

JAKOŚCIOWA ANALIZA KATIONÓW

WSTĘP

Podstawą chemicznej analizy jakościowej identyfikacja kationów i anionów wchodzących w skład badanej substancji w oparciu o wyniki przeprowadzonych reakcji, w których obserwuje się rozpuszczanie lub wytrącanie osadów, zabarwienie się mieszaniny reakcyjnej na odpowiedni kolor bądź wydzielanie gazu. Znajomość charakterystycznych reakcji, jakim ulegają kationy i aniony, pozwala zatem, przy użyciu odpowiednich odczynników, przeprowadzić analizę jakościową badanej substancji.

Kationy i aniony zostały podzielone na grupy analityczne (kationy - na 5 grup; aniony - na 7 grup). Kryterium tego podziału jest podobny wynik reakcji - wytrącenie trudno rozpuszczalnego osadu - z tzw. odczynnikiem grupowym. Odczynniki grupowe są podstawą systematycznej analizy jakościowej umożliwiając wykazanie obecności w badanej mieszaninie jednego, bądź większej liczby jonów danej grupy, lub w przypadku negatywnej reakcji wykluczyć ich obecność. Umożliwiają również oddzielenie jonów danej grupy od innych, a następnie, w wyniku przeprowadzenia dodatkowych reakcji charakterystycznych, ostateczną identyfikację kationu bądź anionu.

Obecnie w analizie jakościowej znalazło zastosowanie wiele metod fizykochemicznych, na co pozwolił intensywny rozwój metod instrumentalnych w chemii w ciągu ostatnich lat. Znajomość podstawowych zagadnień klasycznej analizy chemicznej jest jednak w wielu przypadkach niezastąpiona i w znacznym stopniu ułatwia zrozumienie właściwości pierwiastków.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie z podstawowymi reakcjami charakterystycznymi wybranych 16 kationów i 10 anionów.

Na wstępie, korzystając z próbek i płytek do reakcji kroplowych, należy wykonać reakcje opisane w poniższych tabelach, zapisując w dzienniku laboratoryjnym własne obserwacje. Przeprowadzone doświadczenia ułatwią następnie wykonanie analizy jakościowej na zawartość kationów i anionów w roztworach substancji otrzymanych od asystenta.

