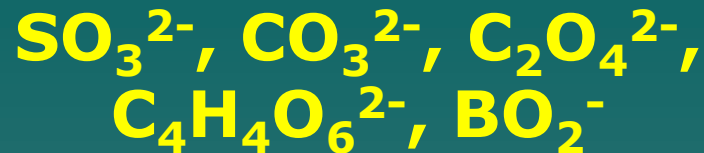


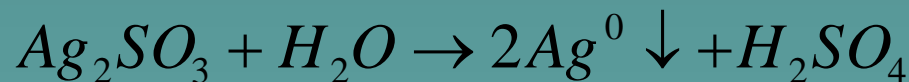
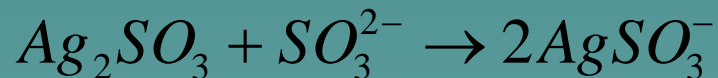
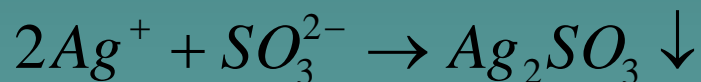
Analiza jakościowa III grupy anionów



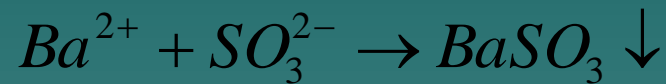
Jon siarczanowy (IV)

Reakcje charakterystyczne jonu SO_3^{2-}

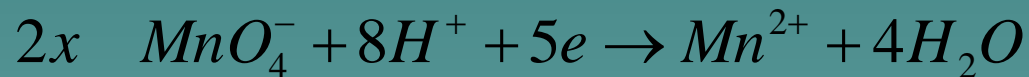
1. Jony Ag^+ wytrącają z roztworów zawierających jony SO_3^{2-} biały osad siarczanu (IV) srebra (I). Osad ten rozpuszcza się w nadmiarze jonów SO_3^{2-} .



2. Jony Ba^{2+} wytrącają z roztworów zawierających jony SO_3^{2-} biały osad siarczanu (IV) baru:



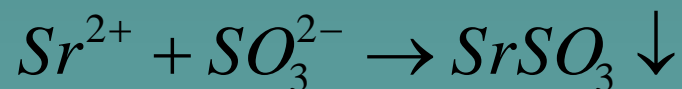
3. Roztwór manganianu (VII) potasu $KMnO_4$ w środowisku kwasowym pod wpływem jonów SO_3^{2-} natychmiast odbarwia się:



4. Kwasy nieutleniające rozkładają siarczany (IV) z wydzieleniem gazowego SO_2 . Gaz ten można wykryć po charakterystycznym zapachu palonej siarki:



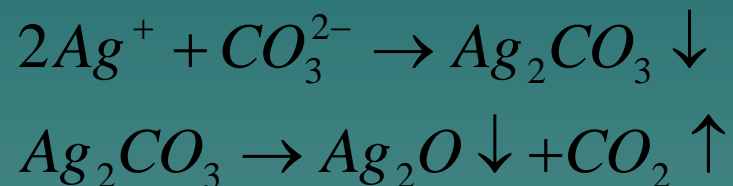
5. Jony Sr^{2+} wytrącają z roztworów zawierających SO_3^{2-} biały osad $SrSO_3$ nierozpuszczalny w kwasie octowym:



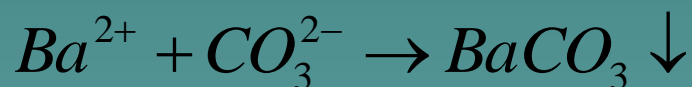
Jon węglanowy

Reakcje charakterystyczne jonu CO_3^{2-}

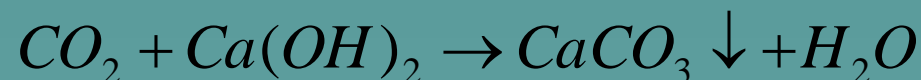
1. Jony Ag^+ wytrącają z roztworów zawierających jony CO_3^{2-} biały osad węglanu srebra (I). Osad ten rozkłada się po ogrzaniu z wydzielaniem CO_2 i brunatnego tlenku srebra (I) Ag_2O :



2. Jony Ba^{2+} wytrącają z roztworów zawierających jon CO_3^{2-} biały osad węglanu baru:



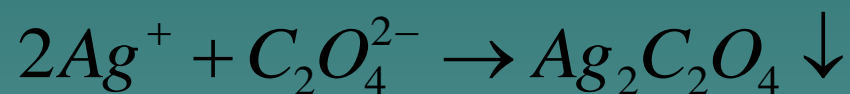
3. Kwasy nieutleniające rozkładają węglany z wydzielaniem gazowego CO_2 :



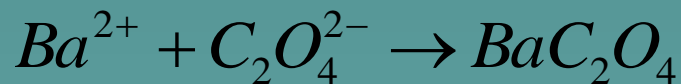
Jon szczawianowy

Reakcje charakterystyczne jonu $C_2O_4^{2-}$

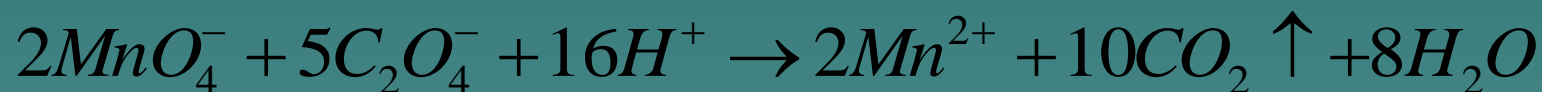
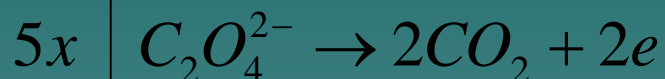
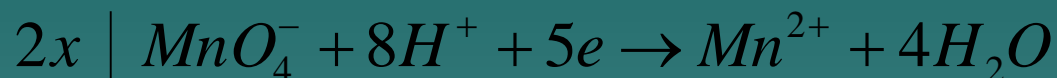
1. Jony Ag^+ wytrącają z roztworów zawierających jony $C_2O_4^{2-}$ biały, serowaty osad szczawianu srebra (I). Osad ten rozpuszcza się w rozcieńczonym HNO_3 i w amoniaku.



