identyfikacja jonów - anionyPróba z BaCl_2

W reakcji BaCl_2 z probówkami **4**, **5** i **6** osad nie wytrąca się, a zatem nie ma jonów siarczanowych.

Próba z H_2SO_4

W reakcji kwasu siarkowego z probówkami **4**, **5** i **6** jedynie dla próbki **6** czuć zapach octu (jony octanowe), zgodnie z arkuszem odpowiedzi anion **W**.

Próba z AgNO_3

Pozytywny wynik próby daje jedynie próbka **4**. Strąca się biały, serowaty osad rozpuszczalny w amoniaku (po wyeliminowaniu SO_4^{2-} w próbie z BaCl_2 możliwe tylko Cl^-), anion **T**. Reaguje zgodnie z przepisem wykonawczym 5 z zadania 2.

Negatywny wynik prób z BaCl_2 i AgNO_3 dla próbki **5** pozwala stwierdzić, że znajdują się tu jony azotanowe(V), anion **U**.

Próba z $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$

W reakcji z roztworem z próbki **6** tworzy się czerwone zabarwienie (kompleks octanowy żelaza(III)). Potwierdza to obecność jonów octanowych w próbce **6**.

ad c) Posiłkując się przepisami wykonawczymi oraz roztworami z zadania 2 można stwierdzić, że OKS znajduje się w ampułce **A** – czerwono pomarańczowa barwa z azotanem(V) ołowiu, wolny wskaźnik żółty, w środowisku kwaśnym tworzy czerwonomalinowy kompleks z jonami bizmutu, po dodaniu EDTA zmienia barwę na żółtą.

KAL tworzy z jonami wapnia czerwono fioletowy kompleks w środowisku 0,1 M NaOH. Po dodaniu EDTA zmienia zabarwienie na błękitne. Ma to miejsce dla ampułki **B**.

CZT tworzy z jonami kadmu i ołowiu w środowisku słabo alkalicznym kompleksy czerwono fioletowe, wolny wskaźnik jest niebieski, zmienia barwę po zakwaszeniu lub dodaniu NaOH. Fioletowy kompleks wskaźnika z jonami miedzi w środowisku amoniakalnym nie odbarwia się po dodaniu EDTA. Tak zachowuje się substancja z ampułki **C**.

W ampułce **D** jest MUR, który tworzy z jonami miedzi w środowisku amoniakalnym czerwono brunatny kompleks, który po dodaniu EDTA zmienia zabarwienie na fioletowe. Z jonami wapnia w środowisku 0,1 M NaOH tworzy kompleks o barwie różowej, natomiast wolny wskaźnik jest fioletowy.

Zadanie 2.

ad a) Zgodnie z pierwszym przepisem wykonawczym oznaczane są jony bizmutu (**X**), środowisko o odczynie kwaśnym (pH ok. 1,5). Wskaźnikiem w miareczkowaniu jest oranż ksylenolowy, substancja z ampułki **A**.

Na zmiareczkowanie 25,00 cm³ próbki z kolby **P** zużyto średnio $V_1 = 12,65$ cm³ roztworu EDTA o stężeniu 0,0198 mol/dm³. Liczba milimoli jonów bizmutu w kolbie **P** wynosi:

$$n_{\text{Bi}} = V_1 \cdot c_{\text{EDTA}} \cdot 4 = 12,65 [\text{cm}^3] \cdot 0,0198 [\text{mmol/cm}^3] \cdot 4 [100/25] = 1,00 \text{ mmol}$$

Przepis 2 pozwala na oznaczenie jonów ołowiu (**Y**) środowisko niemal obojętne. Wskaźnikiem w miareczkowaniu jest oranż ksylenolowy, substancja z ampułki **A**.

Na zmiareczkowanie 25,00 cm³ próbki z kolby **P** zużyto średnio $V_2 = 16,65$ cm³ roztworu EDTA o stężeniu 0,0198 mol/dm³. Liczba milimoli jonów ołowiu w kolbie **P** wynosi:

$$n_{\text{Pb}} = V_2 \cdot c_{\text{EDTA}} \cdot 4 = 16,65 [\text{cm}^3] \cdot 0,0198 [\text{mmol/cm}^3] \cdot 4 [100/25] = 1,32 \text{ mmol}$$

ad b) Przepis 4 dotyczy odmiareczkowania nadmiaru dodanego roztworu ołowiu (część przereagowała z uwolnionym EDTA z kompleksu Cd-EDTA), co pozwala obliczyć liczbę milimoli jonów kadmu (**Z**). Dodatek do roztworu po drugim miareczkowaniu 1,10-fenantroliny powoduje związanie jonów kadmu w kompleks trwalszy niż z EDTA. Uwolniony EDTA reaguje z mianowanym roztworem azotan(V) ołowiu, nadmiar ołowiu odmiareczkowany jest mianowanym roztworem EDTA. Dodano 20,00 cm³ roztworu Pb(NO₃)₂ o stężeniu 0,0206 mol/dm³.