CHARAKTERYSTYCZNE REAKCJE WYBRANYCH KATIONÓW

Kation	Reakcje z wybranymi odczynnikami			
	1. H ₂ SO ₄ 2. HCl	NaOH	NH ₄ OH	Reakcje uzupełniające
Ag ⁺	$2Ag^+ + SO_4^{2-} \rightarrow \downarrow Ag_2SO_4$ biały osad $Ag^+ + Cl^- \rightarrow \downarrow AgCl$ biały osad	$2Ag^+ + 2OH^- \rightarrow \downarrow Ag_2O + H_2O$ brunatny osad	$2Ag^+ + 2OH^- \rightarrow \downarrow Ag_2O + H_2O$ brunatny osad rozpuszczalny w nadmiarze odczynnika: $Ag_2O + 4NH_4OH \rightarrow 2Ag(NH_3)_2^+ + 2OH^- + 3H_2O$	1. $2Ag^+ + CrO_4^{2-} \rightarrow \downarrow Ag_2CrO_4$ brunatno-czerwony osad 2. $Ag^+ + I^- \rightarrow \downarrow AgI$ - żółty osad 3. $2Ag^+ + Cu^0 \rightarrow Cu^{2+} + \downarrow 2Ag^0$
Hg ₂ ²⁺	$Hg_2^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow \downarrow Hg_2SO_4$ biały osad; wytrąca się ze stężonych roztworów $Hg_2^{2+} + 2Cl^- \rightarrow \downarrow Hg_2Cl_2$ biały osad	$Hg_2^{2+} + 2OH^- \rightarrow \downarrow Hg_2O + H_2O$ czarny osad $\downarrow Hg_2O \rightarrow \downarrow HgO + \downarrow Hg$ czarny	$2Hg_2(NO_3)_2 + 4NH_4OH \rightarrow 3NH_4NO_3 + 3H_2O + H_2 + \begin{matrix} Hg \\ \diagdown \quad \diagup \\ NH_2NO_3 \\ \diagup \quad \diagdown \\ Hg \end{matrix} + 2\downarrow Hg$ biały osad azotanu aminortęci(II) i metaliczna rtęć (w sumie szaroczarny osad)	1. $Hg_2^{2+} + CrO_4^{2-} \rightarrow \downarrow Hg_2CrO_4$ brunatno-czerwony 2. $Hg_2^{2+} + 2I^- \rightarrow \downarrow Hg_2I_2$ - żółto-zielony osad rozpuszczalny w nadmiarze odczynnika: $\downarrow Hg_2I_2 + 2I^- \rightarrow HgI_4^{2-} + \downarrow Hg$ bezbardwy związek kompleksowy rtęci(II)
Pb ²⁺	$Pb^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow \downarrow PbSO_4$ biały osad $Pb^{2+} + 2Cl^- \rightarrow \downarrow PbCl_2$ biały osad	$Pb^{2+} + 2OH^- \rightarrow \downarrow Pb(OH)_2$ biały osad rozpuszczalny w nadmiarze odczynnika: $\downarrow Pb(OH)_2 + 2OH^- \rightarrow Pb(OH)_4^{2-}$ i rozpuszczalny również w kwasach: $\downarrow Pb(OH)_2 + 2H^+ \rightarrow Pb^{2+} + 2H_2O$	$Pb^{2+} + 2OH^- \rightarrow \downarrow Pb(OH)_2$ biały osad nie rozpuszczalny w nadmiarze odczynnika	1. $Pb^{2+} + CrO_4^{2-} \rightarrow \downarrow PbCrO_4$ żółty osad 2. $Pb^{2+} + 2I^- \rightarrow \downarrow PbI_2$ - żółty osad rozpuszczalny w nadmiarze odczynnika: $\downarrow PbI_2 + 2I^- \rightarrow PbI_4^{2-}$
Ba ²⁺	$Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow \downarrow BaSO_4$ biały osad z HCl reakcja nie zachodzi	reakcja nie zachodzi	reakcja nie zachodzi	1. sole baru barwią płomień palnika na kolor zielony 2. $Ba^{2+} + CrO_4^{2-} \rightarrow \downarrow BaCrO_4$ żółty osad 3. $Ba^{2+} + C_2O_4^{2-} \rightarrow \downarrow BaC_2O_4$ anion biały osad szczawianowy
Ca ²⁺	$Ca^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow \downarrow CaSO_4$ biały osad, który strąca się tylko ze stężonych roztworów zawierających kationy Ca ²⁺ z HCl reakcja nie zachodzi	reakcja nie zachodzi pojawiający się niekiedy biały osad jest węglanem wapnia, co jest spowodowane pochłanianiem CO ₂ z powietrza przez roztwór NaOH	reakcja nie zachodzi pojawiający się niekiedy biały osad jest węglanem wapnia, co jest spowodowane pochłanianiem CO ₂ z powietrza przez roztwór NH ₄ OH	1. sole wapnia barwią płomień palnika na kolor ceglasty 2. $Ca^{2+} + C_2O_4^{2-} \rightarrow \downarrow CaC_2O_4$ anion biały osad szczawianowy
Hg ²⁺	z H ₂ SO ₄ reakcja nie zachodzi z HCl reakcja nie zachodzi	$Hg^{2+} + 2OH^- \rightarrow \downarrow HgO + H_2O$ żółty osad (rozpuszczalny w kwasach; wytrąca się więc z niezbyt zakwaszonych roztworów Hg ²⁺)	$Hg^{2+} + 2Cl^- + 2NH_4OH \rightarrow \downarrow HgNH_2Cl + NH_4^+ + Cl^- + H_2O$; amoniak z chlorkiem rtęci(II) daje biały osad chlorku aminortęci(II), natomiast z azotanem rtęci(II) daje biały osad azotanu aminortęci(II): $2Hg^{2+} + 4NO_3^- + 4NH_4OH \rightarrow \downarrow Hg_2ONH_2NO_3 + 3NH_4^+ + 3NO_3^- + 3H_2O$	1. $Hg^{2+} + CrO_4^{2-} \rightarrow \downarrow HgCrO_4$ czerwonobrunatny osad 2. $Hg^{2+} + 2I^- \rightarrow \downarrow HgI_2$ czerwony osad rozpuszczalny w nadmiarze odczynnika: $\downarrow HgI_2 + 2I^- \rightarrow HgI_4^{2-}$ bezbardwy 3. $Hg^{2+} + Cu^0 \rightarrow Hg^0 + Cu^{2+}$