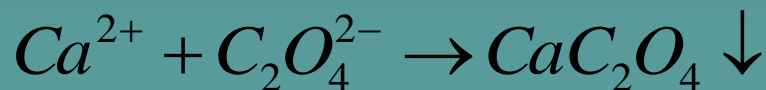
2. Jony Ba^{2+} wytrącają z roztworów zawierających jony $C_2O_4^{2-}$ biały osad szczawianu baru:



3. Roztwór manganianu (VII) potasu KMnO_4 pod wpływem jonów $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ w środowisku kwasowym odbarwia się na gorąco:



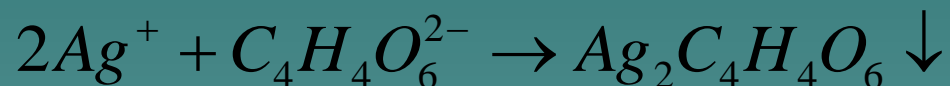
4. Jony Ca^{2+} wytrącają z roztworów zawierających jony $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ biały osad szczawianu wapnia, rozpuszczalny w kwasach mineralnych, nierozpuszczalny w CH_3COOH :



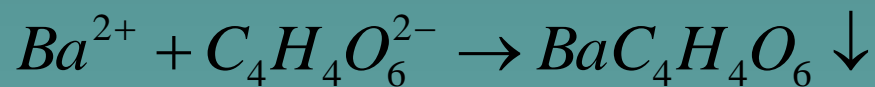
Jon winianowy

Reakcje charakterystyczne jonu $C_4H_4O_6^{2-}$

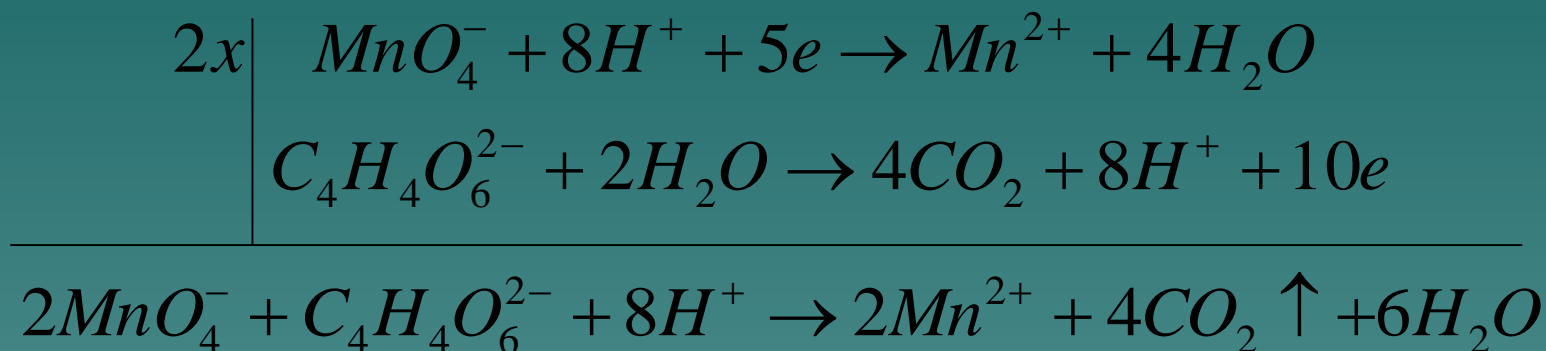
1. Jony Ag^+ wytrącają z roztworów zawierających jony $C_4H_4O_6^{2-}$ biały osad winianu srebra (I). Osad ten rozpuszcza się w rozc. HNO_3 , w amoniaku i w nadmiarze winianu:



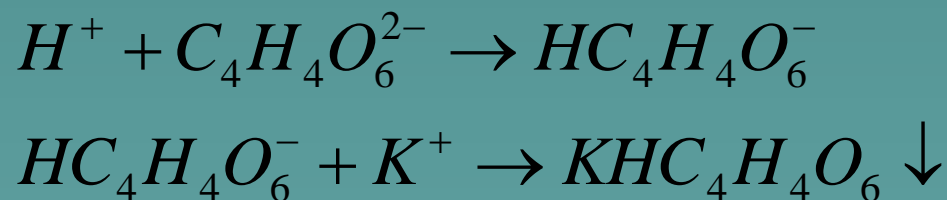
2. Jony Ba^{2+} wytrącają z roztworów zawierających jony $C_4H_4O_6^{2-}$ biały osad winianu wapnia:



3. Roztwór manganianu (VII) potasu KMnO_4 pod wpływem jonów $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$ w środowisku kwasowym odbarwia się na gorąco:



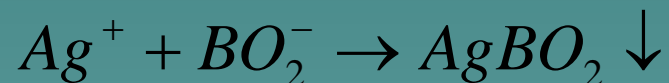
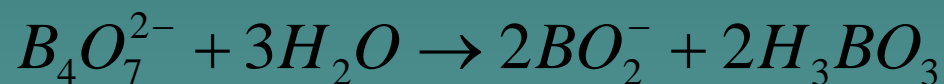
4. Jony K^+ po zakwaszeniu kwasem octowym wytrącają z roztworów zawierających jony $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$ biały krystaliczny osad wodorowinianu potasu rozpuszczalny w kwasach mineralnych.



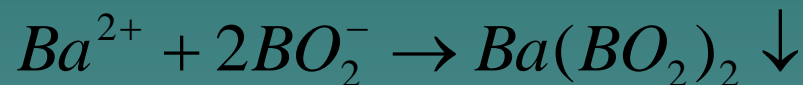
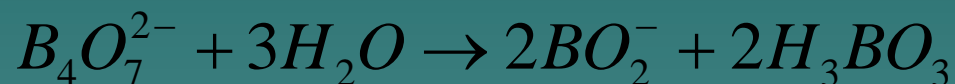
Jon boranowy

Reakcje charakterystyczne jonu BO_2^-

1. Jony Ag^+ wytrącają z roztworów zawierających jony BO_2^- biały osad metaboranu srebra (I), rozpuszczalny w HNO_3 i w amoniaku:



2. Jony Ba^{2+} wytrącają z roztworów zawierających jony BO_2^- biały osad metaboranu baru, rozpuszczalny w rozcieńczonych kwasach mineralnych:



3. Lotne sole boru zabarwiają płomień na kolor zielony.

W przypadku soli nielotnych należy przeprowadzić je w kwas ortoborowy, a następnie w ester metylowy lub etylowy.