Na zmiareczkowanie zużyto średnio $V_4 = 10,10$ cm³ roztworu EDTA o stężeniu 0,0198 mol/dm³. Liczba milimoli jonów kadmu w kolbie **P** wynosi:

$$\begin{aligned} n_{\text{Cd}} &= (V_{\text{Pb(NO}_3)_2} \cdot c_{\text{Pb(NO}_3)_2} - V_4 \cdot c_{\text{EDTA}}) \cdot 8 = \\ &= (20,00 [\text{cm}^3] \cdot 0,0206 [\text{mmol/cm}^3] - 10,10 [\text{cm}^3] \cdot 0,0198 [\text{mmol/cm}^3]) \cdot 8 [200/25] = 1,70 \text{ mmol} \end{aligned}$$

ad c) Według przepisu 3 oznaczana jest łączna liczba milimoli jonów ołowiu (**Y**) i kadmu (**Z**), środowisko słabo kwaśne (pH 5-6). Do roztworu pobranego z kolby **Q** dodaje się urotropiny. Na zmiareczkowanie zużyto średnio $V_3 = 25,25$ cm³ roztworu EDTA o stężeniu 0,0198 mol/dm³. Łączna liczba milimoli jonów ołowiu i kadmu w kolbie **Q** wynosi:

$$n_{\text{Pb+Cd}} = V_3 \cdot c_{\text{EDTA}} \cdot 8 = 25,25 [\text{cm}^3] \cdot 0,0198 [\text{mmol/cm}^3] \cdot 8 [200/25] = 4,00 \text{ mmol}$$

Liczba milimoli jonów ołowiu (**Y**) wynosi:

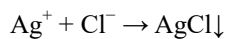
$$n_{\text{Pb}} = n_{\text{Pb+Cd}} - n_{\text{Cd}} = 4,00 [\text{mmol}] - 1,70 [\text{mmol}] = 2,30 \text{ mmol}$$

ad d) Przepis 5 przedstawia sposób oznaczania jonów chlorkowych (**T**). Tytrantem jest mianowany roztwór azotan(V) srebra, a wskaźnikiem jony chromianowe. W punkcie końcowym miareczkowania następuje zmiana barwy z żółtej na lekko pomarańczową od powstającego Ag₂CrO₄. Ponieważ chromiany ołowiu i kadmu tworzą barwne osady, muszą być usunięte z roztworu przez odsączenie. Optymalne pH przy oznaczaniu chlorków tą metodą mieści się w zakresie 6-10, a roztwór w kolbie **Q** jest lekko kwaśny, konieczne jest doprowadzenie do właściwego pH za pomocą rozcieńczonego roztworu NaOH.

Na zmiareczkowanie $25,00 \text{ cm}^3$ próbki z kolby **Q** zużyto średnio $V_5 = 8,15 \text{ cm}^3$ roztworu AgNO_3 o stężeniu $0,0521 \text{ mol/dm}^3$. Liczba milimoli jonów chlorkowych w kolbie **Q** wynosi:

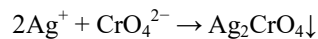
$$n_{\text{Cl}} = n_{\text{Cl}} = V_5 \cdot c_{\text{AgNO}_3} \cdot 8 = 8,15 [\text{cm}^3] \cdot 0,0521 [\text{mmol/cm}^3] \cdot 8 [200/25] = 3,40 \text{ mmol}$$

ad e) W metodzie Mohra oznaczania chlorków Ag_2CrO_4 zaczyna się strącać, gdy oba osady są w równowadze z jonami srebra:



$$K_{\text{AgCl}} = [\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-]$$

$$\rightarrow [\text{Ag}^+] = \frac{K_{\text{AgCl}}}{[\text{Cl}^-]}$$



$$K_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4} = [\text{Ag}^+]^2 [\text{CrO}_4^{2-}] \rightarrow [\text{Ag}^+] = \sqrt{\frac{K_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4}}{[\text{CrO}_4^{2-}]}}$$

Stąd

$$\frac{K_{\text{AgCl}}}{[\text{Cl}^-]} = \sqrt{\frac{K_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4}}{[\text{CrO}_4^{2-}]}} \rightarrow [\text{Cl}^-] = \frac{K_{\text{AgCl}}}{\sqrt{\frac{K_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4}}{[\text{CrO}_4^{2-}]}}} = \frac{1,6 \cdot 10^{-10}}{\sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^{-12}}{0,01}}} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

ad f) Z oznaczenia liczby moli ołowiu i kadmu oraz liczby moli jonów chlorkowych widać, że jedynie dla kadmu i chlorków stosunek ten wynosi 1:2. Tak więc w kolbie **Q** znajduje się CdCl_2 . W kwasie octowym rozpuszcza się ołów. Tak więc pozostałe sole to CH_3COONa i $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$.

Próbka **Q** zawiera więc 2,30 mmola octanu ołowiu i 1,70 mmola chlorku kadmu.