Kation	Reakcje z wybranymi odczynnikami			
	1. H ₂ SO ₄ 2. HCl	NaOH	NH ₄ OH	Reakcje uzupełniające
Cu ²⁺	z H ₂ SO ₄ reakcja nie zachodzi z HCl reakcja nie zachodzi	Cu ²⁺ +2OH ⁻ → ↓Cu(OH) ₂ niebieski	2Cu ²⁺ +4NO ₃ ⁻ +2NH ₄ OH→ → ↓Cu ₂ (OH) ₂ (NO ₃) ₂ +2NH ₄ ⁺ +2NO ₃ ⁻ niebieski osad rozpuszczalny w nadmiarze odczynnika: ↓Cu ₂ (OH) ₂ (NO ₃) ₂ +8NH ₄ OH → 2Cu(NH ₃) ₄ ²⁺ +2NO ₃ ⁻ +2OH ⁻	1. lotne sole miedzi barwią płomień palnika na kolor zielony 2. 2Cu ²⁺ +4I ⁻ → ↓2CuI ₂ (czarny)→ → ↓Cu ₂ I ₂ (biały)+I ₂ (brunatny) czarny osad CuI ₂ wytrąca się tylko ze stężonych roztworów, związek rozkłada się na biały osad jodku miedzi(I) i wolny jod zabarwiający roztwór na kolor brunatny 3. 2Cu ²⁺ +Fe(CN) ₆ ⁴⁻ → → ↓Cu ₂ [Fe(CN) ₆] czerwonobrunatny osad
Zn ²⁺	z H ₂ SO ₄ reakcja nie zachodzi z HCl reakcja nie zachodzi	Zn ²⁺ +2OH ⁻ → ↓Zn(OH) ₂ biały osad rozpuszczalny w nadmiarze odczynnika: ↓Zn(OH) ₂ +2OH ⁻ → → Zn(OH) ₄ ²⁻ i rozpuszczalny również w kwasach: ↓Zn(OH) ₂ +2H ⁺ → → Zn ²⁺ +2H ₂ O	Zn ²⁺ +2OH ⁻ → ↓Zn(OH) ₂ biały osad rozpuszczalny w nadmiarze odczynnika: ↓Zn(OH) ₂ +6NH ₄ OH→ → Zn(NH ₃) ₆ ²⁺ +2OH ⁻ +6H ₂ O	1. 2Zn ²⁺ +Fe(CN) ₆ ⁴⁻ → → ↓Zn ₂ [Fe(CN) ₆] - biały osad 2. 3Zn ²⁺ +2Fe(CN) ₆ ³⁻ → → ↓Zn ₃ [Fe(CN) ₆] ₂ - żółty osad
Cr ³⁺	z H ₂ SO ₄ reakcja nie zachodzi z HCl reakcja nie zachodzi	Cr ³⁺ +3OH ⁻ → ↓Cr(OH) ₃ szarofioletowy osad rozpuszczalny w nadmiarze odczynnika: ↓Cr(OH) ₃ +OH ⁻ → → Cr(OH) ₄ ⁻ i rozpuszczalny również w kwasach: ↓Cr(OH) ₃ +3H ⁺ → → Cr ³⁺ +3H ₂ O	Cr ³⁺ +3OH ⁻ → ↓Cr(OH) ₃ szarofioletowy osad rozpuszczal stężonego amoniaku, w obecności soli amonowych: ↓Cr(OH) ₃ +3NH ₄ OH+ +3NH ₄ Cl→ → [Cr(NH ₃) ₆]Cl ₃ +6H ₂ O w wyniku czego otrzymuje się czerwony roztwór soli kompleksowej	1. 2Cr ³⁺ +10OH ⁻ +3H ₂ O ₂ → → 2CrO ₄ ²⁻ +8H ₂ O żółte zabarwienie roztworu 2. jony CrO ₄ ²⁻ dają barwne osady z niektórymi kationami (patrz wyżej)
Fe ²⁺	z H ₂ SO ₄ reakcja nie zachodzi z HCl reakcja nie zachodzi	Fe ²⁺ +2OH ⁻ → ↓Fe(OH) ₂ szarozielonkawy osad na powietrzu utleniający się powoli do czerwonobrunatnego wodorotlenku żelaza(III): ↓4Fe(OH) ₂ +O ₂ +2H ₂ O→ ↓4Fe(OH) ₃		1. 2Fe ²⁺ +Fe(CN) ₆ ⁴⁻ → → ↓Fe ₂ [Fe(CN) ₆] - biały osad wytrącający się w atmosferze pozbawionej tlenu 2. 3Fe ²⁺ +2Fe(CN) ₆ ³⁻ → → ↓Fe ₃ [Fe(CN) ₆] ₂ ciemnoniebieski osad; tzw. błękit Turnbulla 3. Fe ²⁺ +NH ₄ OH+dwumetyloglioksym → intensywnie czerwone zabarwienie związku kompleksowego
Fe ³⁺	z H ₂ SO ₄ reakcja nie zachodzi z HCl reakcja nie zachodzi	Fe ³⁺ +3OH ⁻ → ↓Fe(OH) ₃ czerwonobrunatny osad		1. 4Fe ³⁺ +3Fe(CN) ₆ ⁴⁻ → → ↓Fe ₄ [Fe(CN) ₆] ₃ ciemnoniebieski osad; tzw. błękit Pruski 2. Fe ³⁺ +3CNS ⁻ →Fe(CNS) ₃ krwistoczerwone zabarwienie słabo zdysocjowanego rodunku żelaza(III)