S^{2-} , $[Fe(CN)_6]^{4-}$, $[Fe(CN)_6]^{3-}$
aniony innych grup

$Cd(NO_3)_2$
+2M CH_3COOH (pH=3-5)

CdS , $Cd_2[Fe(CN)_6]$, $Cd_3[Fe(CN)_6]_2$

aniony innych grup

HCl (1:1)

H_2S

charakterystyczny
zapach potwierdza
obecność S^{2-}

$Cd_2[Fe(CN)_6]$, $Cd_3[Fe(CN)_6]_2$

6M NaOH (ogrzewanie)

$Cd(OH)_2$

$[Fe(CN)_6]^{4-}$, $[Fe(CN)_6]^{3-}$

zawartość próbki podzielić na
dwie części i osobno sprawdzić na
obecność $[Fe(CN)_6]^{4-}$, $[Fe(CN)_6]^{3-}$

Analiza jakościowa IV grupy anionów

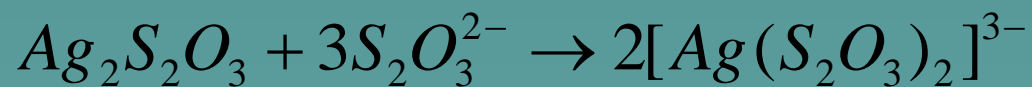
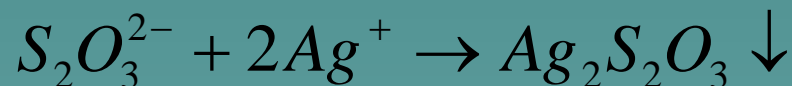
$S_2O_3^{2-}$, CrO_4^{2-} , $Cr_2O_7^{2-}$, PO_4^{3-} ,
 AsO_4^{3-} , AsO_3^{3-}

Jon tiosiarczanowy (VI)

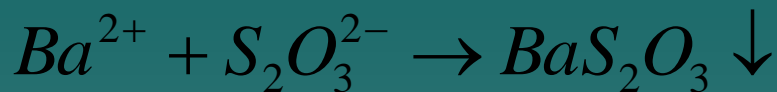


Reakcje charakterystyczne jonu $S_2O_3^{2-}$

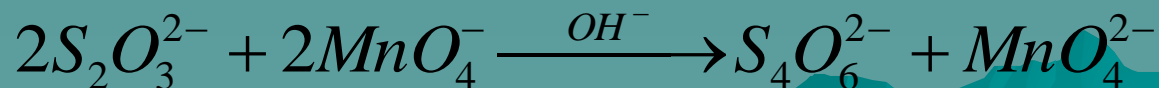
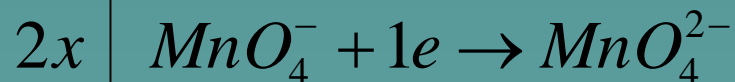
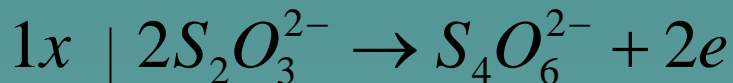
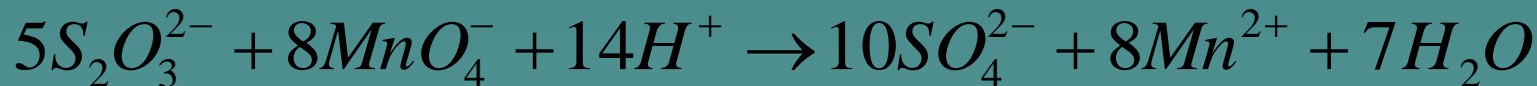
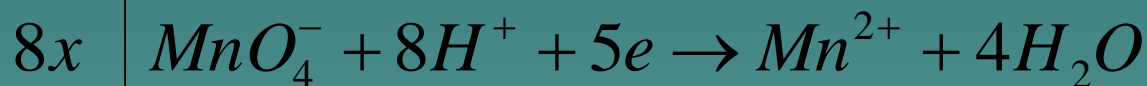
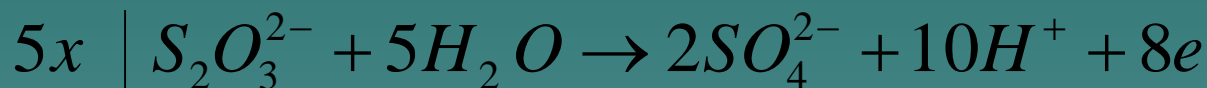
1. Jony Ag^+ wytrącają biały osad tiosiarczanu (VI) srebra (I) $Ag_2S_2O_3$, łatwo rozpuszczalny w nadmiarze tiosiarczanu (VI):



2. Jony Ba^{2+} wytrącają biały, krystaliczny osad tiosiarczanu (VI) baru BaS_2O_3 , łatwo rozpuszczalny w gorącej wodzie i rozcieńczonych kwasach HCl i HNO_3 . Podczas rozpuszczania w kwasach wydziela się siarka:



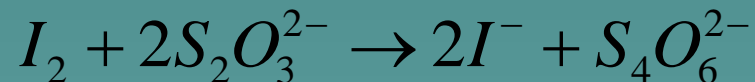
3. Manganian (VII) potasu $KMnO_4$ utlenia jony $S_2O_3^{2-}$ w środowisku kwasowym do jonu SO_4^{2-} , a w środowisku zasadowym do jonu $S_4O_6^{2-}$:



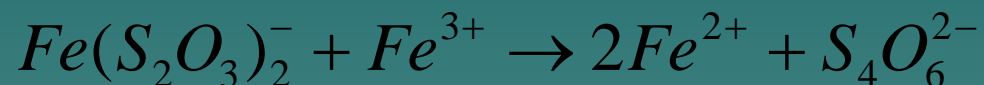
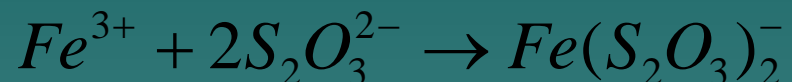
4. Chlor i brom utleniają tiosiarczany (VI) do siarczanów (VI):



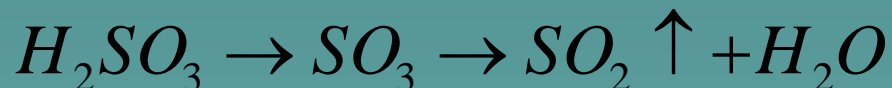
5. Jod utlenia tiosiarczany (VI) do tetrationianu:



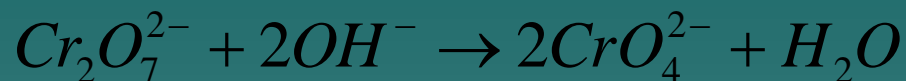
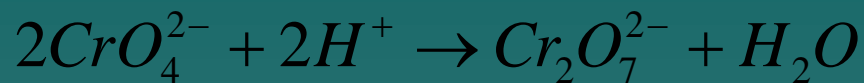
6. Jony Fe^{3+} tworzą z jonami tiosiarczanowymi (VI) związek o barwie fioletowej, który szybko rozkłada się z utworzeniem tetrationianu:



7. Kwasy rozkładają tiosiarczany (VI) z wydzieleniem wolnej siarki i SO_2 :

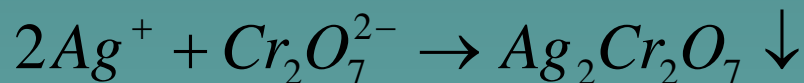
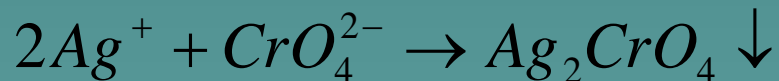


Jon dichromianowy (VI)

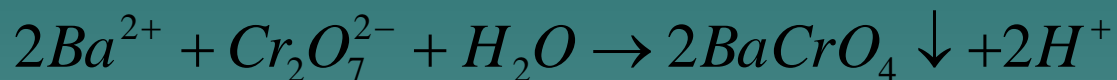
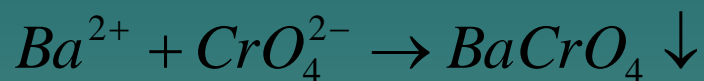


Reakcje charakterystyczne jonów CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

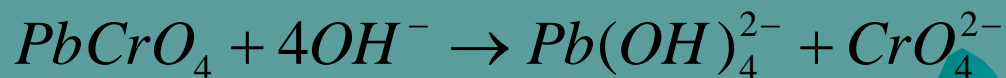
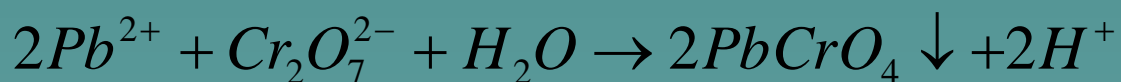
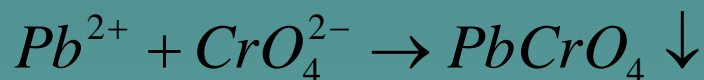
1. Jony Ag^+ wytrącają z roztworów zawierających jony CrO_4^{2-} brunatnoczerwony osad chromianu (VI) srebra (I) łatwo rozpuszczalny w rozcieńczonym HNO_3 , $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, a nierozpuszczalny w CH_3COOH :



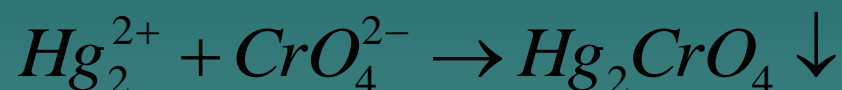
2. Jony Ba⁺ wytrącają z roztworów CrO₄²⁻ lub Cr₂O₇²⁻ żółty osad BaCrO₄, rozpuszczalny w rozcieńczonym HNO₃, HCl, a nierozpuszczalny w CH₃COOH:



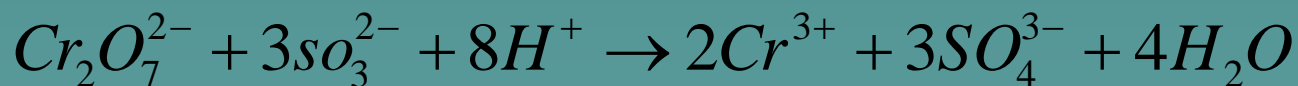
3. Jony Pb²⁺ wytrącają z roztworów CrO₄²⁻ lub Cr₂O₇²⁻ żółty osad PbCrO₄:



4. Jony Hg_2^{2+} wytrącają brunatny, bezpostaciowy osad chromianu (VI) dirtęci (I), przechodzący podczas gotowania w krystaliczny jaskrawoczerwony:



5. Reduktory, np. SO_3^{2-} w środowisku kwasowym redukują CrO_4^{2-} i $Cr_2O_7^{2-}$ do jonów Cr^{3+} , czemu towarzyszy zmiana barwy roztworu z żółtej lub pomarańczowej na fioletową lub zieloną:



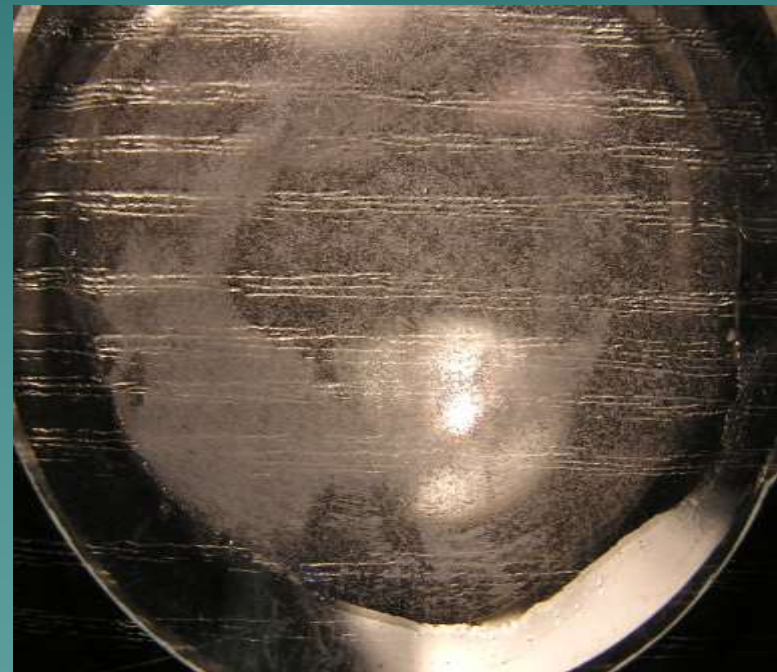
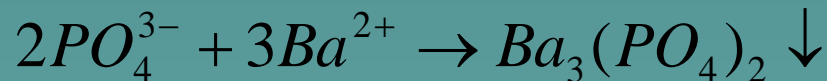
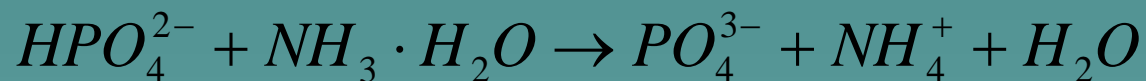
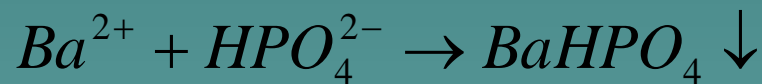
Jon fosforanowy (V)

Reakcje charakterystyczne jonu PO_4^{3-}

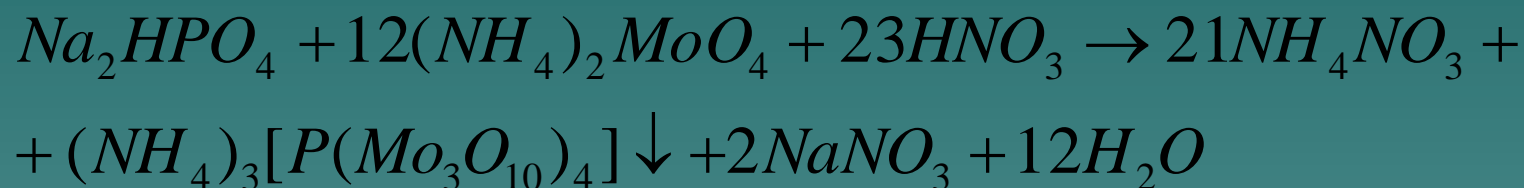
1. Jony Ag^+ wytrącają z obojętnych roztworów żółty osad fosforanu (V) srebra (I) Ag_3PO_4 łatwo rozpuszczalny w HNO_3 , CH_3COOH i w amoniaku:



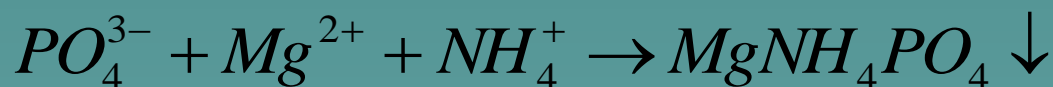
2. Jony Ba^{2+} wytrącają biały bezpostaciowy osad wodorofosforanu (V) baru $BaHPO_4$:



3. Molibdenian (VI) amonu, $(NH_4)_2MoO_4$ w nadmiarze stężonego HNO_3 wytrąca na zimno jasnożółty drobnokrystaliczny osad [trimolibdeniano(VI)] fosforanu (V) triamonu:



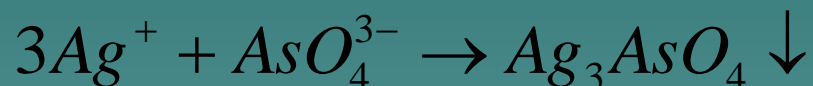
4. Mieszanina magnezowa ($MgCl_2 + NH_3 \cdot H_2O + NH_4Cl$) wytrąca biały krystaliczny osad fosforanu (V) amonu magnezu $MgNH_4PO_4$, rozpuszczalny w kwasach:



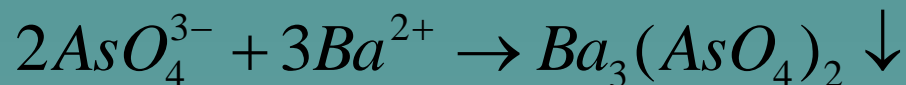
Jon arsenianowy (V)

Reakcje charakterystyczne jonu AsO_4^{3-}

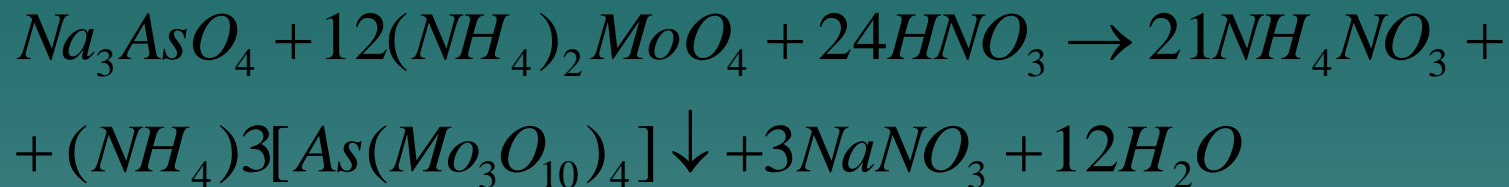
1. Jony Ag^+ wytrącają z obojętnych roztworów czekoladowobrnatny osad arsenianu (V) srebra (I) Ag_3AsO_4 , łatwo rozpuszczalny w HNO_3 , CH_3COOH i w amoniaku:



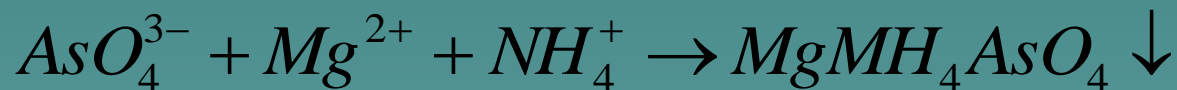
2. Jony Ba^{2+} wytrącają biały bezpostaciowy osad wodor arsenianu (V) baru BaAsO_4 lub arsenianu baru $\text{Ba}_3(\text{AsO}_4)_2$ o właściwościach analogicznych do fosforanu (V) baru:



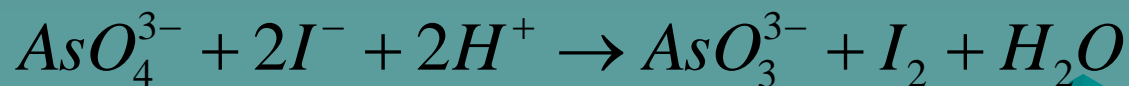
3. Molibdenian (VI) amonu $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ w nadmiarze stężonego HNO_3 wytrąca na gorąco jasnożółty drobnokrystaliczny osad tetrakis[trimolibdeniano(VI)] arsenianu (V) triamonu, podobny do $(\text{NH}_4)_3[\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4]$:



4. Mieszanina magnezowa ($\text{MgCl}_2 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{Cl}$) wytrąca biały krystaliczny osad arsenianu (V) amonu magnezu $\text{MgNH}_4\text{AsO}_4$ rozpuszczalny w kwasach:



5. Jodek potasu KI redukuje arseniany (V) w środowisku kwasowym do arsenianów (III). Reakcji towarzyszy zmiana zabarwienia na brunatne wskutek wydzielenia I_2 :

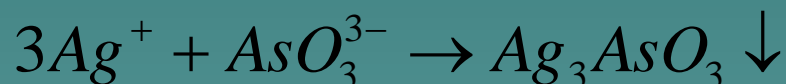


Jon arsenianowy (III)

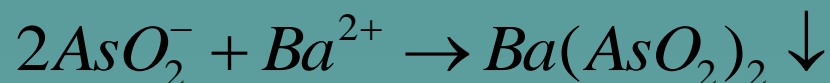


Reakcje charakterystyczne jonu AsO_3^{3-}

1. Jony Ag^+ wytrącają z obojętnych roztworów żółty osad arsenianu (III) srebra (I) Ag_3AsO_3 łatwo rozpuszczalny w HNO_3 , CH_3COOH i w amoniaku:



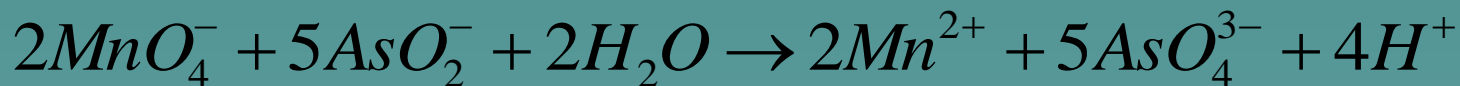
2. Jony Ba^{2+} z obojętnych roztworów nie wytrącają osadu. Dodatek amoniaku powoduje wytrącenie białego osadu metaarsenianu (III) baru $Ba(AsO_2)_2$. Osad łatwo rozpuszcza się w rozcieńczonych kwasach mineralnych i CH_3COOH .