Kation	Reakcje z wybranymi odczynnikami			
	1. H ₂ SO ₄ 2. HCl	NaOH	NH ₄ OH	Reakcje uzupełniające
Ni ²⁺	z H ₂ SO ₄ reakcja nie zachodzi z HCl reakcja nie zachodzi	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \downarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$ jasnozielony	$\text{NiCl}_2 + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \downarrow \text{Ni}(\text{OH})\text{Cl}$ wytrąca się słabo widoczny zielonkawy osad wodoro-tlenosoli rozpuszczalny w nadmiarze amoniaku z utworzeniem szafirowo-fioletowego jonu kompleksowego: $\downarrow \text{Ni}(\text{OH})\text{Cl} + 6\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \rightarrow \text{Ni}(\text{NH}_3)_6^{2+} + \text{OH}^- + \text{Cl}^- + 6\text{H}_2\text{O}$	1. $\text{Ni}^{2+} + \text{NH}_4\text{OH} + \text{dwumetyloglioksym} \rightarrow$ różowo zabarwiony osad związku kompleksowego
Mg ²⁺	z H ₂ SO ₄ reakcja nie zachodzi z HCl reakcja nie zachodzi	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \rightarrow \downarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$ biały galaretowaty osad	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \rightarrow \downarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$ biały galaretowaty osad (w obecności dużych ilości jonów NH ₄ ⁺ osad nie strąca się)	1. $\text{Mg}^{2+} + 1 \text{ kropla } \text{NH}_4\text{OH}_{\text{st.}} + 8\text{-hydroksychinolina} \rightarrow \rightarrow \downarrow \text{zielonożółty osad związku kompleksowego}$
K ⁺	z H ₂ SO ₄ reakcja nie zachodzi z HCl reakcja nie zachodzi	reakcja nie zachodzi	reakcja nie zachodzi	1. sole potasu barwią płomień palnika na kolor różowofioletkowy 2. $\text{K}^+ + \text{HClO}_4 \rightarrow \downarrow \text{KClO}_4 + \text{H}^+$ biały osad
Na ⁺	z H ₂ SO ₄ reakcja nie zachodzi z HCl reakcja nie zachodzi	reakcja nie zachodzi	reakcja nie zachodzi	1. sole sodu barwią płomień palnika na kolor żółty
NH ₄ ⁺	z H ₂ SO ₄ reakcja nie zachodzi z HCl reakcja nie zachodzi	$\text{NH}_4^+ + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \rightarrow \text{Na}^+ + \text{NH}_4\text{OH}$ $\downarrow \Delta T$ $\uparrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	reakcja nie zachodzi	1. $\text{NH}_4^+ + 2\text{K}_2\text{HgI}_4 + 4\text{KOH} \rightarrow$ odczynnik Nesslera $\rightarrow \downarrow \left[\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{Hg} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{Hg} \quad \text{NH}_2 \end{array} \right] \text{I} + \text{K}^+ + 7\text{KI} + 3\text{H}_2\text{O}$