3. I₂, Br₂, Cl₂ utleniają arseniany (III) do arsenianów (V):

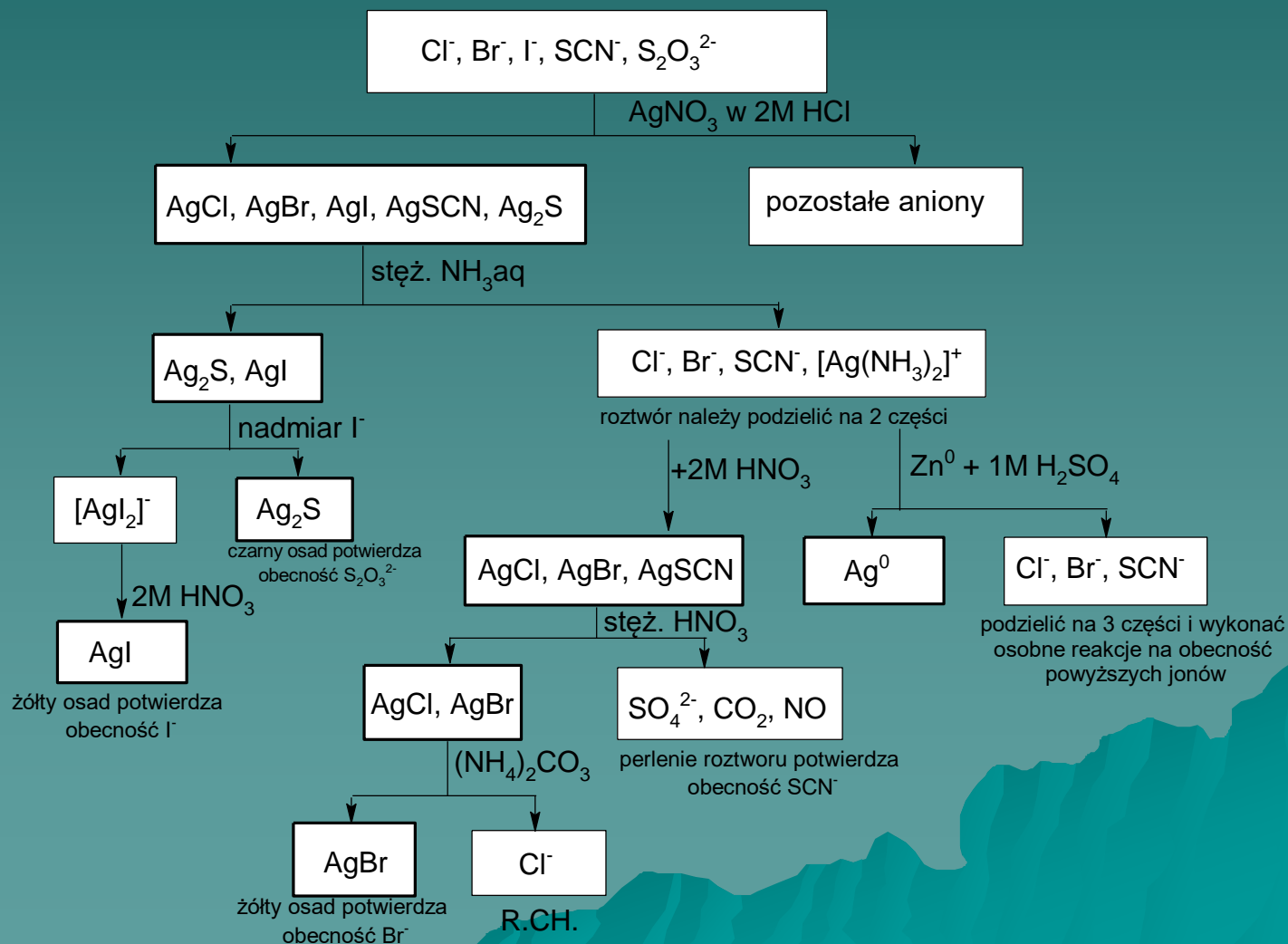


4. Manganian (VII) potasu KMnO₄ utlenia arseniany (III) do arsenianów (V), czemu towarzyszy odbarwienie roztworu:



Systematyczny rozdział mieszaniny anionów IV grupy

Aniony IV grupy wytrąca się azotanem(V) srebra (źródło Ag^+) z roztworów zakwaszonych 2M kwasem azotowym(V) w postaci trudno rozpuszczalnych osadów. Próby wstępne są bezcelowe, ponieważ wszystkie aniony tej grupy w roztworze wodnym są bezbarwne i wszystkie wykazują właściwości redukujące.

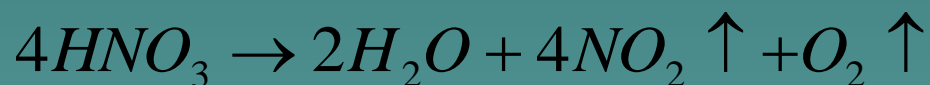
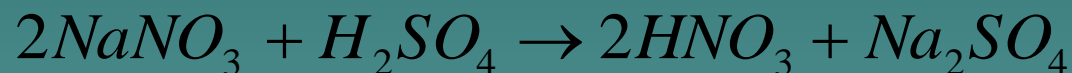


Analiza jakościowa V grupy anionów NO_3^- , ClO_3^- , ClO_4^- , MnO_4^-

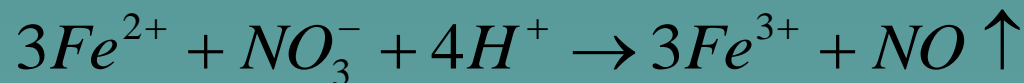
Jon azotanowy (V)

Reakcje charakterystyczne jonu NO_3^-

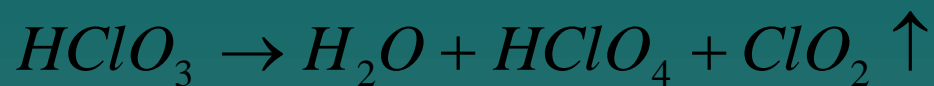
1. Stężony H_2SO_4 rozkłada azotany (V) z wydzieleniem brunatnego gazu (NO_2) o gryzącym zapachu:



2. Sole żelaza (II), FeSO_4 ulegają utlenieniu przez jony NO_3^- w środowisku kwasowym powstający tlenek azotu (II) NO reaguje z nadmiarem FeSO_4 tworząc nietrwałe ciemnobrunatne połączenie kompleksowe:

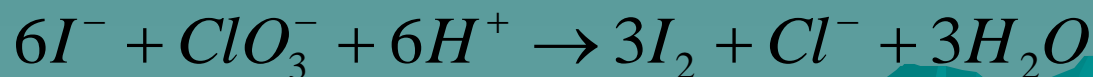
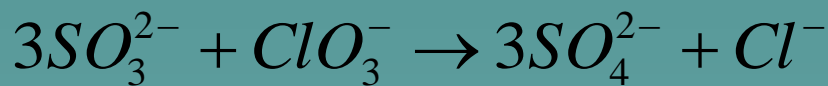


Jon chloranowy

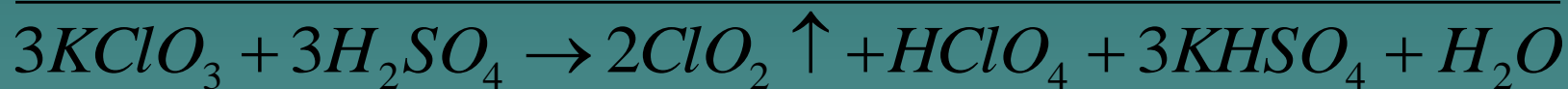
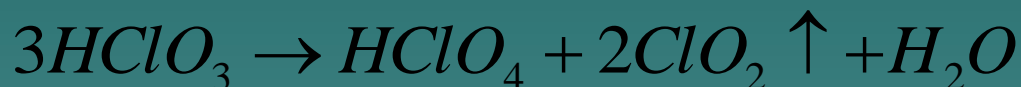


Reakcje charakterystyczne jonu ClO_3^-

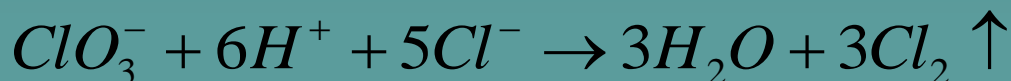
1. Reduktory w roztworze kwasowym lub zasadowym redukują chlorany (V) do chlorków. Po zakwaszeniu roztworu 3 mol l^{-1} lub 6 mol l^{-1} HNO_3 i dodaniu paru kropel $AgNO_3$ wytrąca się biały osad $AgCl$.



2. Stężony kwas siarkowy (VI) H_2SO_4 wydziela z chloranów (V) ditlenek chloru – gaz żółtozielony, silnie wybuchowy nawet przy lekkim ogrzaniu:



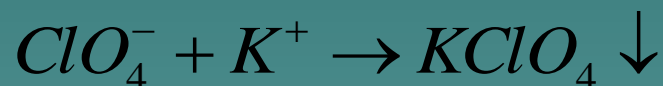
3. Stężony kwas solny HCl rozkłada wszystkie chlorany (V) z wydzieleniem chloru.



Jon chloranowy (VII)

Reakcje charakterystyczne jonu ClO_4^-

1. Jony K^+ , NH_4^+ wytrącają biały osad chloranu (VII) potasu lub amonu słabo rozpuszczalny w wodzie:



2. Chlorany (VII) prażone rozkładają się z wydzielaniem tlenu (reakcja może być gwałtowna):



Jon manganowy (VII)

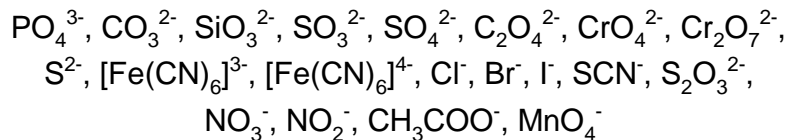


środoowisko kwasowe → redukcja do Mn²⁺
→ odbarwienie

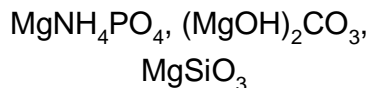
środoowisko obojętne → MnO₂ →
powstaje brunatny osad z możliwością
powstania przejściowej barwy

środoowisko zasadowe → (MnO₄²⁻) →
powstanie zielonej barwy

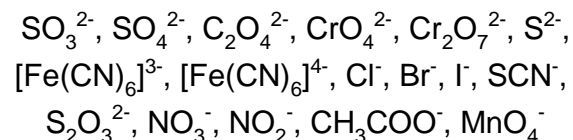
Odbarwienie fioletowej barwy roztworu jest najważniejszą reakcją analityczną, szczególnie z udziałem reduktorów: H₂O₂ (wydzielenie O₂), S²⁻ (powstanie wolnej siarki), szczawianów (wydzielenie CO₂).



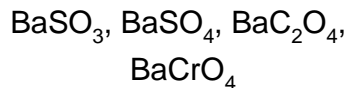
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ w środowisku
 NH_3aq (pH=10)



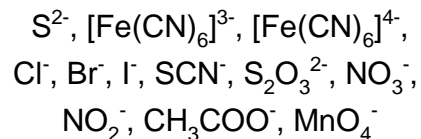
dalej zgodnie ze
schematem dla tej grupy



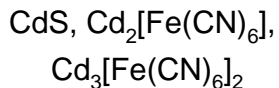
$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ w środowisku
buforu amonowego (pH=8)



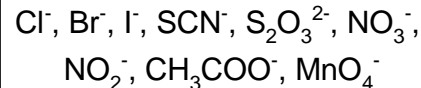
dalej zgodnie ze
schematem dla tej grupy



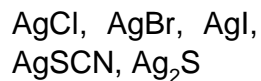
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ w środowisku
2M HCl



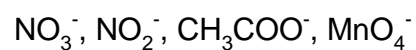
dalej zgodnie ze
schematem dla tej grupy



AgNO_3 w środowisku
2M HNO_3



dalej zgodnie ze
schematem dla tej grupy



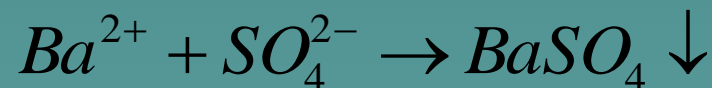
Analiza jakościowa VI grupy anionów SO_4^{2-} , F^- , SiF_6^{2-}

Jon siarczanowy (VI)

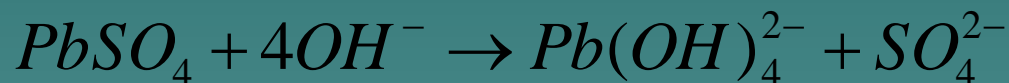
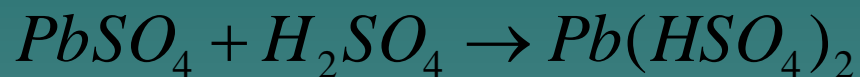
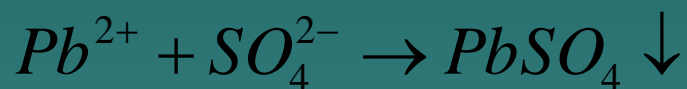
Reakcje charakterystyczne jonu SO_4^{2-}



1. Jony Ba^{2+} wytracają z roztworów zawierających jony MnO_4^- biały, krystaliczny osad siarczanu (VI) baru, nierozpuszczalny w rozcieńczonym 6mol l^{-1} HCl i HNO_3 :



2. Jony Pb^{2+} wytrącają z roztworów zawierających jony SO_4^{2-} biały, krystaliczny osad $PbSO_4$, rozpuszczalny w roztworze KOH lub NaOH (1 lub 3 mol l^{-1} roztwory), w stężonym H_2SO_4 , octanie amonu i winianie amonu.



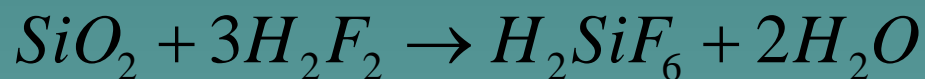
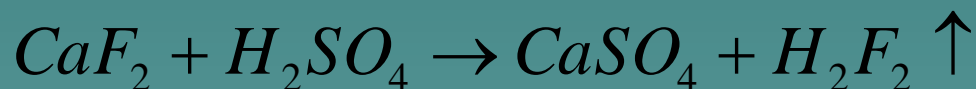
3. Siarczany (VI) mogą być zredukowane węglem do siarczków. Reakcja polega na prażeniu suchej (odparowanej) próbki z węglanem sodu i węglem (reakcja heparowa).



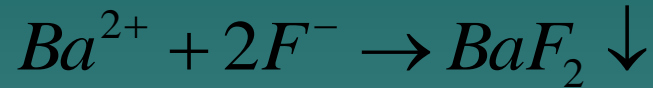
Jon fluorkowy

Reakcje charakterystyczne jonu F⁻

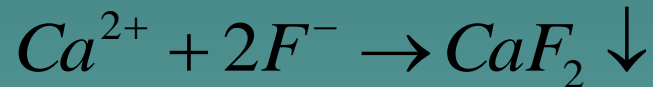
1. Reakcja "trawienia" szkła może być przedstawiona za pomocą równania:



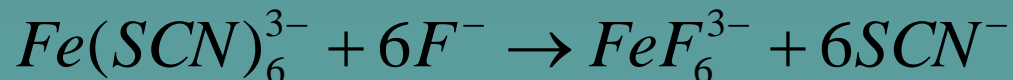
2. Jony Ba^{2+} wytrącają z roztworów fluorków biały osad fluorku baru, trudno rozpuszczalny w kwasach mineralnych, ale rozpuszczalny na gorąco w stężonym kwasie solnym i azotowym (V):



3. Jony Ca^{2+} (także Sr^{2+}) wytrącają białe, śluzowate osady rozpuszczalne w kwasach mineralnych:



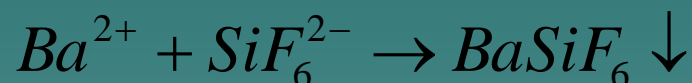
4. Jony fluorkowe całkowicie odbarwiają czerwony kompleks $Fe(SCN)_6^{3-}$ (smoczą krew):



Jon heksafluorokrzemianowy

Reakcje charakterystyczne jonu SiF_6^{2-}

1. Jony Ba^{2+} wytrącają z roztworów zawierających jony SiF_6^{2-} biały osad, trudno rozpuszczalny w wodzie:



2. Stężony H_2SO_4 rozkłada wszystkie heksafluorokrzemiany z wydzielaniem tetrafluorku krzemu i fluorowodoru:



3. Amoniak $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ rozkłada fluorokrzemiany z wydzielaniem galaretowatego kwasu ortokrzemowego:

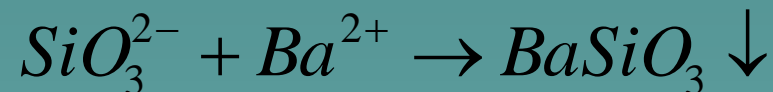


Analiza jakościowa VII grupy anionów SiO_3^{2-}

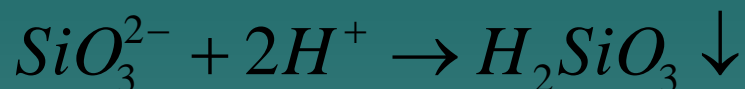
Jon krzemianowy

Reakcje charakterystyczne jonu SiO_3^{2-}

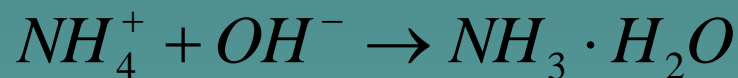
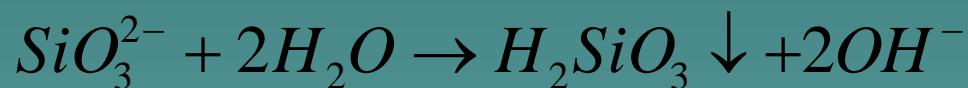
1. Jony Ba^{2+} wytrącają z roztworów zawierających jony SiO_3^{2-} biały osad:



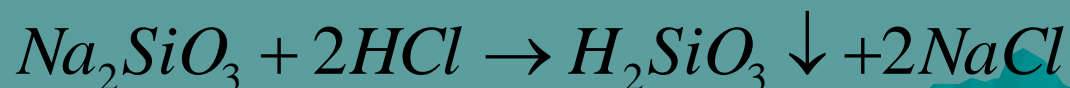
2. Jony Ag^+ wytrącają z roztworów zawierających jony SiO_3^{2-} żółty osad Ag_2SiO_3 , rozpuszczalny w HNO_3 i amoniaku:



3. Sole amonu wytrącają z roztworów krzemianów galaretowaty osad kwasów polikrzemowych – żel krzemionkowy $(SiO_2 \cdot H_2O)_x$. Reakcja jest wynikiem zakłócenia równowagi hydrolizy i przesunięcia jej w kierunku tworzenia kwasów krzemowych:



4. Działanie rozcieńczonych kwasów mineralnych i usuwanie krzemianów. Rozcieńczone kwasy mineralne powodują wytrącenie galaretowatego osadu kwasów krzemowych:



Analiza mieszaniny anionów „prostych”

Przed przystąpieniem do analizy kationów należy wykryć również towarzyszące im aniony. Najczęściej obok kationów występują: NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , CH_3COO^- , które nazywa się anionami prostymi. W pierwszej kolejności wykrywa się aniony NO_3^- w tzw. „reakcji obrączkowej”, a pozostałe zgodnie ze schematem poniżej